



# ANADOLU ORMAN ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

ANATOLIAN JOURNAL OF  
FOREST RESEARCH

ISSN 1309-856X  
EISSN 2564-7660



Cilt: 5 No: 2 Aralık 2019

Vol:5 Issue: 2 December 2019



**Anadolu Orman  
Araştırmaları  
Dergisi**



**Anatolian Journal  
of Forest  
Research**

**ISSN: 1309-856X  
E-ISSN: 2564-7660**

<b>Cilt: 5</b>	<b>No: 2</b>	<b>Aralık 2019</b>	<b>Vol: 5</b>	<b>Issue: 2</b>	<b>December 2019</b>
		<b>Sahibi</b>	<b>Owner</b>		
		Prof. Dr. Hasan AYRANCI	Prof. Dr. Hasan AYRANCI		
		<b>Rektör</b>	<b>Rector</b>		
		Prof. Dr. Sabit ERŐAHİN	Prof. Dr. Sabit ERŐAHİN		
		<b>Editör</b>	<b>Editor</b>		
		Prof. Dr. Sabit ERŐAHİN	Prof. Dr. Sabit ERŐAHİN		

**Danışma Kurulu / Advisory Board**

Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY	Bursa Teknik University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ünal AKKEMİK	İstanbul University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Sezgin AYAN	Kastamonu University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Melih BOYDAK	Işık University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Serdar CARUS	Süleyman Demirel University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Murat DEMİR	İstanbul University	TÜRKİYE
Doç. Dr. İlker ERCANLI	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Sabit ERŐAHİN	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ceyhun GÖL	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ömer KARA	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Doç. Dr. Akif KETEN	Düzce University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK	Kastamonu University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK	Süleyman Demirel University	TÜRKİYE
Prof. Dr. İbrahim ÖZDEMİR	Süleyman Demirel University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Sezgin ÖZDEN	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Doç. Dr. Halil Barış ÖZEL	Bartın University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Atakan ÖZTÜRK	Artvin Çoruh University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK	İstanbul University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Timothy RANDHIR	University of Massachusetts	A.B.D.
Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ	Kastamonu University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Yusuf SERENGİL	İstanbul University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Fahrettin TILKI	Artvin Çoruh University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU	Artvin Çoruh University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Mustafa Fehmi TÜRKER	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Dr. Öğr. Üyesi Serhat URSAVAŞ	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Dr. Öğr. Üyesi Seyran PALABAŐ UZUN	Kahramanmaraş Sütçü İmam University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Sabri ÜNAL	Kastamonu University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Hakkı YAVUZ	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ahmet YEŞİL	İstanbul University	TÜRKİYE
Assist. Prof. Dr. Rasoul YUSEFPOUR	University of Freiburg	ALMANYA

**Anadolu Orman  
Araştırmaları  
Dergisi**



**Anatolian Journal  
of Forest  
Research**

**ISSN: 1309-856X  
E-ISSN: 2564-7660**

**Cilt: 5 No: 2 Aralık 2019**

**Vol: 5 Issue: 2 December 2019**

---

**Alan Editörleri / Field Editors**

---

Prof. Dr. M. Nuri ÖNER  
Doç. Dr. Nazan KUTER  
Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR  
Dr. Öğr. Üyesi Yalçın KONDUR

Prof. Dr. Sedat KELEŞ  
Dr. Öğr. Üyesi Arda ÖZEN  
Dr. Öğr. Üyesi Serhat URSAVAŞ  
Assist Prof. Dr. Carlos  
GONZALEZ-BENECKE

Doç. Dr. İlker ERCANLI  
Dr. Öğr. Üyesi Ender BUĞDAY  
Dr. Öğr. Üyesi Üstüner BİRBEN

---

**Dizgi Sorumlusu**  
Dr. Öğr. Üyesi Yalçın KONDUR

---

**Compositor**  
Assist. Prof. Dr. Yalçın KONDUR

---

**Kapak Tasarımı**  
Dr. Öğr. Üyesi Ender BUĞDAY

---

**Cover Design**  
Assist. Prof. Dr. Ender BUĞDAY

---

Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Dekanlığı 18200 Çankırı / TÜRKİYE  
Tel: +90 376 212 2757 Fax: +90 376 213 6983

---

**Bu dergi yılda iki defa yayınlanır**

---

**This journal is published twice a year**

---

Anatolian Journal of Forest Research has been published as REFEREED JOURNAL according to 03/24/2010 dated and 11/3 numbered decision of the Administrative Board of Çankırı Karatekin University

---

**Indexed and Abstracted in**

**SOBIAD, DRJI, Google Scholar**

---



## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

• Nebiyan Ormanları'nda (Samsun/Türkiye) Yükseklik Gradienti Boyunca Bitki Çeşitliliğinin Değişimi	71
• Change of Plant Diversity along Elevation Gradient in the Nebiyan Forests (Samsun/Turkey) <b>Hamdi Güray KUTBAY, Burak SÜR MEN, Dudu Duygu KILIÇ</b>	
• Saf Doğu Kayını Meşcerelerinde Topraküstü Biyokütle Miktarlarının Belirlenmesi (Sinop-Türkeli Örneği)	79
• Determination of Aboveground Biomass Amount in Pure Oriental Beech Stands (A Case of Sinop-Türkeli) <b>Nuray KAHYAOĞLU, Engin GÜVENDİ, Ömer KARA</b>	
• İndağı (İlgaz, Çankırı) Meşe ( <i>Quercus</i> sp.) Ormanlarında Zarar Yapan <i>Tortrix viridana</i> L. (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Biyolojisi ile Zarar Durumu	86
• Biology and Damage of <i>Tortrix viridana</i> L. (Lepidoptera: Tortricidae) in İndağı (İlgaz, Çankırı) Oak ( <i>Quercus</i> sp.) Forests <b>Yalçın KONDUR, Ziya ŞİMŞEK</b>	
• The Economic Analysis of The Mastic Tree ( <i>Pistacia lentiscus</i> L.) Cultivation Projects	100
• Sakız Ağacı Yetiştirme Projelerinin Ekonomik Analizi <b>Sezgin ÖZDEN</b>	
• Asarkaya Kızılçam Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi	108
• Single and Double Entry Tree Volume Tables for Asarkaya Turkish Pine Stands <b>Muammer ŞENYURT, Mustafa ÜMİT</b>	
• An Application of R Software Model Based on Deep Learning Algorithms to Provide Future Use of Other Forest Practitioner for Predicting Individual Tree Height	117
• Tek Ağaç Boylarını Tahmin Eden Derin Öğrenme Algoritması Temelli R Yazılım Modellerinin Diğer Kullanıcılar ile Paylaşılmasına İlişkin Bir Uygulama <b>İlker ERCANLI</b>	
• Determination of Total Carbon Storage using Sentinel-2 and Geographic Information Systems in Mixed Forests	127
• Karışık Meşcerelerde Sentinel-2 ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Toplam Karbon Depolamasının Belirlenmesi <b>Sinan BULUT, Alkan GÜNLÜ</b>	
• Saf Doğu Kayını ( <i>Fagus orientalis</i> Lipsky.) Ormanlarının Ekolojik Tabanlı İdare Sürelerinin Belirlenmesi (Sinop Örneği)	136
• Determination of Ecological-Based Management Periods of Pure Oriental Beech ( <i>Fagus orientalis</i> Lipsky.) Forests (A Case of Sinop) <b>Engin GÜVENDİ, Nuray KAHYAOĞLU</b>	





## Nebiyan Ormanları'nda (Samsun/Türkiye) Yükseklik Gradienti Boyunca Bitki Çeşitliliğinin Değişimi<sup>x</sup>

H.G. Kutbay<sup>1</sup>, B. Sürmen<sup>2,\*</sup>, D.D. Kılıç<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, SAMSUN (ORCID: 0000-0001-9511-9159)

<sup>2</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kamil Özdağ Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, KARAMAN (ORCID: 0000-0002-4055-613X)

<sup>3</sup> Amasya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, AMASYA (ORCID: 0000-0001-6425-6062)

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 12 Kasım 2019

Kabul Tarihi : 30 Aralık 2019

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
buraksurmen@gmail.com

<sup>x</sup> Bu çalışmanın bir bölümü Ecology 2018 sempozyumunda poster bildirisi olarak sunulmuştur.

### ÖZ

Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ormanlar farklı vejetasyon tiplerini barındırmaktadır. Bu vejetasyon tipleri, genel olarak maki, orman ve nemli dere vejetasyonu olarak üç gruba ayrılmıştır. Bu farklılık bölgede biyolojik çeşitliliğin yüksek olmasını sağlamaktadır. Çalışma alanı, Orta Karadeniz Bölümünde yer alan Nebiyan Dağı ve çevresidir. Bu çalışmada biyolojik çeşitliliğin yükseklik boyunca nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bunun için toplam 150 örnek parsel alınmış ve bitki türlerinin yoğunluğu Braun-Blanquet metoduna göre belirlenmiştir.

Biyolojik çeşitliliğin hesaplanmasında alfa ve beta çeşitlilik indeksleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; tür çeşitliliği en yüksek 750-900 m yükseklikte yer alan *Fago orientalis*-*Abietum nordmannianae* Akman (1976) birliğinde bulunmuştur. En düşük tür çeşitliliği ise 30-100 m yüksekliğinde yer alan *Salici albae*-*Platanetum orientalis* Kutbay ve Kılınc (1995) birliğinde bulunmuştur. Sonuç olarak yükseklik arttıkça tür çeşitliliğinin arttığı tespit edilirken, maki topluluğu olan *Phillyreo latifoliae*-*Lauretum nobilis* Quézel ve ark. (1980) birliğinin düşük rakımda olmasına rağmen tür çeşitliliği burada yüksek bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoçeşitlilik, vejetasyon tipleri, alfa indeksi, beta indeksi.

## Change of Plant Diversity along Elevation Gradient in the Nebiyan Forests (Samsun/Turkey)

### ABSTRACT

The forests in the Black Sea region comprise different vegetation types. These vegetation types are generally divided into three groups as maquis, forest, and moist creek vegetation. This difference provides the high biodiversity. The study area is the Nebiyan Mountain and its environs in the Central Black Sea Region. The variation of biological diversity along the elevation from the sea level was investigated in this study. One hundred fifty parcels were taken and the plant species density was determined according to the Braun-Blanquet method. Alpha and beta diversity indexes were used in the calculation of biological diversity. Greatest diversity was found in *Fago orientalis* - *Abietum nordmannianae* Akman (1976) plant association at 750-900 m. The lowest species diversity was found in *Salici albae* - *Platanetum orientalis* Kutbay and Kılınc (1995) plant association at 30-100 m. Finally, species diversity increased with altitude, except *Phillyreo latifoliae*-*Lauretum nobilis* Quézel et al. (1980) plant association, which has high biodiversity although it was located at low altitude.

**Keywords:** Biodiversity, vegetation types, alpha index, beta index.

*Bu makaleye atıf:*

Kutbay, H.G., Sürmen, B., Kılıç, D.D., 2019. Nebiyan Ormanları'nda (Samsun/Türkiye) Yükseklik Gradienti Boyunca Bitki Çeşitliliğinin Değişimi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 5(2): 71-78.

## 1. Giriş

Türkiye, iklimsel faktörlerin çeşitliliği, çok değişken toprak tiplerinin bulunması, topoğrafik ve jeolojik yapısı dolayısıyla çok zengin bir flora sahiptir (Günel, 1994; Öztürk ve ark., 2002; Aras ve ark., 2003). Türkiye'nin sahip olduğu takson sayısına bakıldığında Avrupa kıtası ile yakın olduğu bilinmektedir (Kutbay ve ark., 2014).

Çalışma alanının sahip olduğu farklı iklim karakterleri özellikle bitki topluluklarının dağılımını ve bu toplulukların hangi türlerden oluşacağını belirlemektedir. Svenning ve Skov (2005) tarafından iklimin bitki topluluklarının dağılımında etkili olduğunu ortaya konmuştur. Bunun yanı sıra üç ayrı floristik bölgenin (Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz) birleştiği yerde bulunması da çalışma alanının floristik çeşitliliğin en önemli sebeplerinden biridir (Avcı, 1993; Yalıtık ve Efe, 1996). Orta Karadeniz Bölümü, Avrupa-Sibirya floristik bölgesinin Öksin bölümünde yer almaktadır. Orta Karadeniz Bölümünün vejetasyon özelliklerine bakıldığında, farklı bitki örtüsü katlarının iç içe geçtiği ve birbirinden ayırt edilmesi zor olan bitki topluluklarından oluştuğu görülmektedir. Ayrıca Orta Karadeniz Bölümünde denizden yüksekliğin bitki örtüsünün değişimine neden olduğu önceki çalışmalarda ortaya konmuştur (Kutbay ve ark., 2015). Kutbay ve ark. (1995) Orta Karadeniz Bölümünde yükselti farklı bitki örtüleri tespit etmiştir. Bu bitki örtüleri; Akdeniz tabakaları, Akdeniz intrapontik tabakaları, üst Akdeniz preontik tabakaları, dağlık preontik tabakalar, düşük dağ Öksin tabakaları, yüksek dağ Öksin tabakaları ve subalpin Öksin tabakalarıdır (Quézel et al., 1980; Kutbay ve ark., 1995).

Biyolojik çeşitlilik hesaplamaları, sayısal sonuçların yanı sıra ekosistemlerin değerlendirilmesinde ve farklılıkların açıklanmasında kullanılmaktadır (Türkş et al., 2017). Çünkü tür çeşitlili ekolojik faktörler ile yakından ilişkilidir (Grime, 2001). Yapılan biyoçeşitlilik çalışmaları incelendiğinde, tür çeşitliliği ile birlikte çevresel faktörlerin de belirlendiği görülmektedir (Gülsoy ve Özkan, 2008). Türkiye'de bitki biyoçeşitliliği ile ilgili birçok floristik araştırma yapılmıştır. Fakat yapılan çalışmalarda bitki topluluklarının veya habitatların durumu hakkında yeterli bilgiler verilmemiştir (Özkan ve Negiz, 2011).

Çeşitlilik hesaplamalarında kullanılan Alfa ve beta çeşitliliği yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Alfa çeşitliliği habitat düzeyinde ölçülürken, beta çeşitliliği, türlerin kompozisyonu ve habitatlar arasındaki farklılıkları göstermek için

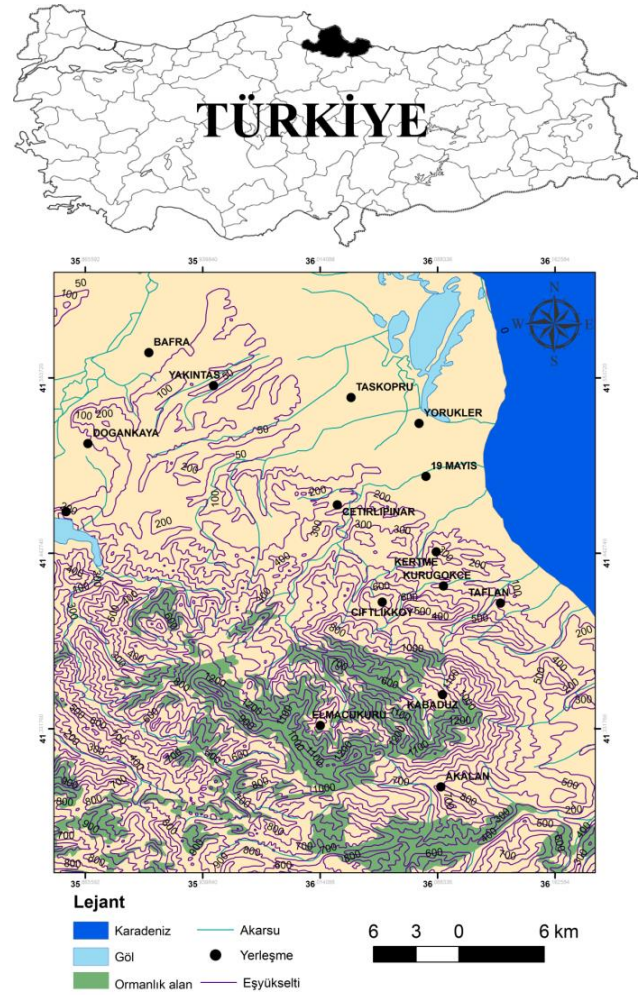
kullanılmaktadır (Negiz ve ark., 2015; Ghilishli et al., 2015).

Bu çalışmada Akdeniz iklim karakterli alanları içeren, Türkiye'nin kuzeyinde, Avrupa-Sibirya floristik bölgesinin Öksin bölümündeki Nebiyan Dağı ve çevresindeki bitki topluluklarının çeşitliliği yükseklik faktörü boyunca araştırılmıştır. Böylece (i) biyolojik çeşitliliğin yükseklik boyunca nasıl değiştiği belirlenerek (ii) çeşitli indekslerle hangi bitki topluluklarının tahribattan etkilendiği yönünde açıklamaların yapılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma alanının tanıtımı

Çalışma Orta Karadeniz Bölümünde yer alan Nebiyan Dağı ve çevresinde deniz seviyesiyle 1400 m yüksekliğe sahip, yüksekliği kuzeyden güneye doğru kademeli artan alanda yürütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı (Nebiyan Dağı ve çevresi) haritası.

Biyoçeşitlilik hesaplamaları için Kutbay ve Kılınç (1995) tarafından tespit edilen bitki birliklerinin bulunduğu alanlardan 20 x 20 m<sup>2</sup>

büyükluğünde toplam 150 örnek parsel alınmıştır. Alınan parsellerde bitki türlerinin yoğunluğu Braun-Blanquet metoduna göre belirlenmiştir (Braun-Blanquet, 1964).

## 2.2. Çeşitlilik indekslerinin hesaplanması

Biyolojik çeşitliliğin hesaplanmasında tür zenginliği (species richness) ve türlerin yoğunluğu (species evenness) yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bunun için yaygın olarak kullanılan alfa ( $\alpha$ ) ve beta ( $\beta$ ) çeşitlilik indeksleri tercih edilmiştir. Bunlardan alfa çeşitlilik indeksi komünitelerdeki tür çeşitliliğini ortaya koymaktadır (Magurran, 1988; Kılınç ve ark., 2006; Gülsoy ve Özkan, 2008). Alfa çeşitlilik için karasal komünitelerde yaygın olarak kullanılan Shannon - Wiener ve Simpson indekslerine göre tür zenginliği (species richness) ve türlerin yoğunluğu (species evenness) hesaplanmıştır.

Shannon - Wiener çeşitlilik indeksi türlerin yüzde bolluklarını oransal bir şekilde standardize ettiği için daha çok kullanılmaktadır. Shannon - Wiener çeşitlilik indeksi (H) aşağıdaki formülle hesaplanır (Magurran, 1988).

$$H = \sum_{i=1}^s pi \times \ln pi \quad (1)$$

H: Shannon - Wiener'in çeşitlilik indeksi; s: komünitedeki toplam tür sayısı (richness);  $pi$ : i türüne ait tüm bireylerin oranı;  $\ln$ : sayının doğal logaritması

Shannon - Wiener çeşitlilik indeksine göre türlerin yoğunluğu (J/evenness) aşağıdaki ifade ile hesaplanır (Magurran, 1988).

$$J = (-\sum_{i=1}^s pi \times \ln pi) / \ln s \quad (2)$$

Bu formülde s, tür sayısını;  $pi$ , i türünün yüzde örtüş değerinin bütün türlerin yüzde örtüş değerlerinin toplamına oranını;  $\ln$ , doğal logaritmayı ifade etmektedir. Evenness 0-1 arasında bir değer alır ve 1 değeri tam eşitlik (evenness) değerini ifade eder. Shannon - Wiener (J) değeri ne kadar yüksekse bu bölgede bulunan türlerin birey sayısı diğer komünitelere göre birbirine daha yakındır (Magurran, 1988; Kılınç ve ark., 2006). Diğer bir ifade ile komünite içerisinde türlerin yoğunluğu bakımından bir homojenlik söz konusudur.

Simpson (1949) tarafından önerilen çeşitlilik indeksine göre, bir komünitede farklı türlere ait olan iki bireyin rastgele olarak birlikte bulunma olasılığını gösterir (Magurran, 1988; Kılınç ve Kutbay, 2008). Buradan elde edilen değer ne kadar büyükse oransallık o kadar büyük demektir (Magurran, 1988; Gülsoy ve Özkan, 2008).

Kommünitelerde dominansinin varlığının araştırılması amacıyla yaygın olarak kullanılan bu indeks aşağıdaki formül aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$D = \sum_{i=1}^s pi^2 \quad (3)$$

Bu formülde D, Simpson çeşitlilik indeksini; s, tür sayısını;  $pi$ , i türünün yüzde örtüş değerinin bütün türlerin yüzde örtüş değerlerinin toplamına oranını ifade etmektedir (Magurran, 1988; Kılınç ve ark., 2006). Simpson indeksine göre eşitlik (evenness) derecesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Ep = \frac{1}{D} = \frac{D}{D_{max}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^s pi^2} \times \frac{1}{s} \quad (4)$$

Bu formülde  $Ep$ , Simpson indeksine göre eşitlik (evenness) derecesini; D, Simpson çeşitlilik indeksini; s, tür sayısını;  $pi$ , i türünün yüzde örtüş değerinin bütün türlerin yüzde örtüş değerlerinin toplamına oranını ifade etmektedir. Eşitlik derecesi, 0 ile 1 arasında bir değer alır ve yine burada 1 değeri tam eşitlik değeridir (Magurran, 1988; Kılınç ve ark., 2006).

$\beta$  çeşitlilik indeksi bölgeler veya kommüniteler arasındaki tür çeşitliliğindeki farklılıktır. Beta çeşitliliği çok farklı bölgeler veya çevreler arasındaki tür kompozisyonundaki farklılıkları ve bu habitatların değişme hızını ortaya koyar. Beta çeşitliliği habitatlar arasındaki çeşitlilik modellerini ifade eder ve türlerin adapte olabilme yetenekleri ve gelişim ihtiyaçlarına göre değişim oranlarını gösterir. Yüksek beta çeşitlilik değerleri çevresel gradiyentin bir fonksiyonu olarak tür sayısında yüksek orandaki değişimin göstergesidir (Kılınç ve ark., 2006). Whittaker (1972)'a göre beta ( $\beta$ ) çeşitliliği aşağıda verilen formülle hesaplanır.

$$\beta = S/\alpha - 1 \quad (5)$$

$\beta$ ; beta çeşitlilik, S; toplam tür sayısı;  $\alpha$ , ortalama tür zenginliği (Magurran, 1988; Gülsoy ve Özkan, 2008) şeklinde ifade edilmektedir.

Alfa çeşitlilik indeksleri olan Shannon-Wiener ve Simpson indekslerine göre tür zenginliği (species richness) ve türlerin yoğunluğu (species evenness) BioDiversity Pro (McAlleece, 1997) programıyla hesaplanırken, beta çeşitlilik indeksinin hesaplanmasında Excel programı kullanılmıştır.



### 3. Bulgular ve Tartışma

Yörede yapılan bu çalışma ise Kutbay ve Kılınç (1995) tarafından tespit edilen bitki birliklerinin yükseklik dağılımı belirlenmiştir. Buna göre 11 bitki

birliğinin 30 - 1400 m arasında değiştiği görülmektedir. Bitki birliklerine bakıldığında sekiz tanesinin orman tipinde olduğu, ikisinin maki ve bir tanesinin ise nemli dere tipinde vejetasyonlar olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bitki birliklerinin vejetasyon tipi, yükseklik ve eğim bilgileri.

Birlik	Kod	Vejetasyon tipi	Yükseklik (m)	Eğim (%)
<i>Salici albae - Platanetum orientalis</i>	Sal alb - Pla ori	Nemli dere	30 - 100	8.25
<i>Phillyreo latifolia - Lauretum nobilis</i>	Phi lat - Lau nob	Maki	60 - 150	28.67
<i>Carpino orientalis - Quercetum cerridis</i>	Car ori - Que cer	Orman	100 - 250	31.00
<i>Carpino orientalis - Phillyretum latifoliae</i>	Car ori - Phi lat	Maki	150 - 450	37.82
<i>Carpino orientalis - Fagetum orientalis</i>	Car ori - Fag ori	Orman	150 - 750	30.00
<i>Quercus infectoria - Pinetum brutiae</i>	Que inf - Pin bru	Orman	200 - 350	35.78
<i>Fago orientalis - Castanetum sativae</i>	Fag ori - Cas sat	Orman	250 - 800	36.54
<i>Daphno ponticae - Pinetum sylvestris</i>	Dap pon - Pin syl	Orman	700 - 900	39.62
<i>Genisto tinctoriae - Pinetum nigrae</i>	Gen tin - Pin nig	Orman	700 - 900	37.08
<i>Fago orientalis - Abietum nordmannianae</i>	Fag ori - Abi nor	Orman	750 - 950	28.33
<i>Rhododendro luteo - Fagetum orientalis</i>	Rho lut - Fag ori	Orman	950 - 1400	38.46

Çizelge 1 incelendiğinde; Bitki birliklerinin bulunduğu yerlerin eğim özelliklerine baktığımızda; %8.25 ile 39.62 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En düşük eğime sahip nemli dere vejetasyonu tipi olan *Salici albae - Platanetum orientalis* birliğidir. En yüksek eğime sahip olan birlik ise orman vejetasyonu tipi olan *Daphno ponticae - Pinetum sylvestris* birliğidir. Diğer birliklere ait ortalama eğim değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çalışma alanında tespit edilen ve orman vejetasyonuna ait *Daphno ponticae - Pinetum sylvestris* Akman (1974), *Genisto tinctoriae - Pinetum nigrae* Kutbay ve Kılınç (1995) ve *Fago orientalis - Abietum nordmannianae* Akman (1976) bitki birliklerinin Türkiye’deki yayılışları incelendiğinde; *Daphno ponticae - Pinetum sylvestris* Akman, 1974 birliği, Ülkemizde Batı Karadeniz Bölümü ve Marmara Bölgesinin Kocaeli Bölümü ile Bursa, Bilecik, ve Yalova illerinde tespit edilmiştir (Kutbay ve Sürmen, 2011). Bununla birlikte Akdeniz ikliminin yarı kurak ve az yağmurlu tipi görülen İspanya’nın Cazorla-Sagura bölgesinde yayılışa sahiptir (Gomez Mercado and Valle, 1990). *Genisto tinctoriae - Pinetum nigrae* Kutbay ve Kılınç (1995) birliği Doğu Avrupa’da özellikle Macaristan’ın vadilerinde (Balogh, 2001), *Genisto tinctoriae - Pinetum nigrae* Kutbay ve Kılınç (1995) birliği Avrupa’daki dağ sıralarının bulunduğu Kosova, Sırbistan, Bosna-Hersek, Hırvatistan,

Slovenya’da yayılış alanlarına sahiptir. Son olarak *Fago orientalis - Abietum nordmannianae* Akman (1976) birliği ülkemizde Artvin Karagöl çevresinde tespit edilmiştir (Eminağaoğlu et al., 2007). Akdeniz vejetasyon tipine ait olan *Phillyreo latifoliae - Lauretum nobilis* Quézel et al. (1980) birliği ülkemizde İnebolu - Abana arasında tespit edilmiştir (Türe et al, 2005).

Bu çalışmada tespit edilen bir çok türün Avrupa’da benzer iklimin görüldüğü bölgelerde bulunmaktadır (Di Pietro et al., 2010). Örneğin; nemli alanları tercih eden *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner subsp. *glutinosa* İtalya’da vadi kenarlarında bulunurken yüksek kesimlerinde ise *Castanea sativa* Millier. ve *Fagus* sp. türleri bulunmaktadır. Akdeniz elementi olan *Arbutus* ve *Erica* cinsine ait bazı türlerin ise çalışma alanında olduğu gibi düşük rakımlı yerleri tercih etmektedir.

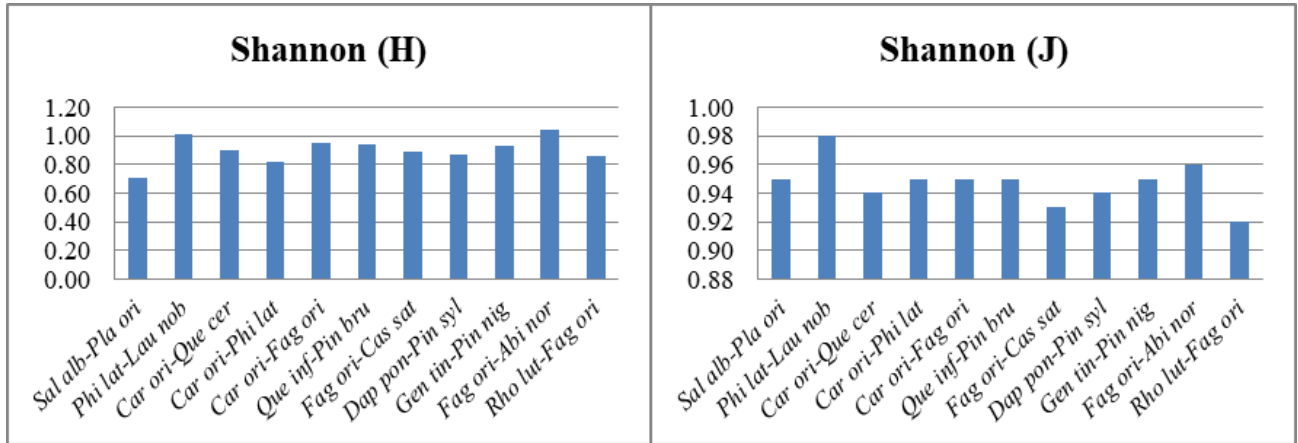
Bitki birliklerine ait alfa ( $\alpha$ ) ve beta ( $\beta$ ) çeşitlilik indeksleri hesaplanmış olup Çizelge 2’de verilmiştir. Çalışmada alfa indekslerinden Shannon - Wiener çeşitliliği (H) ve eşitlik derecesi (J) ile Simpson çeşitlilik indeksi (D) eşitlik derecesi (1/D) ile hesaplamalar yapılırken, beta ( $\beta$ ) çeşitlilik indeksi olarak ise Whittaker formülü kullanılmıştır.

Çizelge 2. Bitki birliklerine ait biyoçeşitlilik değerleri.

Birlik	H	J	D	1/D	$\beta$
<i>Salici albae - Platanetum orientalis</i>	0.71	0.95	0.18	6.43	3.13
<i>Phillyreo latifolia - Lauretum nobilis</i>	1.01	0.98	0.07	14.71	1.20
<i>Carpino orientalis - Quercetum cerridis</i>	0.90	0.94	0.12	8.63	2.84
<i>Carpino orientalis - Phillyretum latifoliae</i>	0.82	0.95	0.16	8.26	3.38
<i>Carpino orientalis - Fagetum orientalis</i>	0.95	0.95	0.11	10.34	2.92
<i>Querco infectoriae - Pinetum brutiae</i>	0.94	0.95	0.11	9.85	2.74
<i>Fago orientalis - Castanetum sativae</i>	0.89	0.93	0.13	9.04	2.99
<i>Daphno ponticae - Pinetum sylvestris</i>	0.87	0.94	0.13	8.37	3.23
<i>Genisto tinctoriae - Pinetum nigrae</i>	0.93	0.95	0.11	9.79	2.74
<i>Fago orientalis - Abietum nordmannianae</i>	1.04	0.96	0.08	13.58	2.52
<i>Rhododendro luteo - Fagetum orientalis</i>	0.86	0.92	0.14	7.90	2.28

Shannon - Wiener tür çeşitliliği indeksine göre H değeri en yüksek 750 - 900 m yükseklikte yer alan orman vejetasyonuna *Fago orientalis*-*Abietum nordmannianae* Akman (1976) birliğinde, en düşük H değeri ise 30 - 100 m yüksekliğinde yer alan nemli dere vejetasyonuna ait *Salici albae* - *Platanetum orientalis* Kutbay ve Kılınç (1995) birliğinde bulunmuştur. Shannon - Wiener türlerin

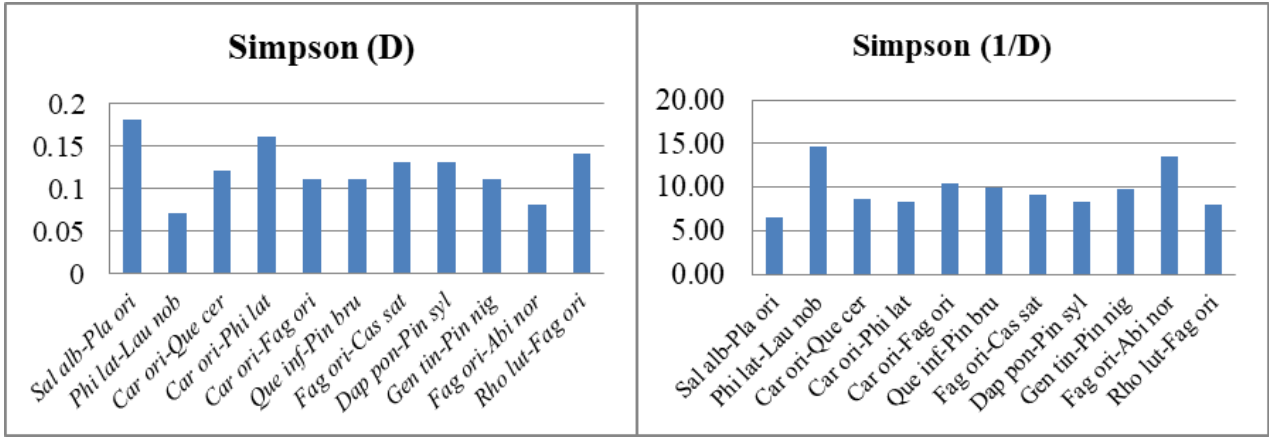
yoğunluğu (J) indeksine göre değeri en yüksek 60 ila 150 m yükseklikte bulunan maki vejetasyonuna ait *Phillyreo latifolia - Lauretum nobilis* Quézel et al., (1980) birliğinde hesaplanırken, en düşük eşitlik (evenness) derecesi ise 650 ila 1400 m yükseklikte bulunan orman vejetasyonuna ait *Rhododendro luteo - Fagetum orientalis* Kutbay ve Kılınç (1995) bitki birliğinde bulunmuştur (şekil 2).



şekil 2. Bitki topluluklarının Shannon-Wiener indeksine göre H (tür çeşitliği) ve J (eşitlik/evenness) değerleri.

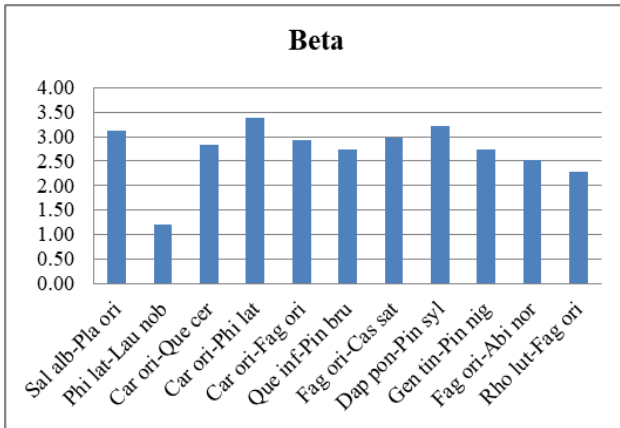
Bir diğer alfa ( $\alpha$ ) çeşitlilik indeksi olan Simpson indeksine göre; tür zenginliği (D) değeri en yüksek 30 - 100 m yükseklikte yer alan nemli dere vejetasyonuna ait *Salici albae - Platanetum orientalis* Kutbay ve Kılınç (1995) birliğinde, en düşük tür zenginliği (D) değeri ise 60 - 150 m yüksekliğinde yer alan maki vejetasyonuna ait *Phillyreo latifolia - Lauretum nobilis* Quézel et al. (1980) birliğinde bulunmuştur. Simpson indeksine

göre eşitlik/evenness (1/D) derecesi en yüksek 60 - 150 m yükseklikte bulunan maki vejetasyonuna ait *Phillyreo latifolia - Lauretum nobilis* Quézel et al. (1980) birliğinde hesaplanırken, 30 - 100 m yükseklikte yer alan nemli dere vejetasyonuna ait *Salici albae - Platanetum orientalis* Kutbay ve Kılınç (1995) birliğinde hesaplanmıştır (şekil 3).



Şekil 3. Bitki topluluklarının Simpson indeksine göre D (tür çeşitliği) ve 1/D (eşitlik/evenness) değerleri.

Birliklerin beta ( $\beta$ ) indeks değerleri incelendiğinde; en düşük  $\beta$  değer 60 - 150 m yüksekliğinde yer alan maki vejetasyonuna ait *Phillyreo latifolia* - *Lauretum nobilis* Quézel et al. (1980) birliğinde, en yüksek  $\beta$  değer 150 - 450 m yüksekliğinde yer alan orman vejetasyonuna ait *Carpino orientalis* - *Phillyretum latifoliae* Quézel et al. (1980) bitki birliğinde hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Bitki topluluklarının beta ( $\beta$ ) indeksleri.

Shanon - Wiener H indeksi biyolojik çeşitliliğin hesaplanmasında en çok kullanılan yöntem olup, hesaplanan değer ne kadar yüksekse biyolojik çeşitliliğin de o kadar yüksek olduğu kabul edilir. Bitki birliklerinin Shanon - Wiener H değerleri incelendiğinde yükseklik arttıkça ve *Fagus orientalis*'in karakter tür olduğu bitki birliklerinde biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu bulunmuştur. Türkiş and Elmas (2018) özellikle kayın (*Fagus orientalis*) ağaçlarından oluşan orman topluluklarının yüksek biyoloji çeşitliliğe sahip olduğunu ve bu çeşitliliğin yükseklik ile beraber arttığını belirlemişlerdir.

Simpson (1949) tarafından önerilen çeşitlilik indeksi ise özellikle iki türün birlikte bulunma oranlarını ortaya koyar. Simpson D değeri ne kadar yüksek iki birlikte bulunan iki türün birlikte bulunma oranının yüksek olduğunu belirtir.

Dolayısıyla benzerliğin yüksek çeşitliliğin düşük olduğunu ifade eder. Bu durumda Simpson D değerlerinin yüksek olması tür çeşitliliğinin az, düşük olması ise tür çeşitliliğinin fazla olduğu anlamına gelir (Güner ve ark., 2011). Buna göre nemli dere vejetasyonuna ait *Salici albae* - *Platanetum orientalis* (30 - 150 m), maki vejetasyonuna ait *Carpino orientalis* - *Phillyretum latifoliae* (150 - 450 m) ve orman vejetasyonuna ait *Rhododendro luteo* - *Fagetum orientalis* (950 - 1400 m) bitki birliklerinde türlerin birlikte bulunma oranlarının yüksek dolayısıyla tür çeşitliliğinin az olduğu alanlar olarak tespit edilmiştir. Çünkü Gülsoy ve Özkan (2008) elde edilen değerlerin büyüklüğünü türlerin birlikte bulunma oranının yüksekliğini ifade ettiğini ayrıca bu durumun komünitelerdeki dominantlığı belirlediğini ortaya koymuştur.

Bir diğer çeşitlilik indeksi olan türlerin yoğunluğu (species evenness) değerleridir. Gerek Shannon - Wiener (J) gerek Simpson (1/D) indekslerine göre değer 1'e ne kadar yakınsa türlerin buldukları birliklerin toplam örtüş değerine yaptıkları katkıların da birbirine yakın olduğunu böylece eşitlik (evenness) değerinin yüksek olduğunu ortaya koyacaktır. Eşitlik derecesi yüksek olan komünitede çeşitlilik daha fazladır. Buna göre 750 - 900 m yükseklikte yer alan orman vejetasyonuna *Fago orientalis-Abietum nordmannianae* Akman (1976) ile 60 ila 150 m yükseklikte bulunan maki vejetasyonuna ait *Phillyreo latifolia* - *Lauretum nobilis* Quézel et al. (1980) birliklerinde alan için hesaplanan Simpson ve Shannon - Wiener eşitlik (evenness) değerleri en yüksek bulunmuştur.

Son olarak tahribatın biyoçeşitlilik üzerine olan etkisini belirlemek için kullandığımız Beta ( $\beta$ ) indekslerine baktığımızda en düşük değer 60 - 150 m yüksekliğinde yer alan maki vejetasyonuna ait *Phillyreo latifolia* - *Lauretum nobilis* Quézel et al. (1980) birliğinde, en yüksek  $\beta$  değer 150 - 450 m

yüksekliğinde yer alan yerleşim yerlerine yakın ve orman vejetasyonuna ait *Carpino orientalis* - *Phillyretum latifoliae* Quézel et al. (1980) bitki birliğinde hesaplanmıştır.

Aynı bölgede yer alan fakat çeşitli vejetasyon tiplerine sahip olan bitki topluluklarının farklı biyoçeşitlilik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Türkış et al. (2017) yükseklik, toprak özellikleri gibi değişkenler ile birlikte eğimin tür çeşitliliğini etkilediğini ortaya koymuşlardır (Tang et al., 2012). Bununla birlikte Akdeniz tipi bitki topluluklarının çevresel ve coğrafi özelliklere göre değiştiği, heterojen bir floraya sahiptir (Elmas and Kutbay, 2018). Yine birçok çalışmada, dağlık bölgelerin bitki örtüsünün topografya ile ilişkili olduğu ortaya konmuştur. (Sánchez-González and López-Mata, 2005; Sherman et al., 2008; Kopeč et al., 2010; Özkan and Berger 2014).

Dağlık bölgeler bundan dolayı biyoçeşitlilik yönünden önemli bir yere sahiptir (Shaheen et al., 2011). Bu alanlar yüksek endemizm oranına sahip olduğu gibi olumsuz çevresel faktörlere karşı dirençleri de yüksektir (Özkan, 2010; Negiz, 2013). Bu durum özellikle orman tipi vejetasyonlarda beta çeşitliliği ile yakından ilişkilidir. Çünkü beta çeşitliliğinin yüksek olması o ekosistemdeki canlı zenginliğinin algılanmasını sağlar (Negiz ve ark., 2015). Kutbay ve ark. (2014) tarafından aynı alanda yapılan başka bir çalışmada 19 endemik ve nadir tür tespit edildiği dikkate alındığında; özellikle beta çeşitliliğinin korunması gerekli alanlarda büyük öneme sahip olduğu görülmektedir (Quian et al., 2005; Ricotta, 2007). Bu nedenle bu tür alanların korunması ekosistem dengesini korumak için hayati bir öneme sahiptir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak yükseklik arttıkça tür çeşitliliğinin arttığını söyleyebiliriz. Fakat özellikle Akdeniz elementi olan türlerin oluşturduğu topluluk olan *Phillyreo latifoliae* – *Lauretum nobilis* Quézel ve ark. (1980) birliğinin düşük rakımda olmasına rağmen biyoçeşitliliği yüksek bulunmuştur. Bunun nedenleri arasında birliğin bulunduğu alandan alınan örnek parsellerin floristik kompozisyon yönünden benzerlik oranları karşılaştırıldığında diğer birliklere göre daha az olmasıdır. Ayrıca tahribatın daha az olması H indeksinin yüksek olmasının bir diğer nedenidir. Ayrıca bu birliğin tahribattan daha az etkilendiği beta ( $\beta$ ) çeşitlilik indeksi değerine bakıldığında görülmektedir.

Elde edilen tüm bu sonuçlar bize biyolojik çeşitliliğin korunmasında yapılacak uygulamaların başında tahribatı önleme çalışmalarının gelmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca Nebiyan dağı gibi

farklı floristik bölge elementlerini içeren alanların ayrıca korunması gerektiğini de göstermiştir. Çünkü bu alanlarda farklı floristik bölgelere ait türlerin yoğunluğunun az olması biyoçeşitlilik yönünden önemli olduğunu ortaya koymuştur.

#### Kaynaklar

Akman, Y., 1974. Etude phyto-ecologique de la region de Beypazarı-Karasar-Nallihan. Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology, 18, 51-113.

Akman, Y., 1976. Phytosociological study of Isik Mountain (In Turkish). Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology, 20, 1-30.

Aras, A., Aksoy, N., Batı, Z., Sakıncı, M., Erdoğan, M. 2003., Yaşayan fosil Sequoidambar giganteum (Ağaçlı linyitleri): Ksiloloji, palinoloji ve yaşı. Türkiye Kuaterneri Çalıştayı, 29- 30 Mayıs, İstanbul.

Avcı, M., 1993. Türkiye'nin flora bölgeleri ve Anadolu Diagonali'ne coğrafi bir yaklaşım. Türk Coğrafya Dergisi, 28, 225-248.

Balogh, L., 2001. Invasive alien plants threatening the natural vegetation of Örség Landscape Protection Area (Hungary). Plant invasions: species ecology and ecosystem management, 185-197.

Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensozologie. Wien, New York.

Di Pietro, R., Azzella, M. M., Facioni, L., 2010. The forest vegetation of the Tolfa-Ceriti mountains (northern Latium – central Italy). Hacquetia, 9, 1, 91-150.

Elmas, E., Kutbay G.H., 2018. Biodiversity in different successional stages of Mediterranean enclaves distributed along Sinop Peninsula (Turkey). Plant Biosystems, 152, 3, 311-323.

Eminağaoğlu, Ö., Kutbay, H. G., Anşin, R., 2007. Forest vegetation of Karagöl-Sahara National Park Artvin-Turkey. Turkish Journal of Botany, 31, 421-449.

Ghilishli, F., Mirdeilami, S.Z., Moradi, E., Pessarakli, M., 2015. Capability of species diversity index in the alpha and beta levels for diagnosis of plant communities. International Journal of Agriculture and Biosciences, 4, 78-82.

Gomez Mercado, F., Valle, F., 1990. Phytosociological Notes on Arboreal Communities of the Cazorla and Segura Mountains. Acta Botanica Malacitana, 15, 239-246.

