



# ANATOLIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH

ANADOLU ORMAN  
ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

ISSN 1309-856X  
EISSN 2564-7660



Cilt: 4 No: 1 Haziran 2018

Vol:4 Issue: 1 June 2018



**Anadolu Orman  
Araştırmaları  
Dergisi**



**Anatolian Journal  
of Forest  
Research**

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

<b>Cilt: 4</b>	<b>No: 1</b>	<b>Temmuz 2018</b>	<b>Vol: 4</b>	<b>Issue: 1</b>	<b>July 2018</b>
		<b>Sahibi</b>	<b>Owner</b>		
		Prof. Dr. Hasan AYRANCI	Prof. Dr. Hasan AYRANCI		
		Rektör	Rector		
		<b>Editör</b>	<b>Editor</b>		
		Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN		

**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 ERŞAHİN	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: 4 No: 1 Temmuz 2018**

**Vol: 4 Issue: 1 July 2018**

---

**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

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

• Doğa Korumada Yeni Bir Kavram Olan Hassas Orman Ekosistemlerinin Anadolu Sığla Ormanları Üzerinden İncelenmesi	
• Examination of Sensitive Forests Concept over Oriental (Anatolian) Sweetgum Forests in Nature Conservation	1
<b>Okan ÜRKER, Yıldray LİSE</b>	
• Türkiye’de Devlet Ormanlarında Verilen Maden İzinleri ve Rehabilitasyonun Hukuksal Süreci (Bartın Orman İşletmesi Örneği)	
• Legal Process of the Mining Permits and Rehabilitation in the State Forests in TÜRKİYE (Case of Bartın Forest Enterprise)	11
<b>Gökçe GENÇAY, Üstüner BİR BEN</b>	
• Tarsus Yöresi Anadolu Karaçamı Ağaçlarında Hacim Tahminlerinin Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilmesi	
• Tree Volume Predictions by Artificial Neural Networks in Crimean Pine Trees in Tarsus Forest	23
<b>İlker ERCANLI, Azim Kutlay KURT, Muammer ŞENYURT, Alkan GÜNLÜ, Ferhat BOLAT, Sedat KELEŞ</b>	
• Toprak Strüktürü Analizinde Gelişmeler	
• Advances in Soil Structure Diagnoses	36
<b>Gülay KARAHAN, Ahmet Sami EROL, Sabit ERŞAHİN</b>	
• Orman Yangınlarının CBS Tabanlı Konumsal İstatistik Analizi: 2011-2015 Yılları Arasında Muğla Orman Bölge Sınırları İçerisinde Çıkan Yangınlar	
• GIS Based Spatial Statistical Analysis of Forest Fires: Wildfires in Muğla Forest District Boundaries Between 2011 and 2015	44
<b>Berkay GAYIR, Ozan ARSLAN</b>	
• Yukarı Dicle Havzasında Farklı Arazi Kullanımları Altındaki Toprakların Karbon Depolama Potansiyelleri	
• Carbon Storage Potentials of Soils under Different Land Uses In Upper Tigris Basin	61
<b>Mesut BUDAK, Hikmet GÜNAL</b>	
• <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)’nın larva parazitoiti <i>Hyposoter didymator</i> (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae)’un tercih ettiği larva dönemlerinin tespiti	
• Parasitization Preference of <i>Hyposoter didymator</i> (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae) on the Larval Stages of <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)	75
<b>Muharrem ŞİMŞEK, Yalçın KONDUR</b>	
• Çankırı Meşe Ormanlarında Altınkelebek, <i>Euproctis chrysorrhoea</i> (L.) (Lepidoptera, Erebidae)’nin Çıkış Seyri ve Önemi	
• The Emergence Pattern and Importance of the Brown-tail Moth, <i>Euproctis chrysorrhoea</i> in Çankırı Oak Forests	82
<b>Yalçın KONDUR, Ziya ŞİMŞEK</b>	





## Doğa Korumada Yeni Bir Kavram Olan Hassas Orman Ekosistemlerinin Anadolu Sığla Ormanları Üzerinden İncelenmesi

O. Ürker<sup>1,\*</sup>, Y.Lise<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, ÇANKIRI

<sup>2</sup>Doğa Koruma Merkezi Aşağı Öveçler Mah., 1293. Sokak, 9/32 06460 Çankaya, ANKARA

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 28 Ekim 2017

Kabul Tarihi : 2 Temmuz 2018

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:

okan.urker@gmail.com

### ÖZ

Literatürde hassas bir doğal alan, benzersiz veya yüksek değerli özellikleri ile diğer doğal alanlardan kırılabilir çevresel özellikler taşıması bakımından ayrılan, karasal veya denizel alanlar olarak tanımlanmaktadır. Ancak bugüne kadar farklı orman ve koruluk

özellikleri gösteren hassas ormanlar ve koruluk yapılarına ilişkin literatürde henüz tam olarak bir tanım yapılmadığından bu alanlarda koruma ve yönetim sorunu yaşanmaktadır. Kavramın, bir orman planlama tekniği olan Hassas Ormancılık kavramından farklı olduğu özellikle ifade edilmelidir. Bu çalışmada doğa koruma literatüründe yeni bir kavram olan hassas ormanların tanımı yapılmaya çalışılmış, diğer benzer doğal orman ve hassas alan yapılarından farklılıkları ortaya konulmuş ve tanımın daha açıklayıcı bir hal alabilmesi bakımından bu alanlara Türkiye’den relict endemik ve nadir bir orman olma özelliği gösteren Anadolu Sığla (*Liquidambar orientalis* Mill.) Ormanları örnek olarak sunulmuştur. Örnek çalışma alanı olarak bu orman yapısının en yoğun olarak bulunduğu Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi (ÖÇKB) seçilmiştir. Bu örneğin yanı sıra Türkiye’den başkaca hangi alanların hassas ormanlar yapısı içerisine dahil edilebileceğine ilişkin önermeler geliştirilmiş olup, bu alanların daha doğru ve sağlıklı biçimde korunabilmesi için çeşitli koruma yöntemleri örnek olarak sunulup, kısa vadede kat edilebilecek pratik yollar açıklanmıştır. Kavramın yeni olması itibarıyla, çalışma içerisinde yapılan tanımların, örnek olarak sunulan alanların ve bu alanlara ilişkin getirilen koruma yöntem ve stratejilerinin ivedi olarak geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Hassas ormanlar, orman sıcak noktası, doğa koruma, Anadolu Sığla Ormanları, *Liquidambar orientalis* Mill.

## Examination of Sensitive Forests Concept over Oriental (Anatolian) Sweetgum Forests in Nature Conservation

### ABSTRACT

‘Sensitive natural area’ is defined in the nature conservation literature as a terrestrial or aquatic area or other fragile natural setting with unique or highly-valued environmental features. However, no valid definitions have been set for sensitive forests and sensitive coppices despite these forests have been faced the number of management problems. The concept is different from the concept of Precision Forestry, which is a forest planning technique. In this study, sensitive forests are identified and their differences from the other similar natural forest ecosystems were stated. Oriental (Anatolian) Sweetgum (*Liquidambar orientalis* Mill.) Forests which are relict endemic and rare forests of Turkey, were exemplified as a case study to articulate the concept of sensitive forest structure. Köyceğiz-Dalyan Unique Environmental Protected Area is chosen as a study area for this research. Some basic examples that could be considered as sensitive forests were suggested. Various conservation methods were developed to protect those areas adequately. As the concept is very new, identifications, study areas, conservation methods, and strategies, presented in the study, need improving and further developing.

**Keywords:** Sensitive forests, forest hotspots, nature conservation, Oriental (Anatolian) Sweetgum Forests, *Liquidambar orientalis* Mill

*Bu makaleye atf:*

Ürker, O., Lise, Y., 2018. Doğa Korumada Yeni Bir Kavram Olan Hassas Orman Ekosistemlerinin Anadolu Sığla Ormanları Üzerinden İncelenmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 1-10.

## 1. Giriş

Tarihsel süreçte insanın birlikte yaşamak zorunda olduğu doğayı (başka bir deyişle biyosferi) hangi koşullarda, nasıl tahrip ettiği, dönüştürdüğü ve tahakkümü altına aldığı birçok çalışmada etraflıca ele alınıp tartışılmıştır (Ürker ve Çobanoğlu, 2017). İnsanoğlu yarattığı bu tahribatın ve tahakkümün sonucunda, esasen doğanın insana hiçbir şekilde gereksinimi olmadığını ve onsuz da varlığını devam ettirebileceğini, aksine insanın doğaya gereksinimi olduğunu ve kendini doğadan bütünüyle izole edebilmesinin mümkün olmadığını artık anlamıştır. Öte yandan bu tahakkümün doğadaki diğer canlı-cansız varlıklar üzerinde yarattığı tahribatların sonucu olarak, hem insan türünün ekolojik yaşam koşulları üzerinde artık geri dönüşsüz yıkımlar doğmaya başladığını, hem de ekonomik, sosyolojik, psikolojik, pedagojik ve etik anlamlarda sürdürülemez sistemlerin yaratıldığını fark eden insanoğlu artık bulunduğu biyosferin bütüncül bir biçimde korunmasına yönelik çabalar da sergilemektedir (Uzunoğlu, 2006).

Yukarıda bahsi geçen tüm bu çabaların doğa koruma bilimi, koruma biyolojisi, sosyal çevre bilimleri gibi alt bilim dallarının gelişimiyle günümüzde daha detaylı incelenmesi fırsatı doğmuştur. Esasen doğa korumanın bilinen en eski amacı “koruma”dır. Özellikle istenmeyen tahribatlar yaşanmadan önce korumadır. Böylece “korunan alanlar” ortaya çıkmıştır. Ancak günümüzde doğa koruma, sadece belirli korunan alanlarla sınırlı olmayıp -peyzaj karakterleri içindeki tüm değişiklikleri dikkate alarak- bütün doğayı kapsamaktadır.

Doğa korumanın bilinen tarihçesine göre, en eski koruma hareketlerinin Güney Hindistan’daki Tamil Nadu Kutsal koruluklarının, kutsal bir yapı arz etmesinden ötürü Yontma taş ve cilalı taş devirlerinde (M.Ö. 8000 – M.Ö. 6000) korunması olayı olduğu düşünülmektedir (Krishna ve Sankar, 1997). Öte yandan doğa koruma faaliyetleri daha çok Antik Yunan, Antik Mısır gibi eski dönemlere dayansa da, nüfusların artması ve toplumların gelişmesini takiben artan kaynak kullanımı ve doğa tahribatları sonucu Ortaçağ’da soylular için av hayvanlarının korunması ve Osmanlı İmparatorluğu Dönemi’nde ormanın ve içme suyu kaynaklarının herhangi bir şekilde tahrip edilmesinin ölüm cezası ile yasaklanması gibi rezerv koruma anlayışları hızlı bir şekilde gelişmiştir. 1900’lerin başlarında klasik anlamda rezerv koruma anlayışı olan ağaçların kesilmesinin yasaklanması gibi örneklerin ötesinde daha modern koruma anlayışları gelişmiş olup, 1980’lerde ‘doğa koruma’ bir bilim dalı olarak şekillendirilmiş ve daha çok biyoloji ya da ekoloji

bilim dallarının bir alt dalı olarak gelişmiştir. Nispeten yeni olan bu bilim dalı temelde gen, tür, ekosistem, diğer biyolojik olgu ve işlevlerin korunmasını içermekte olup, esasen çok farklı disiplinlerden yararlanan disiplinler arası bir bilim dalı olarak tanımlanmaktadır (Kaya, 2002).

“Doğa koruma bilim dalı”nı oluşturan disiplinleri, koruma biyolojisi, tehlike altındaki türlerin yönetimi, koruma alanı tasarımı, ekoloji ekonomisi, restorasyon ekolojisi, ekosistem koruma, çevre ahlakı, çevre hukuku, çevre işletmesi, koruma pazarlamaacılığı (ekoturizm) ve ekosanat olarak sıralayabiliriz. Öte yandan bu bilim dalı doğal bilimler ve sosyal-beşeri bilimlerin farklı disiplinlerinden mutlak surette yararlanmakta ve bu disiplinlerden gelen verilere göre şekillenmektedir. Bu dallardan doğal bilimler alanında, evrim, ekoloji, genetik, istatistik, biyocoğrafya, uygulamalı matematik, biyoloji, kimya, jeoloji, tıp ve epidemiyoloji disiplinleri katkı sağlarken, sosyal-beşeri bilimler alanında ise felsefe, etik, sosyoloji, antropoloji, arkeoloji, tarih, coğrafya, politika, ekonomi, işletme ve hukuk disiplinleri katkı sağlamaktadır (Ürker ve Çobanoğlu, 2017). Bir alanın veya kaynağın koruma amaçlı yönetilmesi farklı kişiler ve farklı sektörler için farklı anlamlar ifade edebilmektedir.

Doğa koruma disiplinde korumanın gerçekleşebilmesinin ön koşulu, korunacak olan türün ve/veya alanın özelliklerinin net olarak tanımlanmasıdır. Bu koşulun geçerli olmadığı durumlarda koruma, ya hiç gerçekleştirilmez ya da eksikler ve hatalar içerebilmektedir. Bu çalışmada doğa koruma literatüründe yeni bir kavram olan hassas ormanların tanımı yapılmaya çalışılmış, diğer benzer doğal orman ve hassas alan yapılarından farklılıkları ortaya konulmuş ve daha açıklayıcı olması bakımından bu alanlara Türkiye’den çeşitli örnekler getirilmiştir. Bu alanların daha doğru ve sağlıklı biçimde korunabilmesi için çeşitli koruma yöntemleri geliştirilmiş olup, kısa vadede sunulabilecek katkılar açıklanmıştır.

## 2. Türkiye’deki korunan alanların yönetiminde mevcut kurumsal yapı

Korunan alanların nasıl tanımlandığı ve yönetildiğine ilişkin somut bir örnek teşkil etmesi bakımından Türkiye’de yaşanan süreçler ele alınabilir. Buna göre Türkiye’de doğa koruma yapılarına ilişkin çerçeveyi çizerken öncelikle ulusal mevzuatın nasıl bir tarihsel süreçten geçtiğini incelemekte yarar vardır. İlk olarak 1937 yılında çıkarılan 3116 ve 3167 Sayılı Kanunlar, Türkiye’de doğa ve yaban hayatının korunmasında yürürlüğe giren ilk yasalar olarak nitelendirilebilir. 1956

yılında kabul edilen 6831 Sayılı Orman Kanunu'nun 25. maddesi ile Milli Park rejimi ve Mesire Yerleri oluşturma imkanı yaratılmış olup aynı yıl ilan edilen "Belgrad Ormanı Mesire Yeri", ülkenin koruma statüsüne sahip ilk alanı olmuştur. Ardından 1958 yılında da ülkenin ilk milli parkı olarak "Yozgat Çamlığı Milli Parkı" ilan edilmiştir. Çevre sorunlarına karşı küresel ilginin başladığı 1970'li yıllar Türkiye'de de çevre politikalarının kurumsallaşması anlamında fırsatlar yaratmıştır. Bunu takip eden dönemde 1984 yılında Başbakanlığa bağlı özerk bir kurum olarak Çevre Genel Müdürlüğü'nün kurulmasıyla çevre ve doğa koruma konularına ilişkin kurumsal yapılanmanın başladığını ve Türkiye'de doğa koruma anlamında en etkili dönemin başladığını savunabiliriz. Takip eden yıllarda bu kurum önce 1989'da Çevre Müsteşarlığı'na ve nihayetinde 1991'de Çevre Bakanlığı'na dönüştürülmüştür. Bu bakanlıkta önce 2003'de Orman Bakanlığı ile birleştirilip Çevre ve Orman Bakanlığı'na ardından 2011'de de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı olmak üzere iki ayrı bakanlığa bölünerek mevcut halini almıştır. Günümüzde Türkiye'de temel doğa koruma yönetimi ve etkinlikleri, bu bakanlıklara bağlı çeşitli birimlerin haricinde zaman zaman Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı gibi bakanlıkların yanı sıra çeşitli üniversiteler, sivil toplum örgütleri ve bağımsız kişi, kurum ve kuruluşlarca da yönetilip desteklenebilmektedir. Günümüzde ise doğrudan korunan alanların yönetiminden sorumlu birim olarak Orman ve Su İşleri Bakanlığı bünyesinde yer alan Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü temel adres olarak gösterilebilir.

Türkiye'de çevrenin, doğanın, doğal ve kültürel varlıkların korunmasında temel yasal dayanağı, 18 Ekim 1982 tarihinde kabul edilen Anayasa'nın 56., 63. ve 169. maddeleri oluşturmaktadır. Türkiye'de doğal ve kültürel kaynakların korunmasına ilişkin en kapsamlı görünen beş ayrı kanun bulunmaktadır. Bunlar tarihsel kronolojiye göre:

- 1- 1956 tarihli 6831 sayılı Orman Kanunu,
- 2- 1983 tarihli 2872 sayılı Çevre Kanunu ve ilgili Yönetmeliği,
- 3- 1983 tarihli 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu ve ilgili Yönetmeliği,
- 4- 1983 tarihli 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu (3386 sayılı yasa ile değişik) ve ilgili Yönetmeliği
- 5- 2003 tarihli 4915 sayılı Kara Avcılığı Kanunu'dur.

Yukarıda sunulan yasal düzenlemelerin yanı sıra doğa korumayı doğrudan ilgilendiren iki temel yapı olarak Tabiatı ve Biyolojik Çeşitliliği Koruma Kanun Tasarısı ile Su Kanunu Tasarısı çalışmaları

da halen devam etmektedir. Öte yandan Türkiye'nin taraf olduğu ve Anayasa'nın 90. maddesi uyarınca kanun hükmünde olan uluslararası antlaşmaları da bu tüzel düzenlemeler arasında saymak gerekmektedir. Türkiye, doğa koruma konusundaki uluslararası yükümlülükleri belirleyen hemen hemen tüm uluslararası antlaşmalara imza atmış durumdadır.

Mevzuatta, tüzel düzenlemelerde, politika belgelerinde ve literatürde kullanılan bazı kavramları özetlediğimizde karşımıza Milli Park, Tabiat Parkı, Tabiatı Koruma Alanı, Tabiat Anıtı, Yaban Hayatı Geliştirme Sahası, Ramsar Alanı, Uluslararası Önem Sahip Sulak Alan, Muhafaza Ormanı, Tohum Meşçeresi, Orman Sıcak Noktası, Önemli Doğa Alanı, Önemli Bitki Alanı, Önemli Kuş Alanı, Biyosfer Rezervi, Dünya Miras Alanı, Özel Çevre Koruma Bölgesi gibi resmi ve resmi olmayan, ulusal ve uluslararası ölçeklerde olmak üzere alan öncelikli ve/veya tür öncelikli korunan alan yapılarının çıktığını görmekteyiz (Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü [DKMPGM], 2015).

Yukarıdaki resmi veya resmi olmayan korunan alan yapıları ile benzer biçimde Türkiye'de sadece doğal değerler ele alındığında, alan veya türlerin korunması konusunda mevzuat ve literatürde birbirine çok yakın onlarca kavram kullanılmaktadır. Kültürel ve tarihi değerlerin korunması kavramları da dikkate alındığında bu sayı daha da artmaktadır. Orman içi dinlenme yeri, mesire yeri, tabiat varlığı, fosil ağaç, doğal varlık, avlanması yasak hayvan, yaban hayvanı üretme istasyonu, balık üretme ve yetiştirme istasyonu, Akdeniz Foku üreme alanı, deniz kaplumbağası üreme alanı, kum köpekbalığı üreme alanı, uluslararası ticareti yasaklanmış bitki ve hayvan türleri, arkeolojik sit, kentsel sit, tarihi sit ve ören yeri gibi terimlerin sıklıkla karşımıza çıktıklarını görebiliriz.

Türkiye'nin taraf olduğu uluslararası antlaşmalar da dikkate alındığında, bu kavram ve yönetim kargaşası daha da artmaktadır. Doğal olarak bu kargaşa uygulamaya da yansımakta, kurumlar arasında zaten var olan yetki ve görev çatışmalarını arttırmakta ve işbirliğini güçleştirmektedir. Korunan alanlar içinde yapılacak her türlü uygulama ve müdahale, mevcut yasalar ve ülkenin imzaladığı, kanunlarla kabul edilen uluslararası antlaşmalar çerçevesinde yapılmaktadır (Ürker ve Çobanoğlu, 2017).

### **3. Korunan alanların bir parçası olarak hassas doğal alanlar ve Türkiye'deki mevcut yönetim durumları**

Çalışmanın ana amacı itibarıyla, esas önem arz eden konu ise korunması gerekli doğal alanların



koruma statüsüne nasıl alınacağı, bu statünün nasıl tespit edileceği, ne tür bir koruma biçiminin uygulanacağı ve söz konusu alanların yönetiminin nasıl belirleneceğidir. Bu konuda uluslararası literatürde 1930'lardan günümüze ülkelerin kendi içlerinde geliştirdiği ulusal sistemler, komşu ülkeleriyle birlikte ele aldıkları bölgesel sistemler, dünyanın farklı noktalarından ülkelerle birlikte çeşitlendirdikleri çok ülkeli sistemler gibi çeşitli sınıflandırma kategorileri ve yaklaşımların geliştirilmesinin sonucunda dünyada genel kabul gören sistematik yaklaşımı Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (International Union for Conservation of Nature [IUCN])'nin geliştirmiş olduğu "Korunan Alan Yönetim Kategorileri" olarak gösterebiliriz. Buna göre korunan alanlar: "biyolojik çeşitliliğin, doğal ve kültürel kaynakların sürekliliğini ve korunmasını sağlamak amacıyla kurulan, yasalarla ve diğer etkili araçlarla yönetilen kara ve deniz parçalarıdır" (IUCN, 1998).

Türkiye'de mevcutta bulunan çok farklı ve çeşitli korunan alan ve doğa koruma kavramının birçok yönetim karmaşasına sebebiyet verdiği daha önceki bölümde ele alınmıştır. Bu durumun altında yatan en önemli neden ise ilgili alanların veya türlerin tam olarak kim tarafından, hangi paydaşlarla, nasıl korunacağına ilişkin devam eden belirsizlik olarak gösterilebilir. Yakın bir zamana kadar benzer durumun çalışma konumuzun ana parçası olan hassas doğal alanlar içinde yaşandığını da ifade edebiliriz (Ürker ve Çobanoğlu, 2017).

Literatürde hassas bir doğal alan, benzersiz veya yüksek değerli özellikleri ile diğer doğal alanlardan kırılgan çevresel özellikler taşıması bakımından ayrılan, karasal veya denizel alanlar olarak tanımlanmaktadır (European Environment Agency [EEA], 2014). Bu noktada anlam karışıklığına yol açmamak adına herhangi bir korunan alanın hassas alan özelliği de taşıması gerektiği kesinlikle düşünülmemelidir. Önceki bölümlerde korunan alanların çok farklı tanımlara, statülere ve yönetim biçimlerine sahip oldukları detaylı biçimde ele alındığından bu detaylar yinelenmeyecektir. Burada güçlü bir şekilde vurgulanması gerekli esas nokta: hassas doğal alanların spesifik özelliklerine göre yukarıda IUCN tarafından geliştirilen çeşitli korunan alan yönetim kategorilerinden herhangi biri altında yer alabileceğinin hatırlanmasıdır.

Türkiye'de hassas doğal alanların yönetimi Hassas Alanlar Daire Başkanlığı'na yürütülmektedir. Bu daire daha önceki kurumsal yapılanmalarda mevcut olmayıp, 2011 Genel Seçimleri'nin ardından lağvedilen Çevre ve Orman Bakanlığı'nın yerine kurulan iki bakanlıktan biri olan Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı DKMPGM bünyesinde ilk defa kurulmuştur. Bu

daire yönetimini sulak alanlar, peyzaj koruma, mağara koruma ve deniz koruma alanları gibi şube müdürlükleri altında gerçekleştirmektedir.

