

e-ISSN: 2149-3898



# TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



Year:  
Yıl: **2018**

Volume:  
Cilt: **19**

Issue:  
Sayı: **1**



TURKISH JOURNAL OF FORESTRY  
TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ

ISSN: 2149-3898

A peer reviewed journal, published quarterly (March, June, September, December)  
by Süleyman Demirel University Faculty of Forestry.

Yılda dört sayı olarak (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) yayınlanan hakemli bir dergidir.  
Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.

Year/Yıl: 2018, Volume/Cilt: 19, Issue/Sayı: 1

**Editorial board / Dergi yayın kurulu**

**Editor-in-chief / Baş editör**  
Mehmet Korkmaz

**Editors / Editörler**  
A. Alper Babalık  
H. Oğuz Çoban  
İ. Emrah Dönmez  
Nevzat Gürlevik  
Oğuzhan Sarıkaya  
Yılmaz Çatal

**Layout editor / Dizgi editörü**  
Süleyman Uysal

**Secretary / Sekreteryası**  
Esra Bayar  
Tuğba Yılmaz Aydın

**Publisher / Yayıncı kuruluş**  
SDU Faculty of Forestry – Isparta

**Contact / İletişim**  
SDÜ Orman Fakültesi, 32260, Isparta  
Phone : +90 246 211 3833  
Fax : +90 246 211 3948  
Web : <http://dergipark.gov.tr/tjf>  
E-mail : [ofdergi@sdu.edu.tr](mailto:ofdergi@sdu.edu.tr)

**Advisory board / Danışma kurulu**

Alois Skoupy, Czech University of Life Science, Czech Republic  
Arif Karademir, Bursa Technical University, Turkey  
Asko Lehtijarvi, Bursa Technical University, Turkey  
Aydın Tüfekçioğlu, Artvin Çoruh University, Turkey  
Aynur Aydın, İstanbul University, Turkey  
Bahar Türkyılmaz Tahta, Ege University, Turkey  
Cemil Ata, Yeditepe University, Turkey  
Ferhat Gökbülak, İstanbul University, Turkey  
Gökhan Abay, Recep Tayyip Erdoğan University, Turkey  
H. Hulusi Acar, İstanbul Yeni Yüzyıl University, Turkey  
Hakkı Alma, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey  
İsmet Daşdemir, Bartın University, Turkey  
Kani Işık, Akdeniz University, Turkey (Emeritus/Emekli)  
Kenan Ok, İstanbul University, Turkey  
Nihat Sami Çetin, İzmir Katip Çelebi University, Turkey  
Nilgöl Karadeniz, Ankara University, Turkey  
Osman Karagözel, Akdeniz University, Turkey  
Sadık Artunç, Mississippi State University, USA  
Veli Ortaççesme, Akdeniz University, Turkey

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

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

CONTENTS

Research

- Development of diameter- height models for stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Tarsus region  
*Serdar Carus, Yunuz Akguş*..... 1-8
- Development of tree volume equations for natural brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Kaş District  
*Ramazan Özçelik, Şerife Kalkanlı* ..... 9-19
- Single and double-entry volume equations for crimean pine stands in Kastamonu Regional Directorate of Forestry  
*Oytun Emre Sakıcı, Fadime Sağlam, Mehmet Seki* ..... 20-29
- Construction of tree volume tables for trembling aspen in Antalya forest region  
*Yılmaz Çatal, Ahmet Güneş*..... 30-39
- Flora inventory of Köprülü Kanyon National Park (Antalya-Isparta)  
*Hasan Özçelik* ..... 40-50
- Potential Distribution Modelling and mapping using Random Forest method: An example of Yukarıgökdere District  
*Serkan Özdemir* ..... 51-56
- Investigation of fallow deer (*Cervus dama* L.) population densities by camera trap method in Antalya Düzlerçamı Eşenadası Breeding Station  
*Yasin Ünal, Hasan Çulhacı*..... 57-62
- The use of analytic hierarchy process method in choosing the best tree type for industrial plantations: The case of Kastamonu Province  
*Gökhan Şen, Ersin Güngör* ..... 63-75
- Examination of the perception of society related to forest resources (Case of Çankırı city center)  
*Üstüner Birben, H. Emre Ünal, Ali Karaca* ..... 76-82
- Factors affecting job satisfaction with relationship between job satisfaction and organizational commitment among women forest engineers  
*Mehmet Korkmaz, G.D. Özlem Baykal* ..... 83-90
- A research on work motivation of managers of forest products industry in Düzce  
*Tarık Gedik, Muhammet Çil, Derya Sevim Korkut, Melek Yükselen Kaya, Bircan Şimşek* ..... 91-97
- Chemical characterization of kermes oak (*Quercus coccifera* L.) hemicelluloses esterified with palmitoyl, stearoyl and oleoyl chloride  
*Samim Yaşar, Gizem Kılınç*..... 98-102

Review

- Forest ecosystems and drought interactions  
*Aydın Tüfekçioğlu, Mustafa Tüfekçioğlu*..... 103-108

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Tarsus yöresi fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için çap-boy modellerinin geliştirilmesi  
*Serdar Carus, Yunuz Akguş*..... 1-8
- Kaş Yöresi doğal kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi  
*Ramazan Özçelik, Şerife Kalkanlı* ..... 9-19
- Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri  
*Oytun Emre Sakıcı, Fadime Sağlam, Mehmet Seki* ..... 20-29
- Antalya yöresindeki titrek kavak için hacim tablolarının düzenlenmesi  
*Yılmaz Çatal, Ahmet Güneş*..... 30-39
- Köprülü Kanyon Milli Parkı'nın (Antalya-Isparta) flora envanteri  
*Hasan Özçelik* ..... 40-50
- Random Forest Yöntemi kullanılarak potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması: Yukarıgökdere Yöresi örneği  
*Serkan Özdemir*..... 51-56
- Antalya Düzlerçamı Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonu'nda fotokapan yöntemiyle alageyik (*Cervus dama* L.) popülasyon yoğunluklarının araştırılması  
*Yasin Ünal, Hasan Çulhacı*..... 57-62
- Endüstriyel ağaçlandırmalar için en uygun tür seçiminde analitik hiyerarşi süreci yönteminin kullanılması: Kastamonu İli örneği  
*Gökhan Şen, Ersin Güngör* ..... 63-75
- Orman kaynaklarına ilişkin toplumsal algının incelenmesi (Çankırı kent merkezi örneği)  
*Üstüner Birben, H. Emre Ünal, Ali Karaca* ..... 76-82
- Kadın orman mühendislerinde iş doyumunu etkileyen faktörler ile iş doyumunu ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişki  
*Mehmet Korkmaz, G.D. Özlem Baykal* ..... 83-90
- Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin iş motivasyonu üzerine bir araştırma  
*Tarık Gedik, Muhammet Çil, Derya Sevim Korkut, Melek Yükselen Kaya, Bircan Şimşek* ..... 91-97
- Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile esterlenmiş kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.) hemiselülozlarının kimyasal karakterizasyonu  
*Samim Yaşar, Gizem Kılınç*..... 98-102

Derleme

- Kuraklık ve orman ekosistem dinamikleri etkileşimi  
*Aydın Tüfekçioğlu, Mustafa Tüfekçioğlu*..... 103-108



## Tarsus yöresi fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için çap-boy modellerinin geliştirilmesi

Serdar Carus<sup>a,\*</sup>, Yunuz Akguş<sup>b</sup>

**Özet:** Bu çalışmada, Tarsus yöresi yapay fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinden alınan 259 örnek alan verisi (n=5885) kullanılarak toplam 20 adet çap- boy (d-h) modeli test edilmiştir. Fıstıkçamı meşçeresi 932 ha büyüklüğünde ve 1980 yılında dikim yoluyla getirilmiştir. Örnek alan verileri iki gruba ayrılmış, birinci grup (%80) model geliştirmek ve ikinci grupta (%20) geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada, iki (n=7), üç (n=10) ya da dört parametrelili (n=3) çap boy modellerinin boy tahminlerindeki performansları, altı farklı ölçüt değerleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. En başarılı sonuçlar sırasıyla, Prodan, Sibbesen ve Ratkowsky tarafından geliştirilen modellerle elde edilmiştir. Bağımsız veri seti kullanılarak yapılan değerlendirmede de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak, Fıstıkçamı meşçeresi için yöresel çap- boy modelleri geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Fıstıkçamı, Regresyon analizi, Çap-boy modeli

## Development of diameter- height models for stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Tarsus region

**Abstract:** In this study, diameter- height (d-h) models for afforestation stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Tarsus region were developed using the breast height diameter and tree height. The stone pine stand is about 932 ha and was planted in 1980. This study, a total of 20 models, the data used were obtained from 259 sample plots (n=5885) were tested. The available data for the species were split into two sets: the majority (%80) was used to estimate model parameters, and the remaining data (%20) were reserved to validate the models. The performance of the two (n=7), three (n=10) or four parameter models (n=3) was compared and evaluated with six model performance criteria. According to the model performance criteria, the best results were obtained with Prodan, Sibbesen and Ratkowsky models, respectively. The similar results were obtained using independent dataset. As a result, regional diameter- height models were created for stone pine.

**Keywords:** Stone pine, Regression analysis, Diameter-height model

### 1. Giriş

Orman işletmesini planlamak ve yönetmek için ormanın üretim miktarının bilinmesi gerekmektedir (Kalıpsız, 1984). Ağaç çapı ağacın en kolay ölçülen parametresidir. Ağaç boyu, bonitet endeksi ve hacim belirlemede önemli parametredir. Tek ağaç ve meşçerede artım ve büyümenin tahmininde gerekli olan önemli parametrelerden ağaç boyu; ölçümü zaman gerektirmesi, ölçüm hatası yapılabilmesinden dolayı ölçümü zor olan ağaç boyu ölçümü kolay olan göğüs çapı yardımı ile tahmin edilmektedir.

Ülkemizde son yıllarda orman amenajman planlarının düzenlenmesinde ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımı için elde hazır olması gereken unsurlarından birisi de çap-boy (d-h) modelleridir (Özçelik ve Çapar, 2014). Meşçerenin artım ve büyümesini belirlemede kullanılan simülasyon programlarında çap-boy denklemleri ile bir yöre veya meşçerede ağaçların ve meşçerenin belirli periyotlardaki hacmini belirlemede ağaç boyu tahmini yapılmaktadır (Saraçoğlu, 1988; Carus, 1998; Temesgen vd., 2007).

Çap ile boy arasındaki ilişkinin ortaya koyulmasında doğrusal ve doğrusal olmayan çok sayıda regresyon modeli kullanılmaktadır. Bundan dolayı da değişik ağaç türü ve meşçere kuruluşları için çok sayıda d-h denklemi geliştirilmiş ve çalışmalar halen devam etmektedir (Wykoff vd., 1982; Wang ve Hann, 1988; Huang vd., 1992; Castedo Dorado vd., 2006; Lootens vd., 2007). Ancak, ülkemizde sınırlı sayıda ağaç türü ve meşçere kuruluşları için d-h ilişkilerini ortaya koyan denklemler geliştirilmiştir (Sönmez, 2008; Mısır, 2010; Çatal, 2012; Diamantopoulou ve Özçelik, 2012; Özçelik ve Çapar, 2014). Çap- boy modelinin tüm ağaç türleri için veya aynı ağaç türünde bile tüm yayılış alanında geçerliliği söz konusu değildir. Bu yüzden ağaç türleri için yöresel olarak çap-boy ilişkisinin ortaya koyulması gerekmektedir. Çünkü çap ile boy ilişkisi ağaç türü, meşçere yaşı, bonitet, genetik özellikler ve silvikültürel işlemlere göre değişim göstermektedir. Bu nedenle de her meşçere ve her ağaç türü için ayrı ayrı d-h modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Kalıpsız, 1984; Knowe, 1994).

Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ülkemiz için ekonomik ve ekolojik açıdan önemli ağaç türlerinin başında gelmektedir.

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

<sup>b</sup> Orman Genel Müdürlüğü

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): serdarcarus@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 15.09.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 14.03.2018



**Citation** (Atıf): Carus, S., Akguş, T., 2018. Tarsus yöresi fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için çap-boy modellerinin geliştirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 1-8.

DOI: [10.18182/tjf.3338311](https://doi.org/10.18182/tjf.3338311)

Anadolu'da Bergama-Kozak, Aydın-Koçarlı, Yatağan-Katrancı yöresinde oldukça geniş bir yayılış alanına sahip olup saf ve karışık halde 33 742 ha doğal ve 59 150 ha da yapay yoldan getirilmiş meşcereleri bulunmaktadır (Anonim, 2015).

Bu alanlarda yaygın olarak kullanılan Fıstıkçamı türü için ağaçlandırma sahalarındaki hasılat özelliklerini tahmin edici az sayıda çalışma vardır (Fırat, 1943; Güneş, 2001; Güler, 2010; Batur ve Kiracıoğlu, 2015). Ancak, doğru tanımlanan hasılat ögeleri ile yapılacak hasılat çalışmaları ve simülasyon modelleri için bilimsel açıdan geçerli altlık oluşturabilmektedir.

Ülkemizde uzun yıllardır dikim yoluyla ağaçlandırılmış, aynı yaşlı ve saf Fıstıkçamı meşcereleri için yöresel çap-boy modellerinin oluşturulması gereklidir. Geliştirilecek d-h modelleri ile amaç; orman amenajman planlarının düzenlenmesinde veri sağlama, ağaçların çift girişli ağaç hacim tablolarının kullanılarak hacimlerin daha doğru hesaplanmasına yardımcı olmak, ormanlık alanlardaki kaçak kesilen ağaçların boyunun tahmini, uygun biyokütle denklemleri yardımı ile ağaç ve meşcere biyokütlesinin hesaplanması, dikili satış işlemlerinde ağaç hacim tahminlerinin hem kısa sürede hem de gerçeğe daha yakın yapılmasına yardımcı bilgi üretmektir (Özçelik ve Çapar, 2014).

Bu çalışmada, Tarsus yöresi Fıstıkçamı ağaçlandırmaları için çap(d)-boy(h) modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yurt içi ve yurt dışı bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılan 20 adet d-h modeli test edilmiş ve hangi modelin yapay Fıstıkçamı meşcereleri için daha uygun olduğu altı farklı ölçüt değerleri kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Çünkü, Fıstıkçamı ağaçlandırmalarının yayılış gösterdiği bu yörede bir çap-boy modelinin elde hazır bulunması örnekleme hatasını azaltacaktır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmada, ağaçlandırma yolu ile yetiştirilmiş Fıstıkçamı meşcerelerinden alınan örnek alan verileri kullanılmıştır. Söz konusu Fıstıkçamı meşcereleri Mersin Orman Bölge Müdürlüğü, Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Karabucak Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer almaktadır. Örnek alanlar 36°44'56"-36°55'96" kuzey enlemleri ve 34°42'12"-34°55'20" doğu boylamları arasında yer almakta olup, ortalama denizden yüksekliği 10 m'dir. Çalışma alanı 1980 yılında 5 m x 5 m aralık mesafe ile ağaçlandırılmış olup, yaklaşık 932 ha büyüklüğündedir. Bu meşcerelerden kare ya da dikdörtgen biçiminde toplam 259 adet örnek alan alınmıştır.

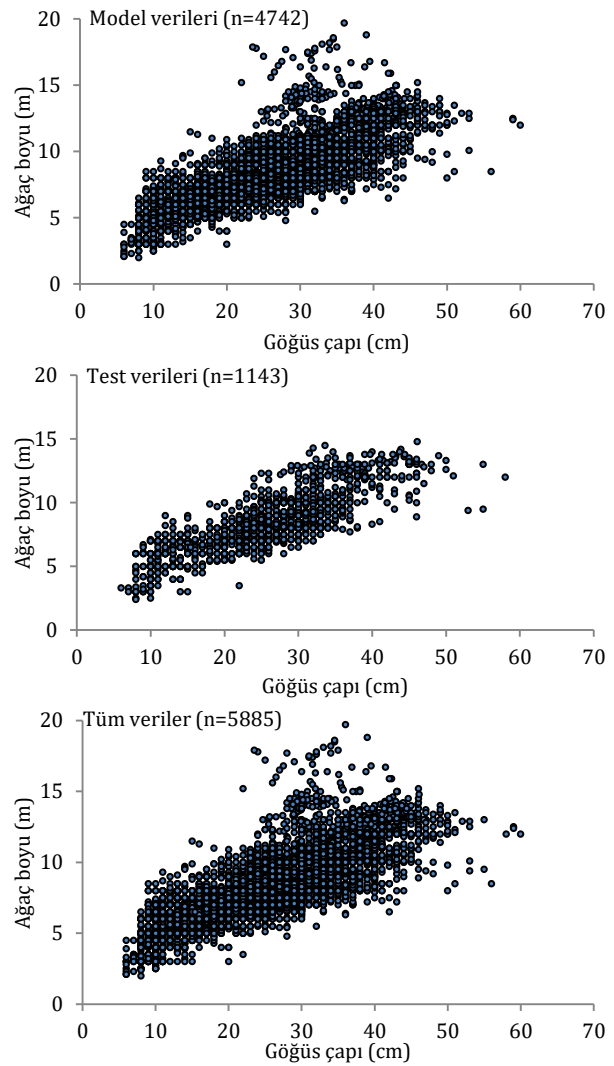
### 2.2. Yöntem

Çalışma kapsamında yapay Fıstıkçamı meşcerelerinin farklı gelişme çağları ve kapalılık sınıflarını temsil edecek ve her örnek alan içerisine en az 30 adet ağaç girecek şekilde 600-1600 m<sup>2</sup> arasında değişen büyüklükte örnek

alanlar alınmıştır. Örnek alanlarda tüm ağaçların göğüs çapı (cm) ve boyu (m) ölçülmüştür. Örnek ağaçlar seçilirken çatal, tepesi kırık ve gövde formu bozuk olmamasına özen gösterilmiştir.

Tüm örnek alanlar her beş yılda bir kez ılımlı müdahale görmüştür. Örnek ağaçlarda göğüs çapları 1 mm ve ağaç boyu da 0.1 m duyarlılıkta sırasıyla Haglöf çapölçer ve Silva boy ölçer ile ölçülmüştür. Örnek alanların yaklaşık %80'i (208 örnek alan) model geliştirmek için geri kalan yaklaşık %20'i de (51 örnek alan) geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır (Şekil 1). Örnek alanlarda ölçülen değişkenlerin bazı istatistikleri Çizelge 1' de verilmiştir.

Çalışma kapsamındaki Fıstıkçamı meşcerelerindeki d-h ilişkilerinin modellenmesi için kullanılan modeller Çizelge 2' de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan gruplara ait çap-boy dağılımları, a) model verileri, b) test verileri c) tüm veriler

Çizelge 1. Çap-boy modellerini geliştirmek ve test etmek için kullanılmış örnek ağaçlara ilişkin bazı istatistikler

Değişkenler	Model geliştirme verileri (n=4742)				Model test verileri (n=1143)			
	Ortalama	Min.	Maks.	St.Sp.	Ortalama	Min.	Maks.	St.Sp.
d (cm)	25,7	6,0	60,0	9,2	25,8	6,0	58,0	9,1
h (m)	8,4	2,0	19,7	2,4	8,4	2,4	14,8	2,4

Çizelge 2. d-h modellerinin geliştirilmesi için kullanılmış doğrusal olmayan regresyon modelleri

2- parametreliler	Araştırmacı	Model no
$h = 1.30 + \frac{d^2}{(a + b * d)^2}$	Meyer, 1940	1
$h = 1.30 + \frac{a * d}{(1 + d)^b}$	Curtis, 1967	2
$h = 1.30 + a * e^{(-b * d^{-1})}$	Loetsch vd., 1973	3
$h = 1.30 + a * (1 - e^{(-b * d)})$	Meyer, 1940	4
$h = 1.30 + a * d^b$	Stage, 1975	5
$h = 1.30 + \frac{a * d}{(b + d)}$	Ratkowsky, 1990	6
$h = 1.30 + e^{(a - b * (d + 1)^{-1})}$	Wykoff vd., 1982	7
3- parametreliler		
$h = 1.30 + \frac{d^2}{a + b * d + c * d^2}$	Prodan, 1968	8
$h = 1.30 + \frac{a}{1 + b * e^{(-c * d)}}$	Pearl ve Reed, 1920	9
$h = 1.30 + a * (1 - e^{(-b * d)})^c$	Richards, 1959	10
$h = 1.30 + a * (1 - e^{(-b * d)^c})$	Bailey, 1980	11
$h = 1.30 + a * e^{(-b * e^{(-c * d)})}$	Winsor, 1932	12
$h = a + b * d + c * d^2$	Prodan, 1965	13
$h = 1.30 + a * d^{b * d^{-c}}$	Sibbesen, 1981	14
$h = 1.30 + a * e^{(-b * d^{-c})}$	Winsor, 1932	15
$h = 1.30 + a * e^{(-b / (d + c))}$	Ratkowsky, 1990	16
$h = 1.30 + \frac{a}{1 + \frac{1}{b * d^c}}$	Ratkowsky ve Reedy, 1986	17
4- parametreliler		
$h = 1.30 + a * (1 - b * e^{(-c * d_{1.30})})^d$	Richards, 1959	18
$h = 1.30 + a * e^{(-b * e^{(-c * d_{1.30})})^d}$	Seber ve Wild, 1989	19
$h = 1.30 + a * (1 - e^{(-b * (d_{1.30} - c)^d)})$	Seber ve Wild, 1989	20

h=ağaç boyu (m), d ve  $d_{1.30}$ =göğüs çapı (cm), e=eular sabiti ( $\cong 2,718$ ),  $d_{min}=0$ ,  $d_{max}=100$  ve a,b,c,d=model parametreleri

Geliştirilen d-h modellerini test etmek amacıyla, Ortalama mutlak hata (OMH), Maksimum mutlak hata (MMH), Hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE), korelasyon katsayısı (R), Ortalama hata (OH), Akaike bilgi ölçütü (AIC) kullanılmıştır (Çizelge 3). Bu ölçütler içinde RMSE yapılan tahminlerin doğruluğunu, R tahmin edilen değerle ölçülen değer arasındaki korelasyonu, Ortalama hata yapılan tahminlerdeki tutarlılığı, AIC ise farklı modeller arasında en başarılısının seçimi için kullanılmıştır. En iyi modelin belirlenmesinde en küçük OMH, MMH, RMSE, OH ve AIC değerlerine sahip olması yanında en yüksek R

değerine sahip ölçütleri esas alınmıştır. Ayrıca, geliştirilen modellerin performansları grafiksel olarak ta değerlendirilmiştir. Bu amaçla iki farklı gösterim kullanılmıştır. Birincisinde; ortalama hata çap değerlerine göre tahmin edilen boy değerlerinin dağılımı, ikincisinde tahmin edilen boy değerleri ile ölçülen boy değerlerinin 1:1 dağılımı gösterilmiştir.

Verilerin denkleme uygunluğu ve regresyon katsayılarının belirlenmesinde IBM SPSS Statistics Version 22 istatistik paket programının non-linear (NLIN) özelliği kullanılmıştır.

Çizelge 3. Geliştirilen d-h modelleri test etmek için kullanılan ölçütler

Uygunluk testi modeli	Uygunluk testi adı
$OMH = \frac{\sum_{i=1}^n  h_i - \hat{h}_i }{n}$	Ortalama mutlak hata
$MMH = \max( h_i - \hat{h}_i )$	Maksimum mutlak hata
$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2}{n - p}}$	Hata kareler ortalamasının karekökü
$R = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i) * (\hat{h}_i - \bar{\hat{h}}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i)^2 * \sum_{i=1}^n (\hat{h}_i - \bar{\hat{h}}_i)^2}}$	Korelasyon katsayısı
$OH = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)}{n}$	Ortalama hata
$AIC = n * \ln(RMSE) + 2 * p$	Akaike bilgi ölçütü

Burada,  $h_i$ ,  $\hat{h}_i$ ,  $\bar{h}_i$  ve  $\bar{\hat{h}}_i$  sırasıyla ölçülen, ölçülen değerlerin ortalaması, tahmin değeri ve tahmin edilen değerlerin ortalamasını,  $n$ = gözlem sayısı,  $p$ = parametre sayısı ve  $\ln$ = doğal logaritmayı temsil etmektedir.

### 3. Bulgular ve tartışma

Çalışmamızda Tarsus yöresindeki Fıstıkçami ağaçlandırmalarında ağaç boyunun göğüs yüksekliği çapına göre değişiminin regresyon modelleri ile açıklanabilirliği ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Modellere ilişkin belirlenen parametrelerin değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Test edilen modellerden m9 hariç diğer modellerin parametreleri 0.01 önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. M9 nolu model değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Tarsus yöresi yapay Fıstıkçami meşcereleri için model geliştirme verileri kullanılarak 20 farklı d-h modeli için elde edilen ölçüt değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Test edilen modeller için elde edilen ölçüt değerleri incelendiğinde korelasyon katsayılarını yüksek olduğu ( $R > 0.76$ ) dolayısı ile tüm modellerde d-h ilişkilerinin ve bu ilişkinin meşcere özellikleri ile de yüksek bir korelasyon göstermektedir.

Çalışmamızda kullanılan model sayısı fazla olduğundan hangi modelin d-h ilişkilerini açıklamada daha başarılı olduğunu ortaya koyabilmek için belirtilen ölçütlere göre tüm modeller için bir sıralama yapılmış ve sonuçları aşağıda verilmiştir. Bu sıralama yönteminde en küçük OMH, MMH, RMSE, OH, AIC değerlerine ve R değeri için ise en büyük olana birden başlayarak sayısal değerler verilmiştir. Her bir model için elde edilen sıralama değerleri toplandığında en küçük değere sahip olan model en iyi model olarak belirlenmiştir (Çizelge 5). Çizelge incelendiği zaman 20 adet d-h modeli içinde en başarılı modelin Prodan (m13), modeli olduğu, bu modeli sırasıyla Sibbesen (m14) ve Ratkowsky (m16) modelinin izlediği görülmüştür. En başarısız sonuçların ise en başarısızdan başlayarak Richards (m18), Bailey (m11) ve Seber ve Wild (m19) modellerinin olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. Geliştirilen d-h modellerine ilişkin parametre tahminleri

Model no	Katsayılar			
	a	b	c	d
m1	3.129059	0.244529	-	-
m2	0.794428	0.314708	-	-
m3	13.604262	15.074302	-	-
m4	15.561279	0.024854	-	-
m5	0.752157	0.698191	-	-
m6	24.696838	60.813955	-	-
m7	2.648212	16.756056	-	-
m8	-8.922602	3.254666	0.025050	-
m10	232.913469	0.000276	0.700595	-
m11	-2403.119476	-0.004713	0.023750	-
m12	0.00008	-10.716131	-0.002251	-
m13	2.827273	0.242166	-0.000803	-
m14	1.096613	0.470390	-0.064743	-
m15	10802.932880	9.933889	0.094818	-
m16	34.894586	88.185200	30.237876	-
m17	463.680006	0.001591	0.709106	-
m18	0.0000002	0.502812	-0.000897	-26.967996
m19	0.0000006	-15.554981	-0.012917	0.122700
m20	-0.142637	-2.300420	0.917360	0.167906

Çizelge 5. Geliştirilen d-h modellerine ilişkin ölçüt değerleri ve başarı sıralaması

Model no	Ölçütler						
	OMH	MMH	RMSE	R	OH	AIC	Toplam
1	1.16860 (14)	9.58950(3)	1.56500(13)	0.75720(13)	0.02480(14)	2127.87(13)	70
2	1.13098(9)	9.77754(7)	1.53211(8)	0.76885(9)	0.00316(7)	2027.15(5)	45
3	1.20788 (17)	9.45001(1)	1.60352(16)	0.74305(16)	0.02575(15)	2243.18(16)	81
4	1.14629(12)	9.71608(4)	1.54343(12)	0.76490(12)	0.02298(12)	2062.06(12)	64
<b>5</b>	<b>1.13048 (7)</b>	<b>9.78328(9)</b>	<b>1.53180(5)</b>	<b>0.76896(5)</b>	<b>0.00251(6)</b>	<b>2026.20(4)</b>	<b>36</b>
6	1.14304(11)	9.71649(5)	1.54070(11)	0.76585(11)	0.01659(11)	2053.67(11)	60
7	1.19721(16)	9.47014(2)	1.59261(15)	0.74713(15)	0.02309(13)	2210.80(15)	76
8	1.13043(6)	9.81526(11)	1.53207(7)	0.76892(7)	0.00247(5)	2029.03(8)	44
10	1.13015(5)	9.78775(10)	1.53202(6)	0.76894(6)	0.00832(10)	2028.88(7)	44
11	1.24898(18)	10.27040(17)	1.67683(18)	0.71438(18)	0.23063(17)	2457.16(18)	106
12	1.15245(13)	10.14560(16)	1.59045(14)	0.74799(14)	0.11541(16)	2206.37(14)	87
<b>13</b>	<b>1.12849(4)</b>	<b>9.82528(14)</b>	<b>1.53071(1)</b>	<b>0.76939(1)</b>	<b>0.00034(2)</b>	<b>2024.82(1)</b>	<b>23</b>
<b>14</b>	<b>1.12815(2)</b>	<b>9.81969(13)</b>	<b>1.53107(3)</b>	<b>0.76927(3)</b>	<b>0.00008(1)</b>	<b>2025.93(3)</b>	<b>25</b>
15	1.13369(10)	9.75505(6)	1.53397(10)	0.76826(10)	0.00745(9)	2034.91(10)	55
<b>16</b>	<b>1.12841(3)</b>	<b>9.83807(15)</b>	<b>1.53072(2)</b>	<b>0.76939(2)</b>	<b>-0.00040(3)</b>	<b>2024.85(2)</b>	<b>27</b>
17	1.13066(8)	9.78153(8)	1.53212(9)	0.76890(9)	0.00414(8)	2029.19(9)	51
18	1.48439(19)	11.10020(19)	1.99098(19)	0.55662(19)	1.15604(19)	3273.47(19)	114
19	1.18792(15)	10.43480(18)	1.64867(17)	0.72578(17)	0.43190(18)	2378.85(17)	102
<b>20</b>	<b>1.12808(1)</b>	<b>9.81810(12)</b>	<b>1.53124(4)</b>	<b>0.76926(4)</b>	<b>0.00041(4)</b>	<b>2028.46(6)</b>	<b>31</b>

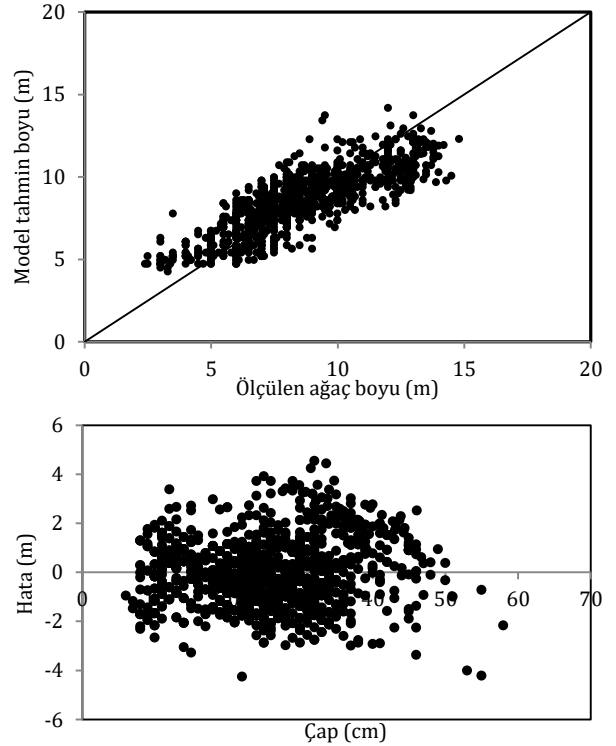
Modele ait OH değerleri çok küçük olarak bulunmuştur. OH değerlerinde küçük çıkması toplam ortalama boy hatasının küçük çıkacağını göstermiştir. Yine varyansı gösteren HKKO değerleri de varyansın fazla olmadığını göstermiştir. Çalışmada modele ilişkin istatistikler ve katsayılar daha önce söz konusu çap- boy ilişkisi için kullanılan model sonuçlarına benzer bulunmuştur (Larsen ve Hann, 1987; Colbert vd., 2002).

Ayrıca, regresyon denklemi ile elde edilen tahmini boy değerleri ile ölçüm ile elde edilen gerçek değerlerle ve tahmindeki farklar çaplara göre ikili koordinat sistemine işaretlenerek Şekil 2’de verilmiştir.

Genel olarak hata miktarlarının başarılı modellerde, boy değerlerinin artmasına bağlı olarak bir artış gösterdiği belirlense de (Ahmadi vd., 2013; Özçelik ve Çapar, 2014) çalışmamızda hata miktarının artmadığı görülmüştür. d-h modelleri ile elde edilen hata dağılımlarına ilişkin varyasyonun nispeten sabit olduğu söylenebilir. Genel olarak bir modelin başarılı olup olmadığına karar verilirken hata miktarının küçük olması yanı sıra elde edilen hatalarında belirli ve sabit bir varyansa sahip olması şartı da aranmaktadır. Bu bakımdan model 13 oldukça başarılı sayılabilir.

Yapay Fıstıkçamı meşcereleri için geliştirilmiş d-h modellerinin tahmin değerleri bağımsız veri seti kullanılarak da test edilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6’ dan izleneceği üzere test edilen d-h modelleri model geliştirme verilerinden çok farklı değildir. Test edilen modeller için, bağımsız veri seti kullanılarak elde edilen sonuçlar Şekil 3’te verilmiştir. Bu grafiklerde sırasıyla en başarılı modeller olan sırasıyla 2, 3 ve 4 parametrelili modeller m5, m13 ve m20 için ölçülen ağaç boyuna karşılık modelden tahmin edilen ağaç boyunun örtüşme durumları verilmiştir. Üç model içinde nispeten benzer sonuçlar elde edilmiştir. Burada da Şekil 2’dekine benzer bir durum söz konusudur. Tahmin edilen boy değerleri ile ölçülen boy değerlerinin örtüşme oranı boy değeri büyüdükçe bir miktar azalmaktadır. Carus ve Çatal (2017), Ağlasun yöresi yapay kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde geliştirdikleri

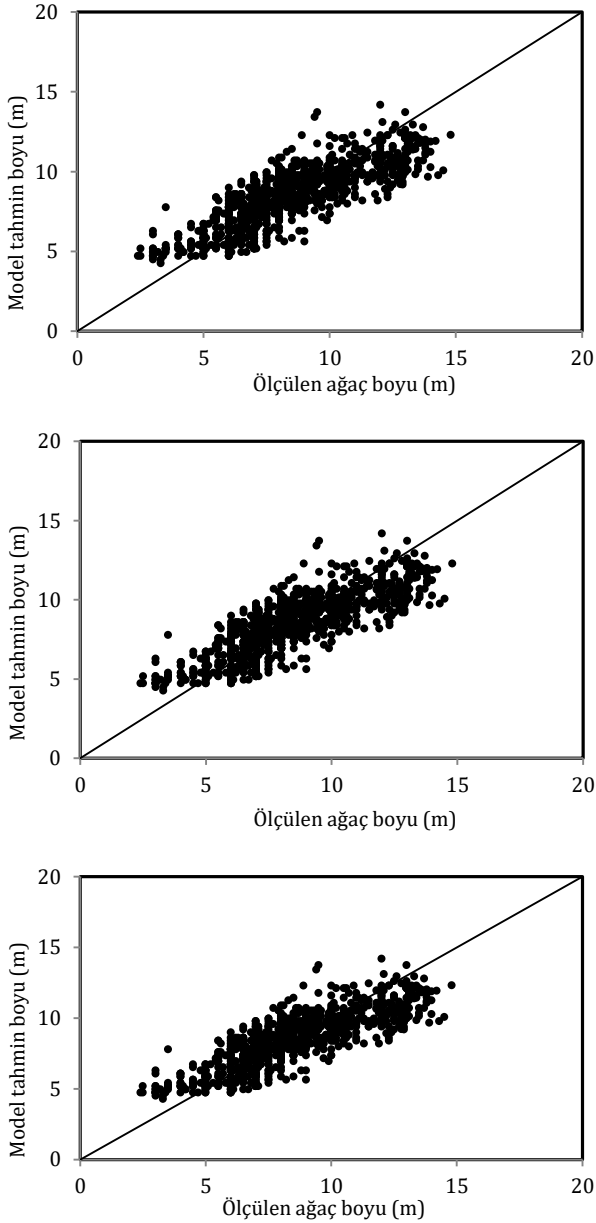
aynı tip çap- boy modelleri arasında 3 parametrelili olan m14 nolu model yine en başarılı bulunmuştur. Mısır (2010), Titrek kavak (*Populus tremula* L.) doğal meşcerelerinde çap- boy modellerinin test edilmesinde 3 parametrelili olan m16 nolu modelini yine en başarılı bulunmuştur.



Şekil 2. Başarılı bulunan m13 nolu d-h modeli ile tahmin edilen boy değerleri ile test değerleri arasındaki ilişki

Çizelge 6. Bağımsız veri seti ile başarılı bulunan modellerin ölçüt değerleri ve başarı sıralaması

Model no	Ölçütler						
	OMH	MMH	RMSE	R	OH	AIC	Toplam
m13	1.097068(4)	4.545687(3)	1.363555(2)	0.816040(2)	-0.022220(1)	360.4389(2)	14
m14	1.096992(2)	4.563553(4)	1.364743(3)	0.815684(3)	-0.022810(5)	361.4343(4)	21
m16	1.096236 (1)	4.539342(1)	1.362759(1)	0.816279(1)	-0.022307(2)	359.7714(1)	7
m20	1.097051(3)	4.566203(5)	1.365514(3)	0.815632(4)	-0.022536(4)	364.0798(5)	24
m5	1.101448(5)	4.543500(2)	1.366422(5)	0.814998(5)	-0.021354(3)	360.8396(3)	23



Şekil 3. Ölçülen ağaç boylarına karşılık en başarılı bulunan sırasıyla 2, 3 ve 4 parametrelili olan d-h modelleri ile tahmin edilen boy değerleri arasındaki ilişki (m5, m13 ve m20)

Son olarak en başarılı ve önerilen d-h modelleri tüm örnek alan verileri birlikte kullanılarak katsayıları bulunmuş ve Çizelge 7'de verilmiştir. Bu parametreler kullanılarak, Tarsus yöresi yapay Fıstıkçamı meşcereleri güvenilir boy tahminleri yapılabilir.

Çizelge 7. Tüm veri seti kullanılarak d-h modellerine ilişkin olarak elde edilen regresyon katsayıları

Model no	Parametreler			
	a	b	c	d
m13	0.699684	-0.106629	0.011472	-
m14	0.657194	0.005731	-1.163657	-
m16	50002.556459	1674.287283	172.051006	-
m20	-0.000050	-1.664203	-91.896865	0.418635
m5	0.453081	0.968070	-	-

#### 4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, Karabucak-Tarsus yöresinde ağaçlandırma yolu ile getirilmiş olan Fıstıkçamı ağaç türüne ait çap-boy modeli geliştirilmesi için çoğunlukla kullanılan iki parametrelili (7 adet), üç parametrelili (10 adet) ve dört parametrelili (3 adet) olmak üzere toplam 20 adet d-h modeli test edilmiştir.

Bu amaçla 259 adet örnek alan alınmış ve 5885 adet ağaç üzerinde çap ve boy ölçümleri yapılmıştır. Altı farklı ölçüt değeri kullanılarak yapılan karşılaştırmalarda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmada modele ilişkin istatistikler ve katsayılar daha önce söz konusu çap- boy ilişkisi için kullanılan model sonuçlarına benzer bulunmuştur. Test edilen d-h modelleri arasında sırasıyla 2, 3 ve 4 parametrelili gruplardan en başarılı m5, m13 ve m14 modelleri olmuştur.

Modellerin parametre sayısına göre değerlendirilmesi yapıldığında sırasıyla 2 parametrelili, 3 parametrelili ve dört parametrelili olanların sırasıyla ortalama olarak 61.7, 51.3 ve 82.3 toplam sıra numarasına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Buradan da genel olarak 3 parametrelili modellerin çap- boy arasındaki ilişkiyi açıklamada yeterli olduğu ve test edilen modellerden en iyi olarak belirlenen beş modelden üçüne (m13, m14 ve m16) sahip olduğu ve değişik ormancılık bilim dallarında da çeşitli amaçlar için kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu sonuçlar literatür bilgileri ile uyumlu olmakla birlikte, bu çalışmada başarısız olan bazı modeller diğer çalışmalarda başarılı modeller arasında yer almıştır. Bu da ağaç türünün biyolojisi ve yöresel koşulların farklılığından kaynaklanabilmektedir.

Karabucak Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan saf ve dikim yoluyla getirilmiş Fıstıkçamı meşcerelerinin çeşitli yaş, bonitet endeksi ve sıklık dereceleri için tek ağaç boyunun tahmin edilmesi mümkündür. Denklem verdiği sonuçlar orman amenajmanı ve silvikültür amaçlı uygulamalarda ve çeşitli amaçları gerçekleştirmek için kullanılabilir. Fıstıkçamının yayılış gösterdiği diğer alanlardan elde edilecek veriler ile ülke geneli için geçerli bir çap- boy ilişkisi denklemleri geliştirilebilir. Bu çalışmada kullanılan veriler geçici nitelikteki örnek alanlardan elde edilmiştir. Bunun yanında farklı yaş, yetiştirme ortamı ve sıklık derecelerindeki meşcerelerde tesis edilecek devamlı deneme alanlarının

oluşturulması ve periyodik olarak ölçülmesi ile tek ağaç boyunun gerçeğe daha yakın tahmin edilebilir. Bu bilgiler ışığında, meşcerelerin bugünkü ve gelecekteki tek ağaç boyu dikkate alarak, tutarlı ve rasyonel bir şekilde planlaması ve organize edilmesi mümkün olacaktır.

Karabucak Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan saf ve dikim yoluyla getirilmiş Fıstıkçamı meşcerelerinin çeşitli yaş, bonitet endeksi ve sıklık dereceleri için tek ağaç boyunun tahmin edilmesi mümkündür. Denklem verdiği sonuçlar orman amenajmanı ve silvikültür amaçlı uygulamalarda ve çeşitli amaçları gerçekleştirmek için kullanılabilir. Fıstıkçamının yayılış gösterdiği diğer alanlardan elde edilecek veriler ile ülke geneli için geçerli bir çap- boy ilişkisi denklemleri geliştirilebilir. Bu çalışmada kullanılan veriler geçici nitelikteki örnek alanlardan elde edilmiştir. Bunun yanında farklı yaş, yetiştirme ortamı ve sıklık derecelerindeki meşcerelerde tesis edilecek devamlı deneme alanlarının oluşturulması ve periyodik olarak ölçülmesi ile tek ağaç boyunun gerçeğe daha yakın tahmin edilebilir. Bu bilgiler ışığında, meşcerelerin bugünkü ve gelecekteki tek ağaç boyu dikkate alarak, tutarlı ve rasyonel bir şekilde planlaması ve organize edilmesi mümkün olacaktır.

#### Teşekkür

Karabucak Orman İşletme Şefliği tüm personeline arazi çalışmalarında sağladıkları katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Ahmadi, K., Alavi, S.J., Kouchaksaraei, M.T., Aestern, W., 2013. Non-linear height-diameter model for Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in the Hyrcanian forests, Iran. *Biotechnology Agronomy Society and Environment*, 17(3): 431-440.
- Anonim, 2015. Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 33 s., Ankara.
- Bailey, R.L., 1980. The potential of Weibull type functions as flexible growth curves: Discussion. *Canadian Journal of Forest Research*, 10:117-118.
- Batur, M., Kiracioğlu, Ö., 2014. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.). Editörler: M. Kılıcı, A. Giyasettin ve M. Sayman. Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.)'nda Hasılat ve Planlama. Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 229s., İzmir.
- Carus, S., 1998. Aynı yaşlı Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarında artım ve büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 359 s., İstanbul.
- Carus, S., Çatal, Y., 2017. Ağlasun yöresi kızılçam (*Pinus pinea* Ten.) ağaçlandırmaları için bazı çap- boy modellerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2): 94-101.
- Castedo Dorado, F., Dieguez-Aranda, U., Barrio Anta, M., Sanchez Rodriguez, M., Gadow, K., 2006. A generalized height-diameter model including random components for *Radiata* pine plantations in Northwestern Spain. *Forest Ecology and Management*, 229: 202-213.

- Colbert, K.C., Larsen, D.R., Lootens, J.R., 2002. Height-diameter equations for thirteen midwestern bottomland hardwood species. *Northern Journal of Applied Forestry*, 19(4): 171-176.
- Curtis, R.O., 1967. Height-diameter and height-diameter-age equations for second growth Douglas-fir. *Forest Science*, 13:365-375.
- Çatal, Y., 2012. Göller yöresinde Yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri ağaç Türleri için çap-boy modeli. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2): 92-96.
- Diamantopoulou, M.J., Özçelik, R., 2012. Evaluation of different modelling approaches for total tree-height estimation in mediterranean region of Turkey. *Forest Systems*, 21: 383-397.
- Fırat, F., 1943. Fıstıkçamı Ormanlarımızda Meyve Ve Odun Verimi Bakımından Araştırmalar ve Bu Ormanların Amenajman Esasları. Yüksek Ziraat Enstitüsü Yayınları, 102 s., Ankara.
- Güler, S., 2010. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nın genel özellikleri ve Antalya yöresi Fıstıkçamı ağaçlandırma alanları için gövde hacim tablosu. *Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 10(2): 73-96.
- Güneş, F., 2001. İstanbul yöresi Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ormanlarında meyve ve odun verimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s., İstanbul.
- Huang, S., Titus, S.J., Wiens, D.P., 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22: 1297-1304.
- Kalipsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 407s, İstanbul.
- Knowe, S.A., 1994. Effect of competition control treatments on height-age and height-diameter relationships in young Douglas-fir plantations. *Forest Ecology and Management*, 67: 101-111.
- Larsen, D.R., Hann, D.W., 1987. Height-diameter equations for seventeen tree species in Southwest Oregon. *Oregon State University Papers*, 16p., Corvallis.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K.E., 1973. Forest inventory. Vol.2 BLV Verlagsgesellschaft mbH, 469p, München, Germany.
- Lootens, J.R., Larsen, D.R., Shifley, S.R., 2007. Height-diameter equations for 12 upland species in the Missouri Ozark Highlands. *Northern Journal of Applied Forestry*, 24(2): 149-152.
- Meyer, H.A., 1940. A mathematical expression for height curves. *Journal of Forestry*, 38: 415-420.
- Mısır, N., 2010. Generalized height-diameter models for *Populus tremula* L. stands. *African Journal of Biotechnology*, 9(8): 4348-4355.
- Özçelik, R., Çapar, C., 2014. Antalya yöresi doğal kızılçam meşcereleri için genelleştirilmiş çap- boy modellerinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1): 44-52.
- Pearl, R., Reed, L.J., 1920. On the rate growth of the population of United States since 1790 and its mathematical representation. *Proc. National Academic Science, USA*, 6: 275-288.
- Prodan, M., 1965. *Holzmesslehre*. J.D. Sauerlander's Verlag. Frankfurt AM Main, 644p, Germany.

- Prodan, M., 1968. Forest Biometrics, English ed. Pergamon Press, 444p, Oxford
- Ratkowsky, D.A., 1990. Handbook of nonlinear regression. Marcel Dekker, Inc, 241p, New York,
- Ratkowsky, D.A., Reedy, T.J., 1986. Choosing near-linear parameters in the four-parameter logistic model for radioligand and related assays. Biometrics, 42:575-582.
- Richards, E.J., 1959. A flexible growth function for empirical use. Journal of Experimental Biology, 10: 290-300.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 312 s, İstanbul.
- Seber, G.A.E., Wild, C.J., 1989. Nonlinear regression. John Wiley, 768p, New York.
- Sibbsen, E., 1981. Some new equations to describe phosphate sorption by soils. Journal of Soil Science, 32: 62-74.
- Stage, A.R., 1975. Prediction of height increment for models of forest growth. USDA Forest Service Research Papers INT-164, 20p, Ogden.
- Sönmez, T., 2008. Generalized height-diameter models for *Picea orientalis* L. Journal of Environmental Biology, 30: 767-772.
- Temesgen, H., Hann, D.W., Monleon, V.J., 2007. Regional height-diameter equations for major tree species of Southwest Oregon. Western Journal of Applied Forestry. 22(3): 213-219.
- Wang, C.H., Hann, D.W., 1988. Height-diameter equations for sixteen tree species in the central western willamette valley of Oregon. Oregon State University Papers, 14p., Corvallis.
- Winsor, C.P., 1932. The Gompertz curve as a growth curve. Proc. National Academic Science USA, 18:1-7.
- Wykoff, W.R., Crookston, C.L., Stage, A.R., 1982. User's guide to the stand prognosis model. USDA Forest Service. General Technical Report. INT-133, 122p., Utah.



## Kaş Yöresi doğal kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi

Ramazan Özçelik<sup>a,\*</sup>, Şerife Kalkanlı<sup>b</sup>

**Özet:** Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ülkemizin ekonomik ve ekolojik açıdan en önemli ağaç türlerinden birisidir. Ormanların büyüme ve hasılatına ilişkin tahminlerde kullanılan en önemli yapı taşlarından birisi, hacim tahminleridir. Hacim tahminleri, ağaç ve meşcerelere ilişkin hacmin ve bu hacim miktarının farklı ticari sınıflara dağılımının doğru hesaplanmasında, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde, orman ürünleri sanayisinin geleceğine ilişkin projeksiyonların yapılmasında ve biyokütle ve karbon birikim miktarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Kaş yöresi doğal kızılçam meşcereleri için ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, 517 örnek ağaç ölçülmüş ve bu örnek ağaçlar tesadüfi olarak iki gruba ayrılmıştır. Gruplardan biri model geliştirmek, diğeri ise geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada 19 farklı regresyon modeli test edilmiştir. En uygun hacim denkleminin seçimi; model geliştirme ve test verileri için, beş farklı uygunluk ölçütü (ortalama mutlak hata, hata kareler ortalamasının karekökü, belirtme katsayısı, maksimum mutlak hata ve Akaike bilgi kriteri) kullanılarak belirlenen model nisbi sıralamalarına göre gerçekleştirilmiştir. Model nisbi sıralarına göre, en başarılı hacim tahmin modeli Model 4 olurken en başarısız model ise Model 3 olmuştur. Model 4 ile test verileri için elde edilen sonuçlar diğer hacim denklemleri ile elde edilen sonuçlar ile de karşılaştırılmış ve Model 4'ün daha başarılı olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Model 4 kullanılarak Kaş yöresi doğal kızılçam meşcerelerinde daha doğru hacim tahminleri yapılabileceğini ortaya koymuştur.

**Anahtar kelimeler:** Kızılçam, Hacim denklemi, Göğüs çapı, Boy, Nisbi sıra

## Development of tree volume equations for natural brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Kaş District

**Abstract:** Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) forests are economically and ecologically one of the most important forests in Turkey. The one of the essential building blocks in forest growth and yield prediction models is the equations for estimating individual tree volume. Individual tree volume estimations can be used to tree and stand volume estimations and to any merchantable limit of this volume, forest management plans arrangement, to projections of forest products industries, and to estimations of biomass and carbon budgets. In this study, tree volume equations were developed for brutian pine stands in Kaş Region. In this study, 517 sample trees destructively measured and then these trees are randomly divided into two groups as model development data and validation data. Nineteen regression models tested in this study. The tested models were compared using five performance criteria (average absolute residuals, root mean square error, coefficient of determination, maximum absolute error, and, Akaike Information criteria) for model development and validation dataset. Accordingly relative rank of models, while the best volume equation is Model 4, the worst equation is Model 3 for tree volume predictions. The results of Model 4 are compared with results of the other volume equations for model validation dataset. The proposed model performed better than the other models for volume estimations. The obtained results showed that, more accurate volume estimations can be obtained using model 4 for natural brutian pine stands of Kaş District.

**Keywords:** Brutian pine, Volume equation, Diameter, Height, Relative rank

### 1. Giriş

Kızılçam ekolojik ve ekonomik açıdan ülkemizin en önemli asli ağaç türlerinden birisidir. Son orman envanteri verilerine göre, kızılçam ülkemizde 5.6 milyon hektardan fazla alan kaplamakta ve yaklaşık 270 milyon m<sup>3</sup> dikili ağaç servetine sahiptir (OGM, 2015). Ülke ormanlık alanlarının %25'ini kaplayan kızılçam ormanları farklı ekolojik özelliklere sahip geniş bir coğrafik alan üzerinde yayılış göstermekte olup, toprak ve su kaynaklarının korunması, iklim değişiminin olumsuz etkisinin azaltılması ve buna

adaptasyon sağlanması ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi önemli çevresel konularda anahtar bir role sahiptir.

Bu nedenle kızılçam ormanlarının yönetim ve planlanması ile ilgili stratejilerin geliştirilmesinde bu geniş coğrafik dağılışın ve buna bağlı olarak ortaya çıkan farklı ekolojik koşulların dikkate alınması gerekmektedir. Ülkemizde orman kaynaklarının planlanması çalışmaları, son on yıldır ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama ilkelerine uygun bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Ekosistem tabanlı fonksiyonel amenajman planlarının düzenlenebilmesi, bu planlara bağlı olarak ormanların sürdürülebilir yönetimi ve işletilmesi için ağaç türlerine

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

<sup>b</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): ramazanozcelik@orman.sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 09.02.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.03.2018



**Citation** (Atf): 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.

DOI: [10.18182/tjf.392873](https://doi.org/10.18182/tjf.392873)

ilişkin dinamik büyüme ve hasılat modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Büyüme ve hasılat modellerinin en önemli altlıklarından birisi de ağaç ve meşcere hacim tahminleridir.

Hacim tahminleri, ağaç ve meşcerelere ilişkin hacmin ve bu hacim miktarının farklı ticari sınıflara dağılımının hesaplanmasında (Dieguez-Aranda vd., 2006), orman amenajman planlarının düzenlenmesinde (de-Miguel vd., 2012; Rodríguez vd., 2014), orman ürünleri sanayisinin geleceğine ilişkin projeksiyonların yapılmasında (de-Miguel vd., 2012) ve uygun biyokütle dönüşüm faktörleri yardımı ile biyokütle ve karbon birikim miktarının hesaplanmasında (Castedo-Dorado vd., 2012) kullanılan önemli bir meşcere parametresidir. Bu nedenle; ülkemizde, tek ağaç ve meşcere hacminin en doğru şekilde belirlenmesine olanak veren, büyüme ve hasılat modellerine entegre edilebilen, esnek ve güvenilir hacim tahmin metodlarına ihtiyaç duyulmaktadır (de-Miguel vd., 2012).

Ağaç hacim denklemleri veya ağaç hacim tabloları geçmişten günümüze dikili bir ağacın gövde hacmini ya da kalın odun hacmini tahmin etmek amacıyla en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde, genel olarak tek girişli, çift girişli ya da çok girişli ağaç hacim denklemleri kullanılmaktadır (Burkhart ve Tome, 2012). Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, oldukça fazla sayıda ve farklı tipte modelin kullanıldığı görülmektedir (Ritchie ve Hann, 1984; Hjelm ve Johansson, 2012; Rachid vd., 2014). Ülkemizde, çeşitli araştırmacılar tarafından bazı asli ağaç türleri için yöresel ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir (Saraçoğlu, 1988; Bozkuş ve Carus, 1997; Yavuz, 1999; Özkurt, 2000; Mısır ve Mısır, 2004; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Özçelik ve Çevlik, 2017; Kahrman vd., 2017)

Ülkemizde, geniş bir coğrafik alanda yayılış gösteren kızılçam meşcereleri için ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama çalışmalarının başarıyla gerçekleştirilebilmesi, farklı yetiştirme ortamları ve bu yetiştirme ortamlarındaki tek ağaç ve meşcereler için düzenlenmiş ağaç hacim denklemlerinin bulunmasını zorunlu hale getirmiştir. Ancak, orman amenajman planları incelendiğinde, aynı hacim tablosunun yetiştirme ortamı farklılıkları dikkate alınmadan geniş coğrafi bölgeler içerisinde kullanıldığı da çoğu zaman göze çarpmaktadır. Bunun sonucu olarak, gövde hacim tahminlerinde oldukça büyük hataların ortaya çıkabildiği değişik çalışmalarda ortaya konulmuştur (Brooks vd., 2008). Pillsbury vd. (1995); aynı hacim tablosunun farklı yetiştirme ortamı özelliklerine sahip yörelerde kullanılması ile ortaya çıkacak hacim hatasının %40'a kadar yükselebileceğini belirtmiştir. Bu nedenle; eldeki olanaklar izin verdiği müddetçe yöresel farklılıkları da dikkate alan ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Brooks ve Wiant, 2008).

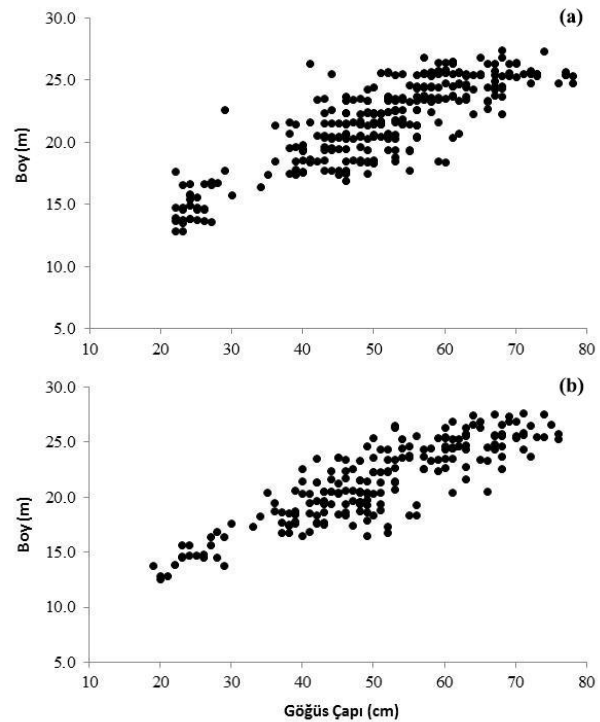
Bu çalışmada, Kaş yöresi doğal kızılçam meşcereleri için değişik formlarda 19 adet hacim denklemi kullanılarak ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, model geliştirme ve test verisi olmak üzere iki ayrı veri seti kullanılarak modeller test edilmiş ve yöre için en uygun ağaç hacim denklem veya denklemlerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Örnek ağaç verileri, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Kaş Orman İşletme Müdürlüğü Kalkan Orman İşletme Şefliği'ndeki doğal kızılçam meşcerelerinden toplanmıştır. Bu amaçla toplam 517 adet örnek ağaç ölçülmüş, bu veriler rasgele yöntemle, yaklaşık %60'ı (307 ağaç) model geliştirmek, geri kalan yaklaşık %40'lık (210 örnek ağaç) kısmı ise geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla ikiye ayrılmıştır. Örnek ağaçların seçiminde, ağaçların meşcere kuruluşlarını ve dolayısıyla farklı çap ve boy sınıflarını en iyi şekilde temsil etmesini sağlamak amacıyla, tüm çap ve boy sınıflarına olabildiğince eşit dağılımının sağlanmasına dikkat edilmiştir. Örnek ağaçlar hem galip hem de müşterek galip ağaçlar arasından seçilmiştir. Örnek ağaçların seçiminde gövdelerin çatallı ve eğri, tepelerin kırık olmamasına ve yöresel koşulları en iyi biçimde yansıtmasına özen gösterilmiştir. Örnek ağaçların çapı ( $d$ ), ağaçlar kesildikten önce, elektronik çap ölçer yardımı ile 0.1 cm, boyu ( $h$ ) ise ağaçlar kesildikten sonra, şerit metre yardımı ile 0.05 m hassasiyetle ölçülmüştür. Ağaç hacimlerinin belirlenmesi amacıyla Bailey (1995) tarafından önerilen üst üste eklemeli seksiyon metodu (the overlapping bolt method) kullanılmıştır. Ölçümü yapılan ağaçların çap-boy dağılım grafiği, model geliştirme ve test verileri için ayrı ayrı Şekil 1'de verilmiştir.

Model geliştirmek ve geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılan örnek ağaçların çap ve boy sınıflarına dağılımları Çizelge 1 ve 2'de; çap, boy ve hacim değerlerine ilişkin nitelendirici istatistikleri ise Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 1. Ölçümü yapılan örnek ağaçlara ilişkin çap-boy dağılım grafiği a) Model geliştirme verisi, b) model test verisi

Çizelge 1. Model geliştirme verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çaplar (cm)	Boylar (m)									Σ
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
22	9	1	1							11
26	10	9								19
30		2	1		1					4
34		1	1							2
38			6	3	3					12
42			8	8	3	2	1			22
46		1	8	13	8	3	1			34
50			7	10	19	5	1			42
54			3	13	15	11	4			46
58			1	3	6	18	11			39
62			1	2		13	12			28
66					2	9	9			20
70					1	3	7	3	1	15
74						1	3	2	1	7
78						2	4			6
Σ	19	14	37	52	58	67	53	5	2	307

Çizelge 2. Model test verilerinin çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çaplar (cm)	Boylar (m)									Σ
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
22	7	1								8
26	4	2	1							7
30	2	2	1							5
34			2	1						3
38		2	12	2						16
42		2	7	8	5	1				23
46			4	9	6	3				22
50		1	5	13	8	4	1			32
54		1	2	1	5	8	3			20
58			1	1	3	5	3			13
62				1	4	9	9			23
66				1		6	3	2	2	14
70					1	3	11	1	1	17
74							4	1		5
78							2			2
Σ	13	11	35	37	32	39	38	5	3	210

Çizelge 3. Çalışmada kullanılan örnek ağaçlara ilişkin nitelendirici istatistikler

Değişkenler	Model geliştirme verileri (n = 307)				Model test verileri (n = 210)			
	Ortalama	Min.	Max.	S.D.	Ortalama	Min.	Max.	S.D.
DBH (cm)	50.84	22.00	78.00	12.85	50.44	19.00	76.00	13.20
TH (m)	21.62	12.84	27.46	3.41	21.43	12.59	27.68	3.62
V (m <sup>3</sup> )	2.1090	0.1904	5.5218	1.20	2.0766	0.1693	5.2292	1.25

DBH: göğüs çapı; TH: Toplam ağaç boyu; V: hacim

## 2.2. Yöntem

Ormancılık çalışmalarında; 50 yılı aşkın zamandır pek çok ağaç hacim denklemi geliştirilmiştir (Clutter vd., 1983; Kelly ve Beltz, 1987; Saraçoğlu, 1988; Pillsbury vd., 1995; Fowler, 1997; Bi ve Hamilton, 1998; Yavuz, 1999; Mısır ve Mısır, 2004; Teshome 2005; Akindele ve LeMay, 2006;

Perez, 2008; Alegria ve Tome, 2011; Hjelm ve Johansson, 2012; Stolarikova vd., 2014; Lee vd., 2017; Özçelik ve Çevlik 2017). Bu çalışmada, yukarıda belirtilen kaynaklardan temin edilen farklı formlardaki hacim fonksiyonları kullanılmıştır. Bu fonksiyonlara ilişkin detaylı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

- $$v = \beta_0 + (\beta_1 d^2 h) \quad (\text{Borset, 1954}) \quad (1)$$
- $$v = \beta_0 + \beta_1 d^{\beta_2} h^{\beta_3} \quad (\text{Fowler ve Hussain, 1987}) \quad (2)$$
- $$v = (\beta_0 + \beta_1 d)^2 \quad (\text{Perez ve Kanninen (2003)}) \quad (3)$$
- $$v = \beta_0 d^2 h \quad (\text{Spurr, 1952}) \quad (4)$$
- $$v = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} \quad (\text{Schumacher-Hall, 1933}) \quad (5)$$
- $$v = \beta_0 + \beta_1 d^{\beta_2} h^{\beta_3} \quad (\text{Schumacher-Hall, 1933}) \quad (6)$$
- $$v = \frac{\beta_0 + \beta_1 h^{-1}}{d^2} \quad (\text{Honer, 1967}) \quad (7)$$
- $$v = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h}{d}\right)^{\beta_2} (d^2 h) \quad (\text{Newnham, 1967}) \quad (8)$$
- $$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 h + \beta_2 h \quad (\text{Rachid-Casnati vd., 2014}) \quad (9)$$

$$v = \frac{d^2h}{\beta_0 + \beta_1 d} \quad (\text{Takata, 1958}) \quad (10)$$

$$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h^2 \quad (\text{Alegria ve Tome, 2011}) \quad (11)$$

$$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3 d^2 h^2 \quad (\text{Alegria ve Tome, 2011}) \quad (12)$$

$$v = \beta_0 \left(2 + \frac{d}{h}\right) + \beta_1 h^2 + \beta_2 d h^2 \quad (\text{Hjelm ve Johansson, 2012}) \quad (13)$$

$$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 h + \beta_2 d^3 h + \beta_3 d^2 h^2 + \beta_4 d + \beta_5 h \quad (\text{Bi ve Hamilton, 1998}) \quad (14)$$

$$v = d^2(\beta_0 + \beta_1 h) \quad (\text{Ogaya, 1968}) \quad (15)$$

$$v = \beta_0 d^2 + \beta_1 d^2 h - \beta_2 d^2 h^2 - \beta_3 d h + \beta_4 d h^2 \quad (\text{Eriksson, 1973}) \quad (16)$$

$$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 h + \beta_2 d^3 h + \beta_3 d^2 h^2 + \beta_4 h \quad (\text{Bi ve Hamilton, 1998}) \quad (17)$$

$$v = \beta_0 + \beta_1 d h + \beta_2 d h^2 + \beta_3 d^2 h^2 \quad (\text{Alegria ve Tome, 2011}) \quad (18)$$

$$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d h^2 + \beta_3 d^2 h^2 \quad (\text{Alegria ve Tome, 2011}) \quad (19)$$

Yukarıda verilen doğrusal olmayan regresyon denklemlerinin çözümü için doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada logaritmik denklemler tercih edilmemiştir. Çünkü bu modeller ağaç gövde hacminin logaritmasını göğüs çapı ve ağaç boyunun logaritmasına göre vermektedir. Gerçek gövde hacim değerlerinin hesaplanabilmesi için elde edilen logaritmik değerlerin antilogaritmalarının alınması gerekmektedir (Burkhardt ve Tome, 2012).

En uygun hacim denkleminin belirlenmesinde ise; ortalama hata ( $E$ ), ortalama mutlak hata ( $OMH$ ), maksimum mutlak hata ( $MMH$ ), belirtme katsayısı ( $R^2$ ), hata kareler ortalamasının karekökü ( $RMSE$ ) ve Akaike bilgi kriteri ( $AIC$ ) gibi altı farklı uygunluk ölçütü kullanılmıştır.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (20)$$

$$OMH = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (21)$$

$$MMH = \max(|y_i - \hat{y}_i|) \quad (22)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \bar{y})^2} \quad (23)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}} \quad (24)$$

$$AIC = n * \log \left[ \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p} \right] + 2p \quad (25)$$

Bu formüllerde  $y_i, \hat{y}_i$  ve  $\bar{y}$  sırasıyla ölçülen, tahmin edilen ve ölçülen değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.  $n$  model geliştirmek için kullanılan toplam gözlem sayısını,  $p$  geliştirilen modellerdeki parametre sayısını ifade etmektedir.

Geleneksel olarak  $M$  tane yöntemin sıralanması 1, 2, ...,  $m$  şeklinde gösterilmektedir. Bu sıralama biçimi, yöntemlerin sıralamasını göstermekle birlikte, yöntemler ile elde edilen sonuçların birbirine ne kadar yakın olduğu hakkında bilgi vermemektedir (Poudel ve Cao, 2013). Bu çalışmada, modellerin başarı sıralarının daha gerçekçi bir şekilde ortaya konabilmesi için Poudel ve Cao (2013) tarafından geliştirilen nispi sıralama yöntemi kullanılmıştır. Nispi sıralama yöntemiyle, karşılaştırılan denklemlerin birbirine olan nispi yakınlıkları hakkında bilgi edinilebilmektedir. Bir  $i$  modelinin nispi sıralaması aşağıdaki formülasyon yardımı ile bulunabilmektedir.

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(S_i - S_{\min})}{S_{\max} - S_{\min}} \quad (26)$$

Burada,

$R_i$  :  $i$  yönteminin nispi sırasını ( $i=1, 2, \dots, m$ ),

$S_i$  :  $i$  yöntemi ile elde edilen uyum istatistiğini,

$S_{\min}$  : uyum istatistiğinin minimum değerini,

$S_{\max}$  : uyum istatistiğinin maksimum değerini ifade etmektedir.

Bu yönteme ilişkin detaylı açıklamalar Özçelik ve Çevlik (2017)'de bulunabilir. Bu yeni sıralama sistemi, geleneksel sıralama sistemlerine göre daha fazla bilgi sunmakta ve modeller arasındaki farklılığın tam olarak ortaya konmasına yardımcı olmaktadır (Poudel ve Cao, 2013).

Çalışmada, yukarıda açıklanan altı ölçüt değerinden ortalama hatanın yanıltıcı sonuçlar ortaya koyabiliyor olması nedeniyle onun dışında kalan diğer beş ölçüt değeri kullanılarak modellerin nisbi sıraları belirlenmiştir. Çünkü, bir model için pozitif veya negatif yöndeki ekstrem hatalar, ortalama hata hesaplanırken birbirini yok edebilmekte ve ortalama hatanın küçük elde edilmesine neden olabilmektedir. Belirtme katsayısı dışındaki bütün ölçütler için, en küçük değere sahip olan model en iyi olarak nitelendirilmiştir.

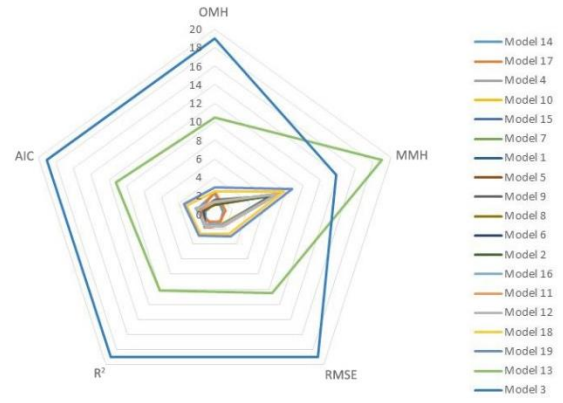
### 3. Bulgular ve tartışma

Model geliştirme verileri kullanılarak 19 farklı ağaç hacim denklemi için yapılan parametre tahminleri ve bu parametrelerin önem düzeyleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Model geliştirme verileri kullanılarak test edilen modeller için elde edilen ölçüt değerleri Çizelge 5'te ve bu ölçüt değerlerine göre ortaya çıkan model nispi sıraları ise Çizelge 6'da verilmiştir. Beş ölçüt değerine göre test edilen modellerin radar grafiği ise Şekil 2'deki gibidir. Çizelge 6'daki model nispi sıraları ve Şekil 2'de ortaya çıkan durum birlikte değerlendirildiğinde, modelleri nisbi sıra değerlerine ve radar grafiğine göre 5 gruba ayırmak mümkündür. En başarılı tahminlerin yapıldığı 4, 14 ve 17 nolu modeller birinci gruba, 18 ve 19 nolu modeller üçüncü gruba; 13 nolu model dördüncü gruba; en başarısız tahminlerin yapıldığı 3 nolu model beşinci gruba ve diğer 12 model ise ikinci gruba oluşturmaktadır. Radar grafiği incelendiğinde en içteki grupta kalan modeller başarılı model ya da model gruplarını, en dışta yer alan modeller ise en başarısız gruba oluşturmaktadır.

Model geliştirme verileri yardımı ile elde edilen parametre tahminleri kullanılarak bağımsız veri seti ya da test grubu için yapılan hacim tahminleri sonucunda elde

edilen ölçüt değerleri de Çizelge 7’de verilmiştir. Modeller arasında ağaç hacim tahminleri bakımından farklılıklar olup olmadığını görmek için modellerin ölçüt değerleri kullanılarak bulunan nispi sıralama sonuçları da Çizelge 8’de verilmiştir. Çizelge 8’in incelenmesinden de görüleceği gibi, model geliştirme verileri için en başarılı modeller arasında yer alan 14 ve 17 nolu modeller, bağımsız veri seti için nispeten daha başarısız sonuçlar üretmiştir. Model test verileri için en başarılı modeller sırasıyla Model 4, Model 15, Model 7 ve Model 9 olmuştur. Model 4 (Spurr, 1952), hem model geliştirme verileri hem de model test verisi için uyumlu sonuçlar ortaya koymuş ve başarılı modeller arasında yer almıştır.