Grime, J. P., 2001. Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties. John Wiley and Sons, Chichester.

Gülsoy, S., Özkan, K., 2008. Tür çeşitliliğinin ekolojik açıdan önemi ve kullanılan bazı indisler. Turkish Journal of Forestry, 9, 1, 168-178.

Günel, N., 1994. Liquidambar orientalis (Anadolu Sığıla Ağacı)'in Güneybatı Anadolu'daki yayılışında relief, iklim ilişkileri. Türk Coğrafya Dergisi, 29, 175-190.

- Güner, Ş. T., Özkan, K., Yücel, E., 2011. Sarıçam Ormanlarının Verimliliği ile Vejetasyon ve Tür Çeşitliliği Arasındaki İlişkiler: Türkmen Dağı Örneği. *SDU Faculty of Forestry Journal*, 12, 1-6.
- Kılınç, M., Kutbay, H.G., 2008. Bitki ekolojisi. *Palme Yayıncılık*, Ankara.
- Kılınç, M., Kutbay, H.G., Yalçın, E., Bilgin, A., 2006. Bitki ekolojisi ve bitki sosyolojisi uygulamaları. *Palme Yayınevi*, Ankara.
- Kopec, M., Zarzycki, J., Gondek, K., 2010. Species diversity of submontane grasslands: effects of topographic and soil factors. *Polish Journal of Ecology* 58, 2, 285-295.
- Kutbay, H. G., Kılınç, M., 1995. Bafra Nebiyan Dağı (Samsun) ve Çevresinin Vejetasyonu Üzerinde Fitososyolojik ve Ekolojik Bir Araştırma. *Turkish Journal of Botany* 19, 41-63.
- Kutbay, H. G., Sürmen, B., 2011. Samsun ilinde yükseklik gradienti boyunca vejetasyon tiplerinin sınıflandırılması. *Samsun Sempozyumu* 1, 811-838.
- Kutbay, H. G., Sürmen, B., Kılıç, D. D., İmamoğlu, A., 2014. The determination of rare species and risk categories in Nebyan Mountain (Samsun/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 7, 2, 73-77.
- Kutbay, H.G., Karaer, F., Cansaran, A., Korkmaz, H., Kılınç, M., Özen, F., Aydoğdu, M., Engin, A., 2015. Mountainous vegetation of Central Black Sea Region, in: Ozturk, M., Hakeem, K.R., Faridah-Hanum, I., Efe, R. (Eds), *Climate change impacts on high-altitude ecosystems*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Magurran, A., 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Oxford University Press, New York.
- McAleece, N., Lamshead, P., Paterson, G., Gage J., 1997. *BioDiversity Professional London (UK)*, Oban (Scotland). The Natural History Museum, The Scottish Association for Marine Sciences. Software, Available at: <http://www.sams.ac.uk/research/software>
- Negiz, M. G., 2013. Gölhisar (Burdur) yöresinde odunsu tür çeşitliliği yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. *Doktora Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Negiz, M. G., Gülsoy, S., Özkan, K., 2015. Orman ekosistemlerinde tür çeşitlilik bileşenlerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir arazi envanter yaklaşımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19, 2, 198-204.
- Özkan, K., 2010. Orman ekosistem çeşitliliği haritalama çalışmalarını için ekolojik alan çeşitliliğinin belirlenmesi üzerine bir öneri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 136-148.
- Özkan, K., Negiz, M. G., 2011. Isparta Yukarıgökdere Yöresi'ndeki odunsu vejetasyonun hiyerarşik yöntemlerle sınıflandırılması ve haritalanması. *SDU Faculty of Forestry Journal*, 12, 27-33.
- Özkan, K., Berger, U., 2014. Redicting the potential distribution of plant diversity in the Yukarıgökdere forest district of the Mediterranean region. *Polish Journal of Ecology*, 62, 441-454.
- Öztürk, M., Çelik, A., Yarcı Aksoy, A., Feoli, E., 2002. An overview of plant diversity land use and degradation in the mediterranean region of Turkey. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 13, 5, 442-449.
- Quézel, P., Barbero, M., Akman, Y., 1980. Contribution al etude de la vegetation, forestiere de Anatolie Septentrionale. *Phytococnologia*, 8, 365-519.
- Quian, H., Ricklefs, R. E., White, P. S., 2005. Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecology Letters*, 8, 15-22.
- Ricotta, C., 2007. Computing additive b-diversity from presence and absence scores: a critique and alternative parameters. *Theoretical Population Biology*, 73, 244-249.
- Sánchez-González, A., López-Mata, M., 2005. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distribution*, 11, 567-575.
- Shaheen, H., Khan, S.M., Harper, D.M., Ullah, Z., Qureshi, R.A., 2011. Species diversity, community structure, and distribution patterns in Western Himalayan alpine pastures of Kashmir, Pakistan. *Mountain Research and Development*, 31, 2, 153-159.
- Sherman, R., Mullen, R., Haomin, L., Zhendong, F., Yi W., 2008. Spatial patterns of plant diversity and communities in Alpine ecosystems of the Hengduan Mountains, northwest Yunnan, China. *Journal of Plant Ecology*, 1, 117-136.
- Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163, 4148, 688.
- Svenning, J.C., Skov, F., 2005. The relative roles of environment and history as controls of species composition and richness in Europe. *Journal of Biogeography*, 32, 6, 1019-1033.
- Tang, Z., Fang, J., Chi, X., Feng, J., Liu, Y., Shen, Z., Wang, X., Wang, Z., Wu, X., Zheng, C., Gaston, K.J., 2012. Patterns of plant beta-diversity along elevational and latitudinal gradients in mountain forests of China. *Ecography*, 35, 1-9.
- Türe, C., Tokur, S., Ketenoğlu, O., 2005. Contributions to the syntaxonomy and ecology of the forest and shrub vegetation in Bithynia, northwestern Anatolia, Turkey. *Phyton*, 45, 81-115.
- Türkış, S., Elmas, E., 2018. Effect of environmental factors on species diversity of the Yenice Hot Spot Forests in Turkey. *Journal of Forestry Research*, 29, 6, 1719-1730.
- Türkış, S., Kutbay, H.G., Ozbucak, T.B., 2017. Plant species diversity and life-form spectra along an elevational gradient in Eastern Black Sea Region of Turkey. *International Journal of Information Research and Review*, 4, 12, 4857-4864.
- Whittaker, R.H., 1972. Evolution and Measurement of species diversity. *Taxon*, 2, 213-251.
- Yaltrık, F., Efe, A., 1996. *Otsu bitkiler sistematigi ders kitabı II. baskı*. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.



## Saf Doğu Kayını Meşcerelerinde Topraküstü Biyokütle Miktarlarının Belirlenmesi (Sinop-Türkeli Örneği)

N. Kahyaoğlu<sup>1,\*</sup>, E. Güvendi<sup>1</sup>, Ö. Kara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gümüşhane Üniversitesi, Kürtün Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, 29810, GÜMÜŞHANE

<sup>2</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080, TRABZON

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 14 Kasım 2019

Kabul Tarihi : 31 Aralık 2019

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
nkahyaoğlu@gumushane.edu.tr

### ÖZ

Bu çalışmada, Sinop-Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren saf Doğu Kayını meşcerelerinin topraküstü ağaç bileşenlerindeki biyokütle miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanında her biri 400 m<sup>2</sup> büyüklüğünde 55 adet

örnek alan seçilmiştir. Kesilecek ağaçların değişik çap ve boy kademesinde, farklı gelişim çağlarında, değişik yetişme ortamı ve kapalılık derecesinde, canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli ve sağlıklı olmasına dikkat edilmiştir. Seçilen ağaçlar toprak seviyesinden kesilmiş ve 2 m aralıklarla bölümlere ayrılarak kesitler alınmıştır. Örnek ağaçları ve dallarını temsil eden bir dal seçilmiştir. Dal ve yapraklardan örnekler alınarak polietilen torbalara konularak laboratuvara getirilmiştir. Örnekler üzerinde biyokütle tayinleri yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda doğu kayını ağaç bileşenlerine ait ortalama biyokütle değeri tek ağaçta en yüksek 314,4 kg ile gövde odununda tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla dal (54,2 kg), kabuk (30,2 kg) ve yaprak (7,46 kg) bileşenleri takip etmiştir. Bu çalışma ile ormanlarda yapılan üretim faaliyetleri sonucunda alanda bırakılan gövde odunu dışındaki ağaç bileşenleri miktarının % 22,6 olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuç, gelecek yıllarda ormanda bırakılan ağaç bileşenlerinin değerlendirilmesinin ne kadar büyük önem kazanacağını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç bileşenleri, Biyokütle, Doğu Kayını, Sinop.

## Determination of Aboveground Biomass Amount in Pure Oriental Beech Stands (A Case of Sinop-Türkeli)

### ABSTRACT

This study was conducted to determine the biomass amounts in the aboveground tree components pure oriental beech stands which are distributed within the borders of Sinop-Türkeli Forest Management Directorate. 55 sample plots each with a size of 400 m<sup>2</sup> were selected in the study area. Trees with different diameter and height, in various developmental stages, different growing environment and level of indoor ness, live, solid top, single body and healthy have selected to cut at each plot. The selected trees were cut at the soil level and sections were taken by dividing them into sections at an interval of 2 m. In addition, a branch, representing the sample trees and their branches was selected. Wet weight of this sample branch was weighted then the leaves were separated from the branch and the weight of the leaves and branches were weighted using a precise balance. Samples taken from branches and leaves were put into polyethylene bags and transferred to a laboratory where biomass determinations were made. The highest mean biomass value of oriental beech tree components was 314.4 kg in stem wood, followed by 54.2 kg in branch, 30.2 kg in bark, and 7.46 kg in leaf. With this study, it was determined that the amount of wood components other than trunk Wood left in the area was 22.6% as a result of the production activities carried out in the forests. The result shows how important it will be to evaluate tree components left in the forest in the coming years.

**Keywords:** Tree components, Biomass, Oriental Beech, Sinop.

*Bu makaleye atf:*

Kahyaoğlu, N., Güvendi, E., Kara, Ö. 2019. Saf Doğu Kayını Meşcerelerinde Topraküstü Biyokütle Miktarlarının Belirlenmesi (Sinop-Türkeli Örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 5(2): 79-85.

## 1. Giriş

Küresel iklim değişikliğinin giderek önem kazanması ve ormanların da atmosferdeki karbonun depolandığı en önemli havuzlar arasında yer alması biyokütle çalışmalarının önemini arttırmıştır. Çünkü orman ekosistemlerindeki ağaçlar fotosentez yaparak atmosferdeki karbonun çeşitli ağaç bileşenlerinde (yaprak, dal, kabuk, gövde odunu, kök) depolanmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla belli bir alandaki bitkisel kütlede fazla olması orada daha fazla karbon depolandığı anlamına gelmektedir (Pehlivan, 2014).

Orman ekosistemleri, karasal ekosistemlerin dışında kalan kısmının en geniş parçasını oluşturmaktadır. Orman ağaçları da bu ekosistemlerin en önemli parçasıdır ve canlı bitkisel kütlede en büyük bölümünü bünyelerinde barındırmaktadırlar. Dünya ormanlarının sahip olduğu toplam bitkisel kütle 677 petagramdır ve bunun yaklaşık % 80'i orman ağaçlarının bünyesinde (Lorenz and Lal, 2010).

Atmosferde biriken karbondioksitin (CO<sub>2</sub>), 2/3' ünün fosil yakıt tüketiminden, 1/3' ünün de arazi kullanım değişimi ve ormansızlaşmadan kaynaklandığı tespit edilmiştir. İklim değişikliği, hava kirliliği gibi artan çevre sorunlarından dolayı tüm dünyada, atmosfere daha az CO<sub>2</sub> salan, fosil yakıtlara alternatif, çevreyi daha az kirleten, yenilenebilir enerji kaynağı olan biyokütledir (OGM, 2009).

Tüm biyoküteller, yeşil bitkiler tarafından fotosentez yoluyla üretilirler (Hall et al., 1993). Ağaçlar karbondioksiti bu yolla tutar ve bünyelerinde biyokütle olarak depolarlar. Ağaç biyokütlesine ilişkin veriler karbon tutma ve karbon döngüsünü anlayabilmek için gereklidir (Karabürk, 2011). Fotosentez ile depo edilmiş güneş enerjisinin bir sonucu olarak biyokütle, çeşitli tür ve biçimde (yakma, biyogaz üretimi, fermentasyon, pyroliz, bitkisel yağlar vb.) kullanım enerjisine dönüştürülebilmektedir. Uygun teknolojik olanakların sağlanması ile tüm ağaçların hasat edilmesi sonucu gövde odunu, dallar, ibreler/yapraklar ve gereğinde kütük ve köklerden oluşan biyokütlenin endüstriyel değerlendirilmesi söz konusu olabilmektedir (Akalan, 1985 ; Özkaya, 2004).

Orman ekosistemlerinde biyokütle belirleme amaçlarının en önemlilerinden bazıları; belirlenen biyokütle ile ortamdaki besin elementleri döngüsü, topraklarda minerallerin ve organik maddenin kaybı ya da birikmesi arasında önemli bir ilişkinin olması, dünyadaki karbon döngüsü ve dengesi üzerinde

önemli rol oynayan orman ekosistemlerinin ve üretimlerinin belirlenmesi, şu anda bozulmak üzere olan karbon dengesi ve onun etkilerini anlamada yararlı olması, orman alanlarında birikebilecek potansiyel biyokütle miktarının orman yangınları üzerine olacak etkisi olarak sıralanabilir. Ayrıca orman biyokütlesi terimi, bir orman ekosistemi içerisinde yaşayan organizmaların miktarını kütle olarak açıklamaktadır. Fakat uygulama amaçları için bu terim özellikle ağaç ve ağacıkların yaşayan odunsu madde bileşenlerini içermektedir. Eğer ormanlar biyokütle üretimi için işletilirse ilk önce, şimdiki ve gelecekteki kapasitelerinin tahmin edilmesi gerekir. Bu amaç için gerekli olan ilk koşul, her bir ağaç türü için ağırlık tablolarının düzenlenmesidir (Brown, 1982).

Kayın, dünyada en çok alan kaplayan ilk 25 ağaç cinsi içerisinde 6. sırada yer almaktadır (OGM, 2006). Ayrıca Kayın, kuzey yarımkürenin ılıman yapraklı ormanları içerisinde yayılış gösteren en yaygın ağaçtır (Fang and Lechowicz, 2006). Ülkemizde ise yayılış gösterdiği alan olarak yapraklı ağaçlar içerisinde 2. sırada yer almaktadır. Ayrıca ülkemizde endüstriyel odun üretiminde % 15' lik payı ile yapraklı ağaçlar içerisinde ilk sırada yer almaktadır (Konukçu, 2001).

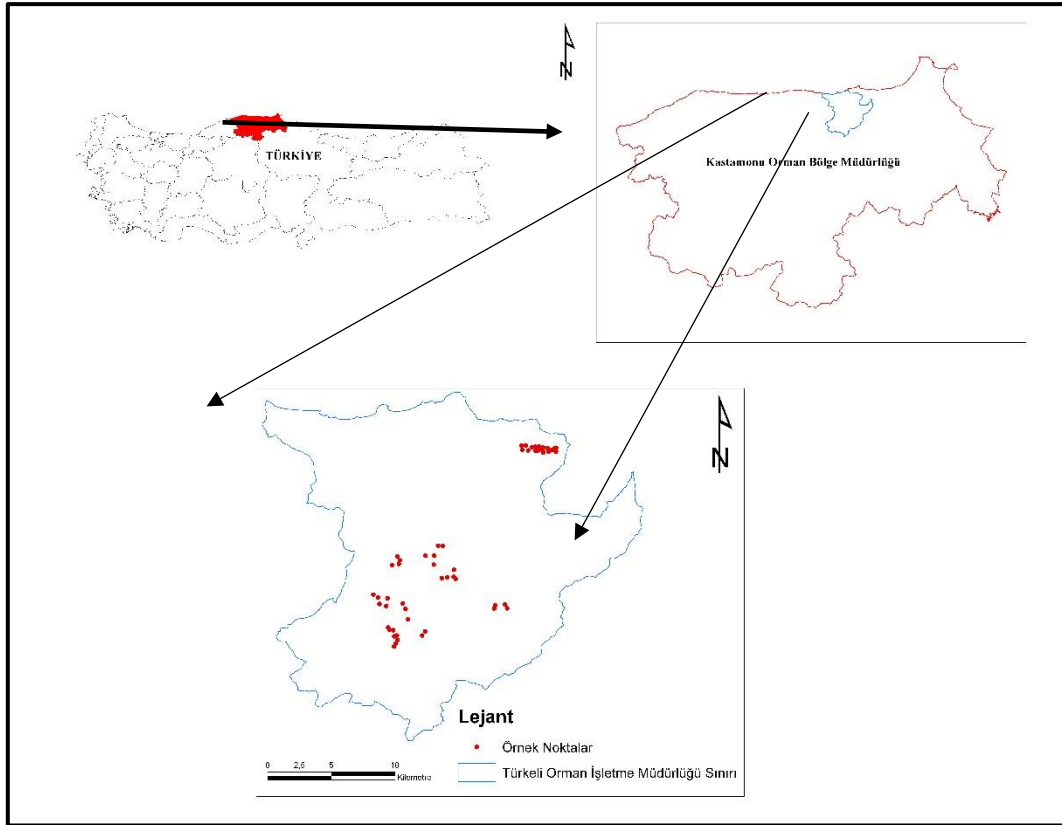
Dolayısıyla bu çalışmanın da amacı, araştırma alanında yayılış gösteren kayın ormanlarının topraküstü tüm ağaç bileşenlerindeki (gövde, dal, kabuk, yaprak) biyokütle miktarlarını belirlemektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Araştırma alanının genel tanıtımı

Bu çalışmada kullanılan araştırma materyali, Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde yer alan Sinop ili-Türkeli ilçesi sınırları içinde bulunan saf Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşcerelerinden elde edilmiştir. Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü 45.834,3 ha büyüklüğünde olup 5 işletme şefliğine sahip bulunmaktadır. Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü'nün kuzeyinde Karadeniz, doğusunda Ayancık Orman İşletme Müdürlüğü, güneyinde Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü, batısında ise Çatalzeytin Orman İşletme Müdürlüğü bulunmaktadır. Bu İşletme Müdürlüğü sınırları içinde kalan çalışma alanı 41°44'42''- 41°57'54'' Kuzey Enlemleri, 34°16'25''- 34°23'32'' Doğu Boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma alanına ait örnek noktaları gösteren harita.

Sinop ili, Doğu ve Batı Karadeniz iklim özelliklerinin iç içe geçtiği bir yöredir. İlde mevsimler arası sıcaklık farkları pek büyük değildir. İlde, yıl boyunca esen sürekli rüzgarlar etkili olmaktadır. Yazın belli bir dönem dışında, bütün yıl nemli ve yağışlı geçer. Sinop'un kuzey kesiminde Karadeniz iklim tipi egemendir. İlin güney kesiminde ise kıyıya koşut olarak uzanan dağlar nedeniyle, Karadeniz ikliminin giderek etkisi azalmaktadır. Bu bölgede yağışlar ve sıcaklık düşer, bozkır ikliminin etkileri görülür (URL-1).

Sinop'ta yağışlar, aylara göre oldukça düzenlidir. En çok Aralık ve Ocak aylarında, en az Temmuz ve Ağustos aylarında yağış alan ilde yağışlı gün sayısı ortalama 125-135 gün arasındadır. Yıllık yağış miktarı ortalaması 686,36 mm'dir. İlimizde görülmüş olan en yüksek sıcaklık 35,1°C, en düşük sıcaklık -8,4°C'dir (URL-1).

Sinop ili, kuzey rüzgârlarına açık olduğundan, sürekli rüzgâr alır. İlin konumu, kuzey (yıldız) rüzgârlarının zaman zaman çok şiddetli esmesine yol açar. Ortalama deniz suyu sıcaklığı 15,9°C olan Sinop'ta ortalama güneşlenme süresi ise 5,46 saat/gündür. Nisbi nem yönünden sahil kesimleri % 75 nem ortalamasının üzerinde, iç kesimler ise % 60 nem oranının altındadır (URL-2).

Çalışma alanında; Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Sahilçamı (*Pinus pinaster*), Gökmar (Abies nordmanniana subsp.

*bornmülleriana*), Ardıç türleri (*Juniperus* sp.), Kayın (*Fagus orientalis*), Meşe türleri (*Quercus* sp.), Gürgen (*Carpinus betulus*), Titrek kavak (*Populus tremula*), Kızılağaç (*Alnus glutinosa*), Dişbudak (*Fraxinus excelsior*), Akçağaç türleri (*Acer* sp.), Karağaç (*Ulmus glabra*), Kestane (*Castanea sativa*), İhlamur (*Tilia rubra*), Çınar (*Platanus orientalis*), Söğüt türleri (*Salix* sp.), Üvez (*Sorbus torminalis*) gibi ağaç türleri bulunmaktadır (Anonim,1990).

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Örnek alanların nitelikleri ve seçimi

Araştırma alanından seçme örnekleme yöntemine göre 55 adet örnek alan alınmıştır. Seçilen örnek alanlar 3 kapalılığında olup büyüklüğü 400 m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

### 2.2.2. Örnek ağaçların nitelikleri ve seçimi

Bu örnek alanların içerisine giren ağaçlardan alanı temsil edebilecek özelliklere sahip meşcere orta çapına yakın 1 adet kayın ağacı kesilmiştir. Kesilen ağaçlar 15,5-36,5 cm göğüs yüksekliği çap aralığındaki ağaçlardan seçilmiştir. Biyokütle ölçümleri kesilen bu ağaç üzerinde yapılmıştır. Seçilen ağaçların canlı, tepesi sağlam, tek gövdeli, sağlıklı ve doğal dal budamasını yapmış özellikteki bireylerden olmasına özen gösterilmiştir.



### 2.2.3. Kesit örneklerinin alınması

Örnek alanlarda tespit edilen örnek ağaçlar göğüs çapları ölçüldükten sonra toprak yüzeyine en yakın yerden kesilmiş ve boyları ölçülmüştür. Daha sonra kesilen ağaçların dalları gövdeden ayrılmış ve gövde üzerinde 0,30 m, 1,30 m ve 1,30 m den sonra 2'şer m aralıklarla gövde çapları ölçülüp, 5 cm kalınlığında enine kesitler alınarak yaş ağırlıkları elektronik terazi ile belirlenmiştir. Daha sonra gövdeye ait tüm dalların dip çapları ve boyları ölçülmüştür. Ardından ağaının gelişimini ve tepe yapısını temsil edecek şekilde örnek bir dal alınarak yaprakları ile birlikte tartılmıştır. Bunu takiben alınan örnek dalın yaprakları daldan ayrılarak polietilen torbalara ve çuvallara konulmuş ve yaş ağırlıkları ayrı ayrı tartılarak belirlenmiştir. Bundan sonra örnek dal odunundan 5 cm. lik bir kesit alınmıştır. Polietilen torbalara ve çuvallara konulup numaralandırılan örnekler laboratuvara götürülmüştür.

### 2.2.4. Ağaç biyokütlesinin belirlenmesi

#### 2.2.4.1. Gövde yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenmesi

Gövde yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenebilmesi için her şeyden önce örnek ağaçların gövde hacminin hesaplanması gerekmektedir.

Bu amaca yönelik olarak gövde dip kütük (0 m-0,30 m), gövde ve uç kısım olmak üzere üç kısma ayrılmıştır. Dip kütük çapı ( $d_{0,30}$  m) ve yükseklikten (0,30 m) yararlanarak silindir formülü ile hacimlendirilmiştir. Uç parçanın koniye benzerliğinden yararlanılarak hacimlendirilmesi yapılmıştır. Gövde ise 0,30-2,30 m, 2,30-4,30 m, ... gibi dip kütükten tepeye kadar 2 m uzunluğundaki seksiyonlara ayrılmış ( $d_{1,30}$ ,  $d_{3,30}$ , ... gibi) seksiyon ortası çaplarından yararlanarak Huber (orta yüzey) formülü ile hacimlendirilmiştir. Sonunda dip kütük, seksiyon ve uç parça hacimleri toplanarak gövde hacmi hesaplanmıştır.

Gövde üzerindeki kabuklu çaplar yardımıyla kabuklu gövde hacmi, kabuksuz çaplar yardımıyla kabuksuz gövde hacmi ve bu iki hacim değeri farkı alınarak da kabuk hacmi hesaplanmıştır. Kuru ağırlıkların belirlenmesi için araziden laboratuvara getirilmiş gövde odunu kesitleri kurutma fırınına koyularak 65 °C' de 7 gün süre ile tam kuru duruma getirilmiş ve tartılarak her bir örneğın tam kuru ağırlığı tespit edilmiştir.

### 2.2.4.2. Dal yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenmesi

Her bir örnek ağaın canlı tüm dallarının taban çapları ve boyları ölçülüp koni biçiminde olduğu varsayılarak tüm dalların hacimleri hesaplanmıştır. Daha sonra tüm dal hacimlerinin hepsi toplanarak örnek ağaın toplam dal hacmi bulunmuştur. Ardından dalların tümünü ve örnek ağaın gelişimini temsil edecek bir örnek dal seçilerek toplam ağırlığı hesaplanmıştır. Sonrasında alınan örnek dal yapraklarından temizlenerek saf yaprak ve dal ağırlıkları belirlenmiştir. Araziden laboratuvara getirilen dal örneklerinden alınan kesitler fırına konularak 65 oC' de 7 gün süre ile sabit ağırlığa getirilmiş ve tartılarak her bir örneğın tam kuru ağırlığı bulunmuştur. Örnek dalın hacmi toplam dal hacmine oranlanıp, örnek dal yaş ağırlığı ile çarpılarak bir ağaın yaş dal ağırlığı, benzer biçimde örnek daldan alınan enine kesitin yaş ve kuru ağırlığı arasındaki oran değeri yararlanarak da bir ağaın toplam dal kuru ağırlığı hesaplanmıştır.

### 2.2.4.3. Kabuk yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenmesi

Kayın ağaının kabuklarının çok ince oluşu, yaşken gövdeden ayrılma zorluklarından dolayı ve en önemlisi de örneklerin kuru halde de hacimlendirilmesi yapılacağından, her bir ağaa ait kuru kabuk ağırlığı; kuru kabuklu toplam gövde ağırlığı ile kuru kabuksuz toplam gövde ağırlığı arasındaki farktan yola çıkarak hesaplanmıştır.

### 2.2.4.4. Yaprak yaş ve fırın kuru ağırlıklarının belirlenmesi

Arazide yaş ağırlıkları belirlenerek laboratuvara getirilmiş olan yaprak örnekleri kurutma fırınında 65°C'de 48 saatlik bir sürede tam kuru duruma getirilmiş ve tartılarak tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Daha sonra örnek ağaa ait toplam yaş ve kuru ağırlıkların belirlenebilmesi için her bir örnek ağaın toplam yaş yaprak ağırlığından yararlanılmıştır. Ağaın dallanmasını temsil edecek şekilde seçilen örnek daldaki yaprak ağırlığı belirlenerek örnek ağaın toplam dal hacmi ile çarpılıp örnek dalın hacmine bölünmesiyle örnek ağaa ait toplam yaş yaprak ağırlığı belirlenmiştir. Ardından örnek ağaa ait toplam yaş yaprak ağırlığı örnek dala ait kuru yaprak ağırlığı çarpılıp örnek dala ait yaş yaprak ağırlığına bölünerek örnek ağaa ait toplam kuru yaprak ağırlığı elde edilmiştir.

Yukarıda belirtilen şekilde hesaplanan örnek ağaçların her bir bileşeni ve tüm ağacın kuru

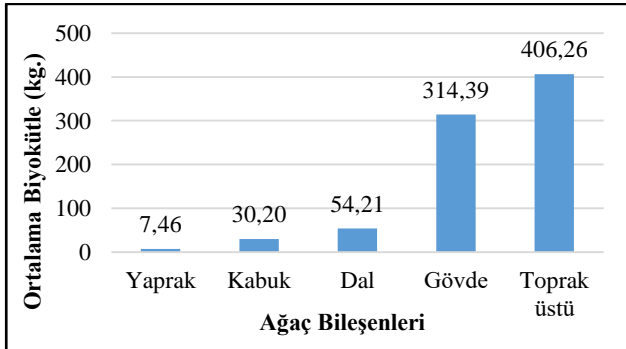
ağırlıkları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Topraküstü ağaç bileşenlerine ait kuru ağırlıklar.

	d <sub>1,30</sub> (cm)	Yaprak (kg/400m <sup>2</sup> )	Kabuk (kg/400m <sup>2</sup> )	Dal (kg/400m <sup>2</sup> )	Gövde Odunu (kg/400m <sup>2</sup> )	Toplam Ağırlık (kg/400m <sup>2</sup> )
Aritmetik Ortalama	24,36	7,46	30,20	54,20	314,39	406,26
Minimum	15,50	0,45	5,73	5,77	90,06	120,84
Maksimum	36,50	20,45	137,65	200,75	902,99	1011,83
Standart Sapma	4,77	5,17	21,36	40,24	166,56	203,04

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanından alınan 15,5-36,5 cm aralığında göğüs yüksekliği çapına sahip 55 adet Doğu Kayını ağaç bileşenine ait tek ağaçta ortalama en yüksek biyokütle değeri 314,39 kg ile gövde odununda tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla dal (54,20 kg), kabuk (30,20 kg) ve yaprak (7,46 kg) bileşenleri takip etmiştir. Tek ağaç bileşenlerine ait toprak üstü biyokütle değerlerinin toplamda 120,84 kg ile 1011,83 kg arasında değiştiği, ortalama olarak 406,26 kg’lık bir değere ulaştığı, bu değerlere en büyük katkıyı gövde odununun yaptığı, bunu sırasıyla dal, kabuk ve yaprağın takip ettiği görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Topraküstü ağaç bileşenlerine ait ölçülen ortalama biyokütle miktarları.

Konu ile ilgili olarak kayın ekosistemlerinde yapılan benzer bir çalışmada, 14,5-47 cm göğüs yüksekliği çapına sahip 40 adet doğu kayını ağaç bileşenine ait ortalama biyokütle değeri tek ağaçta en yüksek 508,047 kg (58,380 – 1358,284 kg) ile gövde odununda elde edildiği, bunu sırasıyla kabuk 31,295 kg (3,557 – 89,142 kg), dal 12,268 kg (0,719 – 44,452 kg) ve yaprak 1,016 kg (0,442 – 1,806 kg) bileşeninin takip ettiği belirtilmiştir (Bulut, 2012). Bizim çalışmamızda en yüksekten en aza doğru takip edilen sırada dal odununa ilişkin biyokütle 2. sırada yer alırken, yapılan benzer çalışmada 3. sırada yer almıştır. Diğer bileşenler arasında sıralama yönünden herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

Makineci ve ark. (2011) tarafından Kırklareli ve Vize bölgesindeki meşe ekosistemlerinde

gerçekleştirmiş oldukları çalışmada; tek ağaç biyokütle bileşenlerinden biri olan kabuk oranı gruplar içerisinde en yüksek % 16 ile Kırklareli bölgesinde tespit edilmiş, bunu ise % 15 ile Vize bölgesi takip etmiştir. Benzer durumun yaprak oranlarında da gözlemlendiğine işaret edilmiştir. Aynı çalışmada kabuksuz gövde oranlarının % 59 ile % 65 arasında bir değişim gösterdiği belirtilmiştir. Diğer taraftan saf meşe meşcerelerinin ortalama topraküstü toplam ağaç biyokütlesinin 80037,52 kg/ha olduğu tespit edilmiştir.

Cienciala et al., (2006) sarıçam meşcerelerinde gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, toprak üstü biyokütleye oranlarını sırasıyla kabuksuz gövdede % 83,5, kabukta % 5,1, dalda % 7,2, ibrede % 2,1 ve kuru dalda ise % 1,7 olarak tespit etmişlerdir. Belçika’da 10 yaşındaki sarıçam meşcerelerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, ağacın gövde, dal, ibre ve kök biyokütlesinin toplam biyokütleye oranları sırasıyla % 33,9, % 25, % 22 ve % 19,2 olarak belirlenmiştir (Xiao and Ceulemans, 2004).

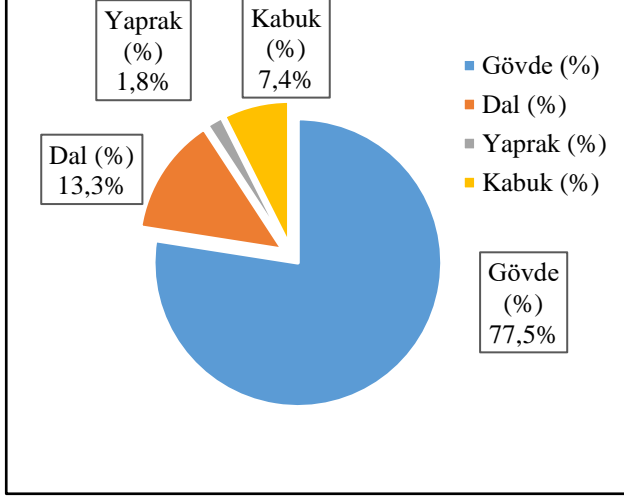
Amasya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren sarıçam meşcerelerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, tek ağaç bileşenlerine ait biyokütle değerlerinin toplamda 131,40 kg ile 1725,04 kg arasında değiştiği, bu değerlere en büyük katkıyı gövde odununun yaptığı, bunu sırasıyla dal ve ibrenin takip ettiği ifade edilmiştir (Ülker, 2010).

Özkaya (2004) tarafından Artvin – Genya dağı ladin ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, tek ağaç biyokütle bileşenlerinin kuru ağırlıklarının tüm ağaç için 174,8 kg ile 1808 kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değişim, ağaç biyokütle bileşenlerinden gövdede 157 kg ile 1601 kg, dalda 9,2 kg ile 125,5 kg, ibrede ise 5,9 kg ile 80,9 kg arasında yer aldığı belirtilmiştir. Bu sonuçlara dayanılarak topraküstü toplam kuru biyokütlenin % 87,83’ ünün gövdeden, % 7,40’ ının dal odunundan ve % 4,77’ sinin ise ibreden oluştuğu ifade edilmektedir.

Toplam topraküstü biyokütlenin en önemli bölümünü gövde odununun oluşturduğu ifade edilmektedir (Tolunay, 2009). Konu ile ilgili saf kayın meşcerelerinde yapılan bir çalışmada, toprak üstü biyokütlesi içerisinde gövde odununun payı %

55,21 olarak tespit edilirken (Erkut, 2013), doğu ladini üzerinde yapılan diğer bir çalışmada ise bu değer ortalama % 87,83 olarak belirlenmiştir (Özkaya, 2004).

Çalışmamızda elde edilen değerler incelendiğinde; toplam topraküstü biyokütleye en önemli katkıyı gövde odununun (%77,5) yaptığı görülmektedir. Bunu sırasıyla dal (%13,3), kabuk (%7,3) ve yaprak (%1,8) takip etmektedir (şekil 3).



şekil 3. Ağaçta depolanan toplam topraküstü biyokütle miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu alışma sonucunda, Sinop-Türkeli yöresinde 15,5-36,5 cm göğüs yüksekliği çap aralığındaki saf kayın meşcerelerinde bulunan topraküstü biyokütle miktarları belirlenmiştir. Elde edilen değerler Sinop-Türkeli yöresi ekolojik koşullarına yakın özellikteki bölgelerde bulunan saf kayın meşcerelerindeki topraküstü biyokütle miktarlarını hesaplamak için kullanılabilir.

Atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarının artması sonucu meydana gelebilecek küresel ısınmaya bağlı olarak oluşabilecek bir iklim değişikliğinden etkilenmemek kaçınılmaz bir durum olacaktır. Mevcut ağaç türlerimizin fotosentez ile birlikte en önemli karbon yutakları olduğunu varsayarak karbon depolama kapasitelerinin ve dolayısıyla da biyokütlelerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, kabuksuz fırın kurusu kerestelik gövde odunu dışında ormanda bırakılan fırın kurusu ağaç bileşenleri miktarının, toplam ağaç ağırlığının % 22,6'sını oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, gelecek yıllarda ormanda bırakılan ağaç bileşenlerinin değerlendirilmesinin ne kadar büyük önem kazanacağını göstermektedir.

Bu çalışmanın önemli sonuçlarından birisi de biyokütle ve karbon depolama tahmin denklemlerinin ormancılığımız açısından büyük öneme sahip olan, hasılat, amenajman, orman

envanteri, işletme ekonomisi ve ağaç teknolojisi gibi çeşitli bilim dallarına önemli katkılar sağlayacak olmasdır.

#### Teşekkür

Bu alışma, 5913 kodlu Karadeniz Teknik Üniversitesi BAP projesi kapsamında desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Akalan, I., 1985. Tükenebilir enerji kaynakları karşısında biomass, *Tabiat ve İnsan*, 19, 3, 5-13.
- Anonim, 1990. Türkeli Orman İşletme Müdürlüğü Amenajman Planları, 1990-2010.
- Brown, S., Lugo, A.E., 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*. 14, 3, 161-187.
- Bulut, A., 2012. Ormanların karbon depolama kapasitesinin üç farklı uydu görüntüsü kullanılarak uzaktan algılama yöntemi ile belirlenmesi (Alacadağ Orman İşletme şefliği örneği). Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Cienciala, E., Cerny, M., Tatarinov, F., Apltauer, J., Exnerova, Z., 2006. Biomass functions applicable to Scots Pine, *Trees*, 20, 483-495
- Erkut, S., 2013. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf Kayın meşcerelerinin ekosistem bazında karbon depolama kapasitesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Fang, J., Lechowicz, M., 2006. Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world, *Journal of Biogeography* 33(10):1804 – 1819.
- Hall, D.O., Rosillo-Calle F., Williams, R.H., Woods, J., 1993. Biomass for energy: supply projects. In: Johansson, T. B., Kelly, H., Reddy, A.K.N., Williams, R. H., editors. *Renewable Energy: Washington, Island Press*; pp. 593-651.
- Karabürk, T., 2011. Bartın ili Göknaş meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Konukçu, M., 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız, Genişletilmiş 2. Baskı, Devlet Planlama Teşkilatı Yayın ve Temsil Dairesi Başkanlığı, Yayın No:2630, Ankara. 238s.
- Lorenz, K., Lal, R., 2010. Carbon sequestration in forest ecosystems. ISBN: 978-90-481-3265-2, Springer Science and Business Media B.V, 277 p.
- Makineci, E., Yılmaz, E., Özdemir, E., Kumbaslı, M., Sevgi, O., 2011. Kuzey Trakya koruya tahvil Meşe ekosistemlerinde sağlık durumu, biyokütle, karbon depolama ve faunistik özelliklerin belirlenmesi, Proje No: 1070750, Mayıs, İstanbul.
- OGM, 2006. Orman Varlığımız, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

OGM, 2009. Yenilenebilir enerjide orman biyokütlesinin durumu. Bioenerji çalışma grubu raporu, TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Özkaya, M.S., 2004. Artvin–Genya Dağı yöresi Doğu Ladini ormanlarında topraküstü biyokütlenin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kafkas Üniversitesi, F.B.E., Kars.

Pehlivan, S., 2014. Türkiye’ deki bitkisel kütle çalışmalarının değerlendirilmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Ekim, Isparta, Bildiriler Kitabı: 683-692.

Tolunay, D., 2009. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. Turk J Agric For 35, 265-279. TÜBİTAK.

URL-1. Sinop iline ait 1927-2018 yılları arası genel istatistik verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=SINOP> (Erişim Tarihi: 11.12.2019)

URL-2. Sinop İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü internet sayfası. <https://sinop.ktb.gov.tr/TR-168344/iklim.html> (Erişim Tarihi: 11.12.2019)

Ülker, C., 2010. Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi (kunduz örneği). Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Xiao, C.W., Ceulemans, R., 2004. Allometric relationships for below-and aboveground biomass of young scots pines, Forest Ecology and Management, 203, 177-186.

## İndağı (Ilgaz, Çankırı) Meşe (*Quercus* sp.) Ormanlarında Zarar Yapan *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Biyolojisi ile Zarar Durumu<sup>x</sup>

Y. Kondur\*, Z.Şimşek

Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, 18200, ÇANKIRI

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 2 Temmuz 2019

Kabul Tarihi : 27 Aralık 2019

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
yalcinkondur@karatekin.edu.tr

<sup>x</sup> Bu makale sorumlu yazarın yüksek lisans tez çalışmasının bir bölümünden üretilmiştir.

### ÖZ

İndağı'nda (Ilgaz, Çankırı) yapılan çalışmalara göre, ülkemizin asli ağaç türlerinden olan meşenin en önemli zararlılarından birisinin de Yeşil Meşe Bükücüsü (*Tortrix viridana* L.) olduğu anlaşıldığından bu çalışma 2002–2003 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar, farklı karışım (saf meşe, meşe+karaçam) ve topoğrafik özelliklere sahip toplam altı orman alanında yürütülmüştür. Periyodik olarak bu alanlardan alınan dal örnekleri üzerindeki *T.viridana*'nın farklı

biyolojik dönemleri (yumurta, larva, pupa) ölçülmüş, tomurcuktaki zarar oranı, yapraklardaki bulaşma oranları (%) ayrı ayrı saptanmış, zararlının biyolojisi izlenmiştir. Aynı çalışmada, zararlının larva dönemlerinin belirlenmesinde, Dyar kanununun uygulanabilirliği araştırılmıştır. Laboratuvar çalışmaları, 22±1°C sıcaklık ve %40±5 neme ayarlı iklim odalarında gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları, meşe ağaçlarındaki tomurcuklar açılmadan önce (Mart ayında) başlatılmış ve *T.viridana* ergin uçuşlarını tamamlanıncaya kadar, genellikle haftada bir kez araziye çıkılarak yürütülmüştür. Elde edilen bulgulara göre; *T.viridana*'nın yumurta çapının, olgun larva (5. dönem) ile pupa uzunluğunun sırasıyla 0,788±0,011 mm, 10,039±0,547 mm ve 10,146±0,196 mm olduğu saptanmıştır. Baş kapsül genişliklerinin ölçülmesiyle, zararlının larva dönemlerinin belirlenebileceği anlaşılmıştır. Farklı yükseltilerde yer alan üç saf meşe meşceresinde saptanan *T.viridana*'nın yumurta yoğunluğu (yumurta sayısı/dal), tomurcuktaki zarar oranı (%), meşe yapraklarındaki bulaşma oranları (%) ile yakalanan ergin sayısının, 3 karışık meşcerede elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, iklimin, değişik meşcere tipleri ve bunların bir birine olan uzaklığı, yükselti, kapalılık ve bakı gibi faktörlerin *T.viridana*'nın biyolojisi ile bulaşma ve zararı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Laboratuvar koşullarında yapılan çalışmada; zararlı erginlerinin 4,08±0,169 gün yaşadıkları ve bu süre içerisinde ortalama 68 adet yumurta bıraktığı; doğada ise kışı yumurta döneminde geçirdiği ve yılda bir döl verdiği tespit edilmiştir..

**Anahtar Kelimeler:** Meşe, Çankırı, *Tortrix viridana*, meşcere yapısı, larva dönemleri, zarar durumu.

## Biology and Damage of *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae) in İndağı (Ilgaz, Çankırı) Oak (*Quercus* sp.) Forests

### ABSTRACT

This study was carried out between 2002 and 2003 in order to determine the biology and damage of the Green Oak Tortrix, *Tortrix viridana* L. which is an important pest of oaks, the most important native trees in Turkey, according to studies conducted in İndağı (Ilgaz, Çankırı). Field studies were carried out in 6 sample plots (3 pure oak stands and 3 oak+pine mixed stands) and topographic properties. Periodically collected biological stages of *T.viridana* (eggs, larvae, cocoon) and branch samples were measured, and damage on the buds and infection ratio (%) on the leaves were calculated and the biology of the pest was investigated. Also, the applicability of the Dyar's rule for determination of the larval instars of *T.viridana* was investigated. Laboratory studies were carried out in a climate chamber that was set to 22±1°C temperature and 40±5% humidity. Field studies were started before the budburst (May) and carried out weekly until the *T.viridana* flights completed.

*Bu makaleye atf:*

Kondur, Y., Şimşek, Z., 2019. İndağı (Ilgaz, Çankırı) Meşe (*Quercus* sp.) Ormanlarında Zarar Yapan *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae)'nın Biyolojisi ile Zarar Durumu. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 5(2): 86-99.

The results showed that the average egg diameter, mature larva length (5<sup>th</sup> instar) and pupal length of *T.viridana* were 0.788±0.011 mm, 10.039±0.547mm, and 10.146±0.196 mm respectively. It is also determined that Dyar's rule may be used to the head capsule width values of *T.viridana* larvae in order to determine the larval instars. It was found that the egg density (eggs/1 m branch), damage on the buds (%), leave infection (%) and the captured moths at pheromone traps were higher at pure oak stands at various altitudes than those of mixed (oak+pine) stands. The results also showed that factors such as climate, stand composition, the distance between different stands, altitude, stand closure and aspect affected the biology and damage levels of *T.viridana*. In addition, *T.viridana* adults lived 4.08±0.169 days and females laid 68 eggs in the laboratory on average, overwinter as eggs, and has only one generation.

**Keywords:** Oak, Çankırı, *Tortrix viridana*, stand composition, larval instar, damage.

## 1. Giriş

Ülkemizin sahip olduğu 22.342.935 ha orman varlığımızın 5.886.195 hektarının (%26,34) meşe ormanlarından oluştuğu, bu alanlarda 18 meşe türünün bulunduğu ve yurdumuzun her bölgesinde yayılış gösterdiği bilinmektedir (Anonim, 2016). Çankırı ilinin üç Orman İşletme Müdürlüğü (Çankırı, Ilgaz, Çerkeş) sorumluluk alanında ise toplam olarak 80.610 ha normal kuru, 76.268 ha bozuk kuru, 129 ha normal baltalık ve 5.661 ha da bozuk baltalık alan bulunmakta olup orman alanlarının il yüzölçümüne oranı %21,5'tir (Anonim, 1996).