#### 4. Doğa korumada yeni bir kavram: hassas ormanlar

Bir önceki bölümde tanımlanan ve tartışılan hassas doğal alanlar kavramının alt bileşenleri içerisine dahil olabilecek 'Hassas Ormanlar Kavramı'nın, daha önce literatürde detaylıca ele alınmadığını ve tanımlanmadığı bilinmektedir. Bu kavramı daha detaylı inceleyip, tartışabilmemiz açısından öncelikle yeni bir tanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Buna göre hassas doğal alanlara ilişkin çeşitli tanımlar da göz önüne alındığında 'Hassas Ormanlar' kavramını, içerdikleri özellikler ve değerler bakımından diğer orman tiplerinden ayrılan, ufak bir çevresel müdahaleye karşı bile oldukça duyarlı olan, yok olma tehlikesi yüksek, nadirlik ve benzemezlik kriterleri taşıyan, varoluş biçimiyle endemizm ve hassaslık özellikleri gösteren ve ekosistemi içerisinde de endemik türleri barındıran, relict (kalıntı) özellikler gösterebilen, toplumların gözünde ayrı bir şekilde yeri ve değeri olan orman ve/veya koruluk tipleri olarak açıklayabiliriz (Ürker ve Çobanoğlu, 2017).

Yukarıda Hassas Alanlar Dairesi'nin yapısını ve aldığı sorumlulukları detaylıca incelediğimizde hassas ormanlara yönelik bir tanıma veya özel bir yönetim biçimine ilişkin herhangi bir maddeye rastlanılmamaktadır. Bununla birlikte Orman Genel Müdürlüğü (OGM)'nin korunan alanlara ilişkin yönetim yapısı incelendiğinde de hassas ormanlara yönelik herhangi bir tanımla ve/veya sorumlulukla karşılaşmamaktadır. OGM bünyesinde gen koruma, muhafaza ormanları ve tohum meşçereleri gibi birçok spesifik koruma alanı tanımlanmış ve yönetim biçimi tespit edilmiş olmasına rağmen, esasen bu tarz alanlar daha çok klasik ormancılık bilimi içerisinde yer alan kaynak koruma ilkesi çerçevesinde yönetilen alanlardır. Bu tarz alanlarda ekosistem bütünlüğünün korunmasından ziyade tek türün sağlıklı biçimde korunmasına odaklanılmakta ve mevcut durumları itibarıyla çalışmamız genelinde bahsedilen hassas orman ekosistemi yapısından çok daha farklı bir noktada kalmaktadırlar.

Öte yandan bugüne kadar farklı orman ve koruluk özellikleri gösteren hassas orman yapılarına ilişkin literatürde henüz tam olarak bir tanım yapılmadığından, bu sorun bu alanlarda yapılacak koruma ve yönetim tekniklerinin de geliştirilememesine, dolayısıyla aktif bir korumanın sağlanamamasına yol açmıştır.

Tanımı itibarıyla hassas ormanlar kavramı daha çok, "doğal yaşlı ormanlar", "yüksek koruma değerli

ormanlar”, “orman sıcak bölgeleri” ve “orman sıcak noktaları” kavramlarına yakınlaşmaktadır.

Bu noktada hassas orman kavramının, bir orman planlama tekniği olan Hassas Ormancılık kavramından farklı olduğu özellikle ifade edilmelidir. Hassas ormancılık yaklaşımı; ormancılık çalışmalarında ekonomik, çevresel ve sürdürülebilir kararlar alınabilmesi için modern teknikler ve teknolojik araçlar kullanarak orman kaynaklarından optimum verim sağlamayı ve çevre zararlarını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bahsi geçen bu kavrama ilişkin ülkemizde birçok araştırma mevcut olup, son yıllarda OGM ve çeşitli araştırma kurumları koordinasyonunda kapsamlı çalışmalar devam etmektedir (Bozali ve ark., 2015).

Gen koruma, muhafaza ormanları ve tohum meşçereleri gibi kaynak bazlı korumayı öngören yaklaşımların aksine ekosistem bütünlüğünün korunmasını ön plana çıkartan Doğal Yaşlı Ormanlar (Old Growth Forests) yaklaşımı şöyle tanımlanabilir: “*Odun üretimine ya da diğer ormancılık tekniklerine yönelik bir işletme şeklinin uygulanmadığı, içerdiği ağaçların büyük çoğunluğunun doğal olgunluğa eriştiği, bunun sonucu olarak içinde, yaşlı ağaçlarla birlikte kırık, devrik, çürük ve dikili kuru ağaçların fazlalığı ile yapısının üretim ormanlardan belirgin bir şekilde ayrıldığı, insan etkisinin ekosistemin yapısal özelliklerini değiştirecek düzeyde bulunmadığı ve kendisini oluşturan öğeleri arasındaki ilişkilerin tümüyle sürdüğü, genellikle çok tabakalı ve değişik yaşlı ormanlar* (Kurdoğlu, 1996)”. Doğal yaşlı orman adı ve kavramı Türkiye’de ilk kez, Doğal Hayatı Koruma Derneği (DHKD) tarafından 1996 yılında yayınlanan “Doğu Karadeniz’in Doğal Yaşlı Ormanları” adlı bir çalıştayla tartışılmaya başlanmıştır. Resmi olarak herhangi bir koruma statüsüne kavuşmamalarına rağmen, doğal yaşlı ormanlara yönelik 1990’lı yılların başından bu yana Türkiye’de ciddi bir farkındalık oluşturularak, özellikle amenajman planları içerisinde bu yaklaşımın entegre edilmesine çalışılmaktadır. Doğal yaşlı ormanların biyolojik ve ekolojik ağırlıkları nedeniyle dünyada somut ve kesin sınırları olan, kolayca anlaşılabilir bir tanımlı yapılamamıştır. Tanımlanmalarında her ne kadar “yaş” öncelikle değerlendirilen faktörlerden birisi olsa bile, birey olarak ağaçların sadece yaşı ve büyüklüğü doğal yaşlılığın karakteri değildir. Ciddi oranda ölü ağaçlar, devrik ağaç gövdeleri ile gölgeye dayanıklı bitkilerin varlığı, doğal yaşlılığın önemli bileşenleridir ve ekosistemin yaşı için bir değerlendirme donesidir (Kurdoğlu, 1996).

Doğal yaşlı ormanlar kavramına paralel biçimde, Yüksek koruma değerli ormanlar kavramı ise, Orman Yönetim Konseyi (The Forest Stewardship

Council-FSC) tarafından 1999 yılında geliştirilen bir tanım olup, daha çok ormanlar içerisinde korunma altına alınmaya değer alanları ifade etmektedir. Ormancılıkta gelir elde etmenin çevresel ve sosyal değerlerden hiçbir zaman daha değerli ve önemli olamayacağından hareketle geliştirilen bu kavram çerçevesinde FSC, 6 temel kriter belirlemiş olup bu kriterlerden bir veya daha fazlasını muhteva eden orman parçalarında alana özel koruma yönetiminin ilgili orman yönetim şeflikleri ve müdürlüklerince yapılması gerektiğini belirtmiştir. Buna göre bu kriterler,

- Bölgesel, ulusal veya küresel ölçeklerde önem arz eden biyoçeşitlilik özelliklerini barındırması (endemizm, tehdit altındaki türler, nadir türler vb.),
- Bölgesel, ulusal veya küresel ölçeklerde geniş peyzaj alanlarında doğal olarak yayılış gösteren türleri barındırması,
- Nadir, tehdit altında ve yok olma tehlikesi altında olan ekosistemleri barındırması,
- Havza koruma, taşkın-erozyon kontrolü ve yangın bariyeri benzeri kritik ekosistem fonksiyonlarını karşılaması,
- Yerel toplulukların geçim kaynağı ve sağlık hizmetleri gibi temel fonksiyonlarını karşılaması,
- Yerel toplulukların kültürel öğelerinde önemli yer teşkil etmesi, manevi değerler taşıması (kutsal alan olma özelliği, halkın dini ibadetlerinde veya farklı inanışlarında bu ormanlardan elde edilen ürünlerden yararlanılması gibi) (Jennings et al., 2003) başlıkları altında toparlanabilir.

Yukarıdaki kriterler incelendiğinde Türkiye’de bu alt başlıkların bir ya da birden çoğuna aynı anda girmeye aday birçok orman parçası olduğu kolaylıkla anlaşılmaktadır. Öte yandan FSC’nin belirlediği bu kriterlerler kapsamında, son yıllarda bu tarz çalışmalar Türkiye’de Orman İşletme Şeflikleri bazında parça parça yapılmaya başlanmış ve Orman Genel Müdürlüğü koordinasyonunda da tüm bu kriterleri bütüncül biçimde uygulayıp hayata geçiren çeşitli çalışmalar yavaş yavaş uygulamaya alınmaktadır (Türkoğlu ve Tolunay, 2014).

Ancak, bahsi geçen alanlar daha çok Milli Parklar, Tabiat Parkları, Yaban Hayatı Geliştirme-Koruma Sahaları, Biyosfer Rezervi gibi çok çeşitli korunan alan tanımları içerisinde parça parça değerlendirilmiş olup, buna mukabil hak ettikleri kıymette bir koruma yönetimine bugüne kadar maruz kalmamışlardır.

Yüksek koruma değerli orman kavramına benzer biçimde, orman sıcak bölgeleri ise acil olarak korunması gereken, hızla habitat kayıplarına uğrayan, var olan koruma statülerinden yararlanamayan veya daha özel koruma önlemlerine ihtiyaç duyan, zengin biyolojik çeşitliliğe sahip olan, sağladığı maddi ve manevi değerler ile biyosferde

önemli roller üstlenmiş olan özel/değerli ormanlar olarak tanımlanmaktadır (Conservation International [CI], 2011). CI tarafından tespit edilmiş Dünya’da en fazla tehdit altındaki 10 orman sıcak bölgesini incelediğimizde (Indo-Burma, Yeni Kaledonya, Sundaland, Filipinler, Brezilya-Atlantik Ormanları, Güneybatı Çin Dağları, Kaliforniya Floristik Bölgesi, Doğu Afrika Kıyı Ormanları, Madagaskar & Hint Okyanusu Adaları, Afromontane Dağları), bunların kıtalar ölçeğinde ciddi anlamda çok büyük ve geniş alanları kapladığını, çok büyük ölçülerde ve zenginlikte biyolojik çeşitlilik ve ekosistem çeşitliliği içerdiğini görmekteyiz. Bunların yanı sıra bu alanların çok ciddi ölçülerde tahribat altında olduğunu ve/veya aşırı derecede tür çeşitliliği kaybı, ekosistemlerde yok oluş ile karşı karşıya kaldıklarını bilmekteyiz (Bu bölgeler en az 1500 endemik bitki türüne ev sahipliği yapmakta olup, buna karşılık orijinal hallerinin en az %90’ını kaybetmiş durumdadırlar.). Bu sebeple bu alanların orman sıcak bölgesi ilan edildiği ve özel koruma yöntemleriyle korunması gerekli oldukları anlaşılmaktadır.

1999 yılında Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) tarafından tüm Avrupa’daki ormanlar değerlendirilerek Avrupa’da ulusal korunan alanlar sistemi içinde olmayan, zengin biyolojik çeşitliliğe sahip ve acil olarak korunması gereken ormanlık alanlar belirlenmiştir. Belirlenen bu ormanlara “Avrupa’nın 100 Orman Sıcak Noktası” adı verilmiştir. Avrupa’da Rusya’dan sonra, en fazla “sıcak orman noktası”na sahip ikinci ülke olan Türkiye 9 orman sıcak noktasına ev sahipliği yapmaktadır. Bu sıcak noktalar toplamı bir milyon dört yüz bin hektarın üzerinde bir alanı kaplamakta ve yaklaşık %30’u farklı koruma statüleri ile koruma altındadır (Lise, 2011).

Türkiye’de tanımlanmış dokuz orman sıcak noktasını incelediğimizde, bu alanların ilgili sıcak nokta olma kriterlerini yerine getirdiklerini görmekle birlikte dünya’daki örneklerine benzer biçimde yine bu ormanların buldukları ülke yüzölçümleri içerisinde nispeten çok geniş alanları kapladığını da görmekteyiz. Örneğin bu alanlardan biri olan Küre Dağları Milli Parkı, tampon bölgesiyle birlikte yaklaşık 134.000 hektarlık bir alan kaplamakta ve iki farklı şehrin sınırlarında yer almaktadır (Küre Dağları Milli Parkı, 2010). Bahsi geçen bu alanın yaklaşık 34.000 hektarlık bölümü mutlak koruma alanı olup, sıcak nokta olarak kabul edilmelidir. Geriye kalan yaklaşık 100.000 hektarlık alansa tampon zon olup, burada ekonomik manada fonksiyonel ormancılık bu bölümde yapılmaktadır.

Esasen “orman sıcak noktası” olarak tanımlanan bir alan aynı zamanda bir hassas orman niteliği de taşımakla birlikte hassas orman kavramının orman

sıcak noktası kavramından ayrıldığı noktaları: öncelikle ekosistem özellikleri bakımından tek, eşsiz ve/veya nadir olması, bu alanların geçmişe nazaran artık yok olma tehdidiyle karşı karşıya olmaları, yok olduklarında yalnızca bir genetik materyalin veya ekosistem fonksiyonlarının değil aynı zamanda bu ormanlara bağlı gelişen çok özel ve kendine has doğa kültürü özelliklerinin de yok olacak olması, insan etkinliğinin yanı sıra doğal süreçlerden etkilenmesi bakımından da hassas özellikler içermeleri olarak sıralayabiliriz (Ürker ve Çobanoğlu, 2017). Orman sıcak noktası kavramı ile karşılaştırıldığında, hassas orman/koruluk alanı olarak tanımlanan bölgelerin nispeten lokal yayılışlar gösteren, dar alanlara sıkışmış, var oluş biçimi ve sergilediği özellikler itibarıyla eşsiz farklılıklar barındıran orman ve/veya koruluk yapıları olduğu anlaşılmaktadır.

Bu özellikleri dikkate alarak, Türkiye’de hassas orman kavramına dahil edilebilecek alanları, endemik ve/veya nadir olmaları bakımından Kazdağı Göknaarı Ormanları, Toros Sediri Ormanları, Anadolu Sığıla Ormanları, Halep Çamı Toplulukları, Istranca Meşesi Ormanları, Kasnak Meşesi Toplulukları, Fırat Kavağı Toplulukları olarak sayabiliriz. Ayrıca çevresel etkenlere karşı duyarlılıklarından ötürü de subasar orman niteliği taşıyan İğneada (Kırklareli), Acarlar (Sakarya), Sarıkum (Sinop), Karacabey (Bursa), Kızılırmak Deltası (Samsun) gibi longoz sistemlerin bulunduğu alanları dahil edebiliriz. Öte yandan bir sıcak nokta olma özelliği de gösteren Amanos Dağları gibi jeotarihsel süreçlerden ötürü bulunduğu coğrafik bölgenin vejetasyon yapısından çok daha farklı orman yapısı oluşturan alanlar, yine bir sıcak nokta olan İstanbul Ormanları gibi kısa süre içerisinde yok olma tehdidiyle karşı karşıya olan alanlar da hassas orman kavramına dahil edilmelidir.

## 5. Vaka incelemesi: bir hassas orman ekosistemi örneği olarak Anadolu sığıla ormanları

Bahsi geçen öneri alanları kısaca incelediğimizde ya hiçbir koruma statüsüne sahip olmadıklarını, ya STK’lar tarafından geliştirilen ancak resmi bağlayıcılığı olmayan statülere dayandıklarını ve yahut da ilgili doğal alanların yapısına uygun olmayan çok farklı statülerin arasında kaybolduklarını anlayabilmekteyiz. Kavramın daha anlaşılır olmasını sağlayabilmek adına verilebilecek en iyi örneklerden birisi Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi (ÖÇKB) sınırları dahilinde bulunan Anadolu Sığıla Ormanı toplulukları üzerinde yaşananları incelemek olacaktır.

Anadolu Sığıla Ağacı (*Liquidambar orientalis* Miller) Türkiye’nin güneybatı bölümünde yayılış

gösteren ve dünyada başka hiçbir yerde bulunmayan Doğu Akdeniz Havzası'na özgü endemik bir ağaç türüdür. Dere boylarında ve taban suyu yüksek alanlarda gruplar halinde veya tek tek görülen bu ağaç türünün sağlıklı orman oluşturabildiği tek yer yoğunlukla Muğla ilinin güneydeki kıyı ilçeleri boyunca (Datça, Marmaris, Köyceğiz, Ortaca, Dalaman, Fethiye) çizdiği hat üzerindedir. Anadolu Sığla Ormanları'nın alanı 1949'da 6.312 hektar iken, 2014'de yaklaşık 2.000 hektara kadar düşmüştür (Ürker ve Çobanoğlu, 2017).

Günümüzde neredeyse yok oluşun eşiğine gelmiş olan Anadolu Sığla Ağacı, bu özel durumu nedeniyle Tuna Ekim ve arkadaşları tarafından 2000 yılında IUCN Tehlike Kategorileri'ne göre hazırlanan listede, "Doğada Orta Vadeli Gelecekte Yüksek Tehdit Altında Olan Türler" kategorisinde yer almaktadır (Ekim ve diğ., 2000). Yine bu özel durumu nedeniyle Anadolu Sığla Ağacı, 2001 yılında EUFORGEN tarafından "Değerli Yapraklılar" kategorisine alınarak, Avrupa çapında korunacak bir tür olarak kabul edilmiştir (Alan ve Kaya, 2003).

Bu ormanlardan elde edilen bir tür balsam olan sığla yağı, yüzyıllardır hem yerel toplulukların geçim kaynağı ve temel sağlık ihtiyaçlarını karşılamada önemli roller üstlenmiş hem de zaman zaman uluslararası ölçekte güçlü bir ekonomik ürün olmuştur. Öte yandan bu yağın elde ediliş aşamasında ortaya çıkan kabuk, sakız, günlük, buhur, tütsü gibi adlarla anılan yan ürünler de özellikle toplumların dini inanışlarında büyük bir yer tutarak ağaca ve ormana karşı manevi değerler yaratmıştır (tütsünün cenazelerde yakılması ölünün ruhunun ebediyete ulaştığını sembolize ederken, yerel ailelerin kötü-dar zamanlarında yakılması ise hanenin/evin efsundan arındırıldığına işaret etmektedir.). Anadolu Sığla Ormanları'na ilişkin ilginç bir diğer özellik ise dünyada özellikle Uzakdoğu'da uygulanan bir sağlık turizmi yöntemi olan Aroma Terapi Ormanı kavramının bu ormanlara da uygulanabilme potansiyelinin bulunmasıdır. Bu metot, ormanın insan ruhuna/psikolojisine sağladığı manevi rahatlama hissinin ötesinde bu ormanlardan gerçek anlamda sağlık sorunlarının çözümünde yararlanması itibarıyla farklılıklar arz etmektedir. Anadolu Sığla Ormanları da ağaçların bünyesinde bulunan çeşitli kimyasal özellikler neticesinde özellikle çeşitli

yaşlanma hastalıklarının tedavisinde önemli roller üstlenebilme kapasitesine sahiptir. Bu ormanların ekonomik ve sosyo-kültürel önemlerinin yanı sıra ekolojik önemleri de büyük önem taşımaktadır. Özellikle su basar orman sistemine bağlı bünyesinde şekillenen eşsiz ekosistem ve biyolojik çeşitlilik özelliklerinin yanı sıra bölgedeki sel, taşkın benzeri doğal afetleri tamponlamadaki rolleri, yerel iklimin düzenlenmesi, erozyon kontrolü, zararlı böcek kontrolü ve havanın temizlenmesi gibi çeşitli ekosistem fonksiyonlarını yerine getirme açısından benzersiz ekolojik değerlere sahiptir.

Yukarıda sıralanan değer ve önemlerinin aksine bu ormanlar, doğa tarihi açısından çok kısa denilebilecek -yaklaşık 100 yıllık bir süreçte- zaman diliminde trajedik bir biçimde insan eliyle yok oluşun eşiğine getirilmiştir. Bu ormanların azalışına sebebiyet veren sorunların temelinde ise esasen Türkiye genelinde uygulanan kentleşme politikaları sonucunda verimli orman toprağının tarım toprağı olarak kullanılma gayesi yatmaktadır. Örnek inceleme alanımızda da bu duruma benzer biçimde en büyük problemin Anadolu Sığla Ormanları'nın bulunduğu verimli alüviyal toprağın narenciye üretim alanları olarak değerlendirilmesi olduğu gözlenmektedir. Bu politika ışığında şekillenen sorunları genel olarak özetlediğimizde ise mülkiyet problemleri, yerleşme ve tarla açma amaçlı işgaller, kesimler, yakmalar, drenaj ve sulama kanalları, otlatma baskısı, iklim değişikliği, kaçak-yanlış ve bilinçsiz sığla yağı üretimi gibi durumlarla karşılaşmaktadır.

Karşılaştığı bu ciddi sorunları da göz önüne alarak, yukarıdaki tüm verileri toparladığımızda: Anadolu Sığla Ormanları bu özel durumu ve nadirliğinin yanı sıra, barındırdığı ekolojik, ekonomik ve sosyolojik önemleri ve özellikleri hep birlikte ele alındığında bir hassas orman ekosistemi özelliği göstermekte olup, bu durum da acil ve özel koruma önlemlerinin alınmasını gerektirmektedir.

Korumanın bu kadar aciliyet gerektirdiği Anadolu Sığla Ağacı popülasyonlarına yönelik Türkiye'de de ilgili koruma mevzuatı gereğince Orman ve Su İşleri Bakanlığı ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın farklı birimleri tarafından çeşitli coğrafik bölgelerde farklı koruma statülerinde koruma gerçekleştirilmektedir. Anadolu Sığla Ağacı'na ilişkin bu özel koruma alanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Çizelge 1):

Çizelge 1. Anadolu Sığla Ormanları'na ait çeşitli korunan alanlar

Alan Adı	Statü	Büyüklik (Hektar)
Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi	Özel Çevre Koruma Bölgesi	770,0
Köyceğiz Yunus Emre Arboretumu	Arboretum	286,0
Köyceğiz Biyogenetik Rezerv Alanı	Biyogenetik Rezerv Alanı	30,0
Sütçüler (Burdur) Sığla Ağacı Tabiatı Koruma Alanı	Tabiatı Koruma Alanı	88,5
Kızılyaka (Ula-Gökova Araştırma) Gen Koruma Ormanı	Gen Koruma Ormanı	245,0
Bucak (Isparta) Gen Koruma Ormanı	Gen Koruma Ormanı	32,0
Göcek Tohum Meşçeresi	Tohum Meşçeresi	72,8
Çetibeli (Marmaris) Tohum Meşçeresi	Tohum Meşçeresi	128
Göcek Dikmentepe Tohum Bahçesi	Tohum Bahçesi	2,2

Yukarıda sıralanan alanları incelediğimizde birbirinden kopuk, parçalanmış ve farklı koruma statüleri ile korunmaya çalışılan bir yapı ile karşılaşmaktayız. Sadece yukarıdaki dağınık veri bile bu kadar hassas bir orman varlığının parçalanmasını önleyecek özel bir koruma metodu geliştirilmiş olması gerektiğini ispatlar niteliktedir. Yukarıdaki tablo ile birlikte herhangi bir korunan alan statüsüne sahip olmayan irili ufaklı sığla ormanı parçaları ve koruluklarını hep birlikte değerlendirdiğimizde günümüzde yaklaşık 2000 hektar civarında bir Anadolu Sığla Ormanı varlığının kaldığı tahmin edilmektedir. Bu kalan orman varlığının yaklaşık % 60'lık bölümü ise Köyceğiz-Dalyan ÖÇKB sınırlarında bulunmaktadır (Ürker ve Çobanoğlu, 2017). Bu sebeple çalışma özelinde bu korunan alandaki yönetim yapısı örnek inceleme vakası olarak seçilmiştir. Köyceğiz-Dalyan ÖÇKB'ndeki Anadolu Sığla Ormanı parçalarını daha detaylı ele aldığımızda, temelde Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü-TVKGM (Mülga Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı-ÖÇKKB)'nin taşra teşkilatları ve OGM'nin taşra teşkilatları (Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı işletme şeflikleri) tarafından yönetildiği görülmektedir. Şu ana kadar bölgede yapılanları incelediğimizde, bu iki kurumdan TVKGM'nin daha çok alanın yönetim planlarından sorumlu (çeşitli eylem planları, sığla yağı üretim sertifikasyonları, araştırma projeleri vb.), OGM'nin ise ormanı geliştirmeye yönelik uygulamalardan (ağaç dikme, bakım-kontrol, sığla yağı istihali vb.) sorumlu olduğuna dair bir tablo ortaya çıkmaktadır. Ancak bu durum herhangi bir yönetim kademesi tarafından netleştirilmiş bir anlaşma/protokol yoluyla veya kanun, yönetmelik, tebliğ gibi resmi bir söylemle ortaya konulmamış olup, yalnızca kurumların mevcut yapılarından dolayı kendiliğinden bu şekle ulaşmıştır. Bu durum ise aktüalitede bazen görünmeyen bazen de çok ciddi görünür sorunlara yol açmaktadır. Örneğin ormana bir yürüyüş-bisiklet yolu gibi rekreasyonel bir uygulama yapılması talebi geldiğinde her iki kurumda bu talebin diğer kurum tarafından planlanıp uygulanması gerektiğini belirtmekte veya sığla yağı istihalinin yeniden

planlanıp daha geniş bir ölçeğe taşınmasına yönelik bir revizyonda yine her iki kurumun sorumluluğu bir diğerinin üzerine atıldığına şahit olmaktayız. Bir başka örnek olarak, ormanın ihata edilmesi gibi bir koruma önleminin iki kurum tarafından birlikte yönetilmesi sürecinde yaşananlar gösterilebilir. Böyle bir durumda iki kurumda kendine rol biçerek, biri gerekli bütçenin ve yönetimin sağlanmasını, diğeri ise ihata işlemini yapması gerektiğini belirtmelerine rağmen arada yaşanan bürokratik engeller yüzünden bu işlemin yıllardır yapılamadığını ve ormanın birçok yerinde kaçak sığla yağı üretimi veya kontrolsüz kullanımlar yaşandığı gözlenmektedir.