Şekil 2. Model geliştirme verileri için modellerin beş ölçüte göre nispi sıralarının radar grafiği

Çizelge 4. Ağaç hacim fonksiyonlarına ilişkin parametre tahminleri

Model no	Katsayılar						
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	
1	-0.02935 NS	0.000034 ****					
2	0.008919 NS	0.000026 **	2.04416 ****	1.0219 ****			
3	-0.37906 ****	0.034616 ****					
4	0.000034 ****						
5	0.000027 ***	2.036405 ****	1.016735 ****				
6	0.008919 NS	0.000026 ****	2.044183 **	1.02189 ****			
7	-78.7995 NS	31628.6 ****					
8	-0.02305 NS	0.000033 ****	-0.01882 NS				
9	-0.10179 NS	0.000034 ****	0.004441 NS				
10	31120.41 ****	-22.4952 NS					
11	-0.03876 NS	0.000381 ****	$7.53 \times 10^{-7}$ ****				
12	0.0522 NS	-0.0431 NS	0.000436 ****	$7.37 \times 10^{-7}$ ****			
13	0.948331 ****	-0.00582 ****	0.000159 ****				
14	-0.30892 NS	0.000044 *	$1.17 \times 10^{-7}$ NS	$-6.30 \times 10^{-7}$ NS	-0.01362 NS	0.039718 **	
15	-0.00004 ****	0.000035 ****					
16	0.000601 NS	$-1.71 \times 10^{-6}$ NS	$-4.29 \times 10^{-7}$ *	0.001056 *	0.000044 **	* **	
17	-0.56791 *	0.000025 ****	$1.85 \times 10^{-7}$ **	$-3.06 \times 10^{-7}$ NS	0.04146 **		
18	-0.27375 ***	0.00215 ****	-0.00007 ****	$1.25 \times 10^{-6}$ ****			
19	-0.40338 ****	0.02611 ****	-0.00002 ***	$1.17 \times 10^{-6}$ ****			

NS:  $p > 0.05$ ; \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.001$ ; \*\*\*\*:  $p < 0.0001$

Çizelge 5. Model geliştirme verileri için elde edilen ölçüt değerleri

Model No	AAE	MAE	RMSE	E	R <sup>2</sup>	AIC
1	0.15336	1.77556	0.23175	0.00000	0.96258	-893.7145
2	0.15325	1.76764	0.23233	0.00002	0.96264	-888.2006
3	0.20145	2.00284	0.28795	0.00490	0.94223	-760.4088
4	0.15315	1.75304	0.23181	-0.00678	0.96244	-895.5775
5	0.15303	1.77077	0.23195	0.00043	0.96274	-891.1900
6	0.15325	1.76764	0.23233	0.00001	0.96264	-888.2006
7	0.15430	1.75553	0.23177	-0.00195	0.96257	-893.6701
8	0.15298	1.77901	0.23210	0.00002	0.96259	-890.8075
9	0.15447	1.75464	0.23200	0.00000	0.96262	-891.0568
10	0.15303	1.76856	0.23156	-0.00016	0.96264	-894.2272
11	0.15373	1.78713	0.23217	0.00000	0.96257	-890.6208
12	0.15409	1.78173	0.23239	0.00000	0.96262	-888.0453
13	0.17853	2.17780	0.26100	-0.00177	0.95269	-818.7348
14	0.15650	1.57346	0.23067	0.00000	0.96341	-888.5925
15	0.15418	1.75493	0.23180	-0.00182	0.96256	-893.6007
16	0.15366	1.77700	0.23192	0.00206	0.96289	-887.2889
17	0.15697	1.58181	0.23053	0.00000	0.96334	-890.9569
18	0.15694	1.80270	0.23569	0.00000	0.96155	-879.3861
19	0.15816	1.83617	0.23663	0.00000	0.96124	-876.9445

Çizelge 6. Model geliştirme verileri ve modeller için nispi sıralama sonuçları

Model No	Nispi Sıralama					Sıra Toplamları	Genel Sıralama
	AAE	MAE	RMSE	R <sup>2</sup>	AIC		
1	1.141	7.019	1.383	1.710	1.248	12.501	2.139
2	1.102	6.783	1.562	1.657	1.982	13.087	2.267
3	19.000	13.789	19.000	19.000	19.000	89.789	19.000
<b>4</b>	<b>1.199</b>	<b>6.349</b>	<b>1.399</b>	<b>1.573</b>	<b>1.000</b>	<b>11.520</b>	<b>1.925</b>
5	1.018	6.877	1.445	1.660	1.584	12.584	2.157
6	1.101	6.784	1.562	1.657	1.982	13.087	2.267
7	1.489	6.423	1.388	1.714	1.254	12.268	2.088
8	1.000	7.122	1.490	1.699	1.635	12.947	2.236
9	1.553	6.396	1.461	1.674	1.602	12.685	2.179
10	1.019	6.811	1.322	1.657	1.180	11.988	2.027
11	1.278	7.364	1.512	1.719	1.660	13.533	2.364
12	1.411	7.203	1.580	1.674	2.003	13.871	2.438
13	10.486	19.000	10.553	10.111	11.233	61.382	12.803
<b>14</b>	<b>2.306</b>	<b>1.000</b>	<b>1.043</b>	<b>1.000</b>	<b>1.930</b>	<b>7.279</b>	<b>1.000</b>
15	1.446	6.405	1.396	1.722	1.263	12.232	2.081
16	1.253	7.062	1.433	1.441	2.104	13.293	2.312
<b>17</b>	<b>2.483</b>	<b>1.249</b>	<b>1.000</b>	<b>1.066</b>	<b>1.615</b>	<b>7.413</b>	<b>1.029</b>
18	2.471	7.828	2.615	2.582	3.156	18.652	3.481
19	2.923	8.825	2.910	2.843	3.481	20.982	3.989

Çizelge 7. Model test verileri için elde edilen ölçüt değerleri

Model No	AAE	MAE	RMSE	E	R <sup>2</sup>	AIC
1	0.13902	1.32275	0.20876	-0.00955	0.97209	-653.9593
2	0.13996	1.31921	0.21128	-0.01046	0.97169	-644.9213
3	0.18975	1.94019	0.28023	-0.00007	0.94970	-530.2971
4	0.13865	1.31998	0.20736	-0.01657	0.97233	-658.7791
5	0.13981	1.32071	0.21057	-0.00985	0.97174	-648.3368
6	0.13996	1.31925	0.21128	-0.01047	0.97168	-644.9180
7	0.13941	1.29191	0.20876	-0.01242	0.97209	-653.9673
8	0.13917	1.33547	0.20985	-0.00965	0.97193	-649.7662
9	0.13910	1.30799	0.20847	-0.00895	0.97230	-652.5465
10	0.14002	1.32951	0.21052	-0.01061	0.97162	-650.4405
11	0.14089	1.31541	0.21182	-0.01359	0.97140	-645.8409
12	0.14183	1.33272	0.21383	-0.01371	0.97100	-639.8867
13	0.16171	1.03285	0.22393	-0.02277	0.96804	-622.4977
14	0.14223	1.35992	0.21475	-0.00459	0.97103	-634.0794
15	0.13917	1.29380	0.20850	-0.01177	0.97216	-654.4753
16	0.13881	1.35438	0.21043	-0.00904	0.97205	-644.6173
17	0.14339	1.33939	0.21466	-0.00753	0.97091	-636.2477
18	0.14492	1.22037	0.21359	-0.01510	0.97106	-640.3470
19	0.14575	1.21648	0.21474	-0.01797	0.97075	-638.0978

Çizelge 8. Model test verileri ve test edilen modeller için nisbi sıralama sonuçları

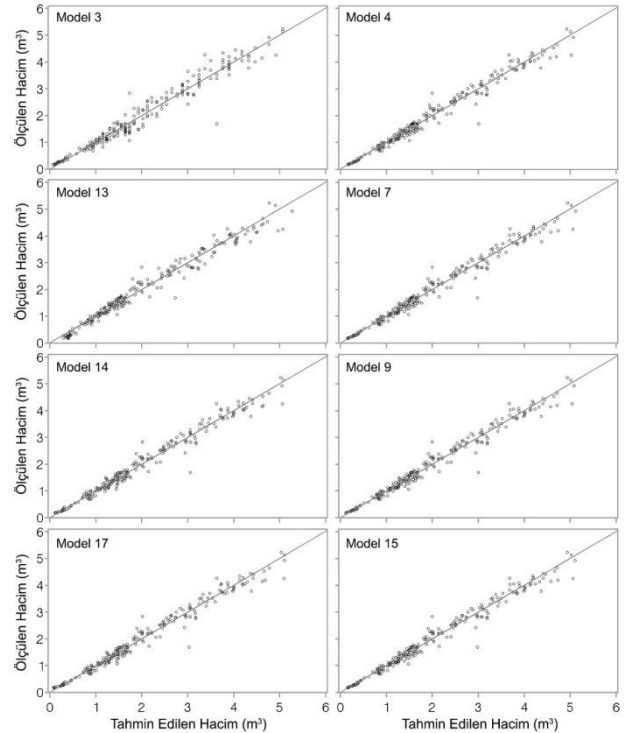
Model No	Nispi Sıralama					Sıralamalar Toplamı	Genel Sıralama
	AAE	MAE	RMSE	R <sup>2</sup>	AIC		
1	1.129	6.751	1.345	1.191	1.675	12.092	1.298
2	1.463	6.681	1.967	1.511	2.941	14.564	1.826
3	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	95.000	19.000
4	<b>1.000</b>	<b>6.696</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>10.696</b>	<b>1.000</b>
5	1.409	6.711	1.792	1.469	2.463	13.842	1.672
6	1.463	6.682	1.968	1.512	2.942	14.566	1.826
7	<b>1.267</b>	<b>6.139</b>	<b>1.344</b>	<b>1.190</b>	<b>1.674</b>	<b>11.614</b>	<b>1.196</b>
8	1.182	7.003	1.615	1.316	2.263	13.379	1.573
9	<b>1.157</b>	<b>6.458</b>	<b>1.273</b>	<b>1.022</b>	<b>1.873</b>	<b>11.784</b>	<b>1.232</b>
10	1.483	6.885	1.779	1.566	2.168	13.881	1.680
11	1.788	6.606	2.102	1.737	2.813	15.045	1.929
12	2.121	6.949	2.597	2.058	3.647	17.371	2.425
13	9.123	1.000	5.092	4.413	6.083	25.711	4.206
14	2.261	7.489	2.824	2.031	4.460	19.066	2.787
15	<b>1.185</b>	<b>6.177</b>	<b>1.282</b>	<b>1.136</b>	<b>1.603</b>	<b>11.382</b>	<b>1.147</b>
16	1.057	7.379	1.757	1.222	2.984	14.398	1.790
17	2.669	7.081	2.803	2.126	4.157	18.836	2.738
18	3.207	4.720	2.539	2.007	3.582	16.056	2.144
19	3.502	4.643	2.822	2.255	3.897	17.120	2.372

Şekil 3'te model test verisi için en başarılı (4, 7, 9 ve 15 nolu modeller) ve en başarısız (3, 13, 14 ve 15 nolu modeller) modellere ilişkin tahmin edilen hacim değerlerinin ölçülen hacim değerlerine göre dağılımı verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi başarılı olan modellerde sonuçlar, 1:1 çizgisinden çok yakın iken, başarısız modellerde noktalar, 1:1 çizgisinden oldukça ayrılmaktadır. Genel olarak tüm modeller için 1:1 çizgisinden ayrılma, büyük hacim değerleri için nispeten daha yüksektir. Bu durum, yüksek hacim değerine sahip ağaçların hacim tahminlerinde, kullanılan modellerin daha yüksek hata miktarı ortaya çıkardığını göstermektedir.

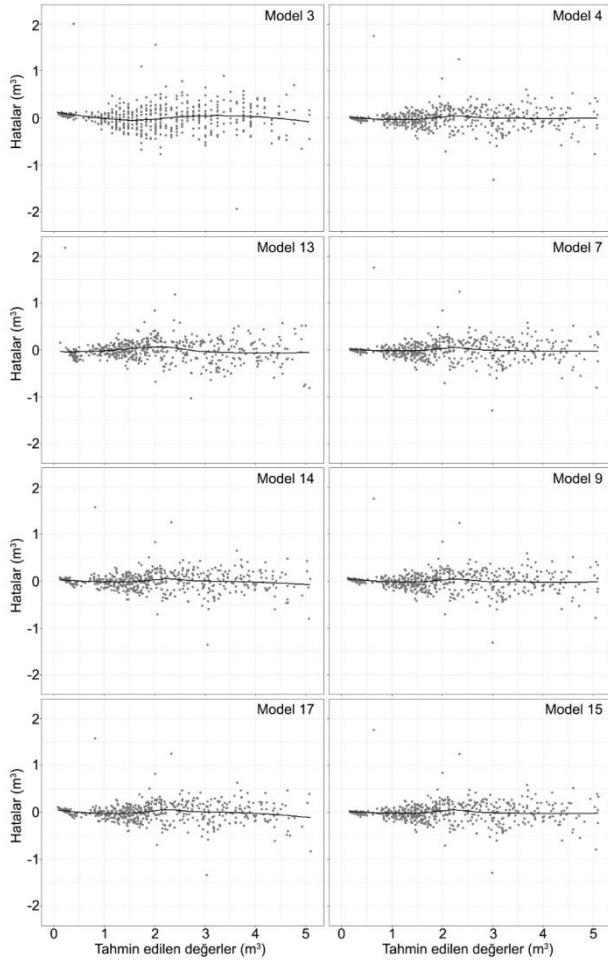
Şekil 4'te ise tüm veri seti için nispi sıralama değerleri bakımından en başarılı ve en başarısız dört model için, tahmin edilen hacim değerlerine karşılık hata dağılım grafiği verilmiştir. Loess regresyon çizgisi dikkate alındığında, başarılı modeller kullanılarak elde edilen sonuçların nispeten daha hatasız olarak elde edildiği, ancak başarısız modeller ile elde edilen sonuçların ise nispeten daha hatalı olduğunu göstermektedir. Özellikle en başarısız modeller olan Model 3 ve Model 13'e ait Loess regresyon çizgisinin sıfır hattından oldukça ayrıldığı görülmektedir. Buna karşın en başarılı model olan Model 4'e ait Loess regresyon çizgisinin sıfır hattına çok yakın olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında model test verileri kullanılarak, bu çalışmada en başarılı model olarak ortaya çıkan Model 4 ile diğer araştırmacılar (Alemdağ, 1962; Çatal 2009; Kahrıman vd., 2017) tarafından doğal kızılçam meşcereleri önerilen ağaç hacim denklemleri ve Kalkan İşletme Şefliği Orman Amenajman Planındaki kızılçam tek girişli ağaç hacim tablosu (OGM, 2015), ağaç hacim tahminlerindeki başarıları bakımından karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalara ilişkin sonuçlar Çizelge 9'da verilmiştir. Ortalama hata ve RMSE değerleri bakımından yapılan bu karşılaştırmada, Model 4'ün diğer modellere göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu durum açık bir şekilde ağaç hacim tahminlerinde yöreselliğin etkisinin önemini ortaya koymaktadır. Çünkü Çatal (2009) tarafından önerilen model Batı Akdeniz Bölgesindeki, Kahrıman vd. (2017) tarafından önerilen model Antalya ve Mersin Bölge Müdürlüğündeki, Alemdağ (1962) tarafından önerilen model Kızılçamın tüm yayılış alanındaki daha geniş bir coğrafyadan toplanmış veriler kullanılarak ortaya konulduğundan, bu modellerin

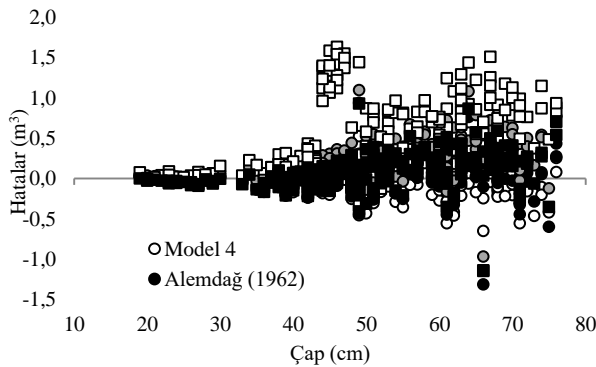
daha yüksek hata üretmesi oldukça normaldir. Yöresel ekolojik koşulların, ağaç gövde formu ve buna bağlı olarak ağaçların çap ve boy gelişimi üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Daha geniş coğrafik bölgeler için geliştirilen ağaç hacim denklemleri, yöresel ağaç hacim denklemlerinin aksine ağaç formundaki varyasyonun açıklanmasında yeterli olamamaktadır. Şekil 5'ten de görüleceği gibi yöresel tek girişli hacim tablosu dışındaki tüm modellerin ince ve orta çap sınıfları için oldukça yakın hacim tahminleri ürettiği ve hata dağılımının bu çap sınıfları için nispeten homojen olduğu söylenebilir. Ancak, kalın çap sınıfları için tüm modellerin hata dağılımının varyansı yükselmiştir. Bu yükselme Model 4 dışındaki denklemlerde daha yüksektir.



Şekil 3. En başarılı (sağ sütun) ve en başarısız (sol sütun) modeller kullanılarak model test verileri için ölçülen hacim değerlerine karşı tahmin edilen hacimlerin 1:1 dağılımı



Şekil 4. Loess regresyon ile tüm veri seti için en başarılı (sağ sütun) ve en başarısız (sol sütun) modellerin hata dağılımı.



Şekil 5. Farklı hacim denklemleri ile elde edilen sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 5'in ve Çizelge 9'un incelenmesinden görüleceği gibi, Model 4 dışındaki tüm modeller ağaç hacimlerini eksik tahmin etmekte ve negatif yönde bir hata vermektedir.

Sonuç olarak; 4 nolu modelin ormancılık çalışmalarında ağaç hacim tahminleri için yaygın olarak kullanılan bir model olması, diğer model formlarına göre daha az sayıda parametre içermesi nedeniyle, Kaş Yöresi doğal kızılçam

meşcerelerinde tek ağaç ve buna bağlı olarak meşcere hacimlerinin tahmin edilmesi için önerilebilecek bir modeldir. Diğer yandan Model 4 (Spurr, 1952)'ün bölgesel olarak kullanılabilirliğinin denetimi için, kontrol verileri kullanılarak yapılan "Eşlendirilmiş t-testi" sonuçlarına göre de, geliştirilen hacim denkleminin  $p > 0.05$  önem düzeyinde güvenle kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Her iki veri seti içinde yapılan değerlendirmeler ışığında, en başarılı model olan model 4 tüm veri seti için tekrar çözülmüş ve tüm veri seti için elde edilen katsayı kullanılarak ( $\beta_0 = 0.000034$ ) Kaş Yöresi doğal kızılçam meşcereleri için çift girişli ağaç hacim tablosu düzenlenmiş ve Çizelge 10'da verilmiştir. Bu tablo kullanılarak, göğüs çapı 20-80 cm ve ağaç boyu 10-30 m arasında değişen ağaçların dikili gövde hacim değerleri  $m^3$  olarak bulunabilmektedir. Çalışmada kullanılan veri seti göğüs çapı 20 cm'den daha büyük ağaçları içermesinden dolayı, çift girişli hacim tablosu düzenlenirken tabloda göğüs çapı 20 cm'nin altındaki ağaçlara yer verilmemiştir.

#### 4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada, Kaş yöresi doğal kızılçam meşcereleri için hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla seçilen farklı formlardaki 19 adet hacim denklemi, altı farklı ölçüt değeri kullanılarak test edilmiştir. Yörede 517 örnek ağaç ölçülmüş, bu ağaçların tesadüfi olarak yaklaşık %60'ı (307 örnek ağaç) model geliştirmek ve geri kalan yaklaşık %40'lık kısım (210 örnek ağaç) ise geliştirilen modellerin test edilmesi için kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, gerek model geliştirme verisi, gerekse de model test verileri için en başarılı sonuçlar Model 4 (Spurr, 1952) ile elde edilmiştir. Benzer sonuçlar tüm veri setinin için yapılan değerlendirmelerde de ortaya çıkmıştır.

Geliştirilen ve yörede kullanılması önerilen ağaç hacim denkleminin yöresel olarak kullanılabilirliğinin denetimi için kontrol verileri ile gerçekleştirilen denetimler sonucunda bu modelin ilgili ağaç türü için gövde hacim tahminlerinde güvenle kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır. Kızılçam ağaç türü için geliştirilen ve önerilen ağaç hacim denkleminin ilgili yörede ağaç hacim tahminlerinde kullanılabilmesi için, ağaç boyunun ve göğüs yüksekliği çapının ölçülmesi yeterli olacaktır. Bu değerler, ilgili ağaç hacim denkleminde yerine konularak ağaç gövde hacmi  $m^3$  olarak hesaplanabilir.

Çizelge 9. Model test verileri için farklı hacim denklemleri ile elde edilen sonuçların ortalama hata (E) ve RMSE değerleri bakımından karşılaştırılması

Hacim Denklemi	Ortalama Hata ( $m^3$ )	RMSE ( $m^3$ )
Model 4	-0.0166	0.2074
OGM (2015)	0.5188	7.5672
Alemdağ (1962)	0.0399	0.6242
Çatal (2009)	0.2385	3.4897
Şahin vd. (2017)	0.0863	1.2864
Carus ve Su (2014)	0.1859	2.7310



Çizelge 10. Kaş yöresi kızılçam meşcereleri için çift girişli hacim tablosu

Çaplar (cm)	Ağaç Boyu (m)										
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
20	0.1320	0.1584	0.1848	0.2112							
22	0.1597	0.1917	0.2236	0.2556							
24	0.1901	0.2281	0.2661	0.3041							
26	0.2231	0.2677	0.3123	0.3569							
28	0.2587	0.3105	0.3622	0.4140							
30	0.2970	0.3564	0.4158	0.4752							
32			0.4731	0.5407	0.6083	0.6758					
34			0.5341	0.6104	0.6867	0.7630					
36			0.5988	0.6843	0.7698	0.8554					
38			0.6671	0.7624	0.8577	0.9530	1.0483				
40			0.7392	0.8448	0.9504	1.0560	1.1616				
42			0.8150	0.9314	1.0478	1.1642	1.2807				
44			0.8944	1.0222	1.1500	1.2778	1.4055				
46			0.9776	1.1172	1.2569	1.3966	1.5362				
48			1.0644	1.2165	1.3686	1.5206	1.6727				
50			1.1550	1.3200	1.4850	1.6500	1.8150	1.9800	2.1450		
52			1.2492	1.4277	1.6062	1.7846	1.9631	2.1416	2.3200		
54			1.3472	1.5396	1.7321	1.9246	2.1170	2.3095	2.5019		
56				1.6558	1.8628	2.2202	2.2767	2.4837	2.6907		
58				1.7762	1.9982	2.3760	2.4423	2.6643	2.8863		
60				1.9008	2.1384	2.5370	2.6136	2.8512	3.0888		
62					2.2833	2.7034	2.7907	3.0444	3.2982		
64						2.8750	2.9737	3.2440	3.5144		
66						3.0518	3.1625	3.4500	3.7374	4.0249	4.3124
68						3.2340	3.3570	3.6622	3.9674	4.2726	4.5778
70						3.4214	3.5574	3.8808	4.2042	4.5276	4.8510
72							3.7636	4.1057	4.4479	4.7900	5.1322
74							3.9756	4.3370	4.6984	5.0598	5.4212
76							4.1934	4.5746	4.9558	5.3370	5.7182
78							4.4170	4.8185	5.2201	5.6216	6.0232
80							4.6464	5.0688	5.4912	5.9136	6.3360

Çalışmada, kızılçam ağaç hacim tahminleri için önerilen 4 nolu hacim denklemi; ilgili ağaç türü için Alemdağ (1962), Çatal (2009) ve Kahrıman vd. (2017) tarafından geliştirilen çift girişli hacim denklemleri ile Yöresel Tek Girişli Hacim Tablosu (OGM, 2015)'den elde edilen hacim tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, bu modellerin daha yüksek hacim hatası verdiğini göstermiştir. Özellikle hata miktarı kalın çap sınıflarında daha da yüksektir. Bu durum ağaç hacim denklemleri geliştirilirken yöresel şartların dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak; Model 4 (Spurr, 1952) modeli kullanılarak, Kaş yöresi doğal kızılçam meşcereleri için ağaç hacim değerleri gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilebilir. Ancak genel bir kural olarak, imkânlar el verdiği ölçüde ve yeterli miktarda örnek ağaç ölçümü yapılabildiği sürece her yöre ve ağaç türü için ayrı hacim fonksiyonlarının geliştirilmesi ağaç formundaki değişkenliğin ortaya konması ve gerçeğe daha yakın hacim tahminleri yapılabilmesi için daha yararlı olacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veriler, SDÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmekte olan BAP-4749-YL1-16 no'lu "Kaş Yöresi Doğal Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcereleri İçin Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi" isimli proje çalışmasında elde edilmiştir.

#### Kaynaklar

- Akindele, S.O., LeMay, V.M., 2006. Development of tree volume equations for common timber species in tropical rain forest area of Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 226: 41-48.
- Alegria, C., Tome, M., 2011. A set of models of individual tree merchantable volume prediction for *Pinus pinaster* Aiton in central inland of Portugal. *European Journal of Forest Research*, 130: 871-879.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılatı ve Amenajman Esasları. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No:11, 160s., Ankara.
- Bailey, R.L., 1995. Upper stem volumes from stem analysis data: an overlapping bolts method. *Can J. For. Res.*, 26(1): 170-173
- Bi, H., Hamilton, F., 1998. Stem volume equations for native tree species in southern New South Wales and Victoria. *Australian Forestry*, 61(4): 275-286.
- Børset, O., 1954. Volume computation of standing aspen. *Commun Norweigan For Assoc*, 43: 397-447.
- Bozkuş, H.F., Carus, S., 1997. Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.) sedir (*Cedrus libani* Link.)'in çift girişli gövde hacmi tabloları ve mevcut tablolarla karşılaştırılması. *Journal of the Faculty of Forestry İstanbul University (JFFIU)*, 47(1): 51-70.
- Brooks, J.R., Jiang, L., Özçelik, R., 2008. Compatible Stem Volume and Taper Equations for Brutian Pine, Cedar of Lebanon and Cilicica Fir in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 256: 147-151.

- Brooks, J.R., Wiant, H.V., 2008. Ecoregion Based Local Volume Equations for Appalachian Hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*, 25(2): 87-92.
- Burkhart, H.E., Tome, M., 2012. *Modeling Forest Trees and Stands*. Springer, Dordrecht, 457p.
- Carus, S., Su, Y., 2014. Antalya-Korkuteli Yöresi Kızılcım Ağaçlandırmaları İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi ve Mevcut Tablolar ile Kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, pp.22-24.
- Castedo-Dorado, F., Gomez-Garcia, E., Dieguez-Aranda, U., Barrio-Anta, M., Crecente-Campo, F., 2012. Aboveground stand-level biomass estimation: a comparison of two methods for major forest species in northwest Spain. *Annals of Forest Science*, 69: 735-746.
- Clutter, J.L., Fortson, J.C., Pienaar, L.V., Bailey, R.L., 1983. *Timber Management: A Quantitative Approach*. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 33s.
- Çatal, Y., 2009. Batı Akdeniz Bölgesi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde artım ve büyüme. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, 301s. Isparta.
- de-Miguel, S., Mehtatalo, L., Shater, Z., Kraid, B., Pukkala, T., 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. *Can. J. For. Res.*, 42: 1383-1394.
- Dieguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., Rojo, A., 2006. Compatible taper function for scots pine plantations in Northwestern Spain. *Canadian Journal of Forest*, 36(5): 1190-1205.
- Eriksson, H., 1973. Volymfunktioner för stående träd av ask, asp, klibbal och contorta-tall. [Tree volume functions for ash, aspen, alder and lodgepole pine in Sweden. (*Fraxinus excelsior* L., *Populus tremula* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gartn., *Pinus contorta* Dougl. var. *latifolia* Engelm.).] Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, Stockholm. Rapport og Uppsatser nr. 26-1973, 26p.
- Fowler, G.W., Hussain, N.G., 1987. Volume-basal area ratio equations for red pine in Michigan. *Michigan DNR*, 2(7).
- Fowler, G.W., 1997. Individual tree volume equations for red pine in Michigan. *Northern Journal of Applied Forestry*, 14: 53-58.
- Hjelm, B., Johansson, T., 2012. Volume equations for poplars growing on farmland in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27: 561-566.
- Honer, T., 1967. Standard volume tables and merchantable conversion factors for the commercial tree species of central and eastern Canada. *For Manage Res and Serv Inst, Inf Rep FMR-X-5*, Ottawa
- Kahriman, A., Sönmez, T., Şahin, A., 2017. Antalya ve Mersin Yöresi Kızılcım meşcereleri için ağaç hacim tabloları. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 17(1): 9-22.
- Kelly, T.F., Beltz, R.C., 1987. *A Comparison of Tree Volume Estimation Models for Forest Inventory*. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Research Paper SO-233.
- Lee, D., Seo, Y., Choi, J., 2017. Estimation and validation of stem volume equations for *Pinus densiflora*, *Pinus koraiensis*, and *Larix kaempferi* in South Korea. *Forest Science and Technology*, 13: 77-82.
- Mısır, N., Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for Ash in Turkey. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 3(4): 135-144.
- Newnham, R.M., 1967. A modification to the combined-variable formula for computing tree volume. *Journal of forestry*, 65(10): 719-720.
- Ogaya, N., 1968. *Kubierungsformeln und Bestandesmassenformeln*. Inaugural (Doctoral dissertation, Dissertation-. Univ., Nat.-Math. Fak, Freiburg).
- OGM, 2015. *Türkiye Orman Varlığı*. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özçelik, R., Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz Yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. *Turkish Journal of Forestry*, 18: 68-86.
- Özkurt, A., 2000. Okalipütüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden) için hacim tablosu. *Doğu Akdeniz Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 6: 87-105.
- Perez, D., Kanninen, M., 2003. Provisional equations for estimating total and merchantable volume of *Tectona grandis* trees in Costa Rica. *Forests, Trees and Livelihoods*, 13(4): 345-359.
- Perez, D., 2008. Growth and volume equations developed from stem analysis for *Tectora grandis* in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science*, 20: 66-75.
- Pillsbury, N.H., McDonald, P.M., Simon, V., 1995. Reliability of Tanoak volume equations when applied to different areas. *Western Journal of Applied Forestry*, 10(2): 72-78.
- Poudel, K.P., Cao, Q.V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *For. Sci.*, 59(2): 243-252.
- Rachid Casnati, C., Mason, E.G., Woollons, R., Resquin, F., 2014. Volume and taper equations for *P. teada* (L.) and *E. grandis* (Hill ex. Maiden). *Agrociencia Uruguay*, 18(2): 47-60.
- Ritchie, M.W., Hann, D.W., 1984. Nonlinear equations for predicting diameter and squared diameter inside bark at breast height for Douglas-fir. *Oregon State University, Forest Research Lab., Research Paper 47*, 17p.
- Rodriguez, F., Lizarralde, I., Fernandez-Landa, A., Condes, S., 2014. Non-destructive measurement techniques for taper equation development: a study case in the Spanish Northern Iberian Range. *European Journal of Forest Research*, 133: 213-223.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı Gökmar meşcereleri için hacim fonksiyonları. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3(2): 155-168.
- Saraçoğlu, N., 1988. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *Barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) gövde hacim ve biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 95s (Yayınlanmamıştır).
- Schumacher, F.X., Hall, F.D.S., 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. *J. Agric. Res.*, 47: 719-734.
- Spurr, S.H., 1952. *Forest Inventory*. Ronald Press, New York, pp.476.
- Stolarikova, R., Salek, L., Zeahradnik, D., Dragoun, L., Jerabkova, L., Marusak, R., Merganic, J., 2014. Comparison of tree volume equations for small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) in the Czech Republic. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29: 757-763.

- Şahin, A., Sönmez, T., Kahriman, A., 2017. Single Entry Raw Wood Products Table construction for Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) in Mersin region. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1): 23-35.
- Takata, K., 1958. Construction of universal diameter-height-curves. Journal of Japanese Forest Society, 40:1.
- Teshome, T., 2005. Analysis of individual tree volume equations for *Cupressus Lusitanica* in Munessa Forest, Ethiopia. Southern African Forestry Journal, 203: 27-32.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 1181-1188.

## Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri

Oytun Emre Sakıcı<sup>a,\*</sup>, Fadime Sağlam<sup>a</sup>, Mehmet Seki<sup>a</sup>

**Özet:** Bu çalışmada, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren saf ve doğal karaçam (*Pinus nigra* J.F.Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcereleri için tek ve çift girişli kabuklu ve kabuksuz ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma materyali olarak farklı sıklık, yaş ve verim gücündeki meşcerelerden alınan 227 örnek ağaca ilişkin kabuklu ve kabuksuz gövde hacmi değerlerinden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında, kabuklu ve kabuksuz ağaç hacim tahminleri için ayrı ayrı olmak üzere 7 adet tek girişli ve 12 adet çift girişli denklem geliştirilmiştir. Bu denklemler dört adet uygunluk ölçütüne (belirtme katsayısı ( $R^2$ ), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), ortalama mutlak hata (OMH) ve Akaike bilgi kriteri (AIC)) göre rölatif olarak sıralanmış ve en başarılı denklemler belirlenmiştir. Gerek kabuklu ve gerekse kabuksuz gövde hacim tahminleri için en başarılı bulunan tek ve çift girişli denklemler sırasıyla 4 ve 8 nolu denklemler olmuştur. Bu denklemlere ilişkin  $R^2$  değerleri kabuklu gövde hacmi için sırasıyla 0.964 ve 0.994 ve kabuksuz gövde hacmi için de sırasıyla 0.957 ve 0.992 olarak bulunmuştur. Çalışma kapsamında geliştirilen tek ve çift girişli denklemler ile Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcerelerinde bulunan ağaçların kabuklu ve kabuksuz gövde hacmi tahminleri yapılabilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Karaçam, Kabuklu gövde hacmi, Kabuksuz gövde hacmi, Ağaç hacim denklemi

## Single- and double-entry volume equations for Crimean pine stands in Kastamonu Regional Directorate of Forestry

**Abstract:** The aim of this study was to develop single- and double-entry over-bark and under-bark stem volume equations for pure and natural Crimean pine (*Pinus nigra* J.F.Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands in Kastamonu Regional Directorate of Forestry. A total of 227 sample trees taken from available sites, densities, and ages were measured for over-bark and under-bark stem volumes. Seven single-entry and twelve double-entry stem volume equations were fitted for over-bark and under-bark stem volume estimations, separately. The fitted equations were ranked according to four goodness-of-fit criteria (coefficient of determination ( $R^2$ ), root mean square error (RMSE), mean absolute error (MAE) and Akaike information criterion (AIC)), and the most successful equations were selected based on relative ranks. Among the tested equations, the most successful single- and double-entry equations for both over-bark and under-bark stem volume estimations were equations 4 and 8, respectively. The  $R^2$  values for these equations were 0.964 and 0.994 for over-bark stem volume and 0.957 and 0.992 for under-bark stem volume, respectively. With the developed single- and double-entry equations, over-bark and under-bark stem volumes of individual trees can be estimated in the Crimean pine stands of Kastamonu Regional Directorate of Forestry.

**Keywords:** Crimean pine, Over-bark stem volume, Under-bark stem volume, Stem volume equation

### 1. Giriş

Dikili ağaç serveti, orman işletmelerinin sermayesinin temel unsurlarından birisini oluşturmaktadır (Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1999; Kapucu, 2004). Dikili ağaç serveti, meşcerede dikili halde bulunan ağaçların hacimleri toplamı olup, meşcerelerin büyüme ve artım tahminlerinde, ormanların ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonlarının kararlaştırılmasında, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde, orman ürünleri üretim ve pazarlama faaliyetlerinin düzenlenmesinde ve ormanların biyokütle ve karbon birikim miktarlarının hesaplanmasında kullanılan önemli bir meşcere parametresidir (Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1999; Kapucu, 2004; Crecente-Campo vd., 2009; Castedo-Dorado vd., 2012; Özçelik ve Çevlik, 2017).

Ağaç gövdeleri silindir, paraboloid, koni ve nayloid gibi geometrik şekillere tam olarak benzemediğinden meşcere hacmini oluşturan tek ağaç hacimlerinin analitik yöntemler yardımıyla ağaçlar kesilmeden doğrudan hesaplanmasının mümkün olmaması nedeniyle dikili ağaçların gövde hacimlerinin belirlenmesi için çok sayıda araştırma yapılmakta ve çeşitli yöntemler geliştirilmektedir (Fırat, 1973; Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1999; Yavuz ve Sakıcı, 2002). Bu yöntemlerden en çok kullanılanı ağaç hacim denklemleri veya bu denklemler yardımıyla geliştirilen ağaç hacim tabloları yöntemidir (Bozkuş ve Carus, 1997; Yavuz, 1999; Özçelik, 2010).

Ağaç hacim denklemleri (veya ağaç hacim denklemlerinden türetilen ağaç hacim tabloları), doğrudan tayini güç olan gövde hacminin, kolay ölçülebilen ağaç boyutları (çap ve boy gibi) yardımıyla tahmin edilmesini

✉ <sup>a</sup> Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 14.02.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 12.03.2018



**Citation** (Atf): 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.

DOI: [10.18182/tjf.394876](https://doi.org/10.18182/tjf.394876)

sağlarlar (Kalıpsız, 1984). Ağaç hacim denklemleri, kullanılan bağımsız değişken sayısına bağlı olarak tek girişli (yalnızca göğüs çapına bağlı), çift girişli (göğüs çapı ve ağaç boyuna bağlı) ve çok girişli (göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak şekil katsayısı, herhangi bir gövde yüksekliğindeki gövde çapı gibi üç veya daha fazla bağımsız değişkene bağlı) ağaç hacim denklemleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984; Philip, 1994; Mısır ve Mısır, 2004; Laar ve Akça, 2007). Ağaç hacim denklemleri, geçerli oldukları alanın büyüklüğüne göre de yöresel (lokal), bölgesel ve genel ağaç hacim denklemleri şeklinde gruplandırılmaktadır (Köhl vd., 2006).

Genellikle yöresel ölçekte geliştirilen tek girişli ağaç hacim denklemlerinin hacim tahminlerinde daha yüksek hatalara sahip olduğu, bölgesel veya genel ölçekte geliştirilen çift veya çok girişli ağaç hacim denklemlerinin ise daha düşük tahmin hataları gösterdiği belirtilmektedir (Philip, 1994; Mısır ve Mısır, 2004; Köhl vd., 2006). Bunun yanında Laar ve Akça (2007); Naslund (1947), Pollanschütz (1965) ve Schmidt vd. (1971) gibi kimi araştırmacıların ağaç hacim denklemlerine göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak şekil katsayısı veya herhangi bir gövde yüksekliğindeki çap gibi diğer değişkenlerin eklenmesinin hacim tahminlerinin başarısına olumlu katkıda bulunduğu görüşünde olduklarını, Akça (1996) gibi kimi araştırmacıların ise göğüs çapı ve ağaç boyuna ilave edilecek diğer değişkenlerin tahmin başarısında önemli bir katkı sağlamayacağı görüşünde olduklarını ifade etmektedir. Clutter vd. (1983) ve Husch vd. (2003) ağaç hacim denklemlerinde göğüs çapı ve ağaç boyuna ilaveten farklı değişkenlerin eklenmesinin tercih edilmeme nedenlerini şu şekilde açıklamışlardır: (i) Göğüs çapına ek olarak herhangi bir gövde yüksekliğindeki çap ölçümlerinin zaman alıcı ve maliyetli olması, (ii) Ağaçların gövde şeklindeki değişimin, ağaçların göğüs çapı ve boyundaki değişime göre hacim üzerinde daha düşük etkiye sahip olması, (iii) Bazı ağaç türlerinde, gövde şeklinin ağaç boyutlarındaki değişime rağmen sabit kalması ve (iv) Çoğu ağaç türünde, göğüs çapı ve ağaç boyunun gövde hacmindeki değişimin önemli bir kısmını açıklamada yeterli olması. Bu nedenlerden dolayı ağaç serveti envanteri çalışmalarında genellikle tek veya çift girişli ağaç hacim denklemleri kullanılmaktadır. Çok girişli ağaç hacim denklemleri ise daha çok bilimsel araştırmalarda tercih edilmektedir.

Türkiye'nin asli ağaç türlerinin doğal meşcereleri için grafik yöntemle hazırlanmış ulusal ağaç hacim tabloları (Eraslan, 1954; Kalıpsız, 1962; Evcimen, 1963) ve istatistiksel yöntemle hazırlanmış ulusal ağaç hacim denklemleri (Miraboğlu, 1955; Alemdağ, 1962; Alemdağ, 1967; Akalp, 1978; Sun vd., 1978; Asan, 1984; Bozkuş ve Carus, 1997; Mısır ve Mısır, 2004) bulunmaktadır. Bunun yanında birçok ağaç türü için yöresel ve bölgesel ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir (Saraçoğlu, 1991; Çalışkan ve Yeşil, 1996; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Özçelik, 2010; Özçelik ve Çevlik, 2017; Kahriman vd., 2017). Bazı ağaç türleri için ise ağaçlandırma alanlarına yönelik yöresel ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir (Ercanlı vd., 2008; Carus ve Su, 2014; Carus vd., 2016).

Türkiye genelinde Karaçam 4.2 milyon ha yayılış alanı ile ülke ormanlarının %19'unu kaplamakta ve ağaç türlerinin alansal dağılımı bakımından üçüncü sırada yer almaktadır. Bununla birlikte yaklaşık 297 milyon m<sup>3</sup> servet ve 8.3 milyon m<sup>3</sup> yıllık artım değerlerine göre ise ülkede ilk

sıradaki ağaç türüdür (OGM, 2006; OGM, 2015). Yaklaşık 1.3 milyon ha orman varlığına sahip Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nün ise %34'ü (0.4 milyon ha) karaçam ormanları ile kaplıdır (OGM, 2006). Ülke genelinde geniş bir yayılış alanına sahip olan ve aynı zamanda Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nde en yaygın ağaç türü olan karaçam meşcerelerinin dikili servetlerinin ortaya konulması, söz konusu meşcerelerin hem ekonomik değerleri hem de ekolojik işlevleri bakımından büyük önem arz etmektedir. Karaçam ağaç türüne ilişkin hacim tahminlerine yönelik çalışmalar incelendiğinde ulusal ölçekli olarak Gülen (1959) tarafından grafik yöntemle ve Sun vd. (1978) tarafından istatistiksel yöntemle geliştirilen ağaç hacim tabloları ile Yavuz (1995, 1999) ve Baynazoğlu (2014) tarafından hazırlanan yöresel ölçekli ağaç hacim denklemleri bulunmaktadır.

Türkiye'de bulunan Karaçam meşcereleri yetişme ortamı koşulları, iklimatik ve topografik özellikler bakımından geniş çeşitlilik göstermektedir. Pillsbury vd. (1995) ve Özçelik (2008), herhangi bir ağaç türü için geliştirilen hacim denklemlerinin aynı ağaç türünün farklı yetişme ortamı koşullarındaki meşcerelerinde kullanılması ile hacim tahminlerinde önemli hatalara neden olunabileceğini ifade etmektedir. Bu nedenle, imkanlar ölçüsünde farklı yetişme ortamı koşullarına sahip meşcereler için farklı ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi önerilmektedir (Brooks ve Wiant, 2008).

Bu çalışmanın amacı, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcereleri için kabuklu ve kabuksuz gövde hacimlerinin tahmininde kullanılmak üzere tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesidir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında geliştirilen ağaç hacim denklemleri ile elde edilen kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri ile Gülen (1959), Sun vd. (1978) ve Yavuz (1999) tarafından düzenlenen hacim denklemlerine ilişkin kabuklu gövde hacim tahminleri ve Yavuz (1995) tarafından düzenlenen hacim denklemlerine ilişkin kabuksuz gövde hacim tahminleri karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

Bu araştırmanın çalışma alanı karaçamın oldukça geniş bir yayılış alanına sahip olduğu Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'dür. Kastamonu ve Sinop illerini kapsayan Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü yaklaşık 1.3 milyon ha orman alanına, 201 milyon m<sup>3</sup> dikili servete ve 5.9 milyon m<sup>3</sup> yıllık artıma sahiptir (OGM, 2015). Karaçamın Türkiye'deki yayılış alanı ve çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir. Araştırma verileri, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan farklı sıklık, yaş ve verim gücündeki saf ve doğal karaçam meşcerelerinden 2015 yılı yaz aylarında alınan 227 örnek ağaç üzerinde yapılan ölçümler ile elde edilmiştir. Örnek ağaçlar karaçamın geniş yayılış gösterdiği Azdavay, Boyabat, Daday, Hanönü, Karadere, Kastamonu, Pınarbaşı, Samatlar, Taşköprü ve Tosya Orman İşletme Müdürlüklerinden alınmış ve bu ağaçların mümkün olduğunca ilgili müdürlüklerdeki karaçam varlığı ile orantılı olarak dağıtılmasına çalışılmıştır. Örnek ağaçların farklı çap ve boy basamaklarında, düzgün ve tek gövdeli, tepesi sağlam ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 1. Karaçamın Türkiye'deki doğal yayılışı (OGM, 2013) ve çalışma alanı

Verilerin elde edilmesi amacıyla seçilen örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0.30 m) kesilmiştir. Kesilen örnek ağaçların göğüs çapları ( $d$ , cm) ve 0.30 m yükseklikten itibaren tepe ucuna kadar 2 m aralıklarla gövde çapları ( $d_i$ , cm) 0.1 cm hassasiyetle çapölçer ile ve boyları ( $h$ , m) 0.1 m hassasiyetle şeritmetre ile ölçülmüştür. Örnek ağaçlar üzerinde çap ölçümü yapılan tüm gövde yüksekliklerinde kabuk kalınlıkları ( $b_i$ , mm) 1 mm hassasiyetle kabukölçer ile ölçülmüştür. Kabuksuz çapların hesaplanmasında kabuk kalınlıklarından yararlanılmıştır. Örnek ağaçların kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri

Bölümlene Yöntemi'ne göre hesaplanmıştır. Bu yöntemde göre ağaçlar (i) dip kütük, (ii) dip kütük ile uç parça arasında kalan 2 m'lik seksiyonlar ve (iii) uç parça olmak üzere üç bölüme ayrılarak tüm bölümler için kabuklu ve kabuksuz hacimler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hacim hesaplarında dip kütüğün silindir ve uç parçanın ise koni biçiminde olduğu varsayılmış, 2 m'lik seksiyon hacimleri de Smalian denklemine göre belirlenmiştir. Gövde bölümlerine ilişkin hacimlerin toplanması ile de kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri belirlenmiştir.

Örnek ağaç verileri; (i) ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesinde kullanılacak veriler (denklemler geliştirme verileri) ve (ii) geliştirilen denklemlerin geçerliliklerinin test edilmesinde kullanılacak veriler (kontrol verileri) olmak üzere tesadüfi olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu amaçla çap ve boy basamaklarına ayrılan örnek ağaçların, her iki veri grubunda da benzer çap ve boy dağılımı sağlanacak şekilde %75'i (170 örnek ağaç) denklemler geliştirme verileri ve kalan %25'i de (57 örnek ağaç) kontrol verileri olarak ayrılmıştır. Gruplardaki örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı Çizelge 1'de ve örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı\*

Göğüs çapı (cm)	Boy (m)															Σ
	4.0 - 5.9	6.0 - 7.9	8.0 - 9.9	10.0 - 11.9	12.0 - 13.9	14.0 - 15.9	16.0 - 17.9	18.0 - 19.9	20.0 - 21.9	22.0 - 23.9	24.0 - 25.9	26.0 - 27.9	28.0 - 29.9	30.0 - 31.9	32.0 - 33.9	
8.0 - 11.9	2 (1)	2 (1)	2 (1)	1												7 (3)
12.0 - 15.9		3 (1)	4 (1)	3 (1)	2 (1)	1										13 (4)
16.0 - 19.9		1	4 (1)	4 (2)	7 (3)	4 (1)	1									21 (7)
20.0 - 23.9			1 (1)	3 (1)	5 (2)	7 (1)	5 (2)									21 (7)
24.0 - 27.9				1 (1)	10 (3)	7 (2)	7 (3)	8 (3)	1							34 (12)
28.0 - 31.9				1	4 (1)	4 (2)	7 (2)	2 (1)	4 (1)		1					23 (7)
32.0 - 35.9				2	1	1 (1)	1 (1)	2 (1)	5 (1)							12 (4)
36.0 - 39.9							2 (1)	3 (2)	3 (1)	4 (1)	1					13 (4)
40.0 - 43.9					1	2 (1)	2 (1)	2 (1)	3 (1)	1		1				12 (4)
44.0 - 47.9				1					1	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1			6 (2)
48.0 - 51.9									2 (1)	1 (1)	1 (1)		1			5 (3)
52.0 - 55.9									1							1 (-)
56.0 - 59.9								1							1	2 (-)
Σ	2 (1)	6 (2)	11 (4)	15 (5)	31 (10)	26 (8)	25 (9)	18 (6)	20 (6)	7 (3)	4 (1)	2 (1)	2 (1)	-	1 (-)	170 (57)

\* İtalik sayılar denklemler geliştirilmesinde kullanılan örnek ağaç sayılarını ve parantez içerisindeki sayılar denklemlerin kontrolü için kullanılan örnek ağaç sayılarını ifade etmektedir.

Çizelge 2. Örnek ağaçlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler

Veri grubu	Değişkenler	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma
Denklem geliştirme verileri (n=170)	Göğüs çapı (cm)	9.5	58.5	28.0	10.4
	Ağaç boyu (m)	4.4	32.9	15.8	5.0
	Kabuklu gövde hacmi (m <sup>3</sup> )	0.0209	4.3390	0.6230	0.6240
	Kabuksuz gövde hacmi (m <sup>3</sup> )	0.0144	3.4594	0.4680	0.4814
Kontrol verileri (n=57)	Göğüs çapı (cm)	8.5	51.3	27.6	10.6
	Ağaç boyu (m)	5.2	28.2	15.8	5.0
	Kabuklu gövde hacmi (m <sup>3</sup> )	0.0188	2.0109	0.5899	0.5421
	Kabuksuz gövde hacmi (m <sup>3</sup> )	0.0103	1.4836	0.4378	0.4071

Literatürde çok sayıda ağaç hacim denklemi bulunmaktadır (Fırat, 1973; Loetsch vd., 1973; Clutter vd., 1983; Kalıpsız, 1984; Bi ve Hamilton, 1998; Köhl vd., 2006). Bu denklemler arasından aşağıda verilen 7 adet tek girişli ve 12 adet çift girişli denklem seçilmiş ve bu denklemlerin katsayı tahminleri IBM SPSS 20 (2011) programı kullanılarak Regresyon Analizi yöntemi yardımıyla belirlenmiştir. Regresyon analizi yardımıyla ağaç hacim denklemlerinin düzenlenmesinde denklemlerin geliştirilmesi için seçilen 170 örnek ağaca ilişkin olarak tek girişli denklemler için göğüs çapı ( $d$ ) ile göğüs çapından türetilen diğer değişkenler ( $d^2$ ,  $\log(d)$ ) gibi ve çift girişli denklemler için ise göğüs çapı ( $d$ ) ve ağaç boyu ( $h$ ) ile bunlardan türetilen diğer değişkenler ( $d^2$ ,  $h^2$ ,  $\log(d)$ ,  $\log(h)$ ) gibi bağımsız değişken olarak kullanılmış, her iki denklem tipinde de bağımlı değişken kabuklu veya kabuksuz gövde hacmi olmuştur. Ağaç hacim denklemleri kabuklu gövde hacmi ve kabuksuz gövde hacmi için ayrı ayrı düzenlenmiştir.

#### Tek girişli ağaç hacim denklemleri:

$$\begin{aligned} V &= b_0 + b_1 d^2 & (1) \\ V &= b_1 d + b_2 d^2 & (2) \\ V &= b_0 + b_1 d + b_2 d^2 & (3) \\ \log V &= \log b_0 + b_1 \log d & (4) \\ \log V &= b_0 + b_1 \log d & (5) \\ \ln V &= b_0 + b_1 \ln d + b_2 (\ln d)^4 & (6) \\ \log V &= b_0 + b_1 \log d + b_2 (1/d) & (7) \end{aligned}$$

#### Çift girişli ağaç hacim denklemleri:

$$\begin{aligned} V &= b_1 d^2 h & (8) \\ V &= b_0 + b_1 d^2 h & (9) \\ V &= d^2 (b_0 + b_1 h) & (10) \\ V &= b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h & (11) \\ V &= b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 d h^2 + b_4 h^2 & (12) \\ V &= b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h & (13) \\ V &= b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h + b_3 h^2 + b_4 d h^2 & (14) \\ V &= b_0 + b_1 d + b_2 d h + b_3 d^2 + b_4 h + b_5 d^2 h & (15) \\ V &= (d^2 h) / (b_0 + b_1 d) & (16) \\ \log V &= b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h & (17) \\ \log V &= \log b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h & (18) \\ \log V &= b_0 + b_1 \log(d^2 h) & (19) \end{aligned}$$

Bu eşitliklerde;  $V$ : Kabuklu veya kabuksuz gövde hacmini (m<sup>3</sup>),  $d$ : Göğüs çapını (cm),  $h$ : Ağaç boyunu (m) ve  $b_i$ : Denklem katsayılarını ifade etmektedir.

Logaritmik formulu denklemler kullanılarak elde edilen tahmin değerleri logaritmik formda olduklarından aritmetik forma dönüştürülmeleri gerekmektedir. Baskerville (1972) ve Sprugel (1983) logaritmik tahmin değerlerinin doğrudan aritmetik forma dönüştürülmesinin sistematik bir hataya neden olduğunu ve bu dönüşümlerin bir düzeltme faktörü

( $df$ ) ile çarpılarak söz konusu sistematik hatanın ortadan kaldırılabileceğini belirtmişler ve  $df$  için aşağıdaki denklemi önermişlerdir.

$$df = e^{(SE^2/2)} \quad (20)$$

Bu eşitlikte;  $df$ : Düzeltme faktörünü,  $e$ : Doğal logaritma tabanını (=2.7183) ve  $SE$ : Tahminin standart hatasını ifade etmektedir.

Geliştirilen denklemler arasından en başarılı olanların seçilmesinde belirtme katsayısı ( $R^2$ ), hata kareler ortalamasının karekökü ( $HKOK$ ), ortalama mutlak hata ( $OMH$ ) ve Akaike bilgi kriteri ( $AIC$ ) olmak üzere dört adet uygunluk ölçütü kullanılmıştır.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(V_i - \hat{V}_i)^2}{\sum(V_i - \bar{V})^2} \quad (21)$$

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum(\hat{V}_i - V_i)^2}{n - p}} \quad (22)$$

$$OMH = \frac{\sum|\hat{V}_i - V_i|}{n} \quad (23)$$

$$AIC = n \ln \left( \frac{\sum(\hat{V}_i - V_i)^2}{n} \right) + 2p \quad (24)$$

Bu eşitliklerde;  $V_i$ : Ölçülen kabuklu veya kabuksuz gövde hacimlerini,  $\hat{V}_i$ : Tahmin edilen kabuklu veya kabuksuz gövde hacimlerini,  $\bar{V}$ : Ortalama kabuklu veya kabuksuz gövde hacmini,  $p$ : Denklemin parametre sayısını ve  $n$ : Örnek sayısını ifade etmektedir.

Kullanılan uygunluk ölçütü değerlerinden  $R^2$  değerlerinin büyük ve  $HKOK$ ,  $OMH$  ve  $AIC$  değerlerinin ise küçük olması istenmektedir. Ancak, bir veya birkaç ölçüte göre başarılı olan bir hacim denklemi, diğer bir ölçüt ya da ölçütlere göre başarısız olabilir. Bu nedenle başarı sıralamasının tüm başarı ölçütlerini kapsayacak şekilde yapılması daha uygundur. Bu çalışmada geliştirilen ağaç hacim denklemlerinin başarı sıralamalarının yapılması için Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen rölâtif sıralama yönteminden yararlanılmıştır. Bu yöntemde kullanılan tüm ölçütler için denklemlerin rölâtif sıralamaları aşağıdaki denklem yardımıyla ayrı ayrı hesaplanmış ve hesaplanan rölâtif sıralamalar toplanarak denklemlere ilişkin toplam rölâtif sıralama değerleri belirlenmiştir. Toplam rölâtif sıralama değerleri dikkate alınarak yapılan rölâtif sıralama ile de denklemlere ilişkin genel sıralamalar hesaplanmıştır.

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(S_i - S_{min})}{S_{max} - S_{min}} \quad (25)$$

Bu eşitlikte;  $R_i$ :  $i$ . denklemin rölatif sıralamasını ( $i=1, 2, \dots, m$ ),  $S_i$ :  $i$ . denklemin ilgilenilen uygunluk ölçütüne ilişkin değerini,  $S_{min}$ : İlgilenilen uygunluk ölçütü için en küçük  $S_i$  değerini ve  $S_{max}$ : İlgilenilen uygunluk ölçütü için en büyük  $S_i$  değerini ifade etmektedir.

Geliştirilen kabuklu ve kabuksuz gövde hacim denklemlerinin Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için uygunluğu, kontrol verisi olarak ayrılan ağaçlara (57 örnek ağaç) ilişkin gerçek hacim değerleri ile geliştirilen denklemler yardımıyla tahmin edilen hacim değerlerinin Eşlendirilmiş t Testi yardımıyla karşılaştırılması ile test edilmiştir. Aynı test, bu çalışma kapsamında geliştirilen hacim denklemleri ile yapılacak kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminlerinin Gülen (1959), Sun vd. (1978) ve Yavuz (1995, 1999) tarafından geliştirilen denklemlere ilişkin tahminler ile karşılaştırılması için de kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve tartışma

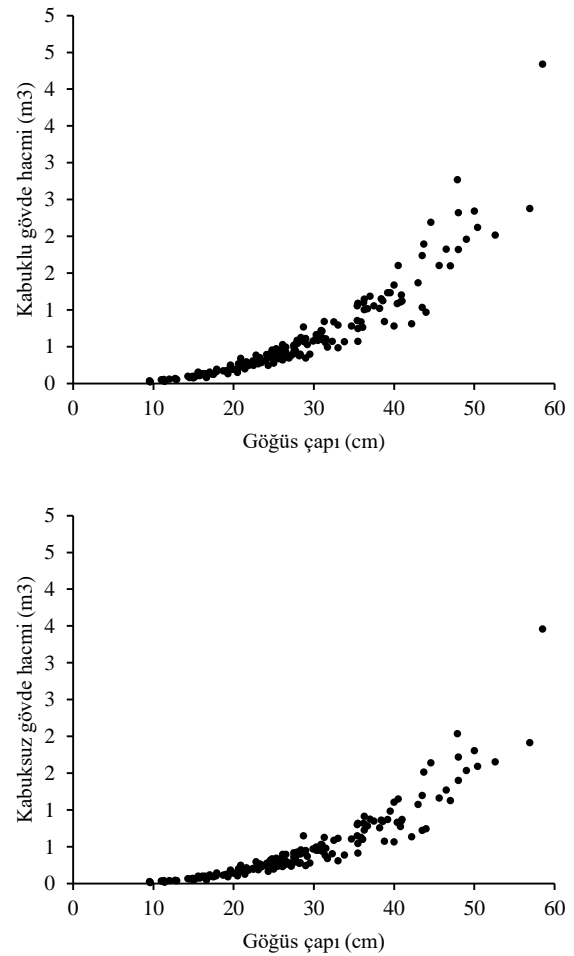
Kabuklu ve kabuksuz ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi için 227 örnek ağaç üzerinde ölçülen kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri ile göğüs çapı arasındaki ilişkiler Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde gerek kabuklu hacimler gerekse kabuksuz hacimler ile göğüs çapı arasında pozitif yönlü artan bir ilişki olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri için ayrı ayrı olmak üzere Regresyon Analizi yardımıyla geliştirilen 7 adet tek (1-7 nolu denklemler) ve 12 adet çift girişli (8-19 nolu denklemler) ağaç hacim denkleminin katsayı tahminleri Çizelge 3'te verilmiştir. Tüm denklemler  $p < 0.001$  önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Geliştirilen denklemlere ilişkin istatistiksel ölçütler, bu ölçütlere göre hesaplanan rölatif sıralama değerleri ve ölçütlere ilişkin rölatif sıralama değerleri yardımıyla hesaplanan genel sıralama değerleri de Çizelge 4'te verilmiştir.

Geliştirilen ağaç hacim denklemlerine ilişkin uygunluk ölçütlerinden  $R^2$  değerleri incelendiğinde denklemlerin büyük çoğunluğunun oldukça yüksek  $R^2$  değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Gerek kabuklu ve gerekse kabuksuz gövde hacim tahminleri için geliştirilen çift girişli denklemlerin  $R^2$  değerleri tek girişli denklemlere göre daha yüksektir. Benzer şekilde kabuklu gövde hacim denklemlerinin  $R^2$  değerlerinin kabuksuz gövde hacim denklemlerine göre kısmen daha yüksek olduğu görülmektedir. Denklemlere ilişkin  $OMH$  değerleri ise oldukça düşük olup, denklemlerin tahmin hatalarının sıfıra yakın olduğu söylenebilir. Çift girişli denklemlerin  $OMH$  değerleri tek girişli denklemlere göre daha düşüktür. Kabuklu gövde hacim denklemlerinin  $OMH$  değerleri ise kabuksuz gövde hacim denklemlerine ilişkin değerlere göre kısmen daha yüksek bulunmuştur. Tek girişli kabuklu gövde hacim denklemleri  $HKOK$ ,  $OMH$  ve  $AIC$  ölçütleri bakımından ayrı ayrı değerlendirildiklerinde, denklemlerin bu ölçütler için aldıkları değerler birbirlerine oldukça benzemektedir. Aynı durum, çift girişli kabuklu gövde hacim, tek girişli kabuksuz gövde hacim ve çift girişli kabuksuz gövde hacim denklemleri için de geçerlidir. Denklemler rölatif sıraları bakımından karşılaştırıldığında,

tek girişli denklemler arasında gerek kabuklu ve gerekse kabuksuz gövde hacim tahminleri için ilk sırayı 4 nolu denklem almıştır. Çift girişli kabuklu ve kabuksuz gövde hacim denklemleri arasında ise ilk sırada 8 nolu denklem yer almıştır (Çizelge 4). Elde edilen bu sonuçlara göre 4 nolu tek girişli ve 8 nolu çift girişli denklemlerin hem kabuklu hem de kabuksuz gövde hacim tahminleri için en başarılı denklemler olduğu söylenebilir.

Geliştirilen ağaç hacim denklemlerinin uygunluğunun denetimi amacıyla kontrol veri grubunda yer alan 57 örnek ağaca ilişkin kabuklu ve kabuksuz gövde hacim değerleri ile geliştirilen denklemler kullanılarak tahmin edilen hacim değerleri Eşlendirilmiş t Testi yardımıyla karşılaştırılmıştır (Çizelge 5). Test sonuçlarına göre kabuklu gövde hacim denklemlerinin ve tek girişli kabuksuz gövde hacim denklemlerinin tamamını ölçülen değerler ile istatistiksel olarak benzer sonuçlar verdiği görülmektedir ( $p > 0.05$ ). Çift girişli kabuksuz gövde hacim denklemlerinin dördü (9, 11, 13 ve 14 nolu denklemler) ölçülen kabuksuz gövde hacim değerleri ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiş ( $p < 0.05$ ), diğer denklemler ise ölçülen değerlere benzer sonuçlar vermiştir ( $p > 0.05$ ). Bu sonuçlara göre, gerek kabuklu ve gerekse kabuksuz gövde hacim tahminleri için en başarılı bulunan 4 nolu tek girişli ve 8 nolu çift girişli denklemlerin Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcerelerinde kullanılabilir olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Kabuklu ve kabuksuz gövde hacmi ile göğüs çapı ilişkisi



Çizelge 3. Ağaç hacim denklemlerine ilişkin parametre tahminleri

No.	R <sup>2</sup>	F	p	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	CF
Kabuklu gövde hacmi										
<i>Tek girişli denklemler</i>										
1	0.896	1446.024	0.000	-0.1835***	0.0009***					
2	0.953	1692.334	0.000		-0.0144***	0.0011***				
3	0.911	853.304	0.000	0.3141**	-0.0354***	0.0015***				
4	0.964	4473.640	0.000	8.7x10 <sup>-5</sup> ***	2.5820***					1.003665
5	0.964	4473.640	0.000	-4.0593***	2.5820***					1.003665
6	0.964	2242.284	0.000	-9.8183***	2.7827***	-0.0015 <sup>ns</sup>				1.019542
7	0.964	2253.154	0.000	-3.6547***	2.3602***	-2.1769 <sup>ns</sup>				1.003640
<i>Çift girişli denklemler</i>										
8	0.994	28231.026	0.000		3.7x10 <sup>-5</sup> ***					
9	0.988	14075.292	0.000	0.0098 <sup>ns</sup>	3.7x10 <sup>-5</sup> ***					
10	0.988	14032.278	0.000	-7.6x10 <sup>-8</sup> <sup>ns</sup>	3.7x10 <sup>-5</sup> ***					
11	0.988	4703.960	0.000	0.0381 <sup>ns</sup>	-4.1x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	3.9x10 <sup>-5</sup> ***	-0.0014 <sup>ns</sup>			
12	0.994	7033.856	0.000		5.7x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	3.0x10 <sup>-5</sup> ***	1.2x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	-0.0002 <sup>ns</sup>		
13	0.989	3576.824	0.000	-0.0561 <sup>ns</sup>	0.0103 <sup>ns</sup>	-0.0002*	-0.0003 <sup>ns</sup>	4.6x10 <sup>-5</sup> ***		
14	0.989	3547.880	0.000	0.0333 <sup>ns</sup>	2.8x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	3.1x10 <sup>-5</sup> ***	-0.0003 <sup>ns</sup>	1.5x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>		
15	0.989	2863.988	0.000	-0.1268 <sup>ns</sup>	0.0134*	-0.0007 <sup>ns</sup>	-0.0003*	0.0079 <sup>ns</sup>	5.0x10 <sup>-5</sup> ***	
16	0.988	13972.419	0.000	26831.4***	-1.8112 <sup>ns</sup>					
17	0.993	12551.266	0.000	-4.2248***	1.9481***	0.9040***				1.000672
18	0.988	9363.262	0.000	3.8x10 <sup>-5</sup> ***	1.9668***	1.0348***				1.001031
19	0.993	24895.530	0.000	-4.2274***	0.9542***					1.000678
Kabuksuz gövde hacmi										
<i>Tek girişli denklemler</i>										
1	0.887	1312.559	0.000	-0.1510***	0.0007***					
2	0.948	1524.227	0.000		-0.0120***	0.0009***				
3	0.906	803.529	0.000	0.2856***	-0.0310***	0.0012***				
4	0.957	3758.026	0.000	5.6x10 <sup>-5</sup> ***	2.6247***					1.004510
5	0.957	3758.026	0.000	-4.2518***	2.6247***					1.004510
6	0.957	1879.994	0.000	-10.2480***	2.8197***	-0.0014 <sup>ns</sup>				1.024139
7	0.958	1887.339	0.000	-3.8554***	2.4074***	-2.1327 <sup>ns</sup>				1.004492
<i>Çift girişli denklemler</i>										
8	0.992	20085.149	0.000		2.8x10 <sup>-5</sup> ***					
9	0.984	10177.154	0.000	-0.0041 <sup>ns</sup>	2.9x10 <sup>-5</sup> ***					
10	0.984	10213.395	0.000	-3.3x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	3.0x10 <sup>-5</sup> ***					
11	0.984	3500.381	0.000	0.0447 <sup>ns</sup>	-6.1x10 <sup>-5</sup> *	3.2x10 <sup>-5</sup> ***	-0.0027 <sup>ns</sup>			
12	0.992	5073.002	0.000		-7.9x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	3.5x10 <sup>-5</sup> ***	-8.7x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>		
13	0.985	2668.454	0.000	-0.0126 <sup>ns</sup>	0.0059 <sup>ns</sup>	-0.0002 <sup>ns</sup>	-0.0003*	3.7x10 <sup>-5</sup> ***		
14	0.985	2628.389	0.000	0.0312*	-0.0001 <sup>ns</sup>	3.6x10 <sup>-5</sup> ***	-2.1x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	-5.6x10 <sup>-6</sup> <sup>ns</sup>		
15	0.985	2213.504	0.000	-0.1663*	0.0125*	-0.0012**	-0.0002*	0.0171**	4.6x10 <sup>-5</sup> ***	
16	0.985	10599.376	0.000	39071.5***	-86.8775***					
17	0.989	7424.761	0.000	-4.4264***	1.9557***	0.9540***				1.001177
18	0.984	6899.278	0.000	2.1x10 <sup>-5</sup> ***	2.0436***	1.0439***				1.001776
19	0.989	14924.233	0.000	-4.4273***	0.9711***					1.001171

ns:  $p > 0.05$ , \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

Karaçam türü için ağaç hacim tahminlerine ilişkin çalışmalar, Gülen (1959) tarafından ulusal ölçekli olarak düzenlenen çift girişli kabuklu gövde hacim tablosu, Sun vd. (1978) tarafından ulusal ölçekli olarak geliştirilen tek ve çift girişli kabuklu gövde hacim denklemleri, Yavuz (1995, 1999) tarafından Taşköprü yöresi (Kastamonu) için geliştirilen yöresel ölçekli tek ve çift girişli kabuklu ve kabuksuz gövde hacim denklemleri ve Baynazoğlu (2014) tarafından Mudurnu yöresi (Bolu) için geliştirilen yöresel ölçekli tek ve çift girişli kabuklu gövde hacim denklemleri şeklindedir. Kontrol veri grubuna ait kabuklu gövde hacim değerleri Gülen (1959), Sun vd. (1978) ve Yavuz (1999) tarafından yapılan çalışmalara göre ve yine kontrol veri grubuna ait kabuksuz gövde hacim değerleri de Yavuz (1995) tarafından geliştirilen denklem ile tahmin edilmiş ve söz konusu tahminlerin istatistiksel olarak geçerlilikleri

Eşleştirilmiş t Testi yardımıyla test edilmiştir (Çizelge 6). Elde edilen sonuçlara göre kabuklu gövde hacmi için Sun vd. (1978) tarafından geliştirilen tek girişli denklem ile Gülen (1959), Sun vd. (1978) ve Yavuz (1999) tarafından geliştirilen çift girişli denklemler kontrol veri grubundaki örnek ağaçlara ilişkin kabuklu gövde hacimlerinden istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösteren tahminlerde bulunmuşlardır ( $p < 0.05$ ). Yavuz (1999) tarafından geliştirilen tek girişli kabuklu gövde hacim denkleminin tahminleri ise farksız bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kabuksuz gövde hacim tahminleri ile ilgili olarak da Yavuz (1995) tarafından geliştirilen tek girişli denkleme ilişkin tahminler ölçülen değerler ile istatistik olarak benzer bulunurken ( $p > 0.05$ ), çift girişli denkleme ilişkin tahminler ise ölçülen değerlerden anlamlı farklılık göstermiştir ( $p < 0.05$ ).

Çizelge 4. Ağaç hacim denklemlerine ilişkin uygunluk ölçütleri ve rölatif sıralamalar\*

	$R^2$	$HKOK$	$OMH$	$AIC$	$\sum R_i$	Genel sıralama
<b>Kabuklu gövde hacmi</b>						
<i>Tek girişli denklemler</i>						
1	0.896 (7.00)	0.202 (7.00)	0.117 (7.00)	-541.994 (7.00)	28.00	7.00
2	0.953 (1.97)	0.193 (3.82)	0.112 (5.24)	-558.034 (3.73)	14.76	3.64
3	0.911 (5.68)	0.187 (1.71)	0.107 (3.47)	-566.362 (2.03)	12.88	3.16
4	0.964 (1.00)	0.185 (1.00)	0.101 (1.35)	-571.413 (1.00)	4.35	1.00
5	0.964 (1.00)	0.185 (1.00)	0.101 (1.35)	-571.047 (1.07)	4.43	1.02
6	0.964 (1.00)	0.190 (2.76)	0.101 (1.35)	-561.886 (2.94)	8.06	1.94
7	0.964 (1.00)	0.191 (3.12)	0.100 (1.00)	-559.782 (3.37)	8.49	2.05
<i>Çift girişli denklemler</i>						
8	0.994 (1.00)	0.069 (2.10)	0.040 (1.00)	-909.460 (1.57)	5.67	1.00
9	0.988 (12.00)	0.068 (1.00)	0.041 (4.67)	-912.015 (1.00)	18.67	5.85
10	0.988 (12.00)	0.069 (2.10)	0.043 (12.00)	-907.411 (2.03)	28.13	9.38
11	0.988 (12.00)	0.068 (1.00)	0.042 (8.33)	-910.613 (1.32)	22.65	7.33
12	0.988 (12.00)	0.068 (1.00)	0.042 (8.33)	-910.613 (1.32)	22.65	7.33
13	0.989 (10.17)	0.068 (1.00)	0.040 (1.00)	-911.525 (1.11)	13.28	3.84
14	0.989 (10.17)	0.068 (1.00)	0.041 (4.67)	-909.275 (1.62)	17.45	5.39
15	0.989 (10.17)	0.068 (1.00)	0.040 (1.00)	-906.131 (2.32)	14.49	4.29
16	0.988 (12.00)	0.068 (1.00)	0.043 (12.00)	-910.415 (1.36)	26.36	8.71
17	0.993 (2.83)	0.078 (12.00)	0.042 (8.33)	-863.072 (12.00)	35.17	12.00
18	0.988 (12.00)	0.068 (1.00)	0.043 (12.00)	-909.555 (1.55)	26.55	8.79
19	0.993 (2.83)	0.077 (10.90)	0.042 (8.33)	-871.124 (10.19)	32.26	10.91
<b>Kabuksuz gövde hacmi</b>						
<i>Tek girişli denklemler</i>						
1	0.887 (7.00)	0.163 (7.00)	0.094 (7.00)	-615.545 (7.00)	28.00	7.00
2	0.948 (1.85)	0.154 (3.63)	0.091 (5.80)	-633.852 (3.90)	15.17	3.73
3	0.906 (5.39)	0.149 (1.75)	0.088 (4.60)	-645.304 (1.95)	13.70	3.35
4	0.957 (1.08)	0.147 (1.00)	0.080 (1.40)	-650.931 (1.00)	4.48	1.00
5	0.957 (1.08)	0.147 (1.00)	0.080 (1.40)	-650.013 (1.16)	4.64	1.04
6	0.957 (1.08)	0.151 (2.50)	0.080 (1.40)	-640.172 (2.82)	7.81	1.85
7	0.958 (1.00)	0.152 (2.88)	0.079 (1.00)	-637.316 (3.31)	8.18	1.94
<i>Çift girişli denklemler</i>						
8	0.992 (1.00)	0.062 (3.44)	0.035 (1.00)	-943.187 (3.78)	9.23	1.00
9	0.984 (12.00)	0.062 (3.44)	0.036 (6.50)	-941.014 (4.26)	26.21	6.85
10	0.984 (12.00)	0.061 (2.22)	0.036 (6.50)	-949.353 (2.42)	23.14	5.80
11	0.984 (12.00)	0.062 (3.44)	0.035 (1.00)	-942.864 (3.85)	20.30	4.82
12	0.992 (1.00)	0.061 (2.22)	0.037 (12.00)	-946.358 (3.08)	18.30	4.13
13	0.985 (10.63)	0.060 (1.00)	0.035 (1.00)	-950.727 (2.11)	14.74	2.90
14	0.985 (10.63)	0.061 (2.22)	0.035 (1.00)	-947.478 (2.83)	16.68	3.57
15	0.985 (10.63)	0.060 (1.00)	0.036 (6.50)	-952.265 (1.77)	19.90	4.68
16	0.985 (10.63)	0.060 (1.00)	0.036 (6.50)	-955.757 (1.00)	19.13	4.41
17	0.989 (5.13)	0.069 (12.00)	0.037 (12.00)	-906.064 (12.00)	41.13	12.00
18	0.984 (12.00)	0.061 (2.22)	0.036 (6.50)	-950.732 (2.11)	22.83	5.69
19	0.989 (5.13)	0.069 (12.00)	0.037 (12.00)	-909.124 (11.32)	40.45	11.76

\*Parantez içindeki değerler her bir denklem için ilgili uygunluk ölçütüne ilişkin rölatif sıralamayı ifade etmektedir.

Çizelge 5. Ağaç hacim denklemleri için t-testi sonuçları

No	Kabuklu gövde hacmi		Kabuksuz gövde hacmi	
	$t$	$p$	$t$	$p$
<i>Tek Girişli Denklemler</i>				
1	-0.817	0.417	-1.053	0.297
2	-0.551	0.584	-0.725	0.471
3	-0.947	0.348	-1.171	0.247
4	-0.476	0.636	-0.740	0.462
5	-0.556	0.581	-0.743	0.460
6	-0.843	0.403	-1.119	0.268
7	-0.312	0.757	-0.528	0.599
<i>Çift Girişli Denklemler</i>				
8	-1.032	0.307	-1.656	0.103
9	-1.821	0.074	-2.472	0.017*
10	-1.027	0.309	-1.846	0.070
11	-1.987	0.052	-2.562	0.013*
12	-1.270	0.209	-1.692	0.096
13	-1.765	0.083	-2.106	0.040*
14	-1.675	0.099	-2.203	0.032*
15	-1.314	0.194	-1.438	0.156
16	-1.452	0.152	-1.380	0.173
17	-1.631	0.109	-1.738	0.088
18	-1.587	0.118	-1.513	0.136
19	-1.669	0.101	-1.747	0.086

\* $p < 0.05$

Çizelge 6. Karaçama ilişkin diğer hacim denklemleri için t-testi sonuçları

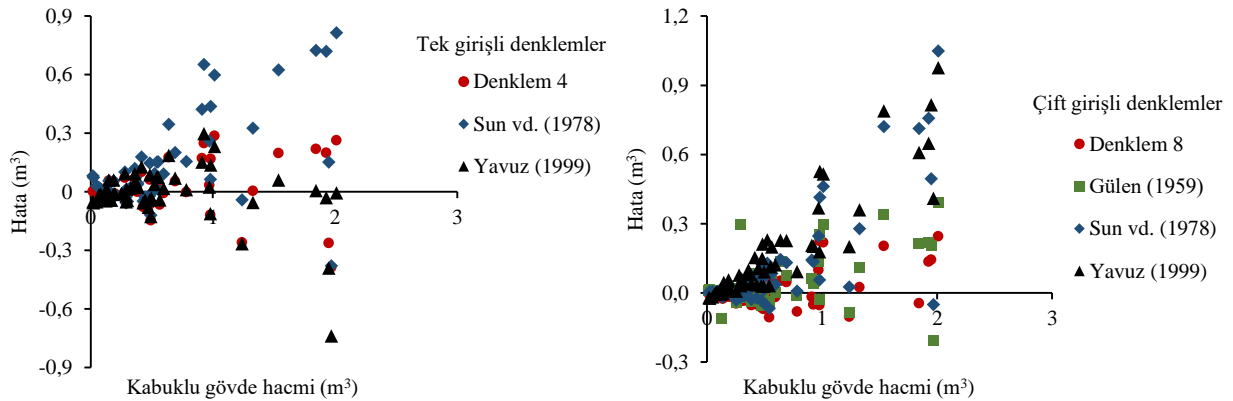
	$t$	$p$
<b>Kabuklu gövde hacmi</b>		
<i>Tek girişli denklemler</i>		
Sun vd. (1978)	-3.987	0.000*
Yavuz (1999)	0.456	0.650
<i>Çift girişli denklemler</i>		
Gülen (1959)	-3.342	0.001*
Sun vd. (1978)	-3.583	0.001*
Yavuz (1999)	-5.563	0.000*
<b>Kabuksuz gövde hacmi</b>		
<i>Tek girişli denklemler</i>		
Yavuz (1995)	-0.056	0.956
<i>Çift girişli denklemler</i>		
Yavuz (1995)	2.383	0.021*

\* $p < 0.05$

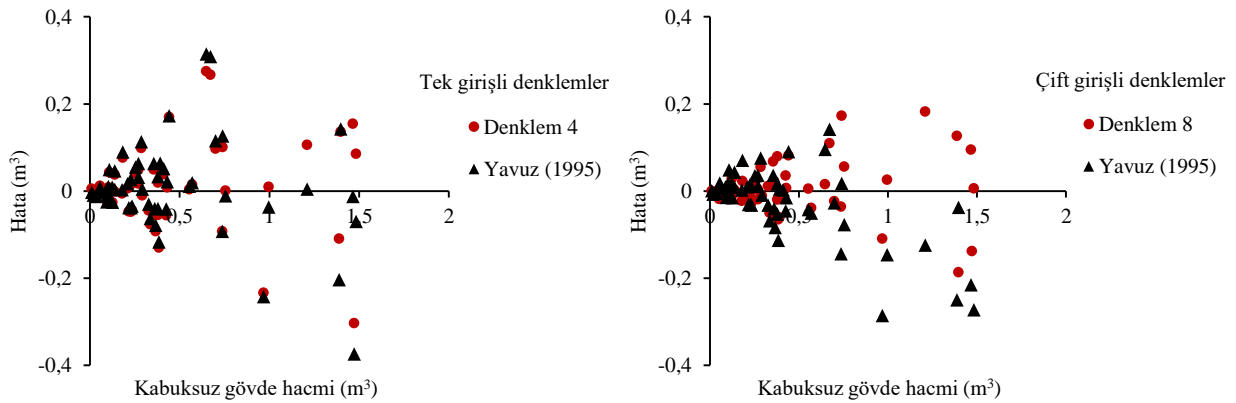
Bu çalışma kapsamında en başarılı bulunan ve karaçam için daha önce geliştirilmiş olan ağaç hacim denklemlerine ilişkin hata dağılımları kabuklu gövde hacim tahminleri için Şekil 3'te ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde, ağaçların kabuklu gövde hacim değerleri arttıkça Sun vd. (1978) tarafından geliştirilen tek girişli denklemin pozitif yönlü hatalara (gerçeğe göre yüksek tahminlere) ve Yavuz (1999) tarafından geliştirilen denklemin negatif yönlü hatalara (gerçeğe göre düşük tahminlere) sahip olduğu, buna karşın bu çalışma kapsamında geliştirilen 4 nolu denklem ilişkin hataların rastgele dağılım gösterdiği görülmektedir. Benzer şekilde bu çalışma kapsamında geliştirilen 8 nolu denklem dışında kalan diğer tüm çift girişli denklemler (Gülen, 1959; Sun vd., 1978; Yavuz, 1999) kabuklu gövde hacim tahminlerinde pozitif yönlü yüksek hatalara sahip olup gerçeğe göre daha yüksek hacim tahminlerinde bulunmaktadır. Kabuksuz gövde hacim tahminlerinde ise Yavuz (1995) tarafından geliştirilen tek girişli denklemin bu çalışmada geliştirilen 4 nolu denklem ile benzer hata dağılımı gösterdiği, çift girişli denklemin bu çalışmada geliştirilen 8 nolu denklemdeki gibi rastgele hatalara sahip olmayıp negatif yönlü hatalar gösterdiği (gerçeğe göre düşük tahminlere sahip olduğu) söylenebilir (Şekil 4).

#### 4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışma kapsamında Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam meşcerelerinde kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için kullanılabilir tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla 7 adet tek girişli ve 12 adet çift girişli hacim denklemleri test edilmiştir. Geliştirilen denklemler genel olarak yüksek  $R^2$  değerlerine sahip olmakla birlikte, diğer üç uygunluk ölçütü de ( $HKOK$ ,  $OMH$  ve  $AIC$ ) dikkate alınarak yapılan rölatif sıralamalara göre 4 nolu tek girişli ve 8 nolu çift girişli denklemler gerek kabuklu ve gerekse kabuksuz gövde hacim tahminlerinde en başarılı denklemler olarak seçilmişlerdir. En başarılı bulunan denklemlerin geçerlilikleri 57 örnek ağaçtan elde edilen kontrol verileri kullanılarak test edilmiş ve bu denklemlerin Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için kullanılabilir oldukları belirlenmiştir.