Meşe ağaçları, orman ekosisteminin önemli unsuru olup gerek yapacak gerekse yakacak odun ihtiyacının karşılanmasında büyük paya ve öneme sahiptir. Meşe odununun fiçı yapımı, soyma sanayisi, kaplamacılık, mobilyacılık, gemi inşaatı ve parke sanayisi gibi çok geniş kullanım alanları bulunmaktadır (Anşin ve Özkan, 1997). Özellikle yaşlı meşe ağaçları zengin ve özelleşmiş bir fauna ve flora için barınak olabilirler (Jansson ve ark., 2016).

Yapılan literatür taramalarında, meşenin önemi göz önünde bulundurularak, zararlıları konusunda uzun yıllara dayalı gerek Ülkemizde ve gerekse diğer ülkelerde bazı çalışmaların yapıldığı anlaşılmıştır. Ülkemizdeki çalışmalar genellikle meşe ormanlarındaki zararlı türlerin tanımlanması ve az sayıdaki çalışma ise meşe zararlılarının mücadelesi konusunda yapıldığı anlaşılmıştır (Çanakçıoğlu, 1963, 1967, 1977; Selmi, 1983; Özkazanç ve Yücel, 1985; Öymen, 1987; Çanakçıoğlu ve Eliçin, 1990; Kalkandelen, 1994; Lodos ve Tezcan, 1995; Toros, 1996; Aslan ve Özbek, 1997; Tozlu, 1997; Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Tuatay, 1999; Çanakçıoğlu ve Mol, 2000; Şimşek 2000; Balcı ve Halmsclager, 2003; Bellido ve ark., 2003; Gök, 2003; Lodos ve ark., 2003; Tezcan ve ark., 2004a, b; Kanat ve Akbulut, 2005; Skuhrava ve ark., 2005; Şimşek ve Kondur, 2006; Denizhan, 2007; Toper Kaygın, 2007; Tavakoli ve ark., 2008; Ülgentürk ve ark., 2008; Toper Kaygın ve ark., 2008, 2009; Işıloğlu ve ark., 2009; Şen ve Gök, 2009; Yüksel, 2010; Denizhan, 2011; Çalışkan ve ark., 2012; Sevim ve ark., 2012; Maral ve ark.,

2013; Sevim ve ark., 2013; Yardibi ve Tozlu, 2013; Ekiz ve ark., 2014; Kabaktepe ve Bahçecioglu, 2014; Sönmez ve ark., 2014; Şen ve Gök, 2014; Tezcan ve ark., 2014; Tuncer ve Avcı 2015; Jansson ve ark., 2016; Torun ve Çalışkan, 2016). Meşe ormanlarının önemli zararlılarından olan Yeşil Meşe Bükücüsü [*Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae)] hakkında yurt dışında yapılan çalışmalardan türün Avrupa'nın tamamında (Teleaga, 1968; Pascual ve ark., 1991; Pascual, 1994; Roversi ve DeSilva, 1994; Stocki, 1994; Altenkirch, 1996; Friderichsen, 1996; Moraal, 1996; Selikhovkin, 1996; Hunter ve ark., 1997; Ciornei ve Mihalanche, 1998; Csóka, 1998; Hunter, 1998; DuMerle, 1999; DuMerle ve ark., 1999; Ivashov, 1999; Markov, 2000; Selâs, 2000; Ivashov ve ark., 2002); Asya'nın batı kesiminde; İran (Fazeli ve Abai, 1990), Kırgızistan (Kosenko, 1991) ve Rusya (Rubstsov ve Vomperskii, 1990; Markov, 1992; Ierusalimov, 1998)'da oldukça yaygın bir zararlı olduğu anlaşılmıştır.

Batı Palearktık bölgede meşelerin en önemli zararlılarından biri olan *T.viridana*; oligofag bir tür olup konukçuları *Quercus* cinsi ile sınırlıdır (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; DuMerle ve ark., 1999; Ivashov ve ark., 2002; Schroeder ve Degen, 2008). Ancak, *T.viridana*'nın Azerbaycan'da 12 farklı ağaç ve bitki türüyle beslendiği; bu böceğin polifag beslenme davranışı gösterdiği rapor edilmiştir (Maharramova, 2010). Nitekim *T.viridana*'nın kestane, kızılbaş, ıhlamur, karaağaç, kayın, akçağaç, kavak, söğüt ve hatta göknar ve ladin gibi ağaçlarda da beslenebildiği kaydedilmiştir (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998; Ovcharov ve ark., 2005; Maharramova, 2010). İndağı'nda (Ilgaz, Çankırı) bulunan meşe (*Quercus* sp.) orman alanlarında yapılan gözlemlerde, *T.viridana*'nın bölgedeki önemli zararlılardan birisi olduğu ve meşe ağaçlarının yapraklarıyla beslendiği belirtilmiştir (Kondur, 2004).

Çalışmanın yürütüldüğü alanın (Ilgaz, Çankırı) geçmişte meşe ormanlarıyla kaplı olduğu bilinmektedir. Bu durum, meşenin Ülkemiz ormanlarının asli ve yerli ağaç türlerinden biri olduğu fikrini desteklemektedir. Ancak, çalışma alanında saptanan *T.viridana*'nın meşe ormanının

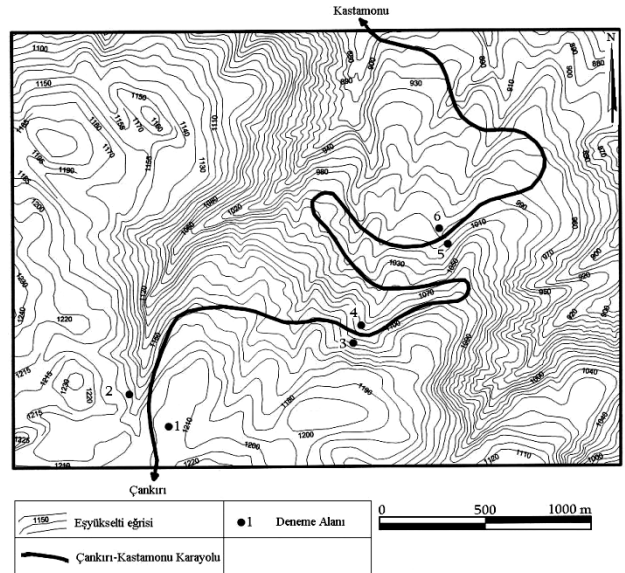
gelişmesini olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir. Bu zararlının sözü edilen yöredeki biyolojisi ile zarar durumunun belirlenmesi amacıyla bu çalışma 2002 ve 2003 yıllarında yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Yöntemler

### 2.1. Örnekleme alanlarının belirlenmesi

Çalışma alanı Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'nün, Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü, Devrez Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma, Devrez Orman İşletme Şefliği sınırları içinde belirlenen örnekleme alanlarında yürütülmüştür. Devrez Orman İşletme Şefliği'nin genel alanı 25.593 ha olup bu sahanın 11.958 hektarı ormanlık alandır (Anonim, 1996).

Örnekleme alanlarının arazideki konumu Şekil 1'de, meşcere özellikleri ise Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre örnekleme alanları; Çankırı-Kastamonu karayolunun İndağı bölgesindeki eski yol üzerinde, çalışma alanını ikiye ayıracak şekilde alınmış olup, Kastamonu'ya gidiş yönü esas alındığında, yolun sağında 3 adet (meşe+karaçam), solunda ise 3 adet (meşe) olmak üzere toplam 6 alan olarak belirlenmiştir. Çalışmada; 1 (1215 m), 3 (1085 m) ve 5 (1003 m) olarak numaralandırılan örnekleme alanları, meşe ile karaçamın karışık; 2 (1194 m), 4 (1072 m) ve 6 (985 m) olarak numaralandırılan örnekleme alanları ise sadece meşenin bulunduğu alanlar olarak yer almıştır.



Şekil 1. Örnekleme alanlarının (Ilgaz - Devrez Orman İşletme Şefliği)'nin coğrafi mevkii haritası.

1 no'lu örnekleme alanı Kuzeybatı, 2 no'lu alan Güneydoğu, 3 ve 4 no'lu alanlar Kuzey, 5 ve 6 no'lu alanlar ise Kuzeydoğu bakıda bulunmaktadır. Örnekleme alanlarındaki arazi eğimi %22-45 arasında olup yükselteleri 985-1215 m arasındadır. Örnekleme alanlarındaki kapalılık; %50-100 arasında değişmektedir. Karaçamın karışıma katılma oranı %9,9-21,6'dır. Meşenin karışıma katılma oranı ise %78,4-100 arasındadır (Çizelge 1).

Örnekleme alanları yaklaşık 4'er ha genişliğinde olup üç grup (1-2; 3-4; 5-6) oluşturulmuştur (Şekil 1 ve Çizelge 1).

Çizelge 1. İndağı (Ilgaz, Çankırı)'nda 2002-2003 yıllarında çalışılan örnekleme alanlarının meşcere özellikleri.

Örnekleme Alan (No)	Meşcere Tipi	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)	Kapalılık (%)	Karışım Oranı (%)
1	Meşe	KB	31,5	1215	70	78,4
	Karaçam					21,6
2	Meşe	GD	24,9	1194	60	100,0
3	Meşe	K	34,4	1085	90	90,1
	Karaçam					9,9
4	Meşe	K	45,6	1072	100	100,0
5	Meşe	KD	22,0	1003	70	83,8
	Karaçam					16,2
6	Meşe	KD	30,5	985	50	100,0

### 2.2. *Tortrix viridana*'nın biyolojik özelliklerinin belirlenmesi

Çalışmalar, 2002-2003 yılları arasında yürütülmüş olup çalışmalara meşe tomurcuklarının açılmasından önce (Mart ayı sonunda) başlamış ve *T.viridana* uçuşları tamamlanıncaya kadar devam edilmiştir. Çalışmalar genellikle haftada bir kez araziye gidilerek yürütülmüştür.

Yumurta, larva ve pupa sayımları, önceden belirlenen örnekleme alanlarında rasgele seçilen bir meşe ağacından alınan dal örneklerinde yürütülmüştür. Seçilen meşe ağacının 4 ana yönünden (Kuzey, Doğu, Güney, Batı) ve 3 farklı yükseklikte (tepe tacının 1/3'lük üst kısmında, 1/3'lük orta kısmında ve 1/3'lük alt kısmında) bulunan yaşlı dallardan rasgele seçilen yaklaşık 20 cm'lik bir bölümü budama makasıyla kesilerek örnekler alınmıştır. Kesilen dallar numaralandırılarak plastik poşet içerisine konulmuş

ve aynı gün içerisinde buz kabında laboratuvara getirilerek kesilen dallar üzerinde bulunan *T.viridana* yumurtaları stereo mikroskop altında sayılarak (Serra ve ark., 1998; Gillio ve ark., 1999) yumurta çapları ölçülmüştür.

Laboratuvara getirilen dal örneklerinde bulunan *T.viridana* larvaları ile diğer larvalar stereo mikroskop altında sayılmıştır. Meşe ağaçlarında tomurcukların açılması sırasında meydana gelen zarar; laboratuvara getirilen dal örnekleri üzerinde bulunan tüm tomurcukların ve beslenme zararı gören tomurcukların sayılmasıyla yapılmıştır. Tomurcuk zararı; zarar gören tomurcuk sayısının dal üzerindeki toplam tomurcuk sayısına bölünmesi yoluyla hesaplanmıştır.

Meşe ağaçlarında yapraklanmanın başlamasından sonra, laboratuvara getirilen dal örneklerinin uzunlukları ölçülmüş, her bir dal örneği üzerinde bulunan tüm yapraklar ile *T.viridana*'nın zararına uğrayan yapraklar sayılmıştır. Bu verilerden yararlanılarak *T.viridana* zarar oranı (%)= $T.viridana$  zararına uğrayan yaprak sayısı / Toplam yaprak sayısı olarak hesaplanmıştır. Zararlı larvası bulunan tomurcuklar tamamen tahrip olduğundan bulaşma oranı, zarar oranı olarak değerlendirilmiştir.

Bazı literatür bilgileri (Şimşek, 1991; Ivashov ve ark., 2002) dikkate alınarak doğal koşullarda *T.viridana*'nın larva dönemleri belirlenmiştir. Bu amaçla, örnekleme alanlarından laboratuvara getirilen *T.viridana* larvalarının baş kapsül genişliği, aynı gün içerisinde stereo mikroskop altında ölçülerek, Dyar (1890)'a göre, larva dönemleri belirlenmiştir.

Tüm örnekleme alanlarında 30 Mayıs 2003 tarihinde yapılan sayımlarda 4-6 no'lu örnekleme alanlarından laboratuvara getirilen dal örneklerinde *T.viridana* pupaları saptanmıştır. Örnekleme alanlarından alınan dal örneklerinden elde edilen *T.viridana* pupaları şeffaf kavanozlarda kültüre alınmış ve bu pupalardan ergin elde edilmiştir. Yukarıda belirtilen örnekleme alanlarından getirilen *T.viridana* pupalarının uzunlukları laboratuvarında, stereo mikroskop altında ölçülmüş ve tabanı yumuşak kağıt ile kaplanmış şeffaf, sert plastik kavanozlarda laboratuvar koşullarında (22±1°C sıcaklık ve %40±5 orantılı nem) kültüre alınarak *T.viridana* erginleri elde edilmiştir. Her bir kavanoza, bir erkek ve bir dişi birey verilip eşleştirilerek %5'lik şekerli suya batırılmış pamuk, besin olarak yerleştirilmiş (DuMerle ve ark., 1999), iki günde bir yenisi ile değiştirilmiştir. Yine bu kavanozlara yaklaşık 10 cm uzunluğundaki bir meşe dalı, kesilen kısmı ıslak pamuğa sarılı halde boş bir film kutusuna konularak, kavanozlara yerleştirilmiştir. *T.viridana* dişileri, öldükten sonra, kavanozla içerisindeki kağıt havlu, meşe dalları ve

tülben bez alınarak bırakılmış yumurtalar sayılmış ve dişilerin yumurta bırakma tercihi belirlenmiştir. Ölmüş dişiler dissekte edilerek yumurtalıklarında bulunan yumurtalar da stereo-mikroskop altında sayılmıştır. Böylece, *T.viridana* erginlerinin yaşama süreleri, dişilerin koyduğu yumurta sayısı ve değişik ortamlara (yumuşak kağıt, tülben bez ve meşe dalı) yumurta koyma tercihi belirlenmiştir.

Çalışma alanlarındaki zararlının uçuş seyri ve yoğunluğunun belirlenmesinde Kondur (2004) tarafından 2003 yılında yapılmış olan feromon tuzaklarındaki zararlı ergin yakalamalarından yararlanılmıştır.

2003 yılı iklim verileri (sıcaklık, nem ve yağış), çalışma alanına en yakın konumda bulunan Ilgaz Meteoroloji İstasyonundan alınmış ve çalışma alanına enterpole edilerek iklim verileri ile olan ilişkileri araştırılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Morfolojisi ve biyolojik özellikleri

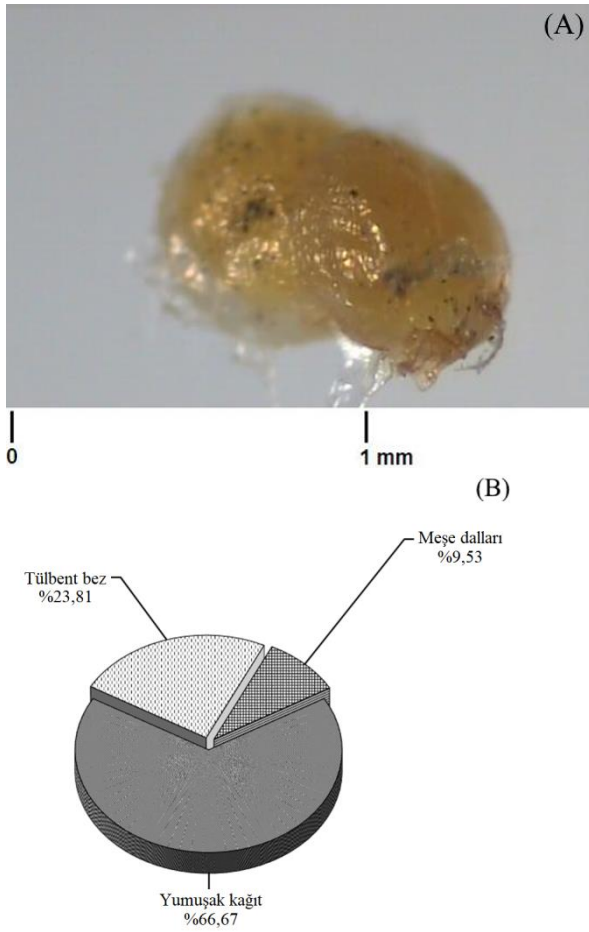
##### 3.1.1. Yumurta

*T.viridana* yumurtaları ilk bırakıldığında bal sarısı renkte olup bırakıldıktan yaklaşık 1 hafta sonra koyulaşarak sarı-kahverengi renk almakta ve şekil yönünden değişikliğe uğramamaktadır. Yumurtalar, üstten bakıldığında daire biçiminde ve bir diski veya mercimek danesini andırmaktadır Dişi bireylerin yumurtaların üzerini abdomeninin alt yüzeyinde biriktirdiği pullar ile kapladığı gözlenmiştir (Şekil 2A).

Çalışmada, *T. viridana* dişilerinin laboratuvar koşullarında yumurtlama periyodunca ortalama 68 adet yumurta bıraktığı saptanmıştır. Çanakçıoğlu ve Mol (1998), bir *T.viridana* dişisinin ortalama 60 kadar yumurta bıraktığını; DuMerle ve ark. (1999) ise kafeslerde kültüre alınarak yapılan çalışmada *T.viridana* erginlerinden ortalama 70 yumurta elde edildiğini belirtmektedir. Mevcut çalışmada elde edilen bulgular bu iki çalışma ile benzerlik göstermektedir.

Stereo-mikroskop altında yapılan ölçümler sonucu *T.viridana* yumurtalarının çapının ortalama 0,788±0,011 mm olduğu belirlenmiştir. Çanakçıoğlu ve Mol (1998), zararlının yumurta çapının 0,43–0,52 mm; DuMerle (1999) ise ortalama 0,80 mm olarak bildirmektedir. Elde edilen sonuçların; DuMerle (1999)'nin sonuçları ile benzerlik gösterdiği söylenebilir.





Şekil 2. *Tortrix viridana* L. yumurtaları (A) ile dişilerinin laboratuvar ortamında sert, şeffaf plastik kavanoz içinde bulunan değişik ortamlarda yumurta koyma tercihi (B).

*T.viridana* erginlerinin laboratuvar koşullarında değişik ortamlara yumurta koyma tercihinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada şeffaf, sert plastik kavanoz içinde bulunan değişik ortamlara bıraktığı yumurtaların sayıları Şekil 2B’de verilmiştir. Söz konusu şekil incelendiğinde; *T.viridana* dişilerinin yumurtlama periyodunca bırakmış olduğu 68 adet yumurtanın çokluk sırasına göre %66,67’sini yumuşak kağıt üzerine, %23,81’ini kafesin tülbent bezine ve %9,53’ünü de kültür kafesi içerisine yerleştirilmiş olan meşe dal ve yapraklarına bıraktıkları saptanmıştır. Zararlının, yumuşak kağıt üzerine daha çok yumurta bırakması; doğal koşullarda yumurtalarını, bitki dokusundaki çukurluklara (dal koltukları ve yaprakların kalın damarlarının kenarları) bırakmayı tercihinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. *T.viridana*’nın yumurta bırakma bakımından tercih ettiği ortamların belirlenmiş olması; bu zararlının laboratuvarda kolonisinin kurulması ve devamlılığının sağlanmasında katkı sağlayabilecek bir bilgidir.

### 3.1.2. Larva

Yumurtadan yeni çıkmış larvalar, açık yeşil-açık kahverengi renkte, vücudu silindirik biçimde ve üzerinde çok sayıda beyazımsı renkte kıl bulunmaktadır (Şekil 3A). Baş, genellikle siyah, nadiren kahverengi-siyah renktedir. Prothorax arkasında siyahımsı renkte iki parçalı bir leke bulunmaktadır.



Şekil 3. Tomurcukta beslenmekte olan 1. dönem *Tortrix viridana* L. larvası (A) ile yaprakta beslenmekte olan *T.viridana* larvası (B).

Beşinci (son) dönem *T. viridana* larvaları ise açık yeşil renkte olup, abdomen üzerinde çok sayıda siyah renkli benek bulunmakta, ayrıca bu beneklerin her birinden kirli beyaz renkte bir kıl çıkmaktadır. Baş; genellikle, kahverengi, bazen kahverengi ile siyah arasında değişik tonlarda da olabilmektedir. Pupa olmadan 1-2 gün önce beşinci dönem larvaların baş kısmından başlayarak, abdomenin orta kısmına kadar parlak yeşil renk alması dikkat çekmektedir. Birinci dönem *T.viridana* larvaları meşe tomurcuklarında beslenmekteyken (Şekil 3A) ikinci ve sonraki dönem larvalar meşe yapraklarında beslenmektedir (Şekil 3B).

*T.viridana* larva dönemlerinin Dyar (1890) kanununa göre (artarda gelen iki larva dönemi

arasındaki baş kapsül genişliğindeki artış oranının 1,4 oranında olması) belirlenmesi amacıyla 1., 2., 3., 4. ve 5. larva dönemlerindeki 30'ar adet larvanın baş kapsülü genişliğinin sırasıyla 0,389±0,029 mm, 0,614±0,015 mm, 0,919±0,020 mm, 1,365±0,038 mm ve 1,616±0,013 mm olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada, zararlının 1.'dönemden 5.döneme doğru gidildiğinde, larva uzunluklarının sırasıyla 3,583±0,182, 5,321±0,230, 7,711±0,290, 12,985±0,590 ve 15,311±0,484 olduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. İndağı (İlgaz, Çankırı)'nda 2003 yılında *Tortrix viridana* L. larva dönemlerine ait baş kapsül genişlikleri (mm), artış oranları ile larva dönemleri.

Larva Dönemleri	Baş Kapsülü Genişlikleri Ort.±SH (mm)	Artış Oranı	Larva Boyu Ort.±SH (mm)
1	0,389 ± 0,029	---	3,583±0,182
2	0,614 ± 0,015	1,579	5,321±0,230
3	0,919 ± 0,020	1,497	7,711±0,290
4	1,365 ± 0,038	1,484	12,985±0,590
5	1,616 ± 0,013	1,184	15,311±0,484

Yine Çizelge 2'de verilen baş kapsül genişliği esas alınarak Dyar (1890) kanunu uyarlandığında, artış oranlarının sırasıyla 1.-2., 2.-3., 3.-4. ve 4.-5. larva dönemleri arasında sırasıyla 1,579; 1,497; 1,484 ve 1,184 olduğu hesaplanmıştır. Buna göre *T. viridana*'nın ard arda gelen ve bir biri ile kesişmeyen/örtüşmeyen 5 larva dönemi olduğu 1.-2., 2.-3. ve 3.-4. larva dönemleri arasındaki baş kapsül artış oranının 1,4'e yakın olduğu; 4.-5. larva dönemleri arasında hesaplanan baş kapsül genişliği artış oranının (1,184) 1,4'ten düşük olduğu; bu sonuçların Dyar (1890) kanununa (birbirini izleyen larva dönemlerinde, larvaların baş kapsül genişliklerinin 1,4 oranında artış olmasına) oldukça uyum sağladığı anlaşılmaktadır. Örnekleme alanlarında, larvaların 5. dönemde olduğu sırada meşe yapraklarının aşırı sertleşmiş oldukları dikkat çekmiştir. Bu durumun, 4.-5. larva dönemi arasında baş kapsül genişliği artış oranının (1,184) azalmasının nedeni olabilir. Taylor (1931), 28 böcek türüne ait larvalarda yapmış olduğu baş kapsül genişliği hesaplamaları ile gerçek ölçüm değerlerinin birbiri ile aynı olduğunu veya 0,1 mm saptığını; 0,2 mm'lik farkın ise değişik nedenlerden (ya sağlıklı olduğundan anormal gelişme olarak larvanın küçük kalması veya derisini değiştirememesi vb. veya alışılmamış biçimde gelişme) ileri gelebileceğinden bu değer dikkate alınmamasını önermektedir. Çalışmamızda, 4.-5. larva dönemlerindeki baş kapsül değerinde saptanan farklılık, bu literatür bildirisiyle de izah edilebilir. Şimşek (1991), ülkemizde hububatın önemi zararlısı durumunda bulunan Hububat Hortumluböceği [*Pachytycius*

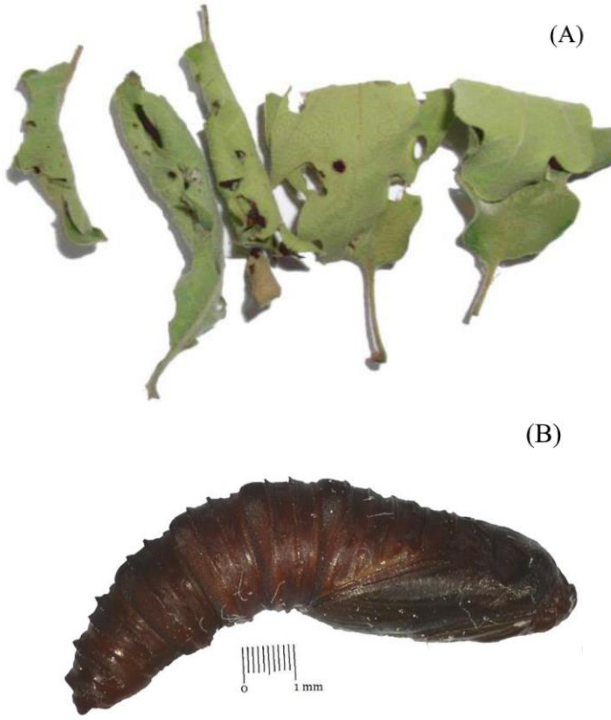
*hordei* (Brullé) : Coleoptera-Curculionidae]'nde de art arda gelen iki larva döneminin baş kapsül genişlikleri arasındaki artış oranının 1-2. larva döneminde 1,64; 2-3. larva dönemlerinde 1,83; 3-4. larva dönemlerinde 1,45 olduğunu; bu farklılığın zararlı larvasının dane içerisindeki gelişiminden kaynaklanabileceğini, ancak Dyar (1890) kanununun bu böcekte de uygulanabileceğini kaydetmektedir. Ivashov ve ark. (2002), *T. viridana* larvalarının baş kapsülü genişliklerini 1., 2., 3., 4. ve 5. larva döneminde sırasıyla 0;3; 0,5; 0,7; 1,0 ve 1,7 mm olarak ölçüldüğünü; bu rakamlara Dyar (1890) kanunu uyarlandığında, ölçülen baş kapsül genişlikleri artış oranlarının sırasıyla 1,67; 1,40; 1,43 ve 1,7 olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, sözü edilen larva dönemlerinde *T. viridana* larvalarının boyları ise sırasıyla 3,583±0,182; 5,321±0,230; 7,711±0,290; 12,985±0,590 ve 15,311±0,484 mm olarak belirlenmiştir. Çanakçıoğlu ve Mol (1998) ise son dönem larvaların olgunlaşmış durumdaki boylarını 17-20 mm olduğunu kaydetmektedir.

Mevcut çalışmanın bulguları, yukarıda verilen araştırmaların sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde; larva dönemleri arasındaki baş kapsül artış oranında bazı farklılıklar olmakla birlikte, Taylor (1931) ve Ivashov ve ark. (2002)'un çalışmaları göz önünde bulundurulduğunda benzerlik gösterdiği ve Dyar kanunun *T. viridana* larvalarında da uygulanabileceği kanısına varılmıştır. *T. viridana* yumurtalarının açılmasını takiben meşe ağaçlarından periyodik olarak alınacak dal örnekleri üzerinde bulunan yaprakların içerisindeki larvaların baş kapsülü genişliği ölçülüp Dyar kanunu uygulanmak suretiyle, zararlının meşe ormanlarında popülasyon seyri izlenerek buldukları larva dönemlerinin belirlenebileceği anlaşılmaktadır. Buna göre, zararlının hayat tablolarının yapılmasında, bu zararlı ile ilgili diğer ekolojik çalışmalarda ve entegre mücadelede yararlanılabileceği düşünülmektedir. Yapılan literatür taramalarında ülkemizde *T. viridana*'nın baş kapsül ölçümleri ile ilgili herhangi bir kayda rastlanılmamıştır.

### 3.1.3. Pupa

*T. viridana* pupaları, bükülmüş yapraklar içinde ipeğimsi ağ içerisinde meydana gelmektedir (Şekil 4A). Pupalar kahverengi veya siyahımsı kahverengi renkte olup abdomen segmentlerinin her birinin üst yarısında iki sıra ve paralel halde, dikenimsi çıkıntılar bulunmaktadır. Abdomen, 10 segmentten oluşmaktadır. Pupa, oluşacak ergine ait izler taşımaktadır (Şekil 4B). Çanakçıoğlu ve Mol (1998) pupaların yapraklara ilave olarak bazen kabuk çatlakları arasında bulunabildiğini bildirmektedir.

Ancak çalışmalar sırasında kabuk çatlakları arasında pupaya rastlanılmamıştır.



Şekil 4. İndağı (Çankırı-İlgaz)'nda 2003 yılında içinde *Tortrix viridana* L. pupası bulunan meşe yaprakları (A) ile *Tortrix viridana* L. pupası (B).

Arazi çalışmaları sırasında bazı *T.viridana* pupalarının ikiye katlanmış yaprakların ucundan sallandıkları gözlenmiştir. Ayrıca bazı ikiye katlanmış yaprakların arasında ipeksi madde bulunmasına rağmen pupa bulunamamıştır. Söz konusu durum pupaların bir kısmının predatör böcekler, kuşlar, rüzgar etkisi gibi etkenler ile yapraklardan uzaklaştırıldığı kanısını vermektedir.

Yapılan çalışmada *T.viridana* larvalarının yumurtadan çıktıktan yaklaşık 3 ila 5 hafta (21-36 gün) sonra pupa oldukları saptanmıştır. Çanakçıoğlu ve Mol (1998) *T.viridana* larvalarının yumurtadan çıktıktan ortalama 25-28 gün sonra; Avcı (1997), 21-24 gün sonra; Hunter ve ark. (1997) ile Hunter (1998) ise 6 haftada; Mannai ve ark. (2018) ise Tunus'un değişik bölgelerinde, konukçuya bağlı olarak 24,92-29,03 günde olgunlaşarak pupa olduğunu belirtmektedir. Elde edilen bulgular literatür bildirişleri ile birlikte değerlendirildiğinde sonuçların benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Çalışmamızda, pupa uzunluğu ortalama  $10,146 \pm 0,196$  mm olarak ölçülmüştür. Çanakçıoğlu ve Mol (1998) ise pupaların 9-12 mm boyunda olduğunu bildirmektedir.

Yapılan gözlemlerde *T.viridana* pupa periyodunun 2-5 hafta olduğu anlaşılmıştır. Zararlının pupa periyodu boyunca hava sıcaklığı

10,8-27,0°C; nem ise %86,7-42,7 arasında değişmektedir (25 Mayıs-6 Temmuz 2003). Sözü edilen periyotta kaydedilen toplam yağış 32,4 mm'dir. Hunter (1998) *T.viridana* pupa periyodunun yaklaşık 3 hafta olduğunu bildirmektedir. Elde edilen bulguların literatür ile farklı oluşunun nedeni anlaşılamamıştır.

Örnekleme alanlarından alınan dal örneklerinde; 25 Mayıs 2003 tarihinde 4 ve 6 no'lu örnekleme alanlarından alından dal örneklerinin laboratuvarında incelenmesi sonucu *T.viridana* pupaları saptanmıştır. Söz konusu tarihte, her iki örnekleme alanındaki meşe ağaçlarının yapraklarının 7-8 cm uzunluğa ulaştığı belirlenmiştir. Buna karşın *T.viridana* pupası saptanamayan 1 no'lu örnekleme alanında yaprak uzunluğu 5-6 cm, 2 no'lu örnekleme alanında 6 cm, 3 ve 5 no'lu örnekleme alanlarında ise 6-7 cm olduğu belirlenmiştir. 30 Mayıs 2003 tarihinde 4, 5 ve 6 no'lu örnekleme alanlarında ve 03 Haziran 2003 ve takip eden gözlem tarihlerinde tüm örnekleme alanlarından alından dal örneklerinin laboratuvarında incelenmesi sonucu *T.viridana* pupaları saptanmıştır. 30 Mayıs tarihinde 4, 5 ve 6 no'lu örnekleme alanlarında meşe yapraklarının uzunluğu 7-8 cm olarak belirlenmiştir. 1, 2 ve 3 no'lu örnekleme alanlarındaki meşe yapraklarının uzunluğunun ise 6-7 cm olduğu bulunmuştur. 03 Haziran 2003 tarihinde ise tüm örnekleme alanlarındaki meşe yapraklarının 7-9 cm uzunlukta oldukları saptanmıştır.

### 3.1.4. Ergin

*T.viridana* erginlerinin kanatları açık yeşil, baş soluk sarı ile açık yeşil arası; gözler kahverengidir (Şekil 5). Kanatlar kapalı iken bir çanı anımsatmaktadır. Antenleri ip benzeri antendir. Arka kanatları ön kanatlara oranla daha küçük olup gri renkte, saçakları ise kirli beyazdır. Dişi *T.viridana* erginlerinin abdomeni erkeklere göre daha dolgun olup son segment kahverengidir. Bu özellik, *T.viridana* erginlerinde erkek ve dişilerinin birbirinden ayrılmasında yardımcı olmaktadır.



Şekil 5. *Tortrix viridana* L. ergini.

Laboratuvar koşullarında, %5'lik bal şerbetiyle beslenen *T.viridana* erginlerinin 4,08±0,169 gün süre ile canlı kalabildiği ve erginlerin, çıkıştan 1 gün sonra yumurta koymaya başladığı belirlenmiş olmasına karşın bu veriler doğa koşullarında yapılan çalışmalarda belirlenmemiştir.

### 3.2. *T.viridana*'nın farklı biyolojik dönemlerdeki bulaşma ve zarar durumu

Örnekleme alanlarında *T.viridana*'nın ilkbaharda ergin uçuşları başlamakta olup çalışma kapsamında 6 örnekleme alanının her birine yerleştirilen üçer feromon tuzakta toplam 1861 adet *T.viridana* ergini yakalanmıştır (Kondur ve Şimşek, 2008). Aynı çalışmada, İndağı (Ilgaz, Çankırı) meşe alanlarında *T.viridana* erginlerinin, hava sıcaklığının ortalama 20°C, orantılı nemin ise %52 olduğu sırada (haziran ayının ilk haftasında); 2004 yılında ise hava sıcaklığın 15-17 °C, orantılı nemin %55-73 arasında olduğu sırada (haziran ayının ikinci haftasında) feromon tuzaklarda yakalanmaya başladığını tespit edilmiştir. Çankırı (Ilgaz) meşe alanında 2003 yılındaki çalışmalarında saf meşe meşcerelerindeki

feromon tuzaklarda en yüksek yakalanma ortalamasının 4 nolu örnekleme alanında (1079 m) 180,67 *T.viridana*/tuzak olduğu, buna karşın karışık meşcerelerde ise feromon tuzakta en yüksek yakalanmanın 3 nolu örnekleme alanında (1079 m) 93,33 *T.viridana*/tuzak yakalanmıştır. Tür kompozisyonu *T.viridana* popülasyonu üzerinde önemli bir etki yapmaktadır. Saf meşe meşcerelerindeki *T.viridana* yoğunluğu Meşe ile Karaçam'ın birlikte bulunduğu karışık meşcerelerdeki *T.viridana* yoğunluğunun daha yüksektir. Değişik yükseltilerdeki benzer meşcerelerdeki *T.viridana* yoğunlukları arasındaki fark da önemli bulunmuştur (Kondur ve Şimşek 2014).

#### 3.2.1. Yumurta

Kondur (2004) ve Kondur ve Şimşek (2008) tarafından zararlı yoğunluğu belirlenmiş olan araştırmanın devamı niteliğindeki bu çalışmada; aynı alanlardan alınan meşe dal örneklerinde saptanan *T.viridana* yumurta sayısı Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. İndağı (Çankırı-Ilgaz)'nda örnekleme alanlarında 2002 yılında alınan dal örneklemelerinde sayılan *Tortrix viridana* L. yumurtaları ile 1 m dal üzerinde bulunan zararlının yumurta sayısı.

Örnekleme Alan No	Yumurta Sayımı Yapılan Dal Uzunluğu (m)	<i>T. viridana</i> Yumurta Sayısı (Adet)	
		Toplam (Adet)	Yumurta / 1 m dal
1	11,02	12	1,09
2	10,72	20	1,87
3	9,75	28	2,87
4	11,45	73	6,38
5	10,15	42	4,14
6	9,49	66	6,95

Çizelge 4 incelendiğinde; 1 m uzunluğundaki meşe dalı üzerindeki *T.viridana*'nın sayısının belirlenmesinde tek rakamlar (1-3-5) karışık meşcereyi; çift rakamlar (2-4-6) saf meşcereyi temsil edecek şekilde oluşturulan üç grubun her birinde (1-2; 3-4; 5-6) düşük yumurta yoğunluğu ile yüksek yumurta yoğunluğu (2,4-9,8; 7,6-14,6; 9,8-16,3) aynı grupta yer aldığı anlaşılmaktadır. Yüksek yumurta yoğunluğunun saf meşcerede ve düşük yoğunluğun ise karışık meşcerede yan yana olan örnekleme alanlarında bulunduğu aynı çizelgeden anlaşılmaktadır. Örnekleme alanlarında yumurta yoğunluğunun farklı olmasında, yükselti, meşcere tipi ile örnekleme alanlarının bir birine olan yakınlığının etkisinin önemli payı olduğu düşünülmektedir.

Yine Çizelge 4 incelendiğinde; tek rakamların (1-3-5) karışık meşcereleri, çift rakamların (2-4-6) saf meşcereleri temsil ederek oluşturulan iki grubun her

birinde (1-2;3-4;5-6), 1 m uzunluğundaki meşe dalı üzerindeki *T. viridana*'nın düşük yumurta sayısı ile yüksek yumurta sayısının (1,09-1,87; 2,87-6,38; 4,14-6,95) aynı grupta yer aldığı anlaşılmaktadır.

#### 3.2.2. Larva

Alınan dal örneklerinde yapılan incelemede ilk kez larva çıkışlarının 3 Mayıs 2003 günü gerçekleştiği anlaşılmıştır. 3 Mayıs 2003 günü yapılan örnekleme sonucu larva zararı Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. İndağı (Çankırı-Ilgaz)'nda örnekleme alanlarından 03 Mayıs 2003 günü alınan dallar üzerindeki meşe tomurcuklarında *Tortrix viridana* L.'nin zarar oranı.

Örnekleme Alan No	Dal Uzunluğu (cm)	<i>T.viridana</i> Larva Sayısı (Adet)	Toplam Tomurcuk Sayısı (Adet)	Zarar Gören Tomurcuk Sayısı (Adet)	Tomurcuklardaki Zarar Oranı (%)
1	190	2	124	3	2,4
2	144	5	92	9	9,8
3	275	7	172	13	7,6
4	242	10	151	22	14,6
5	234	8	142	14	9,8
6	225	13	147	24	16,3

Örnekleme alanlarından 3 Mayıs 2003 günü alınan örneklerde tespit edilen *T. viridana* larvalarının ilk olarak açılmakta olan meşe tomurcuklarında (yaklaşık olarak bir hafta süreyle) beslendiği saptanmıştır. Beslenme zararına uğramayan tomurcuklardan yaprakların çıkmaya başlaması ile birlikte larvaların gelişmekte olan yapraklara yöneldiği ve yapraklarda beslenmeye başladıkları belirlenmiştir (Şekil 3).

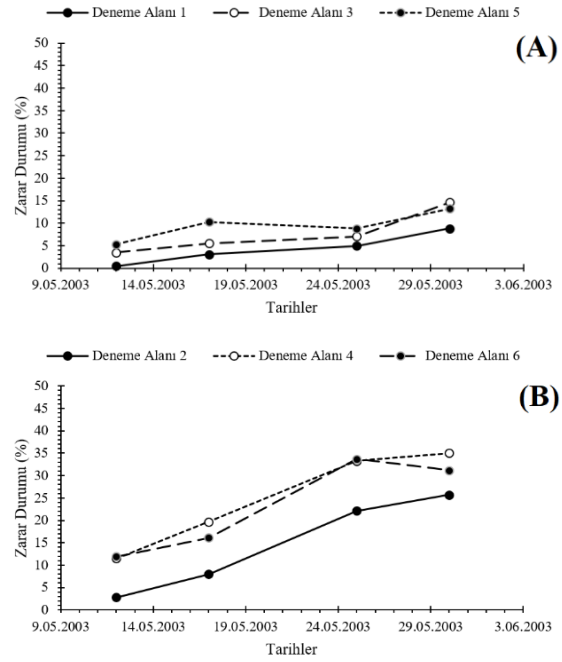
Çalışmamızda, meşe ağaçlarının fenolojisi ile zararlı arasında bir ilişkinin bulunduğu dikkatimizi çekmiştir. Buna göre bir birine yakın konumda bulunan 1-2 no'lu örnekleme alanından (1215 m-1194 m), daha aşağı kotta bulunan 3-4 (1085 m-1072 m) ve 5-6 no'lu örnekleme alanına (1003 m-985 m) doğru inildikçe (Çizelge 5), meşenin fenolojisinin ileri olup çalışma alanının üst kesimlerindeki ağaçlarda henüz yapraklanma olmamasına karşın aşağı kesimlerde meşe tomurcuklarının açılmak üzere olduğu ve özellikle 4-6 no'lu örnekleme alanlarında (1072-985 m) tomurcukların yer yer açılmaya başladığı saptanmıştır. Bunun doğal sonucu olarak buralarda zararlı larvalarının meşe tomurcuklarının içerisine girip çiçeklerine zarar verdiği gözlenmiştir. Bu durum, zararlı larvalarının meşe alanındaki biyolojisi ile bitki fenolojisi arasında ilişki olduğu kanısını kuvvetlendirmiştir. Nitekim *T.viridana* yumurtalarının, meşe tomurcuklarının açılmasını takiben kışlık yumurtaların açıldığı; yumurtadan çıkan larvaların yaklaşık 1 hafta süreyle tomurcuklarda beslenerek zarar verdikten sonra, yeni oluşan yapraklara geçerek beslenmelerine buralarda devam ettiği, daha sonra pupa olduğu ve 2-5 hafta sonra kelebeklerin çıktığı, buna göre çalışma alanında yılda bir döl verdiği belirlenmiştir. Avcı (1997), *T.viridana*'nın Marmara bölgesinde popülasyonu ve zararı en fazla olan tür olduğunu, kışı yumurta döneminde geçiren zararlı larvalarının nisanın ilk haftasında çıktığını, larvaların tomurcukların patlamasıyla birlikte bir hafta tomurcuklarda beslendiğini, daha sonra da beslenmeye yapraklarda devam ettiğini bildirmektedir. Çanakçioğlu ve Mol (1998) da çalışmalarında benzer sonuçlar rapor etmişlerdir.

Larvaların beslenmeleri sırasında yaprağı ikiye katlaması dikkat çekmektedir. Katlanmış durumdaki yapraklar açıldığında *T.viridana* larvaları bulunabilmektedir. Larvaların barındıkları yaprağı genelde tamamen tüketmeden terk ederek yakınında bulunan yapraklara geçtiği belirlenmiştir. *T. viridana* larvalarının meşe ağaçlarında yaptıkları zarar; larva dönemi ilerledikçe artmaktadır (Şekil 6). Benzer bulguları, Çanakçioğlu ve Mol (1998) ile DuMerle ve ark. (1999) da kaydetmektedir.