Yukarıdaki tablo dikkate alındığında Köyceğiz Bölgesi'nde zaten ciddi anlamda parçalanmış olan orman yapısı içerisinde daha da küçük parçalar içerisinde özel çevre koruma bölgesi, arboretum, biyogenetik rezerv alanı, gen koruma ormanı gibi farklı statülerle karşılaşmaktadır. Esasen bu durum, hali hazırda parçalanmış bir yapı arz eden böylesine değerli bir orman ekosisteminin yönetiminin de parçalı olmasına, kurumlar arası yetki karmaşasından dolayı ormanın doğru biçimde korumaya sahip olamamasına yol açmaktadır. Kağıt üzerinde bu tarz özelleşmiş koruma yapıları korumayı çeşitlendiren ve güçlendiren yapılar olarak görülmesine, pratikte bu kadar küçük alanda birbirine bu kadar yakın korunan alanlar arasında iletişimin güçlü olacağı düşünülmesine rağmen, gerçekte bu yapılar arasında bağlantıların oluşturulmadığı, koruma amaçlarına uygun işletilemedikleri ve sonucunda koruma-kullanma beklentilerine cevap verilemediği gözlenmektedir.

Tüm bu yönetim sorunları ise Köyceğiz-Dalyan ÖÇKB sınırlarındaki Anadolu Sığla Ormanları'nın başıboş ve sahipsiz bir görünümde kalmasına, dolayısıyla sağlıklı ve planlı bir yönetimin olmayışına bağlı olarak orman-insan ilişkisinin kopmasına, yeni neslin bu ormanları daha az tanınmasına, ortaya çıkan bu boşluktan dolayı bu ormanların bir çok suçun işlendiği mekanlar olmasına bağlı olarak korku ögesine yol açması sebebiyle hak ettiği ilgiyi görememesine ve yok olmasına yol açmaktadır. Yöre halkının bu durumuna ilişkin veriler alanda yapılan sosyoloji

çalışmaları (ÖÇKKB, 2007; Ürker ve Çobanoğlu, 2017) ile tespit edilmiştir.

## 6. Tartışma ve sonuç

Hassas ormanlar kavramının, bir orman planlama tekniği olan Hassas Ormanlık kavramından farklı olduğu yeniden özellikle ifade edilmelidir. Hassas ormanlar kavramı, hem dünyada hem de Türkiye’de şu ana kadar henüz tam olarak tanımlanmamış olmakla birlikte yüksek koruma değerli ormanlar, doğal yaşlı ormanlar, orman sıcak bölgeleri ve orman sıcak noktaları kavramlarına yaklaşmaktadır. Ancak daha küçük alanları kaplama ve daha dar alanlarda kendilerine has ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel özelliklere sahip olmaları itibariyle bu kavramlardan bariz biçimde ayrılmaktadır. Daha detaylı biçimde ele alındıklarında, diğer benzer korunan alan yapılarından farklılıkları ekosistem özellikleri bakımından tek, eşsiz ve/veya nadir olmaları, bu alanların geçmişe nazaran artık yok olma tehdidiyle karşı karşıya olmaları, yok olduklarında yalnızca bir genetik materyalin veya ekosistem fonksiyonlarının değil aynı zamanda bu ormanlara bağlı gelişen çok özel ve kendine has doğa kültürü özelliklerinin de yok olacak olması, insan etkinliğinin yanı sıra doğal süreçlerden etkilenmesi bakımından da hassas özellikler içermeleri olarak göze çarpmaktadır.

Kavramın yeni olması itibariyle, çalışma içerisinde yapılan tanımların, örnek olarak sunulan alanların ve bu alanlara ilişkin getirilen koruma yöntem ve stratejilerinin ivedi olarak geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Yukarıda sıralanan örnekler ilk akla gelenler olmakla birlikte, daha detaylı bir inceleme sonucunda hem kavram daha anlaşılır bir zemine oturtulabilecek, hem de ilgili alanların sayısı daha net biçimde ortaya çıkartılabilecektir. Literatürde tanımlanmış, ulusal ve uluslararası mevzuatlar/sözleşmelerle koruma yöntemleri belirlenmiş olan çok çeşitli korunan alanların aksine hassas ormanlar; mevcut koruma statülerinin veya koruma yönetimlerinin yanı sıra daha özel koruma metotlarına ihtiyaç duymaktadır (Ürker ve Çobanoğlu, 2017).

Bu noktada esas önem arz eden konu, korunması gerekli bu hassas ormanların daha özel bir koruma statüsüne nasıl alınacağı, bu statünün nasıl tespit edileceği, ne tür bir koruma biçiminin uygulanacağı ve söz konusu alanların yönetiminin nasıl belirleneceğidir. Bu noktada güncel bir orman planlama tekniği olan Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) yaklaşımından yararlanılabileceği ifade edilmelidir. Son yıllarda orman amenajman yönetmeliğinin de yürürlüğe girmesiyle birlikte, orman kaynaklarının ekosistem

tabanlı çok amaçlı (fonksiyonel)-(ETÇAP) planlanma yaklaşımı ile planlanıp işletilebileceği bir süreç başlamıştır (Başkent ve ark., 2010).

Bu yaklaşım temelde, orman ekosistemlerinin sunduğu ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel değerleri (fonksiyonları) sayısal bazda tanımlama, paydaşların katılımı ile alansal düzenlemeyi yapma, orman fonksiyonlarına olan talepler doğrultusunda şekillenen işletme amaçları ve koruma hedeflerine karar verme teknikleri ile ulaşma sürecini kapsamaktadır (Başkent, 2005). Bu yaklaşımın, hassas orman kavramının ülkemizde oturtulmasına da zemin hazırlayabilecek potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Öte yandan korumayı gerçekleştirecek aktörlerin ve rollerinin Türkiye’de de tam olarak netleştirilmesi gerekmektedir. Bu boşluklar ivedilikle doldurulup, gerekli koruma-kullanma faaliyetlerine geçildiği takdirde, acilen koruma önlemleri alınması gereken hassas ormanların, Anadolu’da hak ettikleri değeri yeniden görerek, toplumlar nezdinde geliştirdikleri doğa kültürünün yok olmasının önüne geçilerek, bizden sonraki nesillerin de daha uzun yıllar birlikte yaşamalarının önü açılmış olacaktır.

Bu çalışmada doğa koruma literatüründe yeni bir kavram olan hassas ormanların tanımı yapılmaya çalışılmış, diğer benzer doğal orman ve hassas alan yapılarından farklılıkları ortaya konulmuş ve daha açıklayıcı olması bakımından bu alanlara Türkiye’den çeşitli örnekler getirilmiştir. Kavramın daha anlaşılır olmasını sağlayabilmek adına Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi sınırları dahilinde bulunan Anadolu Sığıl Ormanı toplulukları üzerinde yaşananlar örnek vaka incelemesi şeklinde sunulmuştur. Bu sayede Türkiye’deki örnekler üzerinden bu alanlarda yaşanan temel yönetim yapısı sorunları ve bu sorunların yol açtığı çeşitli sonuçlar incelenerek, hassas ormanların önümüzdeki süreçte daha iyi nasıl yönetilebileceğine ilişkin ipuçları ortaya çıkartılmıştır. Bu alanların daha doğru ve sağlıklı biçimde korunabilmesi için çeşitli koruma yöntemleri geliştirilmiş olup, kısa vadede sunulabilecek katkılar açıklanmıştır.

Günümüzde dağınık ve parçalı biçimde yaklaşık 2000 hektarlık bir alanı kaplayan Anadolu Sığıl Ormanları’na ait farklı alanları incelediğimizde birbirinden kopuk, parçalanmış ve farklı koruma statüleri ile korunmaya çalışılan bir yapı ile karşılaşmaktayız. Köyceğiz-Dalyan ÖÇKB gibi nispeten daha küçük parçalar içerisinde de özel çevre koruma bölgesi, arboretum, biyogenetik rezerv alanı, gen koruma ormanı gibi farklı statülerle karşılaşılıyor olmamız, hali hazırda parçalanmış bir yapı arz eden böylesine değerli bir orman ekosisteminin yönetiminin de parçalı olmasına,

kurumlar arası yetki karmaşasından dolayı ormanın hak ettiği ölçüde korumaya sahip olamamasına yol açmaktadır. Bu tarz yönetim sorunları yöre halkının da süreç içerisinde bu ormanlardan dışlanmasına, iletişiminin kopmasına yol açarak ormanların daha çabuk parçalanıp yok olmasına yol açacak zemini hazırlamıştır. Bu sorunun önüne geçebilmek için en kısa sürede bu ormanlara ait farklı statülerin ve yetkilerin Orman Genel Müdürlüğü kontrolünde tek elde toparlanarak, parçalanmanın önüne geçecek tarzda özel koridor metotları geliştirilip uygulanmalıdır. Öte yandan bu ormanlara ait sosyolojik, kültürel ve sosyoekonomik özelliklerin yeniden değerlendirilmesiyle halkın sığla ormanlarına sahip çıkmasını sağlayacak, koruma motivasyonunu güçlendirecek çeşitli aktiviteler geliştirilmelidir.

### Kaynaklar

- Alan, M., Kaya, Z., (2003). Oriental Sweet Gum (*Liquidambar orientalis* Mill.). EUFORGEN Technical Guidelines.
- Başkent, E.Z., 2005. Orman Amenajman Planlarının Ekosistem Tabanlı ve Çok Amaçlı Planlanması (ETÇAP) ve Uygulanmasına Yönelik Eylemler. Türk Ormancılığında, Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu, Orman Mühendisleri Odası Bildiriler CD'si, Antalya.
- Başkent, E.Z., Kadioğulları, A.İ., Kırış, R., 2010. Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010 Cilt: I Sayfa: 326-336, Trabzon.
- Bozalı, F., Sivrikaya, F., Okumuş, A., Çankaya Ç., 2015. Türkiye'de Orman Amenajman Planlama Sürecinin Hassas Ormanlık Açısından Değerlendirilmesi. Üretim İşlerinde Hassas Ormanlık Sempozyumu. 4-6 Haziran 2015, Kastamonu.
- Conservation International, (2011). Press Releases - 02.02.2011, <http://www.conservation.org/newsroom/pressreleases/Pages/The-Worlds-10-Most-threatened-Forest-Hotspots.aspx> (Erişim: 04.02.2014)
- Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, (2015). Resmi Korunan Alan İstatistikleri. <http://www.milliparklar.gov.tr/Anasayfa/istatistik.aspx?sflang=tr> (Erişim: 27.12.2015).
- Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, (2014). Status Report On Nature Conservation (2002-2013).
- Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü, (2013). Sulak Alanlar. Kayıhan Ajans, 160 Sayfa, Ankara.
- Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D. T., & Lise, Y. (Eds.). (2006). Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. 1. Cilt, Syf. 1-48, Doğa Derneği, Ankara.
- Ekim, T., ve diğ. (2000). Türkiye Bitkileri Kırmızı Listesi, (Red Data Book of Turkish Plants) (Pteridophyta and Angiospermae). Türkiye Tabiatını Koruma Derneği, Van 100. Yıl Üniversitesi Yayınları, 246 Syf, Ankara.
- European Environment Agency, (2014). Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS), Terminology: Sensitive Natural Area (Erişim: 07.08.2014)[http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept\\_html?term=sensitive%20natural%20area](http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept_html?term=sensitive%20natural%20area)
- International Union for Conservation of Nature, (1998). United Nations List of Protected Areas. Gland – Switzerland.
- Jennings, S., Nussbaum, R., Judd, N., Evans, T., (2003). The High Conservation Value Forest Toolkit. Publication. 1st ed. WWF and IKEA, 2003. Part 1. <http://www.proforest.net/publication/publication/pubcat.2007-01-19.4709481979> (Erişim: 10.09.2014)
- Kaya, Z. (2002). Conservation Biology and Biodiversity. Ministry of Forestry-Forest Management and Planning Section, Annual Educational Workshop, May 28-31, 2002, Antalya, Türkiye.
- Krishna, N., Sankar, V. B., (1997). Ekolojik Mirasın Korunması: Tamil Nadu'nun Kutsal Ağaçları. XXI. Yüzyıla Doğru Sürdürülebilir Kalkınma İçin Ormanlık, XI. Dünya Ormanlık Kongresi Bildirileri, Cilt 2, Syf.67-72.
- Kurdoğlu, O., (1996). Doğu Karadeniz'in Doğal Yaşlı Ormanları. Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul.
- Küre Dağları Milli Parkı, (2010). Küre Dağları Milli Parkı (KDMP) Hakkında. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. [http://www.kdmp.gov.tr/alt\\_detay.asp?id=1](http://www.kdmp.gov.tr/alt_detay.asp?id=1) (Erişim : 05.02.2014)
- Lise, Y., (2011). Türkiye'nin Orman Sıcak Noktaları. <https://yildiraylise.wordpress.com/2011/04/01/turkiyenin-orman-sicak-noktaları/> (Erişim: 05.10.2014).
- Lise, Y., (2013). Yeni Biyosfer Rezervleri Belirleme Çalışmayı Sonuç Raporu. UNESCO Türkiye Milli Komisyonu, Ankara.
- Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, (2007). Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi Biyolojik Zenginliğinin Tespiti Ve Yönetim Planının Hazırlanması Projesi Kesin Raporu. Syf.111-112 ve Ek-II (Sosyal Araştırma Kesin Raporu 56 Syf.), Ankara.
- Türkoğlu, T., Tolunay, A., 2014. FSC Orman Yönetim Sertifikasının Muğla Ormanlarına Etkisinin Nitel Olarak Araştırılması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim 2014, Isparta.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Türkiye Milli Komisyonu, (2014). Doğal ve Kültürel Miras. <http://www.unesco.org.tr/?page=15:64:1:turkce> (Erişim: 10.10.2014)
- Uzunoğlu, S., (2006). Çevreyi Korumada Yeni Bir Kavram: Ekolojik Ego. Ekoloji Dergisi, Syf.15, 33-37, 58.
- Ürker, O., Çobanoğlu, N., (2017). Çevre Etiği Bağlamında Anadolu Sığla Ormanları. 204 Syf. ISBN: 978-3-659-94199-3. LAP -Lambert Academic Publishing, Germany, 2017.

## Türkiye’de Devlet Ormanlarında Verilen Maden İzinleri ve Rehabilitasyonun Hukuksal Süreci (Bartın Orman İşletmesi Örneği)\*

G. Gençay<sup>1,a</sup>, Ü. Birben<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, BARTIN

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Ekonomisi Anabilim Dalı ÇANKIRI

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 9 Kasım 2017

Kabul Tarihi : 8 Mart 2018

<sup>a</sup>Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
ggencay@bartin.edu.tr

\* Makale, International Symposium on New Horizons in Forestry’de sözlü sunulmuş ve özet olarak basılmıştır.

### ÖZ

Doğal kaynaklar bakımından oldukça zengin bir konumda olan Türkiye’de zaman zaman yenilenebilir doğal kaynaklar ile yenilenemeyen doğal kaynaklar arasında fayda üstünlüğüne dayalı öncelik çatışması yaşanmaktadır. Türkiye yüzölçümünün %28,6’sını kaplayan orman alanlarında maden arama ve işletilme taleplerinin olması da kaçınılmazdır. Orman alanlarının madencilğe tahsisi önemli bir arazi kullanım değişikliği örneğidir ve küresel iklim değişikliğine de etki etmektedir. Günümüzde küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin boyutları hissedilir derecede artarken ve ayrıca maden sahası

olarak izin verilen ormanlık alanlarda sel, erozyon vb. diğer olumsuz doğa olaylarına daha fazla maruz kalındığı ortada iken, izinlere ilişkin hukuksal alt yapının çok dikkatli oluşturulması ve izin sürecinin çok iyi takip edilmesi gerekmektedir. Türkiye’de devlet ormanlarında verilecek maden izinleri oldukça detaylı ve kapsamlı yasal düzenlemelere tabi tutulmuştur. Bu faaliyetler esnasında orman fonksiyonlarının en iyi şekilde korunması gerektiğinden, ormanların en az zararlı bu faaliyete tahsisi asıl amaçtır. İzin süresi bitiminde alanın rehabilite edilmesi, Türk çevre ve orman mevzuatında detaylı olarak düzenlenmiştir. Bu bağlamda 6831 sayılı Orman Kanunu’nun 16. maddesine ve ilgili yönetmeliğe göre, devlet ormanlarında madencilik çalışmaları yapıldıktan sonra, maden izin sahibi orman idaresine teslim edeceği sahayı rehabilite etmek zorundadır. İzin sahalarının özellikle verim gücü düşük orman alanlarında verilmeye çalışılması, süreç boyunca denetimler yapılması, izin süresi sonunda rehabilite şartlarının sağlanması koşulunun incelenmesi ile sahanın teslim alınması gibi şartlar, maden izinlerinde orman sahalarının korunmaya çalışıldığını açıkça göstermektedir. Bu çalışmada, hem orman ve hem de maden kaynakları bakımından zengin bir konumda bulunan Bartın Orman İşletmesinin sınırları içindeki devlet ormanlarında verilen maden izinlerinin yıllar itibarıyla miktarları tespit edilerek, hukuksal süreç incelenmiştir. Daha sonra, izin süresi dolmuş maden sahalarında rehabilite konusunda yaşanan sıkıntılar, alınmış önlemler ve hukuki düzenlemeler değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Orman, Maden, Kamu Yararı, Rehabilitasyon, Bartın

## Legal Process of the Mining Permits and Rehabilitation in the State Forests in Turkey (Case of Bartın Forest Enterprise)

### ABSTRACT

Conflicts of priority for using renewable and non-renewable natural resources occasionally occur in Turkey, a country that highly rich in natural resources. This is especially the case in the demand for mining in forest sites, which cover approximately 28.6% of the country’s total surface area. Mining in forests induces an important land use change and it directly stimulates global climate change. Nowadays, while the impact of global climate change is increasing at a noticeable rate and the areas where the forests allowed as mining sites are exposed to land degradation processes such as flooding, erosion, deforestation, and so on, it is necessary that the legal background is formed very carefully and the permission period is controlled tidily. Mining permits in the State forests have been subjected to very detailed and comprehensive legal regulations in Turkey. Since forest functions should be protected during the operations of mining

*Bu makaleye atf:*

Gençay, G., Birben, Ü., 2018. Türkiye’de Devlet Ormanlarında Verilen Maden İzinleri ve Rehabilitasyonun Hukuksal Süreci (Bartın Orman İşletmesi Örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 11-22.



activities, it is essential to take necessary measures to keep forest damage at minimum level. In addition, the rehabilitation of the mining areas after expiration of permits has been arranged in detail both in the Turkish environmental and forestry legislations. In this context, according to the Article 16 of the Forest Law No. 6831 and the relevant regulation, after the mining activities are carried out in the State forests, the owner of the mining permit has to make the rehabilitation of the site before it is returned to the forestry administration. The rehabilitation issue is very important upon the permit expires. The conditions such as aiming/trying to give permission from forest areas with low productivity, inspection during the permission period, examination the provisions of rehabilitation conditions at the end of the permission period and retrieval of the field, clearly, show that the forest areas are being tried to protect in the mining permit process. In this study, the number of mining permits given in the State forests within the boundaries of Bartın Forest Enterprise, which is rich in both of forest and mineral resources, was determined and the legal process was examined. Then, problems regarding to rehabilitation of mined fields, the measures to be taken in mining fields with expired permits, and the legal amendments were evaluated.

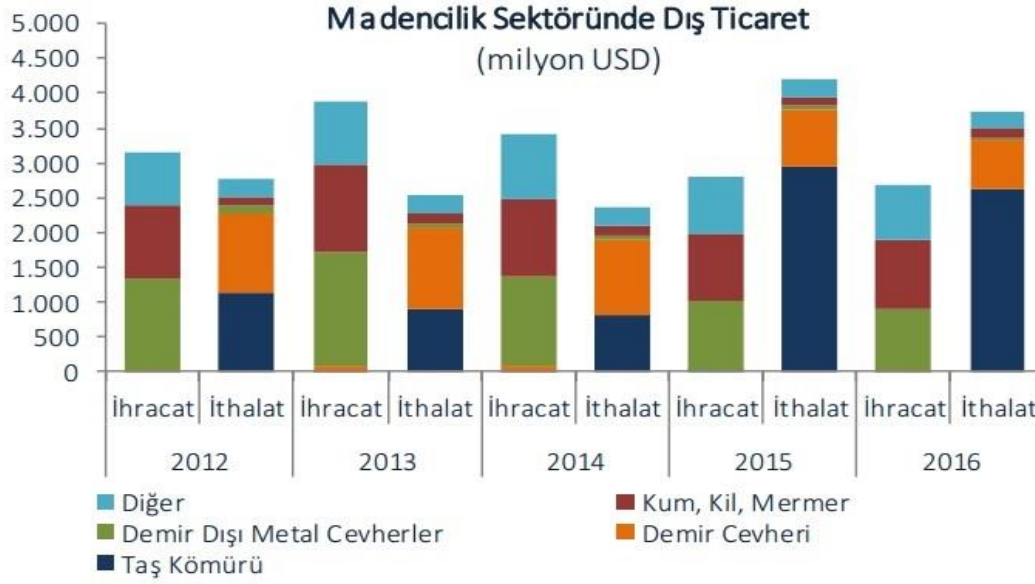
**Keywords:** Forest, Mine, Public Interest, Rehabilitation, Bartın

## 1. Giriş

İnsanoğlu var olduğu ilk günlerden beri ihtiyaçları doğrultusunda doğada bulunduğu hammaddelerden yararlanmayı deneyerek taş, ağaç, boynuz, kemik gibi maddelerden aletler yaparak avlanmayı ve beslenmelerini sağlamaya çalışmıştır (Kartalkanat, 2008). Böylece, doğal kaynakları çeşitli amaçlarla ve şekillerde kullanmış ve kullanmaya devam etmektedir. İnsanoğlunun yaşadığı her bölge kendine özgü yer altı ve yerüstü doğal kaynak ve zenginliklerle dolu olup (Dereli ve ark., 2010) madenler ve ormanlar günümüzde ilk akla gelen önemli doğal kaynaklar arasındadır.

Madencilik, insanın öğütme, kesme, bileme veya kendini savunma amacıyla kendisine en uygun taşları toplamaya başladığı Paleolitik dönemden itibaren uygulanan bir insan faaliyetidir (Jesus ve Dardeniz, 2015) ve tarih boyunca uygarlıkları şekillendiren temel sektörlerden biri olmuştur. Madencilik belirleyici bir özelliği de maden yatağının ekonomik değer içermesi nedeniyle “doğal sermayeye” sahip olmasıdır (Demirbugan, 2014a). Özellikle, sanayi devriminden bu yana insanlığın gelişim sürecinin son iki yüz yılındaki baş döndürücü ilerlemede madencilik sektörünün yeri ve önemini yadsımak mümkün değildir (MMO, 2011). Madencilik faaliyetleri milli gelir, istihdamda artış ve ihracat geliri sağlayarak kalkınma sürecine önemli katkı sağlamaktadır (Demirbugan, 2014a). Bununla birlikte, madencilik faaliyetleri önemli ölçüde olumsuz çevresel dışsallıklar da yaratmaktadır. Bunlar, genel olarak hava, su ve toprak kalitesinde bozulma, sera gazı salınımı (SGS), insan sağlığı, ekosistem ve estetik görünümde bozulmaya ilişkindir (Demirbugan, 2014b).