Şekil 3. Kabuklu gövde hacmi denklemlerine ilişkin hata dağılımları



Şekil 4. Kabuksuz gövde hacmi denklemlerine ilişkin hata dağılımları

Çalışma materyalini oluşturan örnek ağaçlar yaklaşık olarak 8 – 60 cm çap ve 4 – 34 m boy aralıklarında olduklarından özellikle bu aralıklardaki çap ve boylara sahip ağaçların kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri ilgili denklemler ile güvenli bir şekilde tahmin edilebilir. En başarılı bulunarak önerilen tek girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılabilmesi için yalnızca göğüs çapının, önerilen çift girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılabilmesi için ise göğüs çapı ve ağaç boyunun ölçülmesi yeterli olacaktır. Ölçülen bu değerler ilgili denklemlerde yerine konularak ağaçların kesilmesine gerek duyulmadan kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri kolaylıkla tahmin edilebilecektir.

Meşcerelere ilişkin projeksiyonların ortaya konulabilmesi için temel araçlardan biri olan ağaç hacim denklemlerinin Türkiye’de yayılış gösteren asli orman ağacı türlerinin farklı ekolojik koşullardaki meşcereleri için geliştirilmesi ve karşılaştırılması ile ilgili çalışmaların sürdürülmesi ülke ormancılığına önemli katkılar sunacaktır.

### Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 214O217 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiş olup, katkılarından dolayı TÜBİTAK’a teşekkür ederiz. Ayrıca, arazi çalışmalarına sağladığı katkılardan dolayı merhum Prof. Dr. Mehmet Hakan AKYILDIZ’a teşekkür eder, kendisini saygıyla anarız.

### Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. Türkiye’deki Doğu ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr.) ormanlarında hasılat araştırmaları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye’deki Kızılcım Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara.
- Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye’deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 20, Ankara.
- Asan, Ü., 1984. Kazdağı Göknaarı (*Abies equi-trojani* Aschers, et Sinten.) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 3205, O.F. Yayın No: 365, Taş Matbaası, İstanbul.
- Baskerville, G.L., 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. Canadian Journal of Forest Research, 2: 49-53.
- Baynazoğlu, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde yayılış gösteren Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Homboe) meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Bi, H., Hamilton, F., 1998. Stem volume equations for native tree species in southern New South Wales and Victoria. Australian Forestry, 61: 275-286.

- Bozkuş, H.F., Carus, S., 1997. Toros göknarı (*Abies clicica* Carr.) ve sedir (*Cedrus libani* Link.)’in çift girişli gövde hacim tabloları ve mevcut tablolarla karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 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.
- Carus, S., Su, Y., 2014. Antalya–Korkuteli Yöresi kızılçam ağaçlandırmaları için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosunun düzenlenmesi ve mevcut tablolar ile kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim 2014, Isparta, s. 574-584.
- Castedo-Dorado, F., Gomez-Garcia, E., Dieguez-Aranda, U., Barrio-Anta, M., Crecente-Campo, F., 2012. Aboveground stand-level biomass estimation: a comparison of two methods for major forest species in northwest Spain. Annals of Forest Science, 69: 735-746.
- Clutter, J.L., Fortson, J.C., Pienaar, L.V., Birester, G.H., Bailey, R.L., 1983. Timber Management. John Wiley and Sons, New York.
- Crecente-Campo, F., Alboreca, A.R., Dieguez-Aranda, U., 2009. A merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. Annals of Forest Science, 66(8): 808p1-p12.
- Çalışkan, A., Yeşil, A., 1996. Büyükdüz Araştırma Ormanı sarıçam-göknaar-kayın karışık meşcerelerinde bulunan sarıçam için tek ve çift girişli hacim tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 46(1): 39-50.
- Eraslan, Ü., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. OGM Yayını, Ankara.
- Ercanlı, İ., Güvendi, E., Güney, D., Günlü, A., Altun, L., 2008. Sinop yöresi Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarına ilişkin tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8(1): 14-25.
- Evcimen, B.S., 1963. Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılat ve Amenajman Esasları. OGM Yayını, Ankara.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, İ.Ü Yayın No: 1800, O.F. Yayın No: 193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) hacim tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 9(1): 97-112.
- Husch, B., Beers, T.W., Kershaw, J.A., 2003. Forest Mensuration. 4th ed. Wiley, New York.
- IBM SPSS 20, 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20, Armonk, New York, IBM Corporation.
- 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.
- Kalipsız, A., 1962. Doğu Kayınında Artım Büyüme Araştırmaları. Teknik Bülten, OGM Yayını, Ankara.

- Kalipsız, A., 1984. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, İ.Ü. Yayın No: 3194, O.F. Yayın No: 354, İstanbul.
- Kapucu, F., 2004. Orman Amenajmanı. KTÜ Yayın No:215, Orman Fakültesi Yayın No:33, KTÜ Matbaası, Trabzon.
- Köhl, M., Magnussen, S., Marchetti, M., 2006. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory. Springer, Berlin.
- Laar, A.V., Akça, A., 2007. Forest Mensuration. Springer, The Netherlands.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, KE. 1973. Forest Inventory, Volume 2. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München.
- Mısır, N., Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for ash in Turkey. Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 3(4): 135-144.
- Miraboğlu, M., 1955. Göknarlarda Şekil ve Hacim Araştırmaları. O.G.M. Yayın No: 188, Seri No: 5, İstanbul, s.103.
- OGM, 2006. Orman Varlığımız. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- OGM, 2013. Orman Atlası. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- OGM, 2015. Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Özçelik, R., 2008. Comparison of formulae for estimating tree bole volumes of *Pinus sylvestris*. Scandinavian Journal of Forest Research, 23: 412-418.
- Özçelik, R., 2010. Bucak yöresi kızılçam, sedir ve Toros göknarı 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.
- Philip, M.S., 1994. Measuring Trees and Forests. CAB International, Wallingford.
- Pillsbury, N.H., McDonald, P.M., Simon, V., 1995. Reliability of Tanoak volume equations when applied to different areas. Western Journal of Applied Forestry, 10(2): 72-78.
- 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., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı göknar meşcereleri için hacim fonksiyonları. Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 3(2): 155-168.
- Saraçoğlu, N., 1991. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey) Yalt.) gövde hacim ve biyokütle tablolarının düzenlenmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 41(1): 117-139.
- Sprugel, D.G., 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. Ecology, 64(1): 209-210.
- Sun, O., Eren, M.E., Orpak, M., 1978. Temel ağaç türlerimizde tek ağaç ve birim alandaki odun çeşidi oranlarının saptanması. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Proje No:288, Ankara.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde sarıçam ve karaçam için uyumlu gövde çapı, gövde hacmi ve hacim oran denklemlerinin geliştirilmesi. Basılmamış Doçentlik Tezi, KTÜ Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Trabzon.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 1181-118.
- Yavuz, H., Sakıcı, O.E., 2002. Gövde profili modellerinin bilimsel ve pratik açıdan irdelenmesi. Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan 2002, İstanbul, S.233-241.

## Antalya yöresi ormanları için titrek kavak ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi

Yılmaz Çatal<sup>a,\*</sup>, Ahmet Güneş<sup>b</sup>

**Özet:** Ormanların büyüme ve hasılat tahminlerinde kullanılan en önemli bileşenlerden birisi, ağaç hacim fonksiyonlarıdır. Ağaç hacim fonksiyonları göğüs yüksekliği çapı (d) ve tüm ağaç boyu (h) gibi ölçülmesi kolay ağaç değişkenlerini kullanarak, ağaç hacmini ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile Antalya yöresindeki doğal olarak yetişen Titrek kavak (*Populus tremula* L.) için yöresel tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu düzenlenmiştir. Ağaç hacim tablosunun oluşturulması için 11 adet tek girişli ve 13 çift girişli olmak üzere, toplam 25 adet ağaç hacim fonksiyonu test edilmiştir. Yöre için en başarılı bulunan model 1 ve model 12'nin sırasıyla ortalama hatası 0.010 m<sup>3</sup> ve 0.005 m<sup>3</sup>, ortalama mutlak hatası 0.088 m<sup>3</sup> ve 0.085 m<sup>3</sup>, ortalama mutlak hatası %21.327 ve %17.089, toplam hata %2.516 ve %0.620, hataların standart sapması 0.146 m<sup>3</sup> ve 0.137 m<sup>3</sup>, belirtme katsayısı ise 0.907 ve 0.936 olarak bulunmuştur. Modellerle elde edilen sonuçların yöreye uygunluğu bağımsız veri seti kullanılarak eşleştirilmiş t-testi ile denetlenmiş ve yöre için %99.9 güven düzeyi ile uygun oldukları sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu, Hacim fonksiyonları, Regresyon yöntemi

## Construction of tree volume tables for trembling aspen in Antalya forest region

**Abstract:** The one of the essential building blocks in forest growth and yield prediction models is the equations for estimating individual tree volume. Individual volume functions estimate wood volume using tree variables that are easy to measure such as diameter at breast height (d) and total height (h). In this study, a local single and double entry volume table was formed for natural grown Trembling Aspen (*Populus tremula* L.) Antalya forest region. A total of 25 tree volume models were tested for single-entry (11) and double-entry (13) tables in creating the tree volume table. Bias of selected best model 1 and model 12 were 0.010 m<sup>3</sup> and 0.005 m<sup>3</sup> respectively. Average absolute bias were 0.088 m<sup>3</sup> and 0.085 m<sup>3</sup>, absolute errors were 21.327% and 17.089%, total errors were 2.516% and 0.620%; standard deviation of the residuals were 0.146 m<sup>3</sup> and 0.137 m<sup>3</sup>; determination coefficients were 0.907 and 0.936 for the first and second models, respectively. Obtained values from these two volume functions were performed with paired t-test against an independent set of data, and it was concluded that they were suitable for trembling aspen with a 99.9% confidence.

**Keywords:** Single and double entry tree volume tables, Volume functions, Regression method

### 1. Giriş

Orman işletmeciliğinde, işletmenin ne kadarlık odun hacmine sahip olduğunu bilmek son derece önemlidir. Hacim tahminleri, ağaç ve meşcerelere ilişkin hacmin ticari sınıflara dağılımının hesaplanmasında (Crecente-Campo vd., 2009), orman amenajman planlarının düzenlenmesinde (Eraslan ve Eler, 2003), orman ürünleri sanayisinin geleceğine ilişkin projeksiyonların yapılmasında (de-Miguel vd., 2012) ve biyokütle dönüşüm faktörleri yardımı ile biyokütle miktarının hesaplanmasında (Tabacchi vd., 2011) kullanılan önemli bir meşcere parametresidir. Bu nedenle, hasılat ve büyüme modellerine entegre edilebilen, simülasyon modellerinde bileşen olarak girebilecek, esnek ve güvenilir hacim tahmin yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Meşcere hacminin belirlenmesi için çeşitli yöntemler önerilmektedir (Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984). Spurr (1952) bu yöntemleri direkt ve endirekt yöntemler olarak ayırmıştır. En direkt yöntem ile Miraboğlu (1955) ülkemizde Gökmar ağaç türü için ağaç hacim tabloları oluşturmuştur. Direkt yöntemde de hacim değerleri grafik

ve matematik-istatistik yöntemler ile bulunmaktadır (Kalıpsız, 1984). Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde istatistik yöntemler ile göğüs yüksekliği çapı (d) ve ağaç boyunun (h) fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir. Sadece çapa göre tek girişli, çap ve boya göre çift girişli ağaç hacim tabloları oluşturulmaktadır. Bunun yanı sıra başka ağaç veya meşcereye ilişkin değişken eklendiği zaman, çok girişli ağaç hacim tabloları elde edilebilmektedir (Husch vd., 2003).

Ağaç hacim tabloları da geçerlilik alanlarına göre ise, Genel Ağaç Hacim Tabloları, Bölgesel Ağaç Hacim Tabloları ve Yöresel Ağaç Hacim Tabloları şeklinde üçe ayrılır. Bu ağaç hacim tabloları da genelden yöresele doğru güvenilirliği artan bir sıralaması vardır (Eler, 2013). Aynı hacim tablosunun farklı yetişme ortamı özelliklerine sahip yörelerde kullanılması hatalar çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle farklı yetişme ortamı özelliklere sahip alanlar için farklı hacim tablolarının düzenlenmesi gerekmektedir. Yani yöresel ağaç hacim tablolarının hata miktarı genel ağaç hacim tablolarına göre daha azdır (Brooks ve Wiant, 2008; Burkhart ve Tome, 2012). Özellikle, ülkemiz gibi tür çeşitliliğinin ve yetişme ortamı farklılıklarının yüksek olduğu yerlerde, her yöre ve tür için

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

<sup>b</sup> Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): yilmazcatal@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 22.08.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 22.2.2018



ayrı yöresel hacim denklemlerinin geliştirilmesi, doğru ve güvenilir hacim tahminleri için gerekli ve zorunludur.

Titrek kavak (*Populus tremula* L.) ülkemizde öncü ağaç türü olarak bilinen ve doğal olarak geniş alanlar üzerinde saf ve karışık meşcereler kuran önemli bir ağaç türümüzdür. Ancak, bu türün hasılat özelliklerine ilişkin çok fazla çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı Antalya-Akseki Yöresinde yer alan Anadolu karaçamı ile karışıklık gösteren Titrek kavak ağaç türü için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu düzenlenmesidir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar Kuzey Anadolu yöresinde Bayburtlu (2007) tarafından oluşturulan tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları ile karşılaştırılmaktadır. Yöresel olarak titrek kavak için düzenlenecek ağaç hacim tablosunun kullanılması ile ekonomik katma değer ve maddi kazançların sağlanması amaçlanmaktadır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Akseki Orman İşletme Müdürlüğü sahalarında Anadolu karaçamı meşcerelerinde %30'dan daha az Titrek kavakın karışım gösterdiği doğal karışık meşcereleri seçilmiştir. Titrek kavak yörede genellikle kuzey bakılarda yayılış göstermektedir. Titrek kavak dere tabanı ve vadi içlerinde daha yaygın olup, karaçam ağaçları ile birlikte üst tabakada yer almaktadır. Yöre Akdeniz iklim kuşağından İç Anadolu iklim kuşağına geçiş zonunda olup, yükseltisi 1200-1600 m arasında değişmektedir.

Tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi için değişik çap ve boy basamaklarına yeter sayıda dağılım gösteren ağaçta ölçüm yapılması gerekmektedir. Bu amaçla toplanacak örnek ağaç sayısının çift girişli gövde hacim tablolarının oluşturulması için 80 ile 150 adet ağaç arasında değişmesi yeterli olduğu belirtilmektedir (Cailliez, 1980). Bu çalışmada da yeterli sayıda ağaç çap sınıfı ve boy kademesine dağılım gösterecek şekilde toplam 312 ağaçta hacim hesabı için ölçümler yapılmıştır. Ölçülen örnek ağaçların yaşları 10-150 arasında değiştiği belirlenmiştir. Örnek ağaçların bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Ülkemizde yapılan hacim tabloları gövde odununu esas alan gövde hacim tabloları şeklinde hazırlanmıştır. Özellikle geniş yapraklı ağaç türleri için hazırlanacak hacim

tablolarında dal odunu önem kazanmaktadır. Ancak çalışmamızda gövdeden ayrılma çapı 8 cm ve daha kalın dallar görülmediği için ölçüme dahil edilmemiştir. Böylece aslında gövde hacim tablosu hazırlanmıştır.

### 2.2. Yöntem

Kesilen ağaçların zarar görmemiş, çatallı olmamasına ve meşcere içinde galip veya müşterek galip tabakada olmasına dikkat edilmiştir. Kesilen ağaçlar şerit metre ile dip kısmından (0.3 m) başlamak üzere her bir metrede (1.3, 2.3, 3.3, 4.3, .... m) çap ölçümleri yapılmıştır. Gövde çapları çap ölçer ile birbirine dik olacak şekilde çift yönlü olarak milimetre duyarlılıkta ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır. Ağaçların ölçülen kesit yüksekliğine uç parça boyu eklenerek ağaç boyu elde edilmiştir. Elde edilen 1'er metrelik parçanın hacmi Smalian formülü ile hacimlendirilmiştir. Kütük hacmi 0,3 m'deki silindirin hacmi, uç parça hacmi de koni hacim formülü ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kütük hacmi, 1'er metrelik seksiyonlar hacmi ve uç parça hacmi toplanarak bir ağacın hacmi metre küp cinsinden elde edilmiştir (Kalıpsız, 1984; Avery ve Burkhart, 1994).

Titrek kavak ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi ve meşcereye uygunluğunun denetlenmesi amacıyla örnek ağaçlar her çap ve boy grubunda rasgele olarak iki guruba ayrılmıştır. Birinci grup veri için 234 adet (%75) örnek ağaç hacim fonksiyonunun oluşturulmasında model verisi olarak, ikinci grup 78 adet (%25) örnek ağaç ise bu fonksiyonun Titrek kavak meşcerelerine uygunluğunun denetlenmesi amacıyla test verisi olarak kullanılmıştır. Hacim tablolarını oluşturmak için ölçülen örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Ölçülen ağaçların bazı parametreleri ve istatistikî değerler

Ağaç parametresi	Örnek sayısı	Değişim aralığı	En küçük	En büyük	Aritmetik ortalama	Standart sapma
Çap (cm)	312	56.2	0.4	56.6	18.2	11.8
Boy (m)	312	21.1	1.4	22.5	11.7	5.4
Hacim (m <sup>3</sup> )	312	2.6888	0.0002	2.6881	0.4238	0.5088

Çizelge 2. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı

Çap Basamakları (cm)	Boy Basamakları (m)												Toplam	
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23		
2	3(2)	15(5)	7(3)											25(10)
6		2(1)	11(5)	9(5)	5(2)	1								28(13)
10			2(1)	7(2)	12(4)	10(3)	1	1						33(10)
14				1	5(2)	10(4)	6(2)							22(8)
18					2	4(2)	9(2)	3(1)	1	1				20(5)
22						2(1)	8(3)	8(2)	2(1)	1				21(7)
26						1	4(2)	9(3)	9(2)	4(1)				27(8)
30							3(1)	8(1)	8(1)	4(1)	3(1)			26(5)
34								3(1)	6(3)	4(1)	2(1)	3(1)		18(7)
38								1	2(1)		1			4(1)
42									2(1)	4(1)				6(2)
46								1		1(1)	1(1)			3(2)
50														0(0)
54											1			1(0)
Toplam	3 (2)	17 (6)	20 (9)	17 (7)	24 (8)	28 (10)	31 (10)	34 (8)	30 (9)	19 (5)	8 (3)	3 (1)		234 (78)

\*parantez içi kontrol veri grubu için kullanılan ağaçları göstermektedir.

Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amacıyla ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalarda farklı modeller denenmiş, ağacın doğru olarak hacimlendirilmesi için birçok ağaç hacim denklemi geliştirilmiştir. Çalışmada çeşitli kaynaklardan elde edilen farklı formlardaki hacim fonksiyonları kullanılmıştır (Saraçoğlu, 1988; Yavuz, 1999; Mısır ve Mısır, 2004; Sakıcı ve Yavuz, 2005; Hjelm ve Johansson, 2012; Rachid vd., 2014). Tek ve çift girişli ağaç hacim tablosunun oluşturulmasında kullanılan denklemler Çizelge 3'de verilmiştir.

Fonksiyonlarda  $v$  ağaç hacmini ( $m^3$ ),  $d$  ağaç göğüs yüksekliği çapını (cm),  $h$  ağaç boyunu (m),  $\log$  logaritmayı,  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots$  regresyon katsayılarını,  $\varepsilon$  model hatasını göstermektedir.

En uygun modelin kullanılmasında aşağıdaki altı farklı uygunluk ölçütünden (Denklemler 1-6) yararlanılmıştır. En iyi modelin belirlenmesinde en küçük OH, OMH, OMHY, THY ve HSS değerlerine sahip olması yanında en yüksek BK değerine sahip ölçütleri esas alınmıştır (Yavuz, 1999).

Denklemlerde  $n$  veri sayısını,  $k$  parametre sayısını,  $v_i$  bağımlı değişkenin ölçülen değerlerini,  $\hat{v}_i$  bağımlı değişkenin regresyon modeli ile tahmin edilen değerlerini,  $\bar{v}$  ölçülen hacim değerleri ortalamasını göstermektedir.

Çizelge 3. Ağaç hacim tablosu oluşturmada kullanılan denklemler

Tek girişli ağaç hacim denklemleri	Model no
$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \varepsilon$	1
$v = \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \varepsilon$	2
$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \varepsilon$	3
$v = \beta_0 d^{\beta_1} + \varepsilon$	4
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2/d + \varepsilon$	5
$\ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d) + \beta_2 \ln^4(d) + \varepsilon$	6
$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \beta_3/d + \varepsilon$	7
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \varepsilon$	8
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2(d) + \varepsilon$	9
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2(d) + \beta_3 \log^4(d) + \varepsilon$	10
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2(d) + \beta_3 \log^4(d) + \beta_4/d + \varepsilon$	11
Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri	
$v = d^2(\beta_1 + \beta_2 h) + \varepsilon$	12
$v = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2} + \varepsilon$	13
$v = (d^2 h)^{\beta_0} (\beta_1 d) + \varepsilon$	14
$v = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 d^2 h + \beta_3 h^2 + \beta_4 d h^2 + \varepsilon$	15
$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d h + \beta_3 d^2 + \beta_4 h + \beta_5 d^2 h + \varepsilon$	16
$v = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d h + \beta_3 d^2 + \beta_4 d^2 h + \varepsilon$	17
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log d + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 \log h + \beta_4 \log^2 h + \varepsilon$	18
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \varepsilon$	19
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \beta_4 \log^4 d + \varepsilon$	20
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \beta_4 \log^4 d + \beta_5/h^2 + \varepsilon$	21
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \beta_4 \log^4 d + \beta_5/h^2 + \beta_6/h + \varepsilon$	22
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 \log^2 d + \beta_3 h + \beta_4 \log^4 d + \beta_5/h^2 + \beta_6/h + \beta_7/d^2 + \varepsilon$	23
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 h + \beta_3 \log^4 d + \beta_4/h^2 + \beta_5/h + \beta_6/d^2 + \beta_7/d + \varepsilon$	24
$\log(v) = \beta_0 + \beta_1 \log(d) + \beta_2 h + \beta_3 \log^4 d + \beta_4/h^2 + \beta_5/h + \beta_6/d^2 + \beta_7/d + \beta_8 h^2 + \varepsilon$	25

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

$$\text{Ortalama Mutlak Hata (OMH)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{v}_i - v_i|}{n} \quad (2)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (OMHY)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{v}_i - v_i|}{\sum_{i=1}^n v_i} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Toplam Hata Yüzdesi (THY)} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{v}_i - \sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Hataların Standart Sapması (HSS)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{n - k}} \quad (5)$$

$$\text{Belirtme Katsayısı (R}^2\text{)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2} \quad (6)$$



Genel olarak hacim fonksiyonları arasında ölçüt değerlerinin tümünü kapsayacak biçimde bir başarı sıralaması yapılması gerekir. Pek çok uygunluk ölçütüne göre en uygun regresyon modelinin belirlenmesinde; her bir uygunluk ölçütüne göre regresyon modellerine sıra numarası verilir, sıra numaraları toplamına (rank değeri) bağlı olarak en uygun modelin belirlenmesi önerilmektedir (Yavuz, 1999). Ancak, geleneksel olarak kullanılan Rank sistemi ile yöntemler sıralı tamsayılar şeklinde büyüklük değerlerine göre sıralanmaktadır. Karşılaştırmada kullanılan ölçütlerin bir biri ile olan büyüklükleri veya uzaklıkları dikkate alınmamaktadır. Bu yüzden Nisbi Sıralama Ölçütü kullanılarak ölçüt değerleri nisbi büyüklüklerine göre sıralanabilmektedir (Poudel, 2011). Ülkemizde Özçelik ve Çevlik (2017) bu yöntemi Toros sedirinde denklem karşılaştırmasını kullanmışlardır. Nisbi Sıralama Ölçütü aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(S_i - S_{\min})}{S_{\max} - S_{\min}} \quad (7)$$

Formülde  $R_i$  i. yöntemin nisbi sırasımı ( $i=1,2,\dots, m$ ),  $S_i$  i. yöntemi ile elde edilen uyum istatistiğini,  $S_{\min}$  ilgili uyum istatistiğinde en küçük değerini,  $S_{\max}$  ilgili uyum istatistiğinde en büyük değerini göstermektedir.

Bu sıralama türünde en küçük değere sahip olan ölçü sırası 1 olmakta en büyük ölçüt değerine sahip değişken ise değişken sayısına eşit sıraya sahip olmaktadır.  $S_i$ 'nin sıralama değerinin yanı sıra, bu değer rakamsal büyüklüğü de göz önünde bulundurulduğundan, bu yeni sıralama sistemi, geleneksel sıralama sistemlerine göre daha fazla bilgi sunmaktadır (Poudel, 2011). Böylece ölçüt değerlerinin uzaklıklarına göre sürekli değişken olarak sıralama verilmektedir. Ancak, belirtme katsayısı için bu değer ters işlemektedir. Bu yüzden formül modifiye edilerek nisbi sıralama belirlenmiştir. Düzenlenen yeni formül aşağıdadır.

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(S_i - S_{\max})}{S_{\min} - S_{\max}} \quad (8)$$

Çalışmada, yukarıda açıklanan altı ölçüt değeri kullanılarak modellerin nisbi sıraları belirlenmiştir. Uygun hacim modelinin kararlaştırılması için en küçük toplam değere sahip modeller belirlenecektir.

### 2.3. Verilerin istatistik analizi

Örnek ağaçların çap, boy ve ağaç hacim değerleri ayrı ayrı veri grupları halinde bilgisayarda veri dosyalarına işlenmiş, SPSS (Statistical Package For The Social Science) istatistik paket programı kullanılmıştır. Üssel fonksiyonda en küçük kareler yöntemini uygulayabilmek için fonksiyon logaritması alınarak doğrusal forma dönüştürülmüş, işlemler onun üzerine yürütülmüştür (Husch vd., 2003). Logaritma olarak hesap yapılması nedeniyle oluşan sistematik hatanın giderilmesi için, antilogaritma alınarak bulunan değerlerin bir düzeltme faktörü (df) ile çarpılması gerekir (Akalp 1978; Burkhart ve Tome, 2012). Tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi için değişik istatistik modeller denenmiştir. Logaritma için  $10^{1.1513*Se^2}$  e tabanında dönüştürme yapmak için ise  $df=e^{0.5*Se^2}$  formülleri kullanılmıştır. Formüllerde  $e$  euler sayısını (2.71828),  $Se$  ise standart hatayı göstermektedir. En iyi olarak seçilen hacim denklemlerinin Titrek kavak mescerelerine uygunluğunun kontrolü için, ölçülen değerler ile ilgili modelden elde edilen değerler eşleştirilmiş t-testi ile geçerliliği test edilmiştir.

## 3. Bulgular ve tartışma

### 3.1. Tek girişli ağaç hacim tablosu

Ağaç çapına göre hacim değişiminin matematiksel olarak ifade edilmesi için Model 1-11 arasındaki regresyon denklemleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucu modellere ilişkin bazı istatistikler ve logaritmik denklemler için düzeltme faktörü, logaritmik ve  $\ln$  modellere göre ayrı ayrı hesaplanarak değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Model verileri ile yapılan regresyon analizi sonucu tüm fonksiyonların F-değeri yüksek ve anlamlı çıktığı belirlenmiştir. Tek girişli ağaç hacim tablosu için yukarıda verilen 11 adet hacim denklemi için elde edilen regresyon katsayıları ve düzeltme faktörleri kullanılarak hacim hesapları yapılmıştır. Hacim hesabı test verileri için gerçek hacim değerleri ve denklemlerle bulunan hacim değerleri ayrı ikiye veri seti olarak elde edilmiştir. Bu veri setleri kullanılarak her bir regresyon modeli için uygunluk ölçüt değerleri hesaplanmış ve Çizelge 5'te verilmiştir. Test veri seti için modellerin nisbi sıraları hesaplanmış ve buna ilişkin sonuçlar test verileri için Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 4. Tek girişli ağaç hacim modelleri için regresyon katsayıları ve bazı istatistikler

Model No	F-Oranı	df	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
1	1592.5***	-	-0.015826***	0.000927***	-	-	-
2	1454.0***	-	-	-0.000083***	0.000914***	-	-
3	801.9***	-	-0.056446 <sup>ns</sup>	0.005074 <sup>ns</sup>	0.000816***	-	-
4	1158.2***	-	-5.064039***	0.162391***	-	-	-
5	4835.3***	1.081	-3.992346***	2.624128***	0.919243***	-	-
6	3370.0***	1.024	-7.377699***	1.870919***	0.005809***	-	-
7	539.0***	-	-0.116899*	0.009486*	0.000939***	0.115051 <sup>ns</sup>	-
8	5585.2***	1.080	-3.375389***	2.188444***	-	-	-
9	4070.2***	1.120	-3.102304***	1.341639***	0.474316***	-	-
10	3405.0***	1.061	-3.040980***	0.527100***	1.450342***	-0.207256***	-
11	2557.3***	1.061	-3.663018***	1.699601 <sup>ns</sup>	0.776452 <sup>ns</sup>	-0.136581*	0.603079***

<sup>ns</sup>=p>0.05; \* =p<0.05; \*\* =p<0.01; \*\*\* =p<0.001

Çizelge 5. Model kontrol verileri için elde edilen ölçüt değerleri

Model No	OH	OMH	OMHY	THY	HSP	BK
1	0.010	0.088	21.327	-2.516	0.146	0.907
2	0.019	0.091	22.081	-0.454	0.148	0.902
3	0.012	0.094	22.710	-2.949	0.148	0.906
4	0.049	0.101	28.397	-13.994	0.173	0.872
5	0.038	0.093	22.417	-0.919	0.171	0.908
6	-0.035	0.112	27.239	0.849	0.216	0.876
7	-0.075	0.109	26.435	18.255	0.183	0.906
8	0.054	0.099	24.059	-13.116	0.170	0.853
9	-0.011	0.107	25.897	2.571	0.207	0.885
10	0.025	0.085	20.558	-6.099	0.150	0.901
11	0.024	0.084	20.390	-5.794	0.150	0.906

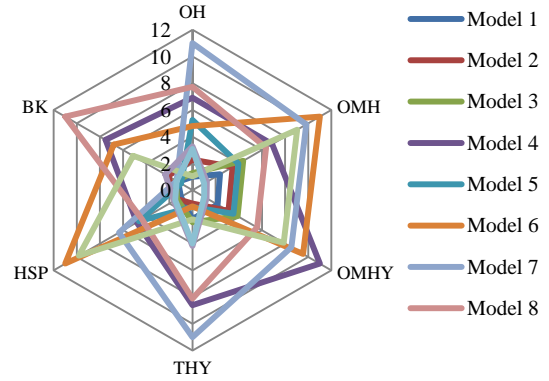
Çizelge 6. Kontrol verileri için modellerin sıralama sonuçları

Model No	OH	OMH	OMHY	THY	HSP	BK	Sıra Toplamı	Genel Sıralama
<b>1</b>	<b>1.0</b>	<b>2.4</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>1.0</b>	<b>1.3</b>	<b>10.0</b>	<b>1.0</b>
<b>2</b>	<b>2.3</b>	<b>3.5</b>	<b>3.1</b>	<b>1.0</b>	<b>1.3</b>	<b>2.1</b>	<b>13.3</b>	<b>1.9</b>
3	1.3	4.4	3.9	2.4	1.3	1.4	14.7	2.2
4	6.9	6.9	11.0	8.6	4.8	7.5	45.7	10.4
5	5.3	4.0	3.5	1.3	4.6	1.0	19.6	3.5
6	4.8	11.0	9.6	1.2	11.0	6.8	44.4	10.0
7	11.0	9.8	8.5	11.0	6.4	1.4	48.1	11.0
8	7.7	6.4	5.6	8.1	4.4	11.0	43.2	9.7
9	1.0	9.0	7.9	2.2	9.8	5.1	35.1	7.6
10	3.3	1.2	1.2	4.2	1.6	2.4	13.9	2.0
<b>11</b>	<b>3.1</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>4.0</b>	<b>1.5</b>	<b>1.4</b>	<b>12.0</b>	<b>1.5</b>

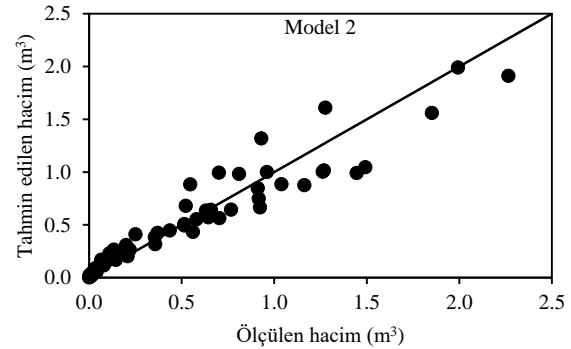
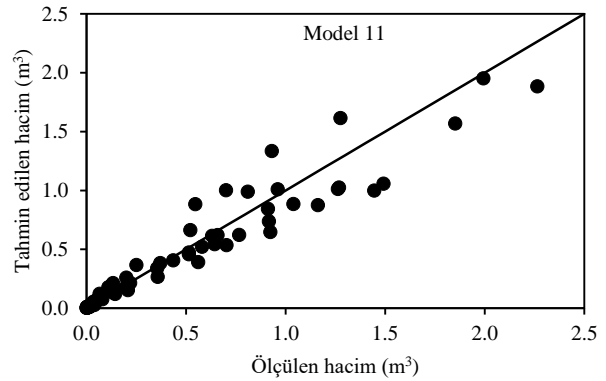
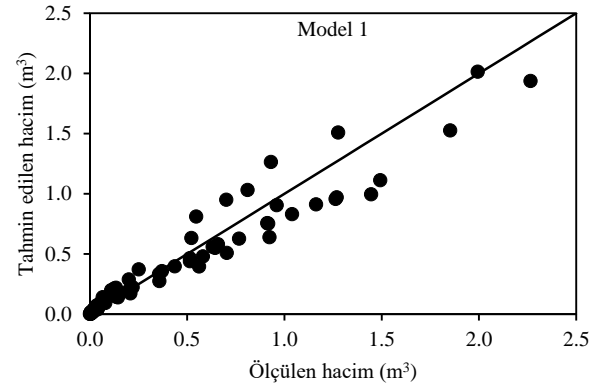
Çizelge 6 ve Şekil 1'den de görüleceği gibi Model 1, Model 11 ve Model 2 düşük sıralamalara sahip olduğu hemen göze çarpmaktadır. En kötü model olarak da Model 7, Model 4 ve Model 6 göze çarpmaktadır. En kötü modeller kendileri bir grup olarak diğer modellerden ayrılmaktadırlar. Bu yüzden en iyi model 1, 11 ve 2 değerlendirme için uygun olabilecekleri düşünülmüştür.

Model 1 ile düzenlenen tek girişli ağaç hacim tablosunun kullanılabilirliği için ortalama hatası  $0.010 \text{ m}^3$ ; ortalama mutlak hata ise  $0.088 \text{ m}^3$  olarak bulunmuştur. Bu değerler hacim tablosunun ortalama ağaç başına  $0.010 \text{ m}^3$  fazla değer verebileceği, ortalamaya göre ağaç başına  $0.088 \text{ m}^3$  mutlak sapma olabileceğini göstermektedir. Toplam hata negatif yönde %2.516 olarak hesaplanmıştır. Bu değer ağaç hacim tablosunun toplu olarak %2.516 kadar eksik sonuç verdiğini göstermektedir. Bu yüzde değeri, doğruluk derecesi yüksek hacim tablolarında %10'dan az olması öngörülmektedir (Spurr, 1952). En iyi model olarak elde edilen Model 1, Model 11 ve Model 2 için tahmin edilen hacim değerlerinin ölçülen hacim değerlerine göre dağılımları kontrol veri grubu için Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2'den de görüleceği üzere başarılı olarak belirlenen ilk üç modelin sonuçları 1:1 çizgisine göre hacim değeri büyüdükçe varyans artmaktadır. Bu beklenen bir olaydır. Sonuç olarak Model 1'in sonuçlarının daha güvenli bulunması, daha basit yapıya sahip olması ve kolay hesaplanabilmesi dolayısıyla tek girişli ağaç hacim tahmininde uygun bulunmuştur.



Şekil 1. Test verileri için elde edilen nisbi sıralama ölçütlerinin radar grafiği



Şekil 2. Tek girişli ağaç hacim denklemi için en uygun üç modelin gerçek ve denklemle elde edilen hacim değişimi grafiği

Ağaç hacim tablosu kontrolü, örnek ağaçlara ait gerçek hacim ve tablo değerlerini eşleştirmek sureti ile eşleştirilmiş t-testi ile yapılmıştır. Eşleştirilmiş t testi ile -0.045 olarak bulunan t hesap değeri  $t_{0.001}$  tablo değerinden çok küçük olduğu için, Titrek kavak tek girişli ağaç hacim tablosunun verilere uygun olduğu %99.9 güven düzeyinde kabul edilmiştir. Model 1'e göre oluşturulan tek girişli ağaç hacim tablosu 1 cm'lik çap basamakları için Çizelge 7'de verilmiştir.

Ülkemizde Kuzey Anadolu yöresindeki titrek kavak ağaçları için Bayburtlu (2007) tarafından geliştirilen tek girişli hacim tablosu ile tarafımızdan Antalya Yöresi için geliştirilen tek girişli ağaç hacim tablosu, ağaç hacim tahminleri için test veri grubu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma için eşleştirilmiş t-testi kullanılmış ve t-değeri 6.380 ( $p < 0.001$ ) bulunmuştur. Bu değere göre %95 güven düzeyinde elde edilen hacim değerleri ile Bayburtlu (2007) tarafından yapılan yöresel ağaç hacim tablosu arasında fark vardır. Bu sonuç ağaç hacim tahmininde yöreselliğin önemini göstermiştir. Tarafımızdan yapılan

ağaç hacim tablosu ile Bayburtlu (2007) tarafından yapılan ağaç hacim tablosu değerlerinin karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar Şekil 3'de verilmiştir.

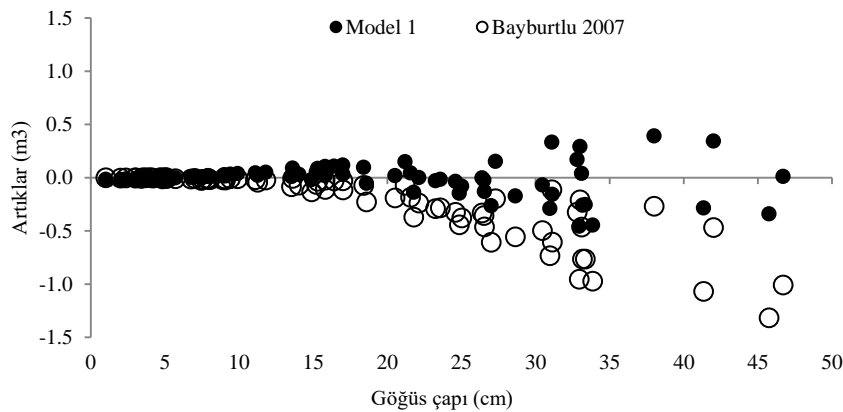
Şekil 3'den de görüleceği gibi göğüs çapı arttıkça Bayburtlu (2007)'nin hacim değerleri farkı artmaktadır. Çalışmamızda elde edilen model 1 için hata değerinin simetrik dağıldığı, eksi veya artı yönde eğilimin olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlarda bize yöresel ağaç hacim tablolarının önemini göstermektedir.

### 3.2. Çift girişli ağaç hacim tablosu

Örnek ağaçlardan elde edilen hacimler kullanılarak ağaç çapına ve boyuna göre göre hacmin değişiminin matematiksel olarak ifade edilmesi için model 12-25 arası regresyon denklemleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucu modellere ilişkin bazı istatistikler, katsayılar ve logaritmik denklemler için düzeltme faktörü Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 7. Tek girişli ağaç hacim tablosu

Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Hacmi (m <sup>3</sup> )	Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Hacmi (m <sup>3</sup> )	Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Hacmi (m <sup>3</sup> )	Göğüs Çapı (cm)	Ağaç Hacmi (m <sup>3</sup> )
5	0.007	20	0.355	35	1.120	50	2.302
6	0.018	21	0.393	36	1.186	51	2.395
7	0.030	22	0.433	37	1.253	52	2.491
8	0.044	23	0.475	38	1.323	53	2.588
9	0.059	24	0.518	39	1.394	54	2.687
10	0.077	25	0.564	40	1.467	55	2.788
11	0.096	26	0.611	41	1.542	56	2.891
12	0.118	27	0.660	42	1.619	57	2.996
13	0.141	28	0.711	43	1.698	58	3.103
14	0.166	29	0.764	44	1.779	59	3.211
15	0.193	30	0.818	45	1.861	60	3.321
16	0.221	31	0.875	46	1.946	61	3.434
17	0.252	32	0.933	47	2.032	62	3.548
18	0.285	33	0.994	48	2.120	63	3.663
19	0.319	34	1.056	49	2.210	64	3.781



Şekil 3. Kontrol veri grubu için Model 1 ve Bayburtlu (2009) için çapa göre gerçek hacimle fark miktarları

Çizelge 8. Çift girişli ağaç hacim modelleri için katsayılar ve bazı istatistiksel değerler

Model No	F Oranı	DF	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$
12	1367.499***	-	-	0.000565***	0.000018**
13	2755.598***	1.015	-7.735652***	2.211914***	-0.042515 <sup>ns</sup>
14	1450.256***	-	12318.09162***	248.186619***	-
15	457.412***	-	0.041072 <sup>ns</sup>	0.001045***	-0.000062***
16	375.145***	-	0.087124***	0.026912***	0.002063***
17	423.430***	-	-0.048633 <sup>ns</sup>	0.001210 <sup>ns</sup>	0.000886 <sup>ns</sup>
18	2000.154***	1.094	-2.813481***	1.743045***	0.271725**
19	2613.244***	1.111	-3.109627***	1.359305***	0.450783***
20	2516.009***	1.067	-3.037426***	0.504302***	1.493614***
21	2069.740***	1.065	-3.287819***	0.939545***	1.251432***
22	17287.595***	1.065	-3.839970***	0.992237***	1.427233***
23	1564.055***	1.059	-4.364213***	2.045325***	0.730625*
24	1564.697***	1.057	-5.346423***	3.555139***	0.019475**
25	1366.296***	1.057	-5.23946***	3.671916***	-0.004575 <sup>ns</sup>

Çizelge 8. devamı

Model No	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-
15	-0.002251***	0.000370***	-	-	-	-
16	-0.000801***	-0.049608***	0.000031*	-	-	-
17	0.000168 <sup>ns</sup>	0.000016 <sup>ns</sup>	-	-	-	-
18	-1.08340*	0.590711*	-	-	-	-
19	0.001730 <sup>ns</sup>	-	-	-	-	-
20	-0.001513 <sup>ns</sup>	-0.215803***	-	-	-	-
21	0.001105 <sup>ns</sup>	-0.197345***	1.073374**	-	-	-
22	0.014323*	-0.252858***	-1.736521 <sup>ns</sup>	2.478072***	-	-
23	0.018387**	-0.172444***	-2.257767***	3.03935***	0.314192**	-
24	-0.114706**	-2.46986***	3.215531***	0.029093***	1.242532***	-
25	-0.122810**	-1.806500 <sup>ns</sup>	2.468253 <sup>ns</sup>	-0.054129 <sup>ns</sup>	1.472728*	0.000689 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>=p>0.05; \* =p<0.05; \*\* =p<0.01; \*\*\* =p<0.001

Test verileri ile yapılan regresyon analizi sonucu tüm modeller için F değeri yüksek ve anlamlı çıktığı belirlenmiştir. Çift girişli ağaç hacim tablosu için verilen 14 adet hacim denklemi için elde edilen regresyon katsayıları ve düzeltme faktörleri kullanılarak hacim hesapları yapılmıştır. Çift girişli ağaç hacim tablosunun kontrol verileri için uygunluk ölçüt değerleri Çizelge 9'da verilmiştir.

Test veri seti için elde edilen uygunluk ölçüt değerleri ilişkin sonuçlar Çizelge 10'da verilmiştir. Çizelge 10'a göre nisbi sıra ölçütü hesapları sonucunda en iyi model olarak Model 12 bulunmuştur. Bunu Model 25, Model 24 takip etmektedir. En kötü model olarak da Model 15, Model 17 ve Model 13 göze çarpmaktadır. En kötü modeller kendileri bir grup olarak diğer modellerden ayrılmaktadırlar.

Çift girişli ağaç hacim tablosu için kontrol verileri için elde edilen nisbi sıralama ölçütleri ile sıralamaları Çizelge 11'de bu sıralamaların grafiksel gösterimi ise Şekil 4'de verilmiştir.

Şekil 4'den de görüleceği gibi Model 12, Model 25 ve Model 24 düşük sıralamalara sahip olduğu hemen göze çarpmaktadır. En kötü model olarak da Model 15, Model 17 ve Model 13 göze çarpmaktadır.

Model 12 ile düzenlenen çift girişli ağaç hacim tablosunun kullanılabilirliği için ortalama hatası 0.005 m<sup>3</sup>;

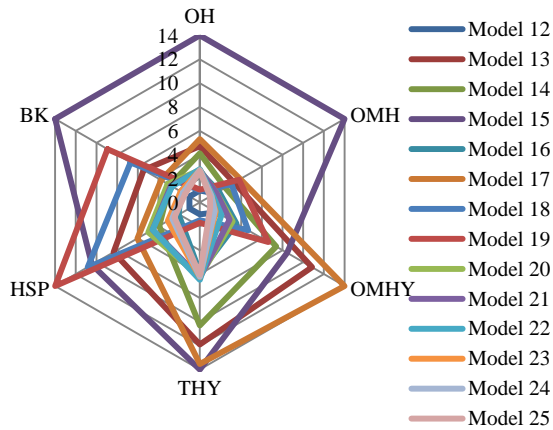
ortalama mutlak hata ise 0.085 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bu değerler hacim tablosunun ortalama ağaç başına 0.005 m<sup>3</sup> fazla değer verebileceği, ortalamaya göre ağaç başına 0.085 m<sup>3</sup> mutlak sapma olabileceğini göstermektedir. Toplam hata negatif yönde %0.620 olarak hesaplanmıştır. Çift girişli ağaç hacim denklemi için en uygun üç modelin gerçek değerler ile olan ilişkileri ikili koordinat sistemine işaretlenerek farkların görülmesi açısından Şekil 5'de verilmiştir.

Çizelge 9. Kontrol verileri için elde edilen ölçüt değerleri

Model No	OH	OMH	OMHY	THY	HSP	BK
12	0.005	0.085	17.089	-0.620	0.137	0.936
13	0.055	0.100	22.313	-13.296	0.172	0.894
14	0.047	0.093	20.350	-11.432	0.151	0.918
15	-0.180	0.188	20.950	15.742	0.182	0.813
16	0.026	0.088	18.170	-6.263	0.142	0.928
17	0.063	0.105	24.100	-15.200	0.161	0.910
18	-0.005	0.098	18.809	1.183	0.184	0.882
19	-0.006	0.104	19.922	1.436	0.199	0.861
20	0.028	0.086	17.962	6.688	0.156	0.916
21	0.028	0.086	17.792	-6.771	0.154	0.919
22	0.029	0.083	17.350	-6.986	0.154	0.920
23	0.028	0.082	17.029	-6.718	0.147	0.928
24	0.028	0.082	16.974	-6.684	0.145	0.930
25	0.027	0.081	16.726	-6.504	0.144	0.932

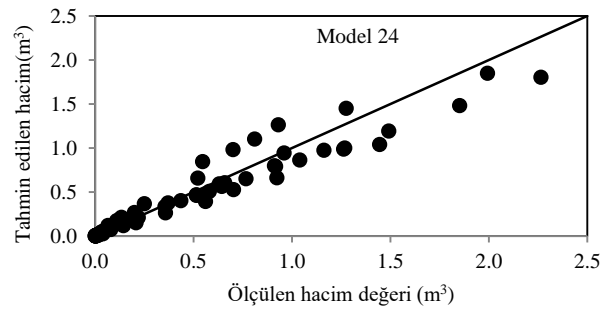
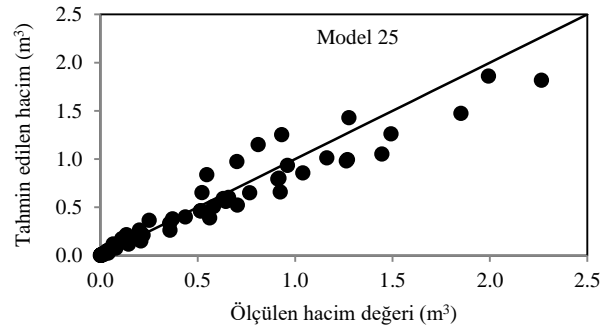
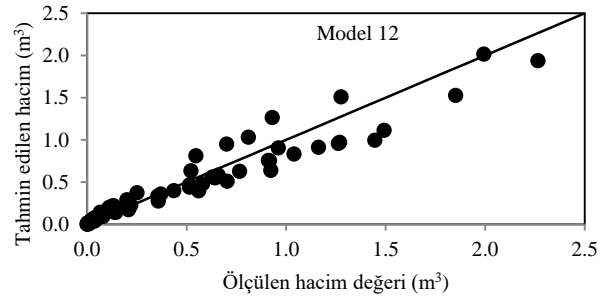
Çizelge 10. Kontrol verileri için nisbi başarı ölçüt sıralaması

Model No	OH	OMH	OMHY	THY	HSP	BK	Sıra Toplamı	Genel Sıralama
12	1.0	1.5	1.6	1.0	1.0	1.0	7.1	1.0
13	4.7	3.3	10.8	11.9	8.3	5.4	44.5	8.2
14	4.1	2.5	7.4	10.3	3.9	2.9	31.1	6.0
15	14.0	14.0	8.4	14.0	10.4	14.0	74.9	14.0
16	2.6	1.9	3.5	5.9	2.0	1.8	17.7	3.0
17	5.3	3.9	14.0	13.5	6.0	3.7	46.5	8.6
18	1.0	3.1	4.7	1.5	10.9	6.7	27.8	5.0
19	1.1	3.8	6.6	1.7	14.0	8.9	36.1	6.6
20	2.7	1.6	3.2	6.2	5.0	3.1	21.8	3.8
21	2.7	1.6	2.9	6.3	4.6	2.8	20.8	3.6
22	2.8	1.2	2.1	6.5	4.6	2.7	19.9	3.4
23	2.7	1.1	1.5	6.2	3.1	1.8	16.5	2.8
24	2.7	1.1	1.4	6.2	2.7	1.6	15.8	2.7
25	2.6	1.0	1.0	6.1	2.5	1.4	14.6	2.4



Şekil 4. Test verileri için elde edilen nisbi sıralama ölçütlerinin radar grafiği

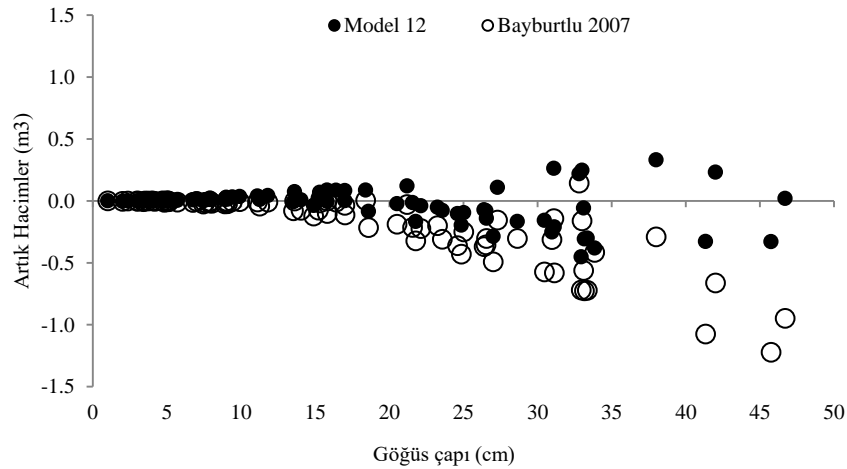
Ülkemizde Kuzey Anadolu yöresindeki titreşimli kavak için Bayburtlu (2007) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablosu ile tarafımızdan Antalya Yöresi için geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosu, ağaç hacim tahminleri için kontrol veri grubu kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma için eşleştirilmiş t-testi kullanılmış ve t değeri -0.883 bulunmuştur. Bu değere göre %99.9 güven düzeyinde veriler ile Bayburtlu tarafından yapılan yöresel ağaç hacim tablosu arasında fark vardır. Bu sonuçta bizi yöreselliğin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Tarafımızdan yapılan ağaç hacim tablosu ile Bayburtlu tarafından yapılan ağaç hacim tablosu değerlerinin kontrol veri grubu ile elde edilen hata değerleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Çift girişli ağaç hacim denklemi için en uygun modeller için gerçek ve denklemlerle elde edilen hacim değişimi grafiği

Çizelge 11. Titrek kavak çift girişli ağaç hacim tablosu

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyu (m)										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2	0.00240	0.00255	0.00269								
4	0.00962	0.01019	0.01077	0.01134							
6	0.02164	0.02293	0.02423	0.02552							
8	0.03846	0.04077	0.04307	0.04538	0.04768						
10	0.06010	0.06370	0.06730	0.07090	0.07450	0.07810					
12		0.09173	0.09691	0.10210	0.10728	0.11246	0.11765				
14		0.12485	0.13191	0.13896	0.14602	0.15308	0.16013	0.16719			
16		0.16307	0.17229	0.18150	0.19072	0.19994	0.20915	0.21837	0.22758		
18		0.20639	0.21805	0.22972	0.24138	0.25304	0.26471	0.27637	0.28804	0.29970	
20			0.26920	0.28360	0.29800	0.31240	0.32680	0.34120	0.35560	0.37000	
22			0.32573	0.34316	0.36058	0.37800	0.39543	0.41285	0.43028	0.44770	0.46512
24				0.40838	0.42912	0.44986	0.47059	0.49133	0.51206	0.53280	0.55354
26				0.47928	0.50362	0.52796	0.55229	0.57663	0.60096	0.62530	0.64964
28				0.55586	0.58408	0.61230	0.64053	0.66875	0.69698	0.72520	0.75342
30					0.67050	0.70290	0.73530	0.76770	0.80010	0.83250	0.86490
32					0.76288	0.79974	0.83661	0.87347	0.91034	0.94720	0.98406
34					0.86122	0.90284	0.94445	0.98607	1.02768	1.06930	1.11092
36					0.96552	1.01218	1.05883	1.10549	1.15214	1.19880	1.24546
38						1.12776	1.17975	1.23173	1.28372	1.33570	1.38768
40						1.24960	1.30720	1.36480	1.42240	1.48000	1.53760
42						1.37768	1.44119	1.50469	1.56820	1.63170	1.69520
44						1.51202	1.58171	1.65141	1.72110	1.79080	1.86050
46							1.72877	1.80495	1.88112	1.95730	2.03348
48							1.88237	1.96531	2.04826	2.13120	2.21414
50							2.04250	2.13250	2.22250	2.31250	2.40250
52								2.30651	2.40386	2.50120	2.59854
54								2.48735	2.59232	2.69730	2.80228
56								2.67501	2.78790	2.90080	3.01370
58									2.99060	3.11170	3.23280
60									3.20040	3.33000	3.45960



Şekil 6. Kontrol veri grubu için Model 12 ve Bayburtlu (2009) tabloları için çapa göre gerçek hacimle fark miktarları

Şekilden de görüleceği gibi göğüs çapı değeri büyüdükçe Bayburtlu (2007) tarafından geliştirilen hacim tablosu sonuçlarına ilişkin hata değerleri büyümekte ve varyasyon artmaktadır. Çalışmamızda elde edilen model 12 için hata değerinin simetrik dağıldığı, eksi veya artı yönde eğilimin olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlarda bize yöresel tabloların önemini göstermektedir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Orman amenajman planlarının düzenlenmesinde farklı yetiştirme ortamları ve bu yetiştirme ortamlarındaki tek ağaç ve meşcereler için düzenlenmiş ağaç hacim denklemlerinin

bulunmasını zorunludur. Çünkü ağaç hacim tablolarının genelden yöresele inildikçe doğruluk dereceleri artmaktadır. Bu yüzden daha doğru sonuçlar elde etmek için yöresel olarak hazırlanmış ağaç hacim denklemleri ve tabloları düzenlemek hata miktarını azaltmaktadır.

Bu çalışma ile ülkemizde değişik yörelerde yetişen Titrek kavak için yöresel olarak ağaç hacim tablolarının oluşturulması ve bu ağaç hacim tablolarının elde var olan ağaç hacim tabloları ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu hacim tablolarının düzenlenmesinde, farklı modeller test edilmiştir.

Çalışma kapsamında 312 örnek ağaçta çap, boy ve hacim ölçümleri yapılmış, seçilen farklı formlardaki 11 tek girişli,

14 adet çift girişli hacim denklemi test edilmiştir. Elde edilen hacim denklemleri sonuçları altı farklı ölçüt değeri kullanılarak test edilmiştir.

Tek girişli ağaç hacim tablosu için model test grubu için en başarısız modeller 7, 4 ve 6'dır. En iyi modeller 1, 11 ve 2 bulunmuştur. Model 1'in daha basit yapıya sahip olması ve kolay işlem sağlaması dolayısıyla tek girişli ağaç hacim hesabında uygun bulunmuştur.

Model 1 ile oluşturulan tek girişli ağaç hacim tablosunun kullanılabilirliği için OH 0.010 m<sup>3</sup> bulunmuştur. Bu değer hacim tablosunun ortalama ağaç başına 0.010 m<sup>3</sup> hata vereceğini göstermektedir. Toplam hata negatif yönde %2.516 olarak hesaplanmıştır. Bu değer ağaç hacim tablosunun toplu olarak %2.516 kadar eksik sonuç verdiğini göstermektedir.

Çift girişli ağaç hacim modelleri için Model 15, 17 ve 13 başarısız olarak en yüksek sıralamaya sahiptir. En iyi modeller için ise sırasıyla Model 12, 25 ve 24 bulunmuştur. Sonuç olarak; denenen 12 nolu model ile elde edilen katsayılar kullanılarak, Antalya Yöresi doğal titre kavağ için ağaç hacim değerleri gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edilebilir.

Ayrıca, oluşturulan tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları Kuzey Anadolu yöresinde Bayburtlu (2007) tarafından elde edilen modellerle karşılaştırılmıştır. Bayburtlu (2007) tarafından hazırlanan Titre kavağ hacim tablolarının Antalya yöresinde kullanılmasının uygun olmadığı ve yüksek hata verdiği görülmüştür. Bu sonuçta yöresel ağaç hacim tablolarının gerçeğe yakın sonuç elde etmek için önemini göstermiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde hazırlanan "Antalya yöresi titre kavağ (*Populus tremula* L.) hacim tablolarının düzenlenmesi" yüksek lisans tezinden elde edilmiştir. Arazi çalışmalarında destek olan tüm meslektaşlarımıza teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr.) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 2483/261, 145 s., İstanbul.
- Avery, T.E., Burkhart, H.E., 1994. Forest Measurement. McGraw-Hill Series in Forest Resources, 408 p., New York.
- Bayburtlu, Ş., 2007. Titre Kavağ (*Populus tremula* L.) hacim ve bonitet endeks tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisan Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 53 s., Trabzon.
- Brooks, J.R., Wiant, H.V., 2008. Ecoregion based local volume equations for appalachian hardwoods. Northern Journal of Applied Forestry, 25(2): 87-92.
- Burkhart, H.E., Tome, M., 2012. Modeling Forest Trees and Stands. Springer, Dordrecht, 457p., New York.

- Cailliez, F., 1980. Forest volume estimation and yield prediction. Volume 1. FAO Forestry Paper No. 22/1, Rome.
- Crecente-Campo, F., Alboreca, A.R., Dieguez-Aranda, U., 2009. A Merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. Annals of Forest Science, 66:808-820.
- de-Miguel, S., Mehtatalo, L., Shater, Z., Kraid, B., Pukkala, T., 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. Can. J. For. Res., 42(7):1383-1394
- Eler, Ü., 2013. Dendrometri. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No 30, 286 s., Isparta.
- Eraslan, İ., Eler, Ü., 2003. Orman İşletmesinin Planlanması ve Denetimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No 35, 408 s., Isparta.
- Hjelm, B., Johansson, T., 2012. Volume equations for poplars growing on farmland in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research, 27: 561-566.
- Husch, B., Beers, T.W., Kershaw, T.A., 2003. Forest Mensuration. Wiley, 443 p., New York.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No:3793/426, 407 s., İstanbul.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K.E., 1973. Forest Inventory. Volume 2, BLV Verlagsgesellschaft, 415 p., München.
- Mısır, N., Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for Ash in Turkey. Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 3(4):135-144.
- Miraboğlu, M., 1955. Gökarda Şekil ve Hacim Araştırmaları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları 103 s., İstanbul.
- Özçelik, R., Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. Türkiye Ormancılık Dergisi, 18(1): 37-48.
- Poudell, K.P., 2011. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical Collage, 60 s.
- Rachid Casnati, C., Mason, E.G., Woollons, R., Resquin, F., 2014. Volume and taper equations for *P. teada* (L.) and *E. grandis* (Hill ex. Maiden). Agrociencia Uruguay, 18(2): 47-60.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2005. Kastamonu-Bostan Yöresi Uludağ Gökarnı meşcerelerinde gövde profili denklemleriyle biyokütle miktarının belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 5(1): 7-22.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Gökarn Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 312s, Ankara.
- Spurr, S.H., 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company, 476 p., New York.
- Tabacchi G., Cosmo L.D., Gasparini, P., 2011. Above ground tree volume and phytomass prediction equations for forest. European Journal of Forest Research, 130(6): 911-934.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23:1181-1188.



## Flora inventory of Köprülü Kanyon National Park (Antalya-Isparta)

Hasan Özçelik\*

**Abstract:** In this study, vascular flora of Köprülü Kanyon National Park had been investigated. Results according to identification of samples are as follows: 230 vascular endemics of the area and their conservation status were published previously. Pteridophyta 16, Gymnospermae 14, Magnoliopsida 595 and Liliopsida 82, totally 707 (950 if included its environs) taxa have determined. About 150 of these taxa are new registrations for square C3. The distributional rates of the taxa according to phytogeographic regions: Mediterranean 219 (30.97 %), Irano-Turanian 74 (10.46 %) and Euro-Siberian 50 (07.07 %). Vascular plant list of the natural park and its environs are reported. Genera: 8 Pteridophyta, 6 Gymnospermae, 318 Dicotyledoneae, 42 Monocotyledoneae (totally 374 genera); Families: 8 Pteridophyta, 3 Gymnospermae, 76 Dicotyledoneae, 8 Monocotyledoneae (totally 95 families). The families and genera which including the most taxa: Families: *Lamiaceae* (Labiatae) 87 (12.30 %), *Fabaceae* (Leguminosae) 78 (11.03 %), *Asteraceae* (Compositae) 71 (10.04 %), *Brassicaceae* (Cruciferae) 47 (6.64 %), *Scrophulariaceae* 39 (5.51 %), *Rosaceae* 35 (4.95 %), *Liliaceae* 34 (4.80 %), *Ranunculaceae* 33 (% 4.66 %), *Boraginaceae* 32 (4.52 %), *Apiaceae* (Umbelliferae) 31 (4.38 %) and *Caryophyllaceae* 28 (3.96 %). Genera: *Ranunculus* 18 (2.54 %), *Veronica* and *Geranium* 13 (1.83), *Vicia* 12 (1.69), *Trifolium* 11 (1.55 %), *Rosa*, *Verbascum* and *Sedum* 10 (1.41), *Galium* 9 (1.27), *Euphorbia* and *Stachys* 8 (1.13), *Sideritis*, *Hypericum*, *Trigonella* and *Astragalus* 7 (0.99 %), for each *Lathyrus*, *Thymus*, *Micromeria* and *Silene* 6 (0.84 %). Total taxa in dangerous: 48, endemic taxa in dangerous in the park: 44, total endemic taxa: 230; local endemic taxa number for the area and near surroundings: 19, total vascular plant taxa: 707 (950 all together near fields). By Bern Convention: A1 (Number of globally threatened species): 5, A2 (Number of endangered species in European scale): 39. C2 (Number of threatened habitats): 6 (42.A17, 421951, 42B12, 42.6643, 4285B1, 45.11).

**Keywords:** Flora, Köprülü Kanyon National Park, Biodiversity, Systematics, Biogeography

## Köprülü Kanyon Milli Parkı'nın (Antalya-Isparta) flora envanteri

**Özet:** Bu çalışmada, Köprülü Kanyon Milli Parkı'nın ve çevresinin vasküler florası araştırılmıştır. Toplanan örneklerin yapılan teşhislerinin sonucuna göre sonuçlar aşağıdaki gibidir: Alandan 230 endemik iletim demetli bitki taksonu ve koruma statüleri daha önce yayımlandı. Bu makalede, vasküler(damarlı) bitkilerin listesi rapor edilmiştir. Cins sayıları: 8 Pteridophyta 6 Gymnospermae, 318 Dicoyledoneae, 42 Monocotyledoneae, genel toplam 374; Familyalar: 8 Pteridophyta, 3 Gymnospermae, 76 Dicotyledoneae, 8 Monocotyledoneae, genel toplam 95. Pteridophyta 16, Gymnospermae 14, Magnoliopsida 595 and Liliopsida 82, toplam olarak 707 (çevresiyle birlikte 950) takson ihtiva eder. Bu taksonlardan yaklaşık 150'si C3 karesi için yeni kayıttır. Taksonların fitocoğrafi bölgelere dağılımı ve dağılım oranları şöyledir: Akdeniz 219 (% 30.97), İran-Turan 74 (% 10.46) ve Avrupa-Sibirya 50 (% 07.07). Endemik taksonların sayısı 230 olup toplam floraya oranı % 24.21'tür. Cins sayısı: Pteridophyta 8, Gymnospermae 6, Dicoyledoneae 318 ve Monocotyledoneae 42 (toplam olarak 374); Familyalar: Pteridophyta 8, Gymnospermae 3, Dicoyledoneae 76 ve Monocotyledoneae 8 (toplam olarak 95). En çok takson içeren familya ve cinsler şunlardır: Familyalar: *Lamiaceae* (Labiatae) 87 (% 12.30), *Fabaceae* (Leguminosae) 78 (% 11.03), *Asteraceae* (Compositae) 71 (% 10.04), *Brassicaceae* (Cruciferae) 47 (% 6.64), *Scrophulariaceae* 39 (% 5.51), *Rosaceae* 35 (% 4.95), *Liliaceae* 34 (% 4.80), *Ranunculaceae* 33 (% 4.66 %), *Boraginaceae* 32 (% 4.52), *Apiaceae* (Umbelliferae) 31 (% 4.38) ve *Caryophyllaceae* 28 (% 3.96) Cinsler: *Ranunculus* 18 (% 2.54), *Veronica* and *Geranium* 13 (% 1.83), *Vicia* 12 (% 1.69), *Trifolium* 11 (1.55 %), *Rosa*, *Verbascum* and *Sedum* 10 (1,41 %), *Galium* 9 (1.27), *Euphorbia* and *Stachys* 8 (% 1.13), *Sideritis*, *Hypericum*, *Trigonella* and *Astragalus* 7 (% 0.99), *Lathyrus*, *Thymus*, *Micromeria* and *Silene* için 6 (% 0.84). Tehlikedeki takson sayısı: 48, Milli Parkta tehlikede endemik takson sayısı: 44, toplam endemik takson sayısı: 230; çalışma alanı ve çevresine özgü endemik takson sayısı: 19. Bern Sözleşmesine göre: A1 (Küresel Ölçekte tehlike altındaki habitatlar): 39. C2 (Tehlike altındaki habitatlar): 6 (42.A17, 421951, 42B12, 42.6643, 4285B1, 45.11).

**Anahtar kelimeler:** Flora, Köprülü Kanyon Milli Parkı, Biyoçeşitlilik, Sistematik, Biyocoğrafya

### 1. Introduction

Türkiye has a distinctly unique and rich flora in the neighbouring countries because of situated on the crossroads of three phytogeographical regions; also its vegetation history, different climatological, topographical conditions etc. In this sense, it is like an open-air museum. It is one of a few rich countries in terms of endemic plants, their percentage

rate being about 35 %. The country is also being rich in monotypical genera and endemic taxa. The country is also the birthplace of some cultural plants and the gene centre of some genera like *Astragalus*, *Verbascum* etc. Lakes District may be a gene centre for the genera *Silene* and *Rosa* and *Bolanthus* (Özçelik, 1995; 2000).

Unfortunately, over the last 50 years these natural richness of the country have been threatened by over-

✉ \* Süleyman Demirel University, Science and Letter Faculty, Department of Biology, Isparta

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): hasanozcelik@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 19.09.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 14.03.2018



**Citation** (Atıf): Özçelik, H., 2018. Flora inventory of Köprülü Kanyon National Park (Antalya-Isparta). Turkish Journal of Forestry, 19(1): 40-50.  
DOI: [10.18182/tjf.338944](https://doi.org/10.18182/tjf.338944)



pasturing, grazing, moving, fires, cutting, construction, urbanization, industrialization and antropogenic factors like herbicide using. As a result of the above mentioned reasons while some endemic and rare plants are undergoing a substantial decline in numbers, others are being destroyed (Küçükler, 1995). To bring the problems to light, a list of threat categories for rare and endemic plants has been made. According to this list, 12 endemic species are extinct (Ekim et.al., 2000).

The area is located in Sütçüler (Isparta), Manavgat and Serik (Antalya) districts; mostly in Antalya province. The area according to the Davis's grid system is in the C3 square. The area is located in 37° 17' N and 31° 06' E. The people of the region earn their lives from the production of farm animals and agricultural plant cultivations in general. Animals kept for production were small ruminants and have been grazing on the pastures from the spring to the beginning of winter. The geological and geomorphologic status of the canyon have revealed a natural wonder when it is integrated with the richness of regional flora, and the whole area has been named as a National Park in 12<sup>th</sup> December, 1973. It has total area of 36. 614 ha and administrated by the Antalya-Isparta Directorate of Nature Protection and National Parks (Özçelik, 2012).

The mountain range in which the study area is located is very important for the Lakes Region (Figure 1). Flora of the region is very rich, vast and generally in a natural form. And it is also rich in economical importance plants especially medicinal. This area begins around Beşkonak village of National Park with the area of 130 (-110) m altitude and up to the peak of Bozburun mountain at 2505 m. Main land is generally in a conglomerate structure which can be found in flat land of alluvial and river beds. The total length of the canyon is about 14 km. The slope of hill sides has a 90 % inclination in some places. As a whole, Köprülü Kanyon National Park has the Mediterranean climatic type. However, in high altitudes, a continental climate is dominant especially in borders Konya and Isparta (Özçelik, 2012). There are importance of the topographic and floristic structures of this area in the formation of the microclimate of the region. Therefore the formation of agricultural biodiversity in the region, the use of plants for various purposes, the using cultures and their trades due to the research area. The area is the gene center of *Rosa dumalis* subsp. *boissieri* var. *antalyensis*. The Mediterranean region is also Rosaceae, Apiaceae and Lamiaceae. It is very rich in terms of fruit trees. This has been a major factor in the development of fruit agriculture in the region. It is one of the 4 sections under the GEF II Project.

For the reasons, the essential aims of the study are to determine and protect the biological diversity of the area. It is to continue generations of rare and endemic plants in the area. Three 3 important aims of the project by us are:

1. To determine and protect important plants (generations of the endemics, rare and economics etc.) and to work various ecosystems in the park at first step,
2. To reduce up to minimum degree negative effects of human (local people and visitors etc.) on the area and its environs by means of a good management strategy of the national park,
3. To supply new financial sources for local people and to strengthen the socio-economical situation.

In the paper, it is aimed only to give vascular plant list of the national park. Other results of the project will be published in near time.

## 2. Material and method

In respect to growing period of plants, the Köprülü Kanyon National Park has been surveyed since April 2003. Floristic inventory studies were occurred from specialists in different work areas. Nearly 2000 plant samples are collected from the area. Only native or naturalized plants have been collected from the area. Almost 50 specimens couldn't be identified. In general, as a good rule of thumb is to collect only a small set of samples from a large population. It was been avoided collecting of abundant plant samples for each taxon. Only a few samples of a species in flower or fruit collected from the local habitat for scientific identification and the show room of the National Park visitors. The voucher herbarium samples belonging to vascular plants which formed basic of our research material, were dried, labelled and written corresponding to the rules. In identifying of the samples, it was been mostly used from Flora of Turkey and East Aegean Islands (Davis, 1965-1985; Güner et al., 2000). The specimens have been collected from various localities of the park in the years 2003-2004. The samples of dried vascular plants deposited in the **GUL Herbarium** at S. Demirel University (Isparta). But in vascular plant list in the paper, only plant taxa could being reported. In all account of it approximately gives following plant list. In the text, under headings pteridophytes, gymnosperms, dicots and monocots, vascular plants are listed alphabetically in the sequence of families, but genera, species rows and numbered according to Flora of Turkey and the East Aegean Islands written by Davis (1965-1985). It was shortly discussed after floristical lists. New record taxa for C3 square were determined in the light of the references (Donner, 1985; Huber-Morath, 1987; 1988; Nydegger-Hügli, 1994; Özçelik and Korkmaz, 2002; Özhatay et al., 2005; Serin, 1984; Fakir, 2006a; 2006b).

Abbreviations in the text:

\* : New record taxon for C3 square,

\*\* : Plant has economic importance in the region,

Cult : Cultivated in the research area or cultured in general.

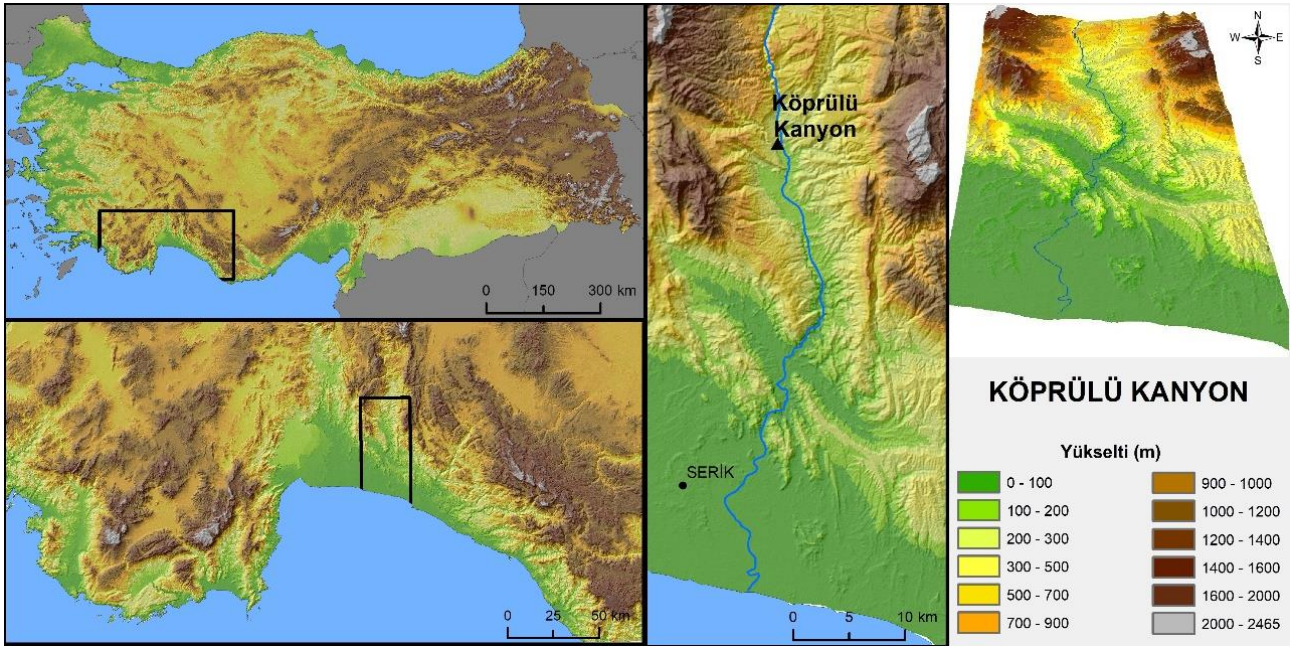


Figure 1. View from satellite of research area (<https://earth.google.com/web>).

### 3. Results (Vascular plants of the study area)

#### Division 1: Pteridophyta

##### Adiantaceae

*Adiantum capillus-veneris* L.\*\*

##### Aspidiaceae

*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott\*\*, *D. pallida* (Bory)

Fomin subsp. *pallida*\*\* , *D. pallida* (Bory) Fomin

##### Aspleniaceae

*Asplenium trichomonas* L., *A. bourgaei* Millde, *A. onopteris* L., *A. ceterach* L. subsp. *ceterach*\*\*.