*T.viridana* larvalarının meşe alanındaki biyolojisi ile bitki fenolojisi regüle eden iklimle (sıcaklık ve nem) de ilişkili olduğu kanısını vermiştir. Nitekim, *T.viridana* larvalarının meşe tomurcuklarının açılmaya başladığı dönemde kışlık yumurtaların açılması; bu sırada hava sıcaklığının 7,3°C'yi aşması (26 Nisan-03 Mayıs 2003) bu kanımızı kuvvetlendirmektedir. Sözü edilen tarihlerde sıcaklık artarken orantılı nem ise %76,7'den %44,7'ye dek azalma gösterdiği saptanmıştır. Bu durum, böceğin popülasyon gelişmesini hızlandırmaktadır. Günlük ortalama sıcaklık, larva döneminin tamamlanmasına dek (30 Mayıs 2003) 10,8°C-20,0°C; orantılı nem ise %42,7-%86,7 arasında değişmektedir. *T.viridana*'nın larva dönemi boyunca (21 Mayıs 2003 tarihine dek) yağış gerçekleşmemiştir. Buna karşın 21 Mayıs - 30 Mayıs 2003 tarihleri arasında toplam 30,6 mm yağış kaydedilmiştir. Doğal koşullarda zararlı pupaları üzerinde yapılan çalışmada, hava sıcaklığının 13,2°C, orantılı nemin ise %69,0 olduğu dönemde (25 Mayıs 2003) bulunmuş olup hava sıcaklığını 10,8-13,2°C, orantılı nemin ise %69-%81 arasında olduğu sırada (25 Mayıs-30 Mayıs 2003) daha aşağı kotta bulunan 4 no'lu (1072 m) ve 6 no'lu (985 m) örnekleme alanlarında ilk kez hem larvalara hem de pupalara birlikte rastlanmıştır. Bu durum, en üst noktada bulunan 1 no'lu (1215 m) örnekleme alanı ile sözü edilen örnekleme alanları arasındaki yükselti farklılığından da kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Laboratuvarda yapılan incelemeler göre, bütün örnekleme alanlarında *T.viridana* larvalarının meşe yapraklarında saf ve karışık meşcerelerde 12 Mayıs 2003-30 Mayıs 2003 tarihleri arasında farklı

düzeyde beslendiği belirlenmiştir (Şekil 6A,B). Şekiller incelendiğinde; kontrol tarihlerinde zaman ilerledikçe genellikle bulaşma oranının arttığı; karışık meşcerelerdeki (1, 3 ve 5) zarar durumunun (Şekil 6A) saf meşe meşcerelerine (2, 4 ve 6) göre (Şekil 6B) daha düşük seviyede kaldığı görülmektedir. Buna göre, meşe ile karaçamın karışık durumda bulunduğu 1 nolu örnek alanında *T.viridana* larvalarının meşe tomurcuklarında %2,4 oranında zarara neden olduğu (03.05.2003), larvaların meşe yapraklarında beslenmeye başlamasını izleyen 12.05.2003 tarihinde %0,5 düzeyinden başlayarak 30.05.2003 tarihinde ise en yüksek düzeyde (%8,8) zarar gerçekleştiği görülmektedir. 3 no'lu örnek alanında, *T.viridana* larvalarının meşe tomurcuklarında beslenmekte olduğu 03.05.2003 tarihinde meydana gelen zararın %7,6 düzeyinde gerçekleştiği, larvaların meşe yapraklarında beslenmeye başlamasını izleyen 12.05.2003 tarihinde %3,5 düzeyinden başlayarak 30.05.2003 tarihinde en yüksek düzeyde (%14,6) gerçekleştiği anlaşılmaktadır. 5 no'lu örnek alanında ise *T.viridana* larvalarının meşe tomurcuklarında %9,9 oranında zarara neden olduğu (03.05.2003), larvaların meşe yapraklarında beslenmeye başlamasını izleyen 12.05.2003 tarihinde %5,3 düzeyinden başlayarak 30.05.2003 tarihinde ise en yüksek düzeye (%13,2) ulaştığı Şekil 6A'da görülmektedir. Saf meşe meşcerelerinden 2 no'lu örnek alanında *T.viridana* larvalarının meşe tomurcuklarında beslenmekte olduğu 03 Mayıs 2003 tarihinde meydana gelen zararın %9,8 düzeyinde gerçekleştiği; larvaların meşe yapraklarında beslenmeye başlamasını izleyen 12 Mayıs 2003 tarihinde %2,8 düzeyinden başlayarak 30 Mayıs 2003 tarihinde %25,7'e ulaştığı görülmektedir. 4 no'lu örnek alanında, *T.viridana* larvalarının meşe tomurcuklarında beslenmekte olduğu 03 Mayıs 2003 tarihinde meydana gelen zararın %14,6 düzeyinde gerçekleştiği, larvaların meşe yapraklarında beslenmeye başlamasını izleyen 12 Mayıs 2003 tarihinde %11,5 düzeyinden başlayarak 30 Mayıs 2003 tarihinde ise en yüksek düzeye (%35,0) ulaştığı anlaşılmaktadır. 6 no'lu örnek alanında ise *T.viridana* larvalarının meşe tomurcuklarında %16,3 oranında zarara neden olduğu (03.05.2003), larvaların meşe yapraklarında beslenmeye başlamasını izleyen 12.05.2003 tarihinde %11,9 düzeyinden başlayarak 30.05.2003 tarihinde en yüksek düzeye (%31,7) ulaştığı aynı şekilde anlaşılmaktadır.



Şekil 6. İndağı (Ilgaz, Çankırı)'nda 2003 yılında örnek alanlarında yürütülen dal örneklemeleri neticesinde hesaplanan *Tortrix viridana* L.'nin yapraktaki bulaşma durumu: meşe+karaçam meşcerelerindeki bulaşma durumu (A) ile saf meşe meşcerelerindeki bulaşma durumu (B).

Meteorolojik veriler ile ilişkiler dikkate alındığında; 26.04.2003 tarihinden itibaren günlük ortalama sıcaklığın 6,6°C olduğu ve 04.05.2003 tarihine dek hızla artarak 19,6°C'ye ulaştığı; söz konusu tarihlerde orantılı nemin %76,7'den %44,7'ye kadar düştüğü, *T.viridana*'nın meşe yapraklarında yaptığı zararın en yüksek olduğu 25 Mayıs 2003-30 Mayıs 2003 tarihleri arasında 1,0 ila 13,4 mm yağış kaydedildiği ve bu tarihlerdeki bağıl nemin hızla yükselerek %78,0-86,7 arasında seyrettiği meteoroloji kayıtlarından anlaşılmaktadır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

İndağı (Ilgaz, Çankırı)'da, *T. viridana*'nın biyolojisi ve zarar durumunun belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde;

- *T.viridana*'nın popülasyon gelişiminin ağaç fenolojisini düzenleyen iklimle ilişkili olduğu, *T.viridana* yumurta yoğunluğu (1 m/dal); tomurcuk ve yapraklardaki bulaşma ve zarar oranında (%); bitki fenolojisi-böcek biyolojisi arasındaki ilişkileri belirleyen iklimin (sıcaklık ve nem), değişik meşcere tipleri ve bunların bir birine olan uzaklığın, yükseltinin, kapalılık, bakı gibi faktörlerin etkili olduğu,

- *T.viridana*'nın kışı yumurta döneminde geçirdiği ve yılda bir döl verdiği,
- Birbirine yakın meşcerelerde, *T. viridana* erginlerinin uçarak bulaşık olmayan ya da zararın düşük olduğu meşcerelerde de yumurta sayısının, meşe tomurcuklarındaki zarar oranını ve nihayet meşedeki zarar durumunu arttırabileceği; bu parametrelerin saf meşcerelerde (sadece meşe) düşük değerlere görülmesine karşın karışık meşcerelerde (Meşe+Karaçam) artabileceği; bunda bitki fenolojisi-böcek biyolojisini etkileyen iklimin (sıcaklık ve nem) de etkili olduğu,
- *T.viridana*'nın, en fazla yumurtayı yumuşak kağıtlara bıraktığı (%66,67), bunu tülbent bezinin (%23,81) izlediği ve en az yumurtayı da dal ve yapraklara bıraktığı,
- Dyar (1890) kanunu uygulanmak suretiyle, *T.viridana*'nın meşe ormanlarında popülasyon seyri izlenerek buldukları larva dönemlerinin belirlenebileceği; bu verilerin zararlıların hayat tablolarının yapılmasında, zararlı ile ilgili diğer ekolojik çalışmalarda ve entegre mücadelede yararlanılabileceği,
- *T.viridana*'nın meşe tomurcuklarındaki zarar durumu, yoğunluğu ile yumurta sayısı vb. gibi biyolojik parametreler; saf meşcerede (sadece meşe) artmasına karşın karışık meşcerede (Meşe+Karaçam) daha düşük düzeyde kaldığı,
- Feromon tuzaklarda yakalanan *T.viridana* sayısı dikkate alındığında; ergin sayısı (adet/tuzak) arttıkça, meşe dal örneklerindeki yumurta sayısının, tomurcuklardaki zarar oranının ve yapraktaki bulaşmaların da genellikle artış gösterdiği, bu durumun meşcere yapısı farklı ve bir birine yakın olan örnekleme alanları arasında ergin uçuşlarının/geçişlerinin olabileceği,
- Yükseltinin artmasının *T.viridana* ergin yoğunluğunu olumsuz yönde etkilediği, saf meşe meşcerelerinin zamanla karışık meşcerelere dönüştürülmesi yoluyla *T.viridana*'nın yol açtığı zararın en az düzeye indirilebileceği kanısına varılmıştır.

## Kaynaklar

Altenkirch, W., 1996. Überwachung von Forstlich Wichtigen Schmetterlingen mit Hilfe von Sexualpheromonen und Fallen. Forst und Holz 51, 629-638.

Anonim, 1995. Orman Zararlıları İle Mücadele Esasları. Orman Genel Müdürlüğü Tebliğ No: 286 Tasnif No:IV-1519, Ankara.

Anonim, 1996. Amenajman Planı 1996-2015: Ilgaz İşletme Müdürlüğü, Ilgaz İşletme Şefliği Amenajman Planı. Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 2016. Türkiye Orman Varlığı 2015. In: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, p. 32.

Anşin, R., Özkan, Z.C., 1997. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.

Aslan, İ., Özbek, H., 1997. The Check-List of the Subfamily Cryptocephalinae (Coleoptera, Chrysomelidae Familyası) in Turkey. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 28, 235-255.

Avcı, M., 1997. Marmara Bölgesi Ormanlarının Tortricidae Faunası. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A 47, 111-138.

Balçı, Y., Halmsclager, E., 2003. *Phytophthora* species in oak ecosystems in Turkey and their association with declining oak trees. Plant Pathology 52, 694-702.

Bellido, D., Ros-Farre, P., Melika, G., Pujade-Villar, J., 2003. Review of the asexual forms of *Andricus kollari* species-group (Hymenoptera: Cynipidae Familyası, Cynipinae, Cynipini). In: Mahunka, S., Hajdú, E. (Eds.), Folia Entomologica Hungarica Rovartani Közlemenyek, Budapest, p. 385.

Ciornei, C., Mihalanche, G., 1998. Integrated control of species of Geometridae in oak forests of Romania. In: Proceedings: Population Dynamics, Impacts, ve Integrated Management of Forest Defoliating Insects. USDA Forest Service General Technical Report NE-247, pp. 222-229.

Csóka, G., 1998. Oak Defoliating Insects in Hungary. In: McManus, M.L., Liebhold, A.M. (Eds.), Population Dynamics, in Impacts, ve Integrated Management of Forest Defoliating Insects USDA Forest Service, pp. 334-335.

Çalışkan, A.F., Ulusoy, M.R., Özdemir, I., 2012. Türkiye'de meşede yeni yayılıcı yaprakbiti türü: *Myzocallis walshii* (Monell, 1879) (Hemiptera: Aphidoidea). Türkiye Entomoloji Bülteni 2, 277-283.

Çanakçıoğlu, H., 1963. Orman Ağaçlarımızın Tohumlarına Arız Olan Böcekler ve Bazı Önemli Türlerin Mücadeleleri Üzerine Araştırmalar. , T.C. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

Çanakçıoğlu, H., 1967. Türkiye'de Orman Ağaçlarına Arız Olan Bitki Bitleri (Aphidoidea) Üzerine Araştırmalar. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, İstanbul.

Çanakçıoğlu, H., 1977. Türkiye'de Orman Ağaçları ve Ağaççıklarında Zarar Yapan Coccoidea (Homoptera) Türleri Üzerinde Araştırmalar (Sistematik-Yayılsı-Konukçu-Biyoloji). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Çanakçıoğlu, H., Eliçin, H., 1990. Fitopatoloji (Özel Bölüm). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi-Dilek Ofset Matbaacılık, İstanbul.

Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 1998. Orman Entomolojisi Zararlı ve Yararlı Böcekler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.

Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 2000. Tohum ve Kültür Zararlıları. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Denizhan, E., 2007. Ankara İlinde Park Ve Süs Bitkilerinde Eriophyoidea (Acarina) Türleri, Konukçuları, Yaygınlıkları ve Doğal Düşmanlarının Saptanması ile

Zararlı *Aculus schlehtendali* (Nalepa, 1892)'nin Popülasyon Gelişimi Üzerine Araştırmalar. In, Bitki Koruma. Ankara Üniversitesi, Ankara, p. 267.

Denizhan, E., 2011. Additions to Eriophyoid mites (Acari: Prostigmata: Eriophyoidea) in Van Lake Basin-Turkey. *Türk. Entomol. Derg.* 35, 615-626.

DuMerle, P., 1999. Egg Development ve Diapause: Ecophysiological ve Genetic Basis of Phenological Polymorphism ve Adaptation to Varied Hosts in the Green Oak Tortrix, *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Insect Physiology* 46, 599-611.

DuMerle, P., Delarette, S., Mazet, R., 1999. Methods for Mass Production of Eggs ve Fecundity of the Green Oak Tortrix, *Tortrix viridana* L. (Lep., Tortricidae). *Journal of Applied Entomology* 123, 385-389.

Dyar, H.G., 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche* 5, 420-422.

Ekiz, A.N., Şen, L., Aslan, E., Gök, A., 2014. Checklist of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae Familyası) of Turkey, excluding Bruchinae. *Journal of Natural History* 47, 2213-2287.

Fazeli, M.J., Abai, M., 1990. Green oak leaf-roller moth in Kohkiluyeh ve Boyer-Ahmad province (*Tortrix viridana* L., Lep.:Tortricidae). *Applied Entomology ve Phytopathology* 57, 1-2.

Friderichsen, T., 1996. Blandingsbevoksnings indflydelse pa egeviklerens populationsbiologi. *DST Dansk Skovbrug Tidsskrift* 81, 65-72.

Gillio, G., Luciano, P., Serra, G., 1999. Contributo allo studio di un metodo di campionamento dell'abbondanza delle ovideposizioni di *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Frustula-Entomologica* 22, 185-190.

Gök, A., 2003. Faunistic Studies on the Species of the Subfamily Clytrinae (Coleoptera, Chrysomelidae Familyası) of Dedegöl Mountains (Isparta). *Turk J Zool.* 27, 187-194.

Hunter, M., 1998. Interactions between *Operopthera brumata* and *Tortrix viridana* on oak: new evidence from time-series analysis. *Ecological Entomology* 23, 168-173.

Hunter, M., Varley, G.C., Gradwell, G.R., 1997. Estimating the relative roles of top-down ve bottom-up forces on insect herbivore populations: A classic study revisited. In, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pp. 9176-9181.

Ierusalimov, E.N., 1998. The compensation potential of forest ecosystem against the losses, caused by feeding of phytophagous insects. *Russian Entomological Journal* 7, 237-243.

Işiloğlu, M., Helfer, S., Allı, H., Yılmaz, F., 2009. A fatal Inocybe (Fr.) Fr. poisoning in Mediterranean Turkey. *Türk J Bot.* 33, 71-73.

Ivashov, A.V., 1999. Color Polymorphism in Larvae ve Pupae of *Tortrix viridana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Zoologicheskyy Zhurnal* 80, 412-420.

Ivashov, A.V., Boyko, G.E., Simchuk, A.P., 2002. The Role of Host Plant Phenology in the Development of the Oak Leafroller Moth, *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Forest Ecology ve Management* 157, 7-14.

Jansson, N., Avcı, M., Kayış, T., Coşkun, M., Sarıkaya, O., Öncül Abacıgil, T., Varlı, S.V., Tezcan, S., Türkay, O., Sunnergren, A., Aydar, F., Bergener, A., 2016. Türkiye Meşelerinde (*Quercus* spp.) Kuşların ve Böceklerin Çeşitliliği - Gelecekteki Silvikültürel Planlamaya İlişkin Düşünceler. In, *Orman Genel Müdürlüğü Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Uluslararası Katılımlı Meşe Çalıştayı, İğneada, Kırklareli*, pp. 95-114.

Kabaktepe, S., Bahçecioglu, Z., 2014. Türkiye'deki Phyllosticta'nın (Phyllostictaceae, Ascomycota) Kontrol Listesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD)* 35, 1-8.

Kalkandelen, A., 1994. Türkiye Cixiidae Familyası (Homoptera) Türleri Üzerinde Taksonomik Çalışmalar. VII. Pentastirini: Reptalus Emelyanov. *Bitki Koruma Bülteni* 34.

Kanat, M., Akbulut, S., 2005. Determination of Some Pest Insect Species Damaging Oak Forests in the Southern Anatolia Region (Kahramanmaraş) of Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 8, 70-73.

Kondur, Y., 2004. Çankırı (İndağı) Meşe (*Quercus* spp.) Ormanlarında Zarar Yapan Yeşil Meşebükücüsü (*Tortrix viridana* L.) [Lepidoptera: Tortricidae]'nın Biyolojisi ile Meşcere Kuruluşları Üzerine Etkileri. In, *Orman Mühendisliği. Ankara Üniversitesi, Çankırı*, p. 74.

Kondur, Y., Şimşek, Z., 2008. Çankırı (İndağı)'da meşelerde zararlı yeşil meşe bükücüsü [*Tortrix viridana* L. (Lep.: Tortricidae)]'nın farklı yüksekliklerde uçuş periyodunun belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni* 48, 19-36.

Kondur, Y., Şimşek, Z., 2014. Effects of stand composition and altitude on population density of *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae) in Çankırı. In, *Türkiye II. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, Antalya*.

Kosenko, G.I., 1991. Insecticides versus glue. *Zashchita Rastenii* 11, 23-24.

Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S., Aksoy, S., 2003. Faunistic Studies On Curculionidae Familyası (Coleoptera) of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions Of Turkey. In, *Ege Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayını, İzmir*, p. 83.

Lodos, N., Tezcan, S., 1995. Türkiye Entomolojisi V. Buprestidae Familyası (Genel Uygulamalı ve Faunistik). *Entomoloji Derneği Yayınları, İzmir*.

Maharramova, Ş., 2010. Azerbaycan'ın Lenkeran Bölgesindeki Hirkan Milli Parkında *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae) Trofik İlişkileri. In, *III. Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010*, pp. 1368-1376.

Mannai, Y., Ezzine, O., Jamaa, M.L.B., 2018. Oak Forest Infestations by *Tortrix viridana* and its Performance on Three *Quercus* Species. *Tunisian Journal of Plant Protection* 13, 171-182.

Maral, H., Ulusoy, M.R., Bolu, H., Guilbert, E., 2013. Diyarbakır, Mardin ve Elazığ illerinde bulunan Tingidae Familyası (Hemiptera: Heteroptera) türleri üzerine faunistik çalışmalar. *Türk. Entomol. Bül.* 3, 139-155.



- Markov, V.A., 1992. Prolonged Embryonic Diapause of the Green Oak Tortrix, *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Entomologicheskoe Obozrenie* 71, 314-333.
- Markov, V.A., 2000. On The Migration of *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera: Tortricidae): Analytical Investigation. *Zhurnal Obshchei Biologii* 61, 206-224.
- Moraal, L.G., 1996. 50 Jaar Monitoring Van Insectenplagen Op Bomen En Struiken. *Nederlands Bosbouwtijdschrift* 68, 194-203.
- Ovcharov, D., Doychev, D., Dimitrova, P., 2005. Insects Feeding on the Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Bulgaria. In, Sustainable Management of Sweet Chestnut Ecosystems, 1st Balkan Regional Workshop, Blagoevgrad, Bulgaria, 2-5 November 2005, p. 10p.
- Öymen, T., 1987. The Forest Cerambycidae Familyası of Turkey. In, Faculty of Forestry. İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Turkey, p. 146.
- Özkazanç, O., Yücel, M., 1985. Yarıkurak Mintika Ağaçlandırmalarında Zarar Yapan Böcekler Üzerine Araştırmalar. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülteni 153, 45.
- Pascual, J.A., 1994. No Effects of a Forest Spraying of Malathion on Breeding Blue Tits (*Parus caeruleus*). *Environmental Toxicology ve Chemistry* 13, 1127-1131.
- Pascual, J.A., Peris, S., Robredo, F., 1991. Efectos de tratamientos forestales con Cipermetrina y Malation sobre el exito de cria del herrerillo comun (*Parus caeruleus*). *Ecologia Madrid* 5, 359-374.
- Roversi, P.F., DeSilva, J., 1994. Distribuzione spaziale e temporale delle uova di *Tortrix viridana* (L.) in querceti della Toscana (Lepidoptera: Tortricidae). In, Atti XVII Congresso Nazionale Italiano di Entomologica, Udine, Italy, 13-18 Guigno 1994, pp. 743-746.
- Rubstov, V.V., Vomperskii, S.E., 1990. Some results of studying a population of *Tortrix viridana* in connection with modelling dynamics. In, Eksperiment i matematicheskoe modelirovanie v izuchenii biogeotsenozov lesov i bolot, pp. 210-225.
- Schroeder, H., Degen, B., 2008. Genetic Variation and Differentiation of The Green Oak Roller (*Tortrix viridana* L.) And Its Host (*Quercus robur* L.). *Forest Ecology and Management* 256, 1270-1279.
- Selâs, V., 2000. Is There A Higher Risk For Herbivore Outbreaks After Cold Mast Years? An Analysis of Two Plant/Herbivore Series From Southern Norway. *Ecography* 23, 651-658.
- Selikhovkin, A.V., 1996. Effect of dengrophagus insects on carbon cycle. In, Proceedings of International LTER Workshop, Comparision of Carbon Dynamics of two Conifer Forest Regions: Northvvestern Russia ve the Pasific Northwest, Oregon, USA.
- Selmi, E., 1983. Marmara ve Batı Karadeniz Ormanlarında Zarar Yapan Yaprak Böcekleri (Coleoptera, Chrysomelidae Familyası)'nin Sistematığı, Yayılışı ve Konukçu Bitkileri ile Bazı Önemli Türler Üzerinde Biyolojik Gözlemler. In, Orman Fakültesi. İstanbul Üniversitesi, p. 130.
- Serra, G., Luciano, P., Gillio, G., 1998. Indagini sulla distribuzione spaziale delle ovideposizioni di *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera, Tortricidae) in querceti della Sardegna. *Redia* 81, 161-174.
- Sevim, A., Demir, İ., Sönmez, E., Kocaçevik, S., Demirbağ, Z., 2012. *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae Familyası)'ye Karşı Çeşitli Entomopathogenik Fungusların Etkilerinin Belirlenmesi. In, 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-7 Eylül, İzmir, Türkiye, p. 1281.
- Sevim, A., Demir, İ., Sönmez, E., Kocaçevik, S., Demirbağ, Z., 2013. Evaluation of Entomopathogenic Fungi Against The Sycamore Lace Bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae Familyası). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 37, 595-603.
- Skuhrava, M., Bayram, Ş., Çam, H., Tezcan, S., Can, P., 2005. Gall midges (Diptera: Cecidomyiidae Familyası) of Turkey. *Türk. Entomol. Derg.* 29, 17-34.
- Sönmez, E., Demirbağ, Z., Demir, İ., 2014. Fungal İzolatların *Corythucha arcuata* Say. (Hemiptera: Tingidae)'ya Karşı Mücadele Etmeni Olarak Araştırılması. In, II. Orman Entomolojisi ve Patolojisi Sempozyumu, 7-9 Nisan, Antalya, Türkiye, p. 759.
- Stocki, J., 1994. Proba Wykorzystania Feromonow Zwojki Zieloneczki i Gatunkow Jej Towarzyszcych w Monitoringu Biologicznym. *Sylwan* 138, 101-112.
- Şen, İ., Gök, A., 2009. Leaf beetle communities (Coleoptera: Chrysomelidae Familyası) of two mixed forest ecosystems dominated by pine-oak-hawthorn in Isparta province, Turkey. *Ann. Zool. Fenn.* 46, 217-232.
- Şen, İ., Gök, A., 2014. Leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae Family) communities of Kovada Lake and Kızıldağ national parks (Isparta, Turkey): assessing the effects of habitat types. *Entomological Research* 44, 176-190.
- Şimşek, Z., 1991. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde hububat Hortumluböceği (*Pachytychius hordei* (Brullé) (Coleoptera: Curculionidae)'nin Yayılış Alanları ve Biyokolojisi Üzerinde Araştırmalar. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Diyarbakır Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.
- Şimşek, Z., 2000. Ilgaz Dağı Milli Parkı (Yenice ve Doruk)'nda Bulunan Lepidoptera Türleri ve Populasyon Dalgalanması. *Batı Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 3, 3-37.
- Şimşek, Z., Kondur, Y., 2006. Çankırı Ormanlarının Zararlı Böcekleri ve Mücadele Yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi* 6, 98-119.
- Tavakoli, M., Melika, G., Sadeghi, S.E., Penzes, Z., Assareh, M.A., Atkinson, R., Bechtold, M., Miko, I., Zargaran, M.R., Aligolizade, D., Barimani, H., Bihari, P., Pirozi, F., Fülöp, D., Somogyi, K., Challis, R., Preuss, S., Nicholls, J., Stone, G.N., 2008. New species of oak gallwaps from Iran (Hymenoptera: Cynipidae Familyası: Cynipini). *Zootaxa* 1699, Auckland, 64.
- Taylor, R., 1931. On "Dyar's Rule" and its application to sawfly larvae. *Annals of the Entomological Society of America* 24, 451-466.
- Teleaga, R., 1968. Contributii la studiul ecologie al faunei padurii Giroc. *Observatii asupra daunatorului Tortrix viridana* L. (Lepidoptera-Tortricidae) II. *Comunicari de Zoologie* 1968, 91-98.
- Tezcan, S., Karsavuran, Y., Pehlivan, E., 2014. Türkiye *Polydrusus* (Coleoptera: Curculionidae Familyası: Entiminae) faunası için ek notlar. *Türk. Entomol. Bült.* 4, 79-85.

Tezcan, S., Karsavuran, Y., Pehlivan, E., Keskin, B., Ferrer, J., 2004a. Contributions to the knowledge of the Tenebrionidae Family (Coleoptera) from Turkey Part I. Lagriinae, Pimeliinae, Bolitophaginae, Diaperinae. Türk Entomoloji Derg. 28, 99-114.

Tezcan, S., Karsavuran, Y., Pehlivan, E., Keskin, B., Ferrer, J., 2004b. Contributions to the knowledge of the Tenebrionidae Family (Coleoptera) from Turkey Part II. Opatrinae, Tenebrioninae, Adeliinae. Türk. Entomol. Derg. 28, 163-180.

Toper Kaygın, A., 2007. Endüstriyel Odun Zararlıları, Nobel Yayın No: 1082, Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi: 31, 243s. Nobel Yayınları No:1082, Fen ve Biyoloji Yayınları No: 31.

Toper Kaygın, A., Yıldız, Y., Avcı, M., 2008. Bartın Yöresi Lepidoptera Türleri, Tübitak Proje No: 107 T 276

Toper Kaygın, A., Yıldız, Y., Avcı, M., 2009. Lepidoptera fauna in Bartın province, in western black sea region of Turkey. African Journal of Agricultural Research, 4(9), 815-822.

Toros, S., 1996. Park ve Süs Bitkileri Zararlıları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara.

Torun, Ö., Çalışkan, S.S., 2016. Caterpillar (Lepidoptera) communities on oak (*Quercus pubescens*)

in Ankara Province (Turkey). Türk. entomol. derg. 40, 281-290.

Tozlu, G., 1997. Erzurum, Erzincan, Artvin ve Kars İlleri Buprestidae Familyası (Coleoptera) Türleri Üzerinde Faunistik ve Taksonomik Çalışmalar. In, Bitki Koruma. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, p. 289.

Tuatay, N., 1999. Türkiye Yaprakbitleri (Homoptera: Aphididae Familyası): V. Chaitophinae, Lachninae ve Thelaxinae. Bitki Koruma Bülteni 39, 1-21.

Tuncer, İ., Avcı, M., 2015. Dinar yöresi meşe ormanlarında Yeşil Meşe Bükücüsü [*Tortrix viridana* L. 1758 (Lep.; Tortricidae)]'nın zararı, biyolojisi ve doğal düşmanları. Turkish Journal of Forestry 16, 11-19.

Ülgentürk, S., Şahin, Ö., Kaydan, M.B., 2008. İstanbul ili yeşil alan bitkilerinde bulunan Coccoidea (Hemiptera) türleri. Bitki Koruma Bülteni 48, 1-18.

Yardıbi, M., Tozlu, G., 2013. Karabük İli Buprestidae Familyası, Cerambycidae Familyası ve Curculionidae Familyası (Coleoptera) Türleri Üzerinde Faunistik Çalışmalar. Artvin Çoruh University, Journal of Forestry Faculty 14, 136-161.

Yüksel, B., 2010. Contribution to the Knowledge of the Family Cerambycidae Familyası (Coleoptera) from Turkey, with New Records. Düzce Üniversitesi, Düzce.



## The Economic Analysis of The Mastic Tree (*Pistacia lentiscus* L.) Cultivation Projects<sup>x</sup>

S. Özden

Çankırı Karatekin University, Department of Forest Engineering, 18200, ÇANKIRI, TURKEY

### ARTICLE INFO

Received : July 8th, 2019

Accepted : October 22nd, 2019

\*e-mail of corresponding author:

ozden@karatekin.edu.tr

<sup>x</sup> An earlier version of this work presented at the International symposium on Forest Areas and Peri-urban Forests "Dynamics and Challenges" 3-5 November 2016 in Agadir, Morocco.

### ABSTRACT

The mastic tree is mostly grown on the island of Chios in Greece. According to local people in Izmir it had formerly grown in the Western side of Turkey. The aim of this study is to bring mastic tree to grow in the Aegean region and for the region to contribute to rural development and national economy by project analysis of gum cultivation in the area to determine whether it is economically feasible. Some information such as elements of cost of production, harvesting and marketing opportunities and problems, competition with Chios and data for the economic analysis were collected at first. At the second

stage, to determine the project's cost, elements were collected using the average market prices and some economic evaluation methods such as Net Present Value (NPV) method. To incorporate the time and value of money, more complex cash flows were applied for the project, which can be achieved economically. At the end of the study, we reached the conclusion that mastic tree cultivation projects are not feasible in the region because of the high rent prices of land and that this is a touristic region of Turkey. Until 100 years ago, mastic tree was grown in the region. However, after the local producers migrated to the island of Chios, mastic production disappeared in the region. Nowadays, the attempts to revive this production system are not economically feasible due to land rent. Therefore, it is possible for production to shift to natural forests and damage to forests.

**Keywords:** Economic evaluation, IRR, mastic, NPV, payback method.

## Sakız Ağacı Yetiştirme Projelerinin Ekonomik Analizi

### ÖZ

Sakız ağacı çoğunlukla Yunanistan'ın Sakız Adasında (Chios) yetiştirilmektedir. İzmir'in yerli halkına göre eskiden Türkiye'nin Batı bölgelerinde de yetiştirilmektedir. Bu çalışmanın amacı son yıllarda İzmir yöresinde kırsal ve ulusal ekonomiye katkı sağlamak üzere sakız üretimini yaygınlaştırmak amacıyla yapılmak istenen projelerin ekonomik analizini yatırım değerlendirme yöntemlerine göre yapmaktır. İlk aşamada sakız ağacı üretimine yönelik üretim maliyetleri, hasat ve pazarlama fırsatları ve önlerindeki engeller, Sakız Adası ile rekabet ve ekonomik analize yönelik veriler sahada yapılan çalışmalarla toplanmıştır. İkinci aşamada projenin gelir ve giderleri pazar fiyatları kullanılarak belirlenmiş, elde edilen bu verilerle paranın zaman değerini ve nakit akışlarını dikkate alan Net Bugünkü Değer ve İç Karlılık Oranı yöntemleri kullanılarak projelerin ekonomiklikleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonunda proje sahası olan Çeşme, Urla ve Karaburun bölgelerinde turistik etkinliklerden kaynaklanana arazi rantının çok yüksek olmasından dolayı sakız ağacı yetiştirme projelerinin ekonomik olarak yapılabilir olmadığı saptanmıştır. 100 yıl öncesine kadar sakız üretimi çalışma bölgesinde de yapılmaktaydı. Ancak Mübadeleden sonra bölgeden ayrılan üreticilerle birlikte bu üretim tarzı yavaş yavaş yok olmaya başlamıştır. Son zamanlarda devletin desteği ile bu üretim sistemini bölgede yeniden canlandırmak için yapılan girişimler vardır. Ancak yapılan bu çalışma ile bu üretim sisteminin toprak rantının yüksekliğinden dolayı ekonomik olmadığı ortaya konmuştur. Ayrıca bu üretim sisteminin bölgede ormanlık sahalara yayılma ve ormanlara zarar verme riski vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekonomik değerlendirme, İKO, sakız, NBD, geri ödeme süresi.

### Citation:

Özden, S., 2019. The Economic Analysis of The Mastic Tree (*Pistacia lentiscus* L.) Cultivation Projects. Anatolian Journal of Forest Research 5(2): 100-107.

## 1. Introduction

The mastic tree (*Pistacia lentiscus* L.) is a plant that with recognized importance by humankind since ancient times. This species spreads naturally Chios in Greece and western side of Turkey. The resin derived from this tree's chia variety has been registered as originating from Chios according to European Union (EU) legislations. However, this plant also naturally grows in the west of Turkey. However, mastic production is not common in Turkey. So, almost the entire demand of the world mastic gum is met by the Chios Island. Mastic is an expensive agricultural product as it is rare and the production on the island is kept under control by the Council of the Union of Chios. Mastic is sold for between € 100-125 / kg in the market based on its quality. Each three produces 60-250 grams. € 22,500 gross annual incomes from a hectare can be obtained assuming an average of 150 grams of the product received. This project is planned for calculating whether mastic cultivation is economical or not in regions like Çeşme, Urla and Karaburun, where land rent prices are high.

Research was conducted in Çeşme, Urla and Karaburun on the western part of Turkey. The province of İzmir is in the first socio-economic development group in Turkey. Aliğa town of İzmir is in the first development group, Çeşme, Urla, Karaburun, eleven other towns are in the second, six towns in the third, and only Kiraz town is in the fourth development group. There is no district in the fifth or sixth group (Figure 1). As it can be understood from this description, the study area is located in the upper rows in the socio-economic development scale in Turkey. Naturally, if the level of development increases, land rent also increases. In this case, the return of the project will be expected to be higher than the land rent.

### 1.1. Botanical characteristics of mastic trees

*Pistacia lentiscus* L. belongs to *Pistacia* genus of Anacardiaceae family of Sapindales section of the plant kingdom. Other important members of the same family are *Pistacia atlantica* (hackberry), *Pistacia terebinthus* (turpentine tree) and *Pistacia vera* (pistachio) (Nahida et al, 2012; ITIS, 2016). Mastic resin has been used as raw material from the leaves and fruits as a drug in many countries since the very old times.

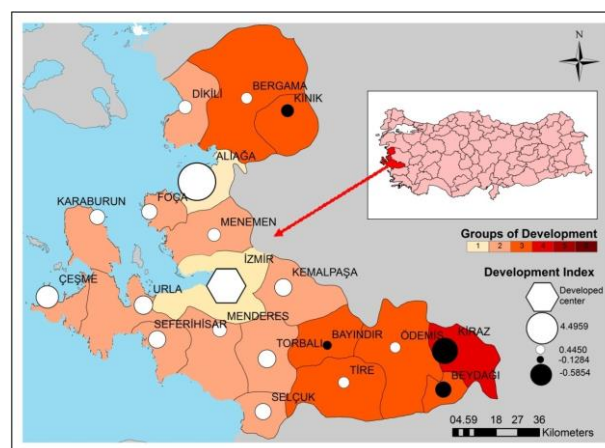


Figure 1. Socio-economic development situation of the regions in the study area.

*Pistacia lentiscus* is still an important raw material today in the pharmaceutical and food industries (Boztok, 2007). Mastic is a shrubby plant that can grow up to five meters and it has evergreen, long oval leaves. It is widely available in the sunny southern slopes of Chios Island of Greece, as well as Çeşme, Karaburun and Urla districts of İzmir. It has been reported that the *Pistacia lentiscus* L. var. *Chia* plant, whose resin is valuable, is a cultivar developed by selection rather than a variety (Padulosi et al., 1995). The naturally growing type in the region is not sufficient in terms of productivity. It is projected that budding on these trees may increase productivity.

Humanity has grown and protected the mastic tree since the day it discovered the uses of its resin. The information we have on mastic reaches back to Herodotus and Hippocrates (Browicz, 1987).

Economically, the resin secreted by male individuals is valuable. While females also secrete it, males are preferred while establishing plantations as resin of females is lower in quantity and quality. The plant starts secreting mastic from the age of 5-6. However, optimum production starts between the ages of 12 and 15. The trunk is dashed in the middle of summer and mastic is obtained.

### 1.2. The ecology of the mastic tree

Mastic tree spreads in the dry and hot regions in southern parts of the Chios Island (Browicz, 1987). It does not flourish under high groundwater levels as they prevent its roots from aeration; high groundwater levels may cause it to dry up (Perikos, 1993). These plants are usually seen in southern slopes in Chios on well-textured and calcareous soils (Theocharopouloset et al., 1996). It may reach up to 500 meters of altitude in humid southern slopes that are closed to the Northeast Wind, and its yield

decreases under temperatures that are too high or too low. Slope of the trunk and the branches to sunlight increases the yield of mastic (Parlak and Albayrak, 2011).

### 1.3. Usage areas of mastic

Mastic tree has a wide range of usage areas from protection of soil from erosion to food industry, and pharmaceuticals to cosmetics. Such plants are called multi-purpose plants (Deidda and Mulas, 2004). It is used especially in the Middle-East to protect teeth and gums, as well as achieve a fresh breath. It is also used in alcoholic beverages due to its aromatic properties. It is used in the arts to wax painting, as well as for medicinal purposes (Coppen, 1995). It is seen in the literature that mastic is widely used in medicine and pharmacy. It is used in dyspepsia treatment, against anti-atherogenic microbes, as an anti-mutagen, anti-oxidant, anti-fungal, against liver fattening, to treat wounds, as a hypotensive, anti-arthritis, and anti-gout (Nahida and Siddiqui, 2012). Some studies report positive outcomes by mastic oil in prevention and treatment of some types of cancer, as well as treatments for peptic ulcer and *helicobacter* (Chadzopulu et al., 2011)

Mastic tree may be economically utilized for an average of 50 years. Mastic tree, which has been produced in Chios for a very long time, has an important place in the economy of the island. The legislation in place in Greece contains provisions to control mastic production and market. In the hands of the producers' union in the island which has almost a monopoly in the world, mastic production has increased exponentially, therefore leading to growth in the island's economy.

### 1.4. Mastic production process

Chios is a small island in the Aegean Sea 8 km far from Çeşme coast of Turkey. Tourism, maritime and especially mastic production are important economic sectors in the island. The island has an 850 km<sup>2</sup> of land with 50 km of the longest length and 30 km of the widest width. The island has a mountainous geography and limited fresh water resources. The vegetation in the south of the island usually consists of mastic trees. The north is covered by *Pinus brutia*. Forests were considerable harmed in the forest fire on the island in 2012. Mastic production was under the control and supervision of the state also in periods of Ottoman rule. As the new generation prefers tourism and service sectors, there are concerns in the island regarding the future of mastic production.

Chios and the mentioned districts of İzmir were visited in order to see mastic production on the scene and converse with producers and local officials, and some information was collected. The following information was obtained as a result of meetings with the producers and local residents:

While most trees provide 250 grams of the product at most, a yield of 400-500 grams may be obtained per tree from the trees in the southern part of the island. Since 1997, the product has been categorized among the products of Protected Designation of Origin (PDO) by the EU. PDO is an indicator belonging to an agricultural product or food originating from a region, or exceptionally, a country. PDO is a protective measure defining a product whose quality or fundamental characteristics originate partly or entirely from a specific geographical region, natural conditions of that region and its human capital, or a product whose production, processing and preparation are achieved in the same region. This indicator not only certifies the quality of the product, but also provides price advantages against competitor products.

Mastic production technique has not changed a lot since the ancient times. As the mastic tree is a complacent species, it is able to continue its development in bad soil conditions, enduring dry environment. Some studies report that it is resistant against the salt in sea water. However, the tree is sensitive against cold and frost. Therefore, mastic trees are found rather on southern slopes that get abundant sunlight.

Locals describe mastic production like the following:

Mastic trees are pruned in winter months to give shape to the tree and collect the dripping resin easily. In the same periods, the area is superficially plowed. As the tree's roots are close to the surface, deep plowing is avoided. In the beginning of the summer, the area below the trees where the mastic will drip is levelled and the soil is compressed. In the next stage, in order to prevent the mastic from falling on the soil and losing its quality, calcium carbonate is spread under the tree (locals call it white soil) (Figure 2). In July, the trunk and thick branches are dashed in the length of 10-15 mm and depth of 2-3 mm. Based on the tree's age, 20-100 cuts are opened during 6-8 weeks. The mastic leaking from these cuts are dried on the white soil for up to 1 month. The dried drops of mastic are collected in the early hours of morning starting from the middle of August, and cleaned off dust and other impurities. They are stored in a dry and chilled environment in wide wooden containers. Drops remaining on the ground and the trunk of the tree are collected in the middle of September after the

weather cools down. Starting with November, cleaning of the drops is done by small knives with the contribution of family members, and the drops are washed. After this stage, products are handed to the Mastic Producers Union for sale.



Figure 2. Calcium carbonate is spread under the tree.

## 2. Materials and Methods

This study was conducted in Çeşme, Urla and Karaburun, which are western districts of the province of İzmir. The region was visited 4-5 times, the data to be used in economic analysis were collected and local residents and producers were interviewed in the years 2015-2016. Up to date costs were collected and availability of suitable land was investigated in order to calculate production costs in the field. With this purpose, cost factors such as m<sup>2</sup> or 1000 m<sup>2</sup> cost of the land to be used for production, land preparation, soil processing (by 1000 m<sup>2</sup>) and fencing costs, per 1000 m<sup>2</sup> cost if there is a need for irrigation, fertilization costs, sapling cost and planting distance, and annual labor cost were collected.

Methods that account for the time value of money were used for the economic analysis. These methods are based on the principle of degrading future cash inputs and outputs down to today based on a certain rate of discount (Daşdemir, 2015, 2012; Türker, 2013; Gedik et al. 2005; Klemperer, 1996; Anbar and Alper, 2009). It was seen in the interviews with relevant people that they expected at least 20% annual profit from this investment. Therefore, the discount rate was taken as 20%. This investment would provide production for an average of 50 years. At the same time, the discount interest rate of the Central Bank of Republic of Turkey (CBRT) is 9% in the year of the study. This ratio was also used in the calculation.

In Discounted Payback Period Method, the values of cash inputs this project will provide during its life span discounted to the present based on a certain discount rate, is matched with the amount of investment. The year the discounted values are equal

to the amount of investment gives the Payback Period (Anbar and Alper, 2009).

$$\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+k)^t} = \frac{NCI_{n+1}}{(1+k)^{n+1}} + \frac{NCI_{n+2}}{(1+k)^{n+2}} + \dots$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{NCI_t}{(1+k)^t} \geq 0 \rightarrow 0 = -C + \sum_{t=0}^p \frac{NCI}{(1+k)^t}$$

Formula 1: Discounted Payback Period Method

In this formula;

C: Investment Amount

NCI: Net Cash Input

k: Discount Rate

t: Time

This method provides more reasonable results in comparison to the Payback Period method that does not account for the time value of money.

Net present value and equivalent annual cost are two discounted cash flow criteria for comparing investment proposals (Jones and Smith, 1982; Daşdemir, 2012).

$$NPV = \frac{R_1}{(1+k)^1} + \frac{R_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+k)^n}$$

$$+ \frac{S}{(1+k)^n} - I$$

$$= \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+k)^t} + \frac{S}{(1+k)^n} - I$$

Formula 2: Net Present Value (NPV) Method

Here;

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ... R<sub>n</sub>= Net Revenues

k= Desired return rate or capital cost

I= Investment cost

n= Economic life-span of the investment

S= Salvage value.

Internal Rate of Return (IRR) Method is the ratio that equalizes cash inputs and outputs in a project. So, it is the discount ratio that makes the investment's NPV zero. The fundamental difference of IRR from NPV is, while cash inputs and outputs are degraded to a certain time in the NPV method using a certain discount rate taken as information, IRR method seeks the discount rate which equalizes the present values of cash inputs and outputs (Anbar and Alper, 2009, Daşdemir, 2012). Assuming a one-year completion time for a project, the formula is like the following:

$$I_0 = \left( \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} \right) + \frac{S}{(1+r)^n}$$

Formula 3: Internal Rate of Return Method

Here;

$r$ : Internal rate of return

$I_0$ = Initial investment amount

$n$ = Economic life-span of the project

$R_i$ = The revenues the project will provide during its economic life-span

$S$ = Salvage value of the project at the end of its economic life-span.

Depreciation was not calculated as no buildings or machines were projected for the project.

### 3. Results and Discussion

An investment has to be made firstly to start production in the study area and some costs should be accounted for in this investment, just like every other investment. In order to determine these costs, the production process was analyzed, management time of the tree was determined, and the costs and revenues for this time were calculated. We will analyze these under the sub-titles of costs and revenues below.

#### 3.1. Production costs

##### 3.1.1. Land cost

1000 m<sup>2</sup> prices of land in the study field, in districts of Urla and Çeşme are around 30-50 thousand TL. This amount is lower in Karaburun. The production will be made either in such lands, or in public property or forested lands in scope of special reforestation permits. Assuming in this study that the production will be made in agricultural areas, average hectare cost of land was taken as 400 thousand TL.

##### 3.1.2. Field preparation and soil processing

Current digging cost for a field of one hectare for 50-60 cm digging and preparation of the place is 8000 TL. As the hoeing process by a tractor costs 3000 TL per hectare, the total soil preparation and processing costs become 11000 TL.

##### 3.1.3. Fencing cost

Animal harm possibility of the mastic tree is low. Fenced mastic tree gardens were not seen in Chios. Therefore, this cost item was ignored in order to avoid increasing the costs.