Bilim dünyası Anadolu’yu madencilik beşiği olarak bilmektedir. Zira madencilik ve metal işleme sanatının en eski örneklerine Anadolu’da rastlamak mümkündür (Yalçın, 2016). Osmanlı Dönemi’nde madencilik alanında üretim amaçlı işletmecilikten çok, kazanılmış maden haklarının ticareti yaygındır ve gelir elde etme gayesiyle yararlı görülmüştür. Osmanlı Devletinin son döneminde madencilik üretiminin yarısından fazlası yabancı sermayenin elindedir ve yabancı paylarında sürekli bir artış görülmüş, Türklerin payı ise gerilemiştir. Bu dönemde madencilik konusunda getirilen düzenlemeler esas itibarıyla yabancı sermaye yararına işlemiştir (Tamzok, 2008). Cumhuriyet döneminin ilk yıllarında ise ekonomik kalkınma açısından madencilik sahne aldığı önem fark edilmiş ve bu amaç doğrultusunda, gerek yasal gerekse kurumsal anlamda çok önemli adımlar atılmıştır. 1960’lı yıllarda başlayan planlı kalkınma döneminde de madencilik her zaman önemli ve öncelikli bir ekonomik faaliyet alanı olarak kabul edilmiştir (KB, 2015). Yer altı ve yer üstü kaynakları açısından zengin olan Türkiye’de bu kaynakları ekonomiye kazandırmak için madencilik sektörü faaliyetlerini sürekli artırmaktadır (Kalaycı ve Uzun, 2017). Türkiye’nin karmaşık jeolojik ve tektonik yapısı çok çeşitli maden yataklarının bulunmasına olanak sağlamıştır. Günümüzde dünyada yaklaşık 90 çeşit madenin üretimi yapılmaktayken, Türkiye’de 60 civarında maden türünde üretim yapılmaktadır (EB, 2016). 2016 yılı sonu itibarıyla madencilik sektörü dış ticaret verileri incelendiğinde Türkiye’nin 3.558.788.269 TL maden ihracatı ve 4.160.620.067 TL maden ithalatı bulunmaktadır (MTA, 2017). Şekil 1’de 2012-2016 dönemine ait madencilik ile ilgili dış ticaret hacmi verilmiştir.



Şekil 1. Madencilik sektörü dış ticaret hacmi (İş Bankası, 2017).

Madencilik sektörü, kendine has özellikleri olan ve diğer pek çok sektörle yoğun etkileşim içerisinde bulunan bir sektördür (Tamzok, 2008). Özellikle ormancılık sektörü ile etkileşimi önemlidir. İnsan ihtiyaçlarının önemli bir kısmını karşılayan bu iki doğal kaynaktan aynı alan üzerinde faydalanmak istenmesi kimi zaman yarar çatışmasını da beraberinde getirmektedir. Özellikle, ülke yüzölçümünün yaklaşık %28,6'sını kaplayan ve %99,9'u devlet mülkiyetinde olan 22.342.935 ha orman alanında (OGM, 2015), maden arama ve işletme talepleri kaçınılmaz olmaktadır. Bu alanlarda maden aramak ve işletmek isteyenler, maden ve orman mevzuatında yer alan izin süreci hükümlerine tabidir. Bu izin süreci geçmişten günümüze birçok kez değişikliğe uğramakla birlikte genel olarak her iki kaynağın koruma kullanma dengesini gözeterek düzenlenmeye çalışıldığı söylenebilir. Ayrıca dünyada birçok ülkede yasal düzenlemeler ve uygulamalar, madencilik faaliyetleri nedeniyle bozulan arazinin, madencilik faaliyetleri sona erdiğinde yeniden düzenlenmesini gerekli kılmakta ve desteklemektedir (Ulusoy ve Ayaşlıgil, 2012).

Bu doğal kaynakların önemi ve birbirlerine olan etkileşimleri ışığı altında çalışmanın ana amacı Bartın özelinde, devlet ormanlarında verilen maden izin süreçlerini ve bu süreç sonunda gerçekleştirilen rehabilitasyon çalışmalarını inceleyerek, gerek sorumlu idare ve gerekse hak sahipleri açısından izin süreçlerinin geliştirilmesi, koruma kullanma dengesini sağlarken yasal altlığın önemini ve gerekliliğinin somut örneklerle açıklanmasıdır. Bu çalışma, Ülkemizde Bartın ölçeğinde ilk kez gerçekleştiriliyor olması dolayısıyla özgün bir çalışmadır. Literatürde doğrudan doğruya maden

izin süreçlerini inceleyen az sayıda çalışma vardır. Sezer ve Gençay (2017) konuyu Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü ölçeğinde incelemişlerdir. Maden alanlarının rehabilitasyonu ve farklı kullanımına dönüşümüne ilişkin literatür daha geniştir (O'hara ve Aydın, 1985; Küreli, 1985; Seçkin ve Yayım, 2006; Sever ve Makineci, 2008; Uzun ve Bollukcu, 2009; Topay ve Eraslan, 2011; Yükçü ve Fidancı, 2016; Kalaycı ve Uzun, 2017). Yapılan bu çalışma literatüre yapacağı katkı açısından önemlidir. Bunun yanı sıra güncel veriler ve alan çalışmasına dayalı olarak hazırlanan bu çalışma ile farklı alan ve bölgelerdeki benzer madencilik faaliyetlerine ilişkin izin ve rehabilitasyon süreçlerinin karşılaştırmalı olarak incelenebilmesi olanaklı hale getirilmektedir. Bu amaçla, çalışmada öncelikle orman alanlarında verilen maden izinleri konusunda yapılan mevcut yasal düzenlemeler normlar hiyerarşisine göre Anayasa, kanun ve yönetmeliklerde yer alan hükümler bazında incelenmiş, aşağıda yer alan sonuçlara ulaşılmıştır.

### 1.1. Türkiye Cumhuriyeti anayasalarında madenlerle ilgili hükümler

Cumhuriyet dönemi Anayasaları incelendiğinde 1924 Anayasasında madencilikle ilgili özel bir hükmün bulunmadığı görülmektedir. Buna karşın 1961 Anayasasının "b) Tabii servet kaynaklarının aranması ve işletilmesi" başlığında düzenlenen 130. maddesinde tabii servetler ve kaynakların, devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğu, bunların aranması ve işletilmesi hakkının devlete ait olduğu, arama ve işletmenin devletin özel teşebbüsle birleşmesi suretiyle veya doğrudan doğruya özel

teşebbüs eliyle yapılmasının kanunun açık iznine bağlı olduğu hüküm altına alınmıştır.

Türkiye Cumhuriyeti'nin halen yürürlükte olan 1982 Anayasasının, 168'inci maddesinin "Tabii Servetlerin ve Kaynakların Aranması ve İşletilmesi" ve 169'uncu maddesinin ise "Ormanların Korunması ve Geliştirilmesi" başlığını taşıdığı görülmektedir. 168'inci maddeye göre, tabii servet ve kaynaklar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır ve bunların aranması ve işletilmesi hakkı devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için gerçek ve tüzel kişilere devredebilir. Ayrıca Anayasanın ilgili maddesinde, hangi kaynağın devredilebileceği, gerçek ve tüzel kişilerin uyması gereken şartlar ve devletçe yapılacak gözetim, denetim usul ve esaslar ve yaptırımların da kanun ile düzenleneceğini ifade etmiştir.

Anayasanın 169'uncu maddesine göre; devlet ormanlarının mülkiyetinin devredilemeyeceği, kanuna göre devletçe yönetilip işletileceği hüküm altına alınmıştır. Devamında ise bu ormanların zamanaşımı ile mülk edinilemeyeceği ve kamu yararı dışında irtifak hakkına konu olamayacağı düzenlenmiştir.

Özetle Anayasada maden arama ve işletilmesi izinleri, gerçek ve tüzel kişilere verilebilmekte ancak denetim ve gözetim işleri yine devlettir. Yine devlet ormanlarında verilecek maden izinleri konusunda ise Anayasada öncelikle kamu yararı şartı öngörülmüş diğer usul ve esaslar kanunlara bırakılmıştır. Türkiye ölçeğinde konu hakkındaki anayasal düzenlemelerin, bir ülkenin en üst düzey hukuk normunda olması gerektiği kadar yer aldığını söylemek mümkündür.

### 1.2. İlgili kanunlarda kaden izinleri

Genel olarak madencilik faaliyetleri 1906 yılına kadar değişik nizamnameler ile yönlendirilmeye çalışılmış ve sırasıyla 1906 yılında Maadin Nizamnamesi, 1954 yılında 6309 sayılı Maden Kanunu, 1985 yılında yürürlüğe giren ve halen geçerli olan 3213 sayılı Maden Kanunu madencilik faaliyetlerinde temel hukuksal kaynak niteliğinde olmuştur (Kırşan, 2001). 3213 sayılı Maden Kanununa göre maden arama ve işletmesinden sorumlu kurum Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı Maden İşleri Genel Müdürlüğüdür. Ancak maden aranacak yer devlet ormanı içerisinde kalıyorsa bu sefer izinler, Anayasanın da öngördüğü üzere hem maden mevzuatı hem de orman mevzuatına tabi olmaktadır.

Mülga 6309 sayılı Maden Kanununda orman alanlarında verilecek maden izinleri konusunda herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır (Resmi

Gazete, 1954). 1985 yılında yürürlüğe giren ve hala yürürlükte olan 3213 sayılı Maden Kanununun (Resmi Gazete, 1985) 7'nci maddesi madencilik faaliyetlerinde izinler başlığını taşımakta olup yıllar içinde bir çok kez değişikliğe uğramıştır. Mevcut halinde "Devlet ormanları içinde yapılacak maden arama ve işletme faaliyetleri ile bu faaliyetler için zorunlu ve ruhsat süresine bağlı olarak yapılan geçici tesislere 31/8/1956 tarihli ve 6831 sayılı Orman Kanunu hükümlerine göre izin verilir" denilmektedir.

Orman mevzuatının geçmişi ve bugünü açısından bakılacak olursa; orman alanlarında verilecek maden izinlerine ait ilk yasal düzenlemelerin şu an yürürlükte olmayan 3116 sayılı Orman Kanununun (Resmi Gazete, 1937) 24'üncü maddesinde yer aldığı görülmektedir. İlgili maddeye göre devlet ormanlarının sınırları içinde maden araştırmak için Ziraat Vekaletinden (dönemin Tarım Bakanlığı), taş ocakları araştırmak için de orman idaresinden izin alınması şart koşulmuştur. Ayrıca bu kararların verilirken herhangi bir taş ocağının veya madenin işletilmesinden kaynaklı ormana verilecek zararın göz önünde tutulacağı da yine aynı maddede düzenlenmiştir.

3116 sayılı Orman Kanununu 1956 yılında yürürlükten kaldıran 6831 sayılı Orman Kanununun (Resmi Gazete, 1956) 16'ncı maddesi maden izinleri konusunda yeni düzenlemeler getirilmiştir. Madde ilk yürürlüğe girdiğinde, devlet ormanları içinde mevzu hükümlere göre maden ocakları araştırma veya işletme ruhsatnamesi ve imtiyazı verilebilmesi için Ziraat Vekâlet'inin muvafakatini almak şartını getirmiştir. Yeni düzenleme hem maden ve taş ocakları ayırımını hem de orman idaresinden izin alma şartını ortadan kaldırmıştır. Devamında ise ruhsatname ve imtiyaz almış olanlarla alacak olanlar, işe başlamadan önce sahalarını orman idaresine haber vermeye ve ormana zarar gelebilecek hallerde orman idaresinin göstereceği tedbirleri almaya ve yapmaya mecbur tutulmuşlardır. Görülüyor ki, yapılan yeni düzenleme ile orman idaresi, alınacak izinlerde tamamen saf dışı bırakılmış sadece haber verme ve tedbir alma konularında yetkili kılınmıştır. Madde bu hali ile devlet ormanlarında verilecek izinlerde Ziraat Vekaletini yetkili kurum olarak göstermiştir.

Ancak 2004 yılında 5177 sayılı (Resmi Gazete, 2004) torba kanun ile 6831 sayılı Orman Kanununun 16'ncı maddesinde "devlet ormanları hudutları içerisinde maden aranması ve işletilmesi, Maden Kanununun 7'nci maddesinde belirtilen şartlara uyularak, ruhsat grubu gözetilmeksizin yapılır" şeklinde değişiklik yapılmıştır. 2004 yılında yapılan bu değişiklik, devlet ormanları içinde maden arama

izinlerinde Orman Kanununu neredeyse tamamen saf dışı bırakmıştır. Bu tarihten sonra maden izinleri sadece Maden Kanununun ilgili 7'nci maddesinde belirtilen esaslara göre yürütülmesini öngörmüştür.

5177 sayılı Kanun 3213 sayılı Maden Kanununun, devlet ormanları içinde yapılacak maden izinlerinde Orman Kanununu yetkili kıldığı 7'nci maddesini de değiştirmiştir. Maddenin yeni şeklinde "orman, muhafaza ormanı, ağaçlandırma alanları, kara avcılığı alanları, özel koruma bölgeleri, milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtı, tabiatı koruma alanı, tarım, mera, sit alanları, su havzaları, kıyı alanları ve sahil şeritleri, karasuları, turizm bölgeleri, alanları ve merkezleri ile kültür ve turizm koruma ve gelişim bölgeleri, askeri yasak bölgeler ve imar alanları ile mücavir alanlarda madencilik faaliyetlerinin çevresel etki değerlendirmesi, gayri sıhhi müesseseler ile ilgili hususlar dahil hangi esaslara göre yürütüleceği ilgili bakanlıkların görüşü alınarak Bakanlar Kurulu tarafından çıkarılacak bir yönetmelikle belirlenir" denilerek, orman alanları ve daha birçok alanda yapılacak madencilik faaliyetleri esaslarının, ilgili bakanlıklardan sadece görüş alınarak Bakanlar Kurulu tarafından çıkarılacak bir yönetmelikle belirleneceği düzenlenmiştir. Yapılan bu değişiklik ile dönemin Çevre ve Orman Bakanlığı (günümüzde Orman ve Su İşleri Bakanlığı), devlet ormanlarında verilecek izinlerle ilgili yapılacak yeni yasal düzenlemelerde sadece görüş alınacak bir kurum haline getirilmiştir.

Maden Kanunu ve Orman Kanunu hükümlerinde yapılan bu değişiklikler doğrultusunda, 7'nci maddede sayılan alanlarda madencilik faaliyetlerinin hangi esaslara göre yürütüleceğini belirlemek amacıyla Bakanlar Kurulu tarafından 2005 yılında "Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği" (Resmi Gazete, 2005) ve Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından da 2007 yılında "Orman Sayılan Alanlarda Verilecek İzinler Hakkında Yönetmelik" (Resmi Gazete, 2007) hazırlanarak yürürlüğe girmiştir. Ayrım yapmaksızın tüm doğal kaynakları madencilik faaliyetlerine açan bu düzenlemelerin yürürlüğe girmesi, tartışmaların başlamasına neden olmuş ve bu sürecin sonunda kanunun 7'nci maddesinin iptali istemiyle konu 2004 yılında Anayasa Mahkemesi'ne taşınmıştır.

Anayasa Mahkemesi 2009 yılında ilgili 7'nci maddenin iptal edilmesini çeşitli gerekçelerle uygun bulmuştur ve bir yıl sonra yürürlüğe girmek koşulu ile maddeyi iptal etmiştir. Bunların başında, Anayasa'nın 168'inci maddesi tabii servet ve kaynakların aranması ve işletilmesi esaslarının kanunla düzenlenmesini emretmişken, iptali istenen kanun maddesinin bu konuyu Bakanlar Kurulunun çıkaracağı bir yönetmeliğe bırakması ve Anayasanın

yasama yetkisinin devredilemeyeceğine dair olan 7'nci maddesine aykırı görmesi gelmiştir (Anayasa Mahkemesi Kararı, 2009).

Anayasa Mahkemesi tarafından iptal edilen maddenin yeniden düzenlenmesi 2010 yılında 5995 sayılı kanun (Resmi Gazete, 2010a) ile olmuştur. 5995 sayılı torba kanun ile hem Orman Kanununun 16'ncı maddesini hem de Maden Kanununun 7'nci maddesi yeniden düzenlenmiştir. Maden Kanununun 7'nci maddesine "Devlet ormanları içinde yapılacak maden arama ve işletme faaliyetleri ile bu faaliyetler için zorunlu ve ruhsat süresine bağlı olarak yapılan geçici tesislere 31.8.1956 tarihli ve 6831 sayılı Orman Kanunu hükümlerine göre izin verilir" ifadesi eklenmiş ve izinler Orman Kanununun ilgili maddesine bırakılmıştır. Orman Kanununun 16'ncı maddesinde ise izinlerin Çevre ve Orman Bakanlığınca verileceği ve maddenin uygulanması ile ilgili tanım, şekil, şart ve esasların yönetmelikle düzenleneceği hüküm altına alınmıştır.

Anayasanın açık hükümleri olmasına rağmen kanunlar arasında yaşanan bu yetki ve izin karmaşası 2010 yılında yapılan son değişiklik ile ormanlar lehine bir gelişme olarak görülmektedir. Zira 6831 sayılı Orman Kanununda yer alan maden izinlerinin yoğun olarak kullanılıyor olması ve düzenlemedeki bazı eksikliklerin varlığı yıllarca orman tahribatına yol açtığını düşünülmektedir (Coşkun, 2009).

### 1.3. Yönetmeliklerde maden izinleri

Genel olarak maden izinleri ve devlet ormanlarında verilecek maden izinleri ile ilgili Maden Kanununa dayanarak 2005 yılında çıkartılan "Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği" ve Orman Kanuna dayalı ve 2007 yılında çıkarılan "Orman Sayılan Alanlarda Verilecek İzinler Hakkında Yönetmelik" esasları uygulanmaktadır. Ancak Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliğinin yasal dayanağı olan Maden Kanununun 7'nci maddesi Anayasa Mahkemesi tarafından 2009 yılında iptal edildiği için aynı yıl yönetmeliğin iptali için de Danıştay'a dava açılmıştır. Danıştay 8. Dairesinin vermiş olduğu kararda (Danıştay Kararı, 2009) bu yönetmeliğin uygulanması halinde, Anayasa, yasalar ve uluslararası sözleşmelerin ihlali suretiyle çevre üzerinde geri dönüşü mümkün olmayan tahribata yol açması ihtimali göz önünde bulundurularak Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliğinin ilgili maddelerinin yürütülmesinin durdurulmasına karar verilmiştir.

Ancak yönetmeliğin diğer maddeleri ve orman, muhafaza ormanı ve ağaçlandırma alanlarında yapılacak madencilik faaliyetlerini düzenleyen 19'uncu maddesi hala yürürlüktedir. Mevcut

düzenlemeye göre 19'uncu maddede devlet ormanları içinde yapılacak madencilik faaliyetlerinde ilgili orman bölge müdürlüğüne gerekli belgelerle müracaat edilir. Başvuru tarihinden itibaren en geç bir ay içinde ilgili orman bölge müdürlüğüne yapılacak inceleme sonucuna göre izin verileceği hüküm altına alınmıştır.

Orman Sayılan Alanlardan Verilecek İzinler Hakkında Yönetmeliğin uygulanıp uygulanmayacağı konusunda ise Orman Genel Müdürlüğü, hukuk müşavirliğinin görüşü ile ortaklaşa bir karara varmıştır. Genel Müdürlük bir genelge ile "daha önce izin alan kişi ve kuruluşların devir, temlik, iptal ve altyapı tesisi talepleri hariç, madencilik faaliyetleri ile ilgili taleplerin durdurulduğunu" duyurmuş, böylece orman alanlarında madencilik faaliyeti için başvuruda bulunan yatırımcıların talepleri askıya alınmıştır (Coşkun, 2009).

Yasal dayanağı kalmayan "Orman Sayılan Alanlardan Verilecek İzinler Hakkında Yönetmelik" yürürlükten kaldırılınca ve Maden Kanununun 7'nci maddesi 2010 yılında yeniden düzenlenince Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından "Orman Kanununun 16'ncı Maddesinin Uygulama Yönetmeliği" (Resmi Gazete, 2010b) yürürlüğe koyulmuştur. Yeni yönetmelik 16'ncı maddeye göre verilecek muvafakat ve izinlerin uygulama usul ve esaslarını, bunlardan tahsil edilecek bedeller ile izin ve/veya muvafakat sahasının rehabilitesine ait usul ve esasları belirleme amacını içermektedir. Ancak bu yönetmelik sadece 4 sene yürürlükte kalmış 2014 yılında Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından hazırlanan ve hala yürürlükte olan "Orman Kanununun 16'ncı Maddesinin Uygulama Yönetmeliği" (Resmi Gazete, 2014) eskisini mülga ederek yürürlüğe girmiştir.

Şu an yürürlükte olan 2014 tarihli bu yönetmelik de devlet ormanlarından verilecek maden izinlerinin usul ve esaslarını, rehabilite işlemlerine ve izinlerden tahsil edilecek bedellere ait iş ve işlemleri düzenlemektedir. İlgili yönetmelikte ayrıca; izni almak isteyen gerçek ve tüzel kişilerin maden arama, işletme, tesis ve altyapı tesislerinin izin işlemleri için ilgili orman bölge müdürlüğüne başvurması gerektiği, başvuru dosyasının hangi esaslara göre hazırlanacağı da düzenlenmiştir.

Yine aynı yönetmeliğe göre; orman bölge müdürlüğü maden izni müracaatını öncelikle evrak üzerinde incelemekte ve eğer eksiklikler varsa, on işgünü içinde müracaat sahibine bildirmektedir. Eksiklikler tamamlanıncaya kadar talep değerlendirmeye alınmamaktadır. Evrakın tam olması halinde heyet tarafından arazi üzerinde gerekli incelemeler yapılarak, talebin Devlet ormanlarına isabet eden kısımları için ön izin veya

kesin izin raporu düzenlenmektedir (md.5). Uygun görülen taleplere 24 aya kadar ön izin verilebilmekte ve bu süre talep olması halinde 12 ay uzatılabilmektedir. Ön izin süresi içinde saha teslimi yapılmamakta ve madencilik faaliyetine müsaade edilmemektedir (md.6). Bakanlıkça uygun görülenlere ruhsat süresi dikkate alınarak kesin izin verilmektedir. Madencilik faaliyetine başlanılmadan önce izin sahibine, maden işletme ile tesis izin alanları, maden stok alanı, pasa döküm alanı, verimli toprak depolama alanı ve atık barajı izin sahasının sınırlarının köşe noktalarına zeminden en az iki metre yükseklikte koordinat değerleri belirli sabit işaretler tesis ettirilmektedir (md.7).

#### 1.4. Maden alanlarında rehabilitasyon

Madencilik faaliyetleri açık maden işletmeciliği ve kapalı maden işletmeciliği olarak iki şekilde yapılmaktadır. Madenin yeryüzüne yakın bir tabakada bulunması halinde açık madencilik, yeryüzünün derinliklerinde bulunması halinde kapalı madencilik usulü kullanılır. Açık madencilikte çevreye olan olumsuz etki faaliyetin yeryüzünde olması sebebiyle kapalı madencilığe göre daha da fazladır. Örneğin mermer ve taş ocaklarının faaliyetleri sonucunda alanın tekrar rehabilitasyonun yapılması oldukça zor olduğu kabul gören bir gerçektir (Anonim, 2013). Hem açık hem de kapalı madencilikte zarar görmüş sahaların madencilik faaliyetleri sonrasında tekrar tabiata ve topluma kazandırılması için rehabilitasyonu gerekmektedir (OSİB, 2014).

Maden izinlerinin düzenlendiği Orman Kanununun 16'ncı maddesinin son fıkrasına 2010 yılında 5995 sayılı Kanun ile eklenen paragraf, madencilik faaliyetlerinin sona ermesi ile idareye teslim veya terk edilen, doğal yapısı bozulmuş orman alanlarının rehabilite edileceği üzerinedir. İlgili fıkraya göre rehabilite amacı ile bu alanların orman yetiştirilmek üzere inşaat, yıkıntı ve hafriyat atıkları ile doldurularak ağaçlandırmaya hazır hale getirilmesi için büyükşehir mücavir alanlarında büyükşehir belediyelerine, diğer yerlerde ise il ve ilçe belediyelerine bedeli karşılığında izin verilebilecektir. Kanun ayrıca maddenin uygulanması amacıyla detayların yönetmelikte düzenleneceğini de belirtmiştir.