##### Athyriaceae

*Cystopteris fragilis* (L.) Bernh\*\*

##### Equisetaceae

\*\**Equisetum hyemale* L.\* , *E. ramosissimum* Desf.\*\* , \*\**E. arvense* L.\*

##### Hypolepiadaceae

*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn\*\*

##### Selaginellaceae

*Selaginella denticulata* (L.) Link

##### Sinopteridaceae

*Cheilanthes fragrans* (L. fil.) Sw., *C. persica* (Bory) Kuhn

#### Division 2: Spermatophyta

##### Subdivision 1: Gymnospermae

##### Cupressaceae

*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* Mill.\*\* , *C. s. cv. "pyramidalis"*\*\* , *Juniperus oxycedrus* L. subsp. *oxycedrus*\*\* , *J. foetidissima* Willd.\*\* , *J. sabina* L.\* , *J. excelsa* Bieb.\*\*

##### Pinaceae

*Abies cilicica* (Ant. & Kotschy) Carr. subsp. *isaurica* Coode & Cullen.\*\* , *Cedrus libani* A. Rich.\*\* , *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe\*\* , *P. brutia* Ten\*\* , *P. pinea* L.\*\*

##### Ephedraceae

\*\**Ephedra major* Host\* , \*\**E. campylopoda* C.A. Meyer\*

##### Subdivision 2: Angiospermae

##### Classis 1: Magnoliopsida /Dicotyledoneae

##### Acanthaceae

*Acanthus hirsutus* Boiss.\*\* , *A. spinosus* L.\*\*

##### Aceraceae

*Acer monspessulanum* L. subsp. *monspessulanum*\*\* , *A.m. subsp. microphyllum* (Boiss.) Bornm.\* , *A. negundo* L.\*

##### Anacardiaceae

\*\**Cotinus coggyria* Scop.\* , *Rhus coriaria* L.\*\* , *Pistacia lentiscus* L.\*\* , *P. terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Engler\*\*

##### Apiaceae (Umbelliferae)

*Astrantia maxima* Pallas subsp. *haradjianii* (Grintz.) Rech. fil.\*\* , *Eryngium campestre* L.\*\* , *Lagoecia cuminioides* L. , *Echinophora tournefortii* Jaub. & Spach.\*\* , *Scandix iberica* M. Bieb. , *S. pecten-veneris* L. , *S. australis* L. subsp. *grandiflora* (L.) Thell. , *S. turgida* (Boiss. & Bal.) Boiss. , *Bunium microcarpum* (Boiss.) Freyn subsp.

*bourgaei* (Boiss.) Hedge & Lamond, \*\**Pimpinella corymbosa* Boiss.\*, \*\**Conium maculatum* L.\*, *Lecokia cretica* (Lam.) DC.\*, *Bupleurum croceum* Fenzl. *B. odontites* L.\*, *B. sulphureum* Boiss. & Bal., *B. anatolicum* Hub.-Mor. & Reese\*, *Falcaria vulgaris* Bernh.\*, *Malabaila secacul* Banks & Sol.\*\*\*, \*\**Heracleum pastinacifolium* C. Koch\*, *Tordylium apulum* L., *T. brachytaenum* Boiss. & Heldr., *T. pestalozzae* Boiss.\* South, *Ainsworthia trachycarpa* Boiss.\*, \*\**Glaucosciadium cordifolium* (Boiss.) Brutt & Davis\*, *Laserpitium petrophilum* Boiss. & Heldr.\*\*\*, *Torilis arvensis* (Huds.) Link subsp. *elongata* (Hoffmans. & Link) Cannon, *T. leptophylla* (L.) Reichb., *Caucalis platycarpus* L., *Turgenia latifolia* (L.) Hoffm., *Daucus guttatus* Sm.

#### Apocynaceae

*Nerium oleander* L.\*\*

#### Araliaceae

*Hedera helix* L.\*\*

#### Aristolochiaceae

\*\**Aristolochia clematitis* L.\*, *A. maurorum* L.\*\*\*, *A. bodamae* Dingler\*

#### Asclepiadaceae

*Cynanchum acutum* L. subsp. *acutum*, *Vincetoxicum canescens* (Willd.) Decne subsp. *pedunculata* Browicz\*, *Cionura erecta* (L.) Griseb.\*

#### Asteraceae (Compositae)

*Xanthium spinosum* L.\*, \*\**Inula orientalis* Lam.\*, *I. anatolica* Boiss.\*\*\*, *I. graveolens* (L.) Desf., *I. viscosa* (L.) Aiton\*\*, *Pulicaria dysenterica* (L.) Bernh.\*\*\*, *Helichrysum pamphylicum* Davis & Kupicha\*\*, *H. stoechas* (L.) Moench subsp. *barrelieri* (Ten.) Nyman\*\*, *H. chasmolycicum* P H. Davis, *H. compactum* Boiss.\*, *H. plicatum* DC. subsp. *plicatum*\*\*\*, *Filago vulgaris* Lam\*, *Bellis perennis* L.\*\*\*, *Senecio vulgaris* L.\*, *S. vernalis* Waldst. & Kit., *Tussilago farfara* L.\*\*\*, \*\**Calendula officinalis* L.\*, *C. arvensis* L., *Anthemis rosea* Sm. subsp. *carnea* (Boiss.) Grierson\*\*, *Achillea wilhelmsii* C. Koch\*\*, \*\**A. vermicularis* Trin.\*, \*\**A. nobilis* L. subsp. *sipylea* (O. Schwarz) Bassler\*\*, *Artemisia absinthium* L.\*, *A. campestris* L.\*, *Arctium minus* (Hill.) Bernh. subsp. *pubens* (Babiryeton) Arènes\*, *Onopordum anatolicum* (Boiss.) Eig.\*\*\*, *Silybium marianum* (L.) Gaertner\*, *Cirsium libanoticum* DC. subsp. *lycaonicum* (Boiss. & Heldr.) Davis & Parris, *C. arvense* (L.) Scop., *Picnomon acarna* (L.) Cass.\*\*\*, *Ptilostemon afer* (Jacq.) Greuter subsp. *eburneus* Greuter, *Carduus nutans* L.\*\*\*, *Centaurea virgata* Lam., *C. calolepis* Boiss., *C. solstitialis* L. subsp. *carneola* (Boiss.) Wagenitz, *C. iberica* Trev. ex Sprengel, *C. depressa* Bieb., *Crupina vulgaris* Cass.\*, *C. crupinastrum* (Moris) Vis., *Cnicus benedictus* L. var. *kotschy* Boiss.\*\*\*, *Carthamus lanatus* L.\*\*\*, *C. dentatus* Vahl\*\*, *Xeranthemum annuum* L.\*\*\*, *Echinops ritro* L., *E. pannosus* Rech. fil.\*, *E. viscosus* DC. subsp. *bithynicus* (Boiss.) Rech. fil., *E. orientalis* Trautv.\*, *Scopolym hispanicus* L.\*\*\*, *Cichorium intybus* L.\*\*\*, *Scorzonera cana* (C.A. Meyer) Hoffm. var. *radicosa* (Boiss.) Chamberlain\*\*, *Tragopogon longirostris* Bisch. ex. Schultz Bip.\*\*\*, *T. dubius* Scop.\*\*\*, *T. pratensis* L., *T. buphthalmoides* (DC.) Boiss. var. *buphthalmoides*\*, *T. aureus* Boiss.\*, *Picris*

*strigosa* Bieb., *Sonchus asper* (L.) Hill.\*\*\*, *S. oleraceus* L.\*\*\*, *Pilosella hoppeana* (Schultes) C.H. & F.W. Schultz, *P. piloselloides* (Vill.) Sojak. subsp. *piloselloides*, *P.* subsp. *megalomastix* (NP.) Sell & West, *Lactuca serriola* L.\*, *Lapsana communis* L., *Taraxacum syriacum* Boiss.\*<sub>2</sub>, *Chondrilla juncea* L. var. *juncea*\*\*\*, *Crepis foetida* L. subsp. *rheadifolia* (Bieb.) Celak., *C. sancta* (L.) Babcock.

#### Berberidaceae

*Berberis crataegina* DC.\*\*

#### Boraginaceae

*Heliotropium bovei* Boiss.\*, *H. europaeum* L.\*, *Rochelia disperma* (L. fil.) C. Koch subsp. *disperma*, *Myosotis incrassata* Guss., *M. ramosissima* Rochel ex Schultes subsp. *ramosissima*\*, *Omphalodes ripleyana* Davis\*\*, *Paracaryum cappadocicum* Boiss. & Bal., *Solenanthus stamineus* (Desf.) Wettst.\*\*\*, *Cynoglossum creticum* Miller, *Lithospermum officinale* L.\*, *L. purpureocaeruleum* L.\*, *Buglossoides arvensis* (L.) Joksten, *Echium italicum* L.\*\*\*, *Moltkia coerulea* (Wild.) Lehm., *M. aurea* Boiss., *Onosma gracile* Trautv.\*, *Cerinthe glabra* Miller\*, *Symphytum orientale* L., *Anchusa leptophylla* Roemer & Schultes subsp. *tomentosa* (Boiss.) Chamb.\*<sub>2</sub>, *A. officinalis* L.\*, *A. undulata* L. subsp. *hybrida* (Ten.) Coutinho.\*\*\*, *A. limbata* Boiss. & Heldr., *A. aggregata* Lehm., *Nonea rosea* (Bieb.) Link\*, *N. vesicolor* (Steven) Sweet\*, *N. anchusoides* Boiss. & Buhse\*, *Alkanna tinctoria* (L.) Tausch. subsp. *anatolica* Hub.-Mor.\*\*\*, *A. t.* subsp. *subleiocarpa* (Hub.-Mor.) Hub.-Mor., *A. areolata* Boiss. var. *areolata*\*\*\*, *A. areolata* Boiss. var. *subleavis* Hub.-Mor.\*<sub>2</sub>, *A. oreodaxa* Hub.-Mor., *A. punctulata* Hub.-Mor.\*

#### Brassicaceae (Cruciferae)

\*\**Sinapis alba* L.\*, *S. arvensis* L.\*\*\*, *Hirschfeldia incana* (L.) Lag.-Foss, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.\*\*\*, *Conringia orientalis* (L.) Andrz.\*, *Cardaria draba* (L.) Desv. subsp. *chalepensis* (L.) O.E. Schultz\*, *Isatis cappadocica* Desv. subsp. *alyssifolia* (Boiss.) Davis\*\*, *Iberis attica* Jord.\*, *Biscutella didyma* L.\*\*\*, *Aethionema arabicum* (L.) Andrz. ex DC.\*\*\*, *Thlaspi perfoliatum* L., *T. alliaceum* L.\*, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik\*\*, *Neslia apiculata* Fisch., Mey. & Ave-Lall., *Fibigia clypeolata* (L.) Medik., *F. macrocarpa* (Boiss.) Boiss.\*, *Alyssum dasycarpum* Steph ex Willd.\*<sub>2</sub>, *A. desertorum* Stapf. var. *desertorum*, *A. minus* (L.) Rothm. var. *minus*, *A. lepidotum* Boiss., *A. condensatum* Boiss. & Hausskn subsp. *condensatum*, *A. filiforme* Nyar\*, *Clypeola jonthlaspi* L., *Erophila verna* (L.) Chevall., *Arabis andosacea* Fenzl\*, *A. deflexa* Boiss., *A. ionocalyx* Boiss., *A. caucasica* Willd. subsp. *brevifolia* (DC.) Cullen, *A. abietina* Bornm\*, *A. nova* Vill., *Turritis glabra* L.\*<sub>2</sub>, *T. laxa* (Sibth. & Sm.) Hayek\*<sub>2</sub>, *Nasturtium officinale* R.Br.\*\*\*, *Barbarea verna* (Mill.) Aschrt., *Cardamine graeca* L., *Aubrieta canescens* (Boiss.) Bornm. subsp. *canescens*, *A. pinardii* Boiss., *Matthiola longipetala* (Vent.) DC. subsp. *bicornis* (Sibth. & Smith) P.W. Ball.\*\*\*, *Malcolmia africana* (L.) R.Br.\*<sub>2</sub>, *M. chia* (L.) DC., *M. flexuosa* (Sibth. & Sm.) Sibth. & Sm., *M. micrantha* Boiss. & Reut.\*, *M. crenulata* (DC.) Boiss.\*<sub>2</sub>, *Erysimum leucanthemum* (Steph.) Fedtsch.\*<sub>2</sub>, *Alliaria petiolata* (Bieb.) Cavara & Grande\*, *Sisymbrium officinale* (L.) Scop.\*\*\*, *S. altissimum* L., *Descurainia sophila* (L.)

Webb ex Prantl, *Camelina hispida* Boiss. var. *grandiflora* (Boiss.) Hedge.

#### Capparaceae

*Capparis ovata* Desf.\*\*, *C. spinosa* L.\*\*

#### Caprifoliaceae

\*\**Lonicera etrusca* Santi var. *etrusca*.\*

#### Campanulaceae

*Campanula iconia* Phitos.\*, *C. lyrata* Lam. subsp. *lyrata*, *C. cymbalaria* Sm., *Asyneuma linifolium* (Boiss. & Heldr.) Bornm. subsp. *linifolium*, *A. michauxioides* (Boiss.) Dambold., *Legousia falcata* (Ten.) Fritsch\*\*, *L. pentagonia* (L.) Thellung\*\*.

#### Caryophyllaceae

*Arenaria deflexa* Dec. subsp. *microsepala* McNeill, *A. pamphylica* Boiss. & Heldr. subsp. *pamphylica* var. *turcica* McNeill, *A. sabulina* Gris. ex Fenzl\*, *A. serpyllifolia* L., *Minuartia glandulosa* (Boiss. & Huet.) Bornm\*, *M. umbellulifera* (Boiss.) McNeill subsp. *umbellulifera* var. *umbellulifera*, *C. macranthum* Boiss.\*, *Holosteum umbellatum* L. var. *umbellatum*\*, *Moenchia mantica* (L.) Bartl. subsp. *mantica*\*, *Bufonia calyculata* Boiss. & Bal.\*\*, *B. tenuifolia* L.\*, *Spergularia bocconii* (Scheele) Aschers. & Graebn., *Telephium imperati* L. subsp. *orientale* (Boiss.) Nyman\*\*, *Dianthus* spp.\*\*, *Petrorhagia hispidula* (Boiss. & Heldr.) Ball & Heywood, *Velezia rigida* L., *V. pseudorigida* Hub.-Mor., \*\**Saponaria syriaca* Boiss.\*, *S. kotschy* Boiss.\*\*, *Vaccaria pyramidata* Medik. var. *pyramidata*\*, *Silene spergulfolia* (Desf.) Bieb., *S. vulgaris* (Moench.) Garcke var. *macrocarpa* (Turrill) Coode & Cullen\*\*, *S. leptoclada* Boiss., *S. flavescens* Waldst. & Kit.\*, *S. balansae* Boiss.\*, *S. colorata* Poirret\*\*, *Agrostemma githago* L.\*\*

#### Chenopodiaceae

\*\**Chenopodium botrys* L.\*, *C. foliosum* (Moench) Aschers\*\*, *C. album* L. subsp. *album* var. *album*\*\*

#### Cistaceae

*Cistus creticus* L.\*\*, *C. salviifolius* L.\*\*, \*\**C. laurifolius* L.\*, *Fumana arabica* (L.) Spach. var. *arabica*, *Tuberaria guttata* (L.) Fourr. var. *clandestina* (Vierh.) Davis & Coode

#### Convolvulaceae

*Convolvulus dorycnium* L. subsp. *oxysepalus* (Boiss.) Rech.\*, *C. scammonia* L.\*\*, \*\**Ipomoea purpurea* (L.) Roth.\*

#### Cornaceae

*Cornus mas* L.\*\*

#### Crassulaceae

*Umbilicus erectus* DC., *U. rupestris* (Salisb.) Dandy, *U. horizontalis* (Guss.) DC. var. *horizontalis*, *Rosularia serpentinica* (Wendemann) Muirhead\*\*, *Sedum sediforme* (Jacq.) Pau, *S. amplexicaule* DC., *S. acre* L.\*, *S. lydium* Boiss.\*, *S. cepaea* L.\*, *S. annuum* L.\*, *S. caespitosum* (Cav.) DC., *S. hispanicum* L. var. *hispanicum*\*, *S.*

*hispanicum* L. var. *planifolium* Chamberlain\*, *S. rubens* L.\*\*

#### Cucurbitaceae

\*\**Ecballium elaterium* (L.) A. Rich.\*, *Bryonia cretica* L.\*\*, \*\**B. alba* L.\*

#### Cuscutaceae

*Cuscuta campestris* Yuncker\*.

#### Dipsacaceae

*Dipsacus laciniatus* L.\*\*, *Cephalaria lycica* Matthews\*, *Scabiosa micrantha* Desf.\*, *S. persica* Boiss.\*, *S. rotata* Bieb., *Tremastelma palaestinum* (L.) Janchen\*

#### Elaeagnaceae

\*\**Elaeagnus angustifolia* L.\*

#### Ericaceae

*Erica manipuliflora* Salisb.\*\*, *Arbutus andrachne* L.\*\*

#### Euphorbiaceae

*Chrozophora tinctoria* (L.) Rafin.\*\*, *Euphorbia peplis* L., *E. dendroides* L.\*, *E. apios* L., *E. peplus* L. var. *peplus*, *E. falcata* L. subsp. *macrostegia* (Bornm.) O. Schwarz, *E. rigida* Bieb., *E. lucida* Waldst. & Kit.\*, *E. characias* L. subsp. *wulfenii* (Hoppe ex W. Koch) A.R. Smith.

#### Fabaceae (Leguminosae)

*Ceratonia siliqua* L.\*\*, *Cercis siliquastrum* L. subsp. *hebecarpa* (Bornm.) Yalt.\*\*, *Acacia retinoides* Schlecht\*, *Chamaecytisus eriocarpus* (Boiss.) Rothm.\*\*, *Gonocytisus angulatus* (L.) Spach, *Genista burdurensis* P.Gibbs\*, *G. aucheri* Boiss.\*, *Spartium junceum* L., *Calicotome villosa* (Poirlet) Link, *Lotononis genistoides* (Fenzl) Benth.\*\*, \*\**Lupinus albus* L. subsp. *albus*\*, *L. a.* subsp. *graecus* (Boiss. & Sprun.) Franco & Silva\*, \*\**Colutea cilicica* Boiss. & Bal.\*, *C. melanocalyx* Boiss. & Heldr. subsp. *melanocalyx*\*\*\*, *C. m.* subsp. *davisiana* (Browicz) Chamb.\*, *Astragalus suberosus* Banks & Sol. subsp. *haarbachii* (Sprun.) Matthews\*\*, *A. panduratus* Bunge\*, *A. echinops* Aucher ex Boiss.\*, *A. lycius* Boiss., *A. gaeobotrys* Boiss. & Bal.\*, *A. schizopterus* Boiss., *A. barbarae* Bornm.\*, *Psoralea bituminosa* L.\*\*, *P. jaubertina* Fenzl\*, *Vicia freyniana* Bornm\*, *V. cracca* L. subsp. *atroviolaceae* (Bornm.) Davis\*, *V. cracca* L. subsp. *stenophylla* Vel., *V. villosa* Roth. subsp. *villosa*, *V. v.* subsp. *eriocarpa* (Hausskn.) P.W. Ball\*\*, *V. cassia* Boiss., *V. pubescens* (DC.) Link., *V. peregrina* L., *V. lutea* L. var. *lutea* (Balbis) Lois.\*\*, *V. pannonica* Crantz var. *purpurascens* (DC.) Ser.\*, *V. sativa* L. subsp. *sativa*\*\*\*, *V. narbonensis* L.\*\*, *Lens montbretii* (Fisch. & Mey) Davis & Plitm.\*, *L. nigriscans* (Bieb.) Godr.\*, *L. ervoides* (Brign.) Grande\*\*, *Lathyrus digitatus* (Bieb.) Fiori, *L. laxiflorus* (Desf.) Kuntze subsp. *laxiflorus*\*, *L. setifolius* L., *L. gorgoni* Parl. var. *gorgoni*, *L. aphaca* L. var. *aphaca*\*, *Pisum sativum* L. subsp. *elatius* (Bieb) Aschers & Graebn. var. *elatius*\*\*\*, *Ononis adenotricha* Boiss. var. *adenotricha*\*\*\*, *O. natrix* L. subsp. *hispanica* (L. fil.) Coutinho, *O. pubescens* L., *O. pusilla* L., *O. spinosa* L. subsp. *leiosperma* (Boiss.) Sirj.\*\*\*, \*\**Trifolium repens* L. var. *repens*\*, *T. r.* var. *giganteum* Lag-Foss\*, *T. campestre* Schreb.\*\*\*, *T. physodes* Stev. ex Bieb. var. *physodes*, *T. resupinatum* L. var. *microcephalum*

Zoh.\*, *T. g.* var. *nervulosum* (Boiss. & Heldr.) Zoh., *T. pratense* L. var. *pratense*\*, *T. medium* L. var. *medium*\*, *T. sylvaticum* Guard ex Lois., *T. arvense* L. var. *arvense*\*, *T. angustifolium* L. var. *angustifolium*\*\*\*, *Melilotus indica* (L.) All., *M. officinalis* (L.) Desr., \*\**Trigonella balansae* Boiss. & Reuter\*, *T. spinosa* L.\*, *T. fischeriana* Ser., *M. orbicularis* (L.) Bart.\*\*\*, *M. sativa* L. subsp. *sativa*\*\*\*, \*\**M. x. varia* Martyn\*, *M. minima* (L.) Bart. var. *minima*, *M. polymorpha* L. var. *polymorpha*, *Lotus corniculatus* L. var. *alpinus* Ser.\*\*\*, *Anthyllis vulneraria* L. subsp. *praepropera* (Kerner) Bornm.\*, *A. tetraphylla* L., *Securigera securidaca* (L.) Degen. & Dörf., *Coronilla emerus* L. subsp. *emeroides* (Boiss. & Sprun) Uhrova\*\*, *C. grandiflora* Boiss., *Ornithopus* L., *O. compressus* L., *Scorpiurus muricatus* L. var. *subvillosus* (L.) Fiori, *Onobrychis ptolemaica* (Del.) DC.\*

#### Fagaceae

*Castanea sativa* Miller\*\*, \*\**Quercus robur* L. subsp. *pedunculiflora* (C. Koch) Menitsky\*, *Q. infectoria* Olivier subsp. *boissieri* (Reuter) O. Schwarz\*\*, *Q. cerris* L. var. *cerris*\*\*\*, \*\**Q. libani* Olivier\*, *Q. coccifera* L.\*\*

#### Fumariaceae

*Corydalis wendelboi* Liden subsp. *wendelboi*\*\*\*, \*\**C. solida* (L.) Clairv. subsp. *incisa* Liden\*, *C. rutifolia* (Sibth. & Sm.) DC., \*\**C. erdelii* (Zacc.) Cullen & Davis\* *C. conorhiza* Ledeb., *Fumaria capreolata* L., \*\**F. microcarpa* Boiss. ex Hausskn., *F. parviflora* Lam.\*\*\*, \*\**F. asepalata* Boiss.\*

#### Gentianaceae

*Centaurium erythraea* Rafin subsp. *erythraea*\*, *C. e.* subsp. *rumelicum* (Velen) Melderis\*, *C. spicatum* (L.) Fritsch, *C. maritimum* (L.) Fritsch\*

#### Geraniaceae

*Geranium lucidum* L.\*\*\*, *G. purpureum* Vill.\*\*\*, *G. rotundifolium* L.\*\*\*, *G. molle* L. subsp. *molle*\*\*\*, *G. m.* L. subsp. *brutium* (Gasp.) Davis\*, *G. divaricatum* Ehrh., *G. columbinum* L., *G. tuberosum* L. subsp. *tuberosum*\*\*\*, \*\**G. stepporum* Davis\*, *G. macrostylum* Boiss.\*, *G. asphodeloides* Burm. fil. subsp. *asphodeloides*\*, *G. pyrenaicum* Burm. fil., *G. ibericum* Cav. subsp. *jubatatum* (Hand.-Mazz.)\*, *Erodium ciconium* (L.) L'Herit, *E. moschatum* (L.) L'Herit, *E. acaule* (L.) Bech erer & Thell.\*, *Pelargonium endlicherianum* Fenzl.\*\*

#### Globulariaceae

*Globularia trichosantha* Fisch. & Mey.\*\*

#### Hamamelidaceae

*Liquidambar orientalis* Miller var. *integriloba* Fiori\*\*

#### Hypericaceae

*Hypericum ternatum* Poulter\*\*, *H. scabrum* L., *H. hirsutum* L.\*, \*\**H. venustum* Fenzl\*, *H. lanuginosum* Lam. var. *lanuginosum*\*\*\*, *H. l.* var. *scabrellum* (Boiss.) Robson\*, *H. cuisii* Barbey\*, *H. aviculariifolium* Jaub. & Spach subsp. *depilatum* (Freyn & Bornm.) Robson var. *depilatum*.

#### Illecebraceae

*Herniaria glabra* L.\*\*\*, *H. micrantha* A.K. Jackson & Turrill\*, *H. incana* Lam.\*\*\*, *Paronychia argentea* Lam. var. *argentea*\*, *P. davisii* Chaudhri, *P. carica* Chaudhri.

#### Juglandaceae

*Juglans regia* L.\*\*

#### Labiatae (Lamiaceae)

*Ajuga chamaepitys* (L.) Schreber subsp. *cuneifolia* (Stapf) P.H. Davis\*\*, *A. bombycina* Boiss.\*\*\*, *Teucrium chamaedrys* L. subsp. *chamaedrys*\*\*\*, *T. c.* subsp. *lydium* O. Schwarz\*\*, *T. divaricatum* Sieber subsp. *villosum* (Celak.) Rech. fil., *T. montanum* L., *T. polium* L.\*\*\*, *T. lamifolium* d'Urv. subsp. *lamifolium*\*\*\*, \*\**Rosmarinus officinalis* L.\*, *Scutellaria megalaspis* Rech. fil.\*\*\*, \*\**S. orientalis* L. subsp. *orientalis*\*, \*\**Phlomis lunariifolia* Sm., *P. grandiflora* H.S. Thompson\*\*, *P. longifolia* Boiss. & Bl. var. *bailanica* (Vierh.) Hub.-Mor.\*, *P. armeniaca* Willd.\*\*\*, *P. kurdica* Rech. fil.\*, *Lamium pisidicum* R. Mill., *L. eriocephalum* Benth. subsp. *glandulosidens* (Hub.-Mor.) R. Mill\*, *L. amplexicaule* L., *L. purpureum* L. var. *aznavorii* Gand. ex Aznov., *L. album* L.\*, *Ballota cristata* P.H. Davis\*\*, \*\**B. nigra* L. subsp. *anatolica* P.H. Davis\*, *Marrubium vulgare* L., *M. heterodon* (Benth.) Boiss. & Bal.\*, \*\**Sideritis siphylea* Boiss.\*, *S. erythrantha* Boiss. & Heldr. var. *erythrantha*\*\*\*, *S. stricta* Boiss. & Heldr.\*\*\*, *S. condensata* Boiss. & Heldr. apud.\*\*\*, *S. congesta* P.H. Davis & Hub.-Mor.\*\*\*, *S. libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Benth.) Bornm.\*\*\*, *S. serratifolia* Hub.-Mor.\*, *Stachys cretica* L. subsp. *vasillans* Rech. fil., *S. longispicata* Boiss. & Kotschy\*, *S. pumilia* Banks & Sol.\*, *S. antalyensis* Y.Ayaşgil & P.H. Davis, *S. pseudopinardii* Bhattacharjee & Hub.-Mor.\*, *S. chamosericea* Ayaşgil & P.H. Davis, *S. iberica* Bieb. subsp. *iberica* var. *densipilosa* Bhattacharjee\*, *S. arvensis* (L.) L., \*\**Melissa officinalis* L. subsp. *officinalis*\*, *Nepeta sulfuriflora* P.H. Davis\*, *N. flavida* Hub.-Mor.\*, *N. pilinix* P.H. Davis, *N. nuda* L. subsp. *albiflora* (Boiss.) Gams.\*\*\*, *N. caesarea* Boiss\*, *N. cilicia* Boiss. apud. Benth., *Lallamentia iberica* (Bieb.) Fisch. & Mey., *Prunella vulgaris* L.\*\*\*, *P. orientalis* Bornm., *P. laciniata* (L.) L.\*\*\*, *Origanum siphyleum* L.\*\*\*, *O. minutiflorum* O. Schwarz & P.H. Davis\*\*, \*\**O. majorana* L.\*, *O. onites* L.\*\*\*, *O. vulgare* L.\*\*\*, *Satureja thymbra* L.\*\*\*, *S. cuneifolia* Ten\*\*, \*\**Calamintha nepeta* (L.) Savi subsp. *nepeta*\*, *C. n.* subsp. *glandulosa* (Req.) P.W. Ball\*, *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare*\*\*\*, *Acinos rotundifolius* Pers., *Micromeria nervosa* (Desf.) Benth\*\*, *M. myrtifolia* Boiss. & Hohen\*\*, *M. juliana* (L.) Benth ex Reichb.\*, *M. graecae* (L.) Benth ex Reichb. subsp. *graeceae*\*, *M. elliptica* C. Koch., *M. cristata* (Hampe) Griseb., *Thymus cilicicus* Boiss. & Bal.\*\*\*, *T. cherlerioides* Vis. var. *cherlerioides*\*\*\*, \*\**T. samius* Ronniger. & Rech. fil.\*, \*\**T. zygioides* Griseb. var. *zygioides*\*, \*\**T. sibthorpii* Bentham.\*, \*\**T. longicaulis* C. Presl. subsp. *longicaulis*\*, *Thymbra spicata* L. var. *spicata*\*\*\*, \*\**T. s.* var. *intricata* P.H. Davis\*, *Mentha aquatica* L.\*\*\*, \*\**M. longifolia* (L.) Hudson subsp. *longifolia*\*, *M. l.* subsp. *typhoides* (Briq.) Harley var. *typhoides*\*\*\*, \*\**M. spicata* L. subsp. *tomentosa* (Briq.) Harley\*, *Lycopus europaeus* L., *Ziziphora clinopodioides* Lam.\*\*\*, *Z. capitata* L.\*\*\*, *Salvia tomentosa* Miller\*\*, \*\**S. adenophylla* Hedge & Hub.-Mor.\*, *S.*

*cadmica* Boiss.\*\*, *S. sclarea* L.\*\*, *S. virgata* Jacq.\*\*,  
*Ocimum basilicum* L.\*

Lauraceae

*Laurus nobilis* L.\*\*

Linaceae

*Linum bienne* Miller

Loranthaceae

*Arceuthobium oxycedri* (DC.) Bieb.\*\*, *Viscum album* L.  
subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman\*\*

Malvaceae

*Malva sylvestris* L.\*\*, *Lavatera thuringiaca* L.\*,  
\*\**Alcea calvertii* (Boiss.) Boiss.\*

Moraceae

\*\**Morus alba* L.\*, *Ficus carica* L.\*\*

Myrtaceae

*Myrtus communis* L. subsp. *communis*\*\*.

Oleaceae

*Jasminum fruticans* L.\*\*, *Fontanesia phylliraeoides*  
Labill. subsp. *phylliraeoides*\*\**, Fraxinus ornus* L. subsp.  
*cilicica* (Lingels) Yalt.\*\*, \*\**F. angustifolia* Vahl. subsp.  
*syriaca*\*, *Phillyrea latifolia* L.\*\*

Onagraceae

*Epilobium hirsutum* L.\*\*, \*\**E. montanum* L.\*

Orobanchaceae

*Orobanche heldreichii* (Reuter) G.Beck.\*, *O. cernua*  
Loefl., *O. minor* Sm.

Oxalidaceae

\*\**Oxalis acetosella* L.\*, *O. pes-caprae* L.\*

Paeoniaceae

*Paeonia mascula* (L.) Miller subsp. *mascula*\*\*

Papaveraceae

\*\**Glaucium corniculatum* (L.) Rud. subsp.  
*corniculatum*\*, *G. leiocarpum* Boiss.\*\**, \*\*Papaver*  
*apokrinomenon* Fedde, \*\**P. strictum* Boiss. & Bal.\**, \*\*P.*  
*macrostomum* Boiss. & Huet ex Boiss.\**, P. rhoeas* L.\*\**,*  
\*\**P. postii* Fedde, \*\**P. dubium* L.\**, Hypecoum procumbens*  
L.

Parnassiaceae

*Parnassia palustris* L.\*\*

Plantaginaceae

*Plantago major* L. subsp. *intermedia* (Gilib.) Lange\*\**,*  
*P. holosteum* Scop., *P. lanceolata* L.\*\**, P. lagopus* L., *P.*  
*cretica* L.

Platanaceae

*Platanus orientalis* L.\*\*

Plumbaginaceae

*Plumbago europea* L., *Acantholimon confertiflorum*  
Bokhari\*

Polygalaceae

*Polygala pruinosa* Boiss. subsp. *pruinosa*, *P. anatolica*  
Boiss. & Heldr.

Polygonaceae

*Atraphaxis billardieri* Jaub. & Spach. var. *billardieri*,  
*Polygonum amphibium* L.\*\**, P. cognatum* Meissn.\*\**, P.*  
*arenarium* Waldst & Kit.\**, Rumex acetosella* L.\*\**, R.*  
*scutatus* L.\*\**, R. gracilescens* Rech.\**, R. patientia* L.\*\**, R.*  
*obtusifolius* L. subsp. *subalpinus* (Schur) Celak.\**, R.*  
*pulcher* L.\*\**, R. nepalensis* Sprengel.\*

Primulaceae

*Primula elatior* (L.) Hill.\*\**, P. auriculata* Lam.\*\**,*  
*Androsace maxima* L., *Cyclamen mirabile* Hildebr.\*\**, \*\*C.*  
*trachopterantherum* O.Schwarz\**, Lysimachia atropurpurea*  
L., *Anagallis arvensis* L. var. *arvensis*\**, A. a. var. caerulea*  
(L.) Gouan.

Ranunculaceae

*Eranthis hyemalis* (L.) Salisb.\*\**, \*\*Nigella sativa* L.\**,*  
*Nigella arvensis* L. var. *oblanceolata* P.H. Davis\*\*  
*Delphinium gueneri* P.H. Davis\*\**, Consolida orientalis*  
(Gay) Schröd\*\**, \*\*C. glandulosa* (Boiss. & Huet) Bornm.\**,*  
*Anemone blanda* Schott. & Kotschy\*\**, A. coronaria* L.\*\**,*  
*Clematis cirrhosa* L.\*\**, Adonis aestivalis* L. subsp.  
*aestivalis*\*\**, \*\*A. a. subsp. parviflora* (Fisch ex DC.)  
Busch\**, \*\*Ranunculus brutius* Ten.\**, R. neapolitanus* Ten.  
*R. damascenus* Boiss. & Gaill.\**, R. argyreus* Boiss., *R.*  
*cuneatus* Boiss.\**, R. reuterianus* Boiss., *R. rumelicus*  
Griseb.\**, R. illyricus* L., *R. i. subsp. illyricus*, *R. cadmicus*  
Boiss., *R. heterorhizus* Boiss. & Ball.\**, R. isthmicus* Boiss.  
subsp. *stepporum* Davis, *R. marginatus* d'Urv. var.  
*trachycarpus* (Fisch. & Mey.) Azn., *R. scandiacus* (Boiss.)  
Davis\**, R. gueneri* Ayaşlıgil & P.H. Davis, *R. muricatus* L.,  
*R. chius* DC., *R. arvensis* L., *R. ophioglossifolius* Vill., *R.*  
*ficaria* L. subsp. *ficariiformis* Rouy & Fouc.\*\**,*  
*Ceratocephalus falcatus* (L.) Pers.\*\**, \*\*Thalictrum*  
*orientale* Boiss.\*

Resedaceae

*Reseda lutea* L. var. *lutea*\*\*

Rhamnaceae

*Paliurus spina-christi* Miller\*\*

Rosaceae

*Prunus x domestica* L.\*\**, P. divaricata* Ledeb. subsp.  
*divaricata*\**, \*\*Amygdalus communis* L.\**, \*\*Rubus caesius*  
L.\**, R. sanctus* Schreber\*\**, R. canescens* DC.\*\**, R. c. var.*  
*canescens*\*\**, Potentilla inclinata* Vill.\**, P. recta* L., *P.*  
*reptans* L.\*\**, P. speciosa* Willd. var. *speciosa*\**, Geum*  
*urbanum* L., *Agrimonia eupatoria* L.\*\**, Sarcopoterium*  
*spinosum* (L.) Spach\*\**, Sanguisorba minor* Scop.\*\**, S. m.*  
subsp. *muricata* (Spach) Briq., *Rosa pulverulenta* Bieb.\*\**,*  
*R. canina* L.\*\**, R. heckeliana* Tratt. subsp. *vanheurekiana*  
(Crepin) Ö. Nilsson\**, R. villosa* L.\*\**, R.*  
*hirtissima* Lonacz\*\**, R.*  
*hemispherica* J.Herrmann\*\**, R. phoenicia* Boiss.\*\*



*R. arvensis* Huds.\*\*,  
subsp. *boissieri* (Crepin) Nillson  
var. *antalyensis* (Manden) Ö. Nillson\*\*, *R. gallica* L.\*\*,  
*R. horrida* Fischer\*\*, *Cotoneaster nummularia* Fisch. &  
Mey.\*\*,  
*Crataegus aronia* (L.) Bosc. ex DC. var. *aronia*\*,  
*C. monogyna* Jacq. subsp. *monogyna*, *C. m.* subsp. *azarella*  
(Gris.) Franco\*\*, *C. orientalis* Pall. ex M. Bieb.\*\*,  
*Cydonia oblonga* Miller\*\*, *Malus sylvestris* Mill. subsp.  
*orientalis* (A.Uglit) Brow.\*\*,  
*Pyrus syriaca* Boiss. var. *microphylla* Zoh. ex Browicz\*\*,  
*Amelanchier parviflora* Boiss.\*\*,  
*Cerasus mahaleb* (L.) Miller\*\*

#### Rubiaceae

*Crucianella angustifolia* L., *Asperula arvensis* L., *A. setosa* Jaub. & Spach, *Galium odoratum* (L.) Scop.\*, *G. debile* Desf.\*, *G. verum* L. subsp. *verum*\*\*,  
*G. album* Miller subsp. *amani* Ehrend. & Schönb.-Tem.\*, *G. graecum* L. subsp. *graecum*\*, *G. dumosum* Boiss., *G. canum* Req. ex DC. subsp. *canum*\*, *G. c.* subsp. *ovatum* Ehrend., *G. cassium* Boiss., *Cruciata leavipes* Opiz\*, *C. taurica* (Pallas ex Willd.) Ehrend., *C. pedemontana* (Bellardi) Ehrend., \*\**Rubia tinctorum* L.\*

#### Rutaceae

*Haplophyllum pumiliforme* Hub.-Mor. & Reese

#### Salicaceae

*Salix alba* L.\*\*,  
*Populus tremula* L.\*\*,  
\*\**P. nigra* L. subsp. *nigra*\*

#### Santalaceae

*Thesium bertramii* Aznav.\*

#### Scrophulariaceae

*Verbascum spodiotrichum* (Hub.-Mor.) Hub.-Mor., *V. levanticum* I.K. Ferguson, *V. oreophilum* C. Koch\*, *V. pumiliforme* Hub.-Mor., *V. chrysorrhacos* Boiss.\*, *V. purpureum* (Janka) Hub.-Mor.\*, *V. cilicium* Boiss.\*, *V. leiocarpum* Murb.\*, *V. glomerulosum* Hub.-Mor., *V. cucullibracteum* Hub.-Mor., *Scrophularia cryptophila* Boiss. & Heldr., *S. depauperata* Boiss., *S. canina* L. subsp. *bicolor* (Sm.) Greuter, *S. floribunda* Boiss. & Bal.\*, *Anarrhinum orientale* Benth., *Linaria genistifolia* (L.) Mill. subsp. *confertiflora* (Boiss.) Davis\*\*, *L. corifolia* Desf.\*\*,  
*L. simplex* (Willd.) DC.\*\*,  
*Digitalis ferruginea* L. subsp. *ferruginea*\*\*,  
*D. ferruginea* L. subsp. *schischkini* (Ivan.) Werner\*, *D. davisiana* Heywood\*\*, *Veronica praecox* All.\*, *V. persica* Poiret\*, *V. trichadena* Jordan & Fourr., *V. anagallis-aquatica* L., *V. oxycarpa* Boiss., *V. jacquinii* Baumg.\*, *V. caespitosa* Boiss. var. *caespitosa*, *V. macrostachya* Vahl subsp. *macrostachya*\*, *V. m.* subsp. *sorgariae* M.A. Fischer\*, *V. cuneifolia* D.Don subsp. *cuneifolia*, *V. multifida* L., *V. peduncularis* Bieb.\*, *V. serpyllifolia* L., *Lagotis stolonifera* (C. Koch) Maxim\*, *Pedicularis caucasica* Bieb.\*, *P. cadmea* Boiss., *Rhinanthus angustifolius* C.G.Gmelin subsp. *grandiflorus* (Wallr.) D.A.Webb\*, *Rhynchocorys elephans* (L.) Griseb. subsp. *elephans*.

#### Solanaceae

*Solanum nigrum* L. subsp. *nigrum*\*\*,  
*S. n.* subsp. *schultesii* (Opiz) Wessely, \*\**S. luteum* Miller\*, *Physalis alkekengi* L.\*\*,  
*Hyoscyamus niger* L.\*\*,  
*H. reticulatus* L.\*\*

#### Styracaceae

*Styrax officinalis* L.\*\*

#### Tamaricaceae

\*\**Tamarix parviflora* DC.\*, \*\**T. smyrnensis* Burge\*

#### Thymelaceae

*Daphne sericea* Vahl.\*\*,  
*D. oleoides* Schereber subsp. *oleoides*\*,  
*D. o.* subsp. *kurdica* (Bornm.) Bornm.\*,  
*D. gnidioides* Jaub. & Spach.

#### Tiliaceae

*Tilia rubra* DC. subsp. *caucasica* (Rupr.) V. Engler\*,  
*T. platyphyllos* Scop.\*\*

#### Ulmaceae

*Celtis australis* L.\*\*

#### Urticaceae

*Urtica pilulifera* L.\*\*,  
*U. dioica* L.\*\*,  
*Parietaria judaica* L., *P. lusitanica* L.

#### Valerianaceae

*Valeriana oligantha* Boiss & Heldr., *V. sisymbriifolia* Vahl\*,  
*V. officinalis* L.\*,  
*V. dioscoridis* Sm.\*\*,  
*V. cf. dioscoridis* Sm., *Centranthus calcitrapa* (L.) Duf.,  
*Valerianella orientalis* (Schlecht) Boiss.& Bal.,  
*V. turgida* (Stev.) Betcke

#### Verbenaceae

*Verbena officinalis* L.\*\*,  
*Vitex agnus-castus* L.\*\*

#### Violaceae

\*\**Viola odorata* L.\*, *V. heldrechiana* Boiss., *V. gracilis* Sibth. & Sm.\*

#### Vitaceae

\*\**Vitis vinifera* L.\*

#### Zygophyllaceae

*Tribulus terrestris* L.\*\*,  
*Peganum harmala* L.\*\*

### Subdivision 2: Liliopsida / Monocotyledoneae

#### Amaryllidaceae

\*\**Galanthus plicatus* Bieb. subsp. *byzantinus* (Baker) D.A. Webb\*,  
*Pancratium maritimum* L.\*\*,  
*Stenbergia lutea* (L.) Ker-Gawl. ex Sprengel\*\*

#### Araceae

*Arum maculatum* L.\*\*,  
*A. dioscoridis* Sm. var. *dioscoridis*\*\*,  
*A. d.* var. *liepoldtii* (Schott) Engler\*

#### Cyperaceae

*Carex cf. vulpinoidea* Michaux\*,  
*C. otrubae* Podp\*\*

#### Iridaceae

\*\**Iris sintenisii* Janka\*,  
*Crocus chrysanthus* (Herbert) Herbert\*\*,  
*C. biflorus* Miller subsp. *punctatus* Mathew\*\*,  
*C. scharojanii* Rupr.\*,  
*Gladiolus anatolicus* (Boiss.) Stapf\*\*, \*\**G. atroviolaceus* Boiss.\*

## Liliaceae

*Smilax aspera* L.\*\*, *Ruscus aculeatus* L. var. *aculeatus*\*, *Asparagus acutifolius* L., *Polygonatum orientale* Desf.\*\*, *Asphodelus aestivus* Brot.\*\*, *Asphodeline lutea* (L.) Reichb.\*\*, *A. taurica* (Pallas) Kunth, *A. rigidifolia* (Boiss.) Baker, *Allium chloranthum* Boiss.\*, *A. bassitense* Thieb., *A. scorodoprasum* L. subsp. *rotundum* (L.) Stearn, *Urginea maritima* (L.) Baker\*\*, *Scilla bifolia* L., *S. bithynica* Boiss.\*, *S. autumnalis* L., *Ornithogalum oligophyllum* E.D.Clarke, *O. montanum* Cyr., *O. nivale* Boiss.\*, *Muscari muscarimi* Medicus\*\*, *M. comosum* (L.) Miller, *M. caucasicum* (Griseb.) Baker, *M. neglectum* Guss., *Bellevalia bourgaei* Baker\*\*, *B. rixii* Wendelbo\*, *Fritillaria whittalii* Baker\*\*, *F. latakiensis* Rix\*\*, *Tulipa armena* Boiss.\*\*, *T. a.* var. *lycica* (Baker) Marais\*\*, *Gagea bulbifera* (Pallas) Schultes & Schultes fil.\*, *G. foliosa* (J. & C. Presl) Schultes & Schultes fil., *G. peduncularis* (J. & C. Presl) Pascher, *G. granatellii* (Parl.) Parl., *Colchicum troodii* Kotschy\*\*, *Merendera sobolifera* C.A. Meyer\*, *M. trigyna* (Steven ex Adam) Stapf\*\*

## Orchidaceae

*Cephalanthera rubra* (L.) L.C.M. Richard\*\*, *Orchis papilionacea* L. var. *rubra* (Jacq. ex Murray) Brot.\*\*, *O. anatolica* Boiss.\*\*, *O. palustris* Jacq.\*\*, *Dactylorhiza romana* (Seb.) Soo subsp. *romana*\*, *D. osmanica* (Kl.) Soo var. *osmanica*\*, *D. umbrosa* (Kar. & Kir.) Nevski\*

## Poaceae (Gramineae)

*Aegilops umbellata* Zhukovsky subsp. *umbellata*\*\**, Ae. triuncialis* L. subsp. *triuncialis*\*\**, \*\*Triticum aestivum* L.\**, \*\*Secale montanum* Guss.\**, Hordeum murinum* L. subsp. *glaucum* (Steudel) Tzvelev, *H. bulbosum* L.\*\**, Bromus hordeaceus* L. subsp. *hordeaceus*\*\**, B. tectorum* L.\*\**, B. sterilis* L.\*\**, \*\*Avena fatua* L. var. *fatua*\**, A. fatua* L. var. *glabrata* Peterm.\**, Alopecurus myosuroides* Hudson var. *tonsus* (Blanche ex Boiss.) R. Mill., *Lolium rigidum* Gaudin var. *rigidum*, *L. rigidum* Gaudin var. *rotbollioides* Heldr. ex Boiss., *Poa trivialis* L.\*\**, \*\*P. bulbosa* L., *Dactylis glomerata* L. subsp. *hispanica* (Roth) Nyman\*\**, D. g.* subsp. *lobata* (Drej.) Lindb.\**, Briza media* L., *B. maxima* L., *B. humilis* Bieb., *Melica persica* Kunth. subsp. *inaequiglumis* (Boiss.) Bor., *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steudel\*\**, Cynodon dactylon* (L.) Pers. var. *villosus* Regel\*\**, Seteria viridis* (L.) P. Beauv., *S. glauca* (L.) P. Beauv., *Sorghum halepense* (L.) Pers.\*\*

## Thyphaceae

*\*\*Typha latifolia* L.\*

## 4. Conclusion

The national park which located in Western Anatolia has different ecological conditions and high mountainous fields in general. In point of phytogeographical view the area is located in Mediterranean region. It has more primary vegetation more than other areas of Türkiye. It has quite a lot wealth floristically. Isparta is an important province of the Lakes Region which is containing endemic number of taxa about 650, and nonendemic (rare and multiregional) taxa number are almost 1650; totally 2300 vascular plant taxa (Özçelik and Serdaroglu, 2000). Antalya district is unknown for this aspect. Burdur is poor in flora than Isparta

and Antalya provinces. The botanical inventory of Burdur province was made by us; a total of 1600 transmissible plant taxa were identified, including 450 endemic species (Özçelik, 2016). Some of the study area is adjacent to this province.

The vascular plants collected from the areas are divided into 3 groups as follows:

1. Endemics: The plants may be local or widespread endemics in Türkiye,
2. Nonendemics (rare): The plants of narrow dissemination which they found only in small areas. For example, these rare plants are not endemic but were being accepted as distributed only in the Lakes Region for Türkiye.
3. Economics: The plants have economic value like food, dyeing, spices, medicinal etc.

(Ranunculaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Lauraceae, Fagaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Fabaceae, Papaveraceae, Poaceae, Orchidaceae, Liliaceae, Iridaceae families in particular). These plants are known by local people and are used for domestic needs. Some are endemic and some of them are recorded for the first time for economic purposing. However, they are generally widespread. At least 25% of plants showing natural distribution in the park are economic purposes. There are two main sources of this information:

Firstly it is the geographical location of the area concerned with respect to the floristic richness and economic plants.

Secondly it is that the experience of nomadism, an ancient tradition of the Turkish people, is still underway by the local people in the area concerned. Even so, even if there is no agricultural production, the local people can meet the needs of plants, such as food, medicine, paint and spices. A significant portion of the cultivated plants have already been obtained from natural plants of the area concerned. It is obvious that these economic plants have an important place in the health of the local people.

The Lakes Region has an important potentiality in terms of economic plants. There are 190 medicinal and aromatics, 180 foods, 170 horticultural plant taxa in only Isparta province (Özçelik and Serdaroglu, 2000). A great amount of collected samples from the study area are valuable in medicinal purposes, food, horticulture, dyeing, spices and cultural plants which contribute greatly to the economy of Türkiye. Most of geophytes in Türkiye are known for ornamental values and pharmaceutical purposes. It generally known that Türkiye exports bulbous plants and certain seeds for the horticultural and mainly pharmaceutical purposes. Majority of geophytes and their seeds are taken from the nature by local people (Özçelik, 1995; 2000; 2012; Küçüker, 1995; Ekim et al., 2000). The area was being seen very rich in economic plants.

The study area is part of a long mountain range in the Toros. Other national parks are also connected with this area. Beyşehir Lake National Park, Kovada Lake National Park is the nearest neighbors. Dedegül Mountain is not a national park, but the floristic variety of the Lake District is a very rich mountain. These areas have a similar microclimate. The gene center of rose (*Rosa* L.) in the world



is the sum of these areas. *R. dumalis* subsp. *boissieri*. For *antalyensis*, the field type is local and is the gene center (Özçelik, 2017). Again in these areas the *Papaver* genus develops very well and reaches a high number of varieties.

The same is true for monumental trees. Total number of them in the Lakes Region is about 300 (Özçelik et al., 2001). We guess so, there are about 50 monumental trees belonging to *Cupressus sempervirens*, *Castanea sativa*, *Cedrus libani*, *Pinus brutia*, *P. nigra* and *Ficus carica*, *Castanea sativa*, as scarcely *Myrtus communis*, *Laurus nobilis*, *Cercis siliquastrum*, *Quercus coccifera*, *Arbutus andrachne* and *Celtis australis* in the park area. It is seem as interesting to be monumental trees from maquis and fruit trees like *Castanea sativa*, *Ficus carica*, *Myrtus communis*, *Laurus nobilis*, *Cercis siliquastrum*, *Quercus coccifera*, *Arbutus andrachne* and *Celtis australis*. The region is quite little known floristically. Till now, a large number of new plant taxa for the scientific world were described from the area. It shows a large number of plant taxa which were described from the lakes region and grown only in this area.

Total taxa in dangerous: 48, for the park, endemic taxa in dangerous: 44, total endemic taxa: 230; local endemic taxa number for the area and near surroundings: 19, total vascular plant taxa: 707 (950 all together near fields).

By Bern Convention: A1 (Number of globally threatened species): 5, A2 (Number of endangered species in European scale): 39. C2 (Number of threatened habitats): 6 (42.A17, 421951, 42B12, 42.6643, 4285B1, 45.11). In the reason, the national park is one of the 122 important plant areas of the country. The situation is very important floristically. If the area is studied in more detail, the number of plants, hence the numbers of endemic and economic plants, will also increase.

Vascular plant taxa endemic to the area (local) are given as below:

*Gaudiniopsis macra* subsp. *micropyroides*, *Hellenocordum psidicum*, *Nigella arvensis* var. *oblanceolata*, *Rosa dumalis* subsp. *boissieri* var. *antalyensis*, *Scrophularia libanotica* subsp. *libanotica* var. *antalyensis*, *Silene deliculata* subsp. *psidica*, *Stachys antalyensis*, *Stachys chamosericea*, *Tanacetum argenteum* subsp. *canum* var. *pumilum*, *Echinops onopordum*, *Amphoricarpos paredictus*, *Bupleurum davisii*, *Campanula antalyensis*, *Cerastium psidicum*, *Hypericum ternatum*, *Omphalodes riplyana*, *Rhamnus nitidus*, *Iris pamphylica* and *Crocus asumaniae* (this species doubtful). Some of these taxa could not be observed by us in the area.

Almost 150 taxa are new records to to C3 square. Some taxa may not be new record in light of new references. In result of the research, the taxa for the square were being done certain and the taxa were added to Isparta and Antalya floras.

A total of 230 endemic taxa belonging to 29 families were determined in the national park and its surroundings. There are 229 taxa belonging to Angiospermae subdivision and 1 taxon belonging to Gymnospermae subdivision. Endemism ratio in flora of the area is almost 25 %. 218 of the 229 taxa belonging to the Angiospermae are in the Magnoliopsida (Dicotyledoneae) and other 11 are in the Liliopsida Monocotyledoneae classes. There is no endemic taxon in the Bryophyta and Pteridophyta divisions. The number of priority conservation requiring taxa is 21. Total

taxa in dangerous: 48, endemic taxa in dangerous: 44, local endemic taxa for the area and near surroundings: 19, total vascular plant taxa: 707 (950 all together near fields).

Number of genus in vascular plant specimens of the natural park and its environs: Pteridophyta: 8, Gymnospermae: 6, Dicotyledoneae: 318, Monocotyledoneae: 42 and other taxa 333, totally 707 in the park and 950 if included its environs; Number of family: Pteridophyta: 8, Gymnospermae: 3, Dicotyledoneae: 76, Monocotyledoneae: 8 (totally 95 familias).

The distributional rates of the taxa according to phytogeographic regions:

Mediterranean 219 (30.97 %), Irano-Turanian 74 (10.46 %) and Euro-Siberian 50 (07.07 %).

The families and genera which including the most taxa:

Families: Lamiaceae 87 (12.30 %), Fabaceae 78 (11.03 %), Asteraceae 71 (10.04 %), Brassicaceae 47 (6.64 %), Scrophulariaceae 39 (5.51 %), Rosaceae 35 (4.95 %), Liliaceae 34 (4.80 %), Ranunculaceae 33 (4.66 %), Boraginaceae 32 (4.52 %), Apiaceae 31 (4.38 %) and Caryophyllaceae 28 (3.96 %).

Genera: *Ranunculus* 18 (2.54 %), *Veronica* and *Geranium* 13 (1.83), *Vicia* 12 (1.69), *Trifolium* 11 (1.55 %), *Rosa*, *Verbascum* and *Sedum* 10 (0.14), *Galium* 9 (1.27), *Euphorbia* and *Stachys* 8 (1.13), *Sideritis*, *Hypericum*, *Trigonella* and *Astragalus* 7 (0.99 %), *Lathyrus*, *Thymus*, *Micromeria* and *Silene* 6 (0.84 %).

The distributions according to the phytogeographical regions of the endemic plants identified from the area is as follows:

Mediterranean element 219 (30.97 %), Irano-Turanian element 74 (10.46 %) and Euro-Siberian element 50 (07.07 %). Phytogeographical regions of 365 taxa (51.62 %) are unknown. Almost 25 endemic taxa which were known from only type gathering have collected for the first time except for their type localities in the work. For more or less 30 endemic taxa were determined to their which phytogeographical region, for 5 of them changed risk categories. Almost 25 endemic taxa which were known from only type gathering have collected for the first time except for their type localities. For more or less 30 endemic taxa were determined to their which phytogeographical region, for 5 of them changed risk categories (Ayaşlıgil, 1987, 1990).

## Acknowledgment

I thank to the research team (Doç.Dr. A. Zafer Tel, Doç.Dr. Ayşe Deligöz, Doç.Dr. Mesut Kırmacı etc.), Antalya GEF II Project Management for interesting and their helps (aspecially Adnan Yılmaztürk, Güray Çayır, Osman Yöntem), TR. Ministry of Forestry and Water Affairs, also the World Bank for financial support in realization of the research project.

## References

- Ayaşlıgil, Y., 1987. Der Köprülü Kanyon National Park, Seine Vegetation und ihre Beeinflussung durch den Menschen. Landschaftsökologie, Weihenstephan, ISBN 3-922 318-05-5.
- Ayaşlıgil, Y., 1990. Annotated checklist of vascular flora of Köprülü Canyon National Park and surrounding areas (S.W. Turkey). Willdenowia, vol. 20.
- Davis, P.H., 1965-1985. Flora of Turkey and the Aegean Islands. Vol: I-IX, Edinb. Univ. Press.
- Donner, J., 1985. Verbreitungsharten zu flora of Turkey. 1-8. Linzer Biol. Beitr., 17(1): 1-120.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., Adıgüzel, N., 2000. Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı (Red Data Book of Turkish Plants). Yüzüncü Yıl Üniv. Yayınları, Van.
- Fakir, H. 2006a. Bozburun Dağı ve çevresi (Antalya-Isparta) orman vejetasyonunun ana meşcere tiplerinin floristik kompozisyonu üzerine araştırmalar. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:10, Sayı:1,
- Fakir, H., 2006b. Flora of Bozburun mountain and its environs (Antalya-Isparta-Burdur/Turkey). Turk J Bot., 30: 149-169.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K.H.C., 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 11 (Supplement), Edinburgh Univ. Press.
- Huber-Morath, A., 1987. Letzte Ergänzungen zu P.H. Davis "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" 1-9 (1965-1985). Candollea, 42(2): 717-769.
- Huber-Morath, A., 1988. Letzte Ergänzungen zu P.H. Davis "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" 1-9 (1965-1985)". Candollea, 43: 27-72.
- Küçükler, O., 1995. Contributions to the Knowledge of some endangered Colchicum species of Turkey. Flora Mediterranea, 5: 211-220.
- Nydegger-Hügli, M., 1994. Sechste Ergänzungen zu P.H. Davis "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" 1-10(1965-1988). Bauhinia, 11(2): 103-119.
- Özçelik, H., 1995. Studies protections of endemic and rare plants. SDÜ Fen Bilimleri Enst. Derg., 1: 1-14.
- Özçelik, H., 2000. Studies on protections of endemic and rare plants of Lakes Region. Bulletin of Pure and Applied Sciences, vol. 19B (No: 2): 93-116.
- Özçelik, H., Serdaroğlu, H., 2000. Isparta florasına ön hazırlık. SDÜ Fen Bilimleri Ens. Derg., 4(1): 135-154.
- Özçelik, H., Korkmaz, M., Tel, A. Z., Özgökçe, F., 2001. Göller yöresi florası'na genel bakış. IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, Bildiriler Kitabı, pp. 117-130.
- Özçelik, H., 2012. The endemic plant taxa of the Köprülü Kanyon National Park and its surroundings (Antalya-Isparta). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16(3): 279-296.
- Özçelik, H., Korkmaz, M., 2002. Contributions to the Flora of Sütçüler (Isparta). Bio-Science Research Bulletin. 21/B (1): 1-18.
- Özçelik, H., 2016. Burdur İli Bitki Envanteri (Ekonomik, Nadir ve Endemik Bitkileri). Sistem Ofset, Ankara, Burdur Belediyesi Kültür Yayınları.
- Özçelik, 2017. Flora of Dedegül mountain and its effects to agricultural production of Lakes region. International Symposium on New Horizons in Forestry (ISFOR), 18-20 October 2017, Isparta – Turkey, Proceedings & Abstracts Book, pp. 345-353.
- Özhatay, N., Byfield, A., Atay, S. (Edit.), 2005. Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı. WWF (Türkiye), Doğal Hayatı Koruma Vakfı, İstanbul.
- Serin, M., 1984. New Recorded Species for C3 Square. J. of S.Ü. Science Fac., 3: 85-89.

## Random Forest Yöntemi kullanılarak potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması: Yukarıgökdere Yöresi örneği

Serkan Özdemir\*

**Özet:** İklimdeki anormalliklerin ve insan baskısının ekosistemleri her geçen gün daha fazla etkilemesi hem bitki türlerinin hem de yaban hayvanlarının varlığını tehdit etmektedir. Bu sebeple de ekosistemlere ve hedef türlere yönelik yapılacak planlama çalışmalarında daha etkin ve fonksiyonel davranılması önem arz etmektedir. Bunun sağlanabilmesi noktasında ise hedef türler için elde edilecek potansiyel dağılım haritalarının dikkate alınması kilit nokta olarak ifade edilmektedir. Potansiyel dağılım haritalarının elde edilmesi sürecinde kullanılan birçok yöntem (ayrım analizi, lojistik regresyon analizi, genelleştirilmiş eklemeli model, sınıflandırma ağacı tekniği, maksimum entropi yaklaşımı, kural seti tahmini için genetik algoritma vb.) bulunmaktadır. Bu yöntemler farklı algoritmalar ile çalışmakta ve farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada da bu metotlardan birisi olan ve son yıllarda sıklıkla tercih edilen Random Forest (RF) yöntemi kullanılmıştır. Modelleme ve haritalama işlemi için RStudio programından faydalanılmıştır. RF yöntemi ile elde edilen potansiyel dağılım modeline ait AUC değeri 0,978 olarak tespit edilmiştir. Modeli oluşturan değişkenler ise katkı oranlarına göre sırasıyla yükselti, topoğrafik pozisyon indeksi, anakaya, radyasyon indeksi ve eğim olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Boylu ardeş, Model seçimi, Potansiyel dağılım modeli, Random Forest, Tür dağılım modellemesi

## Potential Distribution Modelling and mapping using Random Forest method: An example of Yukarıgökdere District

**Abstract:** Reasons such as climate abnormalities and anthropogenic effects on ecosystems threat the existence of plant and animal species. In this case, it is important to be more effective and functional planning studies for ecosystems and target species. In order to achieve the mentioned effectiveness and functionality, creating of potential distribution maps for the target species are of crucial importance. There are many methods (discriminant analysis, logistic regression analysis, generalized addicted model, classification tree technique, maximum entropy, the genetic algorithm for rule-set prediction etc.) used in the process of creating potential distribution maps. These methods process with different algorithms and can produce different results. The Random Forest (RF) method, which is one of the mentioned methods and is frequently preferred in recent years, is used in this study. RF method was run via RStudio. In the present, AUC value of the potential distribution model obtained by RF method was determined to be 0.978. The variables creating to the model are respectively elevation (elvn), topographic position index (tpi), bedrock (rock), radiation index (ri) and slope (slope).

**Keywords:** Crimean juniper, Model selection, Potential distribution modelling, Random Forest, Species distribution modelling

### 1. Giriş

Ekoloji alanında yapılan çalışmalarda türlerin yetişme ortamı ile olan ilişkilerinin belirlenmesi ve bu ilişkilere göre, hem aktüel hem de geleceğe yönelik kestirimlerde bulunulması birçok araştırmacı tarafından çalışma konusu olarak tercih edilmektedir (Özkan, 2014; Mert vd., 2016, Mert ve Kıraç, 2017; Humphreys vd., 2017; Wason vd., 2017). İnsanların doğadan plansız ve bilinçsiz faydalanmasının her geçen gün artması ve değişen iklim koşulları bahsi geçen tercihin çerçevesinin genişlemesine neden olmaktadır. Haliyle de ekoloji alanında çalışma yapan araştırmacıların bu konuya olan eğilimleri her geçen gün artmaktadır. Artan bu eğilim ise hedef türlerin yetişme ortamları ile ilişkilerini ortaya koyan çalışmalarda daha titiz hareket edilmesini hatta farklı yöntem ve disiplinlerin

kullanılmasını tetiklemektedir (Pěkniová ve Berchová-Bimová, 2016; Rovzar vd., 2016).

Türlerin yetişme ortamı özelliklerini ortaya koyan birçok çalışma yer almaktadır. Fakat bunların arasında hedef türlere yönelik potansiyel dağılım modellerinin elde edildiği çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Çünkü elde edilen bu modeller ve modellerden türetilen potansiyel dağılım haritaları türlerin korunması ve planlanması sürecinde daha doğru stratejilerin geliştirilebilmesi için hem daha pratik hem de daha etkin adımların atılmasına olanak sağlamaktadır (Özkan, 2014).

Potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması noktasında birçok farklı bakış açısı bulunmaktadır. Özellikle kantitatif çalışmaların ekoloji alanına giriş yapması ve sürekli kendi içerisinde evrim geçirmesine bağlı olarak bu bakış açıları devamlı genişleyen bir yapıdadır. Şöyle ki; doğal ekosistemlere yönelik olarak gerçekleştirilen

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz MYO, 32950, Sütçüler-Isparta, Türkiye

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): serkanozdemir@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 09.10.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.03.2018



**Citation** (Atf): Özdemir, S., 2018. Random Forest Yöntemi kullanılarak potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması: Yukarıgökdere Yöresi örneği. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 51-56.

DOI: [10.18182/tjf.342504](https://doi.org/10.18182/tjf.342504)

modelleme çalışmalarında doğrusal olmayan modeller zamanla daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Bu durumun gerekçesi olarak ise ekosistem içerisindeki ilişkilerin genellikle doğrusal olmayan bir dağılıma sahip olması gösterilmektedir. Dolayısı ile de eğrisel ilişkilerin esas alındığı metotların kullanılması ve yaygınlaşması kaçınılmaz olmuştur. Özellikle son yıllarda makine öğrenme yöntemlerinin geliştirilmesi ve popüler olması da bu süreci hızlandıran başlıca nedenler olarak ifade edilmektedir (Özkan, 2013). Süreç bu şekilde ilerleyince doğal olarak modelleme noktasında fayda sağlayabilecek birçok yöntem ortaya çıkmıştır. Fakat bunların sadece bir kısmı araştırmacılar tarafından tercih edilmiş yahut önerilmiştir. Bu yöntemlerden ayırım analizi (DA), lojistik regresyon analizi (LR), genelleştirilmiş eklemeli model (GAM), sınıflandırma ve regresyon ağacı tekniği (CART), maximum entropi yaklaşımı (MAXENT), kural seti tahmini için genetik algoritmalar (GARP) ve random forest (RF) en yaygın olanlarıdır. Belirtilen yöntemler arasında RF hariç diğerleri son yıllara kadar sıklıkla kullanılmaktayken, RF yöntemi özellikle R programının yaygınlaşması ile beraber daha sık tercih edilmeye başlanmıştır (Austin, 2007; Özkan vd., 2015; Beaumont vd., 2016; Mert vd., 2016).

RF, sınıflandırma ve regresyon ağaçlarından geliştirilen bir yöntem olmasının yanı sıra, en başarılı sonuçlar veren karar ağaçlarından biri olarak gösterilmektedir. Son yıllarda bu yöntem birçok disiplinde kullanılmaktadır ve ekoloji, iklim değişimi, uzaktan algılama gibi alanlarda yapılmış dikkat çekici çalışmalar bulunmaktadır (Breiman, 2001; Liaw ve Wiener, 2002; Pal, 2005; Gislason vd., 2006; Evans ve Cushman, 2009; Evans vd., 2011). RF yöntemi geleneksel sınıflandırma ve regresyon ağaçlarından farklı olarak çok sayıda karar ağacı oluşturmakta ve oluşturduğu bu ağaçların kombinasyonu üzerinden değerlendirme yapabileme imkanı sağlamaktadır. RF yönteminde karar ağaçlarının olduğu yapı orman (forest) olarak adlandırılmaktadır. Orman içerisinde her bir karar ağacı, önyükleme (bootstrap) tekniği ile veri setinden örneklemelerin seçilmesi ve her bir düğüm noktasında tüm değişkenler arasında belirlenen sayıda rastgele değişkenlerin belirlenmesi yoluyla oluşturulmaktadır.

Bu çalışmada RF yöntemi ile modelleme yapmak ve potansiyel dağılım haritasını oluşturabilmek için RStudio programından faydalanılmıştır. RF yöntemi kullanılarak kestirim modeli elde etmeye yönelik alternatif paket programlar (SPM, STATISTICA) mevcuttur. Ancak model elde edildikten sonra süreç devam etmektedir. Diğer bir ifade ile devam eden süreçte modelin yaygınlaştırılarak, potansiyel dağılım haritasının üretilmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle elde edilen modelin yaygınlaştırılarak haritasının elde edilebilmesi için RStudio tercih edilmiştir.

RStudio, kod tabanlı bir program olup temel olarak R paket programı üzerinden çalışmaktadır. R sahip olduğu kütüphanesi yardımı ile kodların yazılarak istatistiksel hesaplamaların yapıldığı, grafiklerin elde edilebildiği bir programlama dilidir. İlk olarak 1990'lı yıllarda Ross Ihaka ve Robert Gentleman tarafından yazılan R dili için 1997 yılında bir grup araştırmacının dahil olduğu bir ekip kurulmuştur (R core team) ve 2000 yılında ilk sürümü yayınlanmıştır. O yıldan itibaren de belirli dönemlerde program güncellenmiştir, hala da güncellenmeye devam etmektedir. R programlama diline ait farklı versiyonlar

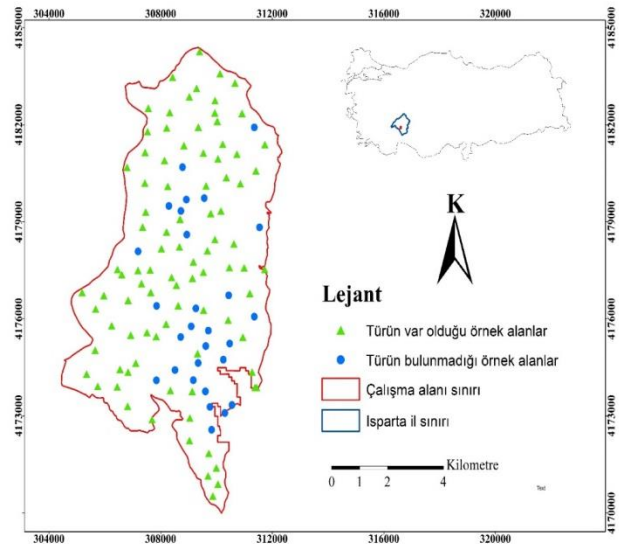
mevcuttur. Yapılan bu çalışmada nispeten daha pratik bir kullanım süreci olan RStudio kullanılmıştır. Günümüz itibarıyla R programlama diline ait versiyonlar (R 3.4.1 ve RStudio) farklı işletim sistemleri için ücretsiz olarak kullanıma sunulmaktadır (Ihaka ve Gentleman, 1996; Team, 2015).

Gerçekleştirilen bu çalışmada Özkan vd. (2015) tarafından ortaya koyulan 6 farklı modele yönelik sonuçların elde edildiği çalışmaya alternatif olarak RF yöntemi uygulanarak potansiyel dağılım modeli ve haritası elde edilerek sonuçlar itibarıyla bir karşılaştırma yapılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

Çalışmada materyal olarak Özkan vd.'nin (2015) Yukarıgökdere yöresinde gerçekleştirmiş oldukları araştırmanın verilerinden faydalanılmıştır. Yukarıgökdere yöresi, Akdeniz Bölgesinde Göller Yöresi sınırları içerisinde yer almaktadır ve yaklaşık 8000 ha büyüklüğündedir (Şekil 1). Alanda hakim anakaya kireçtaşı olmakla beraber, çalışmanın yürütüldüğü sahada yükseklik 800 ile 2000 m arasında değişmektedir. Çalışma alanı iklim özellikleri açısından bulunduğu konum itibarıyla Akdeniz elementlerinin hakim olduğu geçiş iklimi karakteristiklerini taşımaktadır. Yöreyle ait elde edilen iklim verilerine göre alanın yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 751 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise yaklaşık 13 C°'dir. Sahanın orman yapısını ise nispeten hakim yayılış alanına sahip olan *Pinus brutia* (Kızılçam), *Pinus nigra* (Karaçam), *Juniperus excelsa* (Boylu ardıç), *Cedrus libani* (Toros sediri) ve *Quercus* sp. (Meşe) türleri oluşturmaktadır (Özkan ve Negiz, 2011; Özkan vd., 2015).



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

## 2.2. İstatistiksel değerlendirme

Özkan vd.'nin (2015) yapmış oldukları çalışmada 119 örnek alan verisi kullanılmıştır. Arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği her bir örnek alanda çalışmaya konu olan Boylu ardıç türüne ait var-yok verileri kaydedilmiştir. Çalışmada alanda yayılış gösteren Boylu ardıç türünün potansiyel dağılım modelinin belirlenmesi hedeflenmiş ve 6 farklı yöntem kullanılarak potansiyel dağılım haritası elde edilmiştir. Kullanılan yöntemler açısından araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilen ve önerilen modellerden ayırım analizi (DA), lojistik regresyon analizi (LR), genelleştirilmiş eklemeli model (GAM), sınıflandırma ağacı tekniği (CT), maksimum entropi yaklaşımı (MAXENT) ve kural seti tahmini için genetik algoritma (GARP) kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında MAXENT ve GARP sadece türlere ait var verilerini kullanarak dağılım modeli oluştururken, diğerleri hem var hem de yok verileri ile model elde etmektedir. Bu çalışmada ise Özkan vd. (2015) tarafından kullanılan modellere alternatif olarak RF yöntemi kullanılarak potansiyel dağılım haritası oluşturulmuş ve her bir model için elde edilen AUC değerlerinden faydalanılarak kıyaslama yapılmıştır. Söz konusu modeller oluşturulurken çevresel değişkenlerden yükselti, anakaya, eğim, radyasyon indeksi ve topoğrafik pozisyon indeksi kullanılmıştır.

## 2.3. Random Forest

Random Forest (RF) yönteminde daha önce bahsedildiği üzere, dağılım modeli oluşturulurken geleneksel sınıflandırma ve regresyon ağaçlarından farklı olarak istenilen sayıda ağaç oluşturabilmek ve bu ağaçları her bir düğümdeki kestirim değerleri itibarıyla yaygınlaştırabilmek mümkün olabilmektedir. RStudio programı üzerinde bu işlemlerin gerçekleştirilmesi karmaşık bir süreci kapsamaktadır. Çünkü işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için verilerin hazırlanıp programa aktarılmasından, haritanın elde edildiği aşamaya kadar birçok farklı işlemin yapılması ve kompleks komutların kombine edilerek yazılması gerekmektedir. Şöyle ki, ilk olarak çalışma alanı içerisinde, modellemede kullanılacak olan değişkenlerin piksel bazında değerlerini içeren raster dosyaları ArcGis yazılımı ile hazırlanmıştır. Daha sonra hedef türün var olduğu ve olmadığı alanlara ait veri matrisi, var-yok olmak üzere her ikisini birden içeren, sadece var verilerini içeren, sadece yok verilerini içeren olacak şekilde MS Excel üzerinde hazırlanmış ve “.csv” formatında kaydedilmiştir. Bu dosyalar ise yine ArcGis üzerinde açılarak “.shp” formatında değişkenlerin olduğu klasöre kaydedilmiştir. Bu işlemin ardından Raster formatında hazırlanan altlıklar daha sonra modelin oluşturulması için yazılacak komutlarda kullanılmak üzere “.txt” formatında hazırlanarak kaydedilmiştir. Sonrasında ise, RStudio üzerinde çalışılacak olan klasörün programa tanıtmaya işlemi gerçekleştirilerek gerekli olan paketler ve kütüphaneleri (randomForest, rfUtilities, sp, raster, rgdal, rgl, AUCRF, pROC) yüklenmiştir. Kütüphaneler yüklendikten sonra hazırlanan “.txt” dosyası programa aktarılmıştır. Ardından raster dosyalarının bulunduğu klasördeki veriler yığın (stack) haline getirilmiştir. Yığın olarak ayarlanan veriler ve “.txt” dosyası, programda hazır hale getirildikten sonra randomForest paketi içerisindeki ilgili parametreler girilerek modele ait kodlar yazılmıştır. Model oluşturulduktan sonra ise raster paketine ait kodlar ile modelin yaygınlaştırma

işlemi gerçekleştirilmiş ve potansiyel dağılım haritası oluşturulmuştur. Son olarak da modele ait uygunluk (fitting) işlemlerine yönelik kodlar yazılmıştır ve ardından AUCRF ve pROC paketlerine ait kodlar yardımı ile ROC (Receiver Operating Characteristic: Alıcı İşlem Karakteristiği) grafiği ve AUC (Area Under Curve: Eğrinin Altında Kalan Alan) değeri elde edilmiştir. ROC grafiği veya AUC değeri modelleme çalışmalarında sıklıkla tahmin modellerinin değerlendirilmesinde modelin tahmin gücünü ölçmek amacı ile tercih edilen bir yöntemdir. Aynı zaman da veri eğitim veri seti ve test veri seti olarak iki şekilde sınıflandırılarak işlem gerçekleştirilmektedir. Dolayısı ile modelin kendi içerisinde bir teyidi sağlanmakta ve bu teyidin geçerliliği sınırlanmaktadır. Diğer bir ifade ile ROC grafiği ve AUC değeri modelin güven aralığının tahmininde ki belirsizliği ortaya koyan araçlardır (Süel, 2014).

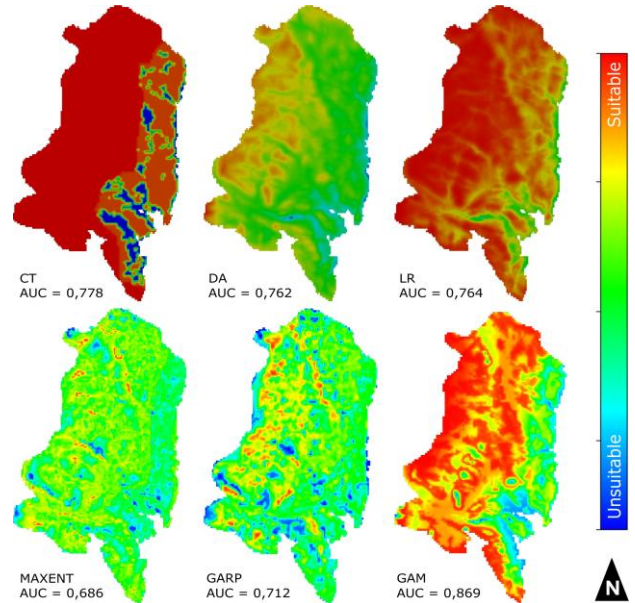
## 3. Bulgular

Özkan vd. (2015)' in yapmış oldukları çalışma da elde etmiş oldukları potansiyel dağılım haritaları ve AUC değerleri Şekil 2'de yer almaktadır.