#### 3.1.4. Irrigation cost

One of the factors increasing success is the indispensable irrigation process in the first and second vegetation periods after plantation. There is no need for irrigation after this point. We did not see a garden with an installed irrigation system in Chios. In the first year, irrigation may be made once a week from April to the end of August, and it may be reduced to once in every ten days in the second year. Thus, 20 occasions of irrigation in the first year, and 15 in the second year will be sufficient. Irrigation will be made by a water tanker. As it will be done for two years during the time of management, digging a well is not economical. It is expected that a tanker of 10-12 tons will be able to irrigate a 1000 m<sup>2</sup> of land. As the ton of water costs 10 TL, the total cost of water will be 1000-1200 TL. As the tanker will be kept busy during irrigation, this cost item is projected to be around 2500 TL.

#### 3.1.5. Sapling cost – planting distance

The planting interval was seen to be in the form of 2x7 m, 2x5 m, and 3x4 m in Chios. More frequent placement was seen in young stands, while less frequent plantation was seen in old stands. Planting the stand sparsely may be preferable as it increases mastic yield and allows placement of a second product between trees as an agroforestry implementation. However, this requires an economic analysis for a second product and is a subject of another study. In this study, planting interval was taken as 3x4 m. In this case, 825 saplings will be used per hectare. Saplings are sold in the island for 10-15 € / piece. They are sold for 80-100 TL / piece in our country, which makes the cost per 1000 m<sup>2</sup> for an average 90 TL / piece price 74,250 TL.

#### 3.1.6. Labor

Labors costs should be assessed under three distinct categories in this production system. The first is the labor costs in the stage of establishment; the second is the annual costs of labor, and the third is the seasonal costs of labor. The highest labor costs are the ones in the stage of establishment. In this stage, labor costs will be born from preparation of soil, sapling plantation and irrigation. It was calculated that a total of 90 days and two workers will be needed in the stage of establishment. Current daily cost of one worker is 100 TL. In this case, 90x2x100 = 18,000 TL is the labor cost in the establishment stage. The second category of labor costs includes the cost of yearly maintenance and

product harvest. This will be done annually for a month by two workers. In this case  $30 \times 2 \times 100 = 6,000$  TL is the annual labor cost. While produce will start to come out by the sixth year, it was projected that the same cost will be born starting from the first year because of the increased intensity of maintenance in these periods. Third labor cost item is pruning costs. Pruning is recommended for once every six years in order to achieve formation of the tree, reach of sunlight to trunks and ease of working with the tree for trees that are prone to dead wooding. The first pruning will be done in the sixth year where the product will be received, and it will be repeated every six years from there on. The pruning process may be dealt with in a week by a worker who is an expert in this subject. Thus, pruning labor cost is around 1,000 TL for once every six years.

### 3.2. Revenues

The fundamental revenue of this project is the annual revenue that will be received from the mastic starting with the sixth year. It is reported in the literature that each tree provides 60-250 grams of product annually. It was previously stated that 400-500 grams may be reached in southern slopes and good site index in the island. It is stated by producers that 300-400 grams have been reached in trial productions in the Çeşme area. In this study, it will be assumed that 300 grams of product will be received from each tree. It was previously calculated that there are 825 trees in a hectare. Accordingly, cash flow accounts are shown in Table 1.

Table 1. Cash flow of the project.

	Revenue (TL/year/1000 m <sup>2</sup> )	Costs (TL/year/1000 m <sup>2</sup> )
Harvest revenue	81,000	
Salvage value#	6,000	
Land cost		400,000 (only in establishment)
Field preparation		11000 (only in establishment)
Irrigation		2500+2500 (first two years)
Sapling cost		74250 (at start of each period)
Labor		
Establishment stage		18000 (at start of each period)
Annual labor		6000 (starting with 6th year)
Pruning		1000 (once in every 6 years)

# Value of the wood obtained at the end of the time of management.

In this case  $825 \times 300 = 247500$  grams, that is, 248 kg of product will be obtained from a hectare of land. These products are called *pitta*, *teardrop*, *small teardrop* based on their sizes. On average, every 100 grams contain 11 grams of *pitta*, 27 grams of *teardrop*, and 62 grams of *small teardrop* (Anonymous, Undated). As the quality and price of the product changes based on its size, the product price was taken as 100 € / kg, whereas the market prices are between 100 and 125 €. Price by kg sometimes reaches up to 180 € in Chios based on demand. It may be projected that the price will partly drop when production starts in our county and the supply increases in competition with the products of Chios. Therefore, the price was preferred in the lower limit of 100 € / kg. 24,800 € revenue by 1000 m<sup>2</sup> will be achieved in this price point. The value of this product is around 81,000 TL in the current exchange rate. At the end of the time of management, during the reforestation of the stand, wood will also be obtained. An average of 25-30 tons of wood is obtained from 825 trees with a diameter of 20 cm. The value of this wood is 5000-6000 TL with market prices.

Total costs in the beginning of the period amount to 490 thousand TL. Net annual revenue was calculated to be 75 thousand TL (74 thousand TL with pruning costs every 6 years), and the net present value was calculated as 374,455.97 TL with the discount rate of 20%. (Table 2). This amount is calculated for the minimum profitability expectation of 20%. Net Present Value is calculated 820,752 TL for CBRT Interest Rate of 9%.



Table 2. Cumulative sum of cash flows based on the discounted payback period method.

Years	NCI	PV of 1 i=20%	PV of NCIs	NCI Cumulative Sum
1	75000	0.833	62500	
2	75000	0.694	52083	114583
3	75000	0.579	43403	157986
4	75000	0.482	36169	194155
5	75000	0.402	30141	224296
6	74000	0.335	24782	249078
7	75000	0.279	20931	270009
8	75000	0.233	17443	287452
9	75000	0.194	14536	301988
10	75000	0.162	12113	314101
11	75000	0.135	10094	324195
12	74000	0.112	8300	332495
13	75000	0.093	7010	339505
14	75000	0.078	5841	345346
15	75000	0.065	4868	350214
16	75000	0.054	4057	354271
17	75000	0.045	3380	357651
18	75000	0.038	2780	360431
19	74000	0.031	2316	362747
20	75000	0.026	1956	364703
45	75000	0.000	21	..
46	75000	0.000	17	..
47	75000	0.000	14	..
48	75000	0.000	12	..
49	74000	0.000	10	..
50	75000	0.000	8	374456

NCI: Net Cash Input, PV: Present Value

Mastic growing is a traditional way of production that had been followed for long years in the study area of western districts of İzmir until the beginning of the century. This production style was interrupted as a result of international political developments in the beginning of the century, and now production does not exist in almost anywhere in our country. There are recent attempts by the Ministry, civil society organizations like TEMA and local initiatives towards pursuing this production in the region. As the market prices, demand and added value of mastic products are high, some scientific studies are being conducted in order to increase the prosperity of local residents by producing this tree from the slip. However, there are no studies focusing on the economic analysis of this production form. Land rent is considerably high as the region has an economy based generally on tourism. Therefore, it is important to investigate whether mastic production is economical or not according to alternative usage forms, in order to use resources economically and efficiently.

According to the calculations made, the total costs to be considered in the beginning of the period would be 490 thousand TL; net annual revenue would be 75 thousand TL (74 thousand TL considering the pruning costs every 6 years), and net present value with 20% discount rate would be

374,455.97 TL. Net Present Value is calculated 820,752 TL for CBRT Interest Rate of 9%. On the other hand, according to the calculation made using the internal rate of return method, the IRR was found to be 15%. According to the Discounted Payback Period method, it was determined that the investment cannot reach its break-even point during its economic life-span.

Although NPV seems to be acceptable for 9% (820,752 >490,000) producers will not accept 9% as they expect at least 20% profitability. Moreover the IRR must be at least 15% as mentioned above. Consequently, in the analyses conducted for the districts of Çeşme, Urla and Karaburun, which are the fields of research here, it was seen that mastic production in the region is not economically feasible as the Net Present Value was found negative (374,456 TL <490,000 TL) and the Internal Rate of Return was found lower than expected.

#### 4. Conclusions

The mastic product attracts demand in the international market as a product with a high added value. As the producers in Chios in Greece, which may be counted as the only producer in the world, are well-organized, and the rules of both production and marketing are heavily regulated by the Producers Union, the island's position of monopoly in mastic production continued up to our day. Therefore, it may be argued that there is a price of monopoly conditions on the product. As spreading this production style in neighbor country will increase the supply of the product, a decrease in prices may be expected because of the disruption of the monopolistic production form of Chios. Increasing supply with a constant demand in competition conditions leads to a decrease in price. In this case, it should be expected that the existing prices will fall after producing mastic in Turkey. The product prices used in this study were current prices. Therefore, the calculations were made using current prices. Even in the current conditions, investment is not economical due to the high land rent in the regions that are the field of study. This is because there is no possibility to decrease the cost of land, which is the highest cost item, due to the tourism activities in the region. It may be argued that land rent will decrease as we move from the coast to the inner areas. However, this will be ignored due to two reasons. Firstly, forest areas start from the coastal areas to the inner regions. Secondly, mastic tree does not grow on every altitude and slopes because of its ecological requirements. Mastic production has a risk of new forest clearing or over utilization of forests.

## Acknowledgement

This Project supported by the Scientific Research Projects Unit of Çankırı Karatekin University. Project Number: OF171215B36.

## References

- Anbar, A., Alper, D., 2009. Yatırım Projeleri Analizi. Ekin Basım Yayın ve Dağıtım. ISBN 978 9944 141 970.
- Anonymous, 2019. Sakız Eylem Planı. OGM Odun Dışı Ürün ve Hizmetler Daire Başkanlığı Yayını. Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Sak%C4%B1z%20Eylem%20Plan%C4%B1.pdf>. Accessed on 10.12.2019.
- Boztok, Ş., 2007. Doğal Sakız Bitkileri (*Pistacia lentiscus* L.)'nin Ekonomiye Kazandırılması. Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yayın Bülteni No: 51, ISSN 1300-3518.
- Browicz, K., 1987. *Pistacia lentiscus* cv. *Chia* (Anacardiaceae) on Chios island. *Plant Systematics and Evolution*, 1-4, 189-195.
- Chadzopulu, A., Koukouliata, A., Theodosopoulou, E., Adraniotis, J., 2011. Unique mastic resin from Chios. *Prog Health Sci*, 1, 131-135.
- Coppen, J. J., 1995. Gums, resins and latexes of plant origin. FAO. ISO 690
- Daşdemir, İ., 2012. Orman Mühendisliği İçin Planlama ve Proje Değerlendirme (2. Baskı). Bartın Üniversitesi Yayın No: 6, Orman Fakültesi Yayın No: 4, ISBN 978-605-60882-4-7, 169 s., Bartın.
- Daşdemir, İ., 2015. Ormançılık İşletme Ekonomisi (3. Baskı). Bartın Üniversitesi Yayın No:10, Orman Fakültesi Yayın No:6, 407 s., Bartın.
- Deidda, P., Mulas, M., 2004. Cultivation and multipurpose value of Mediterranean plants [Sardinia]. *Italus Hortus* (Italy).
- Gedik, T., Akyüz, K.C., Akyüz, İ., 2005. Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi (İç Karlılık Oranı ve Net Bugünkü Değer Yöntemlerinin İncelenmesi). *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi* Yıl: 2005 7(7).
- ITIS, 2016. The Integrated Taxonomic Information System. [http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=506468](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506468). Accessed 08.11.2016.
- Jones, T. W., Smith, J. D., 1982. An historical perspective of net present value and equivalent annual cost. *The Accounting Historians Journal*, 1, 103-110
- Klemperer, W. D., 1996. Forest Resource Economics and Finance. McGraw-Hill Inc..
- Nahida, A., Siddiqui, A. N., 2012. *Pistacia lentiscus*: A review on phytochemistry and pharmacological properties. *Int J Pharm Pharm Sci*, 4, 16-20.
- Padulosi, S., Ager, H., Frison, E., 1995. Report of the IPGRI workshop on conservation and use of underutilized Mediterranean species, 28-30 March 1994, Bari, Italy. IPGRI, Rome.
- Parlak, S., Albayrak, N., 2011. Sakız (*Pistacia lentiscus* var. *chia*)'ın Aşılama Yoluyla Çoğaltılması. Ege Ormançılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten, (49).
- Perikos, G., 1993. Chios gum mastic. ISBN: 978-9608500938.
- Theocharopoulou, S. P., Karayianni-Christou, M., Trikatsoula, A., Nikolaou, T., Aggelides, S., 1996. Soil characteristics and nutritional survey of the mastic tree (*Pistacia lentiscus*, var *chia*) on the island of Chios in Greece. *Agricultura Mediterranea*, 126, 369-376.
- Türker, M., F., 2013. Ormançılık İşletme Ekonomisi. Ormançılık ve Tabiatı Koruma Vakfı Yayın No: 5. ISBN 978 605 85748 09. 2. Baskı. Trabzon 2013.

## Asarkaya Kızılçam Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi<sup>x</sup>

M. Şenyurt<sup>1</sup>, M. Ümit<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200 ÇANKIRI

<sup>2</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 18200, ÇANKIRI

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 30 Temmuz 2019

Kabul Tarihi : 30 Aralık 2019

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
msenyurt@karatekin.edu.tr

### ÖZ

Bu çalışmada, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Asarkaya Orman İşletme Şefliği içerisinde yer alan kızılçam meşcerelerindeki ağaçların hacim denklemlerini modellemek üzere tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Tek girişli hacim denklemleri için 6 ve çift girişli ağaç hacim denklemleri için ise 27 farklı fonksiyon, tahminin standart hatası ( $S_{yx}$ ), ortalama hata ( $\bar{D}$ ), ortalama mutlak hata  $|(\bar{D})|$ , toplam hata yüzdesi ( $TH$ ) ve ortalama mutlak hata yüzdesi ( $OMH$ ) değerleri ve belirtme katsayısı ( $R^2$ ) olmak üzere 6 adet başarı ölçütüne göre karşılaştırılmıştır. Bu ölçütlere göre seçilen en başarılı tek girişli hacim fonksiyonuna ilişkin uygunluk ölçütleri,  $OH= 8,77 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ,  $OMH= 0,0721 \text{ m}^3$ ,  $R^2= 0,9410$ ,  $S_{yx} = 0,1197 \text{ m}^3$ ,  $OMHY= \% 11,2465$ ,  $THY= \% 2,96 \times 10^9$  olarak hesaplanmıştır. En başarılı çift girişli hacim fonksiyonuna ilişkin uygunluk ölçütleri ise;  $OH= 0,0052 \text{ m}^3$ ,  $OMH = 0,0723 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,9402$ ,  $S_{yx} = 0,1204 \text{ m}^3$ ,  $THY = \% 0,8142$ ,  $OMH = \% 11,2666$  olarak hesaplanmıştır. En başarılı denklem olarak belirlenen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin çalışmaya konu bölgedeki kızılçam ağaçları için uygunluğu bağımsız bir veri grubu ile test edilerek  $p < 0,05$  önem düzeyi ile uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tek girişli ağaç hacim denklemleri, Çift girişli ağaç hacim denklemleri, Regresyon modelleri, Kızılçam.

## Single and Double Entry Tree Volume Tables for Asarkaya Turkish Pine Stands

### ABSTRACT

In this study, the single and double entry volume equations were developed for Turkish Pine [*Pinus brutia* Ten.] trees located in Antalya Forest Enterprise, Antalya Forest District Directorate. The six functions for single entry volume equations and twenty-seven functions for double entry volume equations were compared by using six fitting performance criteria, i.e. standard deviation of residuals, average residuals or bias, average absolute residuals, percentage total error, percentage of absolute mean error and the coefficient of determination. The performance criteria for best fitted single and double entry tree volume equations were  $MSE= 8,77 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ,  $RMSE= 0,0721 \text{ m}^3$ ,  $R^2= 0,9410$ ,  $S_{yx} = 0,1197 \text{ m}^3$ ,  $RMSE (\%)= \% 11,2465$ ,  $PTE= \% 2,96 \times 10^9$  for single entry volume equation and  $MSE= 0,0052 \text{ m}^3$ ,  $RMSE = 0,0723 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,9402$ ,  $S_{yx} = 0,1204 \text{ m}^3$ ,  $PTE = \% 0,8142$ ,  $PAME = \% 11,2666$  for double entry volume equation. The best predictive single and double entry volume equations were decided to be appropriate at 0,05 significant levels for the studied Turkish pine trees by testing independent data.

**Keywords:** Single entry volume equations, Double entry volume equations, Regression models, Calabrian pine.

*Bu makaleye atf:*

Şenyurt, M., Ümit, M., 2019. Asarkaya Kızılçam Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 5(2): 108-116.

## 1. Giriş

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ülkemizde orman ağacı türlerine göre, yayılış alanı olarak 5,4 milyon hektar ile ilk sırada gelmektedir. 270 milyon metreküp hacim ile de karaçamdan sonra gelen asli ağaç türümüzdür. Ayrıca, iğne yapraklı ormanlarda yıllık toplam üretimi içerisinde %39'luk odun üretimi ile ön sırada yer almaktadır (Anonim, 2006; Carus ve Çatal, 2008).

Kızılçam Ormanlarının planlanmasında ve işletilmesinde, ilk aşama orman envanterinin gerçekleştirilmesi ve ormanlar hakkında sayısal bilgilerin elde edilmesidir. Orman envanteri, belirli bir zaman kesitinde üretim sürecine katılan faktörlerin ve oluşan ürün miktarının sayım, ölçüm ve değerlendirme yolu ile saptanması işlemi olarak tanımlanmaktadır (Kalıpsız, 1999). Ağaç serveti envanterinde, farklı tek ağaç özellikleri ölçülmekte, bu ölçümler yardımıyla meşcere orta çapı, orta boyu, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, hacmi ve artımı gibi çeşitli meşcere özellikleri hesaplanmaktadır. Ormanın temel ürünü olan odunun, özellikle hacim veya ağırlık birimi ile ölçülerek piyasaya sunulması nedeniyle, meşcere hacmi ve artımı, diğer özelliklerine göre öne çıkmaktadır. Meşcere hacmi olarak ölçülen ağaç serveti, orman işletmelerinden elde edilen ana ürün olarak orman işletmelerinin sermayesinin önemli kısmını oluşturmaktadır (Yeşil, 1992; Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Kapucu, 2004).

Ormanların envanterinde, en önemli ölçüm bileşenlerden birisi de ormanların ekonomik yönünü oluşturan ağaç serveti tahminidir. Çünkü orman işletmelerinin gelirinin büyük bir kısmını ağaçlardan elde edilen odun ürünlerinin satışı oluşturmaktadır (Fırat 1973; Kalıpsız, 1999). Bu önemi ile birlikte ağaçların hacimlerini tahmin etmek üzere çok farklı yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Farklı bir çok yöntem ve yaklaşımın geliştirilmesinin temel nedeni ise; ağaç gövdelerinin silindir, parabolit, koni ve nayloit gibi bilinen geometrik şekillerde olmaması ile standart yöntemlerle ağaç hacmini doğrudan hesaplamının mümkün olmamasıdır (Yavuz ve ark., 2002). Tüm farklı yöntemler içinde uygulamada ağaç hacim denklemleri ve tabloları; pratik açıdan daha elverişli olduklarından tercih edilmektedir (Kalıpsız, 1984; 1999).

Ağaç hacim denklemleri istatistik biliminin bir konusu olan regresyon analizi ile elde edilmektedirler. Ağaç hacim denklemleri, içerdikleri bağımsız değişken sayısına göre; tek girişli (sadece göğüs çapı içeren), çift girişli (göğüs çapı ve ağaç boyu içeren) ve çok girişli (göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak ağaç boyunun belirli bir oranına (örneğin % 30) karşılık gelen yükseklikteki gövde çapı ya da yerden 7 metre yüksekliğindeki gövde

çapı gibi üç ya da daha çok değişken içeren) olarak üç sınıfa ayrılmaktadır (Kapucu ve ark., 2002). Ağaç hacim denklemleri kullanıldıkları alan bakımından ise “Yöresel (Lokal) Ağaç Hacim Denklemleri”, “Bölgesel Ağaç Hacim Denklemleri” ve “Genel Ağaç Hacim Denklemleri” olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Kapucu vd., 2002). Meşcerelerdeki hacim gelişimini temsil etmek üzere elde edilen veriler kullanılarak ağaç hacim denklemlerinin düzenlenmesinde; ağaçların hacimlerinin, göğüs çapı ya da boyuna göre modellenmesi söz konusu olup, bunun için ‘Grafik Yöntem’ ya da istatistiksel bir yöntem olan ‘Regresyon Analizi’ yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Yavuz ve Şentürk, 1997).

Ülkemizde asli ağaç türleri için birçok ağaç hacim denklemleri ve tabloları düzenlenmiştir. Meşe (Eraslan, 1954), Anadolu karaçamı (Gülen, 1959; Kalıpsız, 1963), Doğu kayını (Kalıpsız, 1962), Toros sediri (Evcimen, 1963), Okaliptus (Fırat ve Kalıpsız, 1963; Özkurt, 2000) hacim tablolarının oluşturulmasında grafik metotlar kullanılmıştır. Gökmar (Miraboğlu, 1955), Sarıçam (Erkin, 1956; Alemdağ, 1967; Pehlivan, 2010; Şenyurt, 2011, Ölmez, 2018), Kızılçam (Alemdağ, 1962), Doğu ladini (Akalp, 1978), Karakavak (Birler ve Yüksel, 1983), Kazdağı göknarı (Asan, 1984), Gökmar (Saraçoğlu, 1988, Sakıcı ve Yavuz, 2003), Kızılağaç (Saraçoğlu, 1998), Dişbudak (Yavuz ve Şentürk, 1997), Sarıçam-Uludağ göknarı-Doğu kayını değişik yaşlı karışık meşcereleri (Durkaya, 2004), Titrekavak (Bayburtlu, 2007), Sahil Çamı (Ercanlı ve ark., 2008), Kızılçam (Kahriman ve ark., 2017), Sedir (Özçelik ve Çevlik, 2017), Karaçam (Sakıcı ve ark., 2018) gibi çeşitli ağaç türleri için ağaç hacim denklemlerini istatistiksel bir analiz olan regresyon analizi yöntemi ile geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Asarkaya Orman İşletme Şefliği’nde yayılış gösteren Kızılçam için tek ve çift girişli yöresel ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

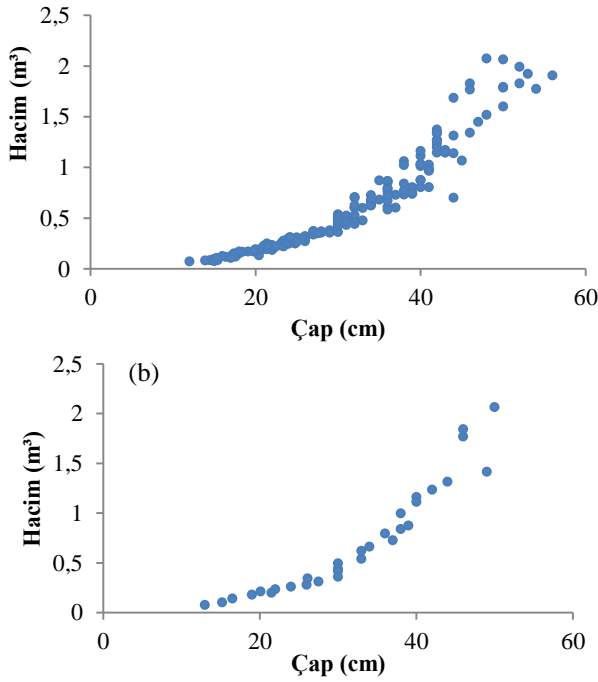
Bu çalışmada, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Asarkaya Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Kızılçam meşcerelerinden 206 adet örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır. Ağaçların farklı çap ve boy baamaklarında olmalarına dikkat edilmeye çalışılmıştır. Örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0,3 m) kesilmiş ve 0,3 m, 1,3 m, 3,3 m gibi, 2 metre ara ile gövde çapları ölçülmüştür. Gövde boyunca, öncelikle dip kütük yüksekliği (0,3 m) ve göğüs yüksekliği (1,3 m) çapları ölçülmüş, daha sonra tepe ucuna kadar 2 m aralıklarla (3,3, 5,3,

7,3, ... m'lerde) gövde çapı ölçümleri yapılmıştır. Ağaçların boyu da şerit metre yardımıyla ölçülmüştür. Çizelge 1'de örnek ağaçlarla ilgili istatistiksel bilgiler verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler.

	Göğüs çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )
Minimum	12,0	7,0	0,0709
Maksimum	56,0	22,8	2,0727
Ortalama	31,6	13,8	0,6516
Standart sapma	9,87	3,74	0,49

Veriler, ağaç hacim fonksiyonlarının parametrelerinin tahmininde ve bu fonksiyonların meşçereye uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler olmak üzere rasgele iki gruba ayrılmıştır, I. grupta, toplam verinin yaklaşık % 85'i (n=175), II. grupta ise yaklaşık % 15'i (n=31) bulunmaktadır. Bu verilere ait çap boy grafikleri şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Hacim denklemlerinin geliştirilmesinde (a) ve denetiminde (b) kullanılan verilerin göğüs çapı-hacim ilişkisi.

Ağaçların hacimleri, dip kütük, seksiyon ve uç parça olmak üzere üç temel bölümde hacimlendirilmiş, bu bölümlere ilişkin hacim değerleri toplanarak toplam gövde hacmi elde edilmiştir. Dip kütüğün silindir, uç parçanın ise koni şeklinde olduğu varsayılarak hacim hesapları yapılmıştır. Seksiyonlar Smalian formülü ile hacimlendirilmiştir.

$$\text{Dip kısım için; } V_{dip} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0,3}^2 \cdot 0,3 \quad (1)$$

$$\text{Uç kısmı için; } V_{uç} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{uç}^2 \cdot h_{uç} \quad (2)$$

$$\text{Smalian formülü; } V_{seksiyon} = \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{d_0^2 + d_n^2}{2} \right) \cdot l \quad (3)$$

Literatür incelendiğinde, tek ve çift girişli pek çok hacim fonksiyonu bulunduğu görülecektir. Bu çalışmada çeşitli kaynaklardan (Şentürk, 1997; Yavuz ve Saraçoğlu, 1999) sağlanan tek girişli hacim fonksiyonları için 6 (4-9 no'lu denklemler) ve çift girişli ağaç hacim fonksiyonları için 27 (10-36 no'lu denklemler) farklı hacim fonksiyonu kullanılmıştır. Bu denklemlere ilişkin katsayılar, katsayıların önemlilik düzeyleri ve diğer istatistiklerin hesaplanmasında SPSS 15,0 adlı paket program kullanılmıştır (SPSS 15.0 Inc, 2006).

Tek girişli ağaç hacim fonksiyonları;

$$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 \quad (4)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 \quad (5)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 / d \quad (6)$$

$$\log V = \log b_0 + b_1 \cdot \log d \quad (7)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot d^{-1} \quad (8)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot (\log d)^4 \quad (9)$$

Çift girişli ağaç hacim fonksiyonları;

$$V = b_1 \cdot d^2 \cdot h \quad (10)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 \cdot h \quad (11)$$

$$V = b_0 + b_1 \cdot d^2 + b_2 h + b_3 \cdot d^2 \cdot h \quad (12)$$

$$V = d^2 (b_1 + b_2 h) \quad (13)$$

$$V = b_1 d^2 + (b_2 h + b_3 dh + b_4 d^2) h \quad (14)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + (b_3 + b_4 d + b_5 d^2) h \quad (15)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + (b_3 d + b_4 d^2) h \quad (16)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 (\log d)^2 + b_3 \log h + b_4 (\log h)^2 \quad (17)$$

$$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h^2 + b_3 dh^2 + b_4 d^2 h \quad (18)$$

$$V = b_1 d + b_2 d^2 + b_3 h + b_4 dh + b_5 d^2 h \quad (19)$$

$$V = b_1 d + b_2 d^2 + b_3 dh + b_4 d^2 h \quad (20)$$

$$V = b_1 d^2 + b_2 h^2 + b_3 dh^2 + b_4 d^2 h^2 \quad (21)$$

$$V = b_1 dh + b_2 d^2 h \quad (22)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (1/d) \quad (23)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log d)^4 \quad (24)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 (\log d)^4 + b_3 \log h + b_4 (\log h)^4 \quad (25)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 d^2 + b_3 \log h \quad (26)$$

$$\log V = b_0 + b_1 d + b_2 h + b_3 d^2 + b_4 h^2 + b_5 dh^2 + b_6 d^2 h \quad (27)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h) \quad (28)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \cdot \log d + b_2 \cdot \log h \quad (29)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log h)^2 \quad (30)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log h)^4 \quad (31)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (1/h) \quad (32)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 d^2 \quad (33)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 d^2 h \quad (34)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 h^2 \quad (35)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 dh^2 \quad (36)$$

En iyi sonucu veren fonksiyonun belirlenmesi için, altı adet uygunluk ölçütünden faydalanılmıştır. Bunlardan tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerinin küçük, belirtme katsayısı değerlerinin ise büyük olması durumunda başarılı hacim tahminleri elde edilmektedir. Bu farklı hacim denklemlerinden, ağaçların hacim tahminlerinde en başarılı olan denklemin belirlenmesinde tüm ölçütlerinin kapsayacak biçimde başarı sıralaması yapılmıştır. Tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerine göre en küçüğüne, belirtme katsayısı değerlerinin en büyüğüne 1 sıra numarası verilerek suretiyle sıralama yapılmış, sıra numaraları toplamı, ilgili hacim fonksiyonu için başarı derecesi olarak kabul edilmiştir. En küçük toplam sıra numarasına sahip fonksiyon, en iyi sonucu veren hacim fonksiyonu olarak belirlenmiştir, (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999).

Belirtme Katsayısı;

$$R^2 = 1 - \left( \frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)^2}{\sum (V_i - V_{ort})^2} \right) \quad (37)$$

Tahminin Standart Hatası;

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)^2}{N - p}} \quad (38)$$

Ortalama Hata;

$$OH = \frac{(\sum D)}{N} \quad (39)$$

Ortalama Mutlak Hata;

$$OMH = \frac{(\sum |D|)}{N} \quad (40)$$

Toplam Hata Yüzdesi;

$$THY = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \hat{V}_i - \sum_{i=1}^n V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (41)$$

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi;

$$OMHY = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{V}_i - V_i|}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (42)$$

N: veri sayısı, p: parametre sayısı,  $D : \hat{V}_i - V_i$ ,  $\hat{V}_i$ : hacim fonksiyonu ile tahmin edilen hacim değeri,  $V_i$ : ölçülen hacim değeri,  $V_{ort}$ : ölçülen ortalama ağaç hacim değeri

Bu ölçütlere göre en iyi sonucu veren hacim denklemleri belirlendikten sonra, bu denklemin çalışma alanındaki kızılçam meşcerelerine uygun olup olmadığı, toplam verinin yaklaşık % 15'sini oluşturan ve tesadüfi olarak belirlenen örnek ağaçlar (31 adet) kullanılarak Bağımlı İki Örneklem T Testi (Paired t test) ile belirlenmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Tek ve çift girişli hacim fonksiyonlarına ilişkin parametrelerin tahmin değerleri, Çizelge 2'de, hacim fonksiyonları ölçüt değerleri ise Çizelge 3'te yer almaktadır. Tüm tek ve çift girişli hacim fonksiyonları;  $p < 0,05$  önem düzeyi ile anlamlı olarak elde edilmiştir. Bu fonksiyonların bazı parametreleri  $p < 0,05$  önem düzeyi ile anlamlı iken, bazıları ise anlamsız elde edilmiştir. Tek girişli hacim denklemlerinde uygunluk ölçütleri dikkate alındığında, en küçük sıra numara toplamına sahip olan 5 no'lu denklem hacim tahminlerinde başarılı sonuçlar vermektedir. En başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi aşağıda verilmiştir.

$$V = 0,186967 - 0,0224d + 0,001062d^2$$

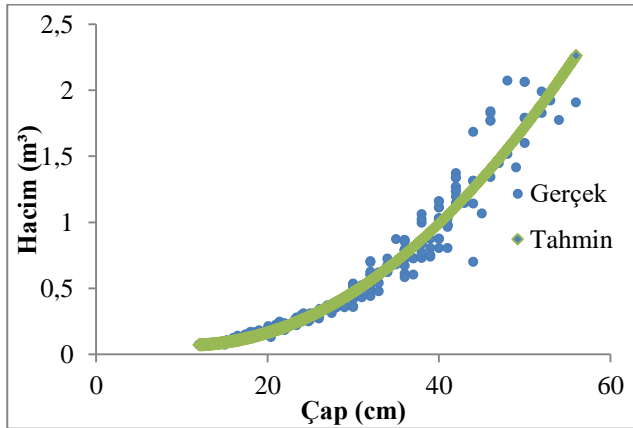
En başarılı tek girişli hacim fonksiyonuna ilişkin uygunluk ölçütleri,  $OH = 8,77 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ,  $OMH = 0,0721 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,9410$ ,  $S_{y.x} = 0,1197 \text{ m}^3$ ,  $OMHY = \% 11,2465$ ,  $THY = \% 2,96 \times 10^9$  olarak hesaplanmıştır.

Çift girişli ağaç hacim fonksiyonun elde edilmesinde, regresyon analizi ile üretilen denklemlerden en başarılı denklem; 27 numaralı denklem olarak belirlenmiştir. Ancak bazı parametreleri anlamsız çıktığı için bu denklem yerine, sıradaki başarı sırasına sahip denklem değerlendirmeye alınmıştır. Yine aynı şekilde sırasıyla 20, 16, 15, 19, 12, 18, 14 ve 21 no'lu denklemler değerlendirmeye alınmış, ancak bazı parametreleri anlamsız çıktığı için kullanılmamıştır. Başarı kriterlerine göre bu denklemlerden sonra gelen 23 no'lu denkleminin tüm parametreleri anlamlı olduğu için en başarılı çift girişli denklem olarak seçilmiştir.

$$\log V = -4,948181 + 2,86296 \cdot \log d + 0,163804 \cdot \log h + 5,846506/d$$

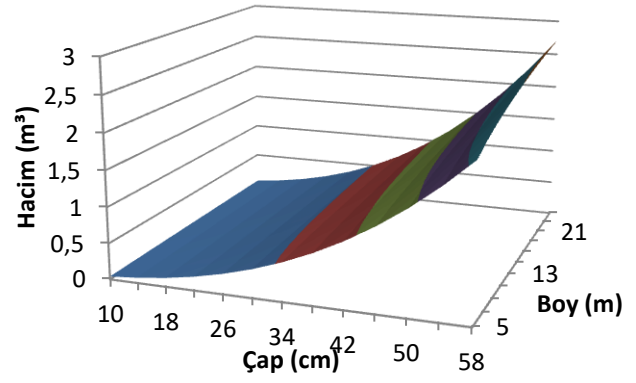
En başarılı fonksiyon olarak seçilen denkleme ilişkin başarı ölçütleri ise;  $OH = 0,0052 \text{ m}^3$ ,  $OMH = 0,0723 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,9402$ ,  $S_{y.x} = 0,1204 \text{ m}^3$ ,  $THY = \%0,8142$ ,  $OMHY = \%11,2666$  olarak hesaplanmıştır.

Şekil 2'de, en başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminlerinin, çapa göre değişimi gösterilmiştir. Şekil 3'te çift girişli ağaç hacim denkleminin çap ve boya göre değişimi yer almaktadır. Şekil 4 ve Şekil 5'te örnek ağaçları için hesaplanan hacim değerlerine göre tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri ile elde edilen tahmin değerleri yer almaktadır.

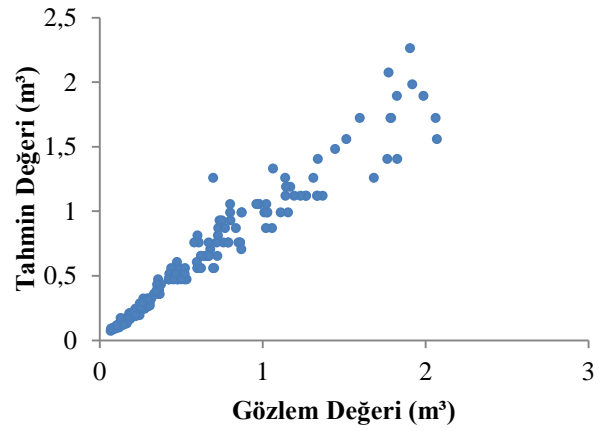


Şekil 2. Tek girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminleri ve arazide gözlemlenen hacim gelişimi.

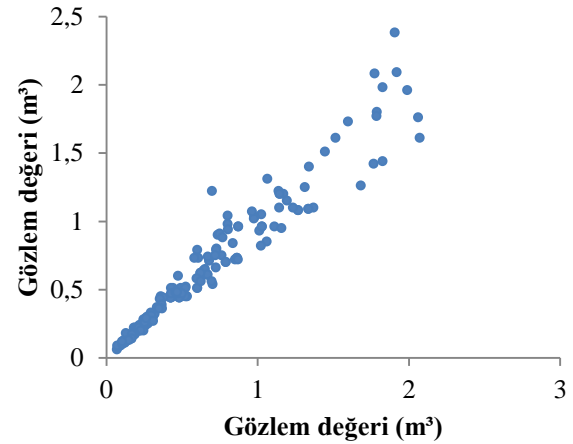
Şekil 3'te, çift girişli ağaç hacim denkleminin çap ve boya göre değişimi yer almaktadır.



Şekil 3. Çift girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminlerinin değişimi.



Şekil 4. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin tahmin değerlerine göre değişimi.



Şekil 5. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin tahmin değerlerine göre değişimi.

Çizelge 2. Tek ve çift girişli denklemlere ilişkin parametre tahminleri.

Model No	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>
Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri							
4	-0,155***	0,001***					
5	0,187*	-0,022***	0,001***				
6	-0,472***	0,001***	5,941***				
7	-3,966***	2,464***					
8	-5,163***	3,097***	7,428***				
9	-3,229***	1,778***	0,055***				
Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri							
10		3,52x10 <sup>-5</sup> ***					
11	0,059***	3,32x10 <sup>-5</sup> ***					
12	0,076 <sup>ns</sup>	0,0004***	-0,013*	1,9x10 <sup>-5</sup> ***			
13		0,0003***	1,9x10 <sup>-5</sup> ***				
14		0,0004***	-0,001 <sup>ns</sup>	1,38x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	1,54x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>		
15	0,359 <sup>ns</sup>	-0,019 <sup>ns</sup>	0,001**	-0,031 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	8,82x10 <sup>-7</sup> <sup>ns</sup>	
16	-0,008 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	-0,0005 <sup>ns</sup>	2,2x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>		
17	-3,140***	0,485 <sup>ns</sup>	0,650**	1,019 <sup>ns</sup>	-0,378 <sup>ns</sup>		
18	0,015 <sup>ns</sup>	0,0004***	-0,0001 <sup>ns</sup>	1,8x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	1,5x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>		
19		0,002 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	-0,004 <sup>ns</sup>	-0,0004 <sup>ns</sup>	2,2x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	
20		0,0002 <sup>ns</sup>	0,0005**	-0,0005 <sup>ns</sup>	2,14x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>		
21		0,001***	-0,001 <sup>ns</sup>	2,03x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	3,69x10 <sup>-7</sup> <sup>ns</sup>		
22		0,0002 <sup>ns</sup>	3,01x10 <sup>-5</sup> ***				
23	-4,948***	2,863***	0,164**	5,847**			
24	-3,834***	1,502***	0,945***	0,033*			
25	-3,562***	1,762***	0,048 <sup>ns</sup>	0,404 <sup>ns</sup>	-0,040 <sup>ns</sup>		
26	-3,770***	2,153***	4,61x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	0,186**			
27	-2,052***	0,058***	0,044 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	-0,003 <sup>ns</sup>	5,61x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>	-1,9x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>
28	-4,088***	0,919***					
29	-4,020***	2,329***	0,223***				
30	-3,925***	2,328***	0,055 <sup>ns</sup>	0,074 <sup>ns</sup>			
31	-3,931***	2,328***	0,118 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>			
32	-4,011***	2,329***	0,217 <sup>ns</sup>	-0,035 <sup>ns</sup>			
33	-3,77***	2,153***	0,186**	4,61x10 <sup>-5</sup> <sup>ns</sup>			
34	-3,845***	2,25***	0,149*	1,42x10 <sup>-6</sup> <sup>ns</sup>			
35	-3,929***	2,327***	0,125 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>			
36	-3,868***	2,29***	0,119 <sup>ns</sup>	2,91x10 <sup>-6</sup> <sup>ns</sup>			



Çizelge 3. Denklemlere ilişkin hesaplanan başarı ölçütleri.

Denklemler No	R <sup>2</sup>	Sıra	S <sub>yx</sub>	Sıra	OH	Sıra	OMH	Sıra	OMHY	Sıra	THY	Sıra	Toplam Sıra
<b>Tek girişli ağaç hacim denklemleri</b>													
4	0,9356	5	0,1250	5	4,57x10 <sup>16</sup>	2	0,0828	6	12,9092	6	2,96x10 <sup>11</sup>	2	<b>26</b>
5	0,9410	2	0,1197	2	8,77x10 <sup>16</sup>	3	0,0721	1	11,2465	1	2,96x10 <sup>11</sup>	1	<b>10</b>
6	0,9412	1	0,1194	1	1,83x10 <sup>16</sup>	1	0,0733	4	11,4266	4	2,96x10 <sup>11</sup>	3	<b>14</b>
7	0,9373	3	0,1233	3	0,0123	6	0,0724	2	11,2844	2	1,9200	6	<b>22</b>
8	0,9361	4	0,1245	4	0,0053	4	0,0729	3	11,3641	3	0,8210	4	<b>22</b>
9	0,9336	6	0,1269	6	0,0053	5	0,0736	5	11,4776	5	0,8297	5	<b>32</b>
<b>Çift girişli ağaç hacim denklemleri</b>													
10	0,9166	27	0,1423	27	0,0234	27	0,1039	27	16,1988	27	3,6540	27	<b>162</b>
11	0,9223	25	0,1373	25	5,7x10 <sup>16</sup>	2	0,1018	25	15,8764	25	2,96x10 <sup>11</sup>	3	<b>105</b>
12	0,9446	1	0,1159	5	6,55x10 <sup>16</sup>	4	0,0754	19	11,7618	19	2,96x10 <sup>11</sup>	5	<b>53</b>
13	0,9384	19	0,1222	19	0,0126	26	0,0841	23	13,1148	23	1,9706	26	<b>136</b>
14	0,9448	4	0,1157	4	0,0005	9	0,0756	20	11,7819	20	0,0819	9	<b>66</b>
15	0,9449	2	0,1156	2	8,6x10 <sup>16</sup>	5	0,0747	17	11,6453	17	2,96x10 <sup>11</sup>	1	<b>44</b>
16	0,9445	8	0,1160	8	5,3810 <sup>16</sup>	1	0,0741	16	11,5479	16	2,96x10 <sup>11</sup>	4	<b>53</b>
17	0,9377	22	0,1229	22	0,0054	11	0,0723	10	11,2707	10	0,8440	11	<b>86</b>
18	0,9448	3	0,1157	3	6,37x10 <sup>16</sup>	3	0,0756	21	11,7954	21	2,96x10 <sup>11</sup>	2	<b>53</b>
19	0,9446	7	0,1159	7	0,0002	7	0,0748	18	11,6598	18	0,0289	7	<b>64</b>
20	0,9445	9	0,1160	9	3,44x10 <sup>5</sup>	6	0,0739	15	11,5292	15	0,0054	6	<b>60</b>
21	0,9446	6	0,1159	6	0,0003	8	0,0765	22	11,9250	22	0,0508	8	<b>72</b>
22	0,9190	26	0,1402	26	0,0094	19	0,1028	26	16,0237	26	1,4649	19	<b>142</b>
23	0,9402	18	0,1204	18	0,0052	10	0,0723	8	11,2666	8	0,8142	10	<b>72</b>
24	0,9424	12	0,1182	12	0,0098	21	0,0716	6	11,1635	6	1,5277	21	<b>78</b>
25	0,9374	23	0,1232	23	0,0060	12	0,0726	11	11,3133	11	0,8536	12	<b>92</b>
26	0,9382	20	0,1224	21	0,0060	14	0,0731	13	11,4016	13	0,9394	14	<b>95</b>
27	0,9485	1	0,1117	1	0,0062	15	0,0682	1	10,6404	1	0,9714	15	<b>34</b>
28	0,9239	24	0,1358	24	0,0086	18	0,0984	24	15,3387	24	1,3365	18	<b>132</b>
29	0,9419	15	0,1187	15	0,0102	24	0,0715	3	11,1523	3	1,5873	24	<b>84</b>
30	0,9422	14	0,1184	14	0,0010	23	0,0716	4	11,1605	4	1,5556	23	<b>82</b>
31	0,9424	13	0,1182	13	0,0098	22	0,0716	7	11,1635	7	1,5277	22	<b>84</b>
32	0,9419	16	0,1187	16	0,0102	25	0,0715	2	11,1512	2	1,5902	25	<b>86</b>
33	0,9382	21	0,1224	20	0,0060	13	0,0731	14	11,4016	14	0,9394	13	<b>95</b>
34	0,9404	17	0,1202	17	0,0069	16	0,0729	12	11,3637	12	1,0710	16	<b>90</b>
35	0,9427	10	0,1179	10	0,0095	20	0,0716	5	11,1608	5	1,4859	20	<b>70</b>
36	0,9424	11	0,1182	11	0,0080	17	0,0723	9	11,2671	9	1,2433	17	<b>74</b>

En iyi sonucu veren hacim denklemleri belirlendikten sonra, bu hacim fonksiyonlarının Asarkaya yöresindeki kızılçam meşcereleri için uygun olup olmadığının denetimi, tesadüfi olarak seçilen ve toplam verinin yaklaşık % 15'ini oluşturan veriler (n=31) ile test edilmiştir. Bunun için Bağımlı İki Örneklem T Testi (Paired t test) uygulanmıştır. Tek girişli denklem için p = 0,121 ve çift girişli için p = 0,094 olarak hesaplanmıştır. Bu bakımdan, bu çalışmada elde edilen tek ve çift girişli

hacim fonksiyonlarının, örnek ağaçların alındığı Asarkaya Kızılçam meşcereleri için istatistiksel olarak uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Asarkaya Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Kızılcım meşcerelerinden ölçülen veriler yardımıyla tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, farklı çap ve boylarda 206 adet ağaçta gövde boyunca çaplar ölçülmüş ve seksiyon yöntemine göre hacimleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu hacimler ile tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri elde edilmiştir. Tek girişli ağaç hacim denklemi için 6 ve çift girişli ağaç hacim denklemi için 27 tane denkleminin parametreleri regresyon analizi ile tahmin edilmiş, elde edilen sonuçlar belirtme katsayısı, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi başarı ölçütlerine göre karşılaştırılarak en başarılı hacim denklemleri belirlenmiştir. Geliştirilen ağaç hacim denklemlerinin verilerin alındığı meşcerelere uygunluğu denetlenmiş ve geliştirilen tek ve çift girişli ağaç denklemlerinin Asarkaya Orman İşletme Şefliği'ndeki kızılcım meşcereleri için uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

En başarılı tek girişli hacim fonksiyonuna ilişkin uygunluk ölçütleri,  $OH = 8,77 \times 10^{16} \text{ m}^3$ ,  $OMH = 0,0721 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,9410$ ,  $S_{y.x} = 0,1197 \text{ m}^3$ ,  $THY = \% 2,96 \times 10^9$ ,  $OMHY = \% 11,2465$  olarak hesaplanmıştır. En başarılı fonksiyon çift girişli hacim fonksiyonuna ilişkin başarı ölçütleri ise;  $OH = 0,0052 \text{ m}^3$ ,  $OMH = 0,0723 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,9402$ ,  $S_{y.x} = 0,1204 \text{ m}^3$ ,  $THY = \% 0,8142$ ,  $OMHY = \% 11,2666$  olarak hesaplanmıştır.