Orman Kanununun 16'ncı maddesinin uygulanmasına dair yönetmeliğin "Rehabilite, Rehabilitasyon Projesi, Takip ve Kontrol" başlığını taşıyan beşinci bölümüne göre izin sahibi, madencilik faaliyeti yapacağı sahayı, rehabilitasyon projesine uygun olarak rehabilite etmek zorundadır. Ayrıca rehabilite yapılacak alanın kullanım öncesi

dönemde çoraklık ve verimsizlik gibi olumsuz nitelikler taşıyor olmasının, alanda rehabilite yapılmaması için gerekçe olarak gösterilemeyeceği de önemle vurgulanmıştır.

Bir maden izin sürecinde, rehabilite iznin başlaması ile başlar, faaliyetler devam ettikçe devam eder ve nihayet iznin bittiği sürede rehabilite bitmelidir. Eğer bu süre içinde bitirilemezse bir sene ek süre verileceği ancak bu ek süre içinde madencilik faaliyetlerinin devam edemeyeceği yine aynı yönetmelikte düzenlenmiştir. Ayrıca eğer izin herhangi bir nedenle iptal edilirse bu durum rehabilite sorumluluğunu ortadan kaldırmaz. Orman bölge müdürlükleri rehabilite çalışması yapılan alanları takip ve kontrol eder. İzin sahibi ise her yıl eylül ayının sonuna kadar uygulama takvimine göre madencilik faaliyeti yaptığı alandaki rehabilite işleminin safahatı hakkında orman bölge müdürlüğüne, ormancılık bürosu ya da bünyelerinde çalışan orman mühendisi ve/veya orman yüksek mühendisi tarafından hazırlanan teknik raporu verir (md.19).

Rehabilitasyon konusunda 2010 yılında yürürlüğe giren “Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği”nde (Resmi Gazete, 2010c) önemli hükümler içermektedir. Yönetmelik, madencilik faaliyetleri, malzeme ve toprak temini için arazide yapılan kazılar, dökümler ve doğaya bırakılan atıklarla bozulan doğal yapının yeniden kazanılmasına ilişkin usul ve esasların belirlenmesi amacıyla yürürlüğe girmiştir.

Rehabilitasyon konusunda kanun ve yönetmelik haricinde, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından madencilik faaliyetlerinin sona erdiği sahaların rehabilitasyonu konusunda gerekli çalışmaların yapılması ve bu sayede ülke değerlerimizin korunması amacıyla 2014 yılında “Maden Sahaları Rehabilitasyon Eylem Planı” hazırlanmıştır. Eylem planı ile orman alanlarında yer alan ve işletilmesi tamamlanmış maden sahalarının rehabilitasyonu, bunun için gerekli olan eğitim, izleme ve değerlendirme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Madenlerin çıkarılmasına müteakip sahanın rehabilite edilerek doğaya yeniden kazandırılması ve toplumun istifadesine sunulabilmesi için hem dünyada hem de ülkemizde uygulanmakta olan dört yöntemden söz edilmektedir. Sahanın durumuna göre bazen bu yöntemlerden bir ya da birkaçı birlikte de kullanılabilir. Sözü edilen yöntemler; üst toprağın sahaya serilmesi suretiyle yapılan rehabilitasyon, elektroliz, kirlenmiş toprakların bitkilerle temizlenmesi ve rehabilite edilemeyen sahaların kamu yararına kullanılması (göletler,

rekreasyon alanları veya tabiat parkları ile katı atık depolama alanları gibi) yöntemleridir (OSİB, 2014). Yurt dışında açık ocak madenciliği sonrasındaki doğa onarımı konusunda teorik ve uygulamaya yönelik çok sayıda çalışma olduğu halde bu konu, ülkemizde nisbeten daha yeni bir olgudur (Şimşir ve ark., 2007).

Orman alanlarının madencilik faaliyetlerine verilmesinin ardından yapılması gereken rehabilitasyon çalışmaları büyük sorun teşkil etmektedir. Bu sonuç uzmanlara yönelik hazırlanmış bir anket çalışmasında; rehabilitasyon sürecinin sağlıklı yönetilemediğini, bu konuda denetimlerin artırılması gerektiğini, rehabilitasyona uygun olmayan alanlarda madencilik izninin verilmemesi gerektiğini savunan katılımcıların çoğunluğu ile ortaya çıkarılmıştır. Konuyla ilgili denetim mekanizmasının sağlıklı bir şekilde işletilmesi ve siyasi baskıların ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmaların yapılmasının yerinde olacağı da özellikle belirtilmiştir (Bilim ve Tolunay, 2014). Ayrıca maden sahalarının ıslahı masraflı, zaman alıcı, çoğu kez hataları düzeltme imkanı olmayan ve çevre üzerinde ciddi olumsuz etkileri olan bir işlem olarak görülmekte olup eğer ıslah işlemleri iyi bir planlama ile yapılırsa söz konusu olumsuz etkilerin asgari düzeye indirilmenin mümkün olacağı düşünülmektedir (Boza, 2008).

## 2. Materyal ve yöntem

Çalışmanın ana materyalini Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Bartın Orman İşletme Müdürlüğü (BOİM) sorumluluk alanındaki maden sahalarına ilişkin izin dosyaları ve bu dosyaların ekleri oluşturmaktadır. Konuya ilişkin mevzuat, rapor, belgeler kurumda yerinde incelenmiş ve elde edilen veri ve bilgiler konuya ilişkin tablo ve şekillerin hazırlanmasında kullanılmıştır.

Araştırma amaçlarına yönelik belirli bir bilgi kümesinin anlaşılmasında, yaygın olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; sayısal araştırma ve sözel araştırmadır (Hancock, 1998). Sözel araştırmaların kökeni, sosyal bilimlere dayanmaktadır (RDSU, 2011). Sosyal bilimlerde tüm olgular ve olaylar yumağından çıkarımlar yapılarak belirli sonuçlara varılmak istendiğinden, sözel çalışmalar bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır (Topkaya, 2006). Olayları anlamamızda bize yardımcı olan sözel araştırmalar, niçin, nasıl, ve ne şekilde ile başlayan sorulara cevap bulmaya çalışmaktadır (Hancock, 1998). Yukarıda sayılan temel unsurlar çerçevesinde gerçekleştirilen sözel araştırma sonuçlarının sözel bir analize tabi tutulması gerekmektedir. Sözel analiz; ilişki kalıpları ve

anlamlarının altında yatan nedenleri ortaya çıkarmak amacıyla, gözlemlerin sayısal olmayan şekilde incelenmesi ve yorumlanmasıyla gerçekleştirilmektedir (Babbie, 2007). Dolayısıyla bu çalışma, esas itibarıyla sözel analiz metoduna dayanmakta olup, konunun anlaşılabilirliğini artırmak adına sayısal verilerden de yararlanılmıştır.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Bartın orman işletmesinde madencilik ve rehabilitasyon çalışmaları

Çalışmanın devamında Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı 9 işletme müdürlüğünden biri olan BOİM'in sınırları dahilinde verilen madencilik izinleri ve rehabilitasyon süreçleri incelenmiş maden izinlerinin güncel durumu Çizelge 1' ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. BOİM'de izin süreleri devam eden madencilik izin alanları (ha)

İli	İlçesi	Mevcut verilmiş madencilik izinleri	Madencilik faaliyetinin halen devam ettiği alanlar	Madencilik faaliyetinin bittiği ve terk edilmiş alanlar
Bartın	Merkez	219,02	207,77	11,25
Bartın	Amasra	136,67	111,72	24,95
Bartın	Kurucaşile	45,01	31,01	14
Toplam		407,7	350,5	50,2

Çizelge 2. Maden izinleri rehabilitasyon alanları (ha)

İli	İlçesi	Rehabilite edilmiş		Toprak dolgu izni		Rehabilitesi devam eden		Toplam	
		Rehabilite eylem planına göre	Rehabilite projesine göre veya projesiz yapılmış	Biten	Devam eden	Rehabilite edilemeyen	Madencilik faaliyeti neticelenmiş sahalardan		Madencilik faaliyeti devam eden sahalardan
Bartın	Merkez	0,6	2,7	0		4,65	3,25	18,39	29,59
Bartın	Amasra	0,6	8	0	0,05	16,35	0	8,34	33,34
Bartın	Kurucaşile	0	0,1	0	0,03	7,4	6,5	0	14,03
Toplam		1,2	10,8		0,08	28,4	9,75	26,73	76,96

Çizelge 1 ve 2 birlikte değerlendirildiğinde, izin verilmiş mevcut toplam 400,7 ha alanda 350,5 ha madencilik faaliyeti bulunmaktadır. 50,2 ha'lık alanda madencilik faaliyetleri bitmiş yada izin süresi bitmeden terk edilmiştir. Faaliyeti sonlanmış madencilik alanlarında ise 28,4 ha alanın rehabilite edilemeyen alan olduğu görülmektedir. Rehabiliteye başlanamaması çeşitli sebeplere dayanabilmekle birlikte BOİM'den yapılan görüşmeler sonucunda rehabilitesine başlanmayan bu alanların bazılarının arazinin rehabiliteye müsait olmamasından kaynaklandığı ve doğal haline bırakılmasına karar verildiği tespit edilmiştir. Şekil 2'de mermer çıkarmak için izin alınan sahada izin süresi bitmeden

izin sahibi tarafından iznin iptali istenen ve rehabilitasyon için ön çalışma olan toprak işleme, doldurma gibi çalışmalar konusunda yetersiz kalan alanlardan biri görülmektedir. Örneğin bu alan da doğal haline bırakılmış, zamanla kendini onarması beklenmektedir.

Diğer bir rehabilitasyon sahasının örnekleri Şekil 3'de verilmiştir. Bu sahada arazi çalışmaları ve tesviye eğrileri tamamlanmış, fidanlar dikilmiş arazinin eski haline dönmesi için çalışmalar tamamlanmıştır.



Şekil 2. Mermer izin alanı



Şekil 3. BOİM'deki maden sahalarında rehabilitasyon örnekleri

BOİM'deki rehabilitasyon sahalarına verilecek bir diğer örnek, geçmişi bozuk orman alanı olan bir arazinin, karayollarının kazı fazlası malzemeleri ile doldurularak teras çalışmalarının yapıldığı yerdir.

Şekil 4'de teras çalışması yapılan rehabilitasyon sahasının iki farklı açıdan fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 4. Teras çalışması yapılan bir rehabilitasyon sahası

Yapılan değerlendirmeler sonucunda BOİM'deki maden izinleri ve rehabilitasyon çalışmalarının mevcut mevzuat çerçevesinde uyumlu bir şekilde yürütüldüğü tespit edilmiştir.

Yine Maden Sahaları Rehabilitasyon Eylem Planı (2014)'na göre 2014-2018 yılları arasında BOİM'de

madencilik faaliyetleri ve rehabilitasyon çalışma planı Çizelge 3'de gösterilmiştir.

Çizelgeden görüldüğü üzere, Bartın'da merkez ve diğer ilçelerinde 2014-2018 yılları arasında toplam 21 adet maden izin sürecinin rehabilitasyon programına gireceği bunun da toplam 28,52 ha. olduğu tespit edilmiştir. Bartın Orman İşletme



Müdürlüğünde yapılan yüzyüze görüşmeler sonrasında maden izin taleplerinin oldukça yoğun olduğu ancak izin çalışmaları sonrasında arazinin rehabilitesi konusunda da başarılı sonuçlar alındığı tespit edilmiştir. Ayrıca BOİM'deki maden sahaları

rehabilitasyonunda kullanılabilir türlerin kayın, göknar, meşe, karaçam, sarıçam, kızılçam, kestane, gürgen, ıhlamur, porsuk, ceviz, üvez, kızılçık, gürgen, kızılağaç, çınar ve meşe olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Eylem planına göre BOİM'de rehabilite edilecek sahalara

No	İli/İlçesi	Madenin türü	İşletme şekli	İzin alanı (ha)	Terk edilmiş maden sahası rehabilite edilecek genel alan (m <sup>2</sup> )	Toplam rehabilite edilecek alan (m <sup>2</sup> )
1	Bartın/Amasra	Kiremit	Açık	0,17	1.745	1.745
2	Bartın/Amasra	Mermer	Açık	0,34	3.432	3.432
3	Bartın/Amasra	Mermer	Açık	0,95	9.471	9.471
4	Bartın/Amasra	Mermer	Açık	0,91	9.138	9.138
5	Bartın/Amasra	Mermer	Açık	0,25	2.463	2.463
6	Bartın/Amasra	Mermer	Açık	1,71	17.078	17.078
7	Bartın/Amasra	Odun Kömürü	Açık	0,04	394	394
8	Bartın/Amasra	Taş Ocağı	Açık	1,65	16.516	16.516
9	Bartın/Amasra	Taş Ocağı	Açık	1,65	16.515	16.515
10	Bartın/Merkez	Odun Kömürü	Açık	0,04	394	394
11	Bartın/Merkez	Taş Ocağı	Açık	3,25	32.500	32.500
12	Bartın/Merkez	Taş Ocağı	Açık	0,6	6.000	6.000
13	Bartın/Kurucaşile	Taş Ocağı	Açık	2,6	26.000	26.000
14	Bartın/Kurucaşile	Taş Ocağı	Açık	2,5	25.000	25.000
15	Bartın/Kurucaşile	Taş Ocağı	Açık	4	40.000	40.000
16	Bartın/Kurucaşile	Taş Ocağı	Açık	2,6	26.000	26.000
17	Bartın/Merkez	Kuvars	Açık	0,99	9.900	9.900
18	Bartın/Merkez	Kuvars	Açık	2,75	27.500	27.500
19	Bartın/Merkez	Kuvars	Açık	0,36	3.600	3.600
20	Bartın/Merkez	Kuvars	Açık	0,22	2.200	2.200
21	Bartın/Merkez	Petrol	Kapalı	0,94	9.411	9.411
Toplam				28,52	285.25	285,25

#### 4. Sonuçlar ve tartışma

Toplum ihtiyaçları doğrultusunda yararlanılan doğal kaynaklar arasında kimi zaman yarar çatışması ortaya çıkabilmektedir. Ormanlar sadece odun hammaddesi üretimi amaçlı değil aynı zamanda diğer toplumsal yararları düşünüldüğünde üstün kamu yararının konusudur. Aynı şekilde yenilenemeyen ve bulunduğu yerde çıkarılması gereken madenler de toplum için önemli bir ihtiyaç konumundadır. Orman alanları içinde maden aramak ve çıkarmak gibi birtakım faaliyetler yapılmak istenmesi çok sık karşılaşılan ve olağan bir durumdur. Bu nedenle devlet ormanlarından verilecek izinler konusunda mevcut orman mevzuatının detaylı hükümler içerdiği, bu hükümlerin kimi zaman ormanlar lehine kimi zaman aleyhine sık sık değiştirildiği, rehabilitasyona önem verilmesi gerektiği çalışmanın bir sonucu olarak tespit edilmiştir.

Orman alanlarında madencilik izni verilmesi halinde uygulanan yöntemler ne kadar iyi olursa olsun her yöntemin çevreye zarar verdiği

unutulmamalıdır (Atmaca, 2001; Acar, 2007) Konuyla ilgili olarak yasal mevzuatın incelendiği bu çalışmada koruma-kullanma dengesinin sağlanmaya çalışılarak geçmişte birçok kez değişikliğe uğradığı ancak her yeni düzenlemenin orman alanlarında verilecek maden izin süreçlerini kolaylaştırdığı görülmektedir. Son yapılan yasal düzenlemeler ile madencilik faaliyetlerinin ardından rehabilitasyon çalışmalarının kimi zaman başarı ile sonuçlandığı kimi zaman ise rehabilitasyon yapılmadığı da görülmüştür.

Maden işletme faaliyetleri sonucunda doğrudan ve dolaylı olarak çevre bozulmaları olduğu bir gerçektir. Acar, (2007) tarafından yapılan bir çalışmada; onarım çalışmalarının beklenenden ve olması gerekenden çok az olduğu, kaybolan toprak ve yeşil alanın onarım çalışmalarıyla kazanılandan çok daha fazla olduğu belirlenmiştir. Uygulanan yöntemler ne kadar iyi olursa olsun her yöntemin çevreye zarar verdiği yine yapılan başka çalışmalarla tespit edilmiştir (Atmaca, 2001). Bu nedenlerle çalışmada orman alanlarında verilen maden izinlerinin geçmişten günümüze dönemin ihtiyaçlarına göre düzenlenen mevzuat



Kürelî, F., 1985. Yeni maden yasasının hukuk açısından değerlendirilmesi. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 24(4): 5-11.

MMO, 2011. Madencilik Sektörü ve Politikaları Raporu, Ankara.

MTA, 2017. 2016 yılı maden dış ticareti, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/2016-yili-dis-ticaret>,

OGM, 2015. Türkiye orman varlığı, <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2016-2017.pdf>

O'hara, A., T., Aydın, N., 1985. Maden yataklarının değerlendirilmesinde pratik yaklaşımlar. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 24 (1): 5-24.

OSİB, 2014. Maden sahaları rehabilitasyon eylem planı 2014-2018. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Ankara.

Resmi Gazete, 1954. 6309 Sayılı "Maden Kanunu" Resmi Gazete İlanı: 11 Mart 1954, Sayı: 8655.

Resmi Gazete, 1985. 3213 Sayılı "Maden Kanunu" Resmi Gazete İlanı: 15 Haziran 1985, Sayı:18785

Resmi Gazete, 1937. 3116 sayılı "Orman Kanunu" Resmi Gazete İlanı: 18 Şubat 1937, Sayı: 3537.

Resmi Gazete, 1956. 6831 sayılı "Orman Kanunu" Resmi Gazete İlanı: 8 Eylül 1956, Sayı: 9402.

Resmi Gazete, 2004. 5177 sayılı "Maden Kanununda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun" Resmi Gazete İlanı:5 Haziran 2004, Sayı:25483.

Resmi Gazete, 2005. 21 Haziran 2005 tarih ve 25852 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Resmi Gazete, 2007. 22 Mart 2007 tarih ve 26470 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Resmi Gazete, 2010a. 5995 sayılı "Maden Kanununda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun" Resmi Gazete İlanı:24 Haziran 2010, Sayı:27621.

Resmi Gazete, 2010b. 30 Eylül 2010 tarih ve 27715 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Resmi Gazete, 2010c. 23.01.2010 tarih ve 27471 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Resmi Gazete, 2014. 18 Nisan 2014 tarih ve 28976 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

RDSU, 2011. Qualitative Research Methods, Helpsheet 9, 4 pages, UK. <http://projects.exeter.ac.uk/prdsu/helpsheets/Helpsheet09-May03-Unlocked.pdf>, Erişim Tarihi: 20.07.2011

Seçkin, B., Yayım, D., 2006. Taş ve maden ocağı alanlarının rehabilitasyonu olanakları (İstanbul Ağaçlı Yöresi Açık Maden Alanı örneği), İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B (56)2: 1-9.

Sever H., Makineci E., 2008. Ağaçlı-İstanbul Maden Sahalarında Sahil Çamı (Pinus Pinaster Aiton.) Ağaçlandırmalarında Bazı Ölü Örtü Ve Toprak Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, (2)136-146.

Sezer, A. O., Gençay, G., 2017. Analysis of the legal perspective of mining permits in the State forest (the example of Eskişehir Regional Directorate of Forestry). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 204-217.

Şimşir, F., Pamukçu, Ç., Özfırat, M.K., 2007. Madencilikte Rekültivasyon ve Doğa Onarımı. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 9 Sayı: 2 sh. 39-49.

Tamzok, N. 2008. Osmanlı imparatorluğu'nun son döneminden çok partili döneme madencilik politikaları, 1861-1948. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi* 63 (04), 179-204.

Topay, M., Eraslan, Ş., 2011. Can mining area be converted into the tourism center?, I. Uluslararası 4.Ulusal Eğirdir Turizm Sempozyumu, Bildiriler Kitabı s:93-102.

Topkaya, E.Z., 2006. Kitap Tanıtımı: Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. Güncelleştirilmiş geliştirilmiş 5. Baskı. Eğitimde Kuram ve Uygulama. *Journal of Theory and Practice in Education*, 2 (2): 113-118.

Ulusoy, Y., Ayaşlıgil, T., 2012. Açık maden ocaklarının rehabilitasyonu ve doğaya yeniden kazandırılmasının "Şile-Avcıkoru" örneğinde irdelenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University* 2012, 62 (2): 21-36.

Uzun, O., Bollukcu P. 2009., Bartın Merkez İlçe Sınırları İçinde Yer Alan Açık Ocak İşletmelerinin Peyzaj Onarımı-Biyolojik Onarım Açısından Değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi I. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, Özel Sayı, ISSN: 1302-0943, Cilt II, Bartın, s. 481-500.*

Yalçın, Ü., 2016. Anadolu madencilik tarihine toplu bir bakış. *Yer Altı Kaynakları Dergisi*, 5(9), 3-13.

Yükcü, S. Fidancı N., 2016. Sürdürülebilirlik maliyeti örneği olarak maden sahası restorasyonu. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30 (3): 663-667.

Türkiye İş Bankası, 2017. Madencilik, [https://ekonomi.isbank.com.tr/UserFiles/pdf/rt\\_201708.pdf](https://ekonomi.isbank.com.tr/UserFiles/pdf/rt_201708.pdf), Erişim Tarihi: 30.12.2017, Germany, 2017.

## Tarsus Yöresi Anadolu Karaçamı Ağaçlarında Hacim Tahminlerinin Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilmesi

İ. Ercanlı<sup>1,\*</sup>, A.K. Kurt<sup>2</sup>, M. Şenyurt<sup>1</sup>, A. Günlü<sup>1</sup>, F. Bolat<sup>1</sup>, S. Keleş<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 18200 ÇANKIRI

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 6 Mart 2018

Kabul Tarihi : 2 Temmuz 2018

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

### ÖZ

Ormancılık tarihinde, ağaç hacimlerinin tahmin edilmesine ilişkin birçok farklı yöntem geliştirilmesine karşın, regresyon analizine dayanan ağaç hacim denklemleri, ormancılık işletmesi uygulamalarından orman amenajmanına kadar farklı ormancılık uygulamalarında kullanım alanı bulmuştur. Ancak regresyon analizi tekniği, bir istatistik yöntem olması nedeniyle temel bazı varsayımlara dayanmakta ve bu varsayımların sağlanması durumunda doğru ve etkin tahminler sunabilmektedir. Bir yapay zeka uygulaması olan Yapay Sinir Ağları (YSA) tekniklerinin kullanımı ile istatistiksel varsayımların sağlanmasına ihtiyaç duyulmadan, karmaşık ilişkilerin modellenmesinde başarılı ve etkin tahminler elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki Anadolu Karaçamı ağaçlarının hacim tahminlerinin elde edilmesinde YSA kullanımı gerçekleştirilerek, farklı dönüşüm fonksiyonları ile nöron sayılarını içeren farklı YSA yapılarının hacim tahminlerindeki başarı durumları karşılaştırılmıştır. Çeşitli başarı ölçütlerine göre yapılan karşılaştırmada, tek girişli tahminler için 9 nöron ve Log-sig ve çift girişli tahminler için ise 5 nöron ve Tansig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA yapısı ile en başarılı tahminler elde edilmiştir. Bu YSA yapıları ile tek girişli tahminlerde belirtme katsayısı ( $R^2$ ), 0,975 iken, çift girişli tahminlerde 0.987 olarak elde edilmiştir. Tek girişli tahminlerde THY ve OMHY değerleri sırasıyla; -% 0,185 ve % 10.052, çift girişli tahminlerde ise; -% 0,552 ve % 6,862 olarak elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağaç Hacim Tahmini, Yapay Sinir Ağı, Dönüşüm Fonksiyonu, Anadolu Karaçamı, Nöron

## Tree Volume Predictions by Artificial Neural Networks in Crimean Pine Trees in Tarsus Forest

### ABSTRACT

In forestry literature, tree volume equations based on regression analysis have been commonly used, although many different techniques from forest enterprise to forest management have been developed for the tree volume predictions. However, the regression techniques are based on some assumptions and they can yield effective and accurate predictions when those assumptions are met. The Artificial neural network (ANN), an application of artificial intelligence, can yield effective and successful predictions for complex relationships without the need of meeting these assumptions. In this study, the performance of ANN to predict tree volume of Crimean pine trees in Tarsus forests was evaluated. ANN structures based one various transform functions and number of neuron were compared by coefficient of determination  $R^2$ , percent of total error (PTE) and percent of mean absolute error (PMAE). ANN structures based on feed forward backprop including nine number of neuron and log-sig function for single entry volume with  $R^2$  of 0,976, PTE of -% 0,185 and PMAE of 10,052, and five number of neuron and Tan-sig function for double entry volume with  $R^2$  of 0.987, PTE of -0.552 and PMAE of 6,862, presented the best predictive results for individual volume values.