Özkan vd. (2015)'nin çalışmasından elde edilen sonuçlara göre AUC değerleri açısından en uygun modelin 0,869 ile GAM'a ait olduğu görülmektedir.

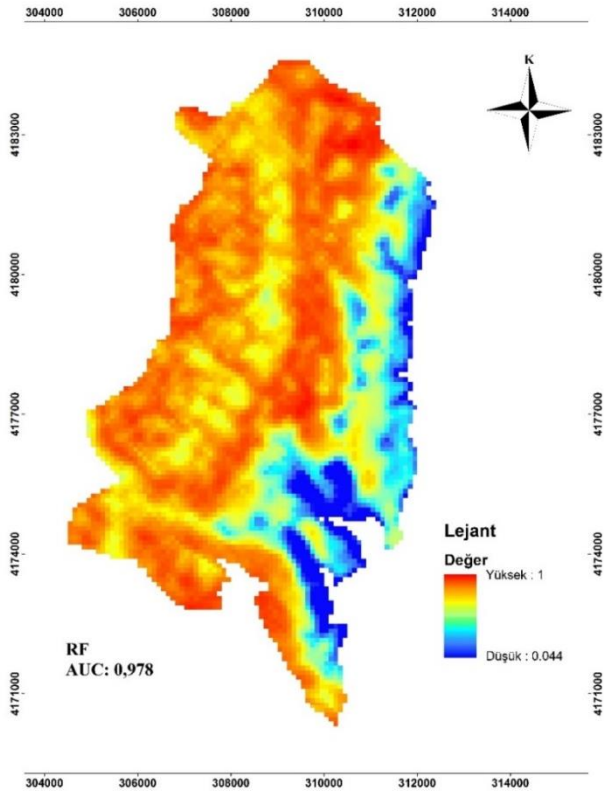
Yapılan bu çalışmada RF yöntemi ile model elde edilirken karar ağacı sayısı olarak 500 tercih edilmiştir. Breiman (2001) yapmış olduğu çalışmada da karar ağacı miktarı için 500'ü ideal olarak ifade etmiştir. Bu karar ağaçlarından kestirimde bulunarak elde edilen potansiyel dağılım haritası ve modele yönelik AUC değeri Şekil 3'te yer almaktadır.

Modeli oluşturan değişkenlerin modele hangi oranda katkı yaptığını gösteren grafik Şekil 4'te yer almaktadır.

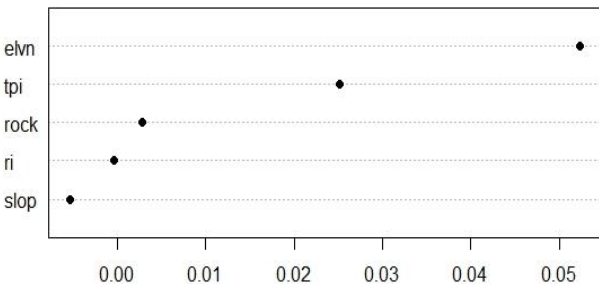


Şekil 2. 6 farklı model ile Yukarıgökdere yöresi için elde edilen potansiyel dağılım haritaları (Özkan vd., 2015)





Şekil 3. RF yöntemi ile Yukarıgökde yoresi için elde edilen potansiyel dağılım haritası



Şekil 4. Modeli oluşturan değişkenlerin katkı oranları

Şekil 3. incelendiğinde modele katkı yapan değişkenlerin katkı oranlarına göre sırasıyla yükselti (elvn), topoğrafik pozisyon indeksi (tpi), anakaya (rock), radyasyon indeksi (ri) ve eğim (slope) olduğu görülmektedir.

#### 4. Tartışma ve sonuçlar

Son yıllarda özellikle de ekosistemler gibi heterojen ve karmaşık yapıların yordamlanmasının gerekli olduğu sistemlerde model tabanlı yaklaşımların kullanımı artmaktadır. Çünkü model tabanlı yaklaşımlar ile elde edilen çıktıların sonraki aşamaya aktarılabilmesi diğer bir ifade ile çıktılarının yaygınlaştırılabilmesi mümkün olabilmektedir. Bu sayede ise ormancılık ve ekoloji alanlarında en önemli hususlardan biri olan ekosistem tabanlı yönetim planlarının uygulanabilirliği için altlık oluşturulabilmektedir (Özkan, 2016). Günümüzde paradigmanın bu yönde bir değişime gidiyor olması da zamanla farklı modelleme ve haritalama yöntemlerinin sürece dahil olmasına katkı sağlamıştır. Özellikle ekosistem tabanlı yönetim planları için önemli bir

konu olan hedef türlerin modellenmesi ve haritalanması çalışmaları da değişen bu paradigmadan nasibini almıştır ve söz konusu farklı yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada da ekoloji alanında son yıllara kadar nispeten daha yoğun olarak tercih edilen modelleme yöntemlerine alternatif olarak RF yöntemi kullanılarak modelleme ve haritalama işlemi gerçekleştirilmiştir.

RF yöntemi hem sosyal bilimler hem de fen bilimleri alanlarında yapılan çalışmalarda modelleme tekniği olarak tercih edilmektedir. Yöntemin sosyal bilimlerde tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında kayıp verilere karşı duyarlı olması ile hem büyük ölçekli hem de küçük ölçekli veriler ile doğru sonuçlar verebilmesi gösterilmektedir (Akman vd., 2011; Cortez ve Embrechts, 2011; Rodriguez-Galiano vd., 2012). Ekoloji ve ormancılık başta olmak üzere fen bilimlerinde tercih edilme nedenleri arasında ise hem kategorik hem de sürekli veriler ile çalışabilmesi, modeli oluşturan değişkenlerin önem derecelerinin hesaplanabilmesi ve geleneksel karar ağaçlarında olduğu şekilde budama işlemine gerek duyulmaması gibi sebepler gösterilmektedir (Liaw ve Wiener, 2002; Akman vd., 2011). Bunun yanı sıra modeli orijinal veri setini öğrenme ve test veri seti şeklinde ayırmadan bir bütün halinde oluşturabilmesi, sapma oranı olmaksızın bir hata payı elde edebilme imkânı sağlaması ve yakınlık (proximity) komutu sayesinde modeli oluşturan değişkenler arasındaki ilişkilerin ve mesafenin tespit edilebilmesi yöntemi popüler yapan diğer avantajlar olarak ifade edilmektedir (Breiman, 2001; Grossman vd., 2010). Fakat tüm bunlara karşın modelin bazı olumsuz yanları bulunmaktadır. Lojistik regresyon, yapay sinir ağları, vb. yöntemlerde olduğu şekilde sonuç için bir güven aralığı verilmemesi, yöntemin uygulanabildiği programların kısıtlı olması ve oluşturulacak karar ağaçlarının sayısına bağlı olarak düşük bellekli bilgisayarlarda kullanımının zorlaşabilecek olması başlıca olumsuz özellikler arasında gösterilmektedir. Ek olarak RF yönteminde geleneksel karar ağaçlarında olduğu şekilde model oluşturulduktan sonra ortaya çıkan sonuç ağaç yapısı şeklinde görülmemektedir. Model karmaşık bir şekilde oluşturulduğundan elde edilen sonuç işlemlerin aşamaları görülemeyecek şekilde (black box) verilmektedir (Breiman, 2001; Cutler vd., 2007; Evans vd., 2011).

RF yöntemi ile nispeten daha başarılı sonuçların elde edilebileceği birçok çalışmada ifade edilmiştir (Grossman vd., 2010; Evans vd., 2011). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar da bahsi geçen çalışmalar ile karşılaştırma imkânı sağlamaktadır ki elde edilen bulgular da literatür ile paralellik taşımaktadır. RF yöntemi kullanılarak elde edilen modellerin uygunluğunun belirlenmesinde çoğunlukla AUC ve Kappa değerlerinden faydalanılmaktadır. Grossman vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada modele yönelik elde ettikleri Kappa değeri ile değerlendirme yaparken Breiman (2001) ve Evans vd. (2011) ise yapmış oldukları çalışmalarda AUC değerlerini kullanmayı tercih etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da modele yönelik AUC değerleri üzerinden bir değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda elde eden bulgular doğrultusunda sonuçları iki aşamada değerlendirmek daha uygun olacaktır. İlk kısım RF yöntemi ile oluşturulan potansiyel dağılım haritasının ve AUC değerinin bağımsız bir şekilde değerlendirilmesi hususudur. Literatürde modellere ait olarak elde edilen AUC değerleri açısından, sonuç 0,90'dan büyük ise modelin mükemmel açıklamaya sahip olduğu, 0,90-0,80 arasında olursa iyi,

0,80-0,70 arasında olursa uygun açıklama yeteneğine sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Daha düşük olduğu durumlarda ise 0,70-0,60 arasında bir değere sahipse zayıf, 0,60'dan küçük olduğu durumlarda da modelin başarısız olduğu ifade edilmektedir (Araújo vd., 2005; Süel, 2014). Bu noktada RF yöntemi ile elde edilen modelin mükemmel açıklamaya (AUC: 0,978) sahip olduğu ifade edilebilmektedir. Diğer husus ise elde edilen sonuçların daha önce Özkan vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar (CT / AUC: 0,778, DA / AUC: 0,762, LR / AUC: 0,764, MAXENT / AUC: 0,712, GAM / AUC: 0,869) ile kıyaslanması konusudur ki, RF yöntemi ile elde edilen modelin 0,978'lik AUC değeri itibariyle uygunluk açısından daha iyi olduğunu söylemek mümkündür.

Bu noktadan hareketle, daha önce de ifade edildiği üzere, ülkemizde ve dünyada doğa insan etkileşiminin artması, iklimin değişken yapı göstermesi, ekosistemlerin tahrip olması gibi nedenler ile türler üzerine baskı oluşmaktadır. Bunun sonucu olarak da ekosistem tabanlı yönetim planları gibi ekoloji odaklı yaptırımlar gerekli hatta zorunlu hale gelmektedir. Bu nedenle özellikle hedef türlere yönelik olarak yapılacak olan çalışmalarda potansiyel alanların belirlenmesi önem arz etmektedir. Bunun sağlanabilmesi için ise doğru yöntem ile hareket edilmesi anahtar rolü üstlenmektedir. Bu kapsamda, çalışmanın sonuçları düşünüldüğünde yapılacak olan benzer çalışmalarda alternatif bir yöntem olarak RF kullanılarak modelleme ve haritalama yapılmasının da başarılı sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

#### Teşekkür

Yapılan bu çalışmada, yapmış oldukları çalışmanın verilerini paylaşarak materyal sağlayan Prof. Dr. Kürşad Özkan, Yrd. Doç. Dr. Özdemir Şentürk, Yrd. Doç. Dr. Ahmet Mert ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet Güvenç Negiz'e teşekkürlerimi sunarım.

#### Kaynaklar

- Akman, M., Genç, Y., Ankaralı, H., 2011. Random forests yöntemi ve sağlık alanında bir uygulama. Türkiye Klinikleri Journal of Biostatistics, 3(1): 36-48.
- Araújo, M. B., Pearson R. G., Thuiller W., Erhard M., 2005. Validation of species-climate impact models under climate change, Global Change Biology, 11, 1504-1513.
- Austin, M., 2007. Species distribution models and ecological theory: a critical assessment and some possible new approaches. Ecological Modelling, 200(1): 1-19.
- Beaumont, L.J., Graham, E., Duursma, D. E., Wilson, P. D., Cabrelli, A., Baumgartner, J.B., Laffan, S.W., 2016. Which species distribution models are more (or less) likely to project broad-scale, climate-induced shifts in species ranges?. Ecological Modelling, 342, 135-146.
- Breiman, L., 2001. Random forests. Machine Learning, 45(1): 5-32.
- Cortez, P., Embrechts, M.J., 2011. Opening black box data mining models using sensitivity analysis. IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM), 11-15 April, 341-348, Paris.
- Cutler, D.R., Edwards, T.C., Beard, K.H., Cutler, A., Hess, K.T., Gibson, J., Lawler, J.J., 2007. Random forests for classification in ecology. Ecology, 88(11): 2783-2792.

- Evans, J.S., Cushman, S.A., 2009. Gradient modeling of conifer species using random forests. Landscape Ecology, 24(5): 673-683.
- Evans, J.S., Murphy, M.A., Holden, Z.A., Cushman, S.A., 2011. Modeling Species Distribution and Change Using Random Forest. In Predictive Species and Habitat Modeling in Landscape Ecology. Springer New York, pp. 139-159.
- Gislason, P.O., Benediktsson, J.A., Sveinsson, J.R., 2006. Random forests for land cover classification. Pattern Recognition Letters, 27(4): 294-300.
- Grossmann, E., Ohmann, J., Kagan, J., May, H., Gregory, M., 2010. Mapping ecological systems with a random forest model: Tradeoffs between errors and bias. Gap Analysis Bulletin, 17(1): 16-22.
- Humphreys, J.M., Elsner, J.B., Jagger, T.H., Pau, S., 2017. A Bayesian geostatistical approach to modeling global distributions of *Lygodium microphyllum* under projected climate warming. Ecological Modelling, 363, 192-206.
- Ihaka, R., Gentleman, R., 1996. R: a language for data analysis and graphics. Journal of Computational and Graphical Statistics, 5(3): 299-314.
- Liaw, A., Wiener, M., 2002. Classification and regression by random forest. R News, 2(3): 18-22.
- Mert, A., Özkan, K., Şentürk, Ö., Negiz, M.G., 2016. Changing the potential distribution of Turkey Oak (*Quercus cerris* L.) under climate change in Turkey. Pol. Journal of Environmental Studies, 25(4): 1-6. DOI: 10.15244/pjoes/62230.
- Mert, A., Kıraç, A., 2017. Isparta Sütçüler Yöresinde *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876)' nin habitat uygunluk haritalaması. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1(1): 16-22.
- Özkan, K., Negiz, M.G., 2011. Isparta Yukarıgökdere Yöresi'ndeki odunsu vejetasyonun hiyerarşik yöntemlerle sınıflandırılması ve haritalanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12(1): 27-33.
- Özkan, K., 2013. Yönetim ve geliştirme planlarının temel ekolojik altlıkları: İklim değişimine uyarlanabilir model tabanlı yetişme ortamı, biyoçeşitlilik, koruma alan değeri ve hedef tür habitat uygunluk haritaları. 2023'e Doğru 2. Doğa ve Ormancılık Sempozyumu, 31 Ekim-03 Kasım 2013, Ed. Girgin, E., Antalya, Türkiye, s. 129-148.
- Özkan, K., 2014. Odun dışı orman ürünlerinin potansiyel dağılım haritalaması neden önemlidir? Nasıl gerçekleştirilmelidir? Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Eczacılık ve Ormancılıktaki Önemi Çalıştayı, 20-21 Mart 2014, Narin Sadıkoğlu (Ed.), İnönü Üniv. Eczacılık Fakültesi & Elazığ Orman Bölge Müdürlüğü, Malatya, s. 86-100.
- Özkan, K., Şentürk, Ö., Mert, A., Negiz, M.G., 2015. Modeling and mapping potential distribution of Crimean juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.) using correlative approaches. Journal of Environmental Biology, Special issue, 36: 9-15.
- Özkan, K., 2016. Yeni paradigma anlayışı ile, her şeye tek bir bilgi altlık yolunda; ekosistem nitelik haritalaması. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 66(2): 410-444.

- Pal, M., 2005. Random forest classifier for remote sensing classification. *International Journal of Remote Sensing*, 26(1): 217-222.
- Pěkníková, J., Berchová-Bímová, K., 2016. Application of species distribution models for protected areas threatened by invasive plants. *Journal for Nature Conservation*, 34, 1-7.
- Rodriguez-Galiano, V.F., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., Rigol-Sanchez, J.P., 2012. An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 67, 93-104.
- Rovzar, C., Gillespie, T.W., Kawelo, K., 2016. Landscape to site variations in species distribution models for endangered plants. *Forest Ecology and Management*, 369, 20-28.
- Süel, H., 2014. Isparta-Sütçüler Yöresinde av türlerinin habitat uygunluk modellemesi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Team, R., 2015. RStudio: integrated development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com>.
- Wason, J.W., Bevilacqua, E., Dovciak, M., 2017. Climates on the move: Implications of climate warming for species distributions in mountains of the northeastern United States. *Agricultural and Forest Meteorology*, 246, 272-280.



## Investigation of fallow deer (*Cervus dama* L.) population densities by camera trap method in Antalya Düzlerçamı Eşenadası Breeding Station

Yasin Ünal<sup>a,\*</sup>, Hasan Çulhacı<sup>a</sup>

**Abstract:** In Turkey, it has been aimed to take a number of measures to protect and breed fallow deer, which is under danger of reduction of population, even extinction. One of these measures is Antalya Düzlerçamı Eşenadası Fallow Deer Breeding Station (EFDBS). Fallow deer is protected in this area, where measures and improvements are taken to the maximum for breeding fallow deer in its natural environment. 55 out of 170 mammal species are critically endangered in Turkey, and one of these is fallow deer (*Cervus dama* L.). This study aims to investigate the population densities of individuals spread in the EFDBS at Antalya Düzlerçamı Wildlife Development Area with 521 ha of land using the method of camera traps. Density calculations were made using the method of individual identification based on spot distribution and antler structure of individuals. The information provided by the Jackknife Model was used to determine population densities. "CAPTURE" software was used for the analysis of the data. Based on the obtained results, maximum of 120, minimum of 96 and average of 105 fallow deer individuals were found. According to these results, fallow deer population density was 20.1/km<sup>2</sup> in the study area.

**Keyword:** Fallow deer (*Cervus dama*), Camera trap, Capture-recapture, Wildlife inventory

## Antalya Düzlerçamı Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonu'nda fotokapan yöntemiyle alageyik (*Cervus dama* L.) popülasyon yoğunluklarının araştırılması

**Özet:** Ülkemizde, nesli bu denli azalma hatta yok olma seviyesine gerileyen alageyik için bir takım koruma ve üretme tedbirleri alınmak istenmiştir. Bunlardan bir tanesi, Antalya Düzlerçamı Yaban Hayatı Geliştirme Sahasında kurulan Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonu'dur. Alageyikler bu alanda koruma altında olup, doğal ortamında üremesine yönelik maksimum önlemlerin ve iyileştirmelerin yapıldığı bir alandır. Ülkemizde yaşadığı saptanan 170 memeli türden 55'inin nesli önemli ölçüde tükenme tehdidi altında olup, bunların en önemlilerinden bir tanesi alageyik (*Cervus dama* L.)'dir. Bu çalışmada, fotokapan yöntemi ile 521 ha alana sahip Antalya Düzlerçamı Yaban Hayatı Geliştirme Sahasında bulunan Eşenadası Alageyik Üretim İstasyonu içerisinde yayılış gösteren bireylerin popülasyon yoğunluklarının araştırılması hedeflenmiştir. Yoğunluk hesaplamaları, bireylerin benek dizilişinden ve boynuz yapısından birey tespiti yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Verilerin analizi için "Capture" bilgisayar programından faydalanılmıştır. Popülasyon yoğunluğunun belirlenmesi için Jackknife Model verileri dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre maksimum 120 birey, minimum 96 ve ortalama 105 Alageyik tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre çalışma alanında alageyik popülasyon yoğunluğu 20,1/km<sup>2</sup> dir.

**Anahtar kelimeler:** Alageyik (*Cervus dama*), Fotokapan, Capture-recapture, Yaban hayatı envanteri

### 1. Introduction

It is known that fallow deer population is 8.000 in Germany, 62.000 in the United Kingdom, 18.000 in Hungary, 12.500 in Romany, 11.600 in France and 250,000 in total in Europe, between 15,000 and 35,000 in New Zealand and 28,350 in Canada, while it is about 450,000 in the world (Heidemann, 1976; Ueckermann and Hansen, 1994; Kaçar, 2002). Despite the fact that the native land is Turkey, the last natural fallow deer population in the world is known to be Antalya-Düzlerçamı. The fallow deer is categorized as LC (Least Concern) in the world, as it is spread around the world, and the species is not under the threat of extinction in the near future (IUCN, 2016). However, in Turkey in the last century, it has been seen that fallow deer populations are increasingly in danger of reduction or even extinction especially due to illegal

hunting, increase in urbanization parallel to the human population, dense forestry, and agriculture activities, grazing of domestic animals such as goats and sheep, and deterioration of endangered environments of human pressures in fallow deer fields (Heidemann, 1976; Saribaşak et al., 2005; Chapman and Chapman, 1997). Although it is not categorized in any way in terms of our country, taking into account that the species is the most endangered mammal species, it would be a correct approach to treat it as a CR (Critically Endangered) status (Sevgi et al., 2013).

In the scientific research, inventory method with camera-trap gives more positive results in speckled species such as fallow deer. Trolle and Kerry (2003), Connolly (2007), Meek et al. (2012) and Keuling et al. (2012) reported that camera-traps were produced primarily to monitor wildlife populations and Mengüloğlu (2010) reported that camera-trapping is particularly useful for

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry, Isparta

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): yasinunal@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 20.09.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 20.12.2017



identifying striped or spotted species on an individual basis. The method of camera trapping is especially beneficial in identifying wild mammals, as well as determining activity patterns (Soyumert, 2010; Foster and Harmsen, 2012; Can, 2008; Griffiths and Schaik, 1993). Both random-opportunist and systematic methods are used in wildlife studies to collect information regarding wild animal populations with camera trap method. Method of systematic is the work done by establishing certain distance between each camera trap (Harmsen et al., 2011).

The capture-recapture method is a frequently used method in determining population sizes and densities by using biological parameters of populations (Chao et al., 2001; Karanth and Nichols, 1998; Marker et al., 2008; Wang and Macdonald, 2009). This method provides reliable scientific and comprehensive results in studies on enclosed wild animal populations (Chao, 2001). The software Capture is frequently used to estimate the maximum, minimum and average population sizes of fallow deer (Rexstad and Burnham, 1991; Silver et al., 2004). This program is often used in predicting the population size, starting from the frequency of capture and recapture of camera traps in study areas. This method reveals the minimum, maximum and average sizes of the population by allowing comparison of different statistical methods and their combinations (Silver et al., 2004).

## 2. Material and method

### 2.1. Material

Antalya Düzlerçamı Wildlife Development Area is the only area in Turkey where the fallow deer live naturally (Anonymous, 2013). Düzlerçamı WDA was declared as a land of 28,972 ha area in 2005. The area is divided by the road between Antalya and Korkuteli. It was determined that the fallow deer lived in numerous regions in Turkey, based on drawings and remains from the period of Hittites, as well as fossils found in various places such as Van, south of the Salt Lake, and the Marmara Region (Ducos, 1988). The fallow deer, known to have lived in the Marmara, Aegean and Mediterranean Regions naturally in the 19<sup>th</sup> century,

remained only in the Antalya-Düzlerçamı region today in small numbers due to illegal hunting and disruption of their habitat (Figure 1). Turan (1966) determined that fallow deer were living in Antalya-Düzlerçamı and Manavgat Regions and led to the departure of Düzlerçamı region as Wildlife Conservation Area and establishment of a fallow deer breeding stations in it. In 1974, the first station in operation was inadequate in terms of the number of animals it hosted, fallow deer were transported to the EFDBS in 2003 in the natural environment and in wider and more favorable conditions (Figure 2).

The study area is located 25 km west of Antalya, within the borders of Antalya Regional Directorate of Forestry, Antalya Central Administration, Düzlerçamı Forest Administration Management. It is surrounded by the Güver Cliff Canyon, Yukarı Karaman residential area and Korkuteli Road in the east; Termessos National Park following Korkuteli Road, Yeşilkayrak and Akkaya in the north, Gürkavak, Mecene Canyon and Kozdağ in the west; and residential areas of Doyran, Aşağı Karaman and Antalya in the south. The area provides to fallow deer for suitable habitat with its rich flora, water resources and geographical structure.

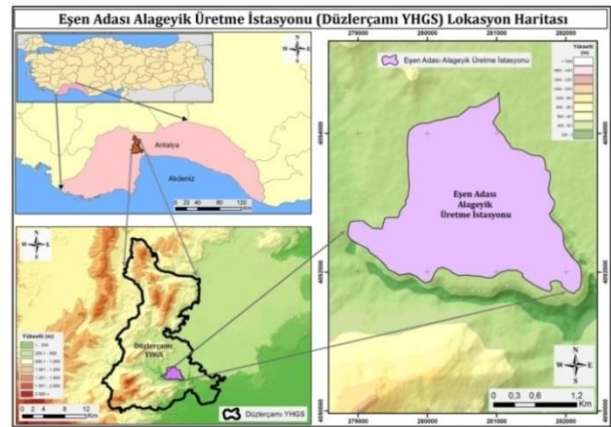


Figure 1. Düzlerçamı Wildlife Development Area and Eşenadası Fallow Deer Breeding Station

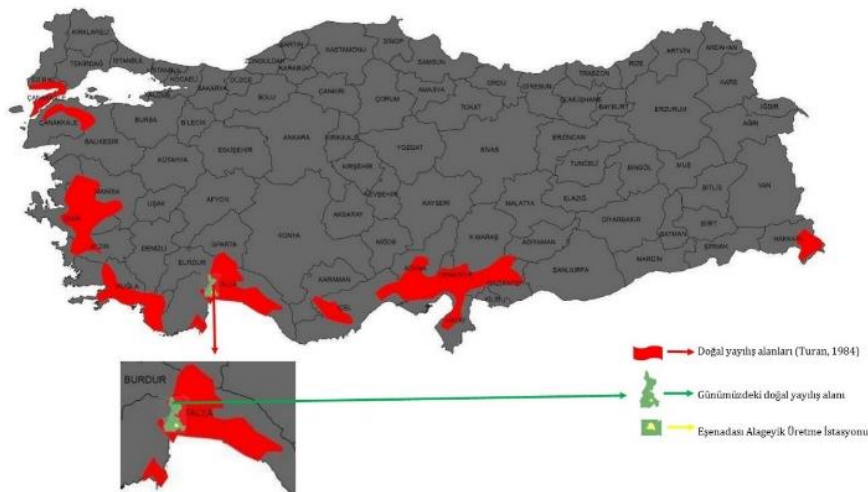


Figure 2. Distribution of the fallow deer in Turkey in the past (Red) and today (Yellow)

In the study, we used 16 Cuddeback Attack Model: 1149 camera traps to determine for deer number, Canon EOS 600D to take photographs for fallow deer habitat and Magellan Trioton 400D to measure for each plot's altitude, coordinates of sampling plots.

2.2. Method

Preliminary studies were carried out to determine tracks and sings of the fallow deer in the region before the camera traps were set in the area. As a result of these studies, fallow deer footprints and feces were observed. During the camera trap study, 16 Cuddeback Attack IR 5MP passive camera trap were used. Field studies were carried out in two periods between 2014 and 2015 in pre-determined camera trap stations set in intervals of 400 m (Figure 3). The data obtained from the camera traps that were set across each other were transferred to the electronic center, stored and the office work was done to calculate the density (Figure 4). Population density was determined by dividing the estimated population size by the effectively sampled area, and variance was calculated as described by Karanth and Nichols (1998). The information collected by camera traps set across each other was transferred to electronic environment, stored, and used to calculate density. Total 80 camera trap stations were distributed in the region in a certain systematic and across each other.

2.3. Identification of individuals

Microsoft Paint was used as an alternative method for individuals' identification. The images obtained from camera traps were analyzed in detail, image data in each plot suitable for identification were divided into plots and years, and stored. The most important characteristics distinguishing fallow deer from other deer are the white spots on their bodies and their prong-shaped antlers. Except for the winter months, all fallow deer have spots. Considering these morphological features of fallow deer, female individuals were identified using the distributions of their spots, while male individuals were identified in the same way except for the winter months and using their antler structure in winter months. In the following stage, with these data, individuals were identified starting with the first two plot areas, considering antler structure and spot distribution. Against the possibility of different individuals having similar spot distributions and antler structures, the images were transferred to the Microsoft Paint software. Here, spot distributions and antler structures were compared by drawing in the software and different individuals were numbered (Figure 5a, 5b, 6a, 6b).

Individual identification of fallow deer in the area was achieved using the capture-recapture method based on the morphological characteristics of the deer. Our analyses were carried out based on the data obtained by camera traps. The data obtained from the camera traps that were set across each other were transferred to the electronic center and stored and the office work was done to calculate the density (Table 1).



Figure 3. Camera trap stations



Figure 4. Opposing camera traps (plot 4-8)



Figure 5a. Male individual No: 9

Table 1. Capture-Recapture calculation

	$\frac{x}{y} \cong \frac{X}{T} \hat{T} \cong \frac{y}{x} \cdot X$
X	number of individuals captured and marked in the first sampling
y	number of individuals independently captured in the second sampling
x	number of previously marked and recaptured individuals
T	total size of population (total number of individuals)
$\hat{T}$	Estimated population size





Figure 5b. Male individual No: 50



Figure 6a. Female individual No: 2



Figure 6b. Female individual No: 31

“The Capture” population size estimation software was used to determine the maximum, minimum and average population size, as well as population density (Rexstad and Burnham 1991; Soria-Diaz and Monroy-Vilchis, 2015; González-Pérez, 2003; Ortega et al., 2011). In order to estimate population size, capture-recapture information was entered (Silver et al., 2004), and the data obtained from population estimation methods of Jackknife-M(h) (Silver et al., 2004) and Removal-M(bh) were utilized. While the resulting values ended up very close to each other, \*Jackknife Population Density Values\*, recommended by Orekici-Temel et al. (2012) and reported to have better results, were used.

### 3. Results

A total of 8,120 camera trap days was reached in 80 plot areas for 203 days. Totally 1232 images and videos were obtained in 2014 and 2105. Respectively 527 and 464 wild animals' images and videos were determined in these stations (Table 2).

As a result of the study, 19 females and 33 males in 2014, 14 females and 14 males in 2015 totally 80 fallow deer were determined and identified. 15 fallow deer were recaptured in the study (Table 3).

Confidence interval in Jackknife-M(h) population size and density detection was found as 95%, and SE was found as 6.25. Table 4 shows the minimum, maximum and average population size values and density values.

Based on the obtained results, a maximum of 120, minimum of 96 and average of 105 fallow deer individuals were identified. Additionally, the number of individuals found in our studies in 2014 and 2015 were based only on adult individuals and fawns were not taken into account. About 20 fawns were found in the data obtained using camera traps and Capture-Recapture method provided us with the total number of adults and fawns as 105 + 20 = 125. According to these results, fallow deer population density was 20.1 / km<sup>2</sup> in the study area.

Table 2. Analysis of camera trap images

Year	Total camera trap station	Number of images		Number of empty camera trap images		Total number of wild animal images obtained from camera traps		Number of fallow deer images (=D)	
		A	B	B*100/A	(A-B)= C	C*100/A	D	D*100/C	
2014	40	654	127	19.4%	527	80.5%	500	94.8 %	
2015	40	578	114	19.7%	464	80.3%	408	87.9 %	
Total	80	1232	241	19.5%	991	80.4%	908	90.8 %	

Table 3. Fallow deer captures and recaptures by study site, with estimated capture probability (average p-hat) per sampling occasion under the jackknife model of variable probability of capture (M(h)).

Year (2014-2015)	Total Capture - Recapture	Individuals / year		Individuals recaptured	Individual fallow deer census				Average p-hat	
		2014	2015		Male	Male Rate %	Female	Female rate %		
Total	80	52	28	15	33	58.75	19	41.25	97 (± 22)	0.51

Table 4 Results of fallow deer density estimates using the Jackknife and Removal population model M(h) and variable probability removal estimator in which capture probabilities vary

Jackknife-M(h) Model			Density average (km <sup>2</sup> )	Removal-M(hh) model				Density (km <sup>2</sup> )	
SE	Min.	Max.		Average	SE	Min.	Max.		Average
6.25	96	120	105	20.1	7.48	97	126	108	20.7
Population Density (95% confidence interval)									

#### 4. Discussion

This study was conducted in the EFDBS, Antalya Düzlerçamı WDA by the department of Wildlife Ecology and Management at the Faculty of Forestry, Süleyman Demirel University. In this context, this study will provide sufficient resources on literature and methodology to the other similar studies. It was carried out to determine the population size and density of the fallow deer populations in the study area. Some similar studies (Arslangüdoğdu, et al., 2010; Sarıbaşak, et. al., 2005) had been carried out to determine the population size and density of the fallow deer population in the study area, but this is the first study in Turkey which used the camera trap method to determine the population of fallow deer. The camera trap study and set up of the stations were achieved after finding the general distribution of the fallow deer in the area.

A field study of 203 days, including 82 in 2014 and 121 in 2015, was carried out in the area. In these studies, camera trap station was established and in a certain period of time, it has been left fixed. In studies carried out in two periods, it was obtained 3,280 camera trap days in the year 2014 and 4,840 days in the year 2015. In a similar study by Soyumert (2010), again in Turkey to determine wild animal species by camera traps, daily camera trap value of 4,142 was achieved by 55 camera trap stations. Considering the obtained data, 80 different individuals (47 male, 33 female) were identified in the field. In one of the similar studies, Mcshea et al. (2011) used camera traps to estimate deer population densities in Catoktin National Park (24.2 km<sup>2</sup>) and Antietam National Park (13.5 km<sup>2</sup>). Mcshea et al. (2011) placed 20 camera traps in each area with 200 m intervals and collected data in intervals of 2-5 days. As in various wild animal species such as lynxes and tigers, fallow deer also have natural signs. The most obvious of these natural signs are the spots and antlers. Since the deer are spotted species, the spot arrangements and the antler structures of each individual are different from each other, allowing these individual identification studies to be carried out easily. In their study, Carbone et al. (2001) also reported that this method is effective in determining the existence of the wild species and individuals that are shy or hard to see. In this way, the method of identification of individuals by means of the natural signs and morphological features used in the thesis study has been made easily. As stated by Mengüloğlu (2010) in his studies, individuals can be identified from its pattern or spot and suggested that this method could be effective in individual detection studies in many types of cats. In the light of the results of this method we used in this thesis work and considering the previous studies and projections, it was found that camera traps may be used in identification of individuals and they may provide easiness in other methods.

Based on the obtained results, a maximum of 120, minimum of 96 and average of 105 fallow deer individuals were found. Additionally, the number of individuals found

in our studies in 2014 and 2015 were based only on adult individuals and fawns were not taken into account. About 20 fawns were found in the data obtained using camera traps and Capture-Recapture method provided us with the total number of adults and fawns as 105 + 20 = 125. According to these results, fallow deer population density was 20.1 / km<sup>2</sup> in the study area. Kasper et al. (2015), in their study on leopards in an area of 17,500 ha using the capture-recapture method with camera traps, identified 21 individuals from 113 records based on the data collected in 2005, and concluded a population density of 0.26 leopards per 1 km<sup>2</sup>. If we compare the results of their study to those of our study, it may be seen that our results are better and more reliable.

The most frequently seen problems for camera traps studies is the failing of some devices. Although batteries and memory cards were suitable for usage, some camera traps did not work in any condition. This may have been caused by the sensor. Considering the image quality in the camera traps, it is considered that the spots of fallow deer passing by in close range especially in the dark reflect a lot of light and this may have decreased image quality. It is additionally thought that the water resources in the area are limited and individuals experience scarcity of water in summer months. Therefore, wet areas such as flowing ponds should be established to satisfy the water needs of the fallow deer.

It is not believed that the wire fences around the area can form a protection element for the entire area. In our walks, it was seen that the area may be entered from various points easily and illegal hunting activities may be seen. Necessary precautions should be taken.

#### Acknowledgements

The Directorate of Scientific Research Projects Management Unit at Suleyman Demirel University, which funded my thesis with the project no. 4122-YL1-14.

#### References

- Anonymous, 2013. T.C. Ministry of Forestry and Water Affairs, VI. Regional Directorate Antalya Branch Directorate Archive Records. 2013, Antalya.
- Arslangüdoğdu, Z., Kasperek, M., Sarıbaşak, H., Kaçar, M.S., Yöntem, S., Şahin, M.T., 2010. Development of the population of the European Fallow Deer, *Dama dama* (Linnaeus, 1758), in Turkey (Mammalia: Cervidae). *Zoology in the Middle East*, 49: 3-12.
- Can, Ö.E., 2008. Camera trapping large mammals in Yenice Forest Habitats: A feasibility study for camera trapping large mammals in Yenice Forests. PhD Thesis, Middle East Technical University, 118p., Ankara, Turkey.

- Carbone, C., Christie, S., Confori, K., Coulson, T., Franklin, N., Ginsberg, J.R., Griffiths, M., Holden, J., Kawanishi, K., Kinnaird, M., Laidlaw, R., Lynam, A., Macdonald, D.W., Martyr, D., McDougal, C., Nath, L., O'Brien, T., Sidensticker, J., Smith, D.J.L., Sunquist, M., Tilson, R., Wan Shahrudin, W.N., 2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation*, 4: 75–79.
- Chao, A., 2001. An overview of closed capture-recapture models. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, 6(2): 158-175.
- Chao, A., Tsay, P.K., Lin, S.H., Shau, W.Y., Chao, D.Y., 2001. The applications of capture-recapture models to epidemiological data. *Statistics in Medicine*, 20(20): 3123-3157.
- Chapman N.G., Chapman D.I., 1997. *Fallow Deer's. Their History, Distribution and Biology*. Coch-Y-Bonddu Books, Machynlleth, Powys, SY20 8DJ. 271 pp.
- Connolly, C., 2007. *Wildlife Spotting Robots*. Volume 27 Number 4 pp. 282-287, Stalactite Technologies Ltd, Wakefield, UK.
- Ducos, P., 1988. *Archéozoologie Quantitative. Les Valeurs Numériques Immédiates à Çatal Hüyük. Les Cahiers du Quaternaire 12*. Éditions du CNRS, Paris.
- Foster, R.J., Harmsen, B.J., 2012. A critique of density estimation from camera-trap data. *The Journal of Wildlife Management*, 76(2): 224-236.
- Griffiths M., Schaik, V., 1993. The impact of human traffic on the abundance and activity periods of Sumatran Rain Forest Wildlife, Mike Griffiths and Carel P. Van Schaik *Conservation Biology*, Vol. 7, No. 3 (Sep., 1993), pp. 623-626.
- González-Pérez, G.E., 2003. *Uso del hábitat y área de actividad del venado cola blanca (Odocoileus virginianus sinaloae J. Allen) en la Estación Científica Las Joyas, Reserva de la Biosfera de Manantlán, Jalisco*. MS thesis, Universidad Autónoma de México. México, D.F.
- Harmsen, B.J., Foster, R.J., Silver, S.C., Ostro, L.E., Doncaster, C.P., 2011. Jaguar and puma activity patterns in relation to their main prey. *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 76(3): 320-324.
- Heidemann, G., 1976. *Damwild, Cervus dama Linné, 1758. Kleinasiens. Bestand un Schutz-Säugetierk. Mitt*, 24: 124-132.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) Standards and Petitions Subcommittee, 2016. *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria, Version 12*. Accessed December 10, 2016. <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>
- Kaçar, M.S., 2002. Fallow Deer population and begüming of vanish process in Antalya-Düzlerçamı. *Journal of South-West Anatolia Forest Research Institute*, 4:1-14.
- Kasper, C.B., Mazım, F.D., Soares, J.B.G., Oliveira, T.G.D., 2015. Density estimates and conservation of *Leopardus pardalis* southernmost population of the Atlantic Forest, Iheringia. *Série Zoologia*, 105(3):367-371.
- Karanth, K.U., Nichols, J.D., 1998. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 79: 2852–2862.
- Keuling, O., Neubauer, D., Gräber, R., Brün, J., 2012. Estimating Wild Boar (*Sus scrofa*) density using cameratraps and distance sampling. In *Book of abstracts, 9th International Symposium on Wild Boar and Other Suids*, pp. 2-6.
- Marker, L.L., Fabiano, E., Nghikembua, M., 2008. The Use of Remote Camera Traps to Estimate Density of Free ranging Cheetahs in North-Central Namibia.
- Mcshea, W.J., Stewart, C.M., Kearns, L., Bates, S., 2011. Road bias for deer density estimates at 2 N. P. in Maryland. *Wildlife Society Bulletin*, 35(3): 177–184.
- Meek, P., Ballard, G., Fleming, P., 2012. *An Introduction to Camera Trapping For Wildlife Surveys in Australia*. Canberra, Australia: Invasive Animals Cooperative Research Centre.
- Mengüllüoğlu, D., 2010. *An inventory of medium and large mammal fauna in Pineforests of Beypazarı through camera trapping*. Graduate Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Orekici-Temel, G., Erdoğan, S., Ankaralı, H., 2012. Usage of Re-sampling methods to evaluate the performance of the classification model. *Journal of Informatics Technologies*, 5(3): 7.
- Ortega, J.A., Mandujano, S.S., Villareal, J., Mare M.I.D., López-Arevalo, H., Molina, M., Correa-Viana., 2011. In: (D. Hewitt, ed.) *Biology and management of white-tailed deer*. CRC Press, Taylor and Francis Group. USA. pp. 565–597.
- Rexstad, E., Burnham, K.P., 1991. *User's Guide for Interactive Program CAPTURE*. Abundance Estimation of Closed Populations. Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA.
- Sarıbaşak, H., Kaçar, M.S., Başaran, M.A., Cengiz Y., Köker, A., Sert, A., 2005. *Fallow Deer (Dama dama L. 1758), production and placement techniques*. Ministry of Environment and Forestry Publication, No: 267, Directorate Publication No: 027 Technical Bulletin No: 23, 80 p. Antalya.
- Sevgi, O., Sert, H., Sarıbaşak, H., Karacan, V.A., Mert, A., 2013. *Fallow Deer Species Protection Action Plan*. T.C. Ministry of Forestry and Water Affairs General Directorate of Nature Conservation and National Parks VI. Regional Directorate Antalya Branch Directorate, Antalya, 81 p.
- Silver, S.C., Ostro, L.E., Marsh, L.K., Maffei, L., Noss, A.J., Kelly, M.J., Ayala, G., 2004. The use of camera traps for estimating Jaguar *Panthera onca* abundance and density using capture/recapture Analysis. *Oryx*, 38(02): 148-154.
- Soria-Díaz, L., Monroy-Vilchis, O., 2015. *Monitoring population density and activity pattern Of White-Tailed Deer (Odocoileus virginianus) in Central Mexico, using camera trapping*. *Mammalia*, 79(1): 43–50.
- Soyumert, 2010. *Detection and determination of ecological characteristics of large mammal species by camera-trapping method in Northwest Anatolia forests*. Ph.D. Thesis, Hacettepe University, Ankara, Turkey.
- Trolle, M., Kery, M., 2003. Estimation of ocelot density in the pantanal using capture-recapture analysis of camera trapping data. *Journal of Mammaology*, 84(2): 607-614.
- Turan, N., 1966. *Antalya Forestry Directorate, Düzlerçamı Example Forest Management, Report Instead Of Fallow Deer Breeding with the Protection Area*.
- Ueckermann, E., Hansen, P., 1994. *Das Damwild*. 3rd ed. Hamburg: Parey.
- Wang, S.W., Macdonald, D.W., 2009. The use of cameratraps for estimating tiger and leopard populations in the high altitude mountains of Bhutan. *Biological Conservation*, 142: 606-613.

## Endüstriyel ağaçlandırmalar için en uygun tür seçiminde analitik hiyerarşi süreci yönteminin kullanılması: Kastamonu İli örneği

Gökhan Şen<sup>a,\*</sup>, Ersin Güngör<sup>b</sup>

**Özet:** Mevcut endüstriyel odun ürünü arz açığının kapatılması, doğal ormanların korunması ve sürdürülebilir orman ekosistem yönetimi için endüstriyel ağaçlandırma yatırımları oldukça önemlidir. Bu kapsamda, çalışma endüstriyel ağaçlandırma yatırımlarından en fazla faydayı sağlamaya yönelik ağaç türü seçimi için gerçekleştirilmiştir. Analizlerde çok kriterli karar verme süreçlerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi kullanılmıştır. Ekonomik, iklimatik, edafik, fizyolojik kriterler ve alt kriterler, kamu kurumları, yerel halk ve özel sektör temsilcilerinin görüşleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Sahil çamı, melez kavak, kızılçam, okaliptus, dişbudak, douglas göknarı, kızılğaç ve radiata çamı arasında yapılan değerlendirmede, dişbudak, endüstriyel ağaçlandırmalar için ilk öncelikli tür olarak belirlenmiştir. Bu türü sırası ile radiata ve sahil çamı izlemektedir.

**Anahtar kelimeler:** Endüstriyel ağaçlandırmalar, Ağaçlandırma yatırımları, Çok kriterli karar verme, AHS, Kastamonu, Turkey

## The use of analytic hierarchy process method in choosing the best tree type for industrial plantations: The case of Kastamonu Province

**Abstract:** Industrial plantation Investments are very important for the closure of existing industrial wood product supply and for the conservation of natural forests and sustainable forest ecosystem management. Within this scope, the tree species selection was made to provide the most benefit from industrial plantation investments in the study. In the analysis, Analytic Hierarchy Process (AHP) method, which is one of the multi criteria decision making processes, is used. Economic, climatic, edaphic and physiological criteria and sub-criteria were evaluated in line with the opinions of public institutions, local residents and private sector representatives. In the evaluation made among the Maritime pine, cultivated populus "i214", Turkish pine, eucalyptus, ash, douglas fir, alder and radiata pine. ash was determined as the first priority specie for industrial plantations. It is followed by radiata pine and maritime pine.

**Keywords:** Industrial plantation, Afforestation investment, Multi criteria decision making, AHP, Kastamonu, Turkey

### 1. Giriş

On sekizinci yüzyılın ikinci yarısında başlayan sanayi devrimi ile birlikte doğanın tahrip edilmesinin boyutları da artmaya başlamıştır. Hammadde ve alan ihtiyacının hızla artmasıyla endüstri kuruluşları ihtiyaçlarını gidermek için doğadan maksimum yararlanma yoluna gitmişler ve milyarlarca yılda oluşan ekosistemlerde hızla ve yeniden imarı mümkün olmayan tahribatlara yol açmışlardır.

Tahrip edilen bu ekosistemler içerisinde en büyük hammadde kaynaklarından olan orman kaynakları da etkilenmiş ve en fazla tahribata uğrayan ekosistemlerden birisi olmuştur. Hızlı nüfus artışı, çarpık yerleşme ve kentleşme, yanlış arazi kullanımı bu tahribatta insan kaynaklı etkenlerin en önemlileridir. Günümüzde ekosistem hizmetlerinin insanlar tarafından aşırı kullanımı sonucunda Dünya genelinde bu hizmetlerin %60'ı bozulmuş ya da sürdürülemez bir hal almıştır (Brockhouse ve Botoni, 2009).

Ormanların azalmasında ve nüfus artışında 1990 yılı çok önemli bir noktadır. 1990 yılı verilerinde dünya orman alanlarının 3,6 milyar hektarın altında olduğu buna karşın insan nüfusunun ise 5 milyarın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu yılın önemli olmasının nedeni ormanlardaki

üretim miktarı ile odun talep miktarının 3,5 milyar m<sup>3</sup>/yıl seviyesinde eşitlenmesidir. 1990 sonrasında ise nüfusun artmaya devam etmesi ve orman alanların azalması ile arz-talep dengesi talep lehine artış göstermiştir (Birlir, 1998). Dünyadaki odun üretimi değerlerine bakıldığında ise 1990-2015 yılları arasında endüstriyel odun ihtiyacı 1.709.503.466 m<sup>3</sup>'ten 1.825.982.243 m<sup>3</sup>'e, yakacak odun üretimi ise 1.827.542.193 m<sup>3</sup>'ten 1,862,443,915 m<sup>3</sup>'e yükseldiği görülmektedir. Endüstriyel ve yakacak odundaki bu artışa rağmen 1990-2015 yıllarındaki orman alanlarındaki değişim ise 129.135.860 ha'dır. 1990'da dünya orman alanları 4.128.269.480 ha iken 2015'de 3.999.133.620 ha'a gerilemiştir (FAOSTAT, 2017).

Türkiye sınırları içerisindeki orman kaynakları da gelişen sanayileşme ve nüfus artışından etkilenmiştir. Sanayileşme, aşırı ve plansız şehirleşme, yol yapımları vb. uygulamalar ile birlikte illegal kullanımların ormanlar üzerindeki baskısı, bu kaynağın hem alansal olarak azalmasına hem de yapısal olarak tahrip olmasına neden olmuştur. Ancak bu azalma özellikle 1980'lerde başlayan kırsaldan kentlere göç hareketi ile kırsal alandaki baskının azalması ve ağaçlandırma çalışmalarına hız verilmesi ile birlikte orman alanları artmaya ve yapısal olarak ta kendini

✉ <sup>a</sup> Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, 37150, Kastamonu

<sup>b</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, 74100, Bartın

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 10.03.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.03.2018



**Citation** (Atıf): Şen, G., Güngör, E., 2018. Endüstriyel ağaçlandırmalar için en uygun tür seçiminde analitik hiyerarşi süreci yönteminin kullanılması: Kastamonu İli Örneği. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 63-75. DOI: [10.18182/tjf.403922](https://doi.org/10.18182/tjf.403922)

yenileme sürecine girmiştir. Özellikle 1980 sonrasında orman alanları ve endüstriyel odun tüketimi artarken, orman suçları ve yakacak odun miktarı azalma sürecine girmiştir. 1995 sonrasında da ormanların servet ve artım değerleri artışa geçmiştir (Şen ve Toksoy, 2006). Mevcut durumda Türkiye'nin %28,6'sı (22.342.935 ha) ormanlarla kaplıdır. Bu ormanların %57'si verimli orman alanları iken %43'ü ise bozuk yapıdadır (OGM, 2017a).

Türkiye'de ormanların yönetiminden sorumlu olan Orman Genel Müdürlüğü (OGM) nüfus artışı, gelişen endüstri vb. nedenlerle artan odun ürünü taleplerini karşılamak için hem mevcut eta miktarlarını artırmış hem de ormanları yapısal ve alansal olarak geliştirmeye çalışmıştır. Bu kapsamda özellikle doğal orman alanlarının korunması, mevcut orman alanlarının artırılması, bozuk orman alanlarının rehabilite edilmesi gibi çeşitli faaliyetler gerçekleştirmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmaların başında ise ağaçlandırma faaliyetleri gelmektedir. Türkiye'de ağaçlandırma çalışmaları OGM bünyesindeki Ağaçlandırma Dairesi Başkanlığınca, ağaçlandırma, rehabilitasyon, erozyon kontrolü, mera ıslahı ve özel ağaçlandırma şeklinde yapılmaktadır. Türkiye'de ağaçlandırma çalışmalarının başlangıcı olarak kabul edilen 1937 yılından 1991 yılı sonuna kadar toplam 1.550.511 ha olan ağaçlandırma çalışmaları (Anonim, 2001; ÇEM, 2017), 2016'da 2.338.073 ha'a (ÇEM, 2017) ulaşmıştır.

Orman alanlarının arttırılmasına karşın gelecekte özellikle odun talebini karşılamaya yönelik çalışmalara ve bunun yanında uygulanacak diğer koruma faaliyetlerine yön verecek en önemli etkenlerden biri Türkiye'nin mevcut odun talebi ve üretimin tüketimi karşılama oranıdır. Ormancılığın gelecek üretim stratejilerinin belirlenmesi ve planlamaların oluşturulmasında ve uygulanacak yöntemlerin

kararlaştırılmasında üretim-tüketim dengesi (Çizelge 1, 2) önemli rol oynamaktadır (OGM, 2017b).

Çizelge 1 ve 2'den de görüldüğü üzere endüstriyel odun talebi artarken yakacak odun talebi azalmaktadır. Endüstriyel odun talebindeki artış, OGM'nin arz miktarında yaptığı artışla karşılanmaya çalışılsa da halen yeterli değildir ve tüketimin yaklaşık %8,5'i ithalatla karşılanmaktadır.

Tüm dünyada artan odun talebini karşılamak, bunun yanında mevcut doğal ormanları ve ekosistemleri korumak üzere başvurulan yöntemlerden biri hızlı gelişen türlerle yapılan endüstriyel ağaçlandırma (EA) çalışmalarıdır. EA, Türkiye'de de endüstriyel odun arzını karşılamada bir çözüm yolu olarak görülmektedir. EA, hızlı gelişen yerli ve yabancı türler ile entansif kültür yöntemleri kullanılarak, iyi bonitete sahip alanlarda ve tarım alanlarında yapılan ağaçlandırmalardır. Bu ağaçlandırmalar hektarda yıllık ortalama 10 m<sup>3</sup> ve daha fazla artım yapabilmektedir (Boydak ve Çalışkan, 2014). EA'lar uzun süreler alan ıslah yöntemine göre de çok daha kısa sürede endüstriyel odun ihtiyacını karşılayabilecek bir yöntemdir (Ayan ve Sivacıoğlu, 2006). Türkiye'de tarımsal faaliyetlerin yapılmasına olanak olmayan ve ağaçlandırma çalışmaları için uygun olan yaklaşık 6 milyon ha. alan bulunmaktadır (Ürgeç ve Boydak, 1985; Tolunay, 1999). Bu alanlar içerisinde EA içinde potansiyel alanların yüksek olacağı düşünülmektedir. Ancak, EA'lara sadece ekonomik olarak bakmak olayın tüm boyutlarıyla değerlendirilmesini engellemektedir. Bu kapsamda bu ağaçlandırmaların buldukları ekosisteme yapacağı katkılarda düşünüldüğünde EA'ların değerlerinin ne kadar büyük olduğu anlaşılabilir (Tolunay, 1988; Tolunay ve Akyol, 2006).

Çizelge 1. Endüstriyel Odun Üretim ve Tüketim Yönelimleri

		2010	2013	2015
		1.000 m <sup>3</sup>	1.000 m <sup>3</sup>	1.000 m <sup>3</sup>
Üretim Kaynakları	OGM Endüstriyel Odun Üretimi	12.569	13.668	15.076
	Özel Sektör Endüstriyel Odun Üretimi	3.300	3.300	3.340
	Toplam Endüstriyel Odun Arzı	15.869	16.968	18.416
Tüketim Kaynakları	Devlet Ormanlarından Endüstriyel Odun Tüketimi	12.792	14.422	16.097
	Özel Mülklerden Endüstriyel Odun Tüketimi (Tahmini)	3.300	3.300	3.370
	Net İthal Edilen Endüstriyel Odun	1.175	671	474
	Net İthal Edilen Kereste	779	1.161	1.334
	Toplam Endüstriyel Odun Tüketimi	18.046	19.554	21.275
Endüstriyel Odun Arz-Tüketim Dengesi		-2.177	-2.586	-1.267

Çizelge 2. Yakacak Odun Üretim ve Tüketim Yönelimleri

		2010	2013	2015
		1.000 m <sup>3</sup>	1.000 m <sup>3</sup>	1.000 m <sup>3</sup>
Üretim Kaynakları	OGM Yakacak Odun Üretimi	7.194	5.982	5.023
	Kayıt Dışı Yakacak Odun Üretimi (Tahmini)	4.650	4.400	4.200
	Özel Sektör Yakacak Odun Üretimi (Tahmini)	2.053	2.113	2.160
	Toplam Yakacak Odun Arzı	13.897	12.495	11.383
Tüketim Kaynakları	Devlet Ormanlarından Yakacak Odun Tüketimi	7.313	5.974	5.032
	Kayıt Dışı Yakacak Odun Tüketimi (Tahmini)	4.650	4.400	4.200
	Özel Mülklerden Yakacak Odun Tüketimi (Tahmini)	2.053	2.113	2.160
	Net İthal Edilen Yakacak Odun	324	28	37
	Toplam Yakacak Odun Tüketimi	14.340	12.515	11.429
Yakacak Odun Arz-Tüketim Dengesi		-443	-20	-46



Türkiye’de çeşitli amaçlarla hızlı gelişen türler ile yapılan ağaçlandırma çalışmaları 1800’lerin sonlarında başlamıştır. Fransızlar tarafından 1880 yılında Terkos Gölü civarında sahil çamı ile yapılan kumul ağaçlandırmaları ve 1885 yılında Adana-Mersin demiryolu hattındaki istasyonlarda yapılan okaliptus ağaçlandırmaları Türkiye’nin ilk hızlı gelişen tür ağaçlandırmaları olarak belirtilebilir (Turan, 1982; Gürses, 1990). Devamında 1939 yılında Tarsus-Karabucak’ta bataklık kurutma amacı ile yine okaliptus ile 885 hektarlık alanda ağaçlandırma yapılmıştır (Gürses, 1990). Sonrasında ise hızlı gelişen tür ağaçlandırmaları daha çok bilimsel amaçlar ile yapılmıştır. Bu kapsamda, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesine bağlı öğretim üyeleri 1948’de Türkiye’nin farklı noktalarına okaliptus, 1951’de sahil çamı, 1951’de duglas (Akalp, 1982), 1952 ve 1958’de melez kavak (Saatçioğlu, 1962), denemeleri için EA’da kullanılabilecek türler ile ağaçlandırma denemeleri yapmışlardır. Daha sonra kurulan Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü tarafından 1968’de 40 farklı sahil bölgesinde hızlı gelişen tür denemeleri yapılmıştır (Ürgenç 1972; Şimşek ve vd., 1985; Eyüpoğlu ve Atasoy 1986; Tulukçu vd., 1991). Ayrıca yüzyıllardır Türkiye’de geleneksel olarak özellikle kırsal kesim tarafından karakavak ile EA yapılmaktadır.

Türkiye’de EA yapılmasının gerekliliği 1950’li yıllarda odun hammaddesi üretiminin talep karşısında yetersiz olduğu tespiti ile kabul edilmiştir (Turan, 1982). 1965 yılında, birinci 5 yıllık kalkınma planında EA yapılmasının planlanması, EA’ların önemi ve artan odun ihtiyacına bir çözüm yolu olarak görülmeye başlandığının resmileştirilmesi olarak düşünülebilir. Bu kapsamda 2012 yılına kadar bazı EA çalışmaları yapılmıştır. Bu tarihten sonra ise hazırlanan “Endüstriyel Ağaçlandırma Çalışmaları Eylem Planı 2013-2023” ile EA’lar için yapılacak ağaçlandırmalar belli bir plan ve program dahilinde sürekliliğe kavuşturulmuştur. Ancak bu çalışmanın da alanların tam olarak belli olmaması, hangi türlerin kullanılacağı ve bu türlerin nasıl seçileceğinin belirli olmaması eylem planının önemli eksiklikleri olarak görülmektedir.

EA’nın sürdürülebilirliği genel olarak ekonomik şartlara bağlıdır yani doğal süreklilikten çok ekonomik süreklilik daha ön plandadır (Con vd., 2013). EA çalışmaları, düşük eğimli, düşük yükseltideki, arazi özellikleri en üst düzeydeki (Birlir, 2009) çok değerli alanlarda kurulmaktadır. Genel ağaçlandırmalardan farklı olarak kısa idare süreleri ile işletilen bir yatırım olsa da alanların kıymetli ve sınırlı olması bu kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle EA yatırımlarının çok iyi planlanması gerekmektedir. Bu kapsamda hem alana uygun hem de idare süresi sonunda en fazla hacim oluşturacak ve en fazla geliri getirecek en uygun türün belirlenmesi çok büyük önem arz etmektedir. Aksi takdirde çok kıymetli alanlarda kurulan EA yatırımlarının fırsat maliyeti projenin faydalarından daha büyük olabilecektir. Bu nedenle tamamen ekonomik amaçlar ile oluşturulan EA yatırımlarında en uygun türün seçimi bu yatırımların başarısındaki en önemli faktörlerden birisidir (Özel vd., 2014).

Bu çalışmanın sonuçlarının hem Kastamonu ilinde hem de benzer özellik gösteren diğer alanlarda yapılacak EA yatırımlarından en yüksek düzeyde fayda sağlanmasında karar vericilere ve EA yapmak isteyen özel girişimcilere

katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Literatürde ağaçlandırma çalışmalarının da içinde olduğu çeşitli ormancılık sorunları ile ilgili Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) gibi çok kriterli karar sistemlerinin kullanıldığı çalışmalar oldukça fazla olsa da (Pereira vd., 1993; Store ve Kangas, 2001; Yılmaz vd., 2004; Özel vd., 2014; Yılmaz ve Surat, 2015; Aguirre-Salado vd., 2015, Güngör ve Şen, 2017) ağaçlandırmalar ve özellikle EA için tür seçiminde yapılmış çok az çalışmaya (Liu ve Wang, 2006; Reubens vd., 2011) rastlanmıştır.

Bu çalışmada, Kastamonu ili potansiyel EA alanları için çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ile en uygun ağaç türü seçimi gerçekleştirilmiştir.

## 2. Çalışma alanı

Çalışma alanı olarak Batı Karadeniz bölgesinde bulunan Kastamonu ili seçilmiştir (Şekil 1). Kastamonu ili; Karadeniz bölgesinin batı kesiminde 41–42 kuzey enlemleri ile 33–46 doğu boylamları arasında yer alır (TKA, 2008). Yüzölçümü 1.367.133,5 ha olup Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %1,7’sini oluşturmaktadır (KUZZKA, 2013). Kastamonu ili, kuzeyden Küre Dağları güneyden ise Ilgaz Dağları ile çevrilidir. Doğusunda Kızılırmak havzası, batısında da ise Batı Karadeniz havzası bulunmaktadır. Karadeniz kıyısında olan ilin 170 km sahili bulunmaktadır. İlin ortalama denizden yüksekliği 780 metre olup; dağlar denize paraleldir. Bu yüzden kıyılarda Karadeniz iklimi görülürken iç kısımlarda karasal iklim özellikleri görülmektedir. Oldukça dağlık olan Kastamonu’nun %65’i ormanlar ile kaplıdır ve bu oran %28,6 olan Türkiye ortalamasının da üzerindedir. Kastamonu ormanlarının %26,2’si bozuk orman niteliğindedir (OGM, 2017c).



Şekil 1. Kastamonu ilinin konumu

### 3. Materyal ve yöntem

#### 3.1. Materyal

Araştırmada, Kastamonu ili potansiyel EA alanları için yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında kullanılacak 8 potansiyel ağaç türünün (PAT) ekonomik, fizyolojik, edafik ve iklimik özelliklerine dair veriler kullanılmıştır. Bu verilerin belirlenmesinde literatür ve ikincil veri kaynaklarından yararlanılmıştır.

#### 3.2. Yöntem

Araştırma alanındaki potansiyel EA alanları, Gaddas (1976)'da belirtilen "endüstriyel orman ağaçlandırması tesisine uygunluk açılarından arazi sınıflandırması" kriterlerine göre "Çok iyi" sınıfında bulunan alanlar olarak kabul edilmiştir. Bu sınıftaki alanlar; eğim derecesi "%20 ve altında, erozyon etkisi derecesi "az", rüzgar etkisi derecesi "hafif", taşlılık derecesi "az taşlı ya da taşsız", kayalık derecesi "kayasız", taban suyu derecesi "yok ya da derin", tuzluluk derecesi "tuzsuz", toprak derinliği "91cm+", tekstür "orta, kaba ve ağır", drenaj derecesi "iyi drenajlı" ve toprak reaksiyonu (pH) "çok hafif asit – hafif alkalin pH=6,6-7,0" (Gaddas, 1976) özelliklerine sahiptir. Sıcaklık ve yağış değerleri de alan belirlemede kullanılan diğer değişkenlerdir. Ayrıca EA'ların uygulandığı 0-600 m. yükseklikte, gölgeli bakılardadır.

Çalışmanın ilk aşamasında EA'lara uygun olabilecek PAT için ön tespit yapılmış ve birçok tür tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında gerçekleştirilen literatür taraması ve uzman toplantıları sonucunda Kastamonu ili EA çalışmaları için 8 PAT'ın önceliklendirilmesi uygun görülmüştür. Bu türler; radiata çamı (*Pinus radiata* D. Don), sahil çamı (*Pinus pinaster* Aiton), duglas göknarı (*Pseudotsuga menziessii* (Mirb.) Franco), kızılğaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C. A. Mey) Yalt.) (Şimşek vd., 1985; Tunçtaner, 1998; Birler, 2009; URL-1) ve yerli türlerden kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl. subsp. *oxycarpa* (Bieb. ex Willd.) Franco & Rocha Afonso), melez türlerden I-214 melez kavak (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier cv. "I-214") ile çok hızlı yıllık artım yapan ve Türkiye'de de özellikle Akdeniz bölgesinde denemeleri yapılan okaliptus

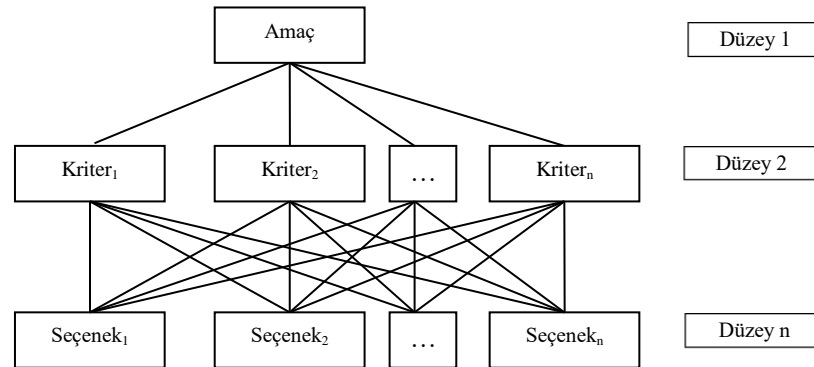
(*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) şeklinde belirlenmiştir. Üçüncü aşamada ise, belirlenen 8 PAT, AHS ile önceliklendirilmiştir. Bu kapsamında, kriterler ve alt kriterler ortaya konmuş, bu kriterler ve alt kriterler doğrultusunda türler katılımcılar tarafından önceliklendirilerek, en uygun tür belirlenmiştir.

#### 3.2.1. Analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemi

Saaty (1977; 1980) tarafından geliştirilen AHS, önceliklendirme için en yaygın kullanılan tekniklerden biridir. AHS, karmaşık karar problemlerini analiz etmede esnekliği ve yüksek etkinliği nedeniyle birçok ormancılık araştırmasında kullanılmıştır (Wilkinson ve Anderson, 1985; Mendoza vd., 1989; Kangas vd., 1993; Kangas, 1994; Diaz ve Romero, 1998; Yılmaz, 1999; Kangas vd., 2001; Yılmaz, 2004; Mendoza vd., 2005; Yılmaz, 2007; Geray vd., 2007; Dhar vd., 2008; Anderson vd., 2010; Güngör, 2011; Güngör ve Ayhan, 2016; Güngör ve Şen, 2017). Bu etkileşimli yöntem, karar vericinin (ya da karar vericilerden oluşan grubun) tercihlerini ifade etmesine ve sonuçların tartışılmasına olanak sağlamaktadır (Saaty, 2008). Genel olarak AHS, ayrıştırma prensibine, bir dizi "çift-karşılaştırma" (birbiri ile ölçütleri ve alternatifleri karşılaştırmak için kullanılan) düzenine ve tercihlerin sentez ve önceliklendirilmesi ilkesine dayanır (Saaty, 1995). Bu yöntem aynı zamanda kriterlere ve alt kriterlere (göstergelere) de öncelikler atamak için kullanılır (Mendoza vd., 1989; Mendoza ve Prabhu, 2000a; 2000b).

#### 3.2.2. AHS karar hiyerarşisinin oluşturulması

AHS karar hiyerarşisinin oluşturulmasında en üst düzeye, problemin genel amacının yerleştirilmesi ile başlanır. Daha sonra alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler tespit edilir ve bu kriterler, hiyerarşik bir yapıda düzenlenir. Bu hiyerarşide kriterlerden oluşan bir düzey ve her bir kriterin alt kriterlere ayrıldığı düzey veya düzeyler bulunur. Hiyerarşinin en alt düzeyine problemin karar alternatiflerinin yerleştirilmesi ile hiyerarşi oluşturma süreci tamamlanır. AHS'de, amaç, kriter ve alt kriter seviyeleri ile seçeneklerden oluşan bir karar hiyerarşisi oluşturulur (Şekil 2) (Saaty, 1980; 1995; 2008).



Şekil 2. Amaç, kriterler ve seçeneklerden oluşan basit bir AHS karar hiyerarşisi

### 3.2.3. AHS kriter ve alt kriterlerinin belirlenmesi

Araştırma konusuyla ilgili bilimsel çalışmalar ve dokümanlar incelenerek her bir ilgi grubunun PAT önceliklerini belirlemede kullanılacak kriterler ve alt kriterler saptanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3'e göre AHS karar hiyerarşisinde Düzey 3'de kullanılacak kriterler; *fizyolojik, edafik, iklimik, ekonomik kriterler* şeklinde dört ana başlıkta toplanmış ve Düzey 4'de her bir kriterle ilişkin alt kriterler geliştirilmiştir. Kriterlerin ve alt kriterlerin kapsamı ve tanımı yapılarak anlaşılması, uygulanması ve nicel olarak hesaplanması kolay hale getirilmiştir.

### 3.2.4. AHS'de ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması ve üstünlükler

AHS'de kriter ve alt kriterlere ilişkin öncelikler belirlendikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için 1 numaralı formülde gösterilen ( $n \times n$ ) ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Saaty, 1995) ve kriterler veya alternatifler ikili olarak karşılaştırılır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ \frac{1}{a_{21}} & 1 & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ \frac{1}{a_{31}} & \frac{1}{a_{32}} & 1 & \dots & a_{n3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & \frac{1}{a_{n3}} & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (1)$$

1 numaralı formülde yer alan her bir ölçütün, amaca katkısının göreceli önemleri ile her bir hedefin ölçütler yönünden üstünlükleri, yargılar yolu ile ikili karşılaştırmalarda belirlenir (Saaty, 1995) (Çizelge 4).

### 3.2.5. AHS'de öz vektörün (Görelî önem vektörünün) belirlenmesi

İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonraki adım, ilgili matristeki her bir ögenin diğer öğelere

göre önemini gösteren öz vektörün hesaplanmasıdır (Sipahioğlu, 2008). Matrisin  $n \times 1$  boyutunda öz vektörü şu şekilde belirlenmektedir (Formül 2):

$i=1, 2, 3, \dots, n$  ve  $j=1, 2, 3, \dots, n$  olmak üzere;

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için  $W=[w_i]_{n \times 1}$  şeklindeki sütun vektörlerinin hesaplanması gerekmektedir.  $W$  sütun vektörü, 2 numaralı formülde belirtilen  $b_{ij}$  değerlerinin meydana getirdiği matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalamasından elde edilir.

### 3.2.6. AHS'de öz vektörün tutarlılığı

İkili karşılaştırma matrislerinin her biri için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır (Formül 3). Bu oran için 0,10 üst limiti olması istenir. Oranın 0,10'un üstünde olması, karar vermede tutarsızlık olduğunu ifade eder. Bu durumda, yargılarda iyileştirme gereklidir. A matrisinin en büyük özvektörü ( $\lambda_{max}$ ) hesaplanarak CR değerine ulaşılır (Formül 4).

$i=1, 2, 3, \dots, n$  ve  $j=1, 2, 3, \dots, n$  olmak üzere,

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (3)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (4)$$

Rassallık indeksi (RI), tutarlılık oranının hesaplanması için ihtiyaç duyulan bir başka değerdir. Çizelge 5'de, sabit sayılardan meydana gelen ve  $n$  değerine göre belirlenen RI değerleri yer almaktadır (Güner, 2005). 5 numaralı formüle göre CR değeri hesaplanır.

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1).RI} \quad (5)$$

Çizelge 3. AHS'de kriterler ile alt kriterlere ilişkin öncelikler

Kriterler	Fizyolojik	Edafik	Klimatik	Ekonomik
1	Orta Ağaç Çapı (cm)	Toprak İsteği (Organik Maddece Zenginliği)	Ortalama Yaz Sıcaklığı İsteği (C <sup>0</sup> )	Ağaçlandırma Bedeli (1 ha)
Alt Kriterler	2 Yıllık Ort. Artım (m <sup>3</sup> /ha/yıl)	Yetiştirme Ortamı	Dayanabildiği En Düşük Sıcaklık (C <sup>0</sup> )	Tomruk Satış Fiyatı Ort. (m <sup>3</sup> /TL)
3	Hacim (m <sup>3</sup> /ha)	Su/Nem İsteği	İklim Tipi İsteği	İdare Süresi (yıl)
4		Yaşayabileceği Max Yükseklik (m)	Işık İsteği	

Çizelge 4. AHS'de önem ölçüğü

Sayısal Değer	Tanımlama
1	1. öge 2.'ye göre eşit önemde, kayıtsız.
3	1. öge 2.'ye göre biraz daha önemli
5	1. öge 2.'ye göre fazla önemli.
7	1. öge 2.'ye göre çok fazla önemli.
9	1. öge 2.'ye göre aşırı derecede önemli.
2,4,6,8	Önem açısından ara değerler

Çizelge 5. Rassallık indeksi

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

### 3.2.7. AHS için görüşme yapılacak kişi sayılarının belirlenmesi

Anakütlenin dağılımına bakılmaksızın,  $n \geq 30$  için örneklem ortalaması yaklaşık olarak normal dağılmaktadır. Eğer anakütle normal dağılıma sahipse, örneklem büyüklüğünden bağımsız olarak örneklem ortalaması normal dağılmaktadır (Toscano vd., 2001). Uygulamada anakütle ne şekilde dağılmış olursa olsun,  $n \geq 30$  olduğunda örneklem dağılımının normal dağılıma yakınsadığı görülmüştür (Armutlulu, 2008). Bu kapsamda, AHS hiyerarşisinde Düzey 3 ve 4'de PAT önceliklerini belirlemede kullanılacak kriter ve alt kriterlerin ağırlıklarını saptamak amacıyla esas alınan üç ilgi grubunun (1. Yerel Halk, 2. Kamu Kurumları ve 3. Özel Sektör) her birinden 30 kişi olmak üzere toplamda 90 kişi ile anket yapılmıştır. Bu amaçla Kastamonu merkez ve ilçelerinden *katmanlı-basit rasgele örnekleme* yöntemine (Kalıpsız, 1994) göre anket yapılacak bireyler belirlenmiştir.

### 3.2.8. Anket formlarının hazırlanması ve uygulanması

AHS analizi gereği her bir düzey için farklı bilgi ve anket formları hazırlanmış ve araştırmacılar tarafından yüz-yüze görüşme usulüyle uygulanmıştır. Düzey 2'de ilgi gruplarının önem düzeylerini belirlemek amacıyla kamu kurumları, özel sektör ve yerel halkların kapsam ve tanımları ile ikili karşılaştırma ölçekleri oluşturulmuştur. Düzey 3'de *fizyolojik, edafik, iklimik, ekonomik kriterlerin* ve Düzey 4'de yer alan alt kriterlerin önem düzeylerini belirlemek için, söz konusu kriterlerin ve alt kriterlerin kapsam ve tanımları ile *İkili Karşılaştırma Ölçeği*ni içeren bilgiler belirtilmiştir. Hazırlanan bilgi formu ve anketler PAT için belirlenen kriter ve alt kriterlere göre önceliklendirilmesi amacıyla her bir ilgi grubuna sunulmuştur. Bu sayede Düzey 5'de yer alan PAT'lar önceliklendirilerek en uygun ağaç türü belirlenmiştir.

### 3.2.9. AHS hesaplamaları

Bu aşamada hiyerarşik yapıdaki  $n$  tane ölçütün her birinin meydana getirdiği  $m \times 1$  boyutundaki üstünlük sütun vektörleri bir araya getirilerek  $m \times n$  boyutundaki DW karar matrisi oluşturulur (Formül 6). Elde edilen matrisin ölçütler arası W üstünlük vektörü ile çarpımı sonucunda R sonuç vektörüne ulaşılır (Formül 7).

$i=1, 2, 3, \dots, m$  ve  $j=1, 2, 3, \dots, n$  olmak üzere,

$$DW = [w_{ij}]_{m \times n} \quad (6)$$

$$R = DW \times W \quad (7)$$

AHS'de alt kriter, kriter ve ilgi gruplarının ve dolayısıyla PAT önceliklerinin nasıl hesaplandığını açıklamak amacıyla AHS hesaplama matrisinin teorik yapısı oluşturulmuş (Çizelge 6) ve bu teorik yapıya dayanarak her bir düzey için gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Bu amaçla görüşme yapılan ilgi gruplarından elde edilen AHS anket formları bilgisayar ortamına girilmiştir. Her bir ilgi grubuna yönelik Microsoft Excel çalışma sayfaları düzenlenerek AHS analizinde kullanılan özet veri setleri oluşturulmuştur. Böylece AHS hiyerarşisinin en alt düzeyinden (Düzey 5) başlayarak yukarıya doğru, her bir düzeyde elde edilen önem (öncelik) düzeyi değerleri bir üstündeki önem düzeyi değerleri ile çarpılmak suretiyle Düzey 1'de belirtilen amaca ulaşılmıştır.

## 4. Bulgular ve tartışma

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen AHS bulguları derlendiğinde EA'lar için önemli sonuçlar elde edilmiştir. Kamu kurumları, özel sektör ve yerel halkın katılımı ile gerçekleştirilen çalışmada, EA alan sınıflamasında Kastamonu ilindeki "çok iyi" sınıfında olan potansiyel alanlar için 8 PAT (radiata çamı, sahil çamı, duglas göknarı, kızılbaş, kızılçam, dişbudak, I-214 melez kavak, okaliptus) için 4 farklı değerlendirme kriteri (ekonomik, edafik, fizyolojik, iklimik) ve 14 alt kriter belirlenmiştir. Elde edilen veriler AHS ile analiz edilerek EA alanları için uygulanacak tür önceliklendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle hem 4 farklı kriter ve alt kriterlerin aynı anda değerlendirilmesi yapılmış hem de tüm ilgi gruplarının öncelikleri gözetilerek sonuca varılmış ve optimum çözüm bulunmuştur.