Toplam Hata Yüzdesinin, -%1 ile +%1 arasında ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi değerinin ise %10 ve daha küçük olması istenmektedir (Kalıpsız, 1999). Çalışmamızda oluşturulan tek ve çift girişli hacim denklemlerinin THY değeri %-1 ile %1 arasındadır. Her iki denklem de OMHY değerleri %10'un biraz üzerindedir. Bu çalışmada olduğu gibi özellikle tek girişli hacim tablolarında önerilen ortalama mutlak hata yüzdesinin sağlanması oldukça zordur. Çünkü göğüs çapları eşit olan ağaçlarda, boy ve gövde şekli farklılıkları hacim üzerinde önemli değişimlere neden olmaktadır.

Tek girişli ağaç hacim denklemleri ve ağaç hacim tablolarının kullanımında sadece gövde çapına ihtiyaç varken, çift girişli ağaç hacim denklemlerinde gövde çapına ek olarak ağaç boyunun da ölçülmesi gerekmektedir. Dolayısıyla çift girişli ağaç hacim tablolarından yararlanmak için tek girişli ağaç denklemleri ve hacim tablolarına

göre ağaç boyunun da ölçülmesi gerekmekte ve bu durum da, çift girişli denklemin uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin başarı durumları değerlendirildiğinde, tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin başarı durumlarının, özellikle belirtme katsayısı ( $R^2$ ) ve OMHY değerlerinin, birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu sonuç çalışma alanı olan Asarkaya Orman İşletme Şefliği'nde, yetiştirme ortamı farklılığın belirgin olmaması ile kızılcım ağaçlarında aynı çapa karşılık gelen boy değerlerinin farklılık göstermemesi ve bu bakımdan da hacim tahminlerinde boy değişkeninin etkisinin sınırlı kalması ile açıklanabilir.

#### Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) ormanlarında hasılat araştırmaları. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki kızılcım ormanlarının gelişimi, hasılat ve Amenajman esasları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No, 11, Ankara, 160 s.
- Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletilmesinde takip edilecek esaslar. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No, 20, Ankara, 160 s.
- Anonim, 2006. Orman Varlığımız. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 160 s., Ankara.
- Asan, Ü., 1984. Kazdağı Göknarı (*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, 207 s.
- Bayburtlu, Ş., 2007. Titrek kavak (*Populus tremula* L.) hacim ve bonitet endeks tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Birler, A. S., Yüksel, Y., 1983. Sahil çamı ağaçlandırma meşcerelerinde hasılat araştırması. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayınları, No,25.
- Carus, S., Çatal, Y., 2008. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde 7-Ağaç Örnek Nokta Yöntemiyle Meşcere Ağaç Sayısının Çap Basamaklarına Dağılımının Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2008, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 158-169
- Durkaya, B., 2004. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)- uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)-doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde artım-büyüme ilişkileri. Doktora Tezi, Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın
- Eraslan, İ., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları

Hakkında Araştırmalar, Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 132, 250s. İstanbul.

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. K.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 8, 1, 14-25.

Erkin, K., 1956. Seben muntıkası sarıçamları hacim eğrisine ait tamamlayıcı etütler. İstanbul Orman Fakültesi Dergisi, A, 6, 2, 243-263

Evcimen, B. S., 1963. Türkiye Sedir ormanlarının ekonomik önemi, hasılatı ve amenajman esasları. O.G.M. Yayınları, 355, 16, Ankara.

Fırat, F., Kalıpsız A., 1963. Tarsus-Karabucak ormanları için *Eucalyptus camaldulensis* ağaç hacim tablosu. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 18, Sayı 1, İstanbul.

Fırat, F. 1973., Dendrometri. IV. Baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ. Ü Yayın No, 1800, O. Yayın No, 193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.

Gülen, İ., 1959, Karaçam Hacim Tablosu, İÜ Orman Fakültesi Dergisi, A-9(1), 97- 112.

Kahriman, A. Sönmez, T., Şahin, A., 2017. Antalya ve Mersin Yöresi kızılçam meşcereleri için ağaç hacim tabloları. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1): 9-22.

Kalıpsız, A., 1962. Değişikyaşlı Doğu Kayınında Artım ve Büyüme Araştırmaları, Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 339/7, 112s. İstanbul.

Kalıpsız, A., 1963. Türkiye’de Karaçam meşcerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar. O.G.M. Yayını, İstanbul, 141 s

Kalıpsız, A., 1984, Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No, 3194, O.F. Yayın No, 354, İstanbul, 407 s.

Kalıpsız, A., 1999, Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No,3194/354, İstanbul.

Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U., Mısır, N., 2002. Kestane meşcerelerinin hasılatı ve amenajman esasları. TÜBİTAK TOGTAG-TARP 2229 nolu Proje, Sonuç Raporu

Kapucu, F., 2004. Orman amenajmanı. KTÜ Orman Fakültesi Yay No, 215 / 33, ISBN-975-6983-35-3, 514 sayfa

Miraboğlu, M., 1955. Gökarnalarda şekil ve hacim araştırmaları. T.C. Ziraat Vekaleti, Orman Umum Müdürlüğü, Neşriyat Sıra No,188, Seri No, 5, Yenilik Basımevi, İstanbul, 103 s

Ölmez, K., 2018. Sarıçam ağaçları (*Pinus sylvestris* L.) için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi (Bozalan ve Çubuk yöresi örneği). Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 41 s.

Özçelik, R., Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 18(1): 37-48.

Özkurt, A., 2000. Okalıptüs (*Eucalyptus grandis* W.Hill ex. Maiden) İçin Hacim Tablosu, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi 6, 87-106.

Pehlivan, S., 2010. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 48 s.

Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı Gökarn Meşcereleri İçin Hacim Fonksiyonları. Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:3, No:2, s.219-232.

Sakıcı, O.E., Sağlam, F., Sek, M., 2018. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 20-29

Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Gökarn Meşcerelerinde Artım ve Büyüme, Doktora Tezi İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın, İstanbul.

Saraçoğlu, N., 1998. Kızılagaç (*Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Gövde Hacim Tablosu, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 215-225

SPSS Institute Inc. 2006. SPSS Base 12.0User’s Guide, 680 s.

Şentürk, N., 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subps. *oxycarpa* (Bieb. ExWilld.) Franco&RochaAfonso) gövde hacim ve ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Şenyurt, M. 2011. Batı Karadeniz yöresi Sarıçam meşcerelerinde artım ve büyüme, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 210s.

Yavuz, H. 1995. Uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. KTÜ Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, Fakülte Yayın No,49, 101-106.

Yavuz, H., Şentürk, N., 1997. Dişbudak Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi, İ.Ü. Orman Fakültesi Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Yayın No 4187/458, s.413-424, İstanbul.

Yavuz, H., Saraçoğlu, N., 1999. Kızılagaç için uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, Ek Sayı 5, 1275-1282.

Yavuz, H, Gül, A.U, Mısır, N., Özçelik, R., Sakıcı, O.E., 2002. Meşcerelerde çap dağılımlarının düzenlenmesi ve bu dağılımlara ilişkin parametreler ile çeşitli meşcere ögeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Orman Amenajman’ında Yeni Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, İstanbul, 203-212

Yeşil, A., 1992. Değişik Sıklık ve Bonitetteki Kızılçam Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi, Doktora Tezi, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü.



## An Application of R Software Model Based on Deep Learning Algorithms to Provide Future Use of Other Forest Practitioner for Predicting Individual Tree Height

İ. Ercanlı

Çankırı Karatekin University, Department of Forest Engineering, 18200, ÇANKIRI, TURKEY

### ARTICLE INFO

Received : October 13rd, 2019

Accepted : December 30th, 2019

\*e-mail of corresponding author:  
ilkerercanlı@karatekin.edu.tr

### ABSTRACT

In this study, the artificial intelligence models based on Deep Learning Algorithms were developed to model the relationships between the individual tree total heights (ITH) and diameter at breast heights (DBH) with the stand variables. The H20 package with an `h2o.deeplearning` function, which have been coded in R software language, was used to train these DLA models and obtain the ITH predictions. To determine best predictive input variables, various input variable alternatives were evaluated based on the statistical fitting criteria. From these fitting statistics for the training data set, the DLA model, which includes the input variables with the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees per hectare and basal area (m<sup>2</sup>/ha) resulted in the best predictive statistics with a RMSE value of 0.7173, RMSE% value of 4.5986, the AIC value of -291.3037, BIC value of 1158.4564, FI of 0.9785 values, AAE value of 0.4311, Bias value of 0.0438 and Bias% value of 0.2805. Similar to the fitting statistics in training data, the DLA model which includes the input variables with the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees in hectare and basal area (m<sup>2</sup>/ha) for the validation data set gave the best predictive statistics with a RMSE value of 1.8217, RMSE% value of 10.2151, the AIC value of 99.9615, BIC value of 331.3772, FI value of 0.8334, AAE value of 1.2051, Bias value of -0.0985 and Bias% value of -0.5521. The R software platform, which is free and open for all, was used to train these DLA models, and also this network model was shared with various stakeholders and other users in forest management. Thus, besides the modeling studies including the comparison of various network models with classical regression models, the opportunity to share other forest practitioner to use artificial intelligence model developed in this study can be achieved by downloading this best predictive DLA model from Google Drive Link (<https://drive.google.com/open?id=1OD9HVFqur8bXQOgt2Rprn5vfhZEHq1f>).

**Keywords:** Individual Tree Height, Deep Learning Algorithms, R software, H20 package.

### Tek Ağaç Boylarını Tahmin Eden Derin Öğrenme Algoritması Temelli R Yazılım Modellerinin Diğer Kullanıcılar ile Paylaşılmasına İlişkin Bir Uygulama

### ÖZ

Bu çalışmada, meşcere özellikleri ile birlikte ağaçların göğüs çapları ile boyları arasındaki ilişkileri modellemek üzere Derin Öğrenme Algoritmalarına dayanan Yapay Zeka Modelleri geliştirilmiştir. Tek ağaç boylarının elde edilmesinde ve Derin Öğrenme Algoritmalarının eğitilmesinde, R yazılım dili ile kodlanmış `h2o.deeplearning` fonksiyonunu içeren H20 paketi kullanılmıştır. Tahminlerin elde edilmesinde en başarılı olan girdi değişkenlerinin belirlenmesinde, çeşitli istatistiksel başarı kriterlerine dayanarak değişik girdi değişkeni alternatifleri karşılaştırılmıştır. Eğitim seti için elde edilen başarı kriterleri değerlendirildiğinde; göğüs çapı, dominant çapı, dominant boyu, meşcere ağaç sayısını ve meşcere göğüs yüzeyini giriş değişkeni olarak içeren Derin Öğrenme Algoritma Modeli en başarılı sonuçları vermiştir (RMSE = 0.7173, RMSE% = 4.5986, the AIC = -291.3037, BIC = 1158.4564, FI = 0.9785, AAE = 0.4311, Bias = 0.0438, Bias% = 0.2805). Eğitim verilerine benzer olarak, bağımsız verilerle yapılan analiz sonuçlarına göre Derin Öğrenme Algoritma Modeli en başarılı sonuçlar elde edilmiştir (RMSE = 1.8217, RMSE% = 10.2151, AIC

### Citation:

Ercanlı, İ., 2019. An Application of R Software Model Based on Deep Learning Algorithms to Provide Future Use of Other Forest Practitioner for Predicting Individual Tree Height. *Anatolian Journal of Forest Research* 5(2): 117-126.

= 99.9615, BIC = 331.3772, FI = 0.8334, AAE = 1.2051, Bias = -0.0985, Bias% = -0.5521). Bu derin Öğrenme Algoritma Modellerinin eğitiminde, ücretsiz ve herkesin kullanımına açık R yazılım platformu kullanılmış ve en başarılı yapay zeka modeli çeşitli paydaşlar ve orman amenajmanı planlayıcılarına sunulmuştur. Böylece, klasik regresyon modelleri ile değişik yapay sinir ağ modelleriyle karşılaştırılmasını içeren çalışmaların ötesinde, Google Drive Linki (<https://drive.google.com/open?id=1OD9HVFqrur8bXQOgt2Rprn5vfhZEHq1f>) olarak sunulan R dosyası indirilerek bu çalışmada geliştirilen yapay zeka modelinin diğer orman mühendisliği kullanıcıları ile paylaşılma fırsatı sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tek Ağaç Boyu, Derin Öğrenme Algoritması, R yazılımı, H2O Paketi.

## 1. Introduction

Individual tree heights are important individual tree measurements used for total and merchantable volume predictions, growth and yield modeling, and site index predictions (Clutter et al., 1983; Van Laar and Akça, 2007). Obtaining individual tree total heights (ITH) is complex, tedious, and time-consuming in forest inventory application. Therefore, the ITH is generally measured in a limited number of trees in sample plots (Van Laar and Akça, 2007; von Gadow and Hui, 1999). The ITH of other trees which are not measured in forest inventory can be predicted by using statistical models including easy-to-measure DBH variable. In forest inventory practices, many statistical equations, which have been developed to model the relationships between tree height and diameter at breast height by using the regression analysis have been used to estimate these individual tree heights from DBH measurements (Martin and Flewelling, 1998; Huang et al., 1992).

These statistical ITH-DBH equations have been developed by using various statistical regression model forms from nonlinear regression models to nonlinear mixed effect models. These statistical regression models have been used and evaluated to acquire accurate height predictions which are considered as effective forest inventory tools for the prediction of height by using DBH as the predictor variable (Nanos et al., 2004). Beyond these statistical regression models, of which their limitation due to statistical assumptions have been criticized continuously, Artificial Intelligence Techniques have become their alternatives as they need no statistical assumption and their flexibility in modeling nonlinear relations. Deep Learning Algorithms (DLA), which is an application of Artificial Intelligence (AI) Techniques, have become more pronounced since 2010. In recent years, Deep Learning Algorithms (DLA) have offered an advanced modeling approach with innovative modeling abilities to obtain the predictions of some of tree and stand attributes. However, the structure of Artificial Neural Networks (ANNs) with one or two hidden layers may be insufficient in modeling complex nonlinear data structure. DLAs can comprise more layers, especially greater number of

hidden layers, which makes them more efficient modeling techniques. The network models based on the DLAs contain their advanced computational systems based on the Graphical Processing Units (GPU) embedded processors. The DLAs have been introduced first in 2010s, in agriculture, plant disease diagnosis, and the plant pattern recognition (Lee et al., 2015; Mohanty et al., 2016; Sladojevic et al., 2016; Carranza-Rojas et al., 2017; Sun et al., 2017; Ferentinos, 2018; Ubbens et al., 2018). Forest modeling literature suggest that more studies are needed evaluating DLAs' performance to predict tree and stand attributes.

The comparison of artificial intelligence models with traditional regression models has been frequently carried out in previous modeling studies. The studies with the AI models have showed significant improvements in the prediction of forest and tree attributes compared to those by traditional regression models. However, the question of how these developed AI models can be used by other forest practitioner has always been ignored. The issue about these AI models will be put into practice appears will be unlikely. Thus, the most important problem in these AI models is that artificial intelligence models, consisting of a large number of parameters, hundreds or even thousands of parameters, cannot be given in page-bound journal publications. The best effective solutions to this problem can be achieved with open source R software. Especially, the R software platform, which becomes prominent with its applications and usage nowadays, will allow the forest planners and other forest practitioners to use the DLA and other AI models. The DLA models, which have trained by various researchers and forest practitioners, should be prepared in R software platform, which is free and open at free of charge. Subsequently, these AI models can be shared and presented to various forest practitioners and other users in forest management. By the way, the presentation of the DLA models, which were developed by R software, as additional files in journal publications will be great opportunity to predict tree and stand variables by the forest planners and other forest practitioners. This study aims providing a network model based on Deep learning Algorithms, which predicts relationship

between ITH and DBH and other stand variables and this model can be used forest practitioners, as well.

## 2. Materials and Methods

### 2.2. Material

In this study, 124 temporary sample plots were used as the research material to predict the relationship between ITH and DBH and other stand variables. These sample plots were obtained from the forest management inventory of Turkish General Directorate of Forest in even-aged and pure Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands located in the Kestel forests, Northwestern Turkey. These inventory plots were sampled to represent various stand conditions such as site quality, age, and stand density of the even-aged Oriental beech stands. The size of circular sample plots ranged from 400 to 800 m<sup>2</sup> to include a minimum of 30–35 trees in sample plots. In each sample plot, DBH was measured to 0.1 cm precision using calipers for every living tree with a DBH > 8 cm. The individual tree total heights (ITH) were measured on a subset of trees created by selecting two-three trees for each 4 cm diameter class using Blume–Leiss Altimeter (0.1 m precision). In addition to the tree level measurements, the number of stems per hectare (N/ha), stand basal area (m<sup>2</sup>/ha), quadratic mean diameter (cm), dominant diameter (cm), and dominant height (m) were calculated as part of the plot level information for each sample plot. Dominant height and diameter were calculated by averaging the height and diameter of the dominant and co-dominant trees.

In total, 1057 pairs of height–diameter measurements in 124 sample plots were used to analyze the relationships among ITH, DBH, and stand variables, and to predict the relationship between ITH and DBH and other stand variables. Approximately 85% (907 trees in 104 sample plots) were used to train the DLA models, and the remaining 150 trees in 20 sample plots were allocated for the evaluation of performance of these DLA models in different validation data, which were not used in training these DLA models.

### 2.2. Methods

#### 2.2.1. Deep learning algorithms and training codes

In this study, the network models based on the Deep Learning Algorithms (DLAs), which is a type of Artificial Intelligence, were used to obtain the ITH predictions from the predictor variables

including the DBH and the best predictive stand variables. In order to determine the input variables in DLA model structure, the trial and error method were used by comparing some alternatives including various independent variables such as the DBH and stand variables. The stand variables used in these alternatives as the input variables including the number of stems per hectare (N/ha), stand basal area (m<sup>2</sup>/ha), dominant diameter (cm), and dominant height (m), quadratic mean diameter (cm) were evaluated to determine the best predictive input stand variables in the model structure of DLA models. These input variable alternatives are (A1) the DBH, dominant diameter (cm) and dominant height (m), (A2) the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees in hectare and basal area (m<sup>2</sup>/ha), (A3) the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees in hectare, basal area (m<sup>2</sup>/ha) and quadratic mean diameter (cm) (A4) the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees in hectare, basal area (m<sup>2</sup>/ha), quadratic mean diameter (cm) and stand density and (A5) the DBH, dominant height (m), number of trees in hectare, basal area (m<sup>2</sup>/ha) and stand density.

From various artificial intelligence software, the H<sub>2</sub>O package (R Development Core Team, 2018), which have been coded in R software language, was used to train these DLA models and obtain the ITH predictions. H<sub>2</sub>O package includes an h<sub>2</sub>o.deeplearning function, which was coded on Java and is suitable to train multilayer feedforward deep learning neural networks. The h<sub>2</sub>o.deeplearning function in H<sub>2</sub>O package comprised by R was used to train these DLA models. This h<sub>2</sub>o.deeplearning function provides multi-layer feedforward neural network models, which comprise the supervised training protocol to predict ITH from the DBH and the best predictive stand variables.

The DLA models, such as other AI models, require effective determination of network architecture including the number of hidden layers, type of activation function, the number of neurons in hidden layers, and other parameters such as epochs, type of distribution functions, rho, and epsilon. This h<sub>2</sub>o.deeplearning function utilizes adaptive learning rate algorithm ADADELTA (Zeiler, 2012), which includes the learning rate annealing and momentum training, enabling fast converge of the DLAs (H<sub>2</sub>O.ai Team, 2018). The rho describes the degree of ADADELTA and epsilon outlines learning rate strengthening during preliminary training. The value of 0.999 for rho and 1x10<sup>-8</sup> for epsilon were used to train DLAs. Also, the value of 1000 for the epochs, the number of iterations to be carried out in

training networks, was applied in the training of these DLA models.

In addition to these network structure parameters, the number of hidden layers, type of activation function and the number of neurons in the hidden layers are significant attributes of network including. In some of our preliminary analyses, Tanh and Maxout activation functions resulted in extremely poor predictions of ITH. Therefore, rectifier function was selected as an activation function to train the DLA models. As other network parameters, the number of 9 hidden layers and 100 neurons gave the best predictive results for ITH in in training DLA models. Thus, the DLA model structure with 9 layers and 100 neurons were chosen to train these DLA models and obtain the ITH predictions.

To overcome the overfitting problem, which may be noticeable in that the training and validation datasets differ substantially in their fitting statistics, the cross-validation method was used by regulating some parameters in `h2o.deeplearning` function in `H2O` package. When this cross-validation method was applied to the DLA models, the K=10-fold cross-validation resampling techniques with `nfolds=10` in `h2o.deeplearning` function were used in this study.

In training this DLA model with 9 layers and 100 neurons to predict the ITH, the `H2O` package coded on the R software were implemented as shown below.

To train DLA models, install “H2O” package from “The Comprehensive R Archive Network” site by using following R code:

```
> install.package("h2o")
```

After installing this package, this package must be activated:

```
> library(h2o)
```

Establish the IP and PORT parameters in `H2O` package on your local machine:

```
> h2o.init()
```

Load your data to `H2O` from your local machine:

```
> yourmodelingdata <-
as.h2o(dataonyourlocalmachine)
```

To train DLA model with 9 layers and 100 neurons, these `h2o.deeplearning` functions with “rectifier” activation function, 100 number of neurons, 9 number of layers and “Gaussian of distribution function was used:

```
> DLA9L100N <- h2o.deeplearning(x = 2:4, y =
5, training_frame = yourmodelingdata, epoch=1000,
nfolds=10, distribution="gaussian",
variable_importance=T, hidden=c(100, 100, 100,
100, 100, 100, 100, 100), activation =
"Rectifier")
```

To obtain the ITH predictions from this trained DLA model, following R code should be used:

```
> predictDLA9L100N<-
as.data.frame(h2o.predict(DLA9L100N,
yourmodelingdata))
```

To use this DLA models and then obtain the ITH prediction for other data sets from this DLA models, this trained DLA models should be saved in a local machine:

```
> model_path <- h2o.saveModel(object =
DLA9L100N, path=getwd(), force = TRUE)
```

### 2.2.2. R codes of network model for future use of other forest practitioner

In this study, besides training of DLA models, it is aimed to present these trained DLA models to other forest practitioners. For this purpose, the best predictive DLA model, which was trained by using “H2O” package of R software in the first stage of this study, was saved to present other forest practitioners. This network model as R syntax file can be downloaded from Google Drive Link, which was presented in the discussion section of this study. This DLA model can be downloaded and used to obtain the ITH predictions of other studied forest areas or other validation data set by other forest practitioner. In this study, this saved network model was used to predict the ITH of 150 trees in 20 sample plots, which were reserved as the validation data set for the evaluation of the best predictive DLA model. In later usage of this DLA model to predict the ITH, this saved model can be loaded with the R codes shown in the steps below:

1.) activating `H2O` package on a local machine using all available cores for deep learning Algorithms:

```
>library(h2o)
```

2.) establishing the IP and PORT parameters in `H2O` package on a local machine:

```
>h2o.init()
```

3.) loading data to `H2O` from a local machine

```
>yourdata <- as.h2o(dataonyourlocalmachine)
```

4.) loading the best predictive DLA model with 9 layers and 100 neurons trained in this study from a

local machine, which this DLA model may be downloaded from the Google Drive Link of this study:

```
>DLAmodel<-
h2o.loadModel("C:/Users/GROWTH/Desktop/the
best predictive DLA model with 9 layers and 100
neurons")
```

5.) predicting a individual tree height by using input variables including diameter at breast height (cm), the dominant height (m) ( $h_0$ ) and dominant diameter (cm) ( $d_0$ ) from the best predictive DLA model in this study.

```
>predicts<-as.data.frame(h2o.predict(DLAmodel,
yourdata))
```

6.) loading xls package to obtain ITH predictions

```
>library(xls)
```

7.) saving ITH predictions to a local machine as Excel worksheet

```
>write.xlsx(predicts, file = "predictions.xlsx")
```

### 2.2.3. Nonlinear regression model

In this study, the Schnute (1981)'s model, the nonlinear regression model as the traditional prediction method, which presented successful results for predicting ITH, was compared with the DLA models. This Schnute (1981)'s model, which is the most flexible and adaptable function for modeling this relation (Bredenkamp and Gregoire, 1988; Lei, 1998), was used to model the relationships between the ITH and DBH with the dominant diameter (cm) and dominant height (m). Ercanlı (2015) predicted the parameters of Schnute (1981)'s model by using NLIN procedure available in SAS/STAT<sup>®</sup> 9 software (SAS Institute Inc., 2004). The Schnute (1981)'s model has the form:

$$h_i = \left( 1.3^{b_0} + (H_0^{b_0} - 1.3^{b_0}) \frac{(1 - e^{-b_1 d_i})}{(1 - e^{-b_1 D_0})} \right)^{\frac{1}{b_1}} \quad (1)$$

where,  $b_0$  and  $b_1$  are model parameters,  $h_i$  is the observed height of the  $i$ th tree in the sample plots,  $d_i$  is DBH of the  $i$ th tree the sample plots,  $H_0$  is the dominant height of the sample plot,  $D_0$  is the dominant diameter of the sample plot.

### 2.2.4. Criteria of comparisons for different DLA models

To compare different DLA models including input variable alternatives including various stand attributes and the Schnute (1981)'s nonlinear regression model, eight fitting criteria were used to choose the best predictive model. The following criteria were considered: (1) average absolute error

(AAE), (2) the root mean squared error (RMSE), (3) percent root mean squared error (percent RMSE), (4) the average Bias (Bias), (5) percent average Bias (shortly, percent Bias), (6) the fit index (FI), (7) Akaike's information criterion (AIC), and (8) Bayesian information criterion (BIC) to compare prediction performance of DLAs. These criteria are calculated as follows:

$$AAE = \sum_{i=1}^n |h_i - \hat{h}_i| / n \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2 / (n - k)} \quad (3)$$

$$RMSE\% = \left( \left[ \sqrt{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2 / (n - k)} \right] / \bar{h}_i \right) \cdot 100 \quad (4)$$

$$Bias = \sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i) / n \quad (5)$$

$$Bias\% = \left( \left[ \sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i) / n \right] / \bar{h}_i \right) 100 \quad (6)$$

$$FI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2} \quad (7)$$

$$AIC = n \ln(RMSE) + 2k \quad (8)$$

$$BIC = n \ln(RMSE) + n \ln(k) \quad (9)$$

Where,  $\hat{h}_i$  is the predicted height of the  $i$ th tree in the sample plots,  $h_i$  is the observed height of the  $i$ th tree in the sample plots,  $\bar{h}_i$  is the average of observed height values,  $k$  is the number of independent variables in the models. Smaller values of AAE, RMSE, RMSE%, Bias, Bias%, AIC, BIC and higher values of FI indicate better prediction performance of the models. To evaluate these eight criteria together and their general predictive ability for the ITH, the relative rank values, which were proposed by Poudel and Cao (2013) for DLAs model were calculated. The model with lowest sum of relative rank was recognized as the best predictive ITH model.

## 3. Results and Discussion

For training data set, Table 1 presents the fit statistics of AAE RMSE, RMSE%, Bias, Bias%, FI, AIC and BIC for the DLA models including different input variable alternatives and the nonlinear regression model of Schnutte (1981). The relative rank values (Poudel and Cao, 2013) for this DLA models and Schnutte (1981)'s nonlinear model is given in Table 2. From these fitting statistics for training data set, the DLA model which includes the input variables with the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees per hectare and basal area ( $m^2/ha$ ) in A2 input alternative resulted in the best predictive statistics with a RMSE value of 0.7173, RMSE% value of 4.5986, the AIC value of -291.3037, BIC value of 1158.4564, FI of 0.9785 values, AAE value of 0.4311, Bias value of 0.0438 and Bias% value of



0.2805. When compared the fitting statistics of the DLA models with those by nonlinear regression model of Schnutte (1981), the DLA models provided important improvements in fit statistics for the prediction of the ITH.

Table 1. The goodness-of-fit statistics of AAE, RMSE, RMSE%, Bias, Bias%, FI, AIC and BIC for the DLA models including different input variable alternatives and nonlinear regression model of Schnutte (1981) for training data set.

The DLA models and regression model	RMSE	Percent RMSE	AIC	BIC	FI	AAE	Bias	Percent Bias
Nonlinear Regression	1.8009	11.5445	539.5550	1529.9963	0.8639	1.0517	0.1767	1.1324
A1	1.4334	9.1887	332.5461	1322.9874	0.9138	0.8607	0.1825	1.1697
<b>A2</b>	<b>0.7173</b>	<b>4.5986</b>	<b>-291.3037</b>	<b>1158.4564</b>	<b>0.9785</b>	<b>0.4311</b>	<b>0.0438</b>	<b>0.2805</b>
A3	0.6383	4.0919	-395.1821	1217.9437	0.9830	0.3724	0.0349	0.2239
A4	0.7879	5.0508	-202.2373	1548.7032	0.9741	0.4415	0.0751	0.4813
A5	0.8562	5.4889	-130.7782	1318.9820	0.9693	0.5028	0.1673	1.0727

AAE: average absolute error, RMSE: the root mean squared error, percent RMSE: percent of root mean squared error, Bias: the average Bias, percent Bias: percent average Bias, FI: the fit index, AIC: Akaike's information criterion and BIC: Bayesian information criterion.

Table 2. The rank values for the DLA models including different input variable alternatives and nonlinear regression model of Schnutte (1981) for training data set.

The DLA models and regression model	RMSE	Percent RMSE	AIC	BIC	FI	AAE	Bias	Percent Bias	$\Sigma$
Nonlinear Regression	6.000	6.000	6.000	5.760	6.000	6.000	5.803	5.803	47.36
A1	4.419	4.419	3.468	3.108	3.905	4.594	6.000	6.000	35.914
<b>A2</b>	<b>1.340</b>	<b>1.340</b>	<b>2.963</b>	<b>1.000</b>	<b>1.189</b>	<b>1.432</b>	<b>1.300</b>	<b>1.300</b>	<b>11.864</b>
A3	1.000	1.000	4.234	1.762	1.000	1.000	1.000	1.000	11.996
A4	1.643	1.643	1.874	6.000	1.373	1.509	2.361	2.361	18.765
A5	1.937	1.937	1.000	3.057	1.574	1.960	5.487	5.487	22.439

AAE: average absolute error, RMSE: the root mean squared error, percent RMSE: percent of root mean squared error, Bias: the average Bias, percent Bias: percent average Bias, FI: the fit index, AIC: Akaike's information criterion and BIC: Bayesian information criterion.

Besides the evaluation of prediction performance of DLA models for training data set, the prediction ability of these DLA models in different validation data sets, which are not used in training stage is an important evaluation process in modeling studies. In Table 3 and 4, the goodness-of-fit statistics for the DLA models and the nonlinear regression model of Schnutte (1981) were presented for the validation data set. For these validation data set, DLA models gave better predictive results likewise in the training data than those by the nonlinear regression model of

Schnutte (1981). Similar to the fitting statistics in training data, the DLA model which includes the input variables with the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees in hectare and basal area ( $m^2/ha$ ) for the validation data set gave the best predictive statistics with a RMSE value of 1.8217, RMSE% value of 10.2151, the AIC value of 99.9615, BIC value of 331.3772, FI of 0.8334 values, AAE value of 1.2051, Bias value of -0.0985 and Bias% value of -0.5521.

Table 3. The goodness-of-fit statistics of AAE RMSE, RMSE%, Bias, Bias%, FI, AIC and BIC for the DLA models including different input variable alternatives and nonlinear regression model of Schnutte (1981) for validation data set.

The DLA models and regression model	RMSE	Percent RMSE	AIC	BIC	FI	AAE	Bias	Percent Bias
Nonlinear Regression	2.0838	11.6853	116.1324	274.9242	0.7790	1.3685	0.1544	0.8656
A1	2.2050	12.3645	124.6062	283.3980	0.7526	1.3565	0.0562	0.3150
<b>A2</b>	<b>1.8217</b>	<b>10.2151</b>	<b>99.9615</b>	<b>331.3772</b>	<b>0.8334</b>	<b>1.2051</b>	<b>-0.0985</b>	<b>-0.5521</b>
A3	2.0416	11.4482	119.0568	375.8208	0.7922	1.2391	-0.1357	-0.7607
A4	2.1077	11.8192	125.8403	403.7268	0.7801	1.2857	-0.0931	-0.5221
A5	2.1354	11.9743	123.7959	355.2115	0.7711	1.1778	0.4651	2.6078

AAE: average absolute error, RMSE: the root mean squared error, percent RMSE: percent of root mean squared error, Bias: the average Bias, percent Bias: percent average Bias, FI: the fit index, AIC: Akaike's information criterion and BIC: Bayesian information criterion.

Table 4. The rank values for the DLA models including different input variable alternatives and nonlinear regression model of Schnutte (1981) for validation data set

The DLA models and regression model	RMSE	Percent RMSE	AIC	BIC	FI	AAE	Bias	Percent Bias	$\Sigma$
Nonlinear Regression	4.420	4.420	4.124	1.000	4.365	6.000	2.201	2.201	28.73
A1	6.000	6.000	5.762	1.329	6.000	5.684	1.000	1.000	32.775
<b>A2</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>3.191</b>	<b>1.000</b>	<b>1.715</b>	<b>1.517</b>	<b>1.517</b>	<b>11.940</b>
A3	3.869	3.869	4.689	4.917	3.548	2.608	1.972	1.972	27.443
A4	4.731	4.731	6.000	6.000	4.299	3.828	1.452	1.452	32.493
A5	5.092	5.092	5.605	4.117	4.854	1.000	6.000	6.000	37.760

AAE: average absolute error, RMSE: the root mean squared error, percent RMSE: percent of root mean squared error, Bias: the average Bias, percent Bias: percent average Bias, FI: the fit index, AIC: Akaike's information criterion and BIC: Bayesian information criterion.

The Fig.1 shows the relationships obtained between residual values and predicted ITH values by the nonlinear regression model of Schnutte (1981) and the best predictive DLA model including the input variables with the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees per hectare and basal area (m<sup>2</sup>/ha) and the nonlinear regression model of Schnutte (1981) for training data and validation data. When these residuals from

this DLA model is compared with those from nonlinear model, the residuals associated with the DLA model are closer to the X axis and have a more collective trend. Thus, it can suggest that the DLA model provides more precise and effective ITH predictions than those by the nonlinear regression model of Schnutte (1981).

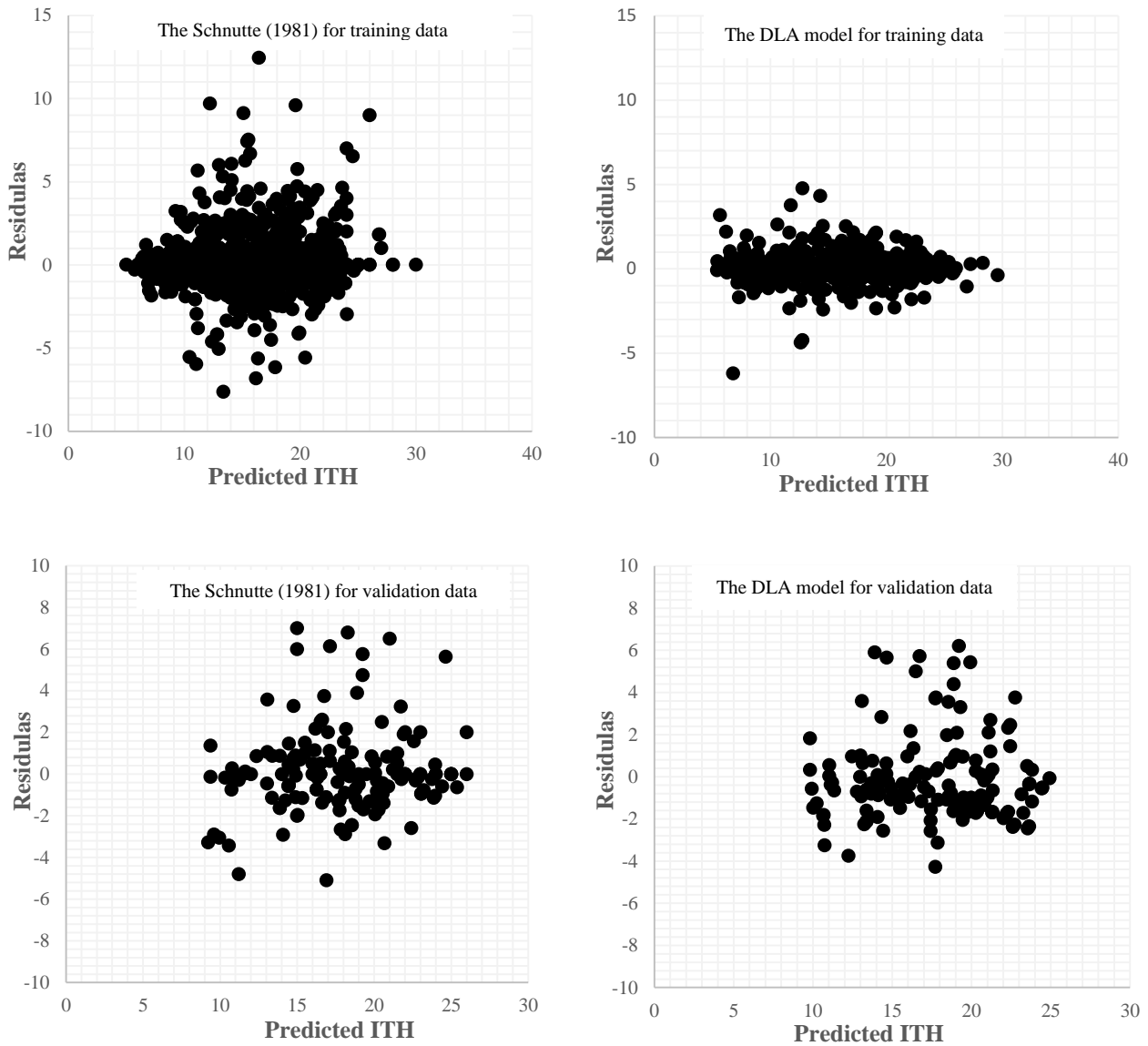


Figure 1. Relationships between predicted (x-axis) and residuals ITH (y-axis) obtained by the best predictive deep learning network model including the input variables with the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees in hectare and basal area (m<sup>2</sup>/ha) and the nonlinear regression model of Schnutte (1981) for training data and validation data.

In this study, besides the use of deep learning algorithms, which is an innovative technique in forest and tree growth model studies, the best predictive network model based on the DLA is presented in the Google Drive Link, which other forest practitioner can download and use this network model to predict the ITH sampled from their forest areas. In many artificial intelligence modeling studies, it is limited to the comparison of various network models with classical regression models, however the presentation of these artificial intelligence models has been generally ignored for future usage of other forest practitioner for predicting individual tree height. In this respect, this study stands out from other artificial intelligence studies by providing a tool that can be used by forest

practitioner to obtain ITH predictions for their forest areas.

Before presenting an artificial intelligence module, it is necessary to train this network model. In the first stage of this study, various artificial intelligence models based on deep learning algorithms were trained by using by using “H<sub>2</sub>O” package which was coded in R software. The five input variable alternatives including various stand attributes were evaluated based on the statistical criteria with AAE, RMSE, RMSE%, Bias, Bias%, FI, AIC and BIC and their integrated assessment calculated according to Poudel and Cao (2013)’s relative rank values. The input variable alternatives considered are: (A1) the DBH, dominant diameter (cm) and dominant height (m), (A2) the DBH,

dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees per hectare and basal area (m<sup>2</sup>/ha), (A3) the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees in hectare, basal area (m<sup>2</sup>/ha) and quadratic mean diameter (cm), (A4) the DBH, dominant diameter (cm), dominant height (m), number of trees per hectare, basal area (m<sup>2</sup>/ha), quadratic mean diameter (cm) and stand density and (A5) the DBH, dominant height (m), number of trees in hectare, basal area (m<sup>2</sup>/ha) and stand density. From these alternatives, the DLA model with A2 input alternative presented the best predictive statistics with a RMSE value of 0.7173, RMSE% value of 4.5986, the AIC value of -291.3037, BIC value of 1158.4564, FI of 0.9785 values, AAE value of 0.4311, Bias value of 0.0438 and Bias% value of 0.2805. Thus, this best predictive DLA model accounted for over 97 % of the total variance in ITH predictions.

In addition to the success of artificial intelligence models in training data, the evaluation process needs special attention in comparisons of predictive ability of these network models for the validation data. For this purpose, the predictive DLA model with A2 input variable alternative was used to obtain the ITH predictions of 150 trees that were not used in the training of network models. The most important problem encountered in artificial intelligence models is that the network model, which is quite predictive for training data, provides highly unsuccessful and irrelevant predictions for the validation data or independent data. This problem is called the “overfitting” problem in artificial modeling studies. However, the best predictive DLA model which was trained in this study gave significant account with over 83% in the total variance of ITH predictions. Therefore, we can say that this “overfitting” problem remains quite limited in the ITH predictions by the network model, because if this problem was excessive, this DLA network model would have been quite unsuccessful for the ITH predictions for validation data.

In this study, the R syntax file of the best predictive DLA model with A2 input variable alternative can be downloaded so that other forest practitioner can use this best predictive DLA model, which a similar application was applied for validation data of 150 trees in this study. The best predictive DLA network model with 9 layers and 100 neurons as the Google Drive Link were presented in this study. This best predictive DLA model from Google Drive (<https://drive.google.com/open?id=1OD9HVFqur8bXQOgt2Rprn5vfhZEHq1f>) can be downloaded, and so other forest practitioner can use this best predictive DLA model, which some similar

applications was applied for validation data of 304 trees in this study. This DLA model can be downloaded and used by others to obtain the ITH predictions. As this present study have shown by training the DLA models and providing R syntax codes of the best predictive DLA models, artificial intelligence studies should provide more proper network tools for different users, as well as including comparisons with other classical methods. This study provides a presentation of R syntax code file for artificial intelligence models to give the opportunity to other forest practitioners to use artificial intelligence model developed in this study.

#### 4. Conclusions

This study presented the artificial intelligence models based on the deep learning algorithms predicting the individual tree heights (ITH) from the diameter at breast heights and some stand variable for Oriental beech (*Fagus orientalis*) in Kestel, Northwestern Turkey. In future studies, it is necessary to investigate the success of the deep learning algorithms to test their performance in predicting of forest stand characteristics such as stand volume, basal area, biomass and carbon, and individual tree variables such as diameter, height, volume and growth. As an innovative prediction technique, previous studies about artificial intelligence models offering successful predictive results have underlined to be an important requirement for further studies on the evaluation of the artificial intelligence models based on the deep learning algorithms as an alternative to classical statistical methods in the predictions of stand and single tree characteristics. In addition, it will be important to evaluate whether the artificial intelligence models provide estimates of growth laws for single tree and stand which are important in forestry practices, as well as in terms of success in accordance with statistical model success criteria.

#### Acknowledgements

The authors thank Head of Forest Management and Planning Department, General Directorate of Forestry, Republic of Turkey, for providing data used in this study.

#### References

Carranza-Rojas, J., Goeau, H., Bonnet, P., Mata-Montero, E., Joly, A., 2017. Going deeper in the automated identification of Herbarium specimens. *BMC Evolutionary Biology* 17, 181.

Clutter, J. L., Fortson, J. C., Pienaar, L. V., Brister, G. H., Bailey, R. L., 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons, Inc.

Ercanlı, İ., 2015. Nonlinear mixed effect models for predicting relationships between total height and diameter of oriental beech trees in Kestel, Turkey. – *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21(1): 185-202.

Ferentinos, K.P., 2018. Deep learning models for plant disease detection and diagnosis. *Computers and Electronics in Agriculture* 145, 311-318.

Gadow, K. V. and Hui, G. Y., 1999. *Modelling Forest Development*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 213 s.