**Keywords:** Tree Volume Prediction, Artificial Neural Network, Transform Function, Crimean Pine, Neuron

*Bu makaleye atf:*

Ercanlı, İ., Kurt, A.K., Şenyurt, M., Günlü, A., Bolat, F., Keleş, S., 2018. Tarsus Yöresi Anadolu Karaçamı Ağaçlarında Hacim Tahminlerinin Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 24-35

## 1. Giriş

Bir ormanda mevcut ağaç servetinin tahmini, orman amenajman planlarının hazırlanması ve üretimin planlanması açısından önem taşımaktadır. Bu planların hazırlanmasında, bir ormanı oluşturan çeşitli yapı ve kuruluşteki meşcerenin sahip olduğu ağaç servetine ilişkin bilgiler, temel altlıklardan birisidir (Fırat 1973; Kalıpsız, 1999). Orman envanteri çalışmalarında giderlerin önemli bir kısmı da bu servetin (hacim ve hacim artımının envanteri) tahmin edilmesine harcanmaktadır. Bu nedenle tek ağaç ve meşcere hacminin doğru ve etkin tahmin edilmesi orman mühendislerinin temel görevleri arasındadır (Yavuz 1995).

Ağaç serveti meşceredeki her bir ağacın hacimleri toplamından oluşmaktadır. Tüm ağaç gövdeleri silindir, parabolit, koni ve nayloit gibi bilinen geometrik şekillere tam olarak benzemediğinden analitik yöntemlerle ağaç hacmini doğrudan hesaplamak mümkün olmamaktadır. Buna karşın ağaç hacmini belirli bir hata miktarı ile tahmin eden pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılan ise "Ağaç Hacim Denklemleri ve Tabloları" yöntemidir. Ağaç hacim denklemleri, dikili bir ağacın göğüs çapı, göğüs çapı-boy veya göğüs çapı boy-şekil katsayısı gibi değişkenlere göre, kalın odun hacmini ya da ticari hacmini veren İstatistikî denklemlerdir (Kapucu vd., 2002; Yavuz ve Sakıcı 2002). Yalnız göğüs çapına göre düzenlediklerinde "Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri ve Tabloları", göğüs çapı ve ağaç boyuna göre düzenlediklerinde "Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri ve Tabloları", 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 değişkene göre düzenlediklerinde ise "Çok Girişli Ağaç Hacim Denklemleri ve Tabloları" olarak isimlendirilmektedirler (Kapucu vd., 2002).

Ağaç hacim denklemlerinin düzenlenmesinde temel amaç; ağaçların göğüs çapı ve boyu gibi boyutları ile hacim arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve bu ilişkiye bağlı olarak ağaç hacminin tahmin edilmesidir. Ağaç hacim denklemlerinin düzenlenmesinde; ağaçlar üzerindeki ölçümlerden sağlanan verilerin dengelenmesi söz konusu olup, bunun için 'Grafik Yöntem' ya da istatistiksel bir yöntem olan 'Regresyon Analizi' yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Yavuz 1995; Şentürk 1997). Bu bakımdan, ağaç hacim denklemleri; regresyon analizleri ile üretilen regresyon modelleridir. Ancak, regresyon analizi yöntemi ile elde edilen tahmin denklemleri, geliştirilmelerinde esas alınan belirli

varsayımların sağlanması durumunda doğru ve güvenilir tahminlere imkan sağlayabilmektedirler. Regresyon modellerinde esas olan istatistiksel varsayımlar; modellere ilişkin hataların normal dağılım göstermesi, tahmin değerinin değişimine bağlı olarak hata varyanslarının homojenliği, hatalar arasında korelasyonun olmaması (otokorelasyon), bağımsız değişkenler arasında bir korelasyonun olmaması olarak ifade edilebilir (Orhunbilge, 2002). Son yıllarda istatistiksel varsayımların sağlanmasına ihtiyaç duymayan ve karmaşık ilişkilerin modellenmesinde başarılı tahmin sonuçları verebilen Yapay Sinir Ağları (YSA)'nın ormancılıkta kullanımı öne çıkmaktadır. Yapay Sinir Ağları (YSA) uçak, otomobil, elektronik, üretim, robotik, haberleşme, inşaat gibi birçok mühendislik alanlarında tahmine dayalı işlemlerde yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. YSA, mühendislik uygulamalarında çok faydalı bir araç olabilmekte (Topçu ve Sarıdemir, 2008) ve özellikle de regresyon modelleri ile düşük tahmin başarısı elde edilen veri modellemelerinde güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Esteban vd., 2009; Atkinson and Tatnall 1997; Ashraf et al., 2013).

Ülkemizde ise, YSA ile ormancılıkta alanında kullanımına ilişkin çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Özellikle ağaçlara ilişkin artım ve büyümenin modellenmesinde ilişkin çalışmalardan; Özçelik et al. (2010), ağaç hacimlerini tahmin edilmesinde, standard metotlar (huber formülü ve yöresel hacim denklemi), modern teknikler (paracone, centroid, control-variate, importance sampling) ve cascade korelasyon yapısını içeren YSA ile geri yayımlı YSA karşılaştırılmış, en başarılı tahminleri YSA ile elde edilmiştir. Diamantopoulou and Özçelik (2012), ağaçların boy tahminlerinin elde edilmesinde genelleştirilmiş regresyon yapısına dayanan YSA ile doğrusal olmayan regresyon modellerini karşılaştırmış, YSA ile daha başarılı boy tahminleri elde etmiştir. Özçelik et al. (2013), Boylu Ardıç ağaçlarının boylarını tahmin edilmesinde, genelleştirilmiş boy denklemlerini, karışık etkili modellemeye dayanan doğrusal olmayan modeller ile YSA'yı karşılaştırmış, en doğru ve başarılı tahminler geri yayımlı (Back Propagation) YSA yapısı elde etmiştir. Özçelik et al. (2014), kızılçam ağaçlarının gövde çaplarına ilişkin tahminler ile gövde hacmi tahminlerinde tepe özelliklerine ilişkin değişkenlerin etkisini, YSA ile araştırmış; özellikle Levenberg-Marquardt algoritmasını esas alan YSA'nın en iyi tahminleri verdiğini belirlemiştir. Diamantopoulou et al. (2015), 2 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesinde Levenberg-Marquardt algoritmasını kullanan YSA ile çap dağılımlarını modellemeye

başarılı sonuçlar elde etmiştir. Ercanlı vd. (2015), kayın ağaçlarında yapılan gövde analizi verileri ile elde edilen yaş-boy ilişkilerini modellemek üzere farklı YSA yapıları karşılaştırılmış, en başarılı tahminler; Radyal temelli YSA ile elde edilmiştir. Şenyurt vd. (2015), meşcere ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacim, meşcere orta çapı ve boyu gibi çeşitli meşcere özelliklerini tahmin etmek üzere İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA kullanmıştır. Bolat (2015), ağaçların göğüs çapı ve çeşitli meşcere özelliklerine göre tek ağaçların boy tahminlerini elde etmek üzere İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA kullanmış ve %93'lük bir belirtme katsayısı elde etmiştir. Ercanlı et al. (2016), uzaktan algılama verilerinden hesaplanan çeşitli vejetasyon indislerine bağlı olarak farklı YSA yapılarının meşcere biyokütlesini tahmin başarılarını karşılaştırmış; en iyi tahminleri, İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA ile elde etmiştir. Özdemir (2018), Kayın-Gökmar karışık meşcerelerinde gövde çapı tahminleri için farklı YSA modellerini gövde çapı denklemleri ile karşılaştırmış, YSA modelleri ile ağaçların belirli yükseklikteki gövde çapını tahmininde daha başarılı sonuçlar elde etmiştir. Bu çalışmalar yanında, ülkemiz ormancılığında daha doğru ve tutarlı artım ve büyüme tahminlerinin elde edilmesine imkan sağlayabilecek olan ve klasik regresyon modellerinin ötesinde yapay zekanın bir uygulaması olarak yapay sinir ağlarına ilişkin çalışmaların gerçekleştirilmesi önemli bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada, Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki Anadolu Karaçamı ağaçlarının hacminin tahmin edilmesinde; çeşitli dönüşüm fonksiyonları ile nöron sayıları seçeneklerini içeren Yapay Sinir Ağ yapılarının kullanım olanaklarının araştırılması ve farklı YSA yapılarının gerek kendi aralarında gerekse regresyon analizi yönteminin bir uygulaması olan tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri ile başarı durumlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada, Ercanlı vd. (2014) tarafından Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki Buladan ve Cehennemdere Şefliklerindeki Anadolu Karaçam meşcerelerinden elde edilen 355 adet ağaca ilişkin veriler kullanılmıştır. Çalışma alanından elde edilen örnek ağaçlar, çalışma alanında gözlemlenen hacim gelişimindeki değişkenliği en iyi şekilde temsil edecek özelliklere sahip olmasına dikkat edilerek seçilmiştir (Ercanlı vd., 2014). Çalışma kapsamındaki örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0.3 m) kestirilerek, ilk olarak kesilen kısım olan 0.3 metrede dip çap ölçülmüş

sonra, çelik şerit metre yardımıyla 1'er metre ara ile 1.3, 2.3, 3.3 ..... metrelerde mümkün olduğunca düzenli bir şekilde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ağaçların toplam boy değerleri de çelik şerit metre ile ölçülmüştür.

Çalışmada kullanılan bu 355 adet örnek ağaçta, toplam 3197 adet çap ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler yapılırken, eğer ağaç gövdesi daire biçimli olmayıp bozuk şekilli ise; gövde kesitine dik iki yönde çap ölçümü alınıp, iki ölçümün ortalaması alınmıştır. Çizelge 1'de, örnek ağaçlara ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler

	h (m)	d <sub>1.30</sub> (cm)	V (m <sup>3</sup> )
Maksimum	38,00	88,00	7,99484
Minimum	5,45	9,00	0,00299
Aritmetik Ortalama	12,85	19,50	0,88136
Standart Sapma	4,73	18,95	1,08174

Yapay Sinir Ağlarının eğitiminde ve regresyon analizinin uygulaması olan tek ve çift girişli ağaç hacim fonksiyonlarının parametrelerinin tahmininde (modeling data), toplam verinin yaklaşık %87'si (n=307 ağaç); bu tahminlerin çalışmaya konu meşcerelere uygunluğunun denetiminde ise yaklaşık %13'ü (n=48 ağaç) kullanılmıştır.

### 2.1. Ağaç hacim hesapları

Bu çalışmada, her bir örnek ağaç, dip kütük, seksiyonlar ve uç parça olmak üzere üç ayrı bölümde hacimlendirilmiş ve bunların toplanması ile toplam gövde hacmi hesaplanmıştır. Dip kütüğün silindirik, uç parçanın ise koni biçiminde olduğu varsayılmıştır. Her bir Seksiyonun hacimlendirilmesinde, seksiyon uzunlukları eşit olduğundan "Huber" formülü kullanılmıştır. Dip kısım hacim hesabında; silindirik, uç kısım hacim hesabında ise; koni formülleri kullanılmıştır. Ağaç hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir;

$$\text{Dip kısım için; } V_{\text{dip}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{0.3}^2 \cdot 0.3 \quad (1)$$

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

Seksiyon hacimleri için Huber formülü;

$$V_{\text{seksiyon}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{1.3}^2 + \dots + d_n^2) \cdot 2 \quad (3)$$

Bu formüllerde, V<sub>dip</sub>: ağaçların toprak seviyesi ile 0.3 metre arasındaki kısmını, d<sub>0.3</sub>: ağaçların 0.3 metre yüksekliğindeki çapını, V<sub>uç</sub>: en son ölçülen seksiyon kısmı ile uç kısım arasında kalan kısmın hacmini, d<sub>uç</sub>: uç kısmın dip çapını, h<sub>uç</sub>: uç kısmın

uzunluğunu,  $V_{\text{seksiyon}}$ : 2 metrelik seksiyon hacimlerini,  $d_{1.30}$  ve  $d_n$ : ağaç gövdelerinin 1.3 metre ve n. metre yüksekliklerde ölçülen çapları göstermektedir.

## 2.2. Yapay sinir ağları

Bu çalışma kapsamında, tek ağaç hacimlerine ilişkin tahminler, klasik regresyon analizi yöntemi ile birlikte Yapay sinir ağları ile de elde edilmiştir. YSA, insan beyni gibi biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilen matematiksel modelleme yöntemi olup, YSA ile tahminler insan beyninin fizyolojisinden esinlenerek geliştirilmiş bilgisayar yazılımları ile elde edilmektedir (Elmas, 2003). YSA modeli, yapı olarak birbirleriyle bağlantılı olan sinirlerin bulunduğu katmanlardan oluşmaktadır. Temelde bu katmanlar; girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır (Kurup ve Dudani, 2002). Bu katmanlar, süreç elemanları olarak adlandırılan yapay nöronlardan oluşmaktadır. YSA'da, çok katmanlı olarak düzenlenebilen ve paralel olarak çalışan çok sayıdaki doğrusal olmayan ve yapay nöronlar içeren yapılarının bir sonucu olarak; doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde ve tahminlerin elde edilmesinde oldukça başarılıdır (Nasr et al., 2003).

Hücrelerin bağlantı şekillerine, öğrenme kurallarına ve aktivasyon fonksiyonlarına göre çeşitli YSA yapıları geliştirilmiştir. YSA yapıları, ileri beslemeli, geri beslemeli ve radyal tabanlı sinir ağları olmak üzere 3 temel sınıfa ayrılır (Fırat, 2002; Fırat ve Güngör, 2004). Farklı sinir yapılarını içeren YSA'nın uygulamasında, ilk önce tahmin yapılacak sistemde girdi değişkenleri (input variables) ile çıktı değişkenini (output, target variable) tanımlanmakta ve bu tanımlamalar ile YSA, verileri analiz ederek tahminde başarıyı eniyeleyecek ve hatayı en aza indirecek şekilde ağırlıkları tahmin edilmektedir (Fırat, 2002). Bu süreç, YSA ilişkin literatürde, **ağın öğrenmesi** (network training) olarak adlandırılmaktadır. YSA ile çok sayıda farklı ağırlık değeri türetilmekte, bu ağırlık değerleri kullanılarak da toplama ve aktivasyon fonksiyonları ile çıktı tahminleri elde edilmektedir. YSA ile elde edilen tahmin değerleri ile başta tanımlanan çıktı değişkenine ilişkin gözlem değerlerine göre hesaplanan hataların değişimi analiz edilerek, hataların minimum olduğu ve hatalara ilişkin değişimlerin sabitlendiği noktada süreç tamamlanmaktadır (Fırat, 2002; Fırat ve Güngör, 2004).

YSA'na ilişkin bu sürecin işletilmesinde ve tahminlerin elde edilmesinde ise, farklı bilgisayar yazılımları geliştirilmiş olup, günümüzde yapay sinir

ağı çalışmaları için en sık kullanılan yazılım olarak MATLAB yazılımı öne çıkmaktadır. MATLAB yazılımı, kullanımındaki kolaylığı ve farklı sinir ağ yapıları içermesi ile tercih edilmektedir. Bu çalışmada, "Mathworks MATLAB" yazılımının 8.0.0.783 (R2012b) versiyonu içindeki Neural Network Toolbox (nntool) ile tek ağaç hacmine ilişkin YSA modelleri eğitilmiştir.

Veriler ağa sunulmadan önce verideki aşırı salınımları engellemek ve sistem performansını arttırmak için normalizasyon işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bunun için çok farklı fonksiyonlar önerilmesine karşın, MATLAB yazılımı ile tahmin edilen ağırlık değerleri ile YSA'ya ilişkin denklemlerin elde edilebilmesi için MAPMINMAX dönüşümü kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında ayrıca, YSA yapılarına ilişkin denklemlerin de verilmesi amaçlandığından ve de özellikle MATLAB yazılımında ağırlıklar, MAPMINMAX dönüşümüne uygun olarak tahmin edildiğinden; bu dönüşüm kullanılmıştır. MAPMINMAX dönüşüm formülü ile veriler [-1,+1] aralığında normalize edilmektedir. Verilerin normalize edilmesinde kullanılmış olan MAPMINMAX dönüşüm formülü aşağıda verilmiştir.

$$X_{norm} = \frac{(Y_{max}-Y_{min}) \cdot (X_i - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} - 1 \quad (3)$$

Yukarıdaki bu formülde;  $X_i$ ; ilgili değişken değeri (çap, boy ve hacim değerleri),  $X_{min}$ ; ilgili değişkenin minimum değeri,  $X_{max}$ ; ilgili değişkenin maximum değeri,  $Y_{min}$ ; -1 ve  $Y_{max}$ ; +1 olarak alınır. YSA ile elde edilen tahminlere ilişkin denormalize işlemine ilişkin formül aşağıda verilmiştir.

$$X_{denorm} = \frac{(X_{norm}+1) \cdot (X_{max} - X_{min})}{(Y_{max} - Y_{min})} + X_{min} \quad (4)$$

Bu çalışmada, verilerin normalizasyonundan sonra; 307 ağaç verisi kullanılarak, bölümlene yöntemi ile tek ağaçlara ilişkin hesaplanan toplam ağaç hacim değerleri; çıktı verisi (output, target variable) ve ağaçların göğüs çapları ve boy değerleri de girdi verisi (input variables) olarak yapay sinir ağının eğitimi gerçekleştirilmiştir.

Yapay sinir ağının eğitiminde, çıktı ve girdi değişkenlerinin belirlenmesi ve normalizasyonu yanında en önemli konulardan birisi de; farklı nöron sayıları ile çeşitli dönüşüm fonksiyon alternatiflerinden oluşan en başarılı YSA yapısına karar verilmesidir. Çalışma kapsamında kullanılan MATLAB yazılımı sayesinde farklı nöron sayıları ile çeşitli dönüşüm fonksiyon alternatiflerine sahip YSA yapıları kullanılarak tahminler elde edilebilmiştir.

Bu çalışmada, çeşitli hesaplama algoritmalarına dayanan İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA (feed-forward backprop), Cascade Korelasyon Yapısını içeren YSA (Cascade-forward backprop) ile Elman'ın Geri Yayılımlı YSA (Elman backprop) içeren üç farklı YSA tipi, 10 farklı nöron sayısı (1-10) ve 3 farklı dönüşüm fonksiyonu (Logsig, Purelin ve Tansig fonksiyonları) olmak üzere 90 farklı (3x3x10) YSA yapısı ile ağ eğitimleri gerçekleştirilmiştir. Bu YSA yapıları kullanılarak MATLAB yazılımı ile hacim tahminleri; sadece çap değerleri (tek girişli tahminler) ve çap ile birlikte boy değerleri girdi değişkeni olarak (çift girişli tahminler) tahminler elde edilmiştir.

### 2.3. Tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri

Bu çalışmada, farklı YSA yapıları elde edilecek tahminlerin, regresyon analizi ile üretilmiş olan ve uygulamada kullanım alanı bulan tek ve çift girişli denklemler ile elde edilen tahminlere göre başarı durumlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, bu çalışmada yapay sinir ağların eğitimindeki ağaçları daha önce kullanarak üretilmiş tek ve çift girişli hacim denklemlerine (Ercanlı vd., 2014) ilişkin başarı durumları ile farklı YSA yapıları ile elde edilen tahmin değerlerinin başarı durumları karşılaştırılmıştır. Ercanlı vd. (2014) tarafından en başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi aşağıda verilmiştir.

$$V = 0,1426 - 0,01926 \cdot d + 0,000989 \cdot d^2 \quad (5)$$

Denklemin tüm parametreleri,  $p < 0.05$  önem düzeyi ile anlamlıdır. En başarılı tek girişli hacim fonksiyonuna ilişkin uygunluk ölçütleri,  $R^2 = 0,918$ ,  $S_{yx} = 0,20365 \text{ m}^3$ ,  $TH = \% 0,0$ ;  $OMHY = \% 14,771$  olarak hesaplanmıştır. Ercanlı vd. (2014) tarafından belirlenen en başarılı olarak belirlenen çift girişli ağaç hacim denklemi aşağıda verilmiştir.

$$V = 0,0461 + 0,000306d^2 - 0,00778h + 0,0000213d^2h \quad (6)$$

Denklemin tüm parametreleri,  $p < 0,05$  önem düzeyi ile anlamlıdır. En başarılı çift girişli hacim fonksiyonuna ilişkin uygunluk ölçütleri,  $R^2 = 0,981$ ,  $TH = \% -1,11 \times 10^{-14}$ ,  $OMHY = \% 8,104$  olarak hesaplanmıştır.

### 2.4. Karşılaştırma ölçütleri

Farklı YSA için elde edilen tahminler ile regresyon analizi yöntemlerinin uygulaması olan tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri elde edilecek

tahminlerin karşılaştırılmasında bazı istatistiki başarı ölçütleri kullanılmıştır. Bu başarı ölçütleri; Belirtme Katsayısı ( $R^2$ ), tahminin standart hatası ( $S_{y,x}$ ), ortalama hata (OH), ortalama mutlak hata (OMH), toplam hata yüzdesi (THY) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (OMHY) değerleri olmak üzere çeşitli istatistiki değerlerdir (Şentürk 1997; Yavuz 1999). Bu ölçüt değerlerinden, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri küçük, belirtme katsayısı değerlerinin ise büyük olması istenmektedir. Bu ölçüt değerlerine ilişkin formüller, aşağıda verilmiştir.

$$\text{Belirtme Katsayısı; } R^2 = 1 - \left( \frac{\sum (\hat{V}_i - V_i)^2}{\sum (V_i - V_{ort})^2} \right) \quad (7)$$

$$\text{Tahminin Standart Hatası; } S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum (\hat{V}_i - V_i)^2}{N-p}} \quad (8)$$

$$\text{Ortalama Hata (OH); } OH = \frac{\sum (\hat{V}_i - V_i)}{N} \quad (9)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata (OMH); } OH = \frac{\sum |\hat{V}_i - V_i|}{N} \quad (10)$$

Toplam Hata Yüzdesi;

$$\text{THY} = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \hat{V}_i - \sum_{i=1}^n V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (11)$$

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi;

$$\text{OMHY} = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{V}_i - V_i|}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (12)$$

Burada, N: veri sayısını, p: parametre sayısını  $\hat{V}_i$ : hacim fonksiyonu ile tahmin edilen hacim değeri,  $V_i$ : ölçülen hacim değeri,  $V_{ort}$ : ölçülen ortalama ağaç hacmi değerlerini göstermektedir.

Bir ya da birkaç ölçüt değerlerine göre başarılı olan bir yöntem, diğer bir ölçüt değerine göre başarısız olabilmektedir. Bu nedenle tüm başarı ölçütlerinin kapsayacak şekilde, bir başarı sıralaması yapılmıştır. Bu amaçla, Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilmiş olan Rölatif Sıralama Yöntemi kullanılmıştır. Bu başarı sıralama yönteminde, modeller başarı ölçütünün birbirine olan yakınlık ve uzaklık değerine göre rölatif olarak sıralanmaktadır. Farklı ölçüt değerlerine ilişkin rölatif sıra numaraları



toplanıp, en küçük toplam rölâtif sıra numarasına sahip model ya da yöntemde, hacim tahminlerinde en başarılı olarak belirlenmektedir (Özdemir, 2018). Rölâtif Sıra numarası yöntemine ilişkin formül aşağıda verilmiştir.

$$R_i = 1 + \frac{(m-1) \cdot (S_i - S_{\text{enküçük}})}{(S_{\text{enbüyük}} - S_{\text{enküçük}})} \quad (13)$$

Bu eşitlikte,  $R_i$ : model ya da yönteme ilişkin rölâtif sıra numarası,  $S_i$ : i. model ya da yönteme ilişkin istatistiki ölçüt değerini,  $S_{\text{enküçük}}$ : modeller ya da yöntemlere ilişkin en küçük başarı ölçüt değerini,  $S_{\text{enbüyük}}$ : modeller ya da yöntemlere ilişkin en büyük ölçüt değerini, m: karşılaştırılan model veya yöntem sayısını göstermektedir.