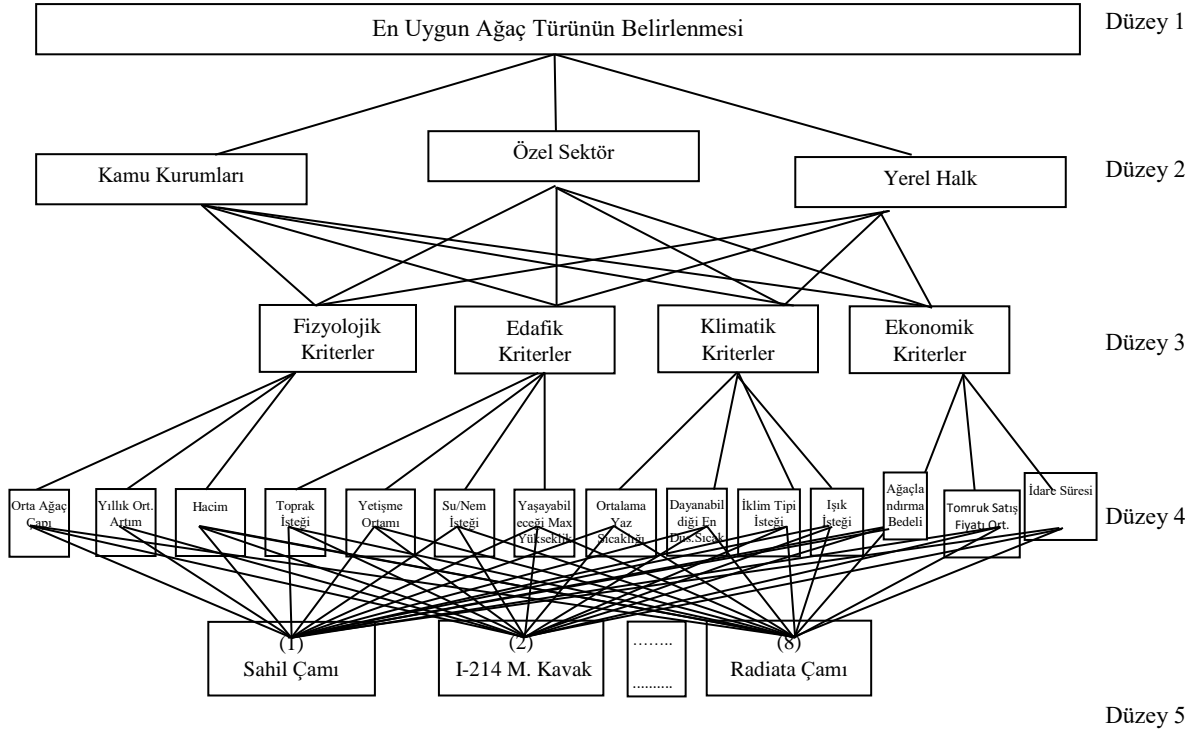
Kastamonu ili potansiyel EA alanları için belirlenen türler içerisinde en uygununun seçimine yönelik yapılan AHS analiz sonuçları Şekil 3-5 ve Çizelge 7-13'de gösterilmiştir.

Çizelge 7'de görüldüğü üzere PAT'ların önceliklendirilmesinde görüşleri en etkili olan grup özel sektör olmuştur. Bunu sırası ile kamu kurumları ve yerel halk izlemektedir.

Çizelge 8 ve Şekil 4'den de anlaşılacağı üzere PAT seçiminde, ilgi grupları tercihlerinin farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Kamu kurumları ekseriyetle fizyolojik kriterlere öncelik verirken, özel sektör ve yerel halk ekonomik kriterleri öne çıkarmaktadır. Tüm ilgi grupları en az öncelik değerini edafik kriterine vermiştir. EA'larda bir projenin geri dönüşüm oranı oldukça önemlidir. Yapılan faaliyetler ve bütçeleme de ekonomik fizibilite ile yakın ilişkilidir. Bu nedenle yapılan yatırımların ne kadar sürede geri döneceği hem yatırım yapan özel sektör hem de bu projelerde istihdam edilecek yerel halk açısından oldukça önemlidir. Kamusal yaklaşımda ise birinci öncelik kar yerine toplumsal sorumluluklardır. Ayrıca proje başarısı için de ağaçlandırma sahalılarının fizyolojik özelliklerinin yatırıma uygun olması gereklidir. Bu nedenle EA'ya tüm ilgi grupları farklı açıdan hassasiyet göstermiştir.

Çizelge 6. AHS hesaplama matrisinin teorik yapısı

Türler	FİZYOLOJİK (V <sub>FİZ</sub> )			EDAFİK (V <sub>EDA</sub> )				KLİMATİK (V <sub>KLM</sub> )				EKONOMİK (V <sub>EKO</sub> )				Toplam Bileşik Önem (Kamu)	Toplam Bileşik Önem (Özel S.)	Toplam Bileşik Önem (Y. Halk)	BÜO Saha Öncelikleri (Bileşik Önem) (Genel)				
	Orta Ağaç Çapı (cm)	Yıllık Ort. Artım (m <sup>3</sup> /ha/yıl)	Hacim (m <sup>3</sup> /ha)	Bileşik Önem 1				Bileşik Önem 2				Bileşik Önem 3								Bileşik Önem 4			
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	Toprak İsteği (Organik Maddece Zenginliği)	Yetiştirme Ortamı	Su/Nem İsteği	Yaşayabileceği Max Yükseklik (m)		Ortalama Yaz Sıcaklığı İsteği (C0)	Dayanabildiği En Düşük Sıcaklık (C0)	İklim Tipi İsteği	İşık İsteği		Ağaçlandırma Bedeli (1 ha)	Tomruk Satış Fiyatı Ort. (m <sup>3</sup> /TL)	İdare Süresi (yıl)		V <sub>K</sub>	V <sub>Ö</sub>	V <sub>Y</sub>			
(1) Sahil Çamı	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	A <sub>11</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	a <sub>14</sub>	A <sub>12</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	a <sub>14</sub>	A <sub>13</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	A <sub>14</sub>	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	T <sub>13</sub>	T <sub>SAHİL Ç.</sub>	
(2) I-214 M. Kavak	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	A <sub>21</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	a <sub>24</sub>	A <sub>22</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	a <sub>24</sub>	A <sub>23</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	A <sub>24</sub>	T <sub>21</sub>	T <sub>22</sub>	T <sub>23</sub>	T <sub>I-214 M. KAV</sub>	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(8) Radiata Çamı	a <sub>81</sub>	a <sub>82</sub>	a <sub>83</sub>	A <sub>81</sub>	a <sub>81</sub>	a <sub>82</sub>	a <sub>83</sub>	a <sub>84</sub>	A <sub>82</sub>	a <sub>81</sub>	a <sub>82</sub>	a <sub>83</sub>	a <sub>34</sub>	A <sub>83</sub>	a <sub>81</sub>	a <sub>82</sub>	a <sub>83</sub>	A <sub>84</sub>	T <sub>81</sub>	T <sub>82</sub>	T <sub>83</sub>	T <sub>RADIATA Ç.</sub>	
FİZYOLOJİK KRİTERLER İTİBARIYLA BİLEŞİK ÖNEM 1									İLGİ GRUPLARI İÇİN TOPLAM BİLEŞİK ÖNEM (PAT ÖNCELİKLERİ)														
(1) Sahil Çamı İçin Bileşik Önem 1 (A <sub>11</sub> ) = a <sub>11</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>12</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>13</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>14</sub> x V <sub>4</sub>									(1) Sahil Çamı İçin = A <sub>11</sub> x V <sub>FİZ</sub> + A <sub>12</sub> x V <sub>EDA</sub> + A <sub>13</sub> x V <sub>KLM</sub> + A <sub>14</sub> x V <sub>EKO</sub> = T <sub>11</sub>														
(2) I-214 M. K. İçin Bileşik Önem 1 (A <sub>21</sub> ) = a <sub>21</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>22</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>23</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>24</sub> x V <sub>4</sub>									(2) I-214 Melez Kavak İçin = A <sub>21</sub> x V <sub>FİZ</sub> + A <sub>22</sub> x V <sub>EDA</sub> + A <sub>23</sub> x V <sub>KLM</sub> + A <sub>24</sub> x V <sub>EKO</sub> = T <sub>21</sub>														
.....									.....														
(8) Radiata Çamı İçin Bileşik Önem 1 (A <sub>81</sub> ) = a <sub>81</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>82</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>83</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>84</sub> x V <sub>4</sub>									(8) Radiata Çamı İçin = A <sub>81</sub> x V <sub>FİZ</sub> + A <sub>82</sub> x V <sub>EDA</sub> + A <sub>83</sub> x V <sub>KLM</sub> + A <sub>84</sub> x V <sub>EKO</sub> = T <sub>81</sub>														
EDAFİK KRİTERLER İTİBARIYLA BİLEŞİK ÖNEM 2									(1) Sahil Çamı İçin = A <sub>11</sub> x V <sub>FİZ</sub> + A <sub>12</sub> x V <sub>EDA</sub> + A <sub>13</sub> x V <sub>KLM</sub> + A <sub>14</sub> x V <sub>EKO</sub> = T <sub>12</sub>														
(1) Sahil Çamı İçin Bileşik Önem 2 (A <sub>12</sub> ) = a <sub>11</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>12</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>13</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>14</sub> x V <sub>4</sub>									.....														
.....									(8) Radiata Çamı İçin = A <sub>81</sub> x V <sub>FİZ</sub> + A <sub>82</sub> x V <sub>EDA</sub> + A <sub>83</sub> x V <sub>KLM</sub> + A <sub>84</sub> x V <sub>EKO</sub> = T <sub>82</sub>														
(8) Radiata Çamı İçin Bileşik Önem 2 (A <sub>82</sub> ) = a <sub>81</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>82</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>83</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>84</sub> x V <sub>4</sub>									(1) Sahil Çamı İçin = A <sub>11</sub> x V <sub>FİZ</sub> + A <sub>12</sub> x V <sub>EDA</sub> + A <sub>13</sub> x V <sub>KLM</sub> + A <sub>14</sub> x V <sub>EKO</sub> = T <sub>13</sub>														
KLİMATİK KRİTERLER İTİBARIYLA BİLEŞİK ÖNEM 3									.....														
(1) Sahil Çamı İçin Bileşik Önem 3 (A <sub>13</sub> ) = a <sub>11</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>12</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>13</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>14</sub> x V <sub>4</sub>									(8) Radiata Çamı İçin = A <sub>81</sub> x V <sub>FİZ</sub> + A <sub>82</sub> x V <sub>EDA</sub> + A <sub>83</sub> x V <sub>KLM</sub> + A <sub>84</sub> x V <sub>EKO</sub> = T <sub>83</sub>														
.....									Genel (1) Sahil Çamı = T <sub>11</sub> x V <sub>K</sub> + T <sub>12</sub> x V <sub>Ö</sub> + T <sub>13</sub> x V <sub>Y</sub> = T <sub>SAHİL Ç.</sub>														
(8) Radiata Çamı İçin Bileşik Önem 3 (A <sub>83</sub> ) = a <sub>81</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>82</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>83</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>84</sub> x V <sub>4</sub>									.....														
EKONOMİK KRİTERLER İTİBARIYLA BİLEŞİK ÖNEM 4									Genel (8) Radiata Çamı = T <sub>81</sub> x V <sub>K</sub> + T <sub>82</sub> x V <sub>Ö</sub> + T <sub>83</sub> x V <sub>Y</sub> = T <sub>RADIATA Ç.</sub>														
(1) Sahil Çamı İçin Bileşik Önem 4 (A <sub>13</sub> ) = a <sub>11</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>12</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>13</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>14</sub> x V <sub>4</sub>																							
.....																							
(8) Radiata Çamı İçin Bileşik Önem 4 (A <sub>83</sub> ) = a <sub>81</sub> x V <sub>1</sub> + a <sub>82</sub> x V <sub>2</sub> + a <sub>83</sub> x V <sub>3</sub> + a <sub>84</sub> x V <sub>4</sub>																							



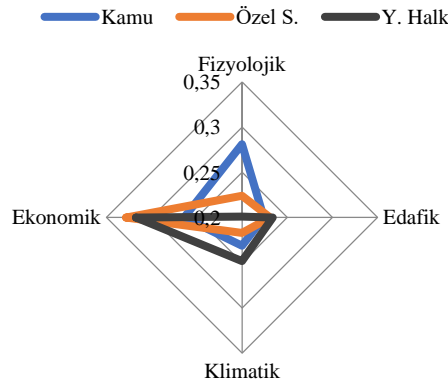
Şekil 3. En uygun ağaç türünün belirlenmesine yönelik AHS karar hiyerarşisi

Çizelge 7. İlgili gruplarının öncelik değerleri ve sıralaması

İlgili Grupları	Öncelik Değeri	Sıralama
Kamu Kurumları	0,332	2
Özel Sektör	0,401	1
Yerel Halk	0,267	3
<i>Tutarlılık Oranı</i>	<i>0,091</i>	

Çizelge 8. İlgili gruplarına göre kriterlerin öncelik değerleri

Kriterler	İlgili grupları			Genel	Sıralama
	Kamu kurumları	Özel sektör	Yerel halk		
Fizyolojik	0,281	0,224	0,201	0,235	2
Edafik	0,224	0,231	0,234	0,230	4
Klimatik	0,231	0,217	0,248	0,232	3
Ekonomik	0,264	0,328	0,317	0,303	1
<i>Tutarlılık Oranı</i>	<i>0,081</i>	<i>0,083</i>	<i>0,071</i>	<i>0,078</i>	



Şekil 4. AHS karar hiyerarşisinde ilgili gruplarının kriterlere verdiği önem düzeyleri

Çizelge 9’da görüldüğü üzere, 8 PAT arasında fizyolojik alt kriterler açısından genel sıralamada 0,180 ile ilk önceliği sahil çamı almaktadır. Daha sonra 0,154 ile I-214 melez kavak ve 0,144 ile radiata çamı gelmektedir.

Çizelge 10 incelendiğinde, edafik alt kriterler açısından yapılan değerlendirmede ise, genel sıralamaya göre kızılçam 0,179 ile ilk öncelikte yer almıştır. Onu sırasıyla 0,169 ile dişbudak ve 0,161 ile sahil çamı izlemektedir (Çizelge 10).

Çizelge 11bize Klimatik alt kriterlere göre 0,152 ile ilk sırada radiata çamının, 2. ve 3. sırada ise Dibudak ve melez kavağın geldiğini göstermektedir.

Çizelge 12 incelendiğinde Ekonomik alt kriterlere göre de 0,152 ilk sırada duglas göknarının olduğu görülmektedir. 2. ve 3. sırada ise dişbudak ve radiata çamı gelmektedir.

Kriterler ve alt kriterlere yönelik değerlendirmeler göstermiştir ki her bir kriter için bulunan genel öncelik değerleri birbirinden farklıdır. Keza her bir kriter kendi özelliği doğrultusunda PAT’ları önceliklendirmektedir. Dolayısıyla ortaya çıkan bu tablo yadırganmamalıdır.

Çizelge 9. İlgili gruplarına göre Fizyolojik alt kriterlerin öncelik değerleri

PAT	Fizyolojik Alt Kriterler			Genel	Sıralama
	Orta Ağaç Çapı (cm)	Yıllık Ort. Artım (m <sup>3</sup> /ha/yıl)	Hacim (m <sup>3</sup> /ha)		
Sahil Çamı	0,192	0,192	0,162	0,180	1
I-214 Melez Kavak	0,174	0,174	0,121	0,154	2
Kızılçam	0,144	0,144	0,120	0,135	4
Okaliptus	0,089	0,089	0,074	0,083	7
Dişbudak	0,108	0,108	0,162	0,129	5
Duglas Göknarı	0,070	0,070	0,078	0,073	8
Kızılağaç	0,084	0,084	0,130	0,102	6
Radiata Çamı	0,138	0,138	0,153	0,144	3
<i>Tutarlılık Oranı</i>	<i>0,088</i>	<i>0,081</i>	<i>0,079</i>	<i>0,083</i>	

Çizelge 10. İlgili gruplarına göre Edafik alt kriterlerin öncelik değerleri

Edafik Alt Kriterler	Edafik Alt Kriterler				Genel	Sıralama
	Toprak İsteği (Organik Maddece Zenginliği)	Yetiştirme Ortamı	Su/Nem İsteği	Yaşayabileceği Max Yükseklik (m)		
Sahil Çamı	0,176	0,192	0,200	0,075	0,161	3
I-214 Melez Kavak	0,176	0,038	0,067	0,124	0,106	6
Kızılçam	0,176	0,192	0,200	0,149	0,179	1
Okaliptus	0,059	0,077	0,067	0,075	0,069	8
Dişbudak	0,059	0,192	0,200	0,248	<b>0,169</b>	2
Duglas Göknarı	0,118	0,115	0,067	0,155	0,114	5
Kızılağaç	0,059	0,038	0,067	0,124	0,072	7
Radiata Çamı	0,176	0,154	0,133	0,050	0,130	4
<i>Tutarlılık Oranı</i>	<i>0,089</i>	<i>0,073</i>	<i>0,072</i>	<i>0,079</i>	<i>0,078</i>	

Çizelge 11. İlgili gruplarına göre Klimatik alt kriterlerin öncelik değerleri

Edafik Alt Kriterler	Klimatik Alt Kriterler İlgili				Genel	Sıralama
	Ortalama Yaz Sıcaklığı İsteği (C <sup>0</sup> )	Dayanabildiği En Düşük Sıcaklık (C <sup>0</sup> )	İklim Tipi İsteği	Işık İsteği		
Sahil Çamı	0,235	0,158	0,059	0,043	0,125	6
I-214 Melez Kavak	0,059	0,158	0,235	0,087	0,137	3
Kızılçam	0,118	0,158	0,059	0,087	0,106	7
Okaliptus	0,059	0,105	0,059	0,087	0,078	8
Dişbudak	0,059	0,158	0,176	0,174	0,142	2
Duglas Göknarı	0,176	0,053	0,118	0,174	0,128	5
Kızılağaç	0,118	0,105	0,176	0,130	0,132	4
Radiata Çamı	0,176	0,105	0,118	0,217	0,152	1
<i>Tutarlılık Oranı</i>	<i>0,089</i>	<i>0,073</i>	<i>0,072</i>	<i>0,079</i>	<i>0,078</i>	

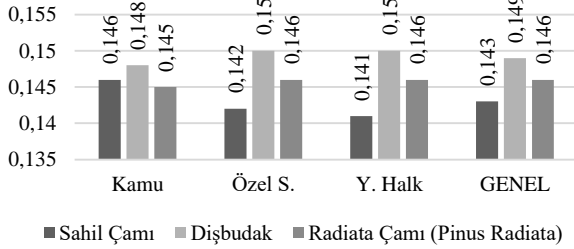
Çizelge 12. İlgili gruplarına göre Ekonomik alt kriterlerin öncelik değerleri

PAT	Ekonomik Alt Kriterler			Genel	Sıralama
	Ağaçlandırma Bedeli (1 ha)	Tomruk Satış Fiyatı Ort. (m <sup>3</sup> /TL)	İdare Süresi (yıl)		
Sahil Çamı	1	0,079	0,134	0,113	<b>5</b>
I-214 Melez Kavak	0,133	0,090	0,064	0,096	7
Kızılçam	0,124	0,077	0,160	0,122	4
Okaliptus	0,125	0,052	0,053	0,078	8
Dişbudak	0,124	0,127	0,214	0,156	2
Duglas Göknarı	0,123	0,239	0,160	0,172	1
Kızılağaç	0,124	0,097	0,107	0,110	6
Radiata Çamı	0,123	0,239	0,107	0,154	3
<i>Tutarlılık Oranı</i>	<i>0,091</i>	<i>0,088</i>	<i>0,089</i>	<i>0,089</i>	



Çizelge 13. İlgi grupları itibariyle PAT öncelikleri

PAT	Kamu Kurumları		Özel Sektör		Yerel Halk		Genel (Tüm İlgi grupları)	
	Öncelik Değ.	Sıra	Öncelik Değ.	Sıra	Öncelik Değ.	Sıra	Öncelik Değ.	Sıra
Sahil Çamı	0,146	2	0,142	3	0,141	3	0,143	3
I-214 Melez Kavak	0,124	5	0,120	6	0,120	6	0,121	6
Kızılcım	0,135	4	0,135	4	0,134	4	0,135	4
Okaliptus	0,077	8	0,077	8	0,077	8	0,077	8
Dişbudak	0,148	1	0,150	1	0,150	1	0,149	1
Duglas Göknaarı	0,121	6	0,127	5	0,128	5	0,125	5
Kızılağaç	0,104	7	0,104	7	0,105	7	0,104	7
Radiata Çamı	0,145	3	0,146	2	0,146	2	0,146	2
<i>Tutarlılık Oranı</i>	0,082		0,074		0,077		0,078	



Şekil 5. İlgi grupları itibariyle ilk üç öncelikteki PAT'ın grafik gösterimi

Çizelge 13 ve Şekil 5 incelendiğinde, AHS ile yapılan analiz sonucunda, ilgi gruplarının tümünde PAT önceliğini dişbudak türünün aldığı görülmektedir. Keza her bir ilgi grubunda öncelik değeri değişse bile birinci sıralamada olan tür her ilgi grubunda dişbudak olmuştur. Radiata çamı ise kamu kurumları hariç diğer iki ilgi grubunda ve genel değerlendirmede ikinci sırada, sahil çamı da benzer şekilde üçüncü sırada yer almıştır. Sıralamada son sıralarda ise kızılbaş ve okaliptus vardır. İlgi gruplarının tümünde ve genel ortalamada ilk üç sıradaki PAT; dişbudak, sahil çamı ve radiata çamı olarak belirlenmiştir.

Ağaç türü seçimlerinde yapılan benzer bazı çalışmalarda bulunmaktadır. Çin'de yapılan bir çalışmada da EA için yapılan tür seçiminde artım, adaptasyon, dikim özellikleri ve ekonomik özellikler ağaç türü seçiminde belirlenen kriterler olmuştur. Saha araştırmaları ve literatür taraması sonucunda belirlenen 20 ağaç türü üzerinden yapılan AHS analiz sonucuna göre güneybatı Zhejiang bölgesi için *Toona ciliata* var. *pubescens*, *Choerospondias axillaris*, *Toona sinensis*, *Alnus cremastogyne* ve *Populus deltoides* EA için uygun türler olarak belirlenmiştir (Liu ve Wang, 2006). Çok kriterli karar sistemleri ile Kuzey Etyopya yaylaları için yapılan bir başka çalışmada da yerel ağaçlandırma çalışmalarının, çok çeşitli işlevleri yerine getiren türlere odaklanması gerektiğini belirtmektedir. Çalışmada potansiyel olarak değerli olan 91 tür içerisinde yerel ve ekolojik bilgiler ışığında belirlenen 45 özneliğe göre yapılan analiz sonucunda, *Cordia africana*, *Dodonaea angustifolia*, *Eucalyptus spp.*, *Acacia abyssinica*, *Acacia saligna*, *Olea europaea* ve *Faidherbia albida* türleri alanda yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında öncelikli türler olarak belirlenmişlerdir (Reubens vd., 2011).

## 5. Sonuçlar ve öneriler

Yoğun endüstriyel gelişim ve nüfus artışına bağlı olarak ormanlar üzerindeki artan baskı ve iklim değişikliği gibi sorunlar ormanların korunması ve geliştirilmesinin gerekliliğini oldukça önemli hale getirmiştir. Bu nedenle EA'lar artık stratejik bir öneme sahiptir. Doğal ormanların ve fonksiyonlarının korunması aynı zamanda odun talebinin karşılanması için EA yatırımları artırılarak geliştirilmesi gerekmektedir.

Kastamonu ili potansiyel endüstriyel ağaçlandırma alanları için kamu, özel sektör ve yerel halkın görüş ve isteklerinin ele alınarak en uygun türün belirlenmesi amacı ile yapılan AHS analizi sonucunda, sahil çamı, melez kavak, kızılbaş, okaliptus, dişbudak, duglas göknarı, kızılbaş ve radiata çamı türleri arasında yapılan önceliklendirmede dişbudak bu alanlar için ilk öncelikli tür olarak belirlenmiştir. Kastamonu ili sınırları içerisinde yapılacak EA yatırımlarında öncelikli olarak dişbudak, radiata çamı ve sahil çamının kullanılması yatırımlardan elde edilecek faydanın maksimize edilmesini sağlayacaktır.

EA yatırımlarının istihdama katkısı, kısa idare süreleri ile işletilmesi gibi özellikleri nedeniyle ekonomiye yapacağı pozitif katkı oranı yüksektir. Bu kapsamda yatırımların özellikleri bakımından en yüksek verimin alınabilmesi için gerekli olan en uygun tür seçiminin AHS ve benzer metotlarla her yöre için analiz edilmesi ve en uygun türlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu analizlerin uygulanmasıyla birçok faktör dikkate alınmakta ve farklı ilgi gruplarının öncelikleri de değerlendirilebilmektedir. Bu ve benzer çalışmalar göstermektedir ki hem EA'larda hem de diğer ağaçlandırma çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması araştırmanın başarısını ve tutarlılığını arttırmaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (KÜ-BAP 01/ 2015-33). FPS COST Action FP1403 Non-native tree species for european forests - experiences, risks and opportunities (NNEXT).

**Kaynaklar**

- Aguirre-Salado, C.A., Valdéz-Lazalde, J.R., Sánchez-Díaz, G., Miranda-Aragón, L., Aguirre-Salado, A.I., 2015. Modelling site selection for tree plantation establishment under different decision scenarios. *Journal of Tropical Forest Science*, 27(3): 298-313.
- Akalp, T., 1982. Orman hasılatı ve biyometri kürsüsünce hızlı gelişen türler üzerine yürütülmüş araştırmalar. Türkiye’de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu, 21-27 Eylül 1982, Ankara, s. 231-237.
- Anderson, R.E., Babin, B.J., Black, W.C., Hair, J.F.Jr., 2010. *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. Pearson Education. New York.
- Anonim, 2001. Ormancılık özel ihtisas komisyonu raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT Yayınları, 2531/547.
- Armutlu, İ.H., 2008. *İşletmelerde Uygulamalı İstatistik*, Alfa, İstanbul.
- Ayan, S., Sivacioglu, A., 2006. Review of the fast growing forest tree species in Turkey. *Boletín del CIDEU*, 2, 57-71.
- Birler, A.S., 1998. Endüstriyel Plantasyonlar (Orman Ağaçları Tarımı). Çevre ve İnsan. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları, Anadolu Üniversitesi, 1017: 175-188.
- Birler, A.S., 2009. Endüstriyel Orman Ağaçlandırmaları. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın, 4: 256.
- Boydak, M., Çalışkan, S., 2014. Ağaçlandırma, Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı, ISBN: 978-975-93943-8-7, İstanbul.
- Brockhause, M., Botoni, E., 2009. Ecosystem services-local benefits, global impacts. *Rural 21 The International Journal for Rural Development*, 43(1/2009): 8-32.
- ÇEM, 2017. Orman tesis çalışmaları. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara. [http://www.cem.gov.tr/EROZYON/FILES/İSTATİSTİK\\_LER2016/ORMAN%20TES%20C4%B0S%20C3%87A\\_LI%C5%9EMALARI/TES%20C4%B0S-GRAF%C4%B0K.PDF](http://www.cem.gov.tr/EROZYON/FILES/İSTATİSTİK_LER2016/ORMAN%20TES%20C4%B0S%20C3%87A_LI%C5%9EMALARI/TES%20C4%B0S-GRAF%C4%B0K.PDF), Erişim: 12.01.2018
- Con, E., Fındık, S., Gem, E., Yener, Y., Korkmaz, M., Ateşoğlu, A., vd., 2013. Potansiyel ağaçlandırma sahaları veritabanı ile havza izleme sisteminin geliştirilmesi projesi” mevcut durum analizi ve ihtiyaçların tespiti teknik danışmanlık hizmeti. CEM-PRJ-Model İhtiyaç Analizi Raporu, Proje Kodu: Y401-G500000, TÜBİTAK-BİLGEM, Kocaeli. [http://www.gonder.org.tr/wp-content/uploads/2014/06/CEM-PRJ-ModelİhtiyaçAnalizi\\_Raporu.pdf](http://www.gonder.org.tr/wp-content/uploads/2014/06/CEM-PRJ-ModelİhtiyaçAnalizi_Raporu.pdf), Erişim: 07.01.2018
- Diaz-Balteiro, L., Romero, C., 1998. Modeling timber harvest scheduling problems with multiple criteria: an application to Spain. *Forest Science*, 44(1): 47-57.
- Dhar, A., Ruprecht, H., Vacik, H., 2008. Population viability risk management (PVRM) for in situ management of endangered tree species—a case study on a *Taxus baccata* L population. *Forest Ecology and Management*, 255: 2835–2845.
- Eyüpoğlu, A.K., Atasoy, H., 1986. Doğu Karadeniz Bölgesinde Hızlı Büyüyen Bazı Ağaç Türleri Eliminasyon Denemesi Sonuçları. Ağaçlandırma Araştırmaları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını, Teknik Bülten, 162-163: 31-61.
- FAOSTAT, 2017. Forest Land. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GF>, Accessed: 11.01.2018
- Gaddas, R.R., 1976. Industrial forestry plantations Turkey, selection and evaluation of sites for mechanized industrial plantations in Turkey. FO: DP/TUR/71/121 Working Document No.25, UNDP, FAO of the United Nations. Rome, Italy.
- Geray, A.U., Şafak, İ., Yılmaz, E., Kiracıoğlu, Ö., Başar, H., 2007. İzmir İlinde Orman Kaynaklarına İlişkin İşlev Önceliklerinin Belirlenmesi. Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No: 46, Teknik Bülten No:35: 137.
- Güner, H., 2005. Bulanık AHP ve bir işletme için tedarikçi seçimi probleminin uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Güngör, E., 2011. Orman kaynaklarının bütünleşik işlevsel yönetim planlaması. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Güngör, E., Ayhan, A. B., 2016. Bartın yöresi orman kaynaklarının bal üretim potansiyeli ve ekonomik değeri. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1): 108-116.
- Güngör, E., Şen, G., 2017. Determination of honey production forest field selection with analytic hierarchy process (AHP). IV. International Multidisciplinary Congress of Euroasia (IMCOFE), 23-25 August, Rome, Italy. Available at: [http://www.imcofe.org/2017/roma/Download/imcofe\\_V\\_7.pdf](http://www.imcofe.org/2017/roma/Download/imcofe_V_7.pdf)
- Gürses, M.K., 1990. Dünya’da ve Türkiye’de okaliptus, kavak ve hızlı Gelişen yabancı tür olanaklarının araştırılması. *Araştırma Enstitüsü Dergisi* 1990/1: 1-19.
- Kalıpsız, A., 1994. *Statistical Methods*. IU Forestry Faculty Publication, 294:1994: 211, İstanbul.
- Kangas, J., 1994. An approach to public participation in strategic forest management planning. *Forest Ecology and Management*, 70(1): 75-88.
- Kangas, J., Kuusipalo, J., 1993. Integrating biodiversity into forest management planning and decision-making. *Forest Ecology and Management*, 61(1): 1-15.
- Kangas, J., Pesonen, M., Kurttila, M., Kajanus, M., 2001. A’WOT: Integrating the AHP with SWOT Analysis, ISAHP 2001, Berne, Switzerland.
- KUZKA, 2013. 2014-2023 TR82 Düzey 2 Bölgesi Kastamonu-Çankırı-Sinop illeri Bölge Planı. Bölge Planı Kuzey Anadolu kalkınma Ajansı. [https://www.kuzka.gov.tr/paylasim/20160401\\_tr82\\_bolge\\_plani\\_\(WEB\).pdf](https://www.kuzka.gov.tr/paylasim/20160401_tr82_bolge_plani_(WEB).pdf), Erişim: 06.01.2018
- Liu, X., Wang, Z., 2006. Evaluation and selection of broadleaved tree species for fast-growing industrial plantation in Southwest Zhejiang. *Forest Research*, Beijing, 19(4): 497-503.
- Mendoza, G.A., Sprouse, W., 1989. Forest planning and decision making under fuzzy environments: an overview and illustration. *Forest Science*, 35(2): 481-502.

- Mendoza, G., Prabhu, R., 2000a. Multiple criteria decision making approaches to assessing forest sustainability using criteria and indicators: a case study. *Forest Ecology and Management*, 131: 107–126.
- Mendoza, G., Prabhu, R., 2000b. Development of a methodology for selecting criteria and indicators of sustainable forest management: a case study on participatory assessment. *Environmental Management*, 26(6): 659–673.
- Mendoza, G.A., Dalton, W.J., 2005. Multi-stakeholder assessment of forest sustainability: multi-criteria analysis and the case of the Ontario forest assessment system. *The Forestry Chronicle*, 81(2): 222-228.
- OGM, 2017a. Orman Genel Müdürlüğü 2017 Performans Programı, Orman Genel Müdürlüğü, : <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/PerformansProgrami/OGM%202017%20YILI%20PERFORMANS%20PROGRAMI.pdf>, Erişim: 09.01.2018
- OGM, 2017b. Orman Genel Müdürlüğü Faaliyet Raporu (2017), Orman genel Müdürlüğü <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/FaaliyetRaporu/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCr%C3%BCl%C4%9F%C3%BC%202017%20Y%C4%B1%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf>, Erişim: 12.01.2018
- OGM, 2017c. İllere göre orman varlığı, Orman Genel Müdürlüğü <https://www.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarimiz/İllere-Gore-Orman-Varligi.aspx> Erişim: 05.02.2018
- Özel, H.B., Karayılmazlar, S., Demirci, A., 2014. Bartın havzasında analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemiyle Akdeniz çam türleri (*Pinus brutia* Ten. ve *Pinus pinea* L.) kullanılarak yapılacak ağaçlandırma çalışmaları için yer seçimi. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu “Akdeniz ormanlarının geleceği: Sürdürülebilir toplum ve çevre, 22-24 Ekim 2014, Isparta, s. 104-110.
- Pereira, J.M., Duckstein, L., 1993. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. *International Journal of Geographical Information Science*, 7(5): 407-424.
- Reubens, B., Moeremans, C., Poesen, J., Nyssen, J., Tewoldeberhan, S., Franzel, S., Deckers, J., Orwa, C., Muys, B., 2011. Tree species selection for land rehabilitation in Ethiopia: from fragmented knowledge to an integrated multi-criteria decision approach. *Agroforestry Systems*, 82(3): 303-330.
- Saatçioğlu, F., 1962. Belgrad ormanında Euramerik Karakavak (*Populus euroamericana* Dode Guinier) melezlerinde yapılan plantasyon denemeleri ve 10 yıllık sonuçları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt 12 (A): 2.
- Saaty, T.L., 1977. A scaling method for priorities in a hierarchical structure. *Journal of Mathematical Psychology*, 15: 234–281.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw–Hill, New York.
- Saaty, T.L., 1995. *Decision Making for Leaders: the Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International of Journal Services Sciences*, 1: 83–98.
- Sipahioğlu, Ö., 2008. Farklı risk gruplarındaki ergenlerin psikolojik sağlıklarının incelenmesi. Yüksek lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Store, R., Kangas, J., 2001. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. *Landscape and urban planning*, 55(2): 79-93.
- Şen, G., Toksoy, D., 2006. Türkiye’de nüfus-orman ilişkisi. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 26-28 Mayıs 2006, Ilgaz, Çankırı, s.108-117.
- Şimşek, Y., Tulukçu, M., Toplu, F., Akkan A. ve Avcıoğlu, E., 1985. Türkiye’ye İthal Edilen Hızlı Büyüyen Yabancı Türlerin Büyümeleri Üzerine Araştırmalar. Ormancılık Araştırma enstitüsü Yayını, Teknik Bülten Serisi, 132: 128.
- TKA, 2008. İller için gelecek stratejileri. Kastamonu gelecek stratejisi sonuç raporu, TEB KOBİ Akademi. <https://www.teb.com.tr/document/kastamonu.pdf>, Erişim: 07.02.2018.
- Tolunay, A., 1988. Çal yöresinde özel orman işletmeciliği ve özel ağaçlandırmalar. *orman ve Av Dergisi*, Yıl: 63, Cilt: 63, Sayı: 1-2-3-4, Ankara, Türkiye.
- Tolunay, A., 1999. Ağaçlandırma çalışmalarının dünü, bugünü ve geleceğine ilişkin görüşler. *AGM Bülteni*, Ağustos, Sayı: 69, Ankara, Türkiye.
- Tolunay, A., Akyol, A., 2006. Çal yöresinde özel orman işletmeciliği ve özel ağaçlandırmalar: mevcut durum, darboğazlar ve çözüm önerileri. *Çal Sempozyumu*, 1-3 Eylül 2006, Denizli.
- Toscano, M., Toscano, N., Ramsey, P.P., Smidt, R.K., 2001. *Instructor's Solutions Manual [for] Applied Statistics for Engineers and Scientists: Using Microsoft Excel and Minitab [by] David M. Levine, Patricia P. Ramsey, Robert K. Smidt*. Prentice Hall.
- Tulukçu, M., Tunçtaner, K., Toplu, F., 1991. Marmara ve Batı Karadeniz Bölgesinde *Pinus taeda* L. ve *Pinus elliottii* Engelm. orijinlerinin üzerine araştırmalar. Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten: 152: 30.
- Tunçtaner, K., 1998. Yabancı tür ithal çalışmaları ve endüstriyel plantosyanlar için tür seçimi. Workshop Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar, 8-9 Aralık 1998, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Turan, H., 1982. Türkiye’de hızlı gelişen türlerle ağaçlandırmaların tarihçesi. Türkiye’de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu, 21-26 Eylül 1982, Ankara, s.27-36.
- URL1. Endüstriyel ağaçlandırmalarda kullanılan türler. KTÜ Silvikültür ders sunumları [http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/silvikultur\\_0ca92.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/silvikultur_0ca92.pdf), Erişim: 01.01.2018
- Ürgenç, S., 1972. Hızlı gelişen bazı egzotik (yabancı) iğne yapraklı ağaç türlerinin Türkiye’ye ithali ve yetiştirilmesi imkanları üzerine araştırmalar. *İ.Ü. Orman Fak. 1750/188*: 197.
- Ürgenç, S., Boydak, M., 1985. Türkiye’de orman içi ve orman dışı ağaçlandırma çalışmalarının bugünkü durumu ve hedefleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, 35(2): 8-18.

- Wilkinson, C.F., Anderson, H.M., 1985. Land and resource planning in the national forests. Oregon Law Review. 64(1/2): 1-363.
- Yılmaz, E., 1999. Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılarak çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 16(5): 95-122.
- Yılmaz, E., 2004. Orman kaynaklarının işlevsel bölümlenmesine ilişkin çözümler. Doktora Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, E., 2007. A'WOT tekniği kullanarak katılımcı yaklaşımla proje değerlendirme. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, DOA Dergisi, Sayı: 132: 1-16.
- Yılmaz, H., Surat, H., 2015. Analitik hiyerarşi süreci kullanılarak en uygun ekoturizm etkinliğinin belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 16(2): 164-176.

## Orman kaynaklarına ilişkin toplumsal algının incelenmesi (Çankırı kent merkezi örneği)

Üstüner Birben<sup>a</sup>, H. Emre Ünal<sup>a,\*</sup>, Ali Karaca<sup>b</sup>

**Özet:** Orman kaynaklarının sürdürülebilirliği her şeyden önce toplumun bu kaynaklara ilişkin algısı ile ilgilidir. Kaynak değerine zarar vermeden etkin bir koruma-kullanma dengesi ile gerçekleştirilecek faydalanma düzeni, gelecek kuşakların da bu kaynaklardan yararlanmasını garanti altına alacaktır. Dolayısı ile toplumun bu konudaki farkındalık düzeyi ve algısı, olumsuz yönde kaynağın tamamıyla tüketilmesi veya yok olmasına neden olabileceği gibi olumlu yönde sürdürülebilir kullanma ve faydalanmanın sağlanmasına da önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışma Çankırı ili kent merkezinde ormana ilişkin algıyı ortaya koymak amacıyla yüz yüze anket yöntemi kullanılarak 460 denek ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler sosyal bilimler için istatistik paket programı (SPSS 18) kullanılarak Ki-Kare analizi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca Basit Uyum Analizi tekniği kullanılarak eğitim değişkeni kategorileri ile ormanın biyoçeşitliliğin korunmasına etkisi sorusuna verilen cevap kategorileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda Çankırı ili kent merkezinde ormana ilişkin algının genel olarak “ağaç”, “yeşillik” ve “piknik” ekseninde şekillendiği tespit edilmiştir. Orman idaresinin konu hakkında birçok çalışması bulunmasına karşın, yaptığı çalışmaları ve kendisini topluma tam anlamıyla tanıtamadığı/anlatamadığı anlaşılmaktadır. Buna karşın eğitim durumunun, orman algısında en etkili değişken olduğu saptanmıştır. Dolayısı ile toplumun orman algısını geliştirmek ve şekillendirmek, ilgili faaliyetlerinde toplumun anlayış ve desteğini kazanmak adına halkla ilişkilere daha fazla yer verilmesi gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Orman, Toplum, Algı, Çankırı

## Examination of the perception of society related to forest resources (Case of Çankırı city center)

**Abstract:** Sustainability of forest resources is, first and foremost, related with the perception of society to these resources. The scheme of utilization with an effective protection-use balance without damaging the resource value will also ensure future generations to be able to benefit from these resources. Therefore, the level of awareness and perception of the society in this context may lead to the complete depletion and destruction of the resource, as well as the potential for sustainable long-term use and utilization. This study was carried out with 460 subjects using face-to-face survey method in order to reveal the forest perception in Çankırı city center. The obtained data were evaluated by Chi-square using statistical package program (SPSS 18). Furthermore, with the Simple Correspondence Analysis, the relationship between educational categories and categorized responses to the impact of the forest to conservation of the biological diversity was examined. As a result of the analyzes, it has been determined that the forest perception in Çankırı province is generally formed on the axis of “tree”, “foliage” and “picnic”. Despite the fact that the forest administrations have many studies on the subject, it is understood that they cannot fully express/explain themselves and their works. On the other hand, it was determined that the educational situation was the most effective variable in forest perception. Therefore, in order to develop and shape the forest perception of the society, it is necessary to give more education and publicity studies in this subject.

**Keywords:** Forest, Society, Perception, Çankırı

### 1. Giriş

Tarihin ilk dönemlerinden itibaren insanoğlunun önemli barınma ve beslenme ihtiyaçlarını karşılayan ormanlar, doğal çevrenin en önemli bileşenlerindedir. Orman kaynaklarından, genel olarak odun hammaddesi üretmek amacıyla yararlanılmasına karşın, ormanlar birçok ekonomik, ekolojik ve çevresel işlevleri de yerine getirmektedirler (Şafak ve Gül, 2012). Günümüze değin birçok değişim ve gelişim evresi geçiren bu kullanma/yararlanma/tüketim süreci insanların ormanlar ve doğayla olan etkileşimi, ihtiyaçlarının eğilimi ölçüsünde

gelişerek değişmiştir. Bu etkileşim sosyal ve ekonomik nitelikli ara değişkenler vasıtası ile gerçekleşmektedir. Örneğin nüfusun büyüklüğü, dağılımı ve artış hızı; toprak ve gelir dağılımı, tüketim seviyesi gibi ekonomik ve sosyal değişkenler üzerinde etkili olmakta, bunlar da orman kaynaklarının kullanımını alan ve verimlilik olarak etkilemektedirler. Nihayetinde, nüfus/nüfus artışı, orman kaynakları üzerinde talebi etkileyen ve çevrenin bozulmasına yol açan önemli faktörlerden birisidir (Şen ve Toksoy, 2006). Dolayısı ile insan ve doğa arasındaki ilişkilerde “sürdürülebilir” bir denge kurulabilmesi için, ekolojik/çevresel farkındalığı artıracak yeni bir bakış

✉ <sup>a</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Ekonomisi Anabilim Dalı, Çankırı

<sup>b</sup> Serbest Orman Mühendisi, Çankırı

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): hemre@karatekin.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 13.02.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.03.2018



**Citation** (Atf): Birben, Ü., Ünal, H.E., Karaca, A., 2018. Orman kaynaklarına ilişkin toplumsal algının incelenmesi (Çankırı kent merkezi örneği). Turkish Journal of Forestry, 19(1): 76-82.

DOI: [10.18182/tjf.394139](https://doi.org/10.18182/tjf.394139)

açısına, yeni bir anlayışa ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni ekolojik paradigma, ekolojik farkındalık oluşturmada önemini ve bu amaçla ülkelerin sürdürülebilir gelişimine katkı yapacak şekilde çevre eğitiminin ön planda tutulmasına vurgu yapmaktadır (Tunç vd., 2012). Çünkü, çevrenin nasıl algılandığı ve değerlendirildiği, sadece fen bilimleri tarafından ortaya konan doğaya ilişkin verilere bağlı değildir, aynı zamanda bireysel ve sosyal algılamaya ve düşüncelere de bağlıdır (Altunoğlu ve Atav, 2009).

Günümüz dünyasında karmaşık ilişki kalıpları mevcuttur. Bu bağlamda zamansal ve mekânsal ayrımların anlamını yitirdiği küresel bir deneyim yaşanmaktadır. Bu süreçte artık pek çok sorunun yerel olarak tarif edilebilme imkânı da ortadan kalkmıştır (Kaya ve Bıçkı, 2006). İnsanoğlu, 19. ve 20. yüzyılın sorunlarının 21. yüzyıla taşıdığı bir süreç ile karşı karşıyadır. Özellikle, çevre/ekoloji/ekosistem temelli sorunlar, 2000'li yıllar boyunca insanoğlunun yaşamını artan oranda etkilemeye devam edecektir (Özer, 2001). Bu durum endişe yaratmakla birlikte, aynı zamanda sorunların kaynağına yönelik eyleme geçme gerekliliği de her geçen gün artmaktadır (Saygı, 2016). Bununla birlikte artan çevresel baskılar nedeni ile bireylerin, kendi kişisel sorumluluklarının farkında olabilmeleri için çevre eğitimine daha çok önem verilmeye başlandığı (Berberoğlu, 2015) gerçeği de ortadadır. Dolayısı ile toplumun orman kaynaklarına olan bakış açısı ve algısı, bu kaynakların korunmasında en önemli etkenlerden birisi haline gelmektedir. Bu çalışma ve elde edilen bilgiler, orman kaynakları ve bu kaynakların barındırdığı yüksek öneme sahip biyoçeşitliliğin ve ekosistem değerlerinin korunması ve geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmanın verileri Çankırı ilinde insanların orman algısını tespit etmeye yönelik hazırlanan anket ile edilmiştir. Anket 2016 yılı yaz ve güz mevsimlerinde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu anket soruları hazırlanırken konuya ilişkin literatürdeki benzer çalışmalardan Yılmaz (2004), Geray vd., (2007), Pak ve Berber (2011) yararlanılmıştır. Deneklere yöneltilen soruların amaca uygun ve anlaşılabilir olmasına dikkat edilmiştir. Bu kapsamda anket çalışması; demografik özellikler, orman kavramı, ormandan faydalanma şekli, ormancılık teşkilatı ve faaliyetleri, teşkilattan beklentiler, ormanların faydaları ve etkisi ekseninde kapalı ve açık uçlu olmak üzere 33 sorudan oluşmaktadır. Araştırmanın örnek büyüklüğü, % 95 güven düzeyi ve %5 hata kabul oranı ile  $n = [N * t^2 * P*Q] / [(N * d^2) + (t^2 * P*Q)]$  eşitliğinden hesaplanmıştır (Şencan 2007; Karasar 2016). Formülde; n örnek büyüklüğünü, N ana kütle, t belirlenen güven düzeyine göre normal dağılım tablosundan alınan z değerini (%95 güven düzeyi için 1.96), d hata kabul oranını (%5), P ana kütle içerisinde ölçülmek istenen özelliğin bulunma oranını, Q ise bulunmama oranını ifade etmektedir. P ve Q araştırma öncesi konuyla ilgili herhangi bir fikir ileri sürülemediği durumlarda %50-%50 olarak alınarak, en yüksek düzeyde bir örnek büyüklüğü elde edilmektedir. Çalışmanın başında herhangi bir tahminde bulunulmadığı için p ve q oranları 0.50-0.50 olarak alınmıştır (Yavuz, 2000; Doğan ve Doğan, 2014). Çankırı il merkezi TÜİK 2015 verilerine göre ana kütle (N) 180.945 kişi olarak belirlenmiştir. Buna göre örneklem

hacmi 383 kişi olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan örneklem büyüklüğü istatistiki güvenilirliği ve temsil düzeyini yükseltmek amacıyla %20 artırılarak 460'a çıkarılmıştır. Çalışmada katılımcıların görüşlerinin yansıtılmasına yönelik veriler yüz yüze anket yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Örneklerin seçiminde rastgele örneklem yöntemi kullanılmıştır. Kentin farklı yerlerinde her kesim ile anket yapılmasına özen gösterilmiştir. Kent merkezindeki mahallelerde evler ziyaret edilerek, anket hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra, kişilere belirli bir zaman tanınmış ve anketlerin doğru doldurulup doldurulmadığı kontrol edilerek anketler geri toplanmıştır.

### 2.2. Yöntem

Cevaplanmış anket formları SPSS paket programı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılacak suretiyle araştırmada kullanılan istatistiksel çözümler için veri tabanı oluşturulmuştur. Anket sonuçlarının analizi cinsiyet, yaş, eğitim durumu, gelir durumu, meslek, orman algısı, ormandan faydalanma durumu, ormancılık teşkilatı ve çalışmaları hakkında görüşler, teşkilattan beklentiler gibi çeşitli değişkenler arasında ilişkinin var olup olmadığını anlamak üzere SPSS 18 paket programında Ki-Kare bağımsızlık testi uygulaması kullanılarak yapılmıştır.

Ki-Kare bağımsızlık testi; 2\*2 ya da r\*c tipindeki çapraz tablolarda gözlenen frekansların, marjinal olasılıklar yaklaşımına göre hesaplanan teorik frekanslara benzerliğini tespit eder. Bu testin hipotezleri (Özdamar, 2002):

H<sub>0</sub>: İlişkisi sorgulanan iki değişken arasında bir ilişki yoktur (Bağımsızlık vardır)

H<sub>1</sub>: İlişkisi sorgulanan iki değişken arasında bir ilişki vardır (Bağımsızlık yoktur)

Çalışmada Ki-Kare bağımsızlık testi dışında elde edilen veri tabanları ile değişkenlerin kategorileri arasındaki ilişkilerin (uyumun) grafiksel olarak incelendiği başka bir istatistiksel teknik olan Basit Uyum Analizi de kullanılmıştır. Uyum Analizi (Correspondence Analysis), çapraz tablo haline getirilmiş kategorik verilerin sıra ve sütunlarının birlikte değişimlerini daha az boyutlu bir uzayda grafiksel olarak göstermeyi amaçlayan çok değişkenli istatistiksel bir tekniktir (Özdamar 2010; Kılıç, 2016). Çapraz tablolara, uyum tabloları da denilmektedir. Uyum analizi bu tablolarda sıra ve sütunlar arasındaki ilişkileri göstermeye yardımcı olmaktadır (Özdamar, 2010). Çapraz tabloda yer alan değişken sayısının 2 olduğu durumlarda Basit Uyum Analizi, 3 ve daha fazla değişkenin olduğu durumlarda ise Çoklu Uyum Analizi olarak adlandırılmaktadır. Uyum analizi kısıtlamaların az olduğu ve çapraz tablodaki sıklıkların pozitif olması dışında herhangi bir varsayımı ve anlamlılık testinin de olmadığı bir analizdir (Kılıç, 2016). Uyum analizinde pearson ki-kare uzaklığı kullanılmaktaysa bu ölçü yerine tablonun ki-kare değerine oranlanmış şekli olan eylemsizlik değeri (inertia) kullanılır. Tabloda yer alan tekil değerler ise eylemsizlik değerinin kareköküdür. Bu değerler, sıra ve sütun kategorileri değerlerinin birbirleri arasındaki korelasyonu temsil ederek ilgili boyutta sıra – sütun ilişki kuvvet derecesini göstermektedir (Cengiz, 2009). Çalışmada basit uyum analizi kullanılarak eğitim durumu kategorileri ile biyoçeşitliliğin korunmasında ormanların etkisinin olup olmadığına dair alınan cevapların kategorileri arasındaki uyum belirlenmiştir. Bu iki değişken seçiminde literatürde sıklıkla vurgulanan eğitimin algı ve farkındalık oluşturmada oynadığı kritik önem ile ormanların

biyoçeşitliliğin korunmasındaki işlev ve yadsınamaz rolü dikkate alınmıştır.

### 3. Bulgular

Çalışmaya esas olan 460 katılımcının özelliklerine ilişkin frekans ve yüzde dağılım sonuçlarını gösteren çizelgeler aşağıda verilmiştir. Çizelge 1'e göre, 460 kişinin %48'ini erkek ve %52'sini kadın katılımcılar oluşturmaktadır.

Çizelge 2'de verilen yaş kategorilerine göre dağılıma bakıldığında en yüksek yüzdeye %67'lik bir oranla 26-40 yaş grubu sahip olmuştur. Bu yaş grubunu %22,2 ile 41-60 yaş grubu, %8,3 ile 16-25 yaş grubu ve %2,6 ile 61 yaş ve yukarısı takip etmektedir.

Çizelge 3'e göre katılımcıların eğitim durumlarına yönelik oransal dağılımlarda sekiz farklı eğitim grubunun olduğu görülmektedir. Buna göre, katılımcıların %30,7'si lise, %25,9'u önlisans/lisans, %20,2'si ilkököl, %18,7'si ortaokul, %2,7'si yüksek lisans, %0,7'si doktora mezunu olduklarını belirtmiştir. Katılımcıların %0,7'si okur-yazar ve %0,4'ü de sadece okur-yazardır.

Çizelge 4 incelendiğinde ankete katılanların meslek durumlarına göre dağılımlarında; %24,3 ile memur olanlar ilk sırada yer alırken bu grubu %17 ile işçi, %6 ile esnaf/ticaret erbabı, %2 ile esnaf/zanaatkâr, %0,2 ile çiftçi takip etmiştir. Ankete katılanların yarısı, sıralanan meslek gruplarının dışında bir mesleğe sahip olduğunu belirtmiştir. Ki-Kare bağımsızlık testi ile elde edilen ve aralarında %95 güven düzeyinde anlamlı ilişki tespit edilen değişkenlere ilişkin sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Yaş ile orman denilince akla ilk gelen kavram/düşünce ( $X^2_{\text{hesap}} = 23.310, P=0.502$ ), ormandan faydalanma şekilleri ( $X^2_{\text{hesap}} = 27.574, p=0.069$ ), ormancılık teşkilatının ne gibi çalışmalar yaptığının bilinip bilinmediği ( $X^2_{\text{hesap}} = 6.738, p=0.369$ ), sorularına verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Cinsiyet ile ormandan faydalanma şekilleri ( $X^2_{\text{hesap}} = 12.735, p=0.047$ ), ormancılık teşkilatının ne gibi çalışmalar yaptığının bilinip bilinmediği ( $X^2_{\text{hesap}} = 14.828, p=0.001$ ), ormancılık teşkilatından beklentiler ( $X^2_{\text{hesap}}=20.507, P=0.039$ ) sorularına verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. Cinsiyet ile orman denilince akla ilk gelen kavram/düşünce ( $X^2_{\text{hesap}} = 15.101, p=0.057$ ), en çok bilgi sahibi olunan faaliyet ( $X^2_{\text{hesap}} = 11.478, p=0.176$ ) sorularına verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Meslek ile ormandan faydalanma şekilleri ( $X^2_{\text{hesap}} = 52.800, p=0.006$ ), ormancılık teşkilatının ne gibi çalışmalar yaptığının bilinip bilinmediği ( $X^2_{\text{hesap}} = 28.325, p=0.002$ ), biyoçeşitliliğin korunmasında ormanın etkisinin olup olmadığı ( $X^2_{\text{hesap}} = 26.023, p=0.004$ ) sorularına verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. Meslek ile en çok bilgi sahibi olunan faaliyet ( $X^2_{\text{hesap}} = 36.968, p=0.250$ ), orman denilince akla ilk gelen kavram/düşünce ( $X^2_{\text{hesap}}=40.035, p=0.469$ ), orman kaynaklarının odun ve odun dışı orman ürünleri üretme işlevi ( $X^2_{\text{hesap}} = 17.299, p=0.301$ ) sorulduğu sorulara verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

Çizelge 1. Cinsiyete göre frekans ve yüzde dağılımı

Cinsiyet	Frekans	Yüzde
Erkek	221	48
Kadın	239	52
<b>Toplam</b>	<b>460</b>	<b>100</b>

Çizelge 2. Yaşa göre frekans ve yüzde dağılımı

Yaş	Frekans	Yüzde
16-25	38	8,3
26-40	308	67
41-60	102	22,2
61 ve üzeri	12	2,6
<b>Toplam</b>	<b>460</b>	<b>100</b>

Çizelge 3. Eğitim durumuna göre frekans ve yüzde dağılımı

Eğitim Durumu	Frekans	Yüzde
Okur-Yazar Değil	3	0,7
Sadece Okur-Yazar	2	0,4
İlkokul	93	20,2
Ortaokul	86	18,7
Lise	141	30,7
Önlisans/Lisans	119	25,9
Yüksek Lisans	13	2,8
Doktora	3	0,7
<b>Toplam</b>	<b>460</b>	<b>100</b>

Çizelge 4. Mesleğe göre frekans ve yüzde dağılımı

Meslek	Frekans	Yüzde
Memur	112	24,3
Özel/Kamu İşçi	78	17
Esnaf / zanaatkâr	9	2
Esnaf / ticaret erbabı	28	6,1
Çiftçi	1	0,2
Diğer	232	50,4
<b>Toplam</b>	<b>460</b>	<b>100</b>

Çizelge 5. Aralarında anlamlı ilişki bulunan değişkenler ve değerleri

İlişki aranan değişken	Ki-Kare değeri	Anlamlılık değeri (p)
Cinsiyet-ormandan faydalanma şekilleri	$\chi^2_{\text{hesap}} = 12.735$	0.047
Cinsiyet-ormancılık teşkilatının çalışmalarının bilinmesi	$\chi^2_{\text{hesap}} = 14.828$	0.001
Cinsiyet-ormancılık teşkilatından beklentiler	$\chi^2_{\text{hesap}} = 20.507$	0.039
Meslek-ormandan faydalanma şekilleri	$\chi^2_{\text{hesap}} = 52.800$	0.006
Meslek- ormancılık teşkilatının çalışmalarının bilinmesi	$\chi^2_{\text{hesap}} = 28.325$	0.002
Meslek-biyoçeşitliliğin korunmasında ormanların etkisinin olduğu/olmadığı	$\chi^2_{\text{hesap}} = 26.023$	0.004
Eğitim- ormancılık teşkilatının çalışmalarının bilinmesi	$\chi^2_{\text{hesap}} = 29.686$	0.008
Eğitim- biyoçeşitliliğin korunmasında ormanların etkisinin olduğu/olmadığı	$\chi^2_{\text{hesap}} = 48.954$	0.000
Gelir- ormandan faydalanma şekilleri	$\chi^2_{\text{hesap}} = 35.066$	0.009
Gelir- ormancılık teşkilatının çalışmalarının bilinmesi	$\chi^2_{\text{hesap}} = 23.586$	0.001



Eğitim ile ormancılık teşkilatının ne gibi çalışmalar yaptığının bilinip bilinmediği ( $X^2_{hesap} = 29.686, p=0.008$ ), Çankırı ilinin ormanlık alanının Türkiye'nin ormanlık alanına göre durumu ( $X^2_{hesap} = 39.860, p=0.008$ ), biyoçeşitliliğin korunmasında ormanın etkisinin olup olmadığı ( $X^2_{hesap} = 48.954, p=0.000$ ) sorularına verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. Eğitim ile orman denilince akla ilk gelen kavram/düşünce ( $X^2_{hesap} = 54.101, p=0.547$ ), ormandan faydalanma şekilleri ( $X^2_{hesap} = 57.096, p=0.060$ ), en çok bilgi sahibi olunan faaliyet ( $X^2_{hesap} = 48.370, p=0.171$ ), orman kaynaklarının odun ve odun dışı orman ürünleri üretme işlevinin bilinip bilinmediği ( $X^2_{hesap} = 12.419, p=0.928$ ) sorularına verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

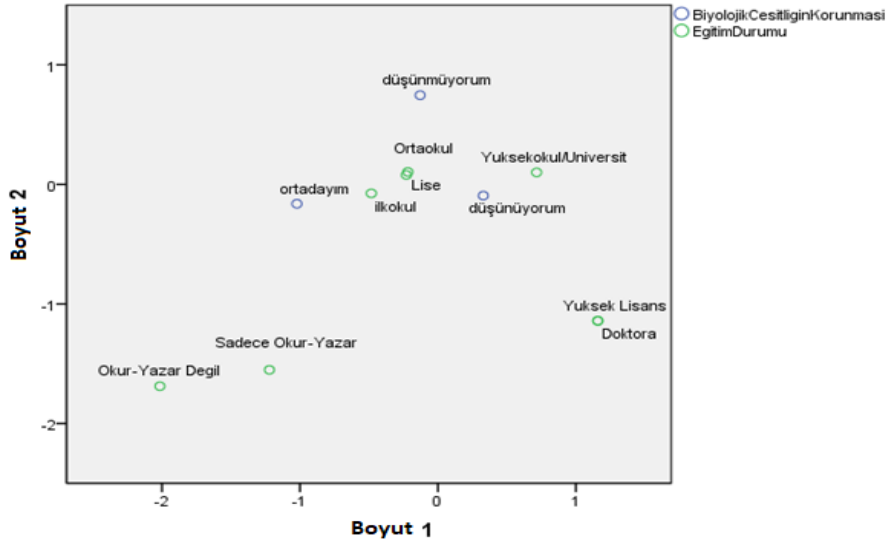
Gelir ile ormandan faydalanma şekilleri ( $X^2_{hesap} = 35.066, p=0.009$ ), ormancılık teşkilatının ne gibi çalışmalar yaptığı bilinip bilinmediği ( $X^2_{hesap} = 23.586, p=0.001$ ) sorularına verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. Gelir ile en çok bilgi sahibi olunan faaliyet ( $X^2_{hesap} = 27.919, p=0.263$ ), orman denilince akla ilk gelen kavram/düşünce ( $X^2_{hesap} = 23.408, p=0.496$ ) sorularına verilen cevaplar arasında %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Eğitim durumu değişkeninin kategorileri ile biyolojik çeşitliliğin korunmasında ormanların etkisinin olup olmadığı sorusunun kategorileri arasındaki uyumun gösterildiği Basit Uyum Analizi sonuçları Çizelge 6'daki gibidir:

Çizelge 6'e göre ilk-orta ve lise mezunu olanların biyoçeşitliliğin korunması hakkındaki görüşleri benzerlik göstermektedir. Bu eğitim seviyesindeki katılımcıların verdiği cevaplar arasında, ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkili olduğu fikri ağırlıktadır. Düşünüyorum ve düşünmüyorum şeklindeki iki fikri de benimsemeyenlerin oranı da oldukça yüksektir. Benzer şekilde bu eğitim düzeylerinde ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkisinin olmadığı fikri de benzer oranlara sahiptir. Yükseköğrenime geçişle birlikte ormanların biyolojik çeşitliliğin korunmasında özellikle çekimser olan görüşlerin çok büyük oranda azaldığı görülmektedir.

Eğitim durumu kategorilerine göre ormanın biyoçeşitliliğin korunmasına etkisi sorusunun cevap kategorileri uyumunun belirlenmesi amacıyla yapılan basit uyum analizi neticesinde elde edilen boyutlara ve eylemsizlik (inertia) değerlerine ilişkin veriler Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çizelge 7 incelendiğinde eylemsizliğin 0'dan farklı olup olmadığına yönelik yapılan Ki-Kare analizi neticesinde toplam eylemsizliğin 0'dan farklı olduğu görülmektedir ( $\chi^2 = 40,155, p < 0,05$ ). Buna göre satır ve sütun değişkenlerinin birbirinden bağımsız olmadığı yani aralarında bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Çizelgede boyutların etki derecelerinin belirlendiği eylemsizlik oranı sütununda görüleceği üzere birinci boyut toplam eylemsizliğin 0,922'sini ve ikinci boyut ise 0,078'ini açıklamaktadır. Bu değerlere göre, 1. boyut yüksek düzeyde açıklayıcıken, 2. boyut çapraz tablonun kategorileri arasındaki ilişkileri açıklamada yetersizdir. Şekil 1'de kategorilerin düzlemde gösterimi verilmiştir.



Şekil 1. Satır ve sütun noktalarının birlikte düzlemde gösterimi

Çizelge 6. Biyoçeşitliliğin korunmasında orman etkisinin olup/olmaması

Eğitim Durumu	Düşünüyorum	Ortadayım	Düşünmüyorum	Toplam
Okur-Yazar Değil	1	2	0	3
Sadece Okur-Yazar	1	1	0	2
İlkokul	53	28	12	93
Ortaokul	53	21	12	86
Lise	87	34	20	141
Önlisans/Lisans	98	6	15	119
Yüksek Lisans	13	0	0	13
Doktora	3	0	0	3
Toplam	309	92	59	460

Çizelge 7. Basit uyum analizi özeti

Boyut	Tekil değer	Eylemsizlik değeri	Ki-Kare	Anlamlılık	Eylemsizlik Oranı	
					Hesaplanan	Kümülatif
1	0,284	0,080	40,155	0,000	0,922	0,922
2	0,083	0,007			0,078	1,000
Toplam		0,087			1,000	1,000

Çizelge 7’de yer alan uyum analizi özetine göre, 1. boyutun tekil değeri ve eylemsizlik değeri 2. boyuta göre daha yüksek çıkmıştır. Buna göre, satır-sütun değişken kategorilerinin birlikte gösterildiği uyum analizi grafiği 1. boyuta göre yorumlanacaktır.

Şekil 1’e göre eğitim durumlarının konumlarına bakıldığında ormanların biyolojik çeşitliliğin korunmasına etkisi ile eğitim durumları arasındaki ilişkiler aşağıdaki gibidir:

- Ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkili olduğunu düşünenlerin önlisans/lisans ve kısmen de yüksek lisans ve doktora mezunları oldukları görülmektedir.
- Ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkili olduğu/olmadığı konusunda okur-yazar olmayan ve sadece okur-yazar olanların ortada kaldıkları söylenebilmektedir.
- Ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkili olduğunu düşünenler genel olarak ortaokul ve lise mezunlarıdır.
- Ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkili olup/olmadığı konusunda ortaokul ve lise mezunlarının fikirleri net iken ilkököl mezunlarının bu konuda fikirleri net değildir.
- Ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkili olup/olmadığı konusunda ilkököl mezunlarının olum ya da olumsuz görüş bildirme konusunda ortada seçeneğine daha yakın oldukları ve bunun yanında kısmen de düşünmüyorum seçeneğine yakınlık gösterdikleri söylenebilmektedir.

#### 4. Tartışma ve sonuçlar

Çalışmanın ana amacı toplumdaki orman algısının tespiti olduğundan demografik değişkenlere ilişki aranan öncelikli cevap, orman denildiğinde insanların aklına gelen ilk görüşün/düşünenin ne olduğu olmuştur. Buna göre; yaş, cinsiyet, meslek, eğitim, gelir durumu değişkenleriyle orman denilince ilk akla gelen kavram/düşünce değişkeni arasındaki ilişkiler test edilmiş ve ilişki aranan değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Orman kavramı konusunda genel ortak görüşlerin olduğu tespit edilmiştir. Verilen cevapların dağılımına bakıldığında ise katılımcıların %55,7’si ormanları; ağaç ve yeşillik, %30,2’si ise temiz hava kaynağı olarak görmektedir. Bu sonuçlar dikkate alındığında ormanlar konusunda toplumun genel bir algısı olduğu, buna karşın ormanların işlevleri ve sağladığı faydaların insanlar tarafından yeterince bilinmediği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç, Pak ve Berber (2011)’in orman kaynaklarına ilişkin bulmuş oldukları %70,4’lük yüksek bilinç düzeyine kıyasen daha düşük bir oranı işaret etmektedir. Çünkü verilen cevaplar içerisinde orman işlevlerinden sadece erozyonu önleme işlevi (%7) ifade edilirken, diğer işlevlerden, dinlenme ve rekreasyon, yaban hayatı, bitki

vejetasyonu, odun üretimi işlevlerinin oranları %1’e dahi ulaşmamaktadır.

Demografik değişkenlerle ormandan faydalanma şekilleri arasındaki ilişki test edildiğinde, cinsiyet, meslek ve gelir değişkenleriyle istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bu sonuç, Pak ve Berber (2011)’in elde ettiği bulgularla tutarlılık göstermektedir. Burada da genel bir algı olarak ormanlardan öncelikli faydalanma şekli olarak piknik, gezmeye vb. faaliyetler için faydalanma durumu söz konusudur.

Gürbüz vd. (2011)’in çevresel davranış, çevresel bilgi, çevresel tutum, çevre algısı üzerine gelirin bir etkisi olmadığı yönündeki tespiti ile tutarlılık göstermektedir. Gelir düzeyi arttıkça orman algısında bir değişime gözlenmemektedir.

Ormanlık teşkilatının yaptığı çalışmalardan haberdar olma durumları ile demografik değişkenler arasındaki ilişki durumu test edildiğinde; cinsiyet, meslek, eğitim ve gelir değişkenleriyle istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Ancak, yaş ile anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu sonuç, Pak ve Berber (2011)’in bilinç düzeyi açısından yaş grupları arasında önemli bir fark olmadığı şeklindeki tespitini doğrulamaktadır. Ağırlıklı olarak verilen cevap, teşkilatın ormanları koruma faaliyeti olmuştur. Deneklerin cevaplarından, konu hakkında yüksek bir bilinç düzeyi ile değil de genel bir bilgi düzeyi ile cevap verdiği anlaşılmaktadır.

Katılımcıların orman teşkilatından ne gibi beklentileri olduğu sorulmuş ve bunun demografik değişkenlerle ilişkisi de test edilmiştir. Analiz neticesinde demografik değişkenlerden sadece cinsiyet ile ormanlık teşkilatından beklentiler değişkeni arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. Kadın ve erkeklerin büyük çoğunluğunun teşkilattan öncelikli beklentisi, ağaçlandırmalar ile orman alanlarının genişletilmesi olduğu tespit edilmiştir.

Katılımcılara biyoçeşitliliğin korunmasında ormanların etkili olup olmadığı konusunda görüşleri sorulmuş ve verilen cevapların demografik değişkenler arasındaki ilişki test edilmiştir. Analiz sonucunda, sadece eğitim ve meslek değişkenleriyle istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmürken cinsiyet değişkenleriyle anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Bu sonuç, benzer bir ilişkiyi irdeleyen Çolak (2012)’in cinsiyetin biyoçeşitliliği koruma konusunda etkili olmadığı sonucuyla tutarlıdır. Literatürde; Ateş (2010), Çelikkol ve Soran (2012), Bilir ve Özbaş (2017) ise biyoçeşitliliğe yönelik bilgi ve tutum üzerinde cinsiyetin etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmada ayrıca Basit Uyum Analizi tekniği de kullanılmıştır. Bu teknik ile eğitim durumu değişkeni kategoriyle biyoçeşitliliğin korunmasında ormanın etkisi değişkeni kategorileri arasında uyum olup olmadığı test edilmiştir. Basit Uyum Analizi Özeti tablosunda sunulduğu gibi, eylemsizliğin 0’dan farklı olup olmadığına yönelik yapılan ki-kare analizi neticesinde toplam eylemsizliğin 0’dan farklı olduğu görülmektedir ( $\chi^2 = 40,155, p < 0,05$ ). Bir başka ifade ile satır ve sütun değişkenleri birbirinden farklı

değildir. Buna göre; önlisans/lisans mezunları ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkili olduğunu düşünmektedir. Aynı şekilde kısmen de olsa yüksek lisans ve doktora mezunlarının da aynı görüşte olduğu tespit edilmiştir. Okur-yazar olmayan ve sadece okur-yazar olanların biyoçeşitliliğin korunmasında ormanın etkisi üzerine olumlu/olumsuz fikir beyan edemedikleri için ortada oldukları görülmüştür. Ormanların biyoçeşitliliğin korunmasında etkili olmadığını düşünenler genel olarak ortaokul ve lise mezunlarıdır. Ayrıca ilköğretim mezunları da ortada görüşüne daha yakın olmakla birlikte kısmen de olsa ormanların etkisinin olmadığı görüşüne de yakınlık göstermektedir. Eğitim değişkeni kategorilerinden okur-yazar değil, sadece okur-yazar, yüksek lisans ve doktora mezunu olan katılımcı sayılarının az olması nedeniyle bazı beklenenden uzak sonuçlarla karşılaşmıştır. Eğer bu kategorilerde daha fazla örnekleme anket yapılmış olsaydı yüksek lisans ve doktora mezunlarının düşünüyorum seçeneğine daha yakın olması aynı şekilde de okur-yazar değil ve sadece okur-yazar olmayanlarında ortadayım seçeneğine daha yakın olması beklenebilirdi. Pak ve Berber (2011)'in orman kaynaklarının işlevlerine ilişkin bilinç düzeyinin eğitim seviyesine göre farklılık gösterdiği sonucu, bu çalışma ile de istatistiksel olarak doğrulanmaktadır. Eğitim seviyesi arttıkça bilinç artmakta ve algı değişmektedir. Bu durum özellikle orman algısını şekillendirmede eğitim ve halkla ilişkilerin etkin bir şekilde kullanılabilmesine işaret etmektedir.

Özetlemek gerekirse, toplumun orman algısı düşük bir düzeydedir. Bu durumu sadece toplum kaynaklı olarak değerlendirmek de yanlış olacaktır. Çünkü teşkilatın ve konuyla ilgili diğer tarafların orman kaynaklarının işlevleri ve önemi noktasında toplumu yönlendirecek ve etkileyecek düzeyde tanıtım faaliyetlerini istenilen ölçüde topluma ulaştıramadığı anlaşılmaktadır. Ormanların toplum açısından sadece bir yeşil ortam ya da piknik vb. şeklinde eğlence yeri olarak görülmemesi, ormanların sayısı binleri bulan fayda ve değerlerinin olduğu gerçeğinin topluma etkili bir şekilde anlatılması gerekmektedir. Mevcut genel algılardan kurtulma noktasında halkla ilişkiler faaliyetlerine daha fazla kaynak ve zaman ayrılması toplumun, orman kaynaklarına olan algısı ve bilinç düzeyini artırmada yardımcı olacaktır. Bu noktada sosyal medya yükselen bir değer konumdadır. Fayda/maliyet açısından oldukça verimli olan ve büyük kitlelere kısa sürede ulaşabilen sosyal medya araçlarının akılcı bir şekilde kullanılması, gerek teşkilat ve gerekse toplum açısından daha etkin sonuçlar ortaya çıkarabilecektir. Benzer şekilde sivil toplum kuruluşlarının orman algısının geliştirilmesi noktasında desteklenmesi önemlidir. Orman algısındaki yetersizliğin giderilmesinde belki de en önemli eylem, ilköğretim düzeyinden başlayarak orman algısı ve bilincinin gelecek kuşaklara aşılması olacaktır.

### Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209/A [1919B011601870] proje desteğiyle tamamlanmış olup, yazarlar TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilirlir.

### Kaynaklar

- Altunoğlu, B., D., Atav, E., 2009. Ortaöğretim öğrencilerinin çevre risk algısı. H. Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi, (36): 01-11.
- Ateş, M., 2010. İlköğretim sekizinci sınıf öğrencilerinin biyolojik çeşitliliğe yönelik bilgi, değer ve davranış düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Berberoğlu, O., E., 2015. Ekopedagoji temelli sınıfdışı çevre eğitiminin çevre farkındalığı üzerinde etkisi. Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi, 12-1(23): 67-81.
- Bilir, A., Özbaş, S., 2017. Lise öğrencilerinin küresel ve yerel biyolojik çeşitlilik kaybına yönelik problem algısı. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 21(1) : 97-108.
- Cengiz, E., 2009. Satın alma kararlarında ailedeki eşlerin etkisi ve etkiyi şekillendiren değişkenler. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 23, s. 207-228.
- Çelikkol, N.Z., Soran, H., 2012. Ortaöğretim öğrencilerinin biyolojik çeşitliliğe yönelik bilgi ve tutumları. 10. Ulusal Fen ve Matematik Kongresi, Niğde.
- Çolak, C., 2012. İlköğretim-lise öğretmen ve öğrencilerinin sürdürülebilir kalkınma ile biyolojik çeşitliliğe ilişkin görüşleri üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Doğan, İ., Doğan, N., 2014. Adım Adım Çözümlü Parametrik Olmayan İstatistiksel Yöntemler. Detay Yayıncılık, ISBN: 9786055216870, Ankara.
- Geray, U., Şafak, İ., Yılmaz, E., Kiracıoğlu, Ö., Başar, H., 2007. İzmir ilinde orman kaynaklarına ilişkin işlev önceliklerinin belirlenmesi. Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No:46, Teknik Bülten No:35, s:137, İzmir.
- Gürbüz, H., Kışoğlu, M., Alaş, A., Sülün, A., 2011. Biyoloji öğretmeni adaylarının çevre okuryazarlıklarının farklı değişkenler açısından incelenmesi. e-Uluslararası Eğitim Araştırmaları Dergisi, 2(1): 1-14.
- Karasar, N., 2016. Bilimsel Araştırma Yöntemi: Kavramlar İlkeler Teknikler. 30. Basım, Göktuğ Ofset, ISBN 978-605-5426-58-3, Ankara.
- Kaya, Y., Bıçkı, D., 2006. Sürdürülebilirlik argümanı ve derin ekolojik itiraz. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(3): 231-249.
- Kılıç, A.F., 2016. Uyum Analizi. YBS Ansiklopedisi, Cilt:3, Say:1, s.1-20.
- Özdamar, K., 2002. Paket Programlarla İstatistiksel Veri Analizi-1. Kaan Kitabevi, 681s, Eskişehir.
- Özdamar, K., 2010. Paket Programlarla İstatistiksel Veri Analizi-2. Kaan Kitabevi, 681s., Eskişehir.
- Özer, M.A., 2001. Derin Ekoloji. Çağdaş Yerel yönetimler, 10(4): 61-79.
- Pak, M., Berber, H., 2011. Orman kaynaklarının işlevlerine ilişkin toplumsal bilinç düzeyinin incelenmesi: Eskişehir ili örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12 (2): 161-171.
- Saygı, S., 2016. Çağdaş sanatta doğa algısı ve ekolojik farkındalık. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/324635>, Erişim: 12.12. 2017.