Huang, S., Titus, S. J., Wiens, D. P., 1992. Comparison of nonlinear heightdiameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22, 1297–1304.

H2O.ai Team., 2018. H2O GitHub Repository. URL: <https://github.com/h2oai>

Lee, S. H., Chan, C. S., Wilkin, P., Remagnino, P., 2015. Deep-plant: Plant identification with convolutional neural networks. In, 2015 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). IEEE, pp. 452-456.

Martin, F. C., Flewelling, J. W., 1998. Evaluation of tree height prediction models for stand inventory. *Western Journal of Applied Forestry*, 13, 109–119.

Mohanty, S. P., Hughes, D. P., Salathé, M., 2016. Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in plant science* 7, 1419.

Nanos, N., Calama, R., Montero, G., Gil, L., 2004. Geostatistical prediction of height-diameter models. *Forest Ecology and Management*, 195, 221-235.

Poudel, K. P., Cao, Q. V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science* 59: 243-252.

R Core Team, (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna., Austria.: <https://www.R-project.org>

SAS Institute Inc., 2004. *SAS/IML 9.3 User's Guide*. Cary, USA. – SAS Institute Inc., Cary, NC, USA

Sladojevic, S., Arsenovic, M., Anderla, A., Culibrk, D., Stefanovic, D., 2016. Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification. *Computational Intelligence Neuroscience* 2016.

Schnute, J., 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences* 38, 1128-1140.

Sun, Y., Liu, Y., Wang, G., Zhang, H., 2017. Deep learning for plant identification in natural environment. *Computational Intelligence Neuroscience* 2017.

van Laar, A., Akça, A., 2007. *Forest mensuration: in Managing Forest Ecosystems*, Dordrecht, The Netherlands: Springer. 383 p.

Ubbens, J., Cieslak, M., Prusinkiewicz, P., Stavness, I., 2018. The use of plant models in deep learning: an application to leaf counting in rosette plants. *Plant methods* 14, 6.

Zeiler M.D., 2012. ADADELTA: an adaptive learning rate method. *ArXiv-Machine Learning*.



## Determination of Total Carbon Storage using Sentinel-2 and Geographic Information Systems in Mixed Forests

S. Bulut\* , A. Günlü

Çankırı Karatekin University, Department of Forest Engineering, 18200, ÇANKIRI, TURKEY

### ARTICLE INFO

Received : November 11th, 2019

Accepted : December 30th, 2019

\*e-mail of corresponding author:

sbulut@karatekin.edu.tr

### ABSTRACT

In terrestrial ecosystems, forests have great importance in terms of carbon storage. Determination of carbon storage potential of forests is a key parameter for monitoring global climate change and global warming. The aim of this study was to predict the carbon storage of

mixed stands (MS) of coniferous and broadleaf by supervised classification generated from Sentinel-2 satellite image and to calculate the total carbon storage (TCS) of the MS using carbon coefficients. The results demonstrated that the TCS values of the MS in the study area varied between 50.52 and 175.32 ton/ha. The TCS values per hectares of the pure coniferous stands, pure broadleaf stands and MS were 173.52, 143.52 and 74.21 ton/ha, respectively. Carbon storage amounts per hectare of MS were found to be low because the tree species included in the mixture decreased the growing stock volume value per hectare. The structure of the MS in the study area played an effective role in obtaining these results. As a result of this study, calculating the carbon amounts of MS with remote sensing techniques will make a contribution to the interpretation of the carbon capacities of different stand structures.

**Keywords:** Supervised classification, Total carbon storage, Mixed forest, Sentinel-2 satellite image.

## Karışık Meşcerelerde Sentinel-2 ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Toplam Karbon Depolamasının Belirlenmesi

### ÖZ

Karasal ekosistemlerde, ormanlar karbon depolaması açısından büyük öneme sahiptir. Karbon depolama miktarlarının belirlenmesi, küresel iklim değişikliğinin ve küresel ısınmanın izlenmesi için önemli bir parametredir. Bu çalışmanın amacı, iğne yapraklı ve geniş yapraklı karışık meşcerelerin Sentinel-2 uydu görüntüsü ile gerçekleştirilen kontrollü sınıflandırma ile karbon depolamasını tahmin etmek ve karbon katsayılarını kullanarak karışık meşcerelerin toplam karbon depolama kapasitelerini hesaplamaktır. Elde edilen sonuçlar, çalışma alanındaki karışık meşcerelerin toplam karbon depolama değerlerinin 50.52 ve 175.32 ton ha<sup>-1</sup> arasında değiştiğini göstermiştir. Saf iğne yapraklı meşcerelerin, saf geniş yapraklı meşcerelerin ve karışık meşcerelerin hektardaki toplam karbon depolama değerleri sırasıyla 173.52, 143.52 ve 74.21 ton ha<sup>-1</sup>'dir. Karışıma dahil olan ağaç türlerinin hektardaki hacim değerlerinin düşmesi nedeniyle karışık meşcerelerin hektardaki karbon depolama miktarları daha az bulunmuştur. Ayrıca, çalışma alanındaki karışık meşcerelerin yapısı bu sonuçların elde edilmesinde etkili bir rol oynamıştır. Bu çalışmanın sonucu olarak, karışık meşcerelerin karbon miktarlarının uzaktan algılama verileri ile hesaplanması, farklı meşcere yapılarının karbon kapasitelerinin yorumlanmasına katkıda bulunacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kontrollü sınıflandırma, Toplam karbon depolama, Karışık orman, Sentinel-2 uydu görüntüsü.

### 1. Introduction

As a result of rapid population growth, industrialization and urbanization in the world,

demand for natural resources has increased rapidly. Many problems have arisen, such as the destruction of forest ecosystems, climate change, desertification and degradation of biodiversity, in response to

### Citation:

Bulut, S., Günlü, A., 2019. Determination of Total Carbon Storage using Sentinel-2 and Geographic Information Systems in Mixed Forests. Anatolian Journal of Forest Research 5(2): 127-135.

increasing and increasing demand over time. Global climate change is one of the most important problems facing the world in the last century. As a result of the destruction of forest ecosystem for agriculture and urbanization by opening of new settlements and destroying forests for firewood need, greenhouse gases in the atmosphere and especially CO<sub>2</sub> amount increased (IPCC, 2001). Forest ecosystem is the most important carbon pool in terms of keeping 82.5 % of organic carbon in terrestrial ecosystem (Cusack et al., 2014; Kauranne et al., 2017; Hao et al. 2019). Therefore, the forest ecosystem plays an important role in mitigating negative impact of global warming and maintaining climate stability (Watson et al. 2000). The amount of carbon in a forest ecosystem is determined accurately by ground measurements. However, it is very difficult and time consuming to compute the amount of carbon in vast forest areas with ground measurements (Lu 2007). Country specific coefficients are used to calculate the amount of carbon that the forest are stored in Turkey. These coefficients were determined separately for pure coniferous stands (PCS), pure broadleaf stands (PBS) of productive and degraded forests (Asan,1995; Asan, 1999; Sivrikaya et al., 2007; Yolasiğmaz and Keleş, 2009; Tolunay, 2011; Kadioğulları and Karahalil, 2013; Mısır, 2013; Gonzales et al., 2014; Karahalil et al., 2018). Although the coefficients have been developed for coniferous and deciduous forests, no coefficient has been developed for mixed forests. There have been some studies on the amount of carbon stored ground measurements of mixed stands with Turkey (Durkaya et al., 2012; Kaptan et al., 2019). However, there are not many studies in which remote sensing data for estimating the amount of carbon stored in mixed stands are evaluated together with ground measurements. Remote sensing methods can accurately reflect the distribution characteristics of the amount of carbon stored in forest ecosystems on a regional scale due to real-time, low-cost, continuous and large area data

acquisition. Thus, it can improve the accuracy of estimating the amount of carbon stored by the forest ecosystem. In this respect, remote sensing has become a significant tool for predicting carbon storage capacity (Safari et al., 2017; Van et al., 2018). Therefore, remote sensing data has been widely used in conjunction with ground measurements to determine the amount of carbon stored in forest ecosystems (Gonzalez et al., 2010). The aim of this study was to determine coniferous and broadleaf areas in the mixed stands (MS) by supervised classification generated from Sentinel-2 satellite image and to calculate the total carbon stocks (TCS) of the MS using carbon coefficients in Ilgaz Forest Management Enterprise.

## 2. Material and Methods

### 2.1. Study area

Ilgaz Forest Management Enterprise, which is selected as a case study area, is located in the Ankara Regional Directorate of Forestry (Figure 1). It is bounded by 498234-572705 on the East longitudes and 4496441-4548108 on the North latitudes (WGS 1984, UTM Zone 36N). The study area is 205169.61 ha. Total of productive forest area is 41527.16 ha. and covers 20% of the study area. The PCS, PBS and MS area are 36118.22, 3235.14 and 2170.80 ha., respectively. PCS and PBS are covered by pure stands of *Pinus nigra* (Çk), *Pinus sylvestris* (Çs), *Abies* (G), *Quercus* (M), *Populus* (Kv), *Fagus* (Kn) and *Carpinus* (Gn). MS in the region consist of Çk-Gn-M, Çk-Kn, Çk-Kv, Çk-M, Çs-Kn-Gn, Çs-Gn, Çs-Kv, Çs-Kn and G-Kv. Forests dominated by broadleaved trees consist of M-Çk, Kv-Çk and Kn-Çs. Elevation ranges from 533 to 2541 m and average slope is 19.92%. Annual mean, minimum and maximum temperatures in the region are 10.6, -25.0 and 42.4 °C, respectively. Annual total mean precipitation is 418.59 mm.

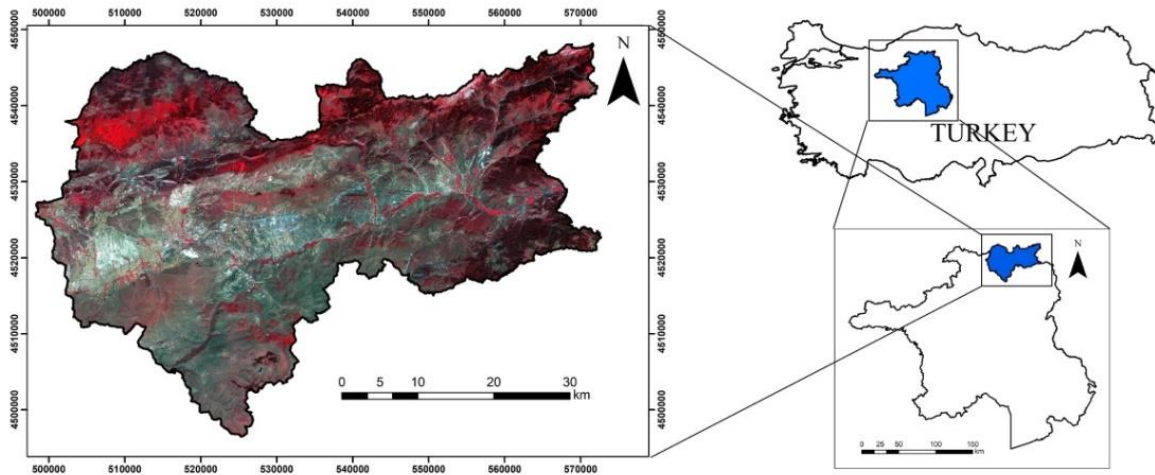


Figure 1. Location of the study area.

## 2.2. Remote sensed data and processing

The Sentinel-2 satellite image (acquired date 15 June 2018), was freely downloaded from the United States Geological Survey Earth Explorer data portal (USGS, 2000), was used in this study. The four bands of (Band 2, 3, 4 and 8) of Sentinel-2 satellite image with 10 m spatial resolution were used. The atmospheric and geometric corrections were made to make the image ready for analysis. The satellite image was cut according to the outer boundary of the study area.

## 2.3. Supervised classification

The supervised classification method (maximum likelihood technique) was used in this study. The forest cover type map was used as ground data in supervised classification. Ground data were collected as signatures for Sentinel-2 satellite image. Then, the training signature polygons were equally distributed to coniferous, broadleaf and other area (opened, settlements, agriculture etc.) classes with 15 points. Image processing and classification were carried out using Erdas Imagine (2014). A vector layer for MS was generated from the stand map. Using this layer, MS were extracted from the classified image. As a result of this process, the coniferous and broadleaf areas in MS were determined (Figure 2).

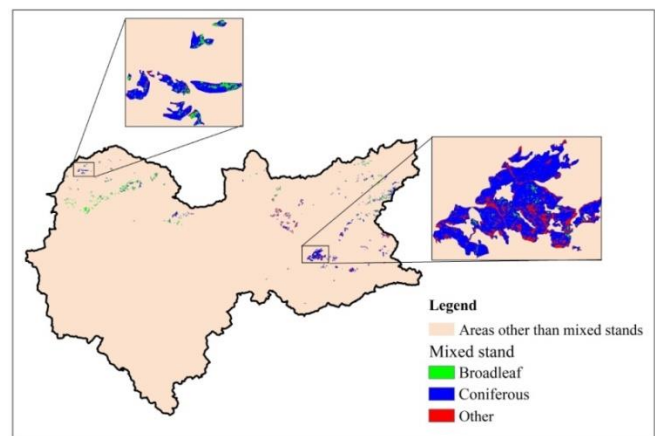


Figure 2. Coniferous and broadleaf areas within the MS.

## 2.4. Calculation of carbon storage capacity

In order to determine the carbon storage capacity of the forest ecosystem, it is necessary to determine the existing biomass in the forest ecosystems. The most practical and best approach to determine biomass is use of inventory data. First, the growing stock volume (GSV) per hectare of the stands was obtained from forest management plans (Anonymous, 2018). Then biomass (aboveground and belowground) were calculated with conversion coefficient depending on GSV and then the carbon storage capacity was calculated with biomass conversion coefficient (Asan, 1995; Asan, 1999; Yolaşmaz and Keleş, 2009; Tolunay, 2011; Sivrikaya and Bozali, 2012; Değermenci and Zengin, 2016; Seki et al., 2017). The forest cover type maps were used to obtain spatial attribute data of PCS, PBS and MS. For this study, GSV data of 8184 PCS, 739 PBS and 481 MS were used. TCS amounts of 9404 stands were calculated by Eq. 1 (Table 1).



Table 1. TCS coefficients (Tolunay, 2011).

Parameter	PCS	PBS
AGB	GSV x 0.446 x 1.212	GSV x 0.541 x 1.310
BGB	AGB x 0.29	AGB x 0.24
AGC	AGB x 0.51	AGB x 0.48
BGC	BGB x 0.51	BGB x 0.48
DWB	AGB x 0.01	AGB x 0.01
DWC	DWB x 0.47	DWB x 0.47
LC	Area (ha) x 7.46	Area (ha) x 3.75
FSC	Area (ha) x 76.56	Area (ha) x 84.82

TCS: total carbon stocks, PCS: pure coniferous stands, PBS: pure broadleaf stands, AGB: above ground biomass, BGB: below ground biomass, AGC: above ground carbon, BGC: below ground carbon, DWB: dead wood biomass, DWC: dead wood carbon, LC: litter carbon and FSC: forest soil carbon.

$$Total\ carbon\ storage = AGC + BGC + DWC + LC + FSC \quad (1)$$

The process steps performed in this study are as follows (Figure 3). Firstly, coniferous and broadleaf areas in the MS were determined by supervised classification. Then, GSV of coniferous and broadleaf areas in each MS was separately obtained from forest management plan. Finally, TCS amounts of MS were calculated through these carbon coefficients.

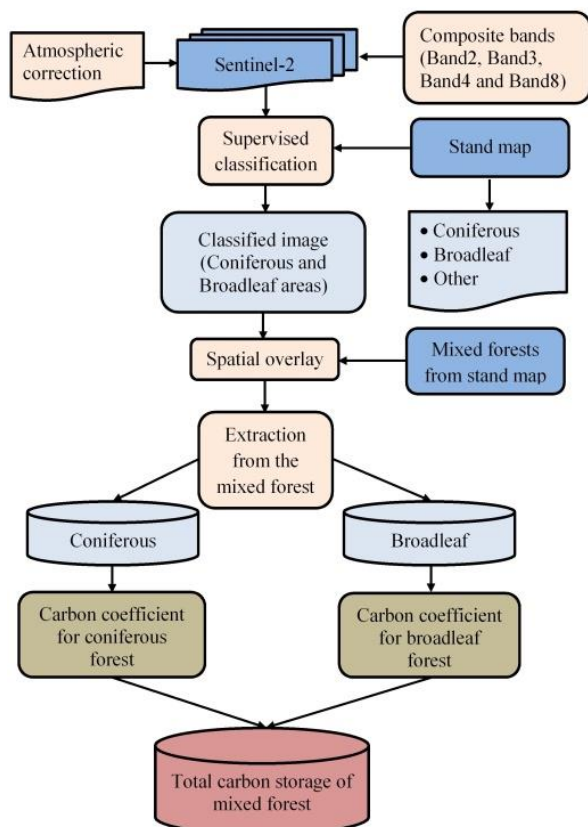


Figure 3. Flowchart for calculation TCS amount of the MS.

### 3. Results and Discussion

In the first stage of the study, the Sentinel-2 satellite image was classified using maximum likelihood method. Therefore, coniferous, broadleaf and other (opened, settlements, agriculture etc.) areas were successfully mapped. These classes were estimated using supervised classification with a 0.97 kappa statistics value and 98.95% overall accuracy assessment (Table 2).

In the second stage, the TCS capacity of each stand type in the study area was calculated using the stand volume and carbon coefficients (Table 3). TCS for MS was calculated by collecting the amount of coniferous and broadleaf carbon inside MS. In addition, TCS values of PCS and PBS were calculated. Therefore, TCS capacity amounts maps for PCS, PBS and MS were generated by GIS (Figure 4). The TCS amounts of each class were divided by their total area and the mean carbon values per hectare were calculated. The results obtained from this study showed that MS were the least carbon storage amount (74.21 ton/ha). Although the TCS amounts of the PCS and PBS found close to each other, PCS was 30 tons more than PBS per hectare. According to these results, PCS was the capacity to store the highest amount of carbon in the unit area and MS was low carbon storage capacity.

In order to better analyze the relationships between forest types in terms of carbon amounts, TCS amounts were calculated at stand level (Table 4-5). Since the coefficients used in the calculation of carbon depend on the GSV, carbon amounts of stands were directly related to GSV value. The structure and form of MS did not contain as GSV as PCS and PBS in the study area. The cause of these results that GSV of the MS in the study area was low compared to PCS and PBS.

Table 2. Confusion matrix for broadleaf, coniferous and other classes.

Class	Broadleaf	Coniferous	Other	Total
Broadleaf	22898 (97.49%)	286 (0.88%)	99 (0.06%)	23283
Coniferous	369 (1.57%)	31519 (96.51%)	517 (0.31%)	32405
Other	221 (0.94%)	853 (2.61%)	165440 (99.63%)	166514
Total	23488	32658	166056	222202
Overall accuracy				98.95%
Kappa coefficient				0.97

Table 3. Descriptive statistics for carbon storage amounts of different forest cover types.

Forest cover type	Min	Max	Mean	S.D.	Variance	C (ton/ha)
PCS	31.28	15830.71	804.12	1235.09	1525441.33	173.52
PBS	49.08	9521.65	1076.78	1554.06	2415100.45	143.52
MS	0.57	3832.87	331.17	496.48	246496.62	74.21

PCS: pure coniferous stands, PBS: pure broadleaf stands, MS: mixed stands.

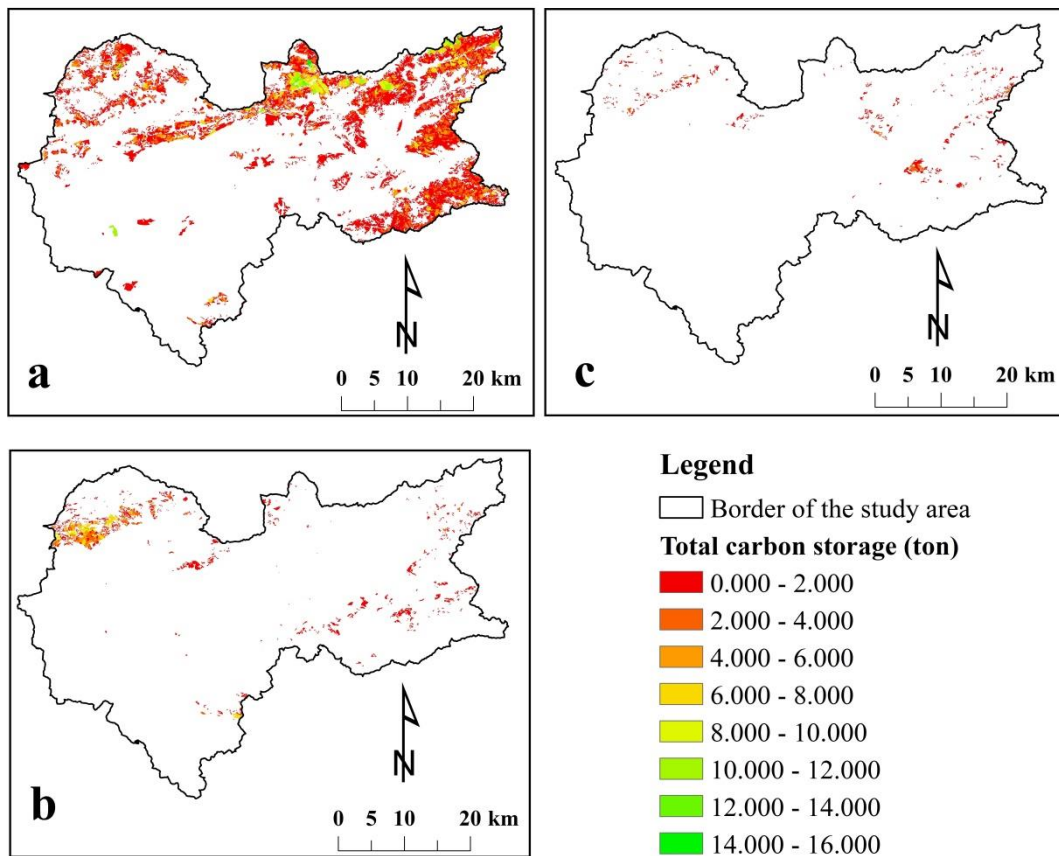


Figure 4. TCS amount maps of the forest cover types a) PCS, b) PBS and c) MS

Table 4. TCS amounts at stand level for PCS.

PCS	Area (ha)	TCS (ton)	TCS (ton/ha)	PCS	Area (ha)	TCS (ton)	TCS (ton/ha)
Çkb1	120.56	11266.88	93.46	ÇsÇkc3	248.44	41795.40	168.23
Çkb2	690.51	70489.15	102.08	ÇsÇkcd1	213.37	27915.93	130.83
Çkb3	818.00	94585.27	115.63	ÇsÇkcd2	368.45	66615.70	180.80
Çkb3Y	3.17	359.74	113.49	ÇsÇkcd3	263.32	58234.35	221.15
Çkbc1	1335.30	134934.96	101.05	ÇsÇkd2	63.45	11204.31	176.59
Çkbc2	1688.65	197154.34	116.75	Çsd/a	2.77	255.45	92.27
Çkbc2Y	6.42	753.51	117.37	Çsd/bc3	21.27	3344.22	157.21
Çkbc3	1216.16	196011.77	161.17	Çsd/Gbc3	32.21	6477.77	201.12
Çkc2	935.83	128611.82	137.43	Çsd1	158.01	22033.15	139.44
Çkc2Y	12.14	1918.13	158.06	Çsd1/a0	83.12	9861.66	118.65
Çkc3	1709.65	319918.32	187.13	Çsd1/ab2	42.60	6646.16	156.02
Çkcd1	2039.20	277093.91	135.88	Çsd1/Gbc2	57.58	11462.30	199.06
Çkcd1/a	12.03	1750.71	145.55	Çsd1/Gbc3	89.61	22798.37	254.41
Çkcd2	3142.50	532194.80	169.35	Çsd2	602.74	140659.64	233.37
Çkcd3	2052.42	485086.41	236.35	Çsd2/Gbc3	135.15	34946.60	258.58
ÇkÇsbc2	128.97	16831.36	130.51	Çsd3	61.55	14878.98	241.72
ÇkÇsbc3	16.09	2436.56	151.46	Çse1	58.11	8954.14	154.09
ÇkÇsc2	74.52	10766.61	144.48	ÇsGbc3	53.90	8856.07	164.31
ÇkÇsc3	148.39	24655.51	166.16	ÇsGc3	76.93	14759.85	191.85
ÇkÇscd2	511.88	96897.47	189.30	ÇsGcd1	212.02	29950.15	141.26
ÇkÇscd3	457.73	96467.97	210.75	ÇsGcd2	586.31	104411.49	178.08
ÇkÇsd1	202.93	27885.79	137.42	ÇsGcd3	987.80	192055.30	194.43
ÇkÇsd2	112.41	19707.88	175.32	ÇsGd2	60.91	14751.93	242.19
ÇkÇzbc2	172.45	20404.95	118.32	ÇsGd3	36.77	10193.26	277.20
ÇkÇzbc2-T	16.33	1931.67	118.32	Çzbc2	164.04	17331.06	105.65
Çkd/a0	66.61	6569.05	98.62	Çzcd1	36.51	4274.53	117.08
Çkd1	375.58	52171.75	138.91	Gbc2	172.59	20399.46	118.20
Çkd1/a	56.50	7848.94	138.91	Gbc3	105.74	18269.70	172.79
Çkd1/a0	25.63	3560.54	138.91	Gc2	33.99	6247.19	183.77
Çkd1/bc2	233.27	35921.18	153.99	Gc3	242.08	52754.10	217.92
Çkd2	779.14	160068.14	205.44	Gcd1	213.31	28598.41	134.07
Çkd3	440.72	110833.78	251.49	Gcd2	418.51	74706.41	178.51
ÇkGcd2	18.20	3461.07	190.16	Gcd3	591.26	142459.87	240.94
ÇkGcd3	79.85	17087.06	214.00	GÇsbc3	88.25	13833.97	156.75
Çsab3	8.31	853.06	102.66	GÇsc2	56.64	8924.85	157.58
Çsb2	483.18	52649.19	108.96	GÇsc3	177.94	31342.36	176.14
Çsb3	205.03	23703.32	115.61	GÇscd2	313.54	65601.05	209.23
Çsbc1	178.12	19205.49	107.82	GÇscd3	874.83	203342.02	232.43
Çsbc2	308.33	36896.97	119.67	GÇsd3	27.50	8875.39	322.71
Çsbc3	241.06	32922.16	136.57	Gd2	31.88	7497.14	235.20
Çsc2	187.22	27871.50	148.87	Gd3	52.63	18539.41	352.29
Çsc3	308.14	51181.87	166.10	GA	801.05	204622.13	255.44
Çscd1	829.54	101659.47	122.55	GC	699.18	152854.54	218.62
Çscd1/a0	20.90	2730.55	130.62	GÇkA	15.64	3086.29	197.37
Çscd2	1489.50	268558.28	180.30	GÇsA	399.78	93516.85	233.92
Çscd3	823.46	171859.23	208.70	GÇsC	280.22	50665.53	180.81
ÇsÇkb3	131.25	15469.45	117.86	GÇsD	174.77	49331.83	282.26
ÇsÇkbc3	56.10	8684.03	154.79	GD	538.05	127833.78	237.59
ÇsÇkc2	122.01	17476.12	143.24	Total	36118.22	6267327.76	173.52

<sup>1</sup>PCS: pure coniferous stands, PBS: pure broadleaf stands, MS: mixed stands

<sup>2</sup>In table 4, crown closure was classified into three classes; 1 (low coverage of 11-40%), 2 (medium coverage of 41-70%) and 3 (full coverage of 71-100%). The development stage was classified into four classes; a (regenerated area, average dbh <8 cm); b (immature area, average dbh 8-19.9 cm); c (mature area, average dbh 20-35.9 cm) and d (over mature, average dbh 36-51.9 cm).

<sup>3</sup>Çk: Black pine, Çs: Scots pine, G:Fir, Çz: Red pine, 1.2.3: Crown closure classes, a. b. c. d: Development stages, Y: Fire, T: Stony and rocky, Çsc2: Scots pine stand, mature development stage (20-35.9 cm), medium coverage. (41-70%).

Table 5. TCS amounts at stand level for PBS and MS.

MS	Area (ha)	TCS (ton)	TCS (ton/ha)	PBS	Area (ha)	TCS (ton)	TCS (ton/ha)
Çkbc2/GnMcr3	22.95	1791.76	78.09	GnKnab3	116.18	14792.63	127.33
Çkc2/GnMza3	37.81	3807.46	100.71	Knab3	258.55	27519.29	106.44
Çkcd1/GnMza3	20.94	1655.31	79.04	Knbc2	40.09	4626.22	115.41
Çkcd1/Kna3	12.04	759.63	63.11	Knbc3	611.20	82323.99	134.69
Çkcd1/KnGnab3	34.36	6023.45	175.32	Knbc2	194.05	26044.07	134.21
Çkcd1/MzGna	14.93	2415.09	161.73	Knbc3	1034.98	165971.92	160.36
ÇkKvbc3	17.47	1753.81	100.40	Knc2	58.97	9425.64	159.83
ÇkMmb2	51.39	5357.16	104.25	Knc3	79.67	14414.64	180.93
ÇkMmb2	299.01	15106.24	50.52	Kncd3	81.23	17285.50	212.81
ÇkMmbc2	41.58	3158.21	75.95	KnGnab3	70.82	7644.00	107.94
ÇkMzbc2	221.79	11759.16	53.02	KnGnbc3	35.75	6527.24	182.57
Çscd1/Knab3	14.52	768.81	52.94	Kvbc3	212.41	30140.06	141.90
Çscd2/Gnab3	20.06	2357.70	117.51	Kvc3	77.39	14156.20	182.91
Çsd/Knbc3	28.21	3832.87	135.88	Mzb2	57.35	5956.54	103.86
Çsd2/KnGna	18.98	2970.50	156.54	MzGnab3	189.96	19152.86	100.83
ÇsKnbc3	83.72	5487.25	65.55	MzGnb3	50.33	8296.93	164.85
ÇsKncd2	62.38	6210.95	99.57	MzGnbc2	44.33	7126.08	160.76
ÇsKvbc2	28.57	2471.83	86.52	MzMcrbc2	21.87	2892.02	132.21
ÇsKvbc3	53.13	6187.06	116.45	Total	3235.14	464295.84	143.52
ÇsKvc3	50.43	6008.91	119.15				
GKvc3	27.26	1593.64	58.46				
KnÇsbc2	90.87	7997.88	88.02				
KnÇsbc3	38.53	2536.46	65.84				
KvÇkbc3	291.04	24542.26	84.33				
MmÇkab2	588.85	34549.63	58.67				
Total	2170.80	161103.02	74.21				

<sup>1</sup>PCS: pure coniferous stands, PBS: pure broadleaf stands, MS: mixed stands

<sup>2</sup>In table 5, crown closure was classified into three classes; 1 (low coverage of 11-40%), 2 (medium coverage of 41-70%) and 3 (full coverage of 71-100%). The development stage was classified into four classes; a (regenerated area, average dbh <8 cm); b (immature area, average dbh 8-19.9 cm); c (mature area, average dbh 20-35.9 cm) and d (over mature, average dbh 36-51.9 cm).

<sup>3</sup>Çk: Black pine, Çs: Scots pine, Gn: Hornbeam, Kn: Beech, Kv: Poplar, Mz: Sessile oak, Mcr: Hungarian oak, Mm: Gall oak, 1.2.3: Crown closure classes, a. b. c. d: Development stages, ÇkMzbc2: Black pine-Sessile oak mixed stand, mature development stage (8-35.9 cm), medium coverage. (41-70%).

Walle et al. (2001) compared the mixed broadleaved stands in terms of carbon pools. TCS values were calculated 324.8 (ton/ ha) in the oak (*Quercus robur* L.)-beech (*Fagus sylvatica* L.) stand and 321.4 (ton/ha) in the ash (*Fraxinus excelsior* L.) stand. Lee et al. (2009) estimated carbon content in pure and MS of pine (*Pinus densiflora*) and oak (*Quercus* spp.) species. Total carbon contents of the pine, oak and MS were 199.6, 192.5 and 169.1 (Mg C/ha<sup>-1</sup>), respectively. In natural forests, mixed stands had low carbon retention than pure stands. The results obtained from these studies were consistent with our results. However, the findings of studies in plantation areas were not consistent with these results.

Redondo-Brenes and Montagnini (2006) estimated the TCS amounts of pure and mixed plantations in 3 different areas. Carbon content values were 47.7-55.3 (Mg C/ha<sup>-1</sup>) for pure-mixed in first plantation, 66.2-90.8 (Mg C/ha<sup>-1</sup>) for pure-mixed in second plantation and 35.8-47.3 (Mg C/ha<sup>-1</sup>) for pure-mixed in third plantation. Wang et al.

(2013) assessed carbon storage of coniferous, broadleaved and mixed plantation areas. Carbon storage values were 71.0, 73.3 and 83.7 (ton/ha) for the coniferous, broadleaved and mixed plantation, respectively. It was clear from these results that the natural structure of MS has certain effects on the amount of carbon stored. While the MS in plantation areas yields higher amounts of carbon storage than pure stands, the MS store lower levels of carbon storage in natural forests.

In some studies, it was seen that mixed plantation areas showed better development than pure plantation areas (Piotto et al., 2003; Alice et al., 2004). As a result of this, MS in plantation areas accumulates more aboveground biomass and carbon compared to pure plantation areas (Montagnini and Porras, 1998; Kanowski and Catterall, 2010). Redondo-Brenes and Montagnini (2006) reported that the MS in plantation areas demonstrated higher diameter values, better site conditions, nutrition of trees and less insect damage, biomass and carbon sequestration than pure plantation areas. Especially

in plantation areas, MS improve the carbon stocks in soil and litter (He et al. 2013). This enhancing effect contributed to the increase of total carbon in MS. Various studies indicated that MS in plantation areas was likely to generate more fertility and improve soil properties (Forrester et al. 2006; Wang et al., 2009; Richards et al. 2010). Stand types, composition of species and site characteristics greatly affect carbon stored in forest ecosystems (Zhou et al., 2000). Owing to limited studies on natural MS, evaluating the success of MS was especially hard with regards to biomass production and carbon stock.

#### 4. Conclusions

The carbon storage capacities of MS were determined in this study. Sentinel-2 satellite image was used to obtain coniferous and broadleaf areas in MS. This process was successfully performed using supervised classification technique (Kappa coefficient = 0.97). When the results obtained are evaluated, the TCS values of the MS in the study area vary between 50.52 and 175.32 ton/ha. Since the spatial resolution of the satellite image used in the study is not very high, it can cause errors in determining the areas of the tree species in the MS. This may affect the value of the total amount of carbon calculated for MS. Because, if the mixture is based on the individual trees and not in groups or clumps, it will hard to distinguish the softwoods or hardwoods especially stands at the development stage “a” or “b”. The structure of the mixture will not effectively have determined, due to the minimum mapping unit of 100 m<sup>2</sup>. Therefore, the use of high resolution satellite images with different classification techniques in future studies will increase the success results. In addition, this study should be expanded for different regions, natural and plantation forest areas help to interpret the carbon amounts of MS. Also, we need to observe and assign the long-term changes stand structure, biomass generation and carbon storage in forest areas.

#### Acknowledgements

We would like to thank to Turkish General Directorate of Forestry for providing data used in this study.

#### References

Alice, F., Montagnini, F., Montero, M., 2004. Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en La Estacio'n Biolo'gica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica. *Agron. Costarricense* 28 (2), 61–71.

Anonymous, 2018. Ilgaz Forest Enterprise, forest management plan, Turkish General Directorate of Forestry, Ankara.

Asan, Ü., 1995. Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 45(1-2):23-37.

Asan, Ü., 1999. Climate Change, Carbon Sinks and The Forests of Turkey. *Proceedings of the International Conference on Tropical Forests and Climate Change: Status, Issues and Challenges (TFCC '98)*, Philippines, pp.157-170.

Cusack, D. F., Axsen, J., Shwom, R., Hartzell-Nichols, L., White, S., and Mackey, K. R., 2014. An interdisciplinary assessment of climate engineering strategies. *Front. Ecol. Environ.* 12, 280–287. doi: 10.1890/130030

Değermenci, A.S. and Zengin, H., 2016. Ormanlardaki karbon birikiminin konumsal ve zamansal değişiminin incelenmesi: Daday planlama birimi örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, e-ISSN: 2146-698X, 17 (2):177-187.

Durkaya, B., Durkaya, A. and Macaroğlu, K., 2012. Bartın yöresi karışık meşcerelerinin biyokütle stok değişimlerinin irdelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14(21), 28-36.

Forrester, D.I., Bauhus, J. and Cowie, A.L., 2006. Carbon allocation in a mixed-species plantation of Eucalyptus globulus and Acacia mearnsii. *For Ecol Manag* 233:275–284.

Gonzalez, P., Asner, G.P., Battles, J.J., Kefsky, M.A., Waring, K.M. and Palace, M. 2010. Forest carbon densities and uncertainties from Lidar, QuickBird and field measurements in California. *Remote Sens. Environ.* 114, 1561-1575.

Gonzales, P., Kroll, B. and Vargas, C.R. 2014. Tropical rainforest biodiversity and aboveground carbon changes and uncertainties in the Selva Central, Peru. *Forest Ecology and Management*, Vol. 312, No. 15, pp.78–91.

Hao, H., Li, W., Zhao, X., Chang Q. and Zhao, P. 2019. Estimating the Aboveground Carbon Density of Coniferous Forests by Combining Airborne LiDAR and Allometry Models at Plot Level. *Frontiers in Plant Science*, 10.

Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K. and Johnson C.A. 2001. *Climate Change 2001, The Scientific Basis, Contribution of working group 1 to the Third Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University press, Cambridge.

He, Y., Qin, L., Li, Z., Liang, X., Shao, M. and Tan, L. 2013. Carbon storage capacity of monoculture and mixed-species plantations in subtropical China. *Forest Ecology and Management*, 295, 193-198.

Kadıoğulları, A.İ. and Karahalil, U., 2013. Spatiotemporal change of carbon storage in forest biomass: a case study in Köprülü Canyon National Park, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13 (1): 1-14.

Kaptan, S., Aksoy, H. and Durkaya, B. 2019. Akgöl Orman İşletme Şefliği ormanlarının biyokütle ve karbon

stok değişimlerinin incelenmesi. 8th International Vocational Schools Symposium.

Kanowski, J., Catterall, C.P., 2010. Carbon stocks in above-ground biomass of monoculture plantations, mixed species plantations and environmental restoration plantings in north-east Australia. *Ecol. Manage. Restor.* 11 (2), 119–126.

Karahalil, U., Başkent, E.Z. and Bulut, S. 2018. The effects of spatiotemporal changes on forest carbon storage: A case study in Çaykara, Turkey. *International Journal of Global Warming*, 14(2), 207-223, doi: 10.1504/IJGW.2018.10006060.

Kauranne, T., Joshi, A., Gautam, B., Manandhar, U., Nepal, S., Peuhkurinen, J., et al. 2017. LiDAR-assisted multi-source program (LAMP) for measuring above ground biomass and forest carbon. *Remote Sens.* 9:154.doi: 10.3390/Rs9020154

Lee, S. K., Son, Y. H., Noh, N. J., Heo, S. J., Yoon, T. K., Lee, A. R., ... & Lee, W. K. 2009. Carbon storage of natural pine and oak pure and mixed forests in Hoengseong, Kangwon. *Journal of Korean Forestry Society*.

Lu D. 2007. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *Int J Remote Sens.* 27:1297–1328.

Mısır, M. (2013) ‘Changes in forest biomass carbon stock in northern Turkey between 1973 and 2006’, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 185, No. 10, pp.8343–8354.

Mitchard, E. T. a, Feldpausch, T. R., Brienen, R. J. W., LopezGonzalez, G., Monteagudo, A., Baker, T. R. 2014. Markedly Divergent Estimates Of Amazon Forest Carbon Density From Ground Plots And Satellites. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 23(8): 935-946.

Montagnini, F. and Porras, C., 1998. Evaluating the role of plantations as carbon sinks: an example of an integrative approach from the humid tropics. *Environ. Manage.* 22 (3), 459–470.

Piotto, D., Montagnini, F., Ugalde, L. and Kanninen, M., 2003. Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. *For. Ecol. Manage.* 177, 427–439.

Redondo-Brenes, A., and Montagnini, F. 2006. Growth, productivity, aboveground biomass, and carbon sequestration of pure and mixed native tree plantations in the Caribbean lowlands of Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 232(1-3), 168-178.

Richards, A.E., Forrester, D.I., Bahuhs, J. and Scherer-Lorenzen, M. 2010. The influence of mixed tree plantations on the nutrition of individual species: a review. *Tree Physiol* 30:1192–1208.

Safari, A., Sohrabi, H., Powell, S. and Shataee, S. 2017. A comparative assessment of multi-temporal Landsat 8 and machine learning algorithms for estimating aboveground carbon stock in coppice oak forests. *Int. J. Remote Sens.*, 38, 6407–6432.

Seki, M., Sakıcı, O.E., Büyükterzi, M. ve Sağlam, F., 2017. Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü ormanlarında karbon stoğunun zamansal değişimi, Uluslararası Taşköprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmaları Sempozyumu, 10-12 Nisan 2017, Taşköprü.

Sivrikaya, F. ve Bozali, N., 2012. Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Türkoğlu planlama birimi örneği, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14: 69-76.

Sivrikaya, F., Keleş, S. and Çakır, G., 2007. Spatial distribution and temporal change of carbon storage in timber biomass of two different forest management units, *Environmental Monitoring and Assessment*, 132:429-438.

Tolunay, D., 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish J. Agric. For.* 35, 265-279.

Van, G.N., Shi, Z., van Groenigen, K.J., Osenberg, C.W., Andresen, L.C., Dukes, J.S., Hovenden, M.J., Luo, Y., Michelsen, A. and Pendall, E. 2018. Predicting soil carbon loss with warming. *Nature*, 554, E4–E5.

Walle, I. V., Mussche, S., Samson, R., Lust, N., and Lemeur, R., 2001. The above-belowground carbon pools of two mixed deciduous forest stands located in East-Flanders (Belgium). *Annals of Forest Science*, 58(5), 507-517.

Wang, Q., Wang, S. and Zhang, J., 2009. Assessing the effects of vegetation types on carbon storage fifteen years after reforestation on a Chinese fir site. *For Ecol Manag* 258:1437–1441.

Wang, Q. K., Wang, S. L., and Zhong, M. C., 2013. Ecosystem carbon storage and soil organic carbon stability in pure and mixed stands of *Cunninghamia lanceolata* and *Michelia macclurei*. *Plant and soil*, 370(1-2), 295-304.

Watson, R., Noble, I., Bolin, B. et al. 2000. Summary for policymakers: land-use, land-use change and forestry. In: A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Yolasığmaz, H.A. and Keleş, S. 2009. Changes in carbon storage and oxygen production in forest timber biomass of Balı Forest Management Unit in Turkey between 1984 and 2006, *African Journal of Biotechnology*, 8 (19): 4872-4883.

Zhou, Y., Yu, Z., Zhao, S., 2000. Carbon storage and budget of major Chinese forest types. *Acta Phytoecol. Sinica* 24 (5), 518–522.



## Saf Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Ekolojik Tabanlı İdare Sürelerinin Belirlenmesi (Sinop Örneği)

E. Güvendi\*, N. Kahyaoğlu

Gümüşhane Üniversitesi, Kürtün Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, 29810, GÜMÜŞHANE

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 14 Kasım 2019

Kabul Tarihi : 31 Aralık 2019

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
eguvendi28@gumushane.edu.tr

### ÖZ

Bu çalışmada ülkemiz ormanlarının % 9'unu, Sinop Orman İşletme Müdürlüğü ormanlarının ise % 23,2'sini kaplayan asli ağaç türlerimizden olan saf Doğu Kayını meşcerelerinde ekolojik tabanlı mutlak idare sürelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma materyalini, topoğrafik haritalar (1/25.000 ölçekli), meşcere tipi haritaları (1/25.000 ölçekli), iklim verileri, belirlenen 98 adet örnek alanın verileri, araştırma alanında kesilen 196 adet ağaçtan gövde analizi için alınan enine kesitler, her bir örnek alandaki ağaçlarda yapılan çap, üst boy ve yaş ölçüm değerleri oluşturmaktadır. Araştırma alanındaki ormanlar ile ilgili mutlak idare süreleri ve özçürüklüğü başlama yaşları belirlenmiştir. Sinop Orman İşletme Müdürlüğü 0-800 m. basamağındaki alanlar için ortalama mutlak idare süresi 87 ve ortalama özçürüklüğü başlama yaşı 60 olarak, 800-1000 m. basamağındaki alanlar için ortalama mutlak idare süresi 90 ve ortalama özçürüklüğü başlama yaşı 87 olarak bulunmuştur. Yapılan gövde analizleri ile mevcut ya da yeni kurulacak ormanların mutlak idare süreleri hakkında bilgi verilebilecek ve orman işletme müdürlükleri piyasa ihtiyaçlarını dikkate alarak kesim yaşını kendileri belirleyebilecektir. Doğal yayılış alanları dışında (800 m'nin altındaki meşcereler) kalan doğu kayını ormanlarının verimlilik değerlerinin düşük olduğu, mutlak idare sürelerinin kısa olduğu ve özçürüklüğü başlama yaşının daha küçük yaşlarda başladığı sonuçlarına varılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda bu meşcerelerde doğu kayını ile başka tür ağaçlarla karışım yapılabilir, eğimin çok yüksek olduğu yerlerde koruma ormanı olarak veya yerleşim yerlerine yakın olanlar rekreasyon amaçlı işletilebilir. Araştırma alanındaki meşcereler için idare süresi olarak patolojik idare süresi yani özçürüklüğünün başladığı yaş alınmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** *Fagus orientalis* (Lipsky.), İdare Süresi, Yükselti, Özçürüklüğü, Sinop.