### 3. Bulgular

Bu çalışmada sadece çapa bağlı olarak tek girişli hacim tahminleri sunan farklı nöron sayıları ile çeşitli dönüşüm fonksiyonlarını içeren YSA yapılarına ilişkin başarı ölçüt değerlerinin ortalamaları Çizelge 2’de verilmiştir. Çap ile birlikte boya göre çift girişli hacim tahminleri sunan farklı nöron sayıları ile çeşitli dönüşüm fonksiyonlarını içeren YSA yapılarına ilişkin başarı ölçüt değerlerinin ortalamaları ise Çizelge 3’de verilmiştir. Tek girişli tahminlerde; farklı nöron sayıları ve çeşitli dönüşüm fonksiyonları içeren İleri Beslemeli-Geri Yayimli YSA yapısına ilişkin ortalama belirtme Katsayısı ( $R^2$ ) değeri, 0,963; tahminin standart hatası ( $S_{y,x}$ ), 0,198 m<sup>3</sup>; ortalama hata (OH), 0,017 m<sup>3</sup>; ortalama mutlak hata (OMH), 0,114 m<sup>3</sup>; toplam hata yüzdesi (THY), % 1,991 ve ortalama mutlak hata yüzdesi (OMHY)’de, % 13,696 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Cascade

Korelasyon Yapısına YSA ilişkin uygunluk ölçütlerinin ortalama değerleri;  $R^2 = 0,962$ ,  $S_{y,x} = 0,200$  m<sup>3</sup>, OH= 0,024, OMH=0,120 m<sup>3</sup>, THY = % 2,846 ve OMHY = % 14,409 olarak elde edilmiştir (Çizelge 2). Elman’ın Geri Yayimli YSA ilişkin uygunluk ölçütlerinin ortalama değerleri;  $R^2 = 0,951$ ,  $S_{y,x} = 0,228$  m<sup>3</sup>, OH= 0,031 m<sup>3</sup>, OMH=0,134 m<sup>3</sup>, THY = 3,683 ve OMHY = 16,102 olarak elde edilmiştir (Çizelge 2). Bu ortalama değerler değerlendirildiğinde; çalışma kapsamında denenen farklı YSA yapıları içinde en başarılı tek girişli hacim tahminleri İleri Beslemeli-Geri Yayimli YSA yapısı ile elde edilmiştir. Çizelge 4’te, İleri Beslemeli-Geri Yayimli YSA için farklı nöron ve transfer fonksiyon alternatiflerine göre başarı ölçüt değerleri ve rölâtif sıra numaraları verilmiştir. İleri Beslemeli-Geri Yayimli YSA içinde, 30.09 rölâtif başarı numarası ile en düşük başarı sıra numarasına sahip yapı da; 9 nöron ve Log-sig dönüşüm fonksiyonu içeren YSA yapısıdır (Çizelge 4). Bu YSA yapısının başarı ölçütleri,  $R^2 = 0,976$ ,  $S_{y,x} = 0,162$  m<sup>3</sup>, OH= -0,0015 m<sup>3</sup>, OMH=0,084 m<sup>3</sup>, THY = -% 0,185 ve OMHY = % 10,052 olarak elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında kullanılan veriler ile daha önceden Ercanlı (2014) tarafından geliştirilen tek girişli ağaç hacim denkleminin ilişkin başarı ölçütleri ise;  $R^2 = 0,918$ ,  $S_{y,x} = 0,20365$  m<sup>3</sup>, TH = % 0,0, OMH = % 14,771 olarak elde edilmiştir. Bu başarı ölçüt değerleri değerlendirildiğinde, YSA ile hacim tahminlerinde regresyon analizine ile elde edilen tek girişli denkleme göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 2. Tek girişli tahminlere ilişkin farklı YSA yapılarına ilişkin ortalama başarı ölçütleri

YSA Yapısı	$R^2$	Syx	Ortalama Hata	Ortalama Mutlak Hata	OMHY	THY
İleri Beslemeli-Geri Yayimli YSA	0,963	0,198	0,017	0,114	13,696	1,991
Cascade Korelasyon Yapısını içeren YSA	0,962	0,200	0,024	0,120	14,409	2,846
Elman’ın Geri Yayimli YSA	0,951	0,228	0,031	0,134	16,102	3,683

Çift girişli tahminlerde ise; İleri Beslemeli-Geri Yayimli YSA yapısına ilişkin ortalama belirtme Katsayısı ( $R^2$ ) değeri, 0,975; tahminin standart hatası ( $S_{y,x}$ ), 0,164; ortalama hata (OH), 0,016; ortalama mutlak hata (OMH), 0,082; toplam hata yüzdesi (THY), % 1,969 ve ortalama mutlak hata yüzdesi (OMHY)’de, % 9,858 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Cascade Korelasyon Yapısına YSA ilişkin uygunluk ölçütlerinin ortalama değerleri;  $R^2 = 0,972$ ,  $S_{y,x} = 0,170$ , OH = 0,024, OMH=0,082, THY

= % 1,831 ve OMHY = % 9,854 olarak elde edilmiştir (Çizelge 3). Elman’ın Geri Yayimli YSA ilişkin uygunluk ölçütlerinin ortalama değerleri;  $R^2 = 0,974$ ,  $S_{y,x} = 0,166$ , OH= 0,024, OMH=0,085, THY = 2,142 ve OMHY = 10,151 olarak elde edilmiştir (Çizelge 3). Bu ortalama değerler değerlendirildiğinde; farklı YSA yapıları içinde en başarılı çift girişli hacim tahminleri, tek girişli hacim tahminlerinde de olduğu gibi İleri Beslemeli-Geri Yayimli YSA yapısı ile elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 5'te, İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA için farklı nöron ve transfer fonksiyon alternatiflerine göre başarı ölçüt değerleri ve rölatif sıra numaraları verilmiştir. İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA içinde de, 29,48 rölatif başarı numarası ile en düşük başarı sıra numarasına sahip 5 nöron ve Tan-sig dönüşüm fonksiyonu içeren YSA yapısı ile en başarılı çift girişli hacim tahminleri elde edilmiştir (Çizelge 5). Bu YSA yapısının başarı ölçütleri,  $R^2 = 0,987$ ,  $S_{y.x} = 0,121$ ,  $OH = -0,0046$ ,  $OMH=0,057$ ,  $THY = -0,552$  ve  $OMHY = \% 6,862$  olarak hesaplanmıştır.

Ercanlı (2014) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denkleminin başarı ölçütleri ise;  $R^2=0,981$ ,  $S_{y.x} = 0,1787 \text{ m}^3$ ,  $TH = \% -1,11 \times 10^{-14}$ ,  $OMHY= \% 8,104$  olarak elde edilmiştir. Tek girişli tahminlerdeki sonuçlara benzer olarak, YSA ile çapa ve boya dayalı olan çift girişli hacim tahminlerinde de, regresyon analizi yöntemi ile elde edilen tahmin sonuçlarına göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3. Çift girişli tahminlere ilişkin farklı YSA yapılarına ilişkin ortalama başarı ölçütleri

YSA Yapısı	$R^2$	Syx	Ortalama Hata	Ortalama Mutlak Hata	OMHY	THY
İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA	0,975	0,164	0,016	0,082	9,858	1,969
Cascade Korelasyon Yapısını içeren YSA	0,972	0,170	0,024	0,082	9,854	1,831
Elman'ın Geri Yayılımlı YSA	0,974	0,166	0,024	0,085	10,151	2,142

YSA yapıları kullanılarak elde edilen tahminlerin verilerin alındığı karaçam meşcereleri için uygun olup olmadığının testi, toplam verinin yaklaşık % 13'nü oluşturan veriler (n=48) yardımıyla yapılmıştır. Denetimde kullanılan bu ağaçların (48 adet), en başarılı belirlenen YSA yapısı kullanılarak elde edilen tek ve çift girişli hacim tahminleri ile bölümlene yöntemi ile hesaplanan hacim değerleri, "Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)" kullanılarak karşılaştırılmıştır (Kalıpsız, 1988; Batu,

1995). Yapılan bu karşılaştırma ile tek girişli hacim tahminleri için; t istatistiği=1,869 olarak hesaplanmış olup, bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi p=0,068, çift girişli hacim fonksiyonu için ise t istatistiği=1.176 ve önem düzeyi p= 0,246 olarak belirlenmiştir. Böylece bu çalışmada belirlenen en başarılı YSA yapıları ile elde edilen tek ve çift girişli hacim tahminlerinin, örnek ağaçların alındığı Karaçam meşcereleri için istatistiksel olarak uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4. Tek girişli tahminlere veren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA (feed-forward backprop)'nın farklı nöron sayıları ve çeşitli dönüşüm fonksiyonları içeren yapılarına ilişkin başarı ölçütleri ve rölatif başarı sıraları

Fonks.	Nöron Sayısı	R <sup>2</sup>	Rölatif Sıra	Syx	Rölatif Sıra	Ort. Hata	Rölatif Sıra	OMH	Rölatif Sıra	OMHY	Rölatif Sıra	TH	Rölatif Sıra	Toplam Rölatif Sıra
Log-Sig	1	0,913	51,75	0,3072	46,23	-0,0698	1,00	0,168	26,15	20,206	26,35	-8,38	1,00	152,48
	2	0,94	30,00	0,2551	30,00	-0,0152	10,44	0,101	6,33	12,162	6,41	-1,827	10,44	93,61
	3	0,976	1,00	0,163	1,31	0,0009	13,22	0,085	1,59	10,24	1,65	0,103	13,22	31,99
	4	0,975	1,81	0,1651	1,97	-0,0092	11,47	0,087	2,18	10,415	2,09	-1,103	11,48	30,99
	5	0,975	1,81	0,1633	1,40	0,0041	13,77	0,083	1,00	9,977	1,00	0,498	13,79	32,77
	6	0,976	1,00	0,1629	1,28	0,0021	13,43	0,085	1,59	10,218	1,60	0,25	13,43	32,32
	7	0,975	1,81	0,1633	1,40	-0,0073	11,80	0,085	1,59	10,142	1,41	-0,875	14,00	32,01
	8	0,975	1,81	0,1641	1,65	0,006	14,10	0,084	1,30	10,056	1,20	0,722	14,11	34,16
	9	<b>0,976</b>	<b>1,00</b>	<b>0,162</b>	<b>1,00</b>	<b>-0,0015</b>	<b>12,80</b>	<b>0,084</b>	<b>1,30</b>	<b>10,052</b>	<b>1,19</b>	<b>-0,185</b>	<b>12,80</b>	<b>30,09</b>
	10	0,975	1,81	0,1657	2,15	0,0115	15,05	0,096	4,85	11,548	4,89	1,383	15,06	43,81
PureLin	1	0,949	22,75	0,2346	23,61	0,0544	22,46	0,16	23,79	19,159	23,75	6,524	22,46	138,83
	2	0,95	21,94	0,2329	23,08	0,0309	18,40	0,154	22,01	18,472	22,05	3,708	18,41	125,90
	3	0,95	21,94	0,2334	23,24	0,0408	20,11	0,153	21,71	18,307	21,64	4,893	20,11	128,77
	4	0,95	21,94	0,2335	23,27	0,0316	18,52	0,151	21,12	18,071	21,06	3,795	18,53	124,45
	5	0,95	21,94	0,2331	23,15	0,0219	16,85	0,151	21,12	18,069	21,05	2,626	16,85	120,96
	6	0,949	22,75	0,2349	23,71	0,0596	23,36	0,158	23,19	19,021	23,41	7,154	23,37	139,80
	7	0,944	26,78	0,2478	27,73	0,098	30,00	0,181	30,00	21,681	30,00	11,757	30,00	174,50
	8	0,95	21,94	0,234	23,43	0,0434	20,56	0,158	23,19	19,001	23,36	5,213	20,58	133,06
	9	0,949	22,75	0,2346	23,61	0,0395	19,89	0,151	21,12	18,104	21,14	4,741	19,90	128,41
	10	0,95	21,94	0,233	23,12	0,0369	19,44	0,152	21,42	18,299	21,62	4,43	19,45	126,99
Tansig	1	0,945	25,97	0,2445	26,70	0,0082	14,48	0,121	12,24	14,538	12,30	0,982	14,48	106,18
	2	0,969	6,64	0,1829	7,51	0,0199	16,50	0,104	7,21	12,471	7,18	2,387	16,51	61,55
	3	0,974	2,61	0,1679	2,84	0,0152	15,69	0,089	2,78	10,699	2,79	1,821	15,69	42,39
	4	0,973	3,42	0,1708	3,74	-0,0115	11,08	0,09	3,07	10,836	3,13	-1,379	11,08	35,52
	5	0,97	5,83	0,1811	6,95	0,0043	13,81	0,099	5,73	11,884	5,73	0,513	13,81	51,86
	6	0,975	1,81	0,1651	1,97	-0,0058	12,06	0,085	1,59	10,18	1,50	-0,691	12,07	31,00
	7	0,976	1,00	0,1628	1,25	-0,0051	12,18	0,083	1,00	10,007	1,07	-0,61	16,00	32,51
	8	0,975	1,81	0,1646	1,81	-0,0045	12,29	0,085	1,59	10,239	1,65	-0,545	12,28	31,43
	9	0,975	1,81	0,1645	1,78	-0,0066	11,92	0,085	1,59	10,157	1,45	-0,797	11,92	30,47
	10	0,956	17,11	0,2189	18,72	0,0188	16,31	0,11	8,99	13,177	8,93	2,253	16,31	86,38
<b>Ort.</b>		<b>0,963</b>		<b>0,198</b>		<b>0,017</b>		<b>0,114</b>		<b>13,696</b>		<b>1,991</b>		

Çizelge 5. Çift girişli tahminleri veren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA (feed-forward backprop)'nın farklı nöron sayıları ve çeşitli dönüşüm fonksiyonları içeren yapılarına ilişkin başarı ölçütleri ve rölatif başarı sıraları

Fonks.	Nöron Sayısı	R <sup>2</sup>	Rölatif Sıra	Syx	Rölatif Sıra	Ort. Hata	Rölatif Sıra	OMH	Rölatif Sıra	OMHY	Rölatif Sıra	TH	Rölatif Sıra	Toplam Rölatif Sıra
Log-Sig	1	0,965	15,19	0,1952	18,01	-0,0068	11,22	0,07	6,63	8,369	6,43	-0,813	11,22	68,69
	2	0,984	3,47	0,1314	4,68	0,0091	14,57	0,068	5,76	8,185	5,76	1,089	14,57	48,81
	3	0,984	3,47	0,1314	4,68	0,0084	14,42	0,066	4,90	7,92	4,81	1,008	14,42	46,70
	4	0,96	18,28	0,2081	20,70	-0,0552	1,00	0,086	13,55	10,285	13,33	-6,623	1,00	67,86
	5	0,985	2,85	0,129	4,18	0,0155	15,92	0,062	3,16	7,449	3,11	1,859	15,92	45,15
	6	0,959	18,89	0,2116	21,43	0,0149	15,80	0,077	9,66	9,254	9,61	1,783	15,79	91,18
	7	0,941	30,00	0,2526	30,00	0,0415	21,41	0,101	20,04	12,173	20,13	4,982	21,42	143,00
	8	0,984	3,47	0,1334	5,10	0,0204	16,96	0,066	4,90	7,902	4,75	2,444	16,95	52,11
	9	0,988	1,00	0,1138	1,00	0,0014	12,95	0,058	1,43	6,925	1,23	0,163	12,94	30,54
	10	0,984	3,47	0,1318	4,76	-0,0117	10,18	0,061	2,73	7,35	2,76	-1,398	10,19	34,09
PureLin	1	0,973	10,26	0,1715	13,06	0,0245	17,82	0,098	18,75	11,736	18,55	2,936	17,82	96,25
	2	0,973	10,26	0,1719	13,14	0,027	18,35	0,097	18,31	11,59	18,03	3,239	18,35	96,43
	3	0,973	10,26	0,1729	13,35	0,0254	18,01	0,098	18,75	11,747	18,59	3,054	18,02	96,98
	4	0,973	10,26	0,1718	13,12	0,0403	21,16	0,101	20,04	12,071	19,76	4,842	21,17	105,50
	5	0,973	10,26	0,1718	13,12	0,028	18,56	0,097	18,31	11,612	18,11	3,361	18,56	96,92
	6	0,972	10,87	0,176	14,00	0,0299	18,96	0,106	22,21	12,756	22,23	3,594	18,97	107,24
	7	0,97	12,11	0,1799	14,81	0,0822	30,00	0,112	24,81	13,462	24,77	9,862	30,00	136,49
	8	0,973	10,26	0,1715	13,06	0,0276	18,48	0,098	18,75	11,802	18,79	3,315	18,48	97,81
	9	0,973	10,26	0,1726	13,29	0,0496	23,12	0,102	20,48	12,268	20,47	5,954	23,13	110,73
	10	0,973	10,26	0,1722	13,20	0,0415	21,41	0,102	20,48	12,276	20,50	4,979	21,41	107,25
Tansig	1	0,972	10,87	0,1748	13,74	-0,0057	11,45	0,077	9,66	9,222	9,50	-0,689	11,44	66,66
	2	0,965	15,19	0,195	17,97	0,0693	27,28	0,124	30,00	14,915	30,00	8,319	27,29	147,72
	3	0,985	2,85	0,1263	3,61	-0,0067	11,24	0,057	1,00	6,865	1,01	-0,806	11,23	30,94
	4	0,968	13,34	0,1863	16,15	0,016	16,03	0,07	6,63	8,349	6,35	1,92	16,03	74,53
	5	<b>0,987</b>	<b>1,62</b>	<b>0,121</b>	<b>2,50</b>	<b>-0,0046</b>	<b>11,68</b>	<b>0,057</b>	<b>1,00</b>	<b>6,862</b>	<b>1,00</b>	<b>-0,552</b>	<b>11,68</b>	<b>29,48</b>
	6	0,972	10,87	0,1759	13,97	0,0175	16,34	0,09	15,28	10,778	15,10	2,099	16,34	87,92
	7	0,98	5,94	0,1466	7,85	-0,009	10,75	0,068	5,76	8,22	5,89	-1,075	10,76	46,95
	8	0,98	5,94	0,1476	8,06	-0,0086	10,84	0,069	6,19	8,241	5,97	-1,033	10,83	47,83
	9	0,983	4,09	0,1359	5,62	0,0138	15,56	0,066	4,90	7,886	4,69	1,658	15,57	50,42
	10	0,984	3,47	0,133	5,01	-0,0033	11,95	0,061	2,73	7,273	2,48	-0,398	11,95	37,60
<b>Ort.</b>		<b>0,975</b>		<b>0,164</b>		<b>0,016</b>		<b>0,082</b>		<b>9,858</b>		<b>1,969</b>		

Bu çalışmada, ağaç hacim tahminlerini en başarılı olarak veren tek girişli tahminler için; 9 nöron ve Log-sig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA yapısı ile çift girişli tahminler için de; 5 nöron ve Tan-sig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA yapılarına ilişkin denklem yapıları, MATLAB yazılımı ile tahmin edilen ağırlık değerleri (weight values) içerecek şekilde verilmiştir. Tek girişli hacim tahminlerine ilişkin YSA yapısında; ilk katmanda yöntem bölümünde formülü verilmiş olan Mapminmax dönüşüme tabi tutulmuş göğüs çapları (input) ile ağırlıklar (weights) çarpılarak elde edilen çarpım değerlerine, hatalar (bias) eklenerek (negatif değerde olması durumunda çıkartılarak) 1. Katman nöron değerleri elde edilmektedir.

$$1. \text{ nöron } (N1) = -26,2439 \cdot d_{normalize} + 24,1576 \quad (14)$$

$$2. \text{ nöron } (N2) = 25,3472 \cdot d_{normalize} - 15,5832 \quad (15)$$

$$3. \text{ nöron } (N3) = -24,5123 \cdot d_{normalize} + 22,5627 \quad (16)$$

$$4. \text{ nöron } (N4) = 10,6932 \cdot d_{normalize} - 19,6114 \quad (17)$$

$$5. \text{ nöron } (N5) = 11,3078 \cdot d_{normalize} - 1,2459 \quad (18)$$

$$6. \text{ nöron } (N6) = -19,2120 \cdot d_{normalize} - 6,4841 \quad (19)$$

$$7. \text{ nöron } (N7) = -23,7779 \cdot d_{normalize} - 14,3704 \quad (20)$$

$$8. \text{ nöron } (N8) = -24,2685 \cdot d_{normalize} - 18,8483 \quad (21)$$

$$9. \text{ nöron } (N9) = 24,1045 \cdot d_{normalize} + 26,3468 \quad (22)$$

Bu şekilde hesaplanan nöron değerleri ise, 1. katmana ilişkin log-sig fonksiyonu ile 2. katmana transfer edilir. Bu işleme ilişkin log-sig dönüşüm fonksiyonuna esas alan formüller aşağıda verilmiştir.

1. transfer fonksiyonu (TF1) =  $1/[1 + \exp(-(N1))]$  (23)
2. transfer fonksiyonu (TF2) =  $1/[1 + \exp(-(N2))]$  (24)
3. transfer fonksiyonu (TF3) =  $1/[1 + \exp(-(N3))]$  (25)
4. transfer fonksiyonu (TF4) =  $1/[1 + \exp(-(N4))]$  (26)
5. transfer fonksiyonu (TF5) =  $1/[1 + \exp(-(N5))]$  (27)
6. transfer fonksiyonu (TF6) =  $1/[1 + \exp(-(N6))]$  (28)
7. transfer fonksiyonu (TF7) =  $1/[1 + \exp(-(N7))]$  (29)
8. transfer fonksiyonu (TF8) =  $1/[1 + \exp(-(N8))]$  (30)
9. transfer fonksiyonu (TF9) =  $1/[1 + \exp(-(N9))]$  (31)

$$\text{Toplam fonksiyonu}(\text{TopFonk}) = -(2,4113 \cdot \text{TF1}) + (0,61648 \cdot \text{TF2}) - (0,10393 \cdot \text{TF3}) - (1,3891 \cdot \text{TF4}) + (0,64414 \cdot \text{TF5}) - (0,69611 \cdot \text{TF6}) - (0,56649 \cdot \text{TF7}) - (0,91675 \cdot \text{TF8}) + (0,29664 \cdot \text{TF9}) + 1,2387 \quad (32)$$

En son aşamada, yukarıdaki toplam fonksiyonu kullanılarak hesaplanan değer, Tan-sig transfer formülü ile hacme ilişkin çıktı değerine (output) transfer edilir.

$$\text{Hacim}_{\text{normalize}} = [2/[1 + \exp(-2 \cdot \text{TopFonk})]] - 1 \quad (33)$$

En son aşamada hesaplanan bu hacim değeri normalize edilmiş değer olup, yöntem kısmında

$$1. \text{ nöron } (N1) = -1,0023 \cdot d_{\text{normalize}} - 1,4924 \cdot h_{\text{normalize}} + 4,5796 \quad (34)$$

$$2. \text{ nöron } (N2) = -3,7169 \cdot d_{\text{normalize}} - 0,52819 \cdot h_{\text{normalize}} + 3,7618 \quad (35)$$

$$3. \text{ nöron } (N3) = 2,2278 \cdot d_{\text{normalize}} - 3,6417 \cdot h_{\text{normalize}} + 0,65882 \quad (36)$$

$$4. \text{ nöron } (N4) = -3,9815 \cdot d_{\text{normalize}} - 1,8403 \cdot h_{\text{normalize}} + 0,19068 \quad (37)$$

$$5. \text{ nöron } (N5) = -2,3441 \cdot d_{\text{normalize}} - 1,1703 \cdot h_{\text{normalize}} - 2,0756 \quad (38)$$

Çift girişli tahminlere ilişkin transfer fonksiyonları;

$$1. \text{ transfer fonksiyonu } (TF1) = [2/[1 + \exp(-2 \cdot N1)]] - 1 \quad (39)$$

$$2. \text{ transfer fonksiyonu } (TF2) = [2/[1 + \exp(-2 \cdot N2)]] - 1 \quad (40)$$

$$3. \text{ transfer fonksiyonu } (TF3) = [2/[1 + \exp(-2 \cdot N3)]] - 1 \quad (41)$$

$$4. \text{ transfer fonksiyonu } (TF4) = [2/[1 + \exp(-2 \cdot N4)]] - 1 \quad (42)$$

$$5. \text{ transfer fonksiyonu } (TF5) = [2/[1 + \exp(-2 \cdot N5)]] - 1 \quad (43)$$

Toplam Fonksiyonu;

$$\text{Toplam fonksiyonu}(\text{TopFonk}) = (0,91297 \cdot \text{TF1}) + (-2,9616 \cdot \text{TF2}) + (0,20533 \cdot \text{TF3}) + (-0,29626 \cdot \text{TF4}) + (-1,0794 \cdot \text{TF5}) + 0,14731 \quad (44)$$

Çıktı değeri;

$$\text{Hacim}_{\text{normalize}} = [2/[1 + \exp(-2 \cdot \text{TopFonk})]] - 1 \quad (45)$$

Tek girili hacim tahminlerinde olduğu gibi, en son aşamada hesaplanan normalize hacim değerleri, denormalize edilerek tahmini hacim değerleri elde edilir.