- Şafak, İ., Gül, A.U., 2012. Orman mühendislerinin orman işlevlerine ve ormancılık faaliyetlerine verdikleri önem düzeylerinin değerlendirilmesi. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, (13): 123-133.
- Şen, G., Toksoy, D., 2006. Türkiye’de nüfus orman ilişkisi. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi Bildiriler Kitabı, 26-28 Mayıs 2006. Ilgaz-Çankırı, s.108-117.
- Şencan, H., 2007. Sosyal ve Davranışsal Bilimlerde Bilimsel Araştırma. Şeçkin Yayıncılık, Ankara.
- Tunç, A.Ö., Ömür, A.K., Düren, A.Z., 2012. Çevresel farkındalık. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, (47): 227-246.
- Yavuz, H., 2000. Parametrik Olmayan İstatistiksel Yöntemler. 464 s., Trabzon.
- Yılmaz, E. 2004. Ülkemizdeki orman işlevleri ve tahsis kriterleri. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi, 10: 1-25.

## Kadın orman mühendislerinde iş doyumunu etkileyen faktörler ile iş doyumunu ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişki

Mehmet Korkmaz<sup>a,\*</sup>, G.D. Özlem Baykal<sup>b</sup>

**Özet:** Bu çalışmanın amacı, kadın orman mühendislerinin iş doyum düzeylerini etkileyen faktörler ile iş doyumunu ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiyi belirlemektir. Kamu sektöründe görev yapan 180 kadın orman mühendisi ile yapılan anketler, çalışmanın ana materyalini oluşturmuştur. Kadınların verdikleri yanıtların, bazı sosyo-demografik ve iş yaşamı özellikleri bakımından farklı olup olmadığı Mann-Whitney U ve Kruskal-Wallis H testleri ile analiz edilmiştir. İş doyumunu etkileyen faktörler, faktör analizi ile belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, kadınların iş doyumunu etkileyen faktörler; yönetime katılım ve saygınlık, yöneticilerin teknik ve yönetsel yeterliliği, ücret, çalışma koşulları ve takdir ile işyeri arkadaşlığı şeklinde sıralanmaktadır. İş doyumunu arttırmak için, kadınların yönetime katılım düzeyleri artırılmalıdır. Bunun yanında işin takdir edilmesi bağlamında ödül-teşvik sisteminin geliştirilmesi iş doyumunu arttırabilecektir. İş doyumunu ile örgütsel bağlılık arasında pozitif ilişki bulunmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** İş doyumunu, Örgütsel bağlılık, Kadın orman mühendisleri, Kamu sektörü

## Factors affecting job satisfaction with relationship between job satisfaction and organizational commitment among women forest engineers

**Abstract:** The aims of this study are to determine factors affecting job satisfaction levels and the relationship between job satisfaction and organizational commitment among women forest engineers. Surveys made with 180 woman forest engineers working in the public sector constituted the main material of the study. Mann-Whitney U and Kruskal-Wallis H tests were used to analyze whether the responses given by women differ in terms of some socio-demographic and working life characteristics. Factors affecting job satisfaction were determined by factor analysis. According to the results of the study, factors affecting job satisfaction of women; participation and dignity in management, technical and managerial competence of managers, wages, working conditions and appreciation, and workplace friendship. To increase job satisfaction, women's level of participation in governance should be increased. In addition, the development of the award-encouragement system in the context of job appreciation may increase job satisfaction. There is a positive relationship between job satisfaction and organizational commitment.

**Keywords:** Job satisfaction, Organizational commitment, Women forest engineers, Public sector

### 1. Giriş

Türkiye'de kadın orman mühendisleri ilk kez 1960'lı yıllarda ormancılık sektöründe işlendirilmiştir (Alanay, 1998). Bu tarihten günümüze kamuda istihdam edilen kadın orman mühendisi sayısı artmış, günümüzde ormancılık çalışmalarında önemli bir rol oynayan düzeye ulaşmıştır. Kadınlar, kamuda çoğunlukla başta Orman Genel Müdürlüğü olmak üzere Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ve Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nın diğer birimlerinde görev yapmaktadır.

Özellikle geçmişte ilk mesleğe girişte bu kurumların taşra örgütlerinde görev yapmaya başlayan kadınlar, kendilerini kırsal topluma kabul ettirme konusunda bir takım zorluklar yaşamıştır (Arslantaş, 2006). Zaman içerisinde bu durum değişmeye başlamış ve kırsalda kadın orman mühendislerinin başarılı çalışmaları ile kendilerini

kabul ettirmeleri, genç meslektaşlarının benzer zorlukları çekmemesini sağlamıştır.

İş doyumunu "işten elde edilen maddi çıkarlar ve işgörenin beraber çalışmaktan zevk aldığı iş arkadaşları ile bir eser meydana getirmesinin sağladığı mutluluk" (Eren, 2004) veya "kişinin, toplam iş çevresinden, örneğin işin kendisinden, yöneticilerden, çalışma grubundan ve iş organizasyonundan elde etmeye çaba gösterdiği rahatlatıcı ve iç yatıştırıcı bir duygu" (Eroğlu, 2017) olarak tanımlanmaktadır. İş doyumunu yüksek olan bir işgörenin morali yüksek olup, işyerine yararı artarken, tersi durumlarda, yüksek iş gören devir hızı, devamsızlık, örgütsel bağlılığın zayıflaması, yabancılaşma ve verimlilik azalması gibi örgütsel sorunlar oluşabilmektedir (Bakan, 2011). Örgütsel bağlılık kavramı ise, işgörenin örgütüyle özdeşleşmesi ve bütünleşme derecesini ifade etmektedir (Gürkan, 2006). Bu çerçevede örgütsel bağlılığın göstergeleri; kişinin örgüt amaçlarını kabul etmesi ve bu amaçlara inanması, örgüt için çaba gösterme isteğinde

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

<sup>b</sup> Orman Genel Müdürlüğü, Ankara

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): mehmetkorkmaz@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 02.03.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.03.2018



olması, örgütte sürekli bulunmak için istekli olmasıdır (Balay, 2000). İş doyumunu ile örgütsel bağlılık birbirlerini etkileme derecesine sahip olması ve bu etkinin, örgütün performans ve verimliliğini etkilemesi önemlidir.

Son yıllarda ormancılık örgütü ve hedef kitlelerinin çalışanlarına yönelik iş doyum düzeylerini belirleme üzerine çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Akyüz vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, çalışanların en fazla tatminsizlik duydukları faktörün ücret olduğu ve yaş ilerledikçe ücrete bağlı tatminsizliğin arttığı belirlenmiştir. Yılmaz vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada da iş doyumunu etkileyen faktörler, Mersin Orman Bölge Müdürlüğü ve bağlı orman işletme müdürlükleri örneğinde ele alınmıştır. İstanbul Orman Bölge Müdürlüğünde yapılan bir çalışmaya göre iş doyumunun yüksek olduğu konular; işin, başkaları için bir şeyler yapabileme fırsatı vermesi, toplumda saygın bir kişi olmayı sağlaması ve başkalarını yönlendirme imkânı tanınması, memnuniyetin düşük olduğu konular ise ücret, iş yükü ve çalışma koşullarıdır (Erol ve Köse, 2017).

Kadın orman mühendislerinin mesleki memnuniyetleri (Güller ve Korkmaz, 2007) ve cinsiyet ayrımcılığı (Arslantaş, 2006) konularında çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca Yedigöller (1990) ve Alanay (1998) tarafından kadın orman mühendislerinin sorunları sınırlı bir şekilde ele alınmıştır. İlgili yazın incelendiğinde kadın orman mühendislerine yönelik iş doyumunu ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişkilerin belirlendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu makalede, kadın orman mühendislerinde iş doyumunu etkileyen faktörler ile ve iş doyumunu ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiler belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve yöntem

İş doyum düzeyinin belirlenmesi için Minnesota iş doyum ölçeğinin 20 ifadeyi içeren kısa hali (Urhan, 2014) kullanılmıştır. İş doyumunu genel, içsel (başarı, takdir edilme, işin sorumluluğu, yükselme vb.) ve dışsal (örgüt politikası ve yönetimi, yönetici, çalışma ve astlarla ilişkiler, çalışma koşulları, ücret vb.) faktörler olarak üç grup altında ele alınmakta ve değerlendirilmektedir. Çizelge 1’de iş doyum anketinde yer alan ifadelerin belirtilen gruplara göre dağılımı görülmektedir. Örgütsel bağlılığın ölçümünde ise Meyer ve Allen’in geliştirdikleri örgütsel bağlılık ölçeğinde (Urhan, 2014) yer alan 10 ifade kullanılmıştır. İş doyum ölçeğinin iç tutarlılık (Cronbach alfa) katsayısı 0,888 ve örgütsel bağlılık ölçeğinin iç tutarlılık katsayısı 0,856 olarak bulunmuştur. Bulunan iç tutarlılık katsayıları 0,8’den büyük olduğu için kullanılan ölçekler, istatistiki olarak yüksek güvenilirliktedir. Ankette yer alan ifadelerin yanıtları için beşli Likert ölçeği (1-Hiç katılmıyorum, 2-Kısmen Katılmıyorum, 3-Kararsızım, 4-Katılıyorum, 5-Tamamen katılıyorum) kullanılmıştır.

Anket uygulamaları çevrimiçi (online) olarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 250 kadın orman mühendisine e-posta ile anketin yer aldığı bağlantı adresi gönderilmiştir. Ankete 181 kadın yanıt vermiştir. Ancak formda yer alan eksik yanıtlardan dolayı bir anket değerlendirme dışı bırakılarak 180 anket üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Yani anket geri dönüş oranı %72 olarak gerçekleşmiştir. Bu oran, ilgili yazın incelendiğinde yeterli görülmektedir (Nulty, 2008).

Anket çalışmaları ile elde edilen verilerin analizinde SPSS paket programı kullanılarak ilk aşamada verilen yanıtlar yüzdelik oranlara dönüştürülmüştür. Anket verilerinin parametrik veri olup olmadığı Shapiro-Wilk testi ile araştırılmış ve %95 güven düzeyinde verilerin normal dağılıma sahip olmadığı ( $p < 0,05$ ) yani parametrik olmadığı belirlenmiştir. Bundan dolayı verilerin analizinde parametrik olmayan testler kullanılmıştır.

Çizelge 1. Minnesota iş doyum ölçeği ve doyum alanları

İş doyumunu ile ilgili ifadeler	İş doyum ölçeğinin doyum alanları		
	İçsel	Dışsal	Genel
Yaptığım işten her zaman memnuniyet duyuyorum.	✓		✓
İşimde bağımsız çalışma olanaklarının olduğunu düşünüyorum.	✓		✓
İşimde arada sırada tekdüzelikten uzaklaşarak değişik şeyler yapma şansım oluyor.	✓		✓
Toplum içerisinde ‘saygın kişi’ olma şansını bana verdiğini düşünüyorum.	✓		✓
İş ortamındaki yöneticilerin yönetim tarzından memnunum.		✓	✓
Yöneticilerin karar verme yeteneklerini memnun edici buluyorum.		✓	✓
İş yerinde bana verilen sorumluluğu memnun edici buluyorum.	✓		✓
İşimi, bana garantili bir gelecek sağlaması bakımından yeterli buluyorum.	✓		✓
Yaptığım işi başkaları için bir şeyler yapabileme hissi açısından yeterli buluyorum.	✓		✓
Diğer çalışanların yönlendirilmesinde aldığım yetkiden memnunum.	✓		✓
Kendi bilgi ve yeteneklerime uygun bir iş yapmaktayım.	✓		✓
İşle ilgili alınan kararların uygulamaya konması açısından memnun edici buluyorum.		✓	✓
Aldığım ücretin yaptığım işin karşılığı olduğunu düşünüyorum.		✓	✓
Yaptığım işle ileride terfi şansı elde edeceğimi düşünüyorum.		✓	✓
Kendi fikir ve kanaatlerimi kullanabildiğim bir işte çalışmaktayım.	✓		✓
İşim bana kendi yöntemlerimi kullanma serbestliği tanıyor.	✓		✓
Çalışma şartları ve saatlerini uygun buluyorum.		✓	✓
İş ortamındaki arkadaşlık ilişkileri iyi düzeydedir.		✓	✓
Yapılan işin takdiri açısından memnun edici olduğunu düşünüyorum.		✓	✓
Bugün işe girecek olsam aynı kurumda çalışmak isterdim.	✓		✓

İş doyumunun (genel, içsel ve dışsal), ve örgütsel bağlılığın, kadınların sosyo-demografik ve iş yaşamı özelliklerine (yaş, görev yılı, görev yapılan birim, vb.) göre farklılığının denetimi için iki değişkenli özellikler için Mann-Whitney U testi (medeni hal vb.), ikiden fazla değişkenli özellikler için Kruskal-Wallis H testi yapılmıştır. İş doyumunu etkileyen faktörler, faktör analizi ile belirlenmiştir. Öncelikle verilerin faktör analizine uygun olup olmadığını belirlemek için Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett testi (Yurdağül, 2017) yapılmıştır. Verilerin faktör analizine uygun ve yeterli bulunması sonucunda faktör türetme yöntemlerinden temel bileşenler (*Principal Component*) ve rotasyon yöntemi olarak da *Varimax* yöntemi kullanılmıştır. Faktör rotasyonundan amaç, isimlendirilebilir ve yorumlanabilir faktörler elde etmektir (Kalaycı, 2010). İş doyumunu ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişki, parametrik olmayan veriler için kullanılan Spearman sıra korelasyonu (Otrar, 2017) ile belirlenmiştir.

### 3. Bulgular ve tartışma

#### 3.1. Ankete katılan kadın orman mühendislerinin profili

Ankete katılan kadın orman mühendislerinin yaş grupları, görev yılı, eğitim düzeyi ve medeni hale göre dağılımları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Buna göre kadınların büyük çoğunluğu 31-50 yaş aralığında olup (%73,4), 20-30 yaş aralığındakilerin oranı %23,9’dur. 50 yaş ve üzeri katılımcıların oranı ise %2,8’dir.

Ankete katılan 180 kadın orman mühendisinin 100’ünün (%55,6) görev süresi 1-10 yıl arasında değişmektedir. En az katılım 11-15 yıl görev yapan orman mühendisi kadınlardan oluşmaktadır. Bunun yanında 20 yıldan daha fazla süreyle görev yapan kadınların oranı ise %15’dir. Kadınların eğitim düzeyleri incelendiğinde 115’i (%63,9) lisans mezunu, 59’u (%32,8) yüksek lisans mezunu, 6’sı (%3,3) doktora mezunudur. Son yıllarda kamuda çalışan orman mühendislerinin lisansüstü eğitime ilişkin isteklerinin artışı ile lisansüstü çalışmalar yapan kadınların sayısı da artmaktadır. Kadınların %68,9’u evli, %31,1’i ise bekârdır.

#### 3.2. İş Doyum ölçeğine ilişkin bulgular

Kadın orman mühendislerinin iş doyumunu ile ilgili ankette yer alan 20 ifadeye verdikleri yanıtların yüzdesel dağılımı ve her ifadenin Likert ölçeğine göre ortalama puanları Çizelge 3’de gösterilmiştir. Buna göre; “İş ortamındaki arkadaşlık ilişkileri iyi düzeydedir” önermesine

kadınların büyük bir bölümü katılmaktadır. Tüm ifadeler arasında en yüksek katılım bu ifadeye aittir (Ort. 4,2). Bu durum çalışma ortamındaki arkadaşlık ilişkileri ile memnuniyet arasındaki ilişkiyi açıklaması bakımından önem arz etmektedir. Benzer şekilde “*Yaptığım işten her zaman memnuniyet duyuyorum*” ifadesine katılım oranı da yüksektir (Ort. 3,7). Bu ifadeye katılmayan kadınların oranı sadece %20’dir. Bu doyum maddesi, tüm ifadeler içinde olumlu olan ikinci ifade konumundadır. Ayrıca “*Toplum içerisinde ‘saygın kişi’ olma şansını bana verdiğini düşünüyorum*” ifadesine katılanların oranı %67,8’dir.

“*Yaptığım işle ilerde terfi şansı elde edeceğimi düşünüyorum*” ifadesine katılım oranı çok düşüktür. İş doyumunu ile ilgili ifadeler arasında en olumsuz ifade budur (Ort. 2,4). Benzer şekilde kadın mühendisler, aldıkları ücretin, yapılan işin karşılığı olmadığını yani yetersiz olduğu düşünülmektedir (Ort. 2,5). Bunun en önemli nedeni iş yüklerinin fazlalığı olabilir. Bu bulguya benzer olarak yapılan bir çalışmada, orman mühendislerinin en önemli stres kaynaklarından birisi, ek ücret gibi teşvik-motive edici uygulamaların bulunmaması olarak belirtilmiştir (Alkan ve Uğur, 2016). Ücretlerin yetersizliği ve iş yükünün fazlalığı yapılan araştırmalarla da belirlenmiş durumdadır (Toksoy vd., 2012; Akyüz, vd., 2011).

İş doyumunu (genel, içsel ve dışsal) ile kadınların; yaş, görev yılı, görev yeri, yapılan görev, eğitim düzeyi ve medeni haline göre farklılığının denetimi ile ilgili olarak Mann-Whitney U ve Kruskal-Wallis H testi sonuçları Çizelge 4’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Katılımcıların bazı sosyo-demografik özellikleri

Yaş Grupları	Sayı	%
20-30	43	23,9
31-40	84	46,7
41-50	48	26,7
>50	5	2,8
Görev yılı	Sayı	%
1-5 yıl	52	28,9
6-10 yıl	48	26,7
11-15 yıl	16	8,9
16-20 yıl	37	20,6
>20 yıl	27	15,0
Eğitim düzeyi	Sayı	%
Lisans	115	63,9
Yüksek lisans	59	32,8
Doktora	6	3,3
Medeni hal	Sayı	%
Evli	124	68,9
Bekâr	56	31,1



Çizelge 3. İş doyumuyla yönelik ifadelerin yüzdesel dağılımı ve ortalama puanlar

İş doyumu ile ilgili ifadeler	Hiç katılmıyorum		Kısmen katılmıyorum		Kararsızım		Kısmen katılıyorum		Tamamen katılıyorum		Ortalama
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	
Yaptığım işten her zaman memnuniyet duyuyorum.	12	6,7	24	13,3	17	9,4	79	43,9	48	26,7	3,7
İşimde bağımsız çalışma olanaklarının olduğunu düşünüyorum.	47	26,1	31	17,2	15	8,3	62	34,5	25	13,9	2,9
İşimde arada sırada tekdüzelikten uzaklaşarak değişik şeyler yapma şansım oluyor.	40	22,2	24	13,3	13	7,2	64	35,6	39	21,7	3,2
Toplum içerisinde 'saygın kişi' olma şansını bana verdiğini düşünüyorum.	14	7,8	22	12,2	22	12,2	68	37,8	54	30,0	3,7
İş ortamındaki yöneticilerin yönetim tarzından memnunuz.	44	24,4	48	26,7	20	11,1	54	30,0	14	7,8	2,7
Yöneticilerin karar verme yeteneklerini memnun edici buluyorum.	44	24,4	54	30,0	25	13,9	48	26,7	9	5,0	2,6
İş yerinde bana verilen sorumluluğu memnun edici buluyorum.	24	13,3	32	17,8	27	15,0	67	37,2	30	16,7	3,3
İşimi, bana garantili bir gelecek sağlaması bakımından yeterli buluyorum.	19	10,6	14	7,8	27	15,0	82	45,5	38	21,1	3,6
Yaptığım işi başkaları için bir şeyler yapabilme hissi açısından yeterli buluyorum.	14	7,8	18	10,0	30	16,7	83	46,1	35	19,4	3,6
Diğer çalışanların yönlendirilmesinde aldığım yetkiden memnunuz.	26	14,4	25	13,9	34	18,9	63	35,0	32	17,8	3,3
Kendi bilgi ve yeteneklerime uygun bir iş yapmaktayım.	24	13,3	20	11,1	22	12,2	68	37,8	46	25,6	3,5
İşle ilgili alınan kararların uygulamaya konması açısından memnun edici buluyorum.	26	14,4	43	23,9	25	13,9	69	38,4	17	9,4	3,0
Aldığım ücretin yaptığım işin karşılığı olduğunu düşünüyorum.	63	35,0	37	20,6	22	12,2	42	23,3	16	8,9	2,5
Yaptığım işle ileride terfi şansını elde edeceğimi düşünüyorum.	67	37,2	35	19,4	27	15,0	41	22,8	10	5,6	2,4
Kendi fikir ve kanaatlerimi kullanabildiğim bir işte çalışmaktayım.	36	20,0	40	22,2	24	13,4	65	36,1	15	8,3	2,9
İşim bana kendi yöntemlerimi kullanma serbestliği tanıyor.	49	27,2	38	21,1	15	8,4	65	36,1	13	7,2	2,8
Çalışma şartları ve saatlerini uygun buluyorum.	45	25,0	35	19,4	22	12,2	59	32,8	19	10,6	2,8
İş ortamındaki arkadaşlık ilişkileri iyi düzeydedir.	6	3,3	10	5,6	11	6,1	63	35,0	90	50,0	4,2
Yapılan işin takdiri açısından memnun edici olduğunu düşünüyorum.	46	25,6	41	22,8	19	10,5	56	31,1	18	10,0	2,8
Bugün işe girecek olsam aynı kurumda çalışmak isterdim.	56	31,1	23	12,8	33	18,3	32	17,8	36	20,0	2,8

Çizelge 4. İş doyumunun sosyo-demografik ve iş yaşamı özelliklerine göre farklılığının denetimi

Özellik	n	Genel	İçsel	Dışsal
Yaş Grupları				
20-30	43	$\chi^2=3,521$	$\chi^2=3,924$	$\chi^2=2,603$
31-40	84	sd=3	sd=3	sd=3
41-50	48	p=0,318	p=0,270	p=0,457
>50	5			
Görev yılı				
1-5 yıl	52	$\chi^2=2,279$	$\chi^2=3,022$	$\chi^2=2,247$
6-10 yıl	48	sd=4	sd=4	sd=4
11-15 yıl	16	p=0,685	p=0,554	p=0,690
16-20 yıl	37			
>20 yıl	27			
Görev yeri				
Merkez	35	$\chi^2=11,608$	$\chi^2=15,242^*$	$\chi^2=4,184$
Taşra	132	sd=2	sd=2	sd=2
Araştırma kurumları	13	p=0,003**	p=0,000	p=0,123
Görev		MW-U***=1427,0	MW-U=1473,5	MW-U=1316,0
İdareci (Müdür vb.)	19	Z=-0,477	Z=-0,261	Z=-0,995
Diğer	161	p=0,633	p=0,794	p=0,320
Eğitim düzeyi				
Lisans	115	$\chi^2=1,701$	$\chi^2=2,620$	$\chi^2=4,337$
Yüksek lisans	59	sd=2	sd=2	sd=2
Doktora	6	p=0,427	p=0,270	p=0,114
Medeni hal		MW-U=3416,5	MW-U=3410,5	MW-U=3405,5
Evli	124	Z=-0,172	Z=-0,190	Z=-0,206
Bekâr	56	p=0,864	p=0,849	p=0,837

\*Kruskal-Wallis H testi, \*\*p<0,05, \*\*\*Mann-Whitney U Testi,\*\*\*\*

Çizelge 4'de görüldüğü üzere kadınların yaş, görev yılı, görev yapılan birim, üst yönetici olup olmama, eğitim düzeyi ve medeni hal özelliklerine göre iş doyumunda hem genel hem de içsel ve dışsal doyum, istatistiksel olarak farklı değildir (p>0,05). Görev yerine göre genel ve içsel doyum, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır (p<0,05). Genel iş doyumunda anlamlı fark, taşra (Ort. 3,21) ve merkez örgütleri çalışanları (Ort. 2,75), içsel faktörlere göre de benzer şekilde anlamlı fark, taşra (Ort. 3,40) ve merkez örgütleri çalışanları (Ort.2,75) arasında çıkmıştır. Yani taşra örgütlerinde çalışan kadınların, merkezde çalışanlara göre genel ve içsel doyumunda daha yüksektir.

### 3.3. İş doyumunu etkileyen faktörler

Kamu sektöründe çalışan kadın orman mühendislerinin iş doyumunu etkileyen temel faktörleri belirlemek için daha öncede belirtildiği üzere belirlenen 20 iş doyumunu ifadesi için faktör analizi uygulanmıştır. Verilerin, yapılan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett testi sonuçlarına göre KMO değeri 0,885 (KMO'ya göre 0,80-0,90 arası iyi) ve Bartlett testi de anlamlı (p=0,000) bulunduğu için faktör analizine uygun olduğu görülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 5. Kaiser-Meyer-Olkin ve Bartlett testi sonuçları

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örneklem ölçüm değeri	0,885
Yeterliliği	
	Ki-kare
	1357,68
Bartlett testi	Serbestlik derecesi
	190
	Anlamlılık düzeyi
	0,000*
Cronbach Alfa	0,888

\*p<0,01

Faktör analizinde, faktör türetme yöntemlerinden *temel bileşenler* ve rotasyon yöntemi olarak da *Varimax* yöntemi kullanılarak faktör yükü 1'den büyük olan 4 temel faktör türetilmiştir. Rotasyon sonucu faktörlerin varyansa katılma yüzdeleri sırasıyla; %24,43, %12,65, %12,04 ve %6,27 olarak bulunmuştur. Buna göre toplam soru ile ölçülen iş doyumunun %55,39'u bu dört faktör ile açıklanmaktadır (Çizelge 6).

Faktör analizinde temel faktörlerin yorumlanması ve adlandırılmasını kolaylaştırmak için mutlak değer olarak 0,5'den büyük olan faktör yükleri dikkate alınmıştır (Daşdemir, 1996). Çizelge 6'da iş doyumunu etkileyen faktörler sunulmuş, "*İşle ilgili alınan kararların uygulamaya konması açısından memnun edici buluyorum*" ifadesi (faktör yükü: 0,458) ile "*Yaptığım işle ilerde terfi şansı elde edeceğimi düşünüyorum*" ifadesine (faktör yükü: 0,375) faktör yükleri düşük bulunduğu için çizelgede yer verilmemiştir.

Yılmaz vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada, iş doyumunu için beş temel faktör belirlenmiştir. Bu faktörler; (a) yönetime katılım ve terfi olanağı, (b) bağımsızlık, yaratıcılık ve saygınlık, (c) vicdani rahatlık, (d) yöneticilerin teknik ve yönetsel yeterliliği ve (e) ücret ve çalışma koşulları olarak sıralanmaktadır. Bu çalışmada da yönetime katılım, yöneticilerin teknik ve yönetsel yeterliliği, ücret ve çalışma koşulları benzer şekilde temel faktörler olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). İki çalışma arasındaki önemli fark; Yılmaz vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada iş ortamındaki arkadaşlık ilişkilerine yönelik faktör yükünün düşük bulunmuş (<0,5) olmasıdır.

### 3.4. Örgütsel bağlılık ölçeğine ilişkin bulgular

Kadın orman mühendislerinin örgütsel bağlılık ile ilgili ankette yer alan 10 ifadeye verdikleri yanıtların yüzdesel dağılımı ve her ifadenin Likert ölçeğine göre ortalama puanları Çizelge 7'de gösterilmiştir. Buna göre; kadınların

büyük bir bölümü, kurumun meselelerini gerçekten de kendi meselelerimi gibi hissetmektedir (Ort. 3,8). Örgütsel bağlılık kapsamında en önemli konulardan birisi aidiyet duygusudur. Çünkü çalışanların aidiyet duygusunun yüksek olması kurumun amaçlarına ulaşmadaki başarısını etkilemektedir. Kadınlar arasında bu duyguya katılım oranı %55 olarak belirlenmiştir. Bu ifadenin ortalaması 3,4 olarak belirlenmiştir. Bir önceki ifade de dikkate alındığında, kadınların yarından fazlasında aidiyet duygusunun geliştiği söylenebilir.

Çizelge 8'de görüldüğü üzere kadınların yaş, görev yılı, görev yapılan birim, görev yeri, eğitim düzeyi ve medeni hal özelliklerine göre örgütsel bağlılık istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar içermemektedir ( $p>0,05$ ). Üst yönetici olup olmamaya bağlı olarak örgütsel bağlılık istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır ( $p<0,05$ ). Bu farkın nedeni, kadınlar arasında müdür, müdür yardımcısı vb. şekilde üst yönetimde görev alanların (Ort. 3,66), mühendis, şef vb. görevlerde bulunan kadınlara göre (Ort. 3,11) örgütsel bağlılığının daha yüksek olmasıdır.

Çizelge 6. İş doyumunu etkileyen faktörler

Faktörler	Faktör yükleri	Öz değer	Varyansın %'si
<i>Faktör 1: Yönetime katılım ve saygınlık</i>			
Yaptığım işten her zaman memnuniyet duyuyorum	0,603	4,886	24,43
İşimde bağımsız çalışma olanaklarının olduğunu düşünüyorum	0,684		
İşimde arada sırada tekdüzelikten uzaklaşarak değişik şeyler yapma şansım oluyor	0,607		
Toplum içerisinde 'saygın kişi' olma şansını bana verdiğini düşünüyorum	0,592		
Yaptığım işi başkaları için bir şeyler yapabilme hissi açısından yeterli buluyorum	0,765		
Diğer çalışanların yönlendirilmesinde aldığım yetkiden memnunum	0,639		
Kendi bilgi ve yeteneklerime uygun bir iş yapmaktayım	0,795		
Kendi fikir ve kanaatlerimi kullanabildiğim bir işte çalışmaktayım	0,646		
İşim bana kendi yöntemlerimi kullanma serbestliği tanıyor	0,619		
Bugün işe girecek olsam aynı kurumda çalışmak isterdim	0,544		
<i>Faktör 2: Yöneticilerin teknik ve yönetsel yeterliliği</i>			
İş ortamındaki yöneticilerin yönetim tarzından memnunum	0,872	2,529	12,65
Yöneticilerin karar verme yeteneklerini memnun edici buluyorum	0,869		
İş yerinde bana verilen sorumluluğu memnun edici buluyorum	0,530		
<i>Faktör 3: Ücret, çalışma koşulları ve takdir</i>			
İşimi, bana garantili bir gelecek sağlaması bakımından yeterli buluyorum	0,622	2,408	12,04
Aldığım ücretin yaptığım işin karşılığı olduğunu düşünüyorum	0,626		
Yapılan işin takdiri açısından memnun edici olduğunu düşünüyorum	0,526		
Çalışma şartları ve saatlerini uygun buluyorum	0,732		
<i>Faktör 4: İşyeri arkadaşlığı</i>			
İş ortamındaki arkadaşlık ilişkileri iyi düzeydedir.	0,837	1,253	6,27
Varyansa katılma (%)			55,39

Çizelge 7. Örgütsel bağlılığa yönelik ifadelerin yüzdesel dağılımı ve ortalama puanlar

Örgütsel bağlılık ile ilgili ifadeler	Hiç Katılmıyorum		Kısmen Katılmıyorum		Kararsızım		Kısmen Katılıyorum		Tamamen Katılıyorum		Ortalama
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	
Meslek hayatımın geri kalan kısmını çalışmakta olduğum kurumda geçirmek beni çok mutlu eder.	41	22,8	22	12,2	34	18,9	49	27,2	34	18,9	3,1
Çalıştığım kurumun meselelerini gerçekten de kendi meselelerim gibi hissedirim.	16	8,9	20	11,1	18	10,0	48	26,7	78	43,3	3,8
Kendimi çalıştığım kuruma ait hissediyorum.	28	15,6	22	12,2	31	17,2	54	30,0	45	25,0	3,4
Kendimi çalıştığım kuruma "duygusal olarak bağlı" hissediyorum.	30	16,7	27	15,0	28	15,5	48	26,7	47	26,1	3,3
Kendimi çalıştığım kurumda "ailenin bir parçası" olarak görüyorum.	39	21,7	27	15,0	38	21,1	36	20,0	40	22,2	3,1
Çalıştığım kurum benim için çok şey ifade ediyor.	33	18,3	25	13,9	35	19,5	43	23,9	44	24,4	3,2
Şu anda kendi isteğimden ziyade mecburiyetten dolayı bu kuruluştaki çalışıyorum.	58	32,2	32	17,8	16	8,9	45	25,0	29	16,1	2,8
Çalıştığım kuruma kendimden o kadar çok şey verdim ki, buradan ayrılmayı düşünemiyorum.	40	22,2	41	22,8	28	15,5	37	20,6	34	18,9	2,9
Çalıştığım kuruma çok şey borçluyum.	30	16,7	45	25,0	39	21,7	42	23,3	24	13,3	2,9
Arkadaşlarıma ve yakın çevrem kurumumu övmekten mutluluk duyarım.	31	17,2	26	14,4	37	20,6	46	25,6	40	22,2	3,2

Çizelge 8. Örgütsel bağlılığın sosyo-demografik ve iş yaşamı özelliklerine göre farklılığının denetimi

Özellik	n	Test Sonuçları
Yaş		
20-30	43	KW: $\chi^2=3,265$ sd=3 p=0,353
31-40	84	
41-50	48	
>50	5	
Görev yılı		
1-5 yıl	52	KW: $\chi^2=2,555$ sd=4 p=0,635
6-10 yıl	48	
11-15 yıl	16	
16-20 yıl	37	
>20 yıl	27	
Görev yeri		
Merkez	35	KW: $\chi^2=4501$ sd=2 p=0,105
Taşra	132	
Araştırma kurumları	13	
Görev		MW-U**=1014,0
İdareci (Müdür vb.)	19	Z=-2,401
Diğer	161	p=0,016***
Eğitim düzeyi		
Lisans	115	KW: $\chi^2=4,442$ sd=2 p=0,109
Yüksek lisans	59	
Doktora	6	
Medeni hal		MW-U=3114,0
Evli	124	Z=-1,107
Bekâr	56	p=0,268

\* KW: Kruskal-Wallis H testi, \*\* MW-U: Mann-Whitney U Testi, \*\*\* p<0,05

### 3.5. İş doyumu ve örgütsel bağlılık ilişkisi

İş doyumu ile örgütsel bağlılık arasındaki temel fark, "işimi seviyorum" ve "çalıştığım örgütü seviyorum" şeklinde özetlenebilir. İş doyumu, çalışanın yapmakta olduğu işine karşı geliştirdiği tutumlarla ilgili iken, örgüte bağlılık çalışanın çalıştığı örgüte karşı geliştirdiği tutumlarla ilgilidir (Türkoğlu, 2011).

Çalışmanın bu bölümünde iş doyumu ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bu amaçla, iş doyumu kapsamında genel, içsel ve dışsal doyum ile örgütsel bağlılık arasındaki Spearman sıra korelasyonları Çizelge 9'da gösterilmiştir. Örgütsel bağlılık ile iş doyumunun alt faktörleri olan genel, içsel ve dışsal faktörler arasında farklı düzeylerde istatistiksel olarak pozitif yönlü anlamlı ilişkiler bulunmuştur (p<0,01). En yüksek ilişki içsel faktörler ile örgütsel bağlılık arasındadır (r=0,628). Bunu genel faktörler izlemektedir. En düşük ilişki dışsal faktörler ile örgütsel bağlılık arasındadır.

Görüldüğü üzere iş doyumu yükseldikçe kadın orman mühendislerinin görev yaptıkları kuruma bağlılık düzeyleri artmaktadır. Aynı zamanda bu bulgu, örgütsel bağlılık düzeyinin artışının iş doyumuna olumlu etki yaptığını da göstermektedir. Yani iş doyumu ve örgütsel bağlılık, birbirlerinin belirleyicileri konumundadır.

Bu çalışmanın bulgularına benzer olarak ilgili yazında da iş doyumu ile örgütsel bağlılık arasında pozitif yönlü ilişkiler belirlenmiştir (Tarigan ve Ariani, 2015; Yenihan, 2014; Türkoğlu, 2011; Aktay, 2010; Aykaç, 2010; Karataş ve Güleş, 2010; Williams ve Hazer, 1986).

Çizelge 9. İş doyumu ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiler

	Genel	İçsel	Dışsal	Örgütsel bağlılık
Genel	1,000			
İçsel	0,944**	1,000		
Dışsal	0,839**	0,627**	1,000	
Örgütsel Bağlılık	0,613**	0,628**	0,471**	1,000

\*\* p<0,01

## 4. Sonuç ve öneriler

Günümüz iş yaşamında çalışanların performansını verimli kullanabilmesi, büyük ölçüde kurum içinde yaşadığı iş doyumuna bağlıdır. Çalışma sonuçlarına göre iş doyumunu etkileyen faktörler; (a) yönetime katılım ve saygınlık, (b) yöneticilerin teknik ve yönetsel yeterliliği, (c) ücret, çalışma koşulları ve takdir ve (d) işyeri arkadaşlığı olarak belirlenmiştir. Bu faktörler ışığında, iş doyumunu arttırmak için, kadınların yönetime katılım düzeyleri artırılmalıdır. Bunun yanında son yıllarda orman yangınlarında görev yapan çalışanlara ek ödemeler yapılmaya başlanmış olmasına rağmen artan iş yoğunluğuna karşı ek ödemelerin (arazi tazminatı vb.) artırılması önerilebilir. Bunlara ek olarak yapılan işin takdir edilmesi bağlamında ödül-teşvik sisteminin geliştirilmesi iş doyumunu arttırabilecektir.

Çalışma kapsamında örgütsel bağlılık düzeyi de incelenmiştir. Bu kapsamda örgütsel bağlılık ölçeğinde yer alan ifadeler arasında aidiyet ile ilgili olan "Çalıştığım kurumun meselelerini gerçekten de kendi meselelerim gibi hissediyordum" ve "Kendimi çalıştığım kuruma ait hissediyordum" ifadeleri en olumlu ifadelerdir. Kadın mühendislerin aidiyet duygularının örgütsel bağlılık ifadeleri arasında ilk sıralarda olması çok önemlidir. Çünkü aidiyet duygusu olan çalışanlarla kurum gelişir, yani kurumu sırtlanan kişiler aidiyet duygusuna sahip kişilerdir.

İş doyumu ile örgütsel bağlılık arasında hem genel hem de içsel ve dışsal faktörler bakımından pozitif yönlü ilişki (korelasyon) bulunmuştur. Yani iş doyumu yükseldikçe kadın orman mühendislerinin görev yaptıkları kuruma bağlılık düzeyleri artmaktadır. Aynı zamanda örgütsel bağlılık düzeyinin artışı da iş doyumuna olumlu etki yapmaktadır.

## Teşekkür

Bu makale, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan "Kamu Sektöründe Çalışan Kadın Orman Mühendislerinin Mesleki Memnuniyetleri ve Çalışma Yaşamında Karşılaştıkları Sorunlar" adlı yüksek lisans tezinin bir bölümünün özetidir.

## Kaynaklar

- Aktay, D. D., 2010. İş Tatmini ve Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişki ve Askeri Hastanede Bir Uygulama. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Akyüz, K, Koçak, S, Balaban, Y, Yıldırım, İ, Gedik, T. 2011. Çalışanların iş tatmin düzeylerinin incelenmesi (Muğla Orman Bölge Müdürlüğü örneği). SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 12 (1), 20-26.

- Alanay, A., 1998. 8 Mart ve mühendis- mimar kadın, orman mühendisliğinde kadın. *Orman Mühendisliği*, 35:3.
- Alkan, H., Uğur, T., 2016. Örgütsel stres ve yönetimi: Orman işletmeleri örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 17(2): 107-117.
- Arslantaş, E., 2006. Orman Mühendislerinin Cinsiyet Algısı ve Ormancılık Örgütünde Cinsiyet Ayrımcılığı. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Aykaç, A., 2010. İş Doyumunun Örgütsel Bağlılık Üzerindeki Etkisi. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Bakan, İ. 2011. Örgütsel Bağlılık Kavram, Kuram, Sebep ve Sonuçlar. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Balay, R. 2000. Yönetici ve Öğretmenlerde Örgütsel Bağlılık, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Daşdemir, İ. 1996. Orman İşletmelerinin Başarı Düzeylerinin Belirlenmesi. Doğu Anadolu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No: 1, Erzurum.
- Eren, E., 2004. Örgütsel Davranış ve Yönetim Psikolojisi. Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Eroğlu, F., 2017. Davranış Bilimleri. Beta Basım Yayım, İstanbul.
- Erol, S.Y., Köse, M., 2017. Ormancı teknik personelin iş memnuniyeti: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü örneği. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1): 273-286.
- Güller, B., Korkmaz, S., 2007. İş yaşamında bayan orman mühendisleri (Performansları, sorunları, mesleki memnuniyetleri ve beklentileri). *Orman Mühendisliği*, 1-2-3: 13-18.
- Gürkan, G. Ç., 2006. Örgütsel Bağlılık: Örgütsel İklimin Örgütsel Bağlılık Üzerindeki Etkisi ve Trakya Üniversitesi'nde Örgüt İklimi İle Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişkinin Araştırılması Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Kalaycı, Ş. 2010. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Asil Yayın Dağıtım, 5. Baskı, Ankara.
- Karataş S., Güleş, H., 2010. İlköğretim okulu öğretmenlerinin iş tatmini ile örgütsel bağlılığı arasındaki ilişki. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2): 74-89.
- Nulty, D.D., 2008. The Adequacy of response rates to online and paper surveys: what can be done? *Assesment & Evaluation in Higher Education*, 33(3): 301-314.
- Otrar, M., 2017. Spearman Sıra Farkları Korelasyon Katsayısı. <http://mustafaotrar.net/istatistik/spearman-sira-farklari-korelasyon-katsayisi/> (Erişim Tarihi: 02.11.2017).
- Tarigan, V., Ariani, D.W., 2015. Empirical study relations job satisfaction, organizational commitment, and turnover intention. *Advances in Management & Applied Economics*, 5(2): 21-42.
- Toksoy, D., Bayramoğlu, M., Ayaz, H., 2012. Ormancılık örgütündeki orman mühendislerinin yönetsel ve örgütsel sorunları üzerine bir araştırma. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı: 180-184.
- Türkoğlu, H., 2011. İş Tatmini ve Örgütsel Bağlılık İlişkisi ve Bir Uygulama. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Urhan, S., 2014. İş Tatmini ve Örgütsel Bağlılık İlişkisi Bir Alan Araştırması. Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Williams, L. J., Hazer, J. T., 1986. Antecedents and consequences of satisfaction and commitment in turnover models: A reanalysis using latent variable structural education methods. *Journal of Applied Psychology*, 71(2): 219-231.
- Yadigar, S., 1990. 8 Mart dünya kadınlar günü ve ormancılığımızda kadın orman mühendislerinin yeri, *Orman Mühendisliği*, 3: 23-27.
- Yenihan, B., 2014. Örgütsel bağlılık ve iş tatmini arasındaki ilişki. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(2):170-178.
- Yılmaz, E., Daşdemir, İ., Karabulut, S., Koçak, Z., Polat, O., 2009. Orman Genel Müdürlüğü Taşra Teşkilatı Çalışanlarının İş Doyumunu Etkileyen Faktörler: Mersin Orman Bölge Müdürlüğü ve Buna Bağlı Orman İşletme Müdürlükleri Örneği. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No: 387/52, Teknik Bülten No: 30, Mersin.
- Yurdagül, H., 2017. Faktör Analizinde KMO ve Bartlett Testleri Neyi Ölçer? [http://yunus.hacettepe.edu.tr/~yurdugul/3/indir/Kureselli\\_k.pdf](http://yunus.hacettepe.edu.tr/~yurdugul/3/indir/Kureselli_k.pdf) (Erişim Tarihi: 15.12.2017)

## Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin iş motivasyonu üzerine bir araştırma

Tarık Gedik<sup>a,\*</sup>, Muhammet Çil<sup>a</sup>, Derya Sevim Korkut<sup>a</sup>, Melek Yükselen Kaya<sup>a</sup>, Bircan Şimşek<sup>a</sup>

**Özet:** İşletmelerde çalışanların performanslarını arttırmaları istenen bir amaçken bu durum iş motivasyonu ile sağlanabilmektedir. İş motivasyonu konusunda genel kabul görmüş motive edici temel faktörler olsa bile toplumdaki topluma, kişiden kişiye, işletmeden işletmeye değişen motivasyon araçlarından söz etmek mümkündür. Yapılan bu çalışma ile Düzce orman ürünleri sanayi işletme yöneticilerinin iş motivasyonları incelenmiştir. Çalışmada Mottaz tarafından geliştirilen ve literatürde geçerliliği çeşitli çalışmalarla ispatlanmış İş Motivasyon Ölçeği kullanılmıştır. Çalışma sonucunda içsel motivasyon araçlarının çalışanların iş motivasyonu üzerinde dışsal motivasyon araçlarından daha etkili olduğu belirlenmiştir. İş motivasyon araçlarının çalışanların motivasyonu üzerindeki etkisinin katılımcıların yaşı, eğitim düzeyi, medeni durumu, ortalama aylık geliri, işletmedeki statüleri ve iş deneyimlerine göre farklılık göstermediği de tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** İş Motivasyonu, Düzce, Orman ürünleri sanayi

## A research on work motivation of managers of forest products industry in Düzce

**Abstract:** Increasing the performance of employees in businesses is a desired goal, which can be achieved through work motivation. Motivational rewards may diverge for different societies, people or businesses even though there are commonly accepted work motivation factors. This study examines the work motivations of administrative staff of forest products industry in Düzce province. We used Work Motivation Scale developed by Mottaz and validated in various studies. The findings of the study revealed that intrinsic rewards have greater effect on the work motivation than extrinsic rewards. Effects of the rewards on the work motivation are not significantly different in terms of age, education, marital status, income, position at job and experience.

**Keywords:** Work motivation, Düzce, Forest products industry

### 1. Giriş

Motivasyon, çalışanların örgütsel amaçlar doğrultusunda isteyerek çalışması ve verimli olması için gerekli şartların araştırılması ve oluşturulması şeklinde ifade edilebilir (Karakaya ve Ay, 2007).

Başka bir ifadeyle motivasyon çalışanların yaptıkları işle ilgili, diğer çalışanlarla ilgili ve örgütsel etkileşim ile ilgili olarak ifade edilebilir. Literatürde motivasyonla ilgili tanımlamalarda üç genel boyut ileri sürülmektedir. Bu boyutlar, çalışana hareket geçirmek, bir yöne/olguya kanalize etmek ve bu davranışı sürdürmek olarak ifade edilebilir (Steers vd., 2004).

Çalışma hayatı için motivasyon kavramını, örgütlerin ve çalışanların başarılı olmalarında etki eden faktörlerden biri olarak gösteren kaynaklar vardır. Bu kaynaklarda genel olarak motivasyon; iş görenlerin daha istekli, verimli ve aktif çalışmasına olumlu katkı yaptığı ve çalışanlarda yaptıkları işleri daha iyi yapma arzusunu ortaya çıkardığı belirtilmiştir (Gök, 2009).

Aşan (2001) motivasyonun örgütsel başarı açısından büyük bir öneme sahip olduğunu ileri sürmüş ve bir örgüt için motivasyonu hem örgütün hem de çalışanların ihtiyaçlarını tatmin edecek bir iş ortamı yaratarak kişinin harekete geçmesi için isteklendirilmesi olarak tanımlamıştır.

Aşıkoglu (1996) motivasyon süreçlerinde dört temel aşamadan söz etmektedir. Motivasyon belirli şeylere duyulan “ihtiyaç” ile başlamaktadır. Bu ihtiyacın giderilmesi için bireyde “uyarılma hissi” ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu uyarılma hissi ile birey “davranış” göstermektedir. Gösterilen davranışa bağlı olarak ihtiyacın gerçekleşme ölçüsüne bağlı olarak da birey “doyuma” ulaşır.

Kişisel ve örgütsel değişkenlerle motivasyon sürecini yönetmek için bir takım faktörlere dikkat etmek gerekmektedir (Adalan, 2016). Bunlar;

- Kişisel farklılıklara göre çalışan ile işin uyumunu kurgulamak,
- Çalışanların amaçları özümsemelerini ve benimsemelerini sağlamak için şeffaf ve açık iletişimde olmak,
- İletişimi geri bildirimlerle sürekli kılmak,
- Ödülleri çalışan özelliklerine, beklentilerine ve performanslarına göre ayarlamak ve bunu adil bir şekilde yürütmek şeklinde sıralanabilir.

### 1.1. Motivasyon teorileri

Teknolojideki gelişimin sürekli ve hızlı bir şekilde olması insanlarda işsiz kalma kaygısını üst seviyelere

✉ <sup>a</sup> Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): tarikgedik@duzce.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 09.06.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 21.12.2017



çıkarmış çalışanların mutsuz olması gibi bir olguyu ortaya çıkarmıştır.

Bu teknolojik gelişim süreci, motivasyonu bozulan çalışanların tekrar motivasyonlarını yükseltme çalışmalarının ve çeşitli teorilerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu teknolojik gelişim süreci içerisinde insanları motive eden faktörleri belirlemek ve sürdürmek amacıyla çalışma isteksizliğini, alışkanlıklardaki ve ruhsal yapılarıdaki olumsuz değişiklikleri gidermek ve insanları yönlendirmek konularında araştırmacılarca çeşitli motivasyon teorileri önerilmiştir. Sabuncuoğlu ve Tüz'e (2001) göre motivasyon teorilerini iki ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar içsel faktörlere ağırlık veren 'Kapsam Teorileri' ile dışsal faktörlere ağırlık veren 'Süreç Teorileri'dir.

### 1.1.1. Kapsam teorileri

Bu teoriler kişinin kendi isteğiyle ve kendisini davranışa yönlendiren faktörleri anlamaya çalışmasıyla oluşur. Bir işveren, çalışanları belirli şekillerde davranmaya zorlayan bu faktörleri meydana çıkarabilirse çalışanlarını daha iyi yönetebilir ve işletmenin hedeflerine yönelik çalıştırabilir. Bu noktada birçok araştırmacı iş yaşamında insanın motivasyonunu açıklamaya yönelik birçok teori geliştirmişlerdir. Bu teoriler Maslow'un gereksinimler Hiyerarşisi Kuramı, Herzber'in Çift Faktör Kuramı, Alderfer'in Vig Kuramı, Başarı İhtiyaç Teorileri sayılabilir (Makineci, 2009).

### 1.1.2. Süreç teorileri

"Süreç Teorileri"nin kilit noktası iş görenlerin hangi amaçlarla ve nasıl motive edildikleridir. Benzer bir şekilde: "Kişinin ortaya koyduğu bir davranışı tekrarlaması ya da tekrarlamaması nasıl sağlanabilir?" sorusuna yanıt aranmasıdır. Başlıca süreç teorileri ise Vroom'un Beklenti Teorisi; Lawler, Porter Modeli Eşitlik Teorisi; Amaç Teorileri; Davranış Şartlandırma Teorisi; Bilişsel Değerlendirme Teorisidir (Önen ve Tüzün, 2005).

### 1.2. Motivasyonu etkileyen faktörler

Bir işletmenin ihtiyaçlar ve motivasyon araçlarının tatmin sağlama seviyesi ile başka bir işletmenininki aynı olamaz. Bu sebeple her işletmede her iş görene aynı yöntemler uygulanamaz. Bir işletmede uyguladığı yöntemlerle başarılı olan yönetici, aynı yöntemlerle başka bir işletmede başarılı olmayabilir (Eren, 2003).

İş motivasyonunu artırıcı faktörler başlıca ekonomik, psiko-sosyal ve örgütsel-yönetimsel faktörler olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir (Silah, 2005).

#### 1.2.1. Ekonomik faktörler

İşletmelerin kuruluş nedenleri ve çalışanların çalışma nedenleri genelde ekonomik temele dayanmaktadır. Girişimcilerin amacı; gelirlerini artırmakla beraber, kişisel çıkarlarını da maksimize etmektir. Çalışanları ise çalışmaya yönelten en güçlü etken kişisel yaşamını ve aile yaşantısını sürekli kılmasını sağlayacak ücreti almaktır (Barutçu ve Sezgin, 2012). Böylece motivasyonu etkileyen faktörler içerisinde ekonomik faktörlerin etkisi diğer araçlara göre daha yüksektir. Çünkü kişilerin yaşamlarını

sürdürebilmesinin temeli ekonomik yapıdan geçmektedir (Düşükcan ve Katı, 2017).

İşletmelerde uygulanan ekonomik araçları; ücret artışı, primli ücret, kâra katılma, ekonomik ödüller, sosyal yardım ve güvenlik olarak beş gruba ayırabiliriz (Şenel vd., 2012).

#### 1.2.2. Psiko-sosyal faktörler

İş motivasyonunu etkileyen ikinci faktör olarak Psiko-sosyal faktörler gelmektedir. Psiko-sosyal faktörler; güvenlik duygusu, çalışmada bağımsızlık, özel yaşama saygılı olma, öneri sistemi, dostluk, sosyal katılım, iş ortamının çekiciliği, değer ve statü, rekabet, yöneticinin davranışları ve başka kişilerden yararlanma olmak üzere on bir başlık altında toplanmıştır (Çiçek, 2005).

#### 1.2.3. Örgütsel ve yönetsel faktörler

İş motivasyonunu etkileyen üçüncü faktör ise, örgütsel ve yönetsel faktörlerdir. Örgütsel ve yönetsel faktörlerin çoğu işletmeler için herhangi bir maddi yük oluşturmazlar. Yöneticiler biraz maddi kaynak ayırarak veya herhangi bir maddi kaynağa gerek olmaksızın bu araçları yerinde ve zamanında etkin bir şekilde kullanarak çalışanların moral ve motivasyonlarını yükseltebilir. Ayrıca onların örgütsel amaçlar doğrultusunda daha verimli çalışmalarını sağlayabilirler. Örgütsel ve yönetsel faktörler; amaç birliği, yetki ve sorumluluk, eğitim ve yükselme, kararlara katılma, iletişim, fiziksel şartların iyileştirilmesi, adaletli ve sürekli bir disiplin sistemi, kalite çemberleri ve toplam kalite yönetimi, takım çalışması, sendikalar, performans değerlendirme, özel hayata saygı olmak üzere on iki başlık altında toplanmıştır (Çiçek, 2005).

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Anket formu uygulanacak işletmelerin belirlenmesinde örnekleme yapılmadan ana kitlenin tamamına ulaşılması hedeflenmiştir. Bu çerçevede Düzce Ticaret ve Sanayi Odası üye kayıtları incelenmiş ve 2014 Haziran döneminde kayıtlı 66 orman endüstri işletmesi belirlenmiştir (Anonim, 2014). 10 ve daha fazla çalışanı olan 50 işletmeden 4 tanesinin çalışma yapıldığı dönemde faaliyette olmadığı belirlenmiştir. Çalışma döneminde Düzce ilinde faaliyette bulunan 46 adet orman ürünleri sanayi işletme yöneticisi çalışmanın evrenini oluşturmuştur. Çalışma kapsamında 46 işletmeye 2014-Haziran'da ayrı ayrı her firma için en az 2 defa araştırmacılar tarafından anket yapılması için gidilmiş, bazı işletmeler iş yoğunluğu nedeniyle görüşmek istememiştir. Bu nedenle toplamda 36 işletme yöneticisinden geri dönüş alınmıştır. Geri dönüş alınan anketlerden 34 tanesi değerlendirmeye alınacak niteliğe sahip olduğundan 34 anket üzerinden bu araştırmanın analizleri yapılmıştır. Değerlendirmeye alınan 34 tane anketin geri dönüş oranı %73,9 olarak hesaplanmıştır. Literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında, ana kütle üzerinden gerçekleşen geri dönüş oranlarının genellikle %20 ile %45 arasında değiştiği gözükülmektedir (Hum ve Leow, 1996; Bal ve Gundry, 1999). Bu nedenle ulaşılan veri sayısının istatistikî olarak yeterli olduğu kabul edilmiştir.



## 2.2. Yöntem

Çalışmada çıkarımsal istatistiksel analiz yapılabilmesi için anket formundan yararlanılmıştır. Kullanılan anket formu iki kısımdan oluşturulmuştur. Anketin birinci kısmında katılımcıların bazı demografik özellikleri 9 soru ile sorgulanmıştır. Anketin ikinci kısmında Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin iş motivasyonunu ölçmeye yarayan iş motivasyonu ölçeği kullanılmıştır. Değerlendirme aşamasında kullanılan iş motivasyonu ölçeği Mottaz (1985) tarafından geliştirilen, Brislin vd. (2005), Mahaney ve Lederer (2006), Dündar vd. (2007), Ertan (2008), Ersarı ve Naktiyok (2012), Karabekir vd. (2016) ve Ertürk (2016) tarafından da kullanılan "İş Motivasyonu Ölçeği"dir. Çalışmada kullanılan iş motivasyonu ölçeği 24 maddeden oluşan ve içsel (9 madde) ve dışsal (15 madde) motivasyonu ölçen beşli likert tipi bir ölçektir. İş motivasyonu ölçeğinin değerlendirilmesinde 1,00-1,80 çok düşük iş motivasyonu; 1,81-2,60 düşük iş motivasyonu; 2,61-3,40 orta düzey iş motivasyonu; 3,41-4,20 yüksek iş motivasyonu ve 4,21-5,00 çok yüksek iş motivasyonu şeklindedir.

Elde edilen anket formları SPSS (2003) paket programında değerlendirilmek üzere kodlanmış ve bilgisayar ortamında bir veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri seti yardımıyla çalışmanın geçerlilik ve güvenilirlik analizi için açıklayıcı faktör analizi ve güvenilirlik analizi kullanılmıştır.

Verilerin değerlendirilmesinde parametrik hipotez testlerinin varsayımlarının karşılandığı durumlarda üç ve daha fazla olan gruplar için tek yönlü varyans analizi testleri kullanılmıştır. Verilerde denek sayısının 30'dan az olması ve normal dağılım gösteren evreni temsil edemediği için (Akhun, 1986) parametrik olmayan istatistik tekniklerinden de yararlanılmıştır. Bu amaçla ele alınan demografik özelliklere bağlı olarak farkları belirlemek için Mann Whitney U Testinden yararlanılmıştır.

## 2.3. Geçerlilik ve güvenilirlik analizi

Düzce orman ürünleri sanayi işletme yöneticilerinin iş motivasyonlarının belirlendiği bu çalışmada materyal ve yöntem kısmında belirtilen kısıtlılıklardan dolayı 34 işletme yöneticisi ile görüşülmüştür. Elde edilen verilerden yararlanılarak yapılan geçerlilik ve güvenilirlik analizi sonuçlarında çalışmanın geçerlilik ve güvenilirlik açısından istatistiki olarak değerlendirilebilir olduğu görülmüştür.

Çalışmanın faktör yapısının uygunluğuna karar verebilmek için Bartlett küresellik testinden, verilerin faktör analizi için uygun olup olmadığını belirlemek için de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) testinden yararlanılmıştır (Ghauri vd., 1995; Nakip, 2006). Analizde verimaz döndürme tekniğinden yararlanılmıştır. Yapılan faktör analizi sonuçlarına göre KMO değerinin (0,853) 0,50'den büyük çıktığı ve Bartlett testi değerlerinin de (816,328) anlamlı olduğu görülmüştür. Ayrıca veriler güvenilirlik analizine de tabi tutulmuş ve tüm veriler güvenilirlik analizi sonucu cronbach alfa değeri 0,922; içsel tatmin güvenilirlik analizi sonucu 0,886; dışsal tatmin güvenilirlik analizi sonucu 0,844 olarak belirlenmiştir. Literatürde alfa değerinin 0,80-1,00 arasında olması yüksek derecede güvenilir bir ölçek olduğunu göstermektedir (Kalaycı, 2009). Literatürde iş

motivasyonu ölçeğinin güvenilirlik sonuçları incelendiğinde Dündar vd. (2007) 0,83 (içsel tatmin), 0,84 (dışsal tatmin); Ertan (2008) güvenilirlik sonucunu tüm ölçek için 0,90; Yılmaz (2009) tüm ölçeğin güvenilirlik sonucunu 0,82; Ersarı ve Naktiyok (2012) içsel motivasyon için 0,92, dışsal motivasyon için 0,88; Ertürk (2016) tarafından tüm ölçeğin güvenilirliği 0,78, içsel tatmin için 0,71 ve dışsal tatmin için de 0,80; Karabekir vd. (2016) genel iş motivasyonu için güvenilirlik sonucunu 0,831, içsel motivasyon için 0,778, dışsal motivasyon için 0,754 değerleri elde etmişlerdir.

## 3. Bulgular ve tartışma

### 3.1. Katılımcıların bazı demografik özellikleri

Çalışmada Düzce ili orman ürünleri sanayi işletmeleri yöneticilerinden veri alınmıştır. Elde edilen veriler irdelendiğinde katılımcı işletme yöneticilerinin bazı demografik özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde Düzce orman ürünleri sanayinde çalışan yöneticilerin ağırlıklı olarak erkek (%79,4) olduğu söylenebilir. Katılımcıların ağırlıklı olarak 31-40 arası yaşta (%47,1) oldukları belirlenmiştir. Katılımcıların %73,5'inin evli olduğu görülmektedir. Katılımcıların eğitim durumları irdelendiğinde yaklaşık %35,3'ünün herhangi bir lisans derecesine sahip oldukları belirlenmiştir.

Katılımcıların mesleki iş deneyimleri irdelendiğinde minimum 1, maksimum 34 yıllık mesleki deneyime sahip Düzce orman ürünleri sanayi yöneticisinin olduğu ve ortalama mesleki deneyim süresinin de 10,9 yıl olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Katılımcıların demografik özellikleri

Seçenekler	Sıklık	%	
Cinsiyet	Erkek	27	79,4
	Kadın	7	20,6
	Toplam	34	100
Yaş grubu	30 ve daha düşük	10	29,4
	31-40 arası	16	47,1
	41 ve daha büyük	8	23,5
	Toplam	34	100,0
Medeni durumu	Evli	25	73,5
	Bekar	9	26,5
	Toplam	34	100
Eğitim durumu	Lise	14	41,2
	Ön lisans	8	23,5
	Lisans	12	35,3
	Toplam	34	100,0
Gelir durumu	2500 TL ve daha az	10	29,4
	2501 - 4000 TL	7	20,6
	4001 TL ve üstü	17	50,0
	Toplam	34	100
Mesleki deneyim	3 yıldan az	4	11,8
	4-10 yıl	14	41,2
	11-14 yıl	6	17,6
	15 yıl ve üzeri	10	29,4
	Toplam	34	100,0
İş yerindeki statü	Yönetici/Müdür	16	47,1
	İşletme şefi/Üretim şefi	18	52,9
	Toplam	34	100,0

Çalışmaya katılan Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin %52,9'unun işletmede işletme şefi ya da üretim şefi olarak çalıştıkları, %47,1'inin de yönetici ya da müdür olarak çalıştıkları belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında ulaşılan işletmelerin %47,1'i masif ağaç üretimi ile (kereste, parke, kaplama, levha ve palet gibi), %35,3'ü mobilya üretimi ile ve %17,6'sı da orman ürünleri alanında (kapı imalatı, ağaç kurutma işleri, diğer ağaç işleri gibi) faaliyette bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında ulaşılan işletmelerde çalışan sayıları incelendiğinde işletmelerde minimum 12 maksimum 264 çalışanın olduğu ve ortalama çalışan sayısında 68,6 olduğu belirlenmiştir. Çalışan sayıları bakımından 50 ve daha az çalışana sahip işletme oranı %61,8 (21 işletme), 51-150 çalışana sahip işletme oranı %23,5 (8 işletme) ve 151 ve daha fazla çalışana sahip işletme oranı da %14,7 (5 işletme) olarak hesaplanmıştır.

### 3.2. Katılımcı işletme yöneticilerinin iş motivasyonunun analizi

Çalışma kapsamında Düzce ili orman ürünleri sanayi işletmelerinde faaliyette bulunan işletme yöneticilerinin iş motivasyonları içsel motivasyon için 9 yargı, dışsal motivasyon için 15 yargı toplamda 24 yargı ile analiz edilmiştir (Çizelge 2).

Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin içsel motivasyona yönelik algılarının 4,48 ile "Çok Yüksek" düzeyde; dışsal motivasyon algılarının da 4,17 ortalama ile "Yüksek" düzeyde olduğu görülmektedir. Çalışmada içsel motivasyon algısının iş motivasyonunu, dışsal motivasyondan daha fazla etkilediği görülmüştür. Mottaz'ın (1985) yaptığı çalışmada da iş motivasyonu üzerinde içsel motivasyon araçlarının dışsal motivasyon araçlarından daha etkili olduğu belirtilmiştir. Brislin vd. (2005) tarafından Japonya'da yapılan bir çalışmada da içsel motivasyonun dışsal motivasyondan iş motivasyonunu etkileme yönünde daha etkili olduğu ileri sürülmüştür.

Çizelge 2. Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin iş motivasyonuna yönelik algı düzeyleri

	N	$\bar{X}$	SS
İçsel motivasyon	34	4,48	0,186
Dışsal motivasyon	34	4,17	0,567
İş motivasyonu (Tüm boyutlar)	34	4,28	0,488

Derecelendirme: 1,00-1,80 çok düşük; 1,81-2,60 düşük; 2,61-3,40 orta; 3,41-4,20 yüksek; 4,21-5,00 çok yüksek

Ersarı ve Naktiyok'un (2012) Erzurum ilinde çalışan banka çalışanlarında yaptığı çalışmada da içsel motivasyon faktörlerinin dışsal motivasyon faktörlerinden daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin iş motivasyonu algılarının 4,28 ile "Çok Yüksek" düzeyde olduğu söylenilebilir. Ertürk (2014) tarafından Bolu ilinde kamuda çalışan öğretmenler üzerine yapılan çalışmada da öğretmenlerin içsel motivasyona yönelik algılarının yüksek olduğu, iş motivasyonlarının ise orta düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Ersarı ve Naktiyok (2012) tarafından yapılan çalışmada da iş motivasyonu düzeyinin içsel motivasyon düzeyi ile dışsal motivasyon düzeyi arasında bir değerde kaldığı saptanmıştır. Engin ve Çam (2016) tarafından Ege Üniversitesi Tıp Fakültesinde çalışan hemşireler üzerine yapılan bir çalışmada da katılımcıların yüksek iş motivasyonuna sahip oldukları belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda katılımcıların içsel motivasyon araçlarının dışsal motivasyon araçlarından daha fazla iş motivasyonu sağladığı görülmektedir. Bu durum çalışanların kendi kendilerini daha iyi motive edebildiğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir. Bu nedenle insanlar yaşam konforları/kalitelerini ve motivasyonları arttırmak için enerji harcamak zorundadırlar. İnsan faaliyetlerinin büyük bir kısmı kişinin yaşamında ve yaşam kalitesinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu nedenle şehirlerde yaşam kalitesi konusunda insan konforu için daha iyi bir yaşam sağlanmalıdır (Ak ve Özdede, 2016).

Katılımcıların cinsiyetlerine bağlı olarak iş motivasyonları arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığı Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Katılımcı yöneticilerin cinsiyetlerine bağlı olarak iş motivasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir ( $p>0,05$ ). İçsel ve dışsal motivasyon araçlarının katılımcıların cinsiyetlerine bağlı olarak farklılık arz edip etmediği irdelendiğinde içsel motivasyon araçlarının kadınları daha fazla motive eden faktörler olması bakımından erkeklerden farklılaştığını göstermektedir ( $p<0,05$ ). Dündar vd. (2007) tarafından Afyonkarahisar'da özel otellerde çalışanlar üzerine yapılan bir çalışmada cinsiyete bağlı olarak içsel ve dışsal motivasyon araçlarının çalışanları motive etmesi bakımından anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin yaş gruplarına bağlı olarak iş motivasyonları arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığı Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. İş motivasyon araçlarının yöneticilerin cinsiyetlerine göre istatistiki analizleri

		N	$\bar{X}$	SS	Man. Withney- U	Z	p
İçsel motivasyon	Erkek	27	4,40	0,436	50,00	-2,381	0,017
	Kadın	7	4,79	0,217			
Dışsal motivasyon	Erkek	27	4,12	0,485	39,00	-1,60	0,058
	Kadın	7	4,39	0,174			
İş motivasyonu (Tüm boyutlar)	Erkek	27	4,22	0,454	57,00	-1,898	0,109
	Kadın	7	4,54	0,154			

Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin yaş grupları açısından hem genel iş motivasyonu, hem de içsel motivasyon ve dışsal motivasyon araçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ( $p>0,05$ ). Dündar vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada da katılımcıların yaşlarına bağlı olarak içsel ve dışsal motivasyon araçlarının çalışanların motivasyonu üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir.

Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin eğitim düzeylerine bağlı olarak iş motivasyonları arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığı Çizelge 5’de gösterilmiştir.

Düzce orman ürünleri sanayinde yönetici olarak çalışan katılımcıların eğitim düzeyleri ile iş motivasyon faktörleri arasında yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre de hem genel iş motivasyonu, hem de içsel motivasyon ve dışsal motivasyon araçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ( $p>0,05$ ).

Katılımcı Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin medeni durumları ile iş motivasyonları arasındaki istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 6’da gösterilmiştir.

Katılımcıların medeni durumları ile iş motivasyonları arasında yapılan istatistiksel analizler sonucunda da hem katılımcıların genel iş motivasyonları hem de içsel motivasyon ve dışsal motivasyon araçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ( $p>0,05$ ).

Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin gelir dağılımlarına bağlı olarak iş motivasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığı Çizelge 7’de gösterilmiştir.

Katılımcıların ortalama aylık gelir düzeyleri ile iş motivasyonları arasında yapılan istatistiksel analizler sonucunda da hem katılımcıların genel iş motivasyonları

hem de içsel motivasyon ve dışsal motivasyon araçları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ( $p>0,05$ ). Motivasyonun tüm boyutları açısından katılımcıların gelir seviyelerinin iş motivasyonu açısından etkili olmadığı söylenilebilir.

Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin çalıştıkları statüleri ile iş motivasyonları arasında yapılan istatistiksel analizler sonucunda anlamlı farklılıkların olup olmadığı Çizelge 8’de gösterilmiştir.

Katılımcıların işletmedeki statülerine göre iş motivasyonları istatistiksel olarak irdelendiğinde içsel motivasyon, dışsal motivasyon ve iş motivasyonu bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ( $p>0,05$ ). İçsel motivasyon, dışsal motivasyon ve iş motivasyonu bakımından çalışanların işletmedeki statüleri onların iş motivasyonunu etkilemediği söylenilebilir. Dündar vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada da içsel ve dışsal motivasyon araçlarının çalışanların motivasyonu üzerinde anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir. Düzce orman ürünleri sanayi yöneticilerinin mesleki deneyimleri ile iş motivasyonları arasında istatistiksel olarak farklılığın olup olmadığı Çizelge 9’da gösterilmiştir.

Katılımcı yöneticilerin mesleki deneyimleri ile iş motivasyonları arasında yapılan istatistiksel analizler sonucunda da hem genel iş motivasyonları hem de içsel motivasyon ve dışsal motivasyon araçları bakımından katılımcıların iş deneyimlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir ( $p>0,05$ ). İçsel motivasyon, dışsal motivasyon ya da iş motivasyonu için mesleki deneyimin önemli olmadığı söylenilebilir.

Çizelge 4. İş motivasyon araçlarının yöneticilerin yaş gruplarına göre istatistiki analizleri

		N	$\bar{X}$	SS	F	p
İçsel motivasyon	20-30 arası	10	4,36	0,551	1,510	0,237
	31-40 arası	16	4,44	0,374		
	41 ve daha fazla	8	4,69	0,324		
Dışsal motivasyon	20-30 arası	10	4,01	0,637	2,023	0,149
	31-40 arası	16	4,15	0,345		
	41 ve daha fazla	8	4,43	0,267		
İş motivasyonu (Tüm boyutlar)	20-30 arası	10	4,14	0,594	1,961	0,158
	31-40 arası	16	4,26	0,332		
	41 ve daha fazla	8	4,53	0,283		

Çizelge 5. İş motivasyon araçlarının yöneticilerin eğitim düzeylerine göre istatistiki analizleri

		N	$\bar{X}$	SS	F	p
İçsel motivasyon	Lise	14	4,52	0,433	0,724	0,493
	Önlisans	8	4,58	0,313		
	Lisans	12	4,36	0,497		
Dışsal motivasyon	Lise	14	4,21	0,421	1,093	0,348
	Önlisans	8	4,32	0,230		
	Lisans	12	4,03	0,572		
İş motivasyonu (Tüm boyutlar)	Lise	14	4,33	0,409	1,016	0,374
	Önlisans	8	4,42	0,234		
	Lisans	12	4,15	0,535		

Çizelge 6. İş motivasyon araçlarının yöneticilerin medeni durumlarına göre istatistiki analizleri

		N	$\bar{X}$	SS	Man.Withney- U	Z	p
İçsel motivasyon	Evli	25	4,45	0,449	104,00	-0,334	0,738
	Bekar	9	4,54	0,391			
Dışsal motivasyon	Evli	25	4,16	0,480	111,50	-0,039	0,969
	Bekar	9	4,21	0,382			
İş motivasyonu (Tüm boyutlar)	Evli	25	4,27	0,453	109,00	-0,137	0,891
	Bekar	9	4,33	0,374			

Çizelge 7. İş motivasyon araçlarının yöneticilerin gelir gruplarına göre istatistiki analizleri

		N	$\bar{X}$	SS	F	p
İçsel motivasyon	2500 TL ve daha az	10	4,54	0,353	1,204	0,314
	2501 - 4000 TL	7	4,25	0,608		
	4001 TL ve üstü	17	4,53	0,382		
Dışsal motivasyon	2500 TL ve daha az	10	4,20	0,442	0,569	0,572
	2501 - 4000 TL	7	4,01	0,749		
	4001 TL ve üstü	17	4,22	0,291		
İş motivasyonu (Tüm boyutlar)	2500 TL ve daha az	10	4,33	0,396	0,817	0,451
	2501 - 4000 TL	7	4,10	0,687		
	4001 TL ve üstü	17	4,34	0,309		

Çizelge 8. İş motivasyon araçlarının yöneticilerin statülerine göre istatistiki analizleri

		N	$\bar{X}$	SS	Man.Withney- U	Z	p
İçsel motivasyon	Yönetici/Müdür	16	4,44	0,370	120,00	-0,834	0,404
	İşletme şefi/Üretim şefi	18	4,51	0,487			
Dışsal motivasyon	Yönetici/Müdür	16	4,18	0,368	132,00	-0,415	0,678
	İşletme şefi/Üretim şefi	18	4,17	0,525			
İş motivasyonu (Tüm boyutlar)	Yönetici/Müdür	16	4,28	0,351	128,50	-0,535	0,592
	İşletme şefi/Üretim şefi	18	4,30	0,498			

Çizelge 9. İş motivasyon araçlarının yöneticilerin deneyimlerine göre istatistiki analizleri

		N	$\bar{X}$	SS	F	p
İçsel motivasyon	3 yıldan az	4	4,44	0,327	0,090	0,965
	4-10 yıl	14	4,52	0,533		
	11-14 yıl	6	4,41	0,475		
	15 yıl ve üzeri	10	4,48	0,319		
Dışsal motivasyon	3 yıldan az	4	4,30	0,086	0,345	0,793
	4-10 yıl	14	4,08	0,591		
	11-14 yıl	6	4,20	0,332		
	15 yıl ve üzeri	10	4,23	0,392		
İş motivasyonu (Tüm boyutlar)	3 yıldan az	4	4,35	0,175	0,098	0,961
	4-10 yıl	14	4,24	0,557		
	11-14 yıl	6	4,28	0,379		
	15 yıl ve üzeri	10	4,33	0,361		

#### 4. Sonuç ve öneriler

Emek yoğun çalışmaların yapıldığı orman ürünleri sanayisi gibi sanayilerde, işletmelerde verimliliği arttıranın en temel yolu çalışanların performanslarını arttırmaktan geçmektedir. Çalışanların performanslarını arttıranın en kolay ve maliyetsiz yolu da çalışanların motivasyonunu arttırmaktan geçmektedir. Bu yüzden bireyi istenen hedefe ulaştırmayı hedefleyen, harekete geçiren bir unsur olarak tanımlanan motivasyon, işletmelerde çalışanların performansını etkileyen en önemli unsurlardan biridir.

Yapılan bu çalışmada elde edilen bulgular irdelendiğinde içsel motivasyon araçlarının çalışanların iş motivasyonu üzerinde dışsal motivasyon araçlarından daha etkili olduğu belirlenmiştir. İş motivasyon araçlarının çalışanların motivasyonu üzerindeki etkisinin katılımcıların yaşı, eğitim düzeyi, medeni durumu, ortalama aylık geliri, işletmedeki statüleri ve iş deneyimlerine göre farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma

sonuçlarının araştırma yapılan Düzce orman ürünleri sanayisi ile sınırlı olduğu unutulmamalıdır ve gerek tüm orman endüstrisi için gerekse de tüm Düzce sanayisi için genel sonuçlar içermediğinin belirtilmesinde fayda vardır.

Düzce orman ürünleri sanayisinde çalışan işletme yöneticilerinin iş motivasyonlarını arttırmak için işletme yöneticilerinin başarılı olmalarını sağlayacak olanakların ve işleri ile ilgili olarak yetki ve sorumlulukların verilmesi gerekmektedir. İşletme yöneticilerinin başarılarının takdir edilmesi ve karşılık görmesi sonucunda, yaptıkları işten alacakları tatmin ve performansta artışlar yaşanacaktır.

İşletme yöneticilerinin iş motivasyonlarını arttırmak için karşılıklı güven önemlidir. Karşılıklı güven, çalışanların kendilerini geliştirmeleri, daha verimli çalışmalarını ve kendilerini işletmenin bir parçası olarak görmelerini sağlayan önemli bir etkidir. İyi bir yönetici başarıyı sahiplendiği kadar başarısızlıklarla da kendini geliştirmeye açık olmalı, işletmenin başarısını kendi başarısı, kendi başarısını da işletmenin başarısı olarak görmelidir.

Çalışanlarda dışsal motivasyon için ödenecek sabit ücretin yanısıra başarıya bağlı olarak yapılacak ek ödemelerle de iş motivasyonunun artırılabilceği unutulmamalıdır.