## Determination of Ecological-Based Management Periods of Pure Oriental Beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) Forests (A Case of Sinop)

### ABSTRACT

In this study, it is aimed to determine the ecological based absolute management periods in pure Oriental Beech stands which is one of our main tree species covering 9% of forests of Turkey and 23.2% of forests of Sinop Forest Management Directorate. Topographic maps (1 / 25,000 scale), stand-type maps (1 / 25,000 scale), climate data, data from 98 sample areas identified, wheels taken from trunk analysis of 196 trees cut in the research area, diameter, upper height and age. Topographic maps and management plan stands of the research region were obtained from Sinop Forest Management Directorate. Absolute management periods and age of onset of self-determination related to forests in the study area were determined. Sinop Forest Management Directorate 0-800 m. The average absolute management time for the areas in step 87 and the average age of onset of self-determination is 60, 800-1000 m. The mean duration of absolute management was 90 and the mean age of onset was 87 years. The trunk analysis will provide information about the absolute management periods of the existing or newly established forests and forest management directorates will be able to determine the age of slaughter by taking into consideration the market needs. It has been concluded that the efficiency of the eastern beech forests remaining outside the natural distribution areas (stands below 800 m) is low, the duration of absolute management is short and the age of onset of self-determination starts at a younger age. In

*Bu makaleye atf:*

Güvendi, E., Kahyaoğlu, N., 2019. Saf Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarının Ekolojik Tabanlı İdare Sürelerinin Belirlenmesi (Sinop Örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 5(2): 136-145.

accordance with these results, it can be mixed with eastern beech and other types of trees in these stands, it can be kept as a protection forest where the slope is very high or the ones close to the settlements can be operated for recreation purposes. For the stands in the research area, the duration of the pathological management, i.e., the age at which the self-diagnosis begins, should be taken.

**Keywords:** *Fagus orientalis* (Lipsky.), Rotation age, Altitude, Heart rot, Sinop.

## 1. Giriş

Uygarlığın gelişmesine koşut olarak, plan ve planlı çalışma gündeme gelmiş, giderek gelişip, uygulamada ön plana geçmiştir. Teknolojinin ilerlemesi ve her alana girmesi sonucu, ormancılık çalışmalarında da önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Bunun sonucu olarak ormancılık bilimleri doğmuş, teknik ormancılık çalışmaları başlatılmıştır. Plan ve planlı çalışma önem kazanmıştır. Orman alanlarının azalması ve birim alanda verimin düşmeye başlaması, buna karşılık nüfusun hızla çoğalması, orman ürünlerine talebin çeşitlenerek artması sonucu, görünür gelecekte dar boğazların doğacağı anlaşılmıştır. Bu durum plan ve planlı çalışmayı daha da önemli kılmıştır (Eler, 2006).

Ağaç türlerinin gelişimini etkileyen en önemli faktörler arasında ağaç türünün genetik yapısı, meşcere sıklığı ve yetiştirme ortamı koşulları gelmektedir. Yetiştirme ortamı; belirli bir mevkide, yeryüzü şekli, iklim, anakaya/toprak ve canlılar faktörlerinin ortak etkisi altında oluşmuş ekolojik bir birimdir (Kantarıcı, 2005a; Kantarıcı, 2005b). Bu ekolojik faktörler (klimatik, fizyografik, edafik, biyolojik) ağacın gelişimini ve oluşan odunun yapısını etkilemektedir (Wodzicki, 2001). Ortalama sıcaklık ve yağış miktarı gibi iklimatik faktörler, ağacın yıllık halka genişliğini ve çap artımını etkilemektedir. Klimatik faktörler, ağacın hayatı boyunca sabit kalmadığı için yıllık halka yapısında değişimler meydana gelmektedir. Yıllık halka yapısındaki değişiklik odun yoğunluğunda farklılıklar meydana getirmektedir. Yoğunluk ise odunun direnç özelliklerini ve kullanım alanlarını etkileyen en önemli faktördür. Ekolojik araştırmalarda “denizden yükseklik” ya da “rakım” canlıların yaşam alanlarını etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Körner, 2007). Denizden yükseklik; bir yerin iklimi, toprak özellikleri ve vejetasyon yapısı üzerinde etkili olmaktadır (Irmak, 1970). Çeşitli bölgelere göre denizden her 100 m yükseliş için hava sıcaklığı 0,4-0,6 °C arasında azalmaktadır. Bunun sonucunda vejetasyon süresi kısalmaktadır. Denizden yükseklik arttıkça belirli bir yüksekliğe kadar (ülkemizde 2000-2500 m) yağışlar da artar. Bu artış, her 100 m yükseklik için yaklaşık olarak yılda 50 mm dir (Atalay, 1983; Çepel, 1988).

Ağaç türlerinin uygun yetiştirme ortamlarından uzaklaşması sonucunda odun yapısında bazı olumsuzluklar meydana gelmektedir. Yapraklı

türlerin odununun özodun kısmı diri oduna nazaran mantarların gelişmesine daha elverişli olduğundan çabuk çürür ve tomruklarda birçok hallerde özodun çürüklüğü gösterir. Ağaç gövdelerinde görülen çürüklüklerde çeşitli mantarlar rol oynar. Çürüklüklerin bariz etkisi odunda genellikle rengin değişmesidir. Çürüklük ağaç yaşı ile artar; yani zamanla hem genişler ve hem de aşağıdan yukarıya yahut yukarıdan aşağıya veyahut da her yöne doğru ilerler. Bu sebepten dolayı odun kısmının sağlığını tespit etmek üzere araştırma alanlarında ağaçlar kesilerek seksiyonlar ayrı ayrı incelenmelidir. Çürüklük başlangıcı olan renk değişimi esas alınarak, gövdede nereden başladığı ve nerelere kadar çıktığı hususları üzerinde durulmalıdır. Çürüklüğün gövdede ne kadar yükseldiğini tayin etmek için ağaçlar 2 şer metrelik seksiyonlara bölünmelidir (Acatay, 1961).

Daşdemir (1987), Türkiye'deki Doğu Ladini ormanlarının yetiştirme ortamı faktörleri ile verimlilik arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla regresyon analizi, faktör analizi ve diskriminant analizlerini kullanmıştır. Sonuç olarak toprak derinliği ile boy artımı arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca mikroorganizma faaliyetlerine müsait olan asidik toprakların da Doğu Ladini' nin gelişimiyle pozitif ilişkili olduğunu saptamıştır.

Corona et al (1998) tarafından yapılan bir araştırmada Douglas Göknaarı plantasyonlarında verimlilik göstergesi ile çevresel etmenler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. İklimin, topografyanın ve toprak özelliklerinin verimlilik göstergesi üzerinde etkilerini ortaya koymak amacıyla 71 örnek alanda derlenen veriler çoğul regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Verimlilik göstergesi yıllık yağış, yüzeysel akış, toprakların kil ve kalsiyum karbonat miktarları ve arazinin bakışı regresyon modeline katılmıştır ( $R^2=0.58$ ).

Jokela et al, 1988, Orman toprakları ve orman yetiştirme ortamı verimliliği arasındaki ilişkiler araştırılmış; toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ve topografyanın yetiştirme ortamı verimlilik göstergesi ile yıllık çap artımı üzerindeki etkileri regresyon denklemleri yardımıyla ortaya konulmuştur ( $(R^2=0.53-R^2=0.82)$ ).

Carus (1998), doğal yoldan meydana gelmiş, müdahale görmemiş, normal, saf ve aynıyaşlı Doğu Kayını meşcerelerinin artım ve büyümesinin yaşa ve yetiştirme ortamına bağlı olarak değişimini incelemiştir. Bu amaçla İstanbul, Zonguldak, Sinop,



Kastamonu ve Bolu orman bölge müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan doğu kayını meşcerelerinden 116 adet örnek alan alınmıştır.

Kayın odunu sert ve ağır olup çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Kolay yarılr, işlenmesi ve cilalanması kolaydır (Bozkurt ve Göker, 1996). Mobilya, parke, kaplama, kontrplak, ayakkabı kalıbı, oyuncak, ambalaj sandığı, alet sapları, ayakkabı topukları ve empenye edilmek suretiyle demir yolu traversi üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca maden direği ve yakacak odun olarak da değerlendirilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1996).

Bu çalışmanın amacı; yatay yayılımını Sinop İşletme Müdürlükleri sınırları içinde, dikey yayılımını ise 21 m yükseltiden 1044 m yükseltiye kadar yapmakta olan Doğu Kayını'nın yetiştirme yeri faktörlerinden denizden yükseklik faktörünün özçürüklüğü üzerine etkisini araştırmaktır. Elde edilen sonuçlar ile yöredeki saf kayın ormanları için en uygun idare süresini belirlemektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

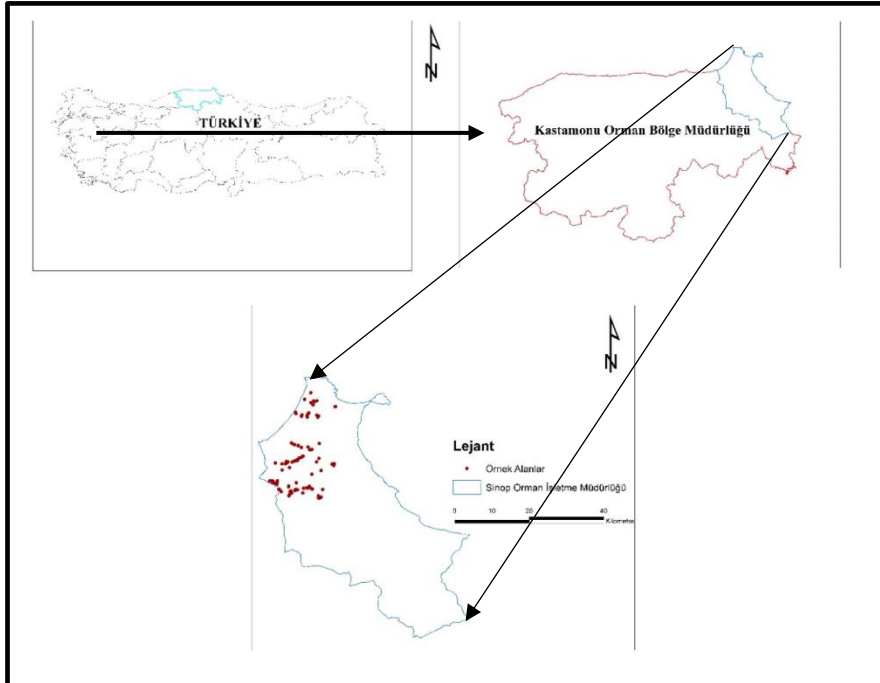
### 2.1. Araştırma alanının tanıtımı

Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) 30-40 m.'ye kadar boylanabilen, bir metrenin üzerinde çap

yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır. Ülkemizde asıl yayılımını ve en iyi gelişimini Karadeniz sahillerinde yapmaktadır. Sinop ilindeki saf Doğu Kayını ormanları yetiştirme ortamı özellikleri bakımından önemli yerlerdendir. Bu nedenle yayılım gösterdiği yükselti – iklim kuşakları (0-800 m. ve 800-1200 m.), potansiyel kullanım özellikleri ve yaşa bağlı olarak gövdede meydana gelen olumsuzluklar ile bu araştırma, Sinop ili sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma, Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde yer alan Sinop ili sınırları içinde bulunan saf Doğu Kayını ormanlarında gerçekleştirilmiştir. Sinop Orman İşletme Müdürlüğü 180.336,3 ha büyüklüğünde olup 8 işletme şefliği bulunmaktadır (Şekil 1). Bu İşletme Müdürlüğü sınırları içinde kalan çalışma alanı  $41^{\circ} 27' 00'' - 42^{\circ} 05' 33''$  Kuzey Enlemleri,  $34^{\circ} 46' 37'' - 35^{\circ} 24' 34''$  Doğu Boyamları arasında kalmaktadır.

Araştırma alanı Türkiye'nin 3 büyük bitki örtüsü (flora) alanından Euro-Siberian (Avrupa-Sibirya) bitki (flora) bölgesinin Euxine (Öksin) kesiminde yer almaktadır. Ayrıca araştırma alanı Davis' in "Türkiye Florası" adlı eserinde Türkiye için hazırlanmış olduğu karelej sistemine göre A5 karesinin içerisinde yer almaktadır.



Şekil 1. Sinop Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan 98 adet örnek noktaları gösteren harita.

Sinop İli, Doğu ve Batı Karadeniz iklim özelliklerinin iç içe geçtiği bir yöredir. İlde mevsimler arası sıcaklık farkları pek büyük değildir. Yazın belli bir dönem dışında, bütün yıl nemli ve yağışlı geçer. Sinop'un kuzey kesiminde Karadeniz iklimi tipi egemendir. İlin güney kesiminde ise kıyıya koşut olarak uzanan dağlar nedeniyle, Karadeniz ikliminin etkisi giderek azalmaktadır. Bu bölgede yağışlar ve sıcaklık düşer ve bozkır ikliminin etkileri görülür. Sinop ili yarı kurak, az nemli bir iklime sahiptir. İlde kışları serin, yazları ılık, sıcaklık ve yağış parametrelerine göre mevsimler arası sıcaklık farkı fazla olmayan, yağışlar düzenli, sahil kesimi mutedil, iç kesimlerde Karadeniz iklimi ile İç Anadolu İklimi arasında geçiş bölgesi iklimi hâkimdir. Sinop'ta yağışlar, aylara göre oldukça düzenlidir. En çok Ekim ayında, en az Mayıs ayında yağış alan ilde yıllık ortalama yağış miktarı 685,7 mm'dir. Sahil şeridinde ortalama yağış miktarı 679-1077 mm. olup, yağışlı gün sayısı ortalama 125-135 gün arasındadır. İç kesimlerde ise ortalama yağış 388- 473 mm., yağışlı gün sayısı ise 66- 87 gün arasındadır. İlin hâkim rüzgâr yönü Batı, Kuzeybatı (karayel) yönünde olup, uzun yıllar (1960-2015 yılları arası) yapılan ölçüm neticesinde % 13,7'lik oranla rüzgâr bu yönden ortalama 76652 saat olarak esmiştir. Bu rüzgârların hızı saniyede 20-25 metreye dek ulaşabilir. Ortalama deniz suyu sıcaklığı 15.9 °C olan Sinop'ta ortalama güneşlenme süresi ise 4,75 saat/gündür (URL-1).

## 2.2. Örnek alanların belirlenmesi

Araştırma amacına uygun olarak Sinop Orman İşletme Müdürlüğü Sınırları içerisinde kalan saf Doğu Kayını meşcerelerinden farklı yükseltilerden (21 – 1044 m.) 98 adet örnek alan bilinçli örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Örnek alanların her birinde özçürüklüğünün başlama yaşını belirlemek amacıyla 2' şer adet ağaç kesilmiştir. Kesilen ilk ağaç olarak meşcere orta çapına yakın olan ve meşcereyi temsil eden bir birey seçilmiş ve kesilmiştir. Kesilen ilk ağaçta özçürüklüğü ve/veya özçürüklüğüne neden olan renklenmeler belirlenirse; kesilecek olan ikinci ağaç daha ince çaplı, özçürüklüğü belirlenmemiş ise daha kalın çaplı bireylerden seçilmiştir. Kesilen ağaçlardan dip kütükten itibaren 2' şer metrelik aralıklarla gövde analizi için kesitler alınmıştır. Alınan kesitlerde laboratuvar ortamında gövde analizi yapılmıştır. Ayrıca bu kesitlerde özçürüklüğü başlama yaşları da belirlenmeye çalışılmıştır.

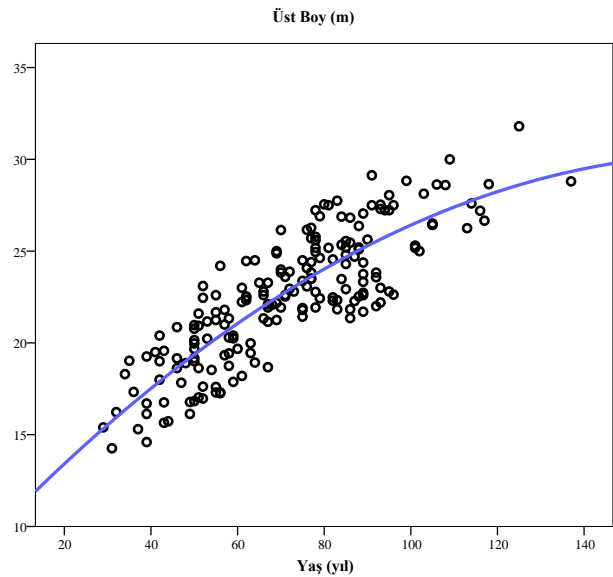
## 2.3. Değerlendirme (büro) aşamasında yapılan çalışmalar

Arazide toplanan ve laboratuvar ortamında elde edilen veriler, öncelikle örnek alan numaraları sırasına göre envanter tablolarına kaydedilmiştir. Elde edilen bulgular bilgisayara ortamında uygun paket programlara veri olacak şekilde aktarılmıştır. Böylece, bilgisayara yüklenmiş olan bu verilerin değerlendirme çalışmalarında ve istatistiksel analizlerde kullanılabilirliği kolaylaşmıştır.

## 2.4. Yetiştirme ortamı verimliliği (bonitet endeksi) tablosunun düzenlenmesi

Bu çalışmada bonitet endeksi tabloları anamorfik eğriler yöntemine göre belirlenmiştir. TÜBİTAK-TOVAG 1070752 kod nolu proje kapsamında Sinop, Ayancık ve Türkeli Orman İşletme müdürlüğü sınırları içerisinde toplam 238 adet geçici örnek alandan elde edilen üstboy ve yaş verileri ile bonitet endeksi değerleri elde edilmiştir. Bu araştırma kapsamında kullanılan veriler, Sinop Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde belirlenen örnek alanlardan alınan 98 adet geçici deneme alanından elde edilmiştir.

Anamorfik eğriler yöntemine göre, çeşitli yaş ve çeşitli bonitetteki meşcerelerde yaş ve boy ölçmeleri yapılmış, boy değerleri yaşa göre koordinat eksenlerine taşınarak noktalara dağılımı elde edilmiştir. Bu noktalar arasında, noktaları ortalayacak şekilde bir eğri geçirilip kılavuz eğri elde edilmiştir (Şekil 2). Bu kılavuz eğri ortalama verim gücü sınıfını temsil etmekte olup diğer eğriler bu kılavuz eğri yardımıyla elde edilmiştir (Eraslan, 1982).



Şekil 2. Örnek alanlardan belirlenen üstboy-yaş dağılımı.

Çizelge 1'de örnek alanların yaş, göğüs yüksekliği çapı, bonitet endeksi ve bonitet sınıfları verilerinin minimum, maksimum, aritmetik

ortalama, standart hata, varyans, çarpıklık ve basıklık gibi tanımsal istatistik bilgileri verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek alanların yaş, göğüs çapı, bonitet endeksi ve bonitet sınıfları verilerinin tanımsal istatistikleri.

	Örnek sayısı	Min.	Maks.	Ortalama		Standart sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
				Değer	Standart hata				
Yaş	98	31	98,00	67,0408	1,65025	16,33661	266,885	-,227	-,673
Göğüs Çapı (cm)	98	11	33,43	22,0421	,42452	4,20254	17,661	,303	,221
Bonitet Endeksi	98	18	34,04	26,4635	,38115	3,77323	14,237	,159	-,588
Bonitet Sınıfı	98	1	5,00	2,8673	,11662	1,15444	1,333	-,023	-,826

## 2.5. Verimlilik (BE) endekslerinin belirlenmesi

Örnek alanlardaki verimlilik (BE) endekslerinin tayini için, meşcere yaşı ve meşcere üst boyunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla her bir örnek alanda hektarda yüz ağaç yöntemine göre belirlenen sayıda en boylu ağaçların yaş ve boylarının ortalaması alınarak ortalama yaş ve üst boylar bulunmuştur. Daha sonra bu ortalama yaş ve üst boylar geliştirilen Bonitet Endeksi Tablosu kullanılarak her bir örnek alan için bonitet endeksi hesaplanmıştır.

## 2.6. İdare süresinin belirlenmesi

Genellikle idare süresi; hacim artımının maksimum olduğu yaş olan, genel ortalama artım ile periyodik ortalama artımın çakıştığı ve genel ortalama artımın maksimum olduğu dönemde alınır. Bu idare süresi mutlak idare süresi olarak adlandırılmaktadır.

Çalışmamızda idare süresinin belirlenmesinde, ağaçların hacim artımlarının (G.O.A ve P.O.A) gelişimleri dikkate alınarak, genel ortalama artım ile periyodik ortalama artımın çakıştığı ve genel ortalama artımın maksimum olduğu yaş, idare süresi olarak alınmıştır (Kalıpsız, 1998).

## 2.7. Özçürüklüğü başlama yaşının belirlenmesi (patolojik idare süresi)

Ağaç türüne bağlı olarak, belli yaşlardan sonra, ağaçlarda hastalıklar, çürümelere olur. Türlerin hastalıklara en fazla dirençli oldukları yaş ve çağ patolojik idare süresi olarak alınır. Bu süreden sonrası rizikolu (zarara uğrama tehlikesi) olduğundan, diğer idare sürelerinden biri kararlaştırılırken, Patolojik idare süresinin sınırlayıcı etkisi dikkate alınmalı, bu sürenin aşılmamasına dikkat edilmelidir (Eler, 2006).

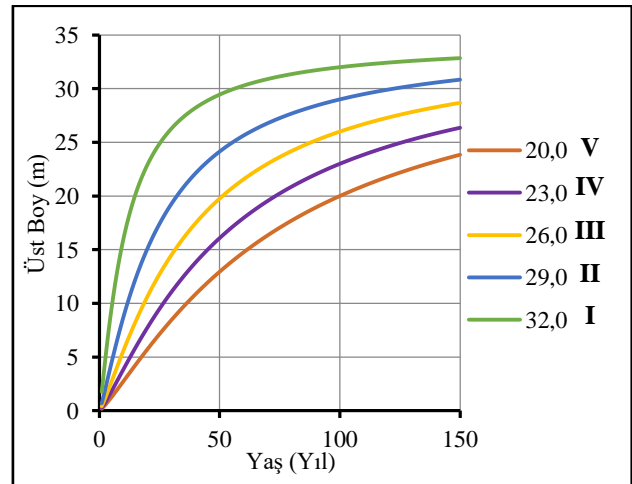
Araştırma alanlarından kesilen ağaçlardan alınan kesitler üzerinde gövde analizi çalışmaları

yürütülürken, çürüklüğün başlamış olduğu yaş kayıt altına alınmıştır.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Bonitet endeksi ve sınıflarının belirlenmesine ilişkin bulgular

Doğu Kayını uzun idare süreli olarak işletildiğinden standart yaş 100 yıl alınmıştır. Standart yaştaki en büyük ve en küçük boy değerlerinin farkları dikkate alınarak, Doğu Kayını için 3'er metre olmak üzere 5 bonitet sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 3). Buna göre düzenlenen bonitet sınıflarının sınır değerleri Doğu Kayını için Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Doğu Kayını için oluşturulmuş bonitet sınıflarına ilişkin bonitet endeks eğrileri.

Çizelge 2. Doğu Kayını için bonitet endeks sınıfı değerleri ve sınırları.

Bonitet sınıfları	Sınıf orta değeri (m)	Alt ve üst sınır değerleri (m)
I	32,0	30,5 - 33,5
II	29,0	27,5 - 30,5
III	26,0	24,5 - 27,5
IV	23,0	21,5 - 24,5
V	20,0	18,5 - 21,5

Bonitet sınıflarına ilişkin yaş-boy arasındaki ilişkiyi gösteren denklem ve bu denklemin Belirtme Katsayısı ve Standart hatası aşağıda verilmiştir. Ayrıca regresyon modeli  $\alpha=0.05$  önem düzeyi ile anlamlı bulunmuştur ( $p<0.01$ ).

#### Quadratik model

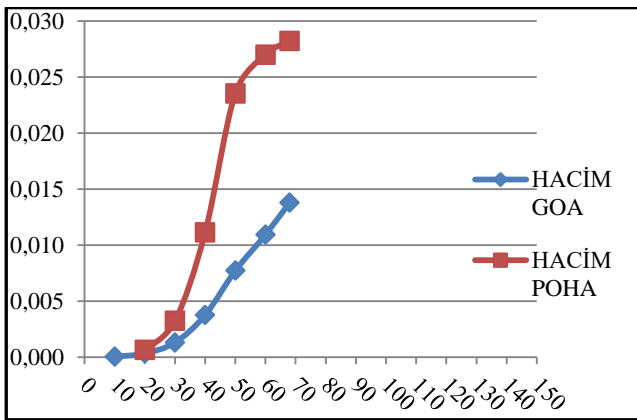
$$R^2: 0.717 \text{ Syx: } 1.873 \text{ F: } 241.222$$

$$h_{100}: 8.730292195424 + 0.2482810076201 (t) - 0.0007143258953764 (t^2)$$

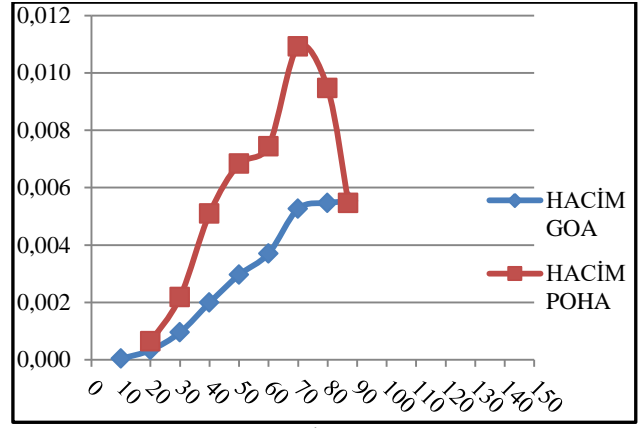
### 3.2. İdare süresinin belirlenmesine ilişkin bulgular

İdare süresinin belirlenmesinde; işletme amacı, ağaç türü, bonitet, işletme büyüklüğü, mülkiyet durumu, işletme şekli, odun fiyatları ve işletmenin içinde bulunduğu sosyal ve ekonomik koşullar vb. değişkenler önemli rol oynamaktadır (Eraslan, 1982).

Yapılan gövde analizleri sonucunda her bir örnek alan için yaş ile hacim artımı arasındaki ilişkiyi ortaya koyan grafikler oluşturulmuştur. Sinop, Ayancık ve Türkeli İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde kalan alt (800 m. nin altında kalan) ve üst (800 m. nin üstünde kalan) yükselti kuşakları için elde edilen grafiklerden bazıları örnek olması amacıyla aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4, 5).

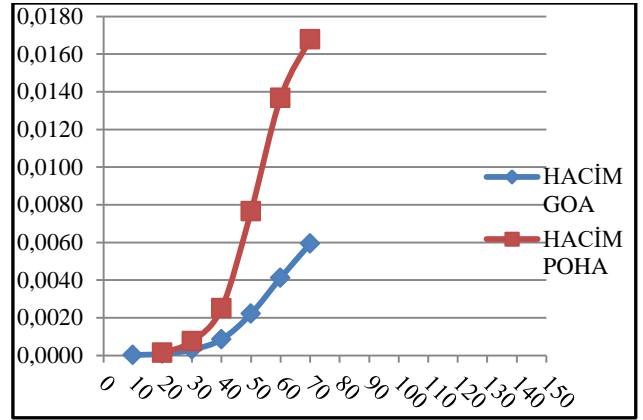


Şekil 4. Sinop Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki 14 nolu örnek alandaki örnek ağacın yaş-hacim artımı ilişkisini gösteren grafik (Sinop 0-800 m.).

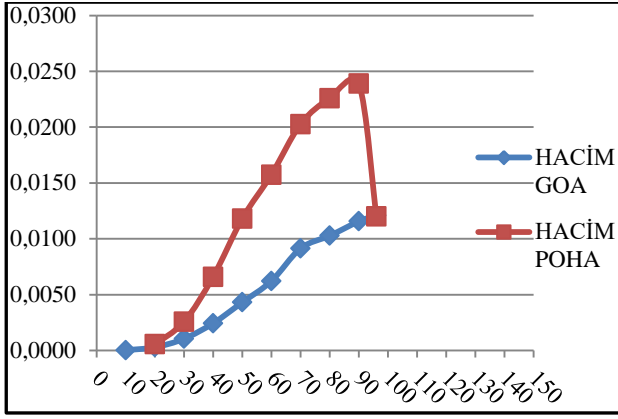


Şekil 5. Sinop Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki 64 nolu örnek alandaki örnek ağacın yaş-hacim artımı ilişkisini gösteren grafik (Sinop 0-800 m.).

Şekil 4 incelendiğinde 14 nolu örnek alandaki periyodik ortalama artım ile genel ortalama artımın 70'li yaşlarda halen artmaya devam ettiği görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde 64 nolu alanda ise periyodik ortalama artımın 70'li yaşlardan sonra düşmeye başladığı ve genel ortalama artımın ise artmaya devam ettiği görülmektedir. 64 nolu örnek alanda periyodik ortalama artım ile genel ortalama artımın çakıştığı ve genel ortalama artımın maksimum olduğu yaş olarak 87'li yaşlar görülmektedir.



Şekil 6. Sinop Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki 43 nolu örnek alandaki örnek ağacın yaş-hacim artımı ilişkisini gösteren grafik (Sinop 800-1200 m.).



Şekil 7. Sinop Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki 73 nolu örnek alandaki örnek ağacın yaş-hacim artımı ilişkisini gösteren grafik (Sinop 800-1200 m.)

Şekil 6 incelendiğinde 43 nolu örnek alandaki periyodik ortalama artım ile genel ortalama artımın 70'li yaşlarda halen artmaya devam ettiği görülmektedir. Şekil 7 incelendiğinde 73 nolu örnek alanda ise periyodik ortalama artımın 90'lı yaşlardan sonra düşmeye başladığı ve genel ortalama artımın ise artmaya devam ettiği görülmektedir. 73 nolu örnek alanda periyodik ortalama artım ile genel ortalama artımın çakıştığı ve genel ortalama artımın maksimum olduğu yaş olarak 95'li yaşlar görülmektedir.

### 3.3. Özçürüklüğü başlama yaşlarına ilişkin bulgular

Araştırma alanlarındaki saf doğu kayını meşcerelerinde özçürüklüğü başlama yaşı ile yüksekliğin ortak etkisi incelendiğinde iki grup ortalaması arasındaki farkın önemlilik testi (independent T testi) analizinde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

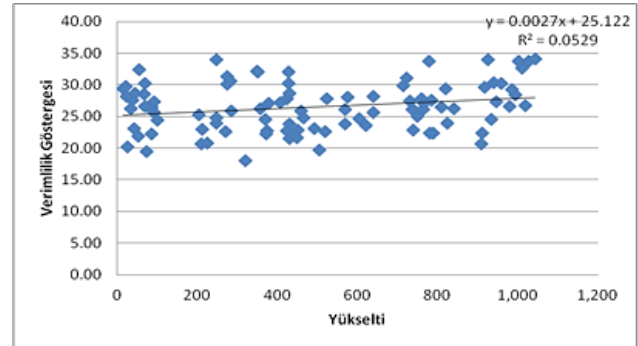
Sinop Orman İşletme Müdürlüğü'nde 800 m. nin altında yükseltiye sahip saf doğu kayını meşcerelerinde özçürüklüğü başlama yaşı 57 ile 67 yaşları arasında ortalama olarak 62 yaşında başlamaktadır. Aynı işletme müdürlüğünde 800 m. nin üzerindeki yükseltiye sahip saf doğu kayını meşcerelerinde özçürüklüğü başlama yaşı 71 ile 95 yaşları arasında ortalama olarak 83 yaşında başlamaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Özçürüklüğü başlama yaşı ile denizden yükselti etmeninin varyans analizi sonucu ortalama değerleri.

Yükselti basamakları	Ortalama	Standart hata	% 95 güven aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
1	61,581	2,558	56,535	66,628
2	83,000	5,858	71,443	94,557

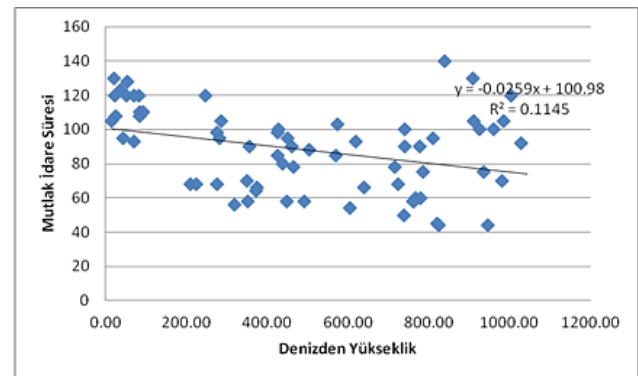
### 3.4. Denizden yükseklik etmenine ilişkin korelasyon analizi bulguları

Şekil 8 incelendiğinde anlaşılacağı üzere örnek alanlar için yapılan korelasyon analizine göre araştırma alanlarının meşcere bonitet endeksi ile denizden yükseklik arasında  $\alpha = 0.05$  düzeyinde önemli ve zayıf pozitif bir ilişki vardır.



Şekil 8. Yükselti ile verimlilik arasındaki ilişki.

Şekil 9 incelendiğinde anlaşılacağı üzere örnek alanlar için yapılan korelasyon analizine göre araştırma alanlarının mutlak idare süreleri ile denizden yükseklik arasında  $\alpha = 0.01$  düzeyinde önemli ve zayıf negatif bir ilişki vardır.

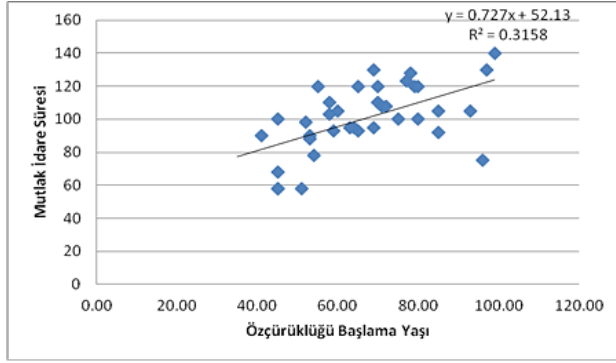


Şekil 9. Yükselti ile mutlak idare süresi arasındaki ilişki.

### 3.5. Özçürüklüğü başlama yaşlarına ilişkin korelasyon analizi bulguları

Şekil 10 incelendiğinde anlaşılacağı üzere örnek alanlar için yapılan korelasyon analizine göre araştırma alanlarının mutlak idare süreleri ile

özçürüklüğü başlama yaşı arasında  $\alpha = 0.01$  düzeyinde önemli ve zayıf pozitif bir ilişki vardır.



Şekil 10. Özçürüklüğü başlama yaşı ile mutlak idare süresi arasındaki ilişki.

### 3.6. Araştırma alanındaki meşcerelerde belirlenen özçürüklüğü başlama yaşı ve mutlak idare süreleri ile ilgili bulgular

Araştırma alanından alınan ağaç örnekleri üzerinde yapılan gövde analizleri yapılmıştır. Yapılan gövde analizleri sonucunda örnek alanların bazıları için mutlak idare süresi belirlenirken bazıları için büyüme devam ettiği için mutlak idare süresi belirlenmemiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Araştırma alanından alınan ağaç örnekleri üzerinde yapılan gövde analizi sonucunda mutlak idare süresi belirlenen ve belirlenemeyen örnek alanların dağılımı.

İşletme Müdürlükleri	Yükselti Basamakları	Örnek Alan Sayısı	Mutlak İdare Süresi Belirlenemeyen Örnek Noktalar	Mutlak İdare Süresi Belirlenen Örnek Noktalar	Yüzde (%)
Sinop	0-800 m	78	25	53	67,9
	800-1200 m	20	6	14	70,0

Çizelge 4 incelendiğinde Sinop İşletme Müdürlüğü sınırları içerisine giren örnek noktalardan alınan ağaç örneklerinin 0-800 m yükselti basamağına giren 78 adetinin 53 (% 67,9) adetinde mutlak idare süresi belirlenirken 25 (% 32,1) adetinde mutlak idare süresi belirlenmemiştir. Aynı ağaç örneklerinden 800-1200 m yükselti basamağına 20 adetinin 14 (% 70,0) adetinde mutlak

idare süresi belirlenirken 6 (% 30,0) adetinde mutlak idare süresi belirlenmemiştir.

Araştırma alanından alınan ağaç örnekleri üzerinde özçürüklüğü başlama yaşı tespiti yapılmıştır. Yapılan tespitler sonucunda örnek alanların bazıları için özçürüklüğü başlama yaşı belirlenirken bazı örnek alanlarda ise özçürüklüğüne rastlanılmamıştır (Çizelge 4).

Çizelge 5. Araştırma alanından alınan ağaç örnekleri üzerinde özçürüklüğü başlama yaşı tespiti sonucunda özçürüklüğü başlama yaşı belirlenen ve özçürüklüğüne rastlanılmayan örnek alanların dağılımı.

İşletme Müdürlükleri	Yükselti basamakları	Örnek alan aayısı	Özçürüklüğüne rastlanılmayan örnek noktalar	Özçürüklüğü başlama yaşı belirlenen örnek noktalar	Yüzde
Sinop	0-800 m	78	35	43	55,1
	800-1200 m	20	10	10	50,0

Çizelge 5 incelendiğinde Sinop İşletme Müdürlüğü sınırları içerisine giren örnek noktalardan alınan ağaç örneklerinin 0-800 m yükselti basamağına giren 78 adetinin 35 (% 44,9) adetinde özçürüklüğüne rastlanılmaz iken 43 (% 55,1) adetinde özçürüklüğü başlama yaşı belirlenmiştir. Aynı ağaç örneklerinden 800-1200 m yükselti basamağına 20 adetinin 10 (% 50,0) adetinde özçürüklüğüne rastlanılmaz iken 10 (%

50,0) adetinde özçürüklüğü başlama yaşı belirlenmiştir.

Araştırma alanının tamamındaki örnek alanlardan alınan odun örnekleri üzerinde gövde analizi sonucu mutlak idare süresi ve özçürüklüğü başlama yaşı tespiti yapılmıştır. 0-800 m ve 800-1000 m yükselti basamakları için ortalama idare süreleri ve özçürüklüğü başlama yaşları belirlenmiştir.

Çizelge 6. Araştırma alanından alınan odun ve gövde analizi örneklerinin ortalama idare süreleri ve özçürüklüğü başlama yaşları.

İşletme müdürlükleri	Yükselti basamakları	Örnek alan sayısı	Ortalama mutlak idare süresi	Ortalama özçürüklüğü başlama yaşı	Fark
Sinop	0-800 m	78	87	60	27
	800-1200 m	20	90	87	3

Çizelge 6 incelendiğinde Sinop Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisine giren tüm örnek noktalardan 0-800 m. yükselti basamağına girenlerin ortalama mutlak idare süresi 87 yaş ve ortalama özçürüklüğü başlama yaşı 60 yaş, 800-1000 m. yükselti basamağına girenlerin ortalama mutlak idare süresi 90 yaş ve ortalama özçürüklüğü başlama yaşı 87 yaş olarak belirlenmiştir.

### 3.7. Bonitet endeks ve sınıflarının belirlenmesine ilişkin bulguların tartışılması

Araştırma alanının içerisinde bulunan 98 adet örnek alanın % 14,3' ü (14 adeti) I. verimlilik sınıfında, % 23,5' i (23 adeti) II. verimlilik sınıfında, % 30,3' ü (30 adeti) III. verimlilik sınıfında, % 24,6' sını IV. verimlilik sınıfında ve % 7,3' ü V. verimlilik sınıfında bulunmaktadır. Örnek alanların % 68,1 yani 67 adeti en iyi, iyi ve orta verimlilik sınıflarında bulunmaktadır. Bu bulgular araştırma konusu olan doğu kayını meşcerelerinin verimliliklerinin kabul edilebilir derecede olduğunu göstermektedir. Bu meşcerelerin yetişme ortamı koşullarının iyi olduğu kabul edilebilir.

### 4. Sonuç ve Öneriler

Araştırma konusu olan Doğu kayını ormanlarının yükseltiye göre dağılımı incelendiğinde, yükselti 2 gruba ayrılmıştır. İlki 0-800 m arasındaki meşcereler ve ikincisi ise 800-1000 m arasındaki meşcerelerdir.

Sinop orman işletme müdürlüğü 0-800 m basamağındaki alanlar için ortalama mutlak idare süresi 87 ve ortalama özçürüklüğü başlama yaşı 60 olarak, 800-1000 m basamağındaki alanlar için ortalama mutlak idare süresi 90 ve ortalama özçürüklüğü başlama yaşı 87 olarak bulunmuştur.

1. Yapılan gövde analizleri ile mevcut yada yeni kurulacak ormanların mutlak idare süreleri hakkında bilgi verilebilecek ve orman işletme müdürlükleri piyasa ihtiyaçlarına dikkate alarak kesim yaşını kendileri belirleyebilecektir.
2. Yapılan özçürüklüğü başlama yaşı tespitleri sonucunda mevcut doğu kayını ormanlarında özçürüklüğü ortalama başlama yaşı belirlenerek orman işletme müdürlükleri ürün değerinin kaybolmasını önlemek amacıyla özçürüklüğü ağaca fazla değer kaybına uğratmadan kesimi yapılabilecektir.
3. Doğal yayılış alanları dışında (800 m'nin altındaki meşcereler) kalan doğu kayını ormanlarının verimlilik değerlerinin düşük olduğu, mutlak idare sürelerinin kısa olduğu ve

özçürüklüğü başlama yaşının daha küçük yaşlarda başladığı sonuçlarına varılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda bu meşcerelerde doğu kayını ile başka tür ağaçlarla karışım yapılabilir, eğimin çok yüksek olduğu yerlerde koruma ormanı olarak saklanabilir veya yerleşim yerlerine yakın olanlar rekreasyon amaçlı olarak işletilebilir.

4. Araştırma alanındaki meşcereler için idare süresi olarak patolojik idare süresi yani özçürüklüğünün başladığı yaş alınmalıdır.
5. Asli ağaç türlerimizin gelişim ile yetişme ortamı etmenleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması, ülke ormancılığımızın temel çalışmaları olup bu çalışmaları henüz yapılmayan ağaç türlerinde bir an önce yapılmalı, yöresel ve bölgesel olarak ağaç türlerinin gelişimini etkileyen özellikler belirlenmeli, yetişme ortamı etmenleri yardımıyla gerçek verim güçlerini gösteren yetişme ortamı verimliliği (bonitet) haritaları hazırlanmalıdır. Bu tip haritalar ormancılık uygulamalarına yön verecek şekilde her yöre ve bölge için ayrı ayrı düzenlenmelidir. Ortamın verim gücünü yetişme ortamı etmenleriyle belirlemek özellikle boş arazilerin verimlilik sınıflarının belirlenmesinde yardımcı olacak ve bu sahaların ağaçlandırılmasındaki yatırımların planlanması kolaylaşacaktır.

### Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK TOVAG 107O752 kod nolu proje tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- Acatay, A., 1961. Kavaklarda özçürüklüğü hakkında bazı tespitler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 43-48. <https://doi.org/10.17099/JFFIU.40979> Anonim, 2015.
- Atalay, İ., 1983. Oltu Çayı Havzasının Fiziki Coğrafyası ve Amenajmanı. The physical geography and management of Oltu River. Watershed Basin. Ege Üniv. Edebiyat Fak. Yay., İzmir.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 436, 2. Baskı, İstanbul.
- Carus, S., 1998. Aynı yaşlı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarında artım ve büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Corona, C., Dissanayake, C., Arbelle, A., Wellington, P., and Sigman, M., 1998. Is affect aversive to young children with autism? Behavioral and cardiac responses to experimenter distress. *Child Development*, 69 (6), 1494-1502.

Çepel, N. (1988). Ormanın fonksiyonel değerleri ve orman ölümlerine neden olan yeni tür orman zararları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 38 (4), 63-73.

Daşdemir, İ., 1987. Türkiye'deki Doğu Ladini Ormanlarında Yetiştirme Ortamı Faktörleri- Verimlilik İlişkisi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 122 s. İstanbul.

Eler, Ü., 2006. Orman Hasılat Bilgisi Ders Notları, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:66, Isparta.

Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı, İ.Ü. Yayın No: 3010, Orman Fak. Yayın No: 318, İstanbul.

İrmak, A., 1970. Orman Ekolojisi, İ.Ü. Orman Fak. Yayın No: 149, İstanbul.

Jokela, E.J., White, E.H. and Berglund, J.V., 1988. Predicting norway spruce growth from soil and topographic properties in Newyork. *Soil Sci. Soc. Ann. J.* 52(3), 809-815.

Kalıpsız, A., 1998. Orman Hasılat Bilgisi, İ. Ü. Yayın No: 4060, Orman Fak. Yayın No: 448, İstanbul.

Kantarıcı, M. D., 2005. Orman Ekosistemleri Bilgisi, İ.Ü. Yayın Nu: 4594, Orman Fakültesi Yayın No: 488, (XXVI+418), İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü, ISBN: 975- 404-756-1, İstanbul.

Körner, C.H., 2007. Climatic treelines: conventions, global patterns, causes. *Erdkunde* 61:316–324.

URL-1, <http://www.sinop.gov.tr/cografya> Erişim tarihi: 20.12.2019

Wodzicki, T.J., 2001. Natural factors affecting wood structure. *Wood Sci Technol*, 35: 5-26.