## Kaynaklar

- Adalan, Ç.H., 2016. Liderlik yaklaşımının çalışan motivasyonuna etkisi: Kamu sektörüne yönelik bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Nişantaşı Üniversitesi, Sosyal Bilimler Üniversitesi, İstanbul.
- Ak, M.K., Özdede, S., 2016. Urban landscape design and planning related to wind effects. *Oxidation Communications*, 39(1): 699-710.
- Akhun, İ., 1986. İstatistiğin Manidarlığı ve Örneklem. Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Anonim, 2014. Düzce Ticaret ve Sanayi Odası Üye Kayıtları Listesi.
- Aşan, Ö., 2001. "Motivasyon", Yönetim ve Organizasyon. ed. Salih Güney, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Aşıkoğlu, M., 1996. İnsan Kaynaklarını Verimliliğe Yönlendirme Aracı Olarak Motivasyon. İstanbul Üniversitesi Kitabevi, İstanbul.
- Bal, J., Gundry, J., 1999. Virtual teaming in the automotive supply chain. *Team Performance Management: An International Journal*, Vol. 5 Issue: 6, pp: 174-193.
- Barutçu, S., Sezgin, S., 2012. Satış yönetimi sürecinde motivasyon araçları ve etki düzeyleri: Tıbbi satış temsilcileri üzerine bir araştırma. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 2(4): 89-97.
- Brislin, R.W., Kabigting, F., Macnab, B., Zukis, B., Worthley, R., 2005. Evolving perceptions of Japanese workplace motivation. *International Journal of Cross Cultural Management*, 5(1): 87-103.
- Çiçek, D., 2005. Örgütlede motivasyon ve iş yaşam kalitesi: Bir kamu kuruluşundaki yönetici personelin motivasyon seviyelerinin tespit edilerek iş yaşam kalitesinin geliştirilmesi üzerine bir araştırma. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Dündar, S., Özutku, H., Taşpınar, F., 2007. İçsel ve dışsal motivasyon araçlarının işgörenlerin motivasyonları üzerindeki etkisi: Ampirik bir inceleme. *Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2, 105-119.
- Düşükcan, M., Katı, M., 2017. Performansla ilişkili motivasyon araçlarının kişisel özelliklere göre farklılığını belirlemeye yönelik bir araştırma *Social Sciences (NWSASOS)*, 12(1): 1-24.
- Engin, E., Çam, M.O., 2016. Hemşire iş motivasyonu ölçeği: Geçerlik güvenilirlik. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 32(3): 1-13.
- Eren, E., 2003. Yönetim ve Organizasyon (Çağdaş ve Küresel Yaklaşımlar). 6.b., Beta Yayınevi, İstanbul.
- Ersarı, G., Naktiyok, A., 2012. İş görenin içsel ve dışsal motivasyonunda stresle mücadele tekniklerinin rolü. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(1): 81-101.
- Ertan, H., 2008. Örgütsel bağlılık, iş motivasyonu ve iş performansı arasındaki ilişki: Antalya'da beş yıldızlı otel işletmelerinde bir inceleme. Doktora Tezi, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon.
- Ertürk, R., 2014. Öğretmenlerin iş motivasyonları ile örgütsel bağlılıkları arasındaki ilişki (Bolu İli Örneği). Yüksek Lisans Tezi, AİBÜ, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, s. 181 Bolu.
- Ertürk, R., 2016. Öğretmenlerin iş motivasyonları. *Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 2(3): 1-15.
- Ghauri, P., Gronhaug, K., Kristianslund, I., 1995. *Research Methods in Business Studies*. NewYork: Prentice Hall.
- Gök, S., 2009. Örgüt ikliminin çalışanların motivasyonuna etkisi üzerine bir araştırma. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 6(2): 587-605s.
- Hum, S.H., Leow, L.H., 1996. Strategic manufacturing effectiveness; An emprical study based on the hayes-wheelwright framework. *International Journal of Opertions and Production Management*, 16(4):4-18.
- Kalaycı, Ş., 2009. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, 426 s., Ankara.
- Karabekir, M., Akçay, A., Özhasar, B., 2016. Kamu çalışanlarının örgütsel güven düzeyleri ile iş motivasyon araçları arasındaki ilişki. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 8(1): 131-139.
- Karakaya, A., Ay, F.A., 2007. Çalışanların motivasyonunu etkileyen faktörler: Sağlık çalışanlarına yönelik bir araştırma. *C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi*, 31(1): 55-67.
- Mahaney, C.R., Lederer, A.L., 2006. The effect of intrinsic and extrinsic rewards for developers on information systems project success. *Project Management Journal*, 4(37): 42-54.
- Makineci, Ş.E., 2009. Performansı etkileyen faktörlerin çalışan motivasyonu üzerine etkisinin Kocaeli ili sınırlarındaki devlet hastanelerinde incelenmesine yönelik bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
- Mottaz, J.C., 1985. The relative importance of intrinsic and extrinsic rewards as determinants of work satisfaction. *The Sociological Quarterly*, 3(26): 365-385.
- Nakip, M., 2006. Pazarlama Araştırmaları Teknikler ve (SPSS Destekli) Uygulamalar. 2. Basım, Seçkin Yayınları, s. 86, Ankara.
- Önen, L., Tüzün, M.B., 2005. Motivasyon. Epsilon Yayıncılık, İstanbul.
- Sabuncuoğlu, Z., Tüz, M., 2001. Örgütsel Psikoloji. Ezgi Kitabevi, s.134., Bursa.
- Silah, M., 2005. Sosyal Psikoloji Davranış Biçimi. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- SPSS, 2003. SPSS Base 12.0 User's Guide. SPSS Inc., USA.
- Steers, R.M., Mowday, R.T., Shapiro, D.L., 2004. The future of work motivation theory. *Academy of Management Review*, 29(3): 379-387.
- Şenel, B., Şenel, M., Gümüştekin, G.E., 2012. Banka çalışanlarının motivasyon düzeyleri üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. *Akademik Bakış Dergisi*, S:32, 1-17.
- Yılmaz, F., 2009. Eğitim örgütlerinde örgüt kültürünün öğretmenlerin iş motivasyonu üzerindeki etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 101 s., Konya.

## Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile esterlenmiş kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.) hemiselülozlarının kimyasal karakterizasyonu

Samim Yaşar<sup>a,\*</sup>, Gizem Kılınç<sup>a</sup>

**Özet:** Bu çalışmada, Ülkemizde özellikle makilik alanlarda geniş yayılışa sahip, biyokütle bakımından yüksek miktarlar sunan ve alternatif hammadde kaynağı olarak değerlendirilebilecek kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.) odunundan izole edilen hemiselülozlar palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile esterlenmiş, devamında elde edilen ürünler karakterize edilmiştir. Ester ürünlerin süstitüsyon dereceleri 0.63 ile 0.94 ve yüzde verimleri 45.20 ile 57.53 aralığında belirlenmiştir. Hemiselüloz esterlerinin FTIR spektrumlarında yer alan 3410, 2922, 2854 ve 1742 cm<sup>-1</sup>'deki bandların absorpsan değerleri türevlendirmenin gerçekleştiğini ortaya koymuştur. TGA analizleri hemiselüloz türevlerinin termal dayanıklılığının doğal hemiselülozlardan düşük olduğunu göstermiştir. Çalışmada elde edilen hemiselüloz esterlerinin karakteristik özellikleri onların biyolojik olarak ayrışabilecek ve doğaya karışabilecek plastik, reçine ve film üretiminde kullanılacaklarını işaret etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kermes meşesi, Hemiselülozların esterlenmesi, Süstitüsyon derecesi, Yüzde verim, HPLC, FTIR, TGA

## Chemical characterization of kermes oak (*Quercus coccifera* L.) hemicelluloses esterified with palmitoyl, stearoyl and oleoyl chloride

**Abstract:** Kermes oak (*Quercus coccifera* L.) grows especially in maquis areas and has a wide distribution in our country. Kermes oak offers high amount of biomass. Therefore, it might be an alternative raw material source for some industrial processes of wood products. In this study, the hemicelluloses isolated from wood of the kermes oak were esterified with palmitoyl, stearoyl and oleoyl chloride. After esterification, the products were characterized. The substitution degrees of ester products were determined between 0.63 and 0.94 and yield percentages between 45.20 and 57.53. The intensity values of FTIR spectral bands at 3410, 2922, 2854 and 1742 cm<sup>-1</sup> from ester products revealed that the derivation of hemicelluloses occurred. Thermogravimetric analysis showed that ester products were more prone to thermal decomposition than natural hemicelluloses. The characteristic properties of obtained hemicellulose esters indicated that these esters might be appropriate for production of biodegradable and environmentally degradable plastics, resins and films.

**Keywords:** Kermes oak, Esterification of hemicelluloses, Degree of substitution, Percentage of yield, HPLC, FTIR, TGA

### 1. Giriş

Dünya nüfusundaki hızlı artış beraberinde orman kaynaklarında azalmayı gündeme getirmiştir. Bu nedenle orman kökenli hammadde kaynaklarından en verimli şekilde faydalanmak zorunluluk halini almıştır. Ayrıca küresel ısınma sebebiyle ormanlarımızın değeri ve önemi zaman içerisinde artmaya başlamıştır. Teknolojide gerçekleşen hızlı gelişmeler de orman ürünlerine karşı talebin artmasına sebep olmuştur. Günümüzde, orman alanlarındaki azalma orman endüstrisini söz konusu talebin karşılanabilmesi için alternatif hammadde arayışı içerisinde sokmuştur (Cooper ve Balatinecz, 1999; Öner ve Aslan, 2002).

Kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.) Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde yayılış gösteren herdem yeşil bir türdür (Kaya ve Aladağ, 2009). Akdeniz bölgesinde, mevcut orman alanlarına insanların müdahalesinin bitki örtüsünü makilik alanlara dönüştürmesi sebebiyle sıkça çalılıklar görülmektedir. Kermes meşesi bazı alanlarda ağaç formunu korumakla birlikte, Akdeniz

bölgesinde genellikle çalı formunda bulunmaktadır (Regel, 1963).

Petrol kökenli plastik malzemeler, üretimi sırasında ve kullanımından sonra atılması ile çevrenin önemli derecede kirlenmesine sebep olmaktadır. Plastik ambalaj malzemeleri, çok yaygın kullanılmalarından, doğal ortamda uzun süre parçalanmaya dayanıklı olmalarından ve doğaya karışmamalarından dolayı kirliliğin her geçen gün artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca atık plastiklerden üretilen malzemelerin insan sağlığını da tehdit ettiği bilinmektedir (Önal, 2007).

Çalışmamızda, ülkemizde makilik alanlarda geniş yayılışa sahip, biyokütle bakımından yüksek potansiyel arz eden ve alternatif hammadde kaynağı olarak değerlendirilebilecek kermes meşesinin hemiselülozları izole edildikten sonra palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile esterlenerek hemiselüloz türevleri elde edilmiştir. Kermes meşesi toplam monosakkarit bileşimi ve hemiselüloz yapıtaşları birimleri yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile belirlenmiştir. Sentetik plastik malzemelere alternatif teşkil edebilecek ester yapıların

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): samimiyasar@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 05.02.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 19.03.2018



**Citation** (Atıf): Yaşar, S., Kılınç, G., 2018. Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile esterlenmiş kermes meşesi (*Quercus coccifera* L.) hemiselülozlarının kimyasal karakterizasyonu. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 98-102. DOI: [10.18182/tjf.390204](https://doi.org/10.18182/tjf.390204)

karakterizasyonunda ise verim, sübstütüsyon derecesi (DS), fourier dönüştümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ve termogravimetrik analiz (TGA) uygulanmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışmamızda materyal olarak Isparta Söbü mevkiinden 2016 yılı eylül ayı içerisinde kermes meşesinden alınan örnekler kullanılmıştır. Kermes meşesi gövde ve dal materyalleri kabukları soyulduktan sonra yongalanarak hava kuru hale getirilmiştir. Retsch SK 1 değirmeninde 40-100 mesh aralığında örneklerin öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir.

### 2.2. Yöntem

Öğütülmüş örnek, soxhlet ekstraksiyon cihazında öncelikle 2:1 oranında sikloheksan:etanol karışımı ile 6 saat işleme tabi tutulmuş, daha sonra ekstraksiyon etanol ile sürdürülmüştür. Holoselüloz eldesi Wise ve Karl (1962)'a,  $\alpha$ -selüloz tayini ve hemiselüloz izolasyonu TAPPI T 203 os-71'e göre yapılmıştır.  $\alpha$ -selüloz kalıntı olarak hemiselülozlar ise alkali ekstrakt içerisinde elde edilmiştir.

TAPPI T 203 os-71'e göre elde edilen alkali ekstraktına asetik asit ilave edilerek pH derecesi 6 düzeyine çekilmiştir. Daha sonra ekstrakta hacminin 3 katı etanol ilave edilmiş ve hemiselülozlar çöktürülmüştür. Devamında hemiselülozlar 14000 rpm'de 5 dakika santrifüjlenerek elde edilmiştir. İşlem sonunda hemiselülozlar etanol ve asetonla yıkandıktan sonra  $105 \pm 2$  °C'de kurutulmuştur (Fang vd., 1999).

Kermes meşesi odunu monosakkaritlerinin izolasyonu ve klason lignini tayini için Dill vd. (1984)'e ait yöntem modifiye edilerek şu şekilde uygulanmıştır. Ekstraktan arındırılmış 1 g tam kuru maddeye denk gelecek şekilde tartılan örnekler 20 ml %72'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilavesinden sonra 30 °C'de 2 saat süreyle bekletilmiş, devamında 360 ml'ye saf su ile tamamlanarak otoklavda 120 °C'de 30 dakika boyunca bırakılmıştır. Sonra süzme işlemi gerçekleştirilmiş klason lignini kalıntı olarak, monosakkaritler ise hidrolizat içerisinde elde edilmiştir.  $105 \pm 2$  °C'de kurutulan klason lignininin miktarı, ekstraktdan arındırılmış tam kuru materyal yüzdesi olarak saptanmıştır. Monosakkaritleri içeren asit hidrolizatu, HPLC ile karbonhidrat analizinde kullanılmıştır (Yaşar vd., 2010). Çöktürülerek elde edilen hemiselüloz örneklerine aynı işlemler uygulanmıştır. Örnekte kalıntı lignin tespiti yapılmış ve hidrolizat içerisinde toplanan hemiselüloz yapıtaşları birimlerinin tayini yine HPLC ile gerçekleştirilmiştir.

Toplam monosakkaritleri ve hemiselüloz yapıtaşlarını içeren asit hidrolizatlarının pH derecesi baryum hidroksit ile 7 düzeyine getirilmiştir. HPLC analizleri SHIMADZU cihazı ve bu cihaza bağlanmış olan Refractive Index (RI) dedektör yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon hacmi 20  $\mu$ L olarak ayarlanmış, CH<sub>3</sub>CN:H<sub>2</sub>O (75/25, v/v) mobil fazı oluşturmuş ve akış hızı dakikada 0.8 mL olacak şekilde düzenlenmiştir. Monosakkaritlerin kromatografik ayrılması Luna NH<sub>2</sub> kolonu (250x4.6 mm; id 5  $\mu$ m) yardımıyla 20 °C'de gerçekleştirilmiştir (Yaşar vd., 2010).

Esterleme işlemi için bir beher içerisine 0.3 g hemiselüloz tartılıp, üzerine 15 mL saf su eklenerek 80

°C'da karıştırılmış, üzerine 15 mL N,N-dimetilformamid (DMF) eklenip yaklaşık 5 dakika daha karıştırılmaya devam edilmiştir. Oluşan jel yapıdan su 50 °C'de evapore edilerek uzaklaştırılmıştır. Hemiselüloz ile molar oranı 1:2 olacak şekilde ayrı ayrı hazırlanmış palmitoil, stearoil ve oleoil klorüre 0.075 g LiCl, 0.05 g 4-dimetilaminopiridin (DMAP), 115  $\mu$ L trietilamin (TEA) ve 7.5 mL DMF ilave edilmiştir. 70-75 °C'de karışmakta olan suyu uzaklaştırılmış jel yapıya, açıl klorürler ile hazırlanmış 3 ayrı çözelti farklı düzeneklerde 10 dakika içerisinde yavaş yavaş eklenmiş ve elde edilen karışımlar 20 dakika daha karışmaya bırakılmıştır. Daha sonra karışımlar oda sıcaklığında soğutulduktan sonra üzerlerine %95'lik 60 mL etanol yardımıyla süzümüştür. Süzme işlemi ile ayrılan katı kısımlar (esterlenmiş hemiselülozlar) etanol ve aseton ile yıkanmış ve 24 saat boyunca oda sıcaklığında bırakıldıktan sonra 24 saat 55 °C'de etüvde kurutulmuştur (Fang vd., 1999).

Alkali ekstraktından çöktürülerek elde edilmiş homojen toz halindeki hemiselülozlar ve esterlenmiş hemiselüloz örnekleri FTIR ve TGA analizlerinde kullanılmıştır. 10 mg tartılan hemiselüloz ve esterlerinin her biri 1000 mg KBr ile preslenerek peletler elde edilmiştir. Peletlerin FTIR spektrumları 4000 ile 400 cm<sup>-1</sup> dalga sayısı aralığında oda sıcaklığında kaydedilmiştir. FTIR analizleri Shimadzu IR Prestige-21 FTIR spektrometre cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Hemiselüloz ve esterlerinin TGA analizleri, azot ortamında dakikada 10 °C ısıtma hızında 25 ile 600 °C aralığında Perkin Elmer SII Diamond model termal analiz cihazında yapılmıştır.

DS tespitinde, Leco CHNS-932 cihazı ile örnekler üzerine uygulanan elementer analiz sonucu elde edilen yüzde karbon değerlerinden yararlanılmıştır. Yüzde verim ise DS değerlerinden hesaplanarak belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve tartışma

Kermes meşesi odununda ekstraktif madde miktarı %4.24, lignin miktarı %22.46, holoselüloz miktarı %78.04 ve  $\alpha$ -selüloz miktarı %51.44 olarak belirlenmiştir.

Glukoz, galaktoz, ksiloz, ramnoz, arabinoz ve mannoz kermes meşesi odunu monosakkaritleri olarak belirlenmiş ve miktarları sırasıyla %50.02, %0.91, %20.63, %0.23, %0.77 ve %1.69 şeklinde tespit edilmiştir.

İzole edilen kermes meşesi hemiselüloz örneği içerisinde %4.11 oranında kalıntı lignin bulunmuştur. Hemiselüloz yapıtaşları birimleri glukoz (%2.29), galaktoz (%3.63), ksiloz (%84.47), ramnoz (%1.13), arabinoz (%3.12) ve mannoz (%6.22) olarak saptanmıştır.

Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile türevlendirme gerçekleştirmediği takdirde hemiselülozlarda C miktarı %45.46 olup DS değeri 0'dır. Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile hemiselülozların tamamının türevlenmesi halinde, C miktarları %72.98, %74.05 ve %74.50 olup DS değeri 2'dir. Çalışmamızda, palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile türevlendirilen kermes meşesi hemiselülozlarındaki C miktarları %54.95, %58.90 ve %54.61 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerden hesaplanan DS değerleri ise sırasıyla palmitoil klorür ile türevlendirilen örnekte 0.69, stearoil klorür ile türevlendirilen örnekte 0.94 ve oleoil klorür ile türevlendirilen örnekte 0.63 şeklindedir (Çizelge 1).



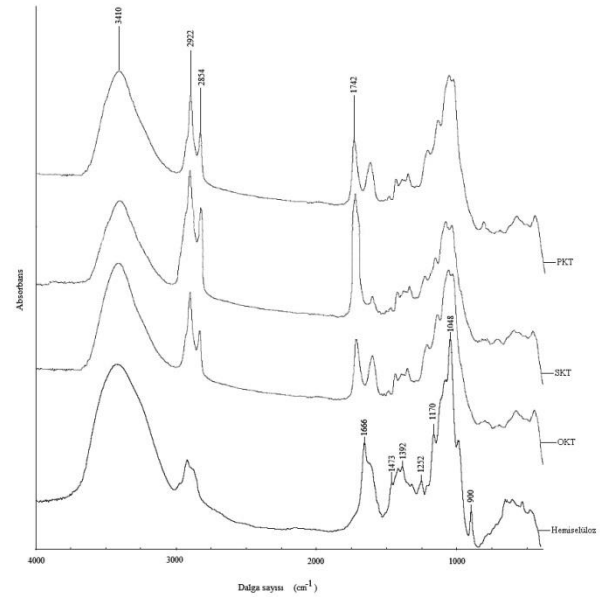
Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile türevlendirilen örneklerin DS değerlerinden hesaplanan yüzde verim değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Kermes meşesi odunu hemiselülozlarının esterlenmemesi durumunda yani DS değeri 0 iken, palmitoil klorür ile türevlendirmede yüzde verim 21.70, stearoil klorür ile türevlendirmede yüzde verim 19.80 ve oleoil klorür ile türevlendirmede yüzde verim 20.00 düzeyindedir. Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile hemiselülozların tamamının tüvelendiği durumda yani DS değeri 2 iken, yüzde verim 100 düzeyindedir. Çalışmamızda elde edilen DS değerlerinden hesaplanan yüzde verim değerleri palmitoil klorür ile tüvelendirilen örnekte 48.71, stearoil klorür ile tüvelendirilen örnekte 57.53 ve oleoil klorür ile tüvelendirilen örnekte 45.20 olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda belirlenen kermes meşesi hemiselüloz esterlerine ait DS ve yüzde verim değerlerinin literatürde yer alan (Fang vd., 1999; Sun vd., 1999a,b; Sun vd., 2000a,b; Sun vd., 2004; Xu vd., 2008; Tanrıverdi, 2011) farklı bitkisel kaynaklardan izole edilen hemiselülozların 1:2 molar oranda palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile tüvelendirilmesi sonucu elde edilen DS ve yüzde verim değerleri ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğu görülmüştür.

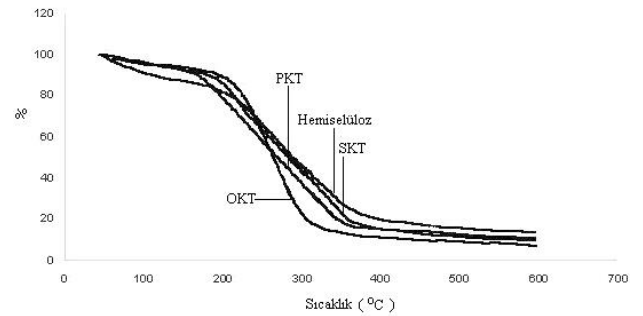
Kermes meşesi hemiselülozlarına ait FTIR spektrumu Şekil 1'de gösterilmiştir. 3410  $\text{cm}^{-1}$ 'deki band hemiselüloz içerisindeki -OH gruplarına atfedilmiştir. 2922  $\text{cm}^{-1}$ 'deki band metil metilen C-H gerilmesine aittir. 1666  $\text{cm}^{-1}$ 'deki band numunede absorbe olmuş su ile ilgilidir. 1473 ile 1170  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki alan C-H ve C-O bağlarının gerilme frekanslarını göstermektedir. 1048  $\text{cm}^{-1}$ 'de görülen band glukozidik bağ içerisindeki C-O gerilmesini temsil etmektedir. 900  $\text{cm}^{-1}$ 'de öne çıkan band şeker birimleri arasındaki  $\beta$ -glukozidik bağları karakterize etmektedir (Sun vd., 2004). Hemiselüloz tüvelerine ait spektrumlarda görülen 1742  $\text{cm}^{-1}$ 'deki band oluşan estere ait karbonil grubundan kaynaklanmaktadır. 2922 ve 2854  $\text{cm}^{-1}$ 'deki bandlar simetrik ve asimetrik C-H gerilmesini göstermektedir (Sun vd., 1999a,b; Fang vd., 1999; Sun vd., 2000a,b; Sun vd., 2004; Xu vd., 2008). Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile tüvelendirilen hemiselüloz örneklerinin spektrumlarındaki 1742  $\text{cm}^{-1}$ 'deki ortaya çıkan band, 2922  $\text{cm}^{-1}$ 'deki bandın absorpsiyon değerlerindeki artış, 2854  $\text{cm}^{-1}$ 'deki bandın belirgin bir şekilde ortaya çıkışı ve 3410  $\text{cm}^{-1}$ 'deki -OH bandına ait absorpsiyon değerlerinde önemli düzeylerde azalmanın görüldüğü esterleme işleminin gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 1). Çalışmamızda ait FTIR analizi sonuçlarının literatürle (Sun vd., 1999a,b; Fang

vd., 1999; Sun vd., 2000a,b; Sun vd., 2004; Xu vd., 2008) aynı doğrultuda yer aldığı görülmüştür.

Hemiselüloz ve tüvelenmiş örnekler için TGA ve DTG (diferansiyel termogravimetrik analiz) sonuçları Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir.



Şekil 1. Hemiselüloz ve tüvelenmiş örneklerin FTIR spektrumları (PKT: Palmitoil klorür ile tüvelenmiş örnek, SKT: Stearoil klorür ile tüvelenmiş örnek, OKT: Oleoil klorür ile tüvelenmiş örnek)



Şekil 2. Hemiselüloz ve tüvelenmiş örneklerin TGA termogramları (PKT: Palmitoil klorür ile tüvelenmiş örnek, SKT: Stearoil klorür ile tüvelenmiş örnek, OKT: Oleoil klorür ile tüvelenmiş örnek)

Çizelge 1. Esterlenmiş kermes meşesi odunu hemiselülozlarının DS değerleri

Hemiselüloz esterleri	Molar oran*	DS=0 için teorik %C miktarı	DS=2 için teorik %C miktarı	%C	DS
Palmitoil klorür ile tüvelenmiş örnek	1:2	45.46	72.98	54.95	0.69
Stearoil klorür ile tüvelenmiş örnek	1:2	45.46	74.05	58.90	0.94
Oleoil klorür ile tüvelenmiş örnek	1:2	45.46	74.50	54.61	0.63

\* Hemiselüloz mol değeri/Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür mol değeri, DS: Süstitüsyon derecesi

Çizelge 2. Esterlenmiş kermes meşesi odunu hemiselülozlarının yüzde verimi

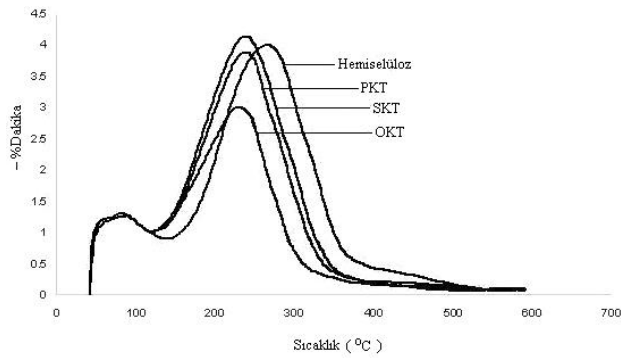
Hemiselüloz esterleri	Molar oran*	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)	DS=0 için % verim	DS=2 için % verim	Verim (%)
Palmitoil klorür ile tüvelenmiş örnek	1:2	75	30	21.70	100	48.71
Stearoil klorür ile tüvelenmiş örnek	1:2	75	30	19.80	100	57.53
Oleoil klorür ile tüvelenmiş örnek	1:2	75	30	20.00	100	45.20

\* Hemiselüloz mol değeri/Palmitoil, stearoil ve oleoil klorür mol değeri, DS: Süstitüsyon derecesi

Kermes meşesinden izole edilmiş hemiselüloz ve türevlendirilmiş hemiselüloz örneklerinde esas bozunma 120 °C'den itibaren başlamaktadır. Bu sıcaklığa kadar numune içerisindeki suyun uzaklaştığı anlaşılmaktadır. 120 °C'den itibaren tek aşamada gerçekleşen esas bozunma süreci hemiselüloz örneğinde 522 °C, palmitoil klorür ile türevlendirilmiş örnekte 395 °C, stearoil klorür ile türevlendirilmiş örnekte 397 °C ve oleoil klorür ile türevlendirilmiş örnekte 375 °C'de tamamlanmıştır (Çizelge 3). Hemiselüloz örneği ile karşılaştırıldığında, maksimum bozunma sıcaklığının palmitoil klorür ile türevlendirilmiş örnekte 35 °C, stearoil klorür ile türevlendirilmiş örnekte 34 °C ve oleoil klorür ile türevlendirilmiş örnekte 47 °C düştüğü görülmüştür. Bu durum türevlendirme ile elde edilen ürünlerin termal dayanıklılığının hemiselüloz örneğinden daha az olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda elde edilen türevlendirilmiş örneklerin termal özelliklerine ait bulgular literatürdeki (Xu vd., 2008; Sun vd., 2004) düşük DS ve yüzde verim değerlerine sahip türevlenme ürünleri sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Sun vd. (2001) doğal hemiselülozların açıl klorürler ile kısmen türevlendirilmesi sonucu elde edilen esterlerin lipofilik özelliklerinden dolayı biyolojik olarak ayrışabilecek ve doğaya karışabilecek plastik, reçine ve film üretiminde kullanılabileceklerini rapor etmişlerdir. Bu durum, kermes meşesi hemiselülozlarından elde edilen düşük süstitüsyon derecesi ve yüzde verim değerlerine sahip palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile üretilen esterlerin doğa dostu yapılar olduğunu desteklemektedir.



Şekil 3. Hemiselüloz ve türevlenmiş örneklerin DTG termogramları (PKT: Palmitoil klorür ile türevlenmiş örnek, SKT: Stearoil klorür ile türevlenmiş örnek, OKT: Oleoil klorür ile türevlenmiş örnek)

Çizelge 3. Kermes meşesinden izole edilmiş ve türevlendirilmiş hemiselülozların termal analiz sonuçları

Örnek	T <sub>0</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	600 °C'deki kahntı (%)
Hemiselüloz	120	522	16
Palmitoil klorür ile türevlenmiş örnek	120	395	11
Stearoil klorür ile türevlenmiş örnek	120	397	9
Oleoil klorür ile türevlenmiş örnek	120	375	6

T<sub>0</sub> : Başlangıç sıcaklığı T<sub>f</sub>: Bitiş sıcaklığı

#### 4. Sonuç

Çalışmada, endüstriyel anlamda alternatif hammadde olarak değerlendirilebilecek kermes meşesinden izole edilen hemiselülozların %84.47'sinin ksiloz yapıtaşından meydana geldiği görülmektedir. Kermes meşesine ait hemiselüloz örnekleri sırasıyla palmitoil, stearoil ve oleoil klorür ile türevlendirilmiştir. Elde edilen ester ürünlerin düşük süstitüsyon derecesine (0.63-0.94) ve verim yüzdesine (%45.20-57.53) sahip olduğu görülmüştür. Türevlendirilmiş ürünlerin FTIR spektrumlarındaki özellikle 1742 cm<sup>-1</sup>'deki ester piki oluşumu, 2854 ve 2922 cm<sup>-1</sup>'deki metil metilen grubuna ait pik değerlerindeki artış ve 3410 cm<sup>-1</sup>'deki -OH gruplarına ait pik değerindeki azalış esterlenmenin gerçekleştiğini göstermiştir. Termogravimetrik analiz, elde edilen ürünlerin termal dayanıklılığının hemiselüloz örneğinden daha az olduğunu göstermiştir.

Çalışmada üretilen hemiselüloz esterlerinin karakteristik özellikleri onların biyolojik olarak ayrışabilecek ve doğaya karışabilecek plastik, reçine ve film üretiminde kullanılabileceklerini işaret etmektedir. Bu durum, kermes meşesi odunundan elde edilen hemiselülozlardan doğa dostu türevlerin üretilebileceğini göstermektedir.

#### Kaynaklar

- Cooper, P., Balantinecz, J., 1999. Agricultural waste materials for composites: A Canadian reality. Centre for Management Technology Global Panel Based Conference, Nikko Hotel, 18–19 October, Kuala Lumpur.
- Dill, I., Salnikow, J., Kraepelin, G., 1984. Hydroxyproline-rich protein material in wood and lignin of *Fagus sylvatica*. Applied and Environmental Microbiology, 48(6): 1259–1261.
- Fang, J.M., Sun, R., Fowler, P., Tomkinson, J., Hill, C.A.S., 1999. Esterification of wheat straw hemicelluloses in the N,N-Dimethylformamide/Lithium chloride homogeneous system. Journal of Applied Polymer Science, 74: 2301–2311.
- Kaya, B., Aladağ, C., 2009. Maki ve garig topluluklarının Türkiye'deki yayılış alanları ve ekolojik özelliklerinin incelenmesi. SÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 22: 67–80.
- Önal, E., 2007. Farklı biyokütlelerin ve bunların sentetik polimerlerle birlikte pirolizi, elde edilen ürün özelliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Öner, N., Aslan, S., 2002. Titrek kavak odununun teknoloji özellikleri ve kullanım yerleri. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 1: 135–146.
- Regel, C.V., 1963. Türkiye'nin Flora Ve Vejetasyonuna Genel Bir Bakış. EÜ Monografiler Serisi N: 1, İzmir.
- Sun, R.C., Tomkinson, J., Liu, J.C., Geng, Z.C., 1999a. Oleoylation of wheat straw hemicelluloses in new homogeneous system. Polymer Journal, 31(10): 857–863.
- Sun, R.C., Fang, J.M., Tomkinson, J., Hill, C.A.S., 1999b. Esterification of hemicelluloses from poplar chips in homogenous solution of N,N-Dimethylformamide/Lithium chloride. Journal of Wood Chemistry and Technology, 19(4): 287–306.

- Sun, R.C., Fang, J.M., Tomkinson, J., 2000a. Stearoylation of hemicelluloses from wheat straw. *Polymer Degradation and Stability*, 67: 345–353.
- Sun, R.C., Fang, J.M., Tomkinson, J., 2000b. Characterization and esterification of hemicelluloses from rye straw. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 48: 1247–1252.
- Sun, R.C., Fang, J.M., Tomkinson, J., Liu, J.C., Geng, Z.C., 2001. Fractional isolation, physico-chemical characterization and homogeneous esterification of hemicelluloses from fast-growing poplar wood. *Carbohydrate Polymers*, 44, 29–39.
- Sun, X.F., Sun, R.C., Sun, J.X., 2004. Oleoylation of sugarcane bagasse hemicelluloses using N-bromosuccinimide as a catalyst. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 84: 800–810.
- Tanrıverdi, H., 2011. Haşhaş Sapı (*Papaver somniferum* L.) Hemiselülozlarının N,N-Dimetilformamit/Lityum klorür homojen sisteminde esterifikasyonu. Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Wise, E.L., Karl, H.L., 1962. Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology. Libby, C.E. (Ed.), Vol:1, Mc Graw Hill Book Co., New York.
- Xu, F., Jiang, J.X., Sun, R.C., She, D., Peng, B., Sun, J.X., Kennedy, J.F., 2008. Rapid esterification of wheat straw hemicelluloses induced by microwave irradiation. *Carbohydrate Polymers*, 73(4): 612–620.
- Yaşar, S., Güller, B., Baydar, H., 2010. Susam (*Sesamum indicum* L.), pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) ve haşhaş (*Papaver somniferum* L.) saplarında karbonhidrat, lignin miktarları ve bazı lif özellikleri üzerine araştırmalar. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 56–66.

## Kuraklık ve orman ekosistem dinamikleri etkileşimi

Aydın Tüfekçioğlu<sup>a,\*</sup>, Mustafa Tüfekçioğlu<sup>a</sup>

**Özet:** Kuraklık orman ekosistemleri üzerinde etkili olan önemli ekolojik faktörlerden biridir. Bu faktörün yaratmış olduğu sorunlar son yıllarda artan küresel sıcaklık ile artmış ve gelecekte daha da artması muhtemel görülmektedir. Kuraklık bitkilerin toprak üstü biokütle artımını %30-70 oranında düşürebilmekte ve uzun dönemli olduğunda ise doğal yayılışlarını ve çeşitliliklerini sınırlayabilmektedir. Ağaçların büyümesi % 80-90 oranında suyun elverişliliği tarafından kontrol edilmektedir. Ülkemizde 1990 yılı sonrasındaki kurak dönemlerde İç Anadolu, Karadeniz ardı kesimler ve Ege Bölgesinde çeşitli orman ağacı türlerinde kurumalar görülmüştür. Karadeniz Bölgesinde sarıçam (*P. sylvestris* L.) ve ladinlerde (*P. orientalis* (L.) Link.), İç Anadolu bölgesinde karaçamalarda (*P. nigra* Arn.), sarıçamalarda ve göknarlarda (*Abies* sp.), Ege Bölgesinde ise kızılçamalarda (*P. brutia* Ten.) kurumalar tespit edilmiştir. Bahsedilen bu kurumaların dışında kuraklık ve sıcaklık artışına paralel olarak ladin ormanlarında kabuk böceklerinin neden olduğu önemli oranda kurumalar gözlemlenmiştir. Ülkemiz koşullarında, kuraklığın şiddetli olması üzerinde coğrafi konumun yanı sıra, iklim değişimi, aşırı otlatma, çayır-mera ve orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi ve şiddetli erozyon gibi etkenlerde önemli rol oynamaktadır. Ülke genelinde 1949 yılında 38.9 milyon ha olan çayır-mera otlak alanları, 1969 yılında 28.3 milyon hektara, günümüzde ise yaklaşık 21.8 milyon hektara düşmüştür. Yine işlenen arazi alanı 1935 yılında 8.5 milyon hektar iken bu miktar 1970 yılında 25 milyon hektara, günümüzde ise yaklaşık 28 milyon hektara ulaşmıştır. 1950-1997 yılları arasında meydana gelen orman alanı kayıpları yaklaşık 2.6 milyon hektardır. Kuraklığın orman ekosistemlerine vereceği zararları azaltmak için önemli orman ağacı türlerimizin kuraklığa dayanıklı orijinlerini veya ekotiplerini belirlemeye dönük bilimsel çalışmaların bir an önce yapılması gerekmektedir. Ayrıca orman alanlarının kuraklık risk haritalarının çıkarılması ve bu alanlarda ağaçları kuraklığa karşı dirençli kılacak silvikültürel müdahaleleri gerçekleştirerek ağaçların kuraklığa hazırlanması gerekmektedir. İklim projeksiyonları göstermiştir ki gelecekte ülkemiz daha da ısınacağından ağaçlandırma stratejileri buna göre şekillendirilmelidir; ağaç yetişmeyecek derecede az yağış alan alanlarda dikim yapılmamalı, eğer yapılacaksa da yapraklı türler veya çalı türleri tercih edilmeli, erozyon kontrolü ve otlandırma çalışmalarına daha fazla önem verilmelidir. Bu alanlara dikilen fidanlar kurak yıllarda kuruyacağından harcanan paralara yazık olacaktır. Ayrıca, Ülkemiz, kuraklıkla ciddi şekilde mücadele etmek ve gerekli önlemleri almak zorundadır. Erozyonu azaltmak, toprak kaybını önlemek ve neticesinde orman ve tarımsal üretimi artırmak için bu mücadele elzemdir.

**Anahtar kelimeler:** Kuraklık, Orman, Ekosistem, Orman ekosistemi

## Forest ecosystems and drought interactions

**Abstract:** Drought is one of the important problems influencing forest ecosystems. This problem has been getting more attention recently due to impacts of global warming. Drought could decrease aboveground growth of plants by 30-70% and restrict their natural distribution boundary and biodiversity. Growth of trees is controlled by the availability of water up to 80-90%. In Turkey, drought triggered forest tree mortalities have been observed in leeward sides of Black Sea Region, Central Anatolian Region and Aegean Region. Dead trees of Scots pine and oriental spruce found in Black Sea Region, of black pine, scots pine and fir in Central Anatolian Region and of brutian pine in Aegean Region. In addition, drought triggered bark beetle infestation that caused dying of thousands of spruce trees in Eastern Black Sea Region. Main reasons of increasing drought effect are global warming, overgrazing, conversion of grassland and forest areas into croplands and increased erosion in Turkey. Grassland area in Turkey was 38.9 million ha in 1949 and this area had been decreased to 28.3 million ha till 1969 and today is 21.8 million ha. While agricultural land area was 8.5 million ha in 1935, it increased to 25 million ha in 1970 and today it is 28 million ha. Meanwhile forested land area had been decreased up to 2.6 million ha from 1950 to 1997. In Turkey, drought tolerant ecotypes of important timber species need to be selected in order to reduce the potential effects of global warming on tree mortalities. Additionally, drought risk maps of forest areas should be prepared to determine drought risk assessment and take necessary measures. Drought can further accelerate the effects and extent of erosion. Therefore, it is also important to account the effects of erosion on the productivity of agricultural and forest goods. Finally, effects of global warming need to be incorporated into afforestation strategies of Turkey.

**Keywords:** Drought, Forest, Ecosystem, Forest ecosystem, Erosion

### 1. Giriş

İnsanoğlunun varoluş hikayesinde kuraklıkla mücadele önemli bir yer tutmuştur. Sıtma ve benzeri hastalıklardan kaçan ve gıdalarını uzun süre bozulmadan saklamayı

arzulayan insanoğlu, nemli yerlerden uzak durmak zorunda kalmış; bu da onu kurak bölgelerde yaşamaya ve kuraklıkla mücadeleye önemli çaba sarf etmeye mecbur bırakmıştır. Dünya yüzölçümünün yaklaşık %40'ı (54 milyon km<sup>2</sup>) kurak alanlar olup, bu alanlarında %29'u çöl, %44.3'ü yarı-

✉ <sup>a</sup> Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, 08000, Artvin

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): atufekci27@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 11.10.2017, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.03.2018



**Citation** (Atıf): Tüfekçioğlu, A., Tüfekçioğlu, M., 2018. Kuraklık ve orman ekosistem dinamikleri etkileşimi. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 103-108.  
DOI: [10.18182/tjf.342931](https://doi.org/10.18182/tjf.342931)

çöl ve %26'sı da kurak-yarınemli bölgelerden oluşmaktadır (Sivakumar, 2007). Kurak alanların %34'ü Asya, %24.1'i Afrika, %24'ü Amerika, %15'i Avustralya ve % 2.5'i de Avrupa kıtasında bulunmaktadır (Sivakumar, 2007). Önemli ölçüde insan faaliyetlerinden kaynaklanan çölleşme, dünya yüzeyinde yaklaşık 20 milyon km<sup>2</sup>'lik alanı kaplamaktadır (Mabbutt, 1994).

Türkiye, dünya üzerinde bulunduğu konum itibarı ile önemli bir kısmında kuraklık problemlerinin söz konusu olduğu bir noktada bulunmaktadır. Ülke yüz ölçümünün %16'sı yılda 400 mm den az, %27'si 400-600 mm, %57'si ise 600 mm'nin üzerinde yağış almaktadır. Bu sayısal değerlere baktığımızda yıllık yağış miktarının çok az olduğu alanlar fazla gözükmemektedir. Ancak, alınan bu yağışın mevsimlere dağılışı düzensizdir. Ülkemiz yüz ölçümünün %12.5'lik kısmı yazın 20 mm den az, %31.5'lik kısmı ise 20-50 mm arasında yağış almaktadır. Şu halde Ülkemizin %44'lük kesimi yazın 50 mm den az yağış almaktadır (Irmak, 1970). Bu durum yaz kuraklığının ülkemiz için çok önemli bir sorun olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, ülkemizde bitkiler yazın harcayacakları suyun büyük çoğunluğunu, kış ve baharın toprakta biriktirmiş olduğu sudan karşılamak durumundadırlar. Bu da toprakların derin, kil ve organik maddece zengin olmaları durumunda mümkündür. Ancak milattan önce 4000 yıldan beri tarım yapılan Anadolu topraklarının büyük çoğunluğu (yaklaşık % 75) organik madde bakımından oldukça fakirdir (Demirci ve Özçelik, 1990; Aydeniz, 1985).

Kuraklık, doğal bir olgudur ve genel olarak, bir yere uzun süre yağış düşmemesi sonucu toprak rutubetinin azalması ve neticesinde bitkinin zarar görmesi olarak tanımlanmaktadır (Kramer, 1983). Ancak, son yıllarda bu olgunun oluşum sıklığında, şiddetinde, süresinde ve etkilerinde bariz artışlar mevcuttur (Anonim, 2007a). 1995-2006 yılları arasındaki 12 yılın 11'i, 1850 yılından beri görülen en sıcak 12 yıl arasındadır (Anonim, 2007a). Kuraklıktaki artmanın temel nedenlerinin başında, insan faaliyetleri sonucu doğal süreçlerde meydana gelen bozulmalar gelmektedir. Bu doğal süreçlerdeki değişim ve bozulmaları tetikleyen ana nedenler olarak küresel ısınma, şiddetli erozyon ve yanlış arazi kullanımı (hatalı ve aşırı otlama, ormanların ve çayır-meraların tarım arazilerine dönüştürülmesi) gibi faktörler sıralanmaktadır (Sivakumar, 2007). Bu makalenin amacı bu faktörlerin kuraklık üzerindeki etkilerini ve kuraklığın orman ekosistemleri üzerindeki etkilerin, literatür verilerine bağlı olarak tartışmaktır. Aşağıda bu faktörlerin her birine kısaca değinilmektedir.

## 2. Kuraklık oluşum, şiddet, süre ve etkilerini artıran nedenler

### 2.1. Küresel iklimde değişim

Küresel iklimde değişim son yılların en çok üzerinde durulan ve araştırmacıların en çok ilgilendiği konuların başında gelmektedir. Uluslararası İklim Değişimi Paneli (IPCC), dünya sıcaklığının gelecek yüzyılda 1.4-5.8 °C arasında artacağını tahmin etmektedir (Anonim, 2001). Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı endüstri devrimi öncesi 250 ppm iken, bu oran son yıllarda 410 ppm'e ulaşmıştır (Anonim, 2017). Buzullara hapsedilmiş hava kabarcıkları üzerinde yapılan CO<sub>2</sub> analizi sonuçlarına göre değerlendirildiğinde,

bu değer son 650 000 yılda görülen CO<sub>2</sub> değişim aralığının (180-300 ppm) oldukça üzerindedir. Yirmi birinci yüzyılın ortalarına doğru atmosferdeki CO<sub>2</sub> oranının 500-600 ppm'e çıkacağı öngörülmektedir (Goudie, 1993). Atmosferdeki yıllık ortalama CO<sub>2</sub> artış oranı 1960-2005 yılları arasında 1.4 ppm iken, bu oranın son 10 yıllık süreçteki ortalaması 1.9 ppm'dir. Fosil yakıt kullanımından atmosfere geçen yıllık karbon salınımı 1990'lı yıllarda 6.4 milyar ton C iken, 2000-2005 yılları arasında 7.2 milyar ton C'ye ulaşmıştır. Ayrıca, arazi kullanım tipinin değişmesi sonucu atmosfere verilen karbon miktarı da 1990'lı yıllarda 1.9 milyar ton C olarak bildirilmektedir. Bütün bu değişimler irdelendiğinde, araştırmacıların büyük çoğunluğu küresel iklim değişiminin insan faaliyetlerinden kaynaklandığı konusunda birleşmekte (Anonim, 2007b) ve artan küresel ısınma ile kuraklık şiddetinin de artacağı bildirilmektedir (Gregory vd., 1997; Hanson ve Weltzin, 2000).

Bulunmuş olduğu coğrafi konumu itibarıyla, küresel ısınmadan önemli oranda etkilenmesi beklenen ülkelerden biride Türkiye'dir. Ülkemiz genelinde düzenli bir biçimde dağıtılan 18 adet meteoroloji istasyonunun 1939-1989 yılları arasındaki 50 yıllık kayıtlarını analiz eden Kadioğlu, söz konusu periyod sonunda minimum ortalama sıcaklığın 0,63 °C yükseldiğini belirlemiştir (Kadioğlu, 1997'e atfen, Asan, 1995). Birleşmiş Milletler Gelişim Programı (UNDP, United Nations Development Program) tarafından hazırlanan bir rapora göre, 1950-2004 yılları arasında, Ülkemizin özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde yaz sıcaklıkları artmış, kış yağışları ise azalmıştır (Anonim, 2007c). Aynı raporda, RegCM3 modeli kullanılarak, Ülkemizin gelecekteki sıcaklık ve yağış durumuna ilişkin öngörüler yapılmıştır. Buna göre, 2071-2100 yılları arasında batı bölgelerdeki yaz sıcaklıkları artarken yağışlar azalacaktır. Bu durum, Ülkemizde kuraklığın gelecekte daha da önemli bir problem haline geleceğini, kuraklık şiddetinin, süresinin ve etkilerinin daha da artacağını işaret etmektedir.

### 2.2. Orman ve otlak alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi

Dünyamızda 1850 yılından 2000'li yıllara kadar yaklaşık 6 milyon km<sup>2</sup> orman alanı ve 4.7 milyon km<sup>2</sup> çayır ve otlak alanları tarım alanlarına dönüştürülmüştür (Ramankutty ve Foley, 1999). Bu alanlar Ülkemiz büyüklüğünün yaklaşık 12 katından daha fazla bir sahaya karşılık gelmektedir. Çayır, otlak ve orman topraklarının tarım alanlarına dönüştürülmesi, toprak organik maddesinin hızlı bir şekilde okside olarak ayrışmasına neden olmaktadır. Sivakumar (2007), ılıman ve tropik bölge ormanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesinin, toprak organik maddesinin sırasıyla %60 ve %75 oranında kaybedilmesine neden olduğunu bildirmektedir. Ayrışan organik madde atmosfere CO<sub>2</sub> olarak salıverilmekte, bu da küresel ısınmayı ve kuraklıkları artırıcı yönde etki etmektedir. Ayrıca, ormanların ve otlakların tarım alanlarına dönüştürülmesi erozyonu hızlandırarak verimli üst toprağın denizlere taşınmasına neden olmakta ve dolayısı ile karasal net üretimde düşüşlere yol açarak atmosferden bağlanan karbon miktarında azalmaya sebebiyet vermektedir.

Orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi karalara düşen yağış miktarını azaltıcı yönde etki ederek kuraklık şiddetini artırmaktadır (Perry, 1994). Yirminci yüzyılda Panama, Malezya, Hindistan ve Filipinler'de

ormanların tahrip edilerek tarım ve otlak alanlarına dönüştürüldüğü yörelerde yağışlarda azalmalar belirlenmiştir (Meyers, 1988; Windsor vd., 1986). Küresel ölçekteki evapotranspirasyonun sadece % 15-20'lik bölümü karalardan gerçekleşmesine rağmen (Spiedel ve Agnew, 1982; Westall ve Stumm, 1980); karalara düşen yağışların sadece % 10'luk kısmı denizlerden buharlaşan suyun yoğunlaşması ile oluşmaktadır. Küresel düzeyde karalara düşen yağışların yaklaşık % 65'i başka bir kara parçasından buharlaşan sudan kaynaklanmaktadır (Perry, 1994). Denizlerden buharlaşan suyun önemli oranda yağış bıraktığı alanlar kıyı alanları ve deniz yüzeyleridir. Dolayısı ile ormanların, ormanlara kıyasla daha az transpirasyon yapan otlak ve tarım alanlarına dönüştürülmesi, karalara düşen yağış miktarında azalmalara neden olacaktır. Ormanların otlak ve tarım bitkilerine göre daha fazla transpirasyon yaptıklarının en çarpıcı örneği Avusturalya'da yaşanmıştır. Burada geniş ormanlık alanların otlak ve tarım alanlarına dönüştürülmesi sonucu taban suyu yükselerek, derinlerde bulunan tuzu yüzeye taşımış, geniş tarım alanları tuzlanma yüzünden tarım yapılamaz duruma gelmiştir (CSIRO, 1999).

Ülkemizde, önemli miktarda saha, orman, çayır ve otlak alanından tarım alanına dönüştürülmüştür. Ülke genelinde 1949 yılında 38.9 milyon ha olan çayır-otlak alanları 1969 yılında 28.3 milyon hektara (Aydemir, 1974), günümüzde ise 21.8 milyon hektara düşmüştür (Başaran, 2004). Yine işlenen arazi alanı 1935 yılında 8.5 milyon ha iken bu miktar 1970 yılında 25 milyon ha'a (Aydemir, 1974), günümüzde ise yaklaşık 28 milyon hektara ulaşmıştır (Başaran, 2004). 1950-1997 yılları arasında meydana gelen orman alanı kayıpları yaklaşık 2.6 milyon hektardır (Çağlar, 1998'e atfen Çepel, 2007). Ancak, geçmişte çok yüksek oranlarda gerçekleşen ormandan ve otlak alanından tarım alanına dönüştürme son yıllarda artan göçün etkisiyle tersine dönmüş bulunmaktadır. Bunun sonucu da son yıllarda orman alanlarında artma söz konusudur.

### 2.3. Aşırı otlatma

Aşırı otlatma erozyonu artırması, toprak mikro iklimini ve toprak-bitki-su ilişkilerini değiştirmesi gibi nedenlerden ötürü kuraklığın şiddetini artırıcı yönde etki etmektedir (Sivakumar, 2007). Aşırı otlatma, bitki örtüsünün azalması neticesinde, verimli üst toprağın erozyonla kaybına neden olarak, belli bir süre sonra otlakların verimden düşmelerine ve çıplak alanlara dönüşmelerine neden olmaktadır. Bu şekilde bitkisel üretim düşüşü otlaklar tarafından atmosferden bağlanan CO<sub>2</sub> miktarını azaltarak, küresel ısınma ve kuraklıkları artırıcı süreçleri hızlandırmaktadır. Verimli üst toprağı giden ve toprak derinliği azalan bu alanlarda, yağışlı mevsimlerde toprakta yeterince su depolanmadığı için buralarda yetişen bitkilerinde kuraklığa karşı dirençleri oldukça zayıf olmaktadır.

Aşırı otlatma, Ülkemiz meralarının önemli problemlerinden biridir. 6000 yıldan beri otlatılan Ülke meralarının verim güçleri ve yem değerleri oldukça düşüktür. Ülkemizde en yağışlı bölge olan Karadeniz Bölgesinde bile çayır-mera yem bitkilerinin ot verimi çayırıklarda 3.5 ton/ha, meralarda ise 0.9 ton/ha'dır (Bakır ve Açıkgoz, 1976). Aşırı otlatmanın, Erzurum'un Palandöken ve Kargapazarı dağlarında bitki örtüsünün yok olmasına paralel olarak böcek türlerinin yok olmasına yol açtığı, yine aşırı otlatmanın diğer faktörlerle birlikte

Amasya yöresinde kelebek türlerinin 150 yıl öncesine göre yaklaşık %30'unun neslinin yok olmasına veya ender bulunan türler durumuna düşmesine sebep olduğu belirtilmektedir (Avcı, 2005).

### 2.4. Erozyon

Erozyon, gerek Ülkemiz ve gerekse Dünyamız için önemli bir ekolojik sorundur. Ülkemizde her yıl yaklaşık 500 milyon ton toprak erozyonla denizlere taşınmaktadır (Çepel, 2007). Ülke topraklarının yaklaşık % 20.4'ünde orta, % 36.4'ünde şiddetli ve % 22.3'ünde çok şiddetli düzeyde erozyon söz konusudur. Şu halde, Ülke topraklarının yaklaşık % 80'inde orta ve şiddetli düzeyde erozyon söz konusudur (Çepel, 2007). Erozyon, verimli üst toprağın taşınmasına neden olarak toprak kalitesinin ve bitkisel üretimin düşmesine sebebiyet vermekte, küresel iklim değişimini ve kuraklık zararının şiddetini artırıcı yönde etki etmektedir (URL1).

## 3. Kuraklığın orman ekosistemleri üzerindeki etkileri

### 3.1. Kuraklık-büyüme ilişkileri

Kuraklık bitkilerin toprak üstü artımını %30-70 oranında düşürebilmekte ve uzun dönemli olduğunda ise doğal yayılışlarını sınırlayabilmektedir (Çepel, 1989). Zahner (1968), ağaçların büyümesindeki değişimlerin % 80-90 oranında suyun elverişliliği tarafından kontrol edildiğini belirtmektedir. Ciaıs vd. (2005) 2003 yılında Avrupa'da gözlemlenen kuraklığın ormanların toplam üretiminde %30 oranında düşüşe sebep olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, Raspe vd. (2004) 2003 yılı kuraklığının Almanya'nın Bavyera ormanlarında %40'a varan büyüme kayıpları oluşturduğunu bildirmişlerdir. Vennetier vd. (2004) 2003 yılı kuraklığı sonucu Fransa'nın Akdeniz'e kıyı alanlarındaki çamların (*Pinus sp.*) ibrelerinin %50 ile 80 oranında döküldüğünü gözlemlemişlerdir.

Toprak üstü büyümenin aksine, kuraklık orta şiddette ve uzun süreli olduğunda kök büyümesini genelde artırıcı yönde etki etmektedir (Leuschner vd., 2001). Ancak çok şiddetli kuraklıklarda kök büyümesi durmakta, hatta ince köklerin bir kısmı suyunu kaybederek ölmektedir. Helmisaari vd. (2004), kuraklığın Avrupa ladininin (*Picea abies* (L.) H. Karst.) kılcal kök büyümesini azalttığını, buna karşılık kök ölümünü ise artırdığını rapor etmişlerdir.

Orman ağaç ve çalı türlerinin kuraklığa karşı dirençleri farklılık göstermektedir. Ogaya vd. (2003) tarafından yapılan kuraklık çalışmasında, *Quercus ilex* L., *Phillyrea latifolia* L. ve *Arbutus unedo* L. türlerinden oluşan orman 2 yıl süre ile yapay olarak kuraklığa maruz bırakılmıştır. Çalışma sonucunda *A. unedo* ve *Q. İlex* büyümede sırasıyla % 77 ve % 55 azalma göstermiş, *P. latifolia* türünde ise herhangi bir azalma gözlenmemiştir. Benzer şekilde, Leuzinger vd. (2005) da sapsız meşenin Avrupa kayını ve adi gürgene kıyasla su stresine daha dayanıklı olduğunu rapor etmişlerdir. Meşe ve lale ağacı (*Liriodendron sp.*) türlerini karşılaştıran Turner vd. (1993); lale ağacının aşırı kurak yıllarda büyümede % 50 düzeyinde azalma gösterdiğini, meşe'nin ise herhangi bir azalma göstermediğini belirlemişlerdir. Ayrıca, aynı türün gölgede yetişen bireyleri, açıkta yetişen bireylerine göre; orman altında yetişen genç bireyleri de üst kapalılığı oluşturan

yetişkin bireylere göre kuraklığa karşı daha dayanıksızdırlar (Orwig ve Abram, 1997; Hanson ve Weltzin, 2000).

Ağaçların yeşerim dönemi içindeki büyüme davranışları(pattern), kuraklığa karşı dayanıklılıklarında önemli rol oynamaktadır (Hanson ve Weltzin, 2000). Yapraklı türlerin çoğu erken, yağışlı dönemde yeşermekte ve çap artımını tamamlamakta, böylelikle şiddetli yaz kuraklığından ibreli türlere göre daha az etkilenmektedirler (Hanson vd., 1998). Ayrıca, yapraklı türler kurak dönemlerde toprak üstü aksamın önemli bir kısmını kaybetmelerine bile ertesi yıl yeniden gövde veya kütük sürgünü vererek yaşamlarına devam ettirebilmektedirler. Oysaki ibreli türlerin büyük çoğunluğunda böyle bir özellik yoktur. Ayrıca, ibreli türlerin intersepsiyon ile kaybettikleri su miktarı yapraklı türlere göre daha fazladır (Breda vd., 2006). Yapraklı türler, suyun dal ve yapraklara daha hızlı iletilmesine olanak tanıyan trahe iletim sistemine sahipken, ibreliler suyun daha yavaş taşınmasına olanak sağlayan traheid iletim sistemine sahiptirler (Kramer ve Kozlowski, 1979). Kurak koşullarda suyun topraktan köklere, oradan da yapraklara hızlı taşınması bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle şiddetli yaz kuraklığının olduğu ve aynı zamanda yıllık yağışın az olduğu alanlarda ağaçlandırmalarda ibreli türlerin kullanılmaması yerinde olacaktır.

### 3.2. Kuraklık ve orman ekosistemlerinde kurumalar

Kuraklığın orman ekosistemleri üzerine olan en şiddetli ve tahrip edici etkisi, ağaçlarda görülen kurumalardır. Kuraklık, uzun süreli ve şiddetli olduğunda aşırı su stresine maruz kalan ve artımları iyice azalan ağaçlar kurumaya başlamaktadırlar. IPCC 2007 raporuna göre son 12 yılın (1995-2006) 11'i, 1850 yılından beri görülen en sıcak 12 yıl arasındadır (Anonim, 2007a). Artan sıcaklıklar ve yağışlarda azalmaların tetiklediği kuraklıklar, ABD, Avrupa, Türkiye ve Dünyanın değişik bölgelerinde ağaçlarda kitle halinde veya münferit kurumalara neden olmuştur (Guarin ve Taylor, 2005; Hanson ve Weltzin, 2000; Vennetier vd., 2004; Ciaisi vd., 2005; Raspe vd., 2004; Semerci vd., 2004; Breda vd., 2006).

Kuraklığın kurumalara sebebiyet vermesi doğrudan veya dolaylı olmaktadır. Direk etki ağaçların su stresi sonucu kurumaları, dolaylı etki ise artan sıcaklık ve kuraklıkların kabuk böceklerinin aşırı üremesine neden olması ve bu böceklerin ağaçların kambiyumlarını yiyerek kurutmasıdır. Sağlıklı ağaçlar reçine salgılayarak kısmen buna karşı koyabilmektedirler. Ancak kuraklık ve aşırı rekabet sonucu zayıf düşmüş ağaçlarda bu pek mümkün olamamaktadır. Guarin ve Taylor (2005), Kaliforniya'nın Yosemite Milli parkındaki ibreli ormanlarda görülen kurumalar üzerine yaptıkları çalışmada, kuraklık ile kurumalar arasında ilişki olduğunu ve bu ilişkinin ancak 3-5 yıl süren kuraklık koşullarında anlamlı olduğunu belirtmektedirler. İlgili çalışmada, kurumaların kuzey bakıllarda daha yoğun olduğu gözlemlenmiş, ancak bu durum istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca, uzun süreden beri aralama yapılmaması ve geçmişte 5-10 yılda bir görülen hafif şiddetteki yangınların engellenmesi neticesinde, meşcerelerde sıklığın aşırı artmasının ağaçlar arasındaki rekabeti artırarak kurumaları artırdığı belirtilmiştir.

Ülkemizde orman ağaçlarında kurumalara ilişkin ilk bilimsel çalışmalar bildiğimiz kadarıyla Dündar (1973) ve

Aydemir'e (1974) aittir. Her iki yazarda Ankara ve çevresinde karaçamalarda görülen kurumaları incelemiş, Dündar (1973) kurumaların topraktaki bor fazlalığından kaynaklandığını ileri sürmüştür, Aydemir ise bu görüşe katılmayarak buradaki kurumaların yağış yetersizliği ve topraktaki yüksek pH'dan kaynaklandığını belirtmiştir. Geçen süre zarfında sulanan karaçamların büyüyüp gelişmesi, burada yağış noksanlığının önemli bir etken olduğunu ve toprakta bulunan yüksek bor konsantrasyonunun sulama suyu ile uzaklaşarak zehir etkisinin ortadan kalktığını göstermektedir.

Ülkemizde 1990 yılı sonrasındaki kurak dönemlerde İç Anadolu, Karadeniz ardı kesimler ve Ege Bölgesinde çeşitli orman ağacı türlerinde kurumalar görülmüştür. Karadeniz Bölgesinde sarıçam ve ladinlerde, İç Anadolu bölgesinde karaçamalarda, sarıçamlarda ve göknarlarda, Ege Bölgesinde ise kızılçamlarda kurumalar tespit edilmiştir (Semerci vd., 2004; Altun vd., 2002). Semerci vd. (2004), İç Anadolu Bölgesinde görülen kurumaların % 37'sinin kuraklığa bağlı kuruma olduğunu, diğerlerinin ise toprak koşulları, dikim hatası ve böcek zararı gibi etmenlerden kaynaklandığını belirtmektedir.

Bahsedilen kurumaların dışında, kuraklık ve sıcaklık artışına paralel olarak ladin ormanlarında önemli oranda kabuk böceklerinin neden olduğu kurumalar gözlemlenmiştir. Artvin-Hatilla Milli Parkında kabuk böceklerinin kuruttuğu ağaç sayısı 100.000'den fazladır (Tüfekçioğlu vd., 2005). Benzer zararlar Avrupa ve Amerikada da gözlemlenmiştir (Guarin ve Taylor, 2005; Zausen vd., 2005). ABD'de yapılan bir çalışmada kabuk böceklerine bağlı kurumalarda meşcerelerde aralama çalışmalarının zamanında yapılmamasının etkili olduğu belirtilmektedir (Zausen vd., 2005). İlgili çalışmada araştırmacılar, aralamanın ağaçlara daha fazla yerleşim alanı vermesi, su stresini azaltması, reçine üretimini artırarak ağaçların kabuk böceklerine karşı direncini artırması ve daha fazla fotosentez yapmalarını sağlaması gibi ekolojik açıdan önemli yararlar sağladığını bildirmişlerdir.

## 4. Sonuç ve Öneriler

Kuraklığın Ülkemiz orman ekosistemleri üzerine olan olumsuz etkisi son yıllarda artmış ve gelecekte daha da artması öngörülmektedir. Ülkemiz koşullarında, kuraklığın şiddetli olması üzerinde, coğrafi konumun yanında iklim değişimi, aşırı otlama, orman ve çayır-mera alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi ve şiddetli erozyon gibi etkenlerde önemli rol oynamaktadır. Ülkemiz, bütün bu olumsuzluklarla ciddi şekilde mücadele etmek zorundadır. Ülke olarak geçmişte yapılan hatalara, bu konuda yenilerini ekleme lüksümüz yoktur. Önemli orman ağacı türlerimizin kuraklığa dayanıklı orijinlerini veya ekotiplerini belirlemeye dönük bilimsel çalışmaların bir an önce yapılması gerekmektedir. Ülkemiz orman alanlarının kuraklık risk haritalarının bir an önce çıkarılması ve bu alanlarda ağaçları kuraklığa karşı dirençli kılacak silvikültürel müdahalelerin bir an önce uygulamaya geçirilmesi ve ağaçların kuraklığa hazırlanması gerekmektedir. Gelecekte, Ülkemiz daha da ısınacağından ağaçlandırma stratejileri (uygun tür ve orijin seçimi) buna göre şekillendirilmeli, ağaç yetiştirecek derecede az yağış alan alanlarda dikim yapılmamalı, eğer yapılacaksa da yapraklı türler veya çalı türleri tercih edilmeli, erozyon kontrolü ve otlandırma çalışmalarına daha



fazla önem verilmelidir. Kuraklık hassasiyetinin fazla olduğu bu alanlara dikilen fidanlar kurak yıllarda kuruyacağından bu faaliyetler için harcanan emek ve paralar ne yazık ki heba olacaktır.

## Kaynaklar

- Anonim, 2017. Earth's CO<sub>2</sub> homepage. <https://www.co2.earth/> Erişim:11.12.2017.
- Anonim, 2007a. Climate change 2007: The physical science basis. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group I of the IPCC, Paris, February, 2007.
- Anonim, 2007b. IPCC WGI Fourth Assessment Report. İsviçre.
- Anonim, 2007c. UNDP Türkiye Raporu. Climate Change & Turkey: Impacts, Sectoral Analyses, Socio-Economic Dimensions. UNDP Türkiye Bürosu Yayınları, Ankara.
- Anonim, 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Working Group II, MacCarthy, J.J. et al., eds. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Altun, L., Yavuz, H., Baskent, E.Z., Yılmaz, M., 2002. Evaluating tree mortality in pure spruce stand using environmental and dendroclimatic factors. *Journal of Balkan Ecology*, 5(2):168-175.
- Asan, Ü., 1995. Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:45, sayı:1-2, s. 23-37.
- Aydemir, H., 1974. Ankara çevresinde yapılan ağaçlandırmalarda görülen kurumaların gerçek sebebi. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(2).
- Aydeniz, A., 1985. Toprak Amenajmanı. A.Ü. Ziraat Fak. Yay. No: 928. Ankara.
- Avcı, Ü., 2005. Tehditler ve biyolojik çeşitlilik. *Ekoloji Magazin*, Temmuz, No: 7.
- Bakır, Ö., Açıköz, E., 1976. Yurdumuzda yem bitkileri, çayır ve mera tarımının bugünkü durumu, geliştirme olanakları ve bu konuda yapılan araştırmalar. Çayır-Mera Zootečni Araştırma Enstitüsü, Yayın No:61, Ankara.
- Başaran, M., 2004. Türkiyenin organik karbon stoğu. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8: 31-36.
- Breda, N., Huc, R., Granier, A., Dreyer E., 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.* 63: 625–644.
- Çepel, N., 2007. Orman-Erozyon İlişkisi. <http://docplayer.biz.tr/9720254-Orman-erozyon-iliskisi.html>. Erişim:11.12.2017.
- Çepel, N., 1989. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No 3140/337, İstanbul.
- Ciais, P.M., Reichstein, N., Viovy, A., Granier, J., Ogée, V., Allard, M., Aubinet, N., Buchmann, Chr., Bernhofer, A., Carrara, F., Chevallier, N., De Noblet, A.D., Friend, P., Friedlingstein, T., Grünwald, B., Heinesch, P., Keronen, A., Knohl, G., Krinner, D., Loustau, G., Manca, G., Matteucci, F., Miglietta, J.M., Ourcival, D., Papale, K., Pilegaard, S., Rambal, G., Seufert, J.F., Soussana, M.J., Sanz, E.D., Schulze, T., Vesala & R., Valentini, 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437, 529-533.
- CSIRO, 1999. Salt: Australia's greatest battle. CSIRO Media Release, Ref 99/33, 15 February, 1999.
- Demirci, R., Özçelik, A., 1990. Tarım Tarihi. A.Ü. Ziraat Fak. Yay. No: 340. Ankara.
- Dündar, M., 1973. Ankara çevresinde çam ağaçlarında görülen bazı kurumalar üzerine düşünceler. *İ.Ü. Orman Fak. Dergisi*, Seri B, Cilt 15, s. 137-147.
- Goudie, A., 1993. The Nature of The Environment. University of Oxford, pp. 227-230.
- Gregory, J.M., Mitchell, J.F.B., Brady, A.J., 1997. Summer droughts in northern mid-latitudes in a time-dependent CO<sub>2</sub> climate experiment. *J. Climate*, 10: 662-686.
- Guarin, A., Taylor, A.H., 2005. Drought Triggered Tree Mortality in Mixed Conifer Forests in Yosemite National Park. California, USA.
- Hanson, P.J., Weltzin, J.F., 2000. Drought disturbance from climate change: response of United States forests. *The Science of Total Environment*, 262: 205-220.
- Hanson, P.J.D.E., Todd, M.A., Huston, J.D., Joslin, J., Croker, R.M., Auge, 1998. Description and field performance of the Walker Branch Throughfall Displacement Experiment: 1993-1996, ORNLrTM-13586. Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory.
- Helmisaari, H.S., Nöjd, P., Lumme, I., 2004. Norway spruce fine roots and seasonal drought– results of a three-year field experiment in southern Finland. Impacts of the Drought and Heat in 2003 on Forests, 17-19 November, 2004, Freiburg, Germany.
- Irmak, A., 1970. Orman Ekolojisi. Taş Mataası, İstanbul.
- Kadioğlu, M., 1997. Trends in surface air temperature data over Turkey. *Int. J. Climatology*, 17: 511-520.
- Kramer, P.J., 1983. Water relations of plants. Academic Press, New York, pp. 489.
- Kramer, P.J. Kozłowski, T.T., 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, Orlando, FL, U.S.A.
- Leuschner, C., Backes, K., Hertel, D., Schipka, F., Schmitt, U., Terborg, O., Runge, M., 2001. Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years. *For. Eco. and Management*, 149: 33-46.
- Leuzinger, S., Zotz, G., Asshoff, R., Körner, C., 2005. Responses of deciduous forest trees to severe drought in Central Europe. *Tree Physiol.*, 25(6): 641-50.
- Mabbutt, J.A., 1994. Climate change: some likely multiple impacts in Southern Africa. *Food Policy* 19, 165–191.
- Meyers, N., 1988. Tropical deforestation and climate change. *Environ. Conserv.*, 15: 293-298.
- Ogaya, R., Peñuelas, J., Martínez-Vilalta, J., Mangirón, M., 2003. Effect of drought on diameter increment of *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, and *Arbutus unedo* in a holm oak forest of NE Spain. *Forest Ecology and Management*, 180: 175-184.
- Orwig, D.A., Abrams, M.D., 1997. Variation in radial growth responses to drought among species, site, and canopy strata. *Trees*, 11: 474-484.
- Perry, D.A., 1994. *Forest Ecosystems*. Jhon Hopkins University Press, MA, U.S.A.
- Ramankutty, N., Foley, J.A., 1999. Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 13: 997–1027.

- Raspe, S., Dietrich, H.P., Dobler, G., Gietl, G., Grimmeisen, W., Kroll, F., Schulze, B., Schulz, C., Schubert, A., 2004. Bavarian forest ecosystem monitoring program: a useful tool to analyze the drought 2003 and its effects on forests. Impacts of the Drought and Heat in 2003 on Forests, 17-19 November 2004, Freiburg, Germany, pp. 19-20.
- Semerci, A., Çelik, O., Şanlı, B., Eczacıbası, B., Şahin, Ö., 2004. Drought induced damages and mortalities in *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasi-ana* (Lamb.), *Pinus sylvestris* L. and *Abies cilicica* (Ant. et Kotschy.) Carr. species in Semiarid Central Anatolia Region of Turkey. Impacts of the Drought and Heat in 2003 on Forests, 17-19 November 2004, Freiburg, Germany.
- Sivakumar, M.V.K., 2007. Interactions between climate and desertification. *Agricultural and Forest Meteorology*, 142: 143-155.
- Spiedel, D.H., Agnew, A.F., 1982. *The Natural Geochemistry of Our Environment*. Westview Press, CO, U.S.A.
- Tüfekçioğlu, A., Kalay, H.Z., Küçük, M., Kahriman, A., Özbayram, A.K., 2005. Artvin-Hatilla Milli Parkında böcek zararı sonucu görülen kurumalar ve bunu tetikleyen ekolojik nedenler. I. Çevre ve Ormancılık Şurası, s. 1430-1438, Antalya.
- Turner, R.S., Hanson, P.J., Huston, M.A., Garten, Jr. CT, Mulholland, P.J., 1993. A large-scale throughfall manipulation experiment on Walker Branch Watershed. In: Rasmussen L, Brydges T, Mathy P, editors. *Experimental manipulations of biota and biogeochemical cycling in ecosystems: approach-methodologies-findings*. Copenhagen, Denmark: Commission of the European Communities, :96-105.
- URL1; www.tema.org.tr. Erişim: 22.02.2007.
- Vennetier, M., Vila, B., Keller, T., Eryuan, L., Guibal, F., 2004. Impact of 2003 climate conditions on radial growth and state of health according to soil water balance for the main coniferous species of French Mediterranean area. Impacts of the Drought and Heat in 2003 on Forests, 17-19 November, 2004, Freiburg, Germany.
- Westall, J., Stumm, W., 1980. The Hydrosphere. In *The Handbook of Environmental Chemistry*. Vol 1. Part A. Edited by O. Hutzinger. Springer Verlag, Berlin, p. 17-49.
- Windsor, G.M., Rand, A.S., Rand, V.M., 1986. Variation in Rainfall on Barrow Colorado Island, Balboa, Panama. Report of the Smithsonian Tropical Research Institute.
- Zahner, R., 1968. Water deficits and growth of trees. In "Water deficits and growth of trees" (T.T. Kozlowski, Edt.). Vol. 2, pp. 191-254. Academic Press, New York.
- Zausen, G.L., Kolb, T.E., Bailey, J.D., Wagner, M.R., 2005. Long-term impacts of stand management on ponderosa pine physiology and bark beetle abundance in northern Arizona: A replicated landscape study. *Forest Ecology and Management*, 218: 291–305.

## 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, and they should be given at the end of the manuscript. 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 Academic](#). Authors should first “[register](#)” and “[login](#)” to the system and then upload their manuscript with a “[cover letter and copyright transfer form](#)”.

## Yazar rehberi

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

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

*Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce):* Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalı, kısaca araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 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 numaralandırılmalı ve metnin sonuna eklenmelidir. 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 “[giriş](#)” yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte “[üst yazı ve telif devir](#)” formunu sisteme yüklemelidirler.

## Appendix 1. References

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

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

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

### *Article in periodical journals / Periyodik dergilerde makale*

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

Sarıkaya, A.G., Fakir, H., 2016. The morphological and distribution areas characteristics of native *Phlomis* L. (Lamiaceae) taxa in the Lakes District, Turkey. *Turkish Journal of Forestry*, 17(2): 85-93, DOI: 10.18182/tjf.45620.

### *Book / Kitap*

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

Geray, A.U., 1998. *Ekonomi*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 3870/430, İstanbul.

### *Reference to a chapter in an edited book / Kitapta bölüm*

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

Alkan, H., 2007. Devlet orman fidanlık işletmeleri (DOFİ)'nde maliyet yönetimi ve pazarlama. Yahyaoğlu, Z., Genç M. (Ed.), *Fidan Standardizasyonu*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No:75, Isparta, s. 493-548.

### *Thesis and dissertation / Tez*

Gurlevik, 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.

Ok, K., 1997. Aynı yaşlı ormanlarda kesim düzeninin ekonomik analizi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

### *Conference proceedings / Konferans bildirisi*

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 2002, İzmit, Turkey, pp. 67-74.

Erdin, K., Şentürk, N., Yeşil, A., Koç, A., Selik, C., Yener, H., Yılmaz, Y., Atıcı, E., 1994. Nasıl bir orman bilgi sistemi (ORBİS)? 1.Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 18-20 Ekim 1994, Trabzon, s. 136-141.

### *Electronic reference / Elektronik kaynak*

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, 2015. Bal ormanları. Orman Genel Müdürlüğü, Odun Dışı Ürün ve Hizmetler Dairesi Başkanlığı, Ankara, <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Dokumanlar/Bal%20Ormanlar%C4%B1.pdf>, Erişim: 06.03.2015.

## 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.