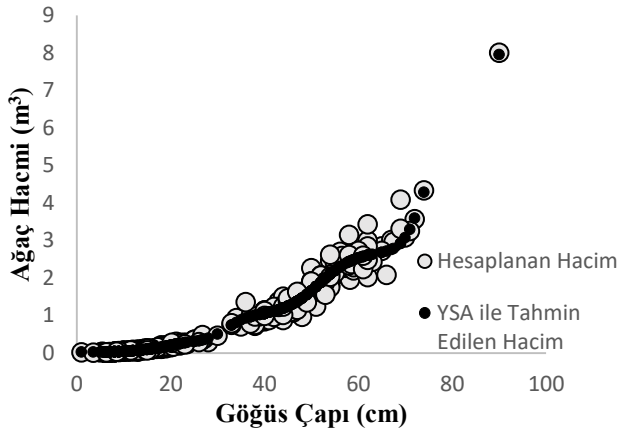
Tek ve çift girişli hacim tahminlerinde en başarılı olarak belirlenen YSA yapıları ile tahmin edilen hacim değerlerinin değişimi; Şekil 1 ve 2'de

YSA yapısına ilişkin 2. katmanda ise, transfer fonksiyonları ile elde edilen değerler ile 2. katmana ait ağırlıklar çarpılıp, bu değerlere hata değeri eklenerek toplam fonksiyonuna ilişkin toplam değeri hesaplanır.

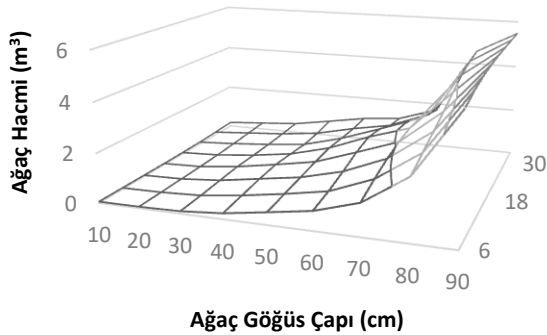
formülü verilmiş olan denormalize formülü ile tahmini hacim değerleri elde edilir.

Çift girişli hacim tahminlerine ilişkin 5 nöron ve Tang-sig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayimli YSA yapısına ilişkin formüller aşağıda verilmiştir. 1. Katmana ilişkin nöron değerleri;

verilmiştir. Bu şekiller değerlendirildiğinde; YSA ile tahmin edilen hacim değerleri, arazide ölçülen hacim değerleri ile de uyumlu olduğu görülmektedir. Bu bakımdan, YSA ile elde edilen hacim tahminlerinin, arazideki hacim değerlerini temsil edebilecek esnek bir yapıda olduğu görülebilmektedir.



Şekil 1. Arazide ölçülen hacim gelişimi ile 9 nöron ve Log-sig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA yapısı ile tahmin edilen tek girişli hacim gelişimi



Şekil 2. 5 nöron ve Tan-sig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA yapısı ile tahmin edilen çift girişli hacim gelişimi

#### 4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada Tarsus yöresi Anadolu Karaçamı ağaçları için hacim tahminleri, Yapay Sinir Ağaları kullanılarak elde edilmiştir. Bu çalışmanın ilk aşamasında, farklı dönüşüm fonksiyonları ile nöron sayılarını içeren çeşitli YSA yapılarının eğitimi (training); ağaçların göğüs çaplarını (tek girişli tahminler) ve göğüs çapları ile birlikte boylarını (çift girişli tahminler) girdi değişkeni (input variable) ve ağaçların hacimlerini de çıktı değişkeni (target, output variable) esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Tek ve çift girişli tahminlerini elde etmek üzere çeşitli hesaplama algoritmalarına dayanan İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA (feed-forward backprop), Cascade Korelasyon Yapısını içeren YSA (Cascade-forward backprop) ile Elman'ın Geri Yayılımlı YSA (Elman backprop) içerecek şekilde üç farklı YSA tipi için farklı nöron sayıları (10 farklı nöron sayısı) ile dönüşüm fonksiyonları (Log-sig, Tan-sig ve Pure-lin) içeren çeşitli YSA yapıları eğitilmiş ve çeşitli hata ölçütlerine göre de bu yapıların tahmin başarıları karşılaştırılmıştır. Tek

girişli tahminlerde, 9 nöron ve Log-sig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayılımlı YSA ve çift girişli tahminlerde ise; 5 nöron ve Tan-sig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayılımlı YSA yapısı ile en başarılı tahminler elde edilmiştir.

En başarılı olarak belirlenen YSA ile tek girişli tahminlerde THY ve OMHY değerleri sırasıyla; -% 0,185 ve % 10,052, çift girişli tahminlerde ise; -% 0,552 ve % 6,862 olarak elde edilmiştir. Bu çalışmadaki örnek ağaçları kullanarak Ercanlı (2014) tarafından daha önce regresyon analizi tekniği ile geliştirilen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırıldığında; çalışma kapsamında kullanılan YSA yapıları ile daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. YSA ile belirtme katsayısı; Ercanlı (2014)'e göre, tek girişli denklemlerde 0,918'den 0,976'e, çift girişli tahminlerde 0,981'den 0,987'e yükselmiş; OMHY ise; tek girişli tahminlerde % 14,771'den 10,052'e ve çift girişli tahminlerde ise % 8,104'den % 6,862'e düşmüştür. Bu bakımdan, YSA yapıları ile hacim tahminlerinde tek girişli YSA yapısı ile % 97,6'lık ve çift girişli YSA ile de % 98,7'lik bir hacim varyansında açıklayıcılık elde edilmiştir. OMHY değerleri olarak da, tek girişli tahminlerde %10 civarında elde edilmiş iken, çift girişli de ise; % 7'nin altında elde edilmiştir. Ayrıca bu tahminlerin çalışmaya konu meşcerelere uygunluğunun testinde, çalışmaya konu meşcerelere YSA'nın istatistiksel olarak uygun olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada öncelikle elde edilmeye çalışılan sonuç; YSA yapılarının hacim tahminlerinde kullanım durumlarının ortaya konulmasıdır. Bu çalışma ile elde edilen çeşitli tahmin sonuçlarına ilişkin ölçüt değerleri ( $R^2$ , THY ve OMHY gibi) ile birlikte tahminlerin çalışma alanındaki ağaçlara istatistiki olarak uygunluğu ve grafiksel bulgular (Şekil 1 ve 2) değerlendirildiğinde; YSA'ların tek ağaç hacim tahminlerinde kullanılabileceği sonucuna varılabilir. Ayrıca YSA ile elde edilen esnek tahminler, klasik regresyon analizine göre daha başarılıdır. Ancak YSA'ların eğitiminde kullanılan verilerde, bazı veri aralıkları için yeterli örnekleminin yapılamaması ile beklenen büyüme kanuniyetlerinin sağlanamaması gibi istenmeyen durumlara neden olabilir. Örneğin, kalın çaplı ağaçların, kötü bonitetlerden örneklenmesi ile kısa boylu ağaçlardan oluşması sonucu; bu durum, verilerde çap arttıkça hacmin azalmasına neden olabilir. Böylece, YSA yapısı esnek tahmin başarısı ile verilerdeki bu değişme paralel olarak, özellikle tek girişli hacim tahminlerinin belirli bir çap değerinden sonra, çapa bağlı olarak azaldığı bir değişim gösterebilir. YSA yapıları ile elde edilen tahminler, büyük ölçüde ağın eğitiminde kullanılan

veri yapılarına bağımlı olup, yeterli ve dengeli örneklemenin yapılamaması ile büyüme kanuniyetlerinin sağlanmamasına neden olunabilmektedir.

Çalışmaya konu Anadolu Karaçamı ağaçlarına ilişkin hacim tahminlerinde, YSA yapıları kullanımı ile elde edilen tahmin başarılarındaki artışlar; YSA'nın doğrusal olmayan hacim gelişimini modellemedeki başarısı ile açıklanabilir. Regresyon modelleri geliştirilirken, temel bazı istatistiksel varsayımları (hata varyanslarının normal dağılımı ve homojenliği, hatalar arasında bir korelasyonun olmaması, otokorelasyon, bağımsız değişkenler arasında bir korelasyonun olmaması gibi) sağlayıp sağlamadıkları denetlenirken, YSA'da ise böyle bir gereklilik yoktur. Çünkü regresyon modelleri; yansız ve hatasız tahminleri, bu istatistiksel varsayımların gerçekleşmesi ölçüsünde sağlayabilirken, YSA'larında elde edilen tahminler bu varsayımların gerçekleşmesine dayanmamaktadır. Bu bakımdan, YSA'lar; hacim tahminlerindeki başarıları yanında, istatistiksel varsayımlara bağımlı olmamaları gibi üstünlükleri vardır. Bu üstünlükleri yanında, YSA modellerinin uygulamadaki kullanılabilirliğini ve pratikliğini, YSA modellerinin tahmin başarılarını sağlayan ileri doğrusal olmayan (nonlinear) ve kompleks aşamalı yapıları sınırlamaktadır. Bununla birlikte, özellikle bilgisayar uygulamalarına YSA denklemlerin entegre edilmesi, kompleks YSA denklemlerinin uygulamalarına göre daha pratik çözümler sunabilecektir.

YSA'lara ilişkin çalışmalarda, tahmin sonuçlarına dayalı olarak değerlendirilmesi gereken önemli bir konu ise; farklı dönüşüm fonksiyonları ve nöron sayılarını içeren çeşitli YSA yapıları içinden başarıyla kullanılacak olan YSA yapısının belirlenmesidir. Çünkü ağaçlara ve meşcerelere ilişkin çeşitli tahminlerin, yapay zekanın bir uygulaması olan YSA ile elde edilmesi, yeni bir metot olarak karşımıza çıkmasına karşın; çok farklı YSA yapılarından hangilerinin tahminlerin elde edilmesinde başarılı olduğunun belirlenmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Çalışmamızda, tek ağaçların hacim tahminlerinde log-sig dönüşüm fonksiyonu içeren İleri Beslemeli-Geri Yayımlı YSA yapısı, diğer YSA yapılarından öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, farklı YSA yapılarının tahmin başarıları ortaya konularak, en başarılı tahminlere imkan sağlayan YSA yapılarının belirlenmesinde yönelik çalışmalara önem verilmelidir. Diğer bir önem verilmesi gereken konu da YSA yapılarının tahminlerinin, ağaçların büyüme trendlerine ilişkin büyüme kanuniyetlerine olan uygunluklarının değerlendirilmesi gerektiğidir.

## Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan verilerin elde edilmesine imkan tanıyan ve çalışmayı hızlı destek projesi kapsamında TOVAG-1130729'nolu proje olarak destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Ayrıca, bu projenin yürütülebilmesi için gerekli izni veren Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Dış İlişkiler, Eğitim Araştırma Daire Başkanlığı'na da teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Ashraf, M. I., Zhao, Z., Bourque, A., MacLean, D.A., Meng, F. 2013. Integrating biophysical controls in forest growth and yield predictions generated with artificial intelligence technology, *Canadian Journal of Forest Research*, 43, 1162–1171.
- Atkinson, P. M., Tatnall, A. R. 1997. Introduction: neural networks in remote sensing, *Int. J. Remote Sens.* 18(4): 699–709.
- Bolat, F. 2015. Predictions for Oriental beech tree heights based on artificial neural network in Kestel forests, *The 10th International Beech Symposium*, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Safranbolu, TURKEY
- Diamantopoulou, M. J., Özçelik, R. 2012. Evaluation of different modeling approaches for total tree-height estimation in Mediterranean Region of Turkey, *Forest Systems*, 21, 3, 383-397.
- Diamantopoulou, M. J., Özçelik, R., Crecente-Campo, F., Eler, Ü. 2015. Estimation of Weibull function parameters for modelling tree diameter distribution using least squares and artificial neural networks methods, *Biosystem engineering*, 133, 33-45.
- Elmas, Ç. 2003. *Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 22-37.
- Ercanlı, İ., Keleş, S., Şenyurt, M., Günlü, A., Bolat, F., Kurt, K. A. 2014. Tarsus Orman işletme Müdürlüğü Sınırları içerisinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı Meşcereleri için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Karışık Etkili Modelleme Yaklaşımı İle Geliştirilmesi, TÜBİTAK Hızlı Destek Projeler Programı, proje no: TOVAG-1130729.
- Ercanlı, İ., Kahrıman, A., Bolat, F. 2015. Applications of artificial neural network for predicting the relationships between height and age for oriental beech, *The 10th International Beech Symposium*, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Safranbolu / TURKEY
- Ercanlı, İ., Günlü, A., Şenyurt, M., Bolat, F., Kahrıman, A. 2016. Artificial neural network for predicting stand carbon stock from remote sensing data for even-aged scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in the Taşköprü-Şiflik forests, *1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016): Forest Harvesting and Roding in Environmentally Sensitive Areas*, 02-04 June 2016, 2016, Bursa, Turkey

- Esteban, L.G., Fernandez, F.G., de Palacios, P. 2009. "MOE Prediction in *Abies pinsapo* boiss. Timber: application of an artificial neural network using non-destructive testing" *Computers and Structures*, 87, 1360–1365.
- Fırat, F. 1973. Dendrometri. IV. Baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1800, Orman Yayın No: 193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Fırat, M. 2002. Doğrusal ve Kıvrımlı Akarsulara Yerleştirilen Köprü Ayakları Etrafında Meydana Gelen Oyulma Derinliğinin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 125 s.
- Fırat, M., Güngör, M. 2004. Askı Maddesi Konsantrasyonu ve Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, İMO Teknik Dergi, 15, 3, 3267- 3282.
- Kalıpsız, A. 1999. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:3194/354, İstanbul.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A. U. Mısıır, N. 2002. Kestane meşcerelerinin hasılatı ve amenajman esasları. Tübitak TAGTOG TARP-2229 No'lu Proje, 118 s.
- Kurup P. U., Dudani, N. K. 2002. Neural Networks for Profiling Stress History of Clays from PCPT Data. *Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering*, 128, 7, 569-580.
- Nasr, G. E., Badr, E. A., Joun, C. 2003. Backpropagation neural networks for modeling gasoline consumption. *Energy Conversion and Management*, 44 (6), 893-905.
- Orhunbilge, N. 2002. Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayınları, II. Baskı İstanbul
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M.J., Wiant, H. V., Brooks, J. R. 2010. Estimating tree bole volume using artificial neural network models for four species in Turkey, *Journal of Environmental Management*, 91, 3, 742–753.
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Crecente-Campo-F., Eler, Ü. 2013. Estimating Crimean juniper tree height using nonlinear regression and artificial neural network models. *Forest Ecology and Management*, 306, 52-60
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Brooks, J. R. 2014. The use of tree crown variables in over-bark diameter and volume prediction models. *iForest-Journal of Biogeosciences and Forestry*, 7:132-139.
- Özdemir, G. 2018. Karabük Yöresi Kayın-Gökmar Karışık Meşcerelerinde Gövde Çaplarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmin Edilmesi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 101 s.
- Poudel, K. P., Cao, Q.V. 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science*, 59 (2): 243-252
- Şentürk, N. 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subsp. *oxycarpa* (Bieb. ExWilld.) Franco&RochaAfonso) gövde hacim ve ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şenyurt, M., Ercanlı, İ., Yavuz, H., Kahriman, A., Predicting stand yield parameters based on artificial neural network for oriental beech in kestel forests, Bursa, The 10th International Beech Symposium, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Safranbolu / TURKEY
- Topçu, İ.B., Sarıdemir, M. 2008. Prediction of Compressive Strength of Concrete Containing Fly Ash Using Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic. *Computational Materials Science*, 41, 305–311.
- Yavuz, H. 1995. Uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. KTÜ Orman Fakültesi Bahar yarıyılı seminerleri, Fakülte Yayın No:49, 101-106.
- Yavuz, H. 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam İçin Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 1181-118.
- Yavuz, H., Sakıcı, O. E. 2002. "Gövde profili modellerinin bilimsel ve pratik açıdan irdelenmesi", Orman Amenajmanı'nda kavramsal açılımlar ve yeni hedefler sempozyomu, İstanbul, 233-241.



## Advances in Soil Structure Diagnoses\*

G. Karahan<sup>1,a</sup>, A.S. Erol<sup>2</sup>, S. Erşahin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, Cankırı, Turkey

<sup>2</sup>Selçuk University, Cumra Vocation School, Konya, Turkey

<sup>3</sup>Cankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Soil Science and Ecology, Cankırı, Turkey

### ARTICLE INFO

Received 3 April 2018

Accepted 2 July 2018

\*Corresponding author's e-mail address:  
gkarahan03@gmail.com

\* This paper has been presented as oral presentation in "The International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF), 2017, and published in abstract.

### ABSTRACT

It is difficult to understand soil microstructure due to the complexity of the related soil processes. To better understand soils, morphological features should be investigated in greater details with the use of advanced technology. New developments and of their combination provide contribution for better evaluation of soil morphological properties and relationships between soil structure and water movement. In multiphase porous materials, qualitative and quantitative information can be collected non-invasively by these methods. With the computer-assisted and nondestructive advanced technology such as computer microtomography ( $\mu$ CT), models which could give more

reliable results have been used in the last years. In this regard, microCT is used to display 3D morphological properties of undisturbed soil samples in the greatest detail. 3D-printed structures of undisturbed soils are obtained with a resolution of 80  $\mu$ m with this technique. Experiments showed that more successful results were obtained compared to 2D and/or direct observations and provide high quality images. The results indicated that new technologies would contribute to understanding the micro-heterogeneity of soils and its relation to soil-water dynamics. In this way, using a 3D for imaging of soil structure would be a good tool to develop soil hydraulic models. In this paper, we discussed use of advanced technology in soil structure diagnosis.

**Keywords:** Soil morphology, soil water dynamics, 3D-printed soils, X-ray computed microtomography

## Toprak Strüktürü Analizinde Gelişmeler

### ÖZ

Toprak mikroyapısının anlaşılması ilgili toprak süreçlerinin karmaşıklığı nedeniyle zordur. Toprakları daha iyi anlamak için, morfolojik özellikler ileri teknolojilerin kullanılması ile daha detaylı araştırılmalıdır. Bu teknolojilerin yeni gelişmeleri ve kombinasyonları, toprak morfolojik özelliklerinin ve toprak yapısı ile su taşınımı arasındaki ilişkilerin daha iyi değerlendirilmesi için katkı sağlar. Çok fazlı gözenekli materyallerde, nicel ve nitel bilgiler bu metotlar ile bozulmadan toplanabilir. Son yıllarda, bilgisayar mikrotomografisi ( $\mu$ CT) gibi bilgisayar destekli ve zararsız gelişmiş teknoloji ile daha güvenilir sonuçlar verebilecek modeller kullanılmıştır. Bu bağlamda, mikroCT bozulmamış toprak numunelerinin 3D'li morfolojik özelliklerini en ayrıntılı şekilde görüntülemek için kullanılmıştır. Bozulmamış toprakların 3D baskılı yapıları, bu teknikle 80  $\mu$ m'lik bir çözünürlükle elde edilir. Deneyler, 2D ve/veya doğrudan gözlemlere kıyasla daha başarılı sonuçların elde edildiğini ve yüksek kaliteli görüntüler verdiğini göstermiştir. Sonuçlar, yeni teknolojilerin toprakların mikro-heterojenliğini ve toprak-su dinamiği ile olan ilişkisinin anlaşılmasına katkıda bulunacağını belirtmektedir. Bu şekilde, toprak yapısının görüntülenmesi için bir 3D kullanmak, toprak hidrolik modellerini geliştirmek için iyi bir araç olacaktır. Bu makalede, toprak yapısının teşhisinde ileri teknolojilerin kullanılması tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Toprak morfolojisi, toprak-su dinamikleri, 3D-baskılı topraklar, X-ray bilgisayarlı mikrotomografi

### Citation:

Karahan, G., Erol, A.S., Erşahin, S., 2018. Advances in Soil Structure Diagnosis. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 36-43.

## 1. Introduction

New technologies may help through understanding of soil processes in micro-scales. In multiphase porous materials, qualitative and quantitative information can be collected non-invasively. Until recently, the concept of the soil capillary tube bundle and processes built on this concept varies as a result of implementation of the new methods with developing technology. Water flow in unsaturated soils occurs in all directions therefore capillary bundle models in porous media may be missing in defining the water flow and water retention properties. Hunt et al. (2013) reported that difficulties of bundle of tube model concept was described according to the relationship between the pore size distribution and the water retention curve, hydraulic conductivity as a function of water content, and dispersion as a function of fluid velocity and soil properties. All of these processes are closely linked to soil structure. Computer-assisted and nondestructive advanced technology such as computer microtomography (CT) and X-ray computed microtomography (XCT), yielded more detailed information on soil structure and its relations to dynamic soil processes. The aim of this study is to discuss the application of advanced technology in soil science, especially in soil structure diagnosis.

## 2. Working principles of CT in 3D imaging

The arrangement of the soil particles determines the quantity of existing pores. The soil pores vary in size and shape and are interconnected (Beraldo et al., 2014). Bouma (1982) highlighted the importance of the continuity of the pore network for the flow of water in soil, and small pores may lead to better water conduction since they form a continuous network, while larger pores may not contribute to the flow, if they present a discontinuity.

Evaluation of research over the past years reveals the need to fully understand the processes within the entire soil medium (Kumi et al., 2015). According to Calistru and Jitoreanu (2015), the current analytical and traditional methods for exploring soil structure do not fully cover the needs of the researchers, in order to characterize the soil system and its properties. In the last decades, X-ray computed tomography has provided a non-destructive means for observing and quantifying soils in 3D. In addition, it has been used in studies for investigating spatial distribution of soil pores, bulk density, macropore network structure, layer detection,

permeability, calculated fractal properties, solute breakthrough, root system development etc.

X-ray CT is a non-invasive technique that can be used to visualize the interior of objects in 2D and 3D based on the principle of attenuation of an electromagnetic wave (Helliwell et al., 2013). The visualization of the interior elements of an opaque sample is made possible by the principle of electromagnetic wave attenuation (Mooney et al., 2012). It is positioned in between an X-ray source and X-ray detector (Cnudde et al., 2006).

An X-ray CT scanner consists of three common parts. These are;

- An X-ray source,
- A sample manipulation stage
- A detector.

X-rays emitted from the source pass through the sample and are progressively attenuated by absorption and scattering as the object itself becomes a secondary source of X-rays and electrons through atomic interactions (Mooney et al., 2012). The source of X-ray radiation in micro-tomography (Figure 1) is the tip of a vacuum tube which contains an anode and a cathode (Wildenschild & Sheppard, 2013).

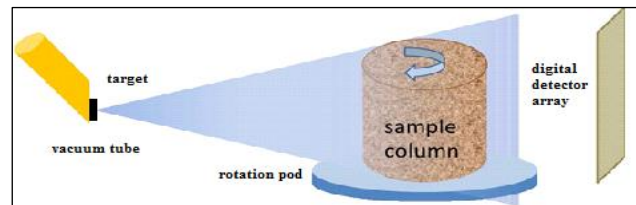


Figure 1. Micro computer tomography cone-beam x-ray. Electrons are falling back then energy in form of X-rays with characteristics of the target material is released. When they strike a sample, the beam can be absorbed, reflected in various ways or transmitted through the material and the sample becomes a source of secondary X-ray radiation and electrons (Wildenschild & Sheppard, 2013)

Each image taken from the rotating sample is a 2D projection from the side of the sample, which faced the detector screen at that moment. The transformation of this series of projections from different angles into a 3D-image is called image reconstruction (Fig. 2) (Gonzalez & Woods, 2009).

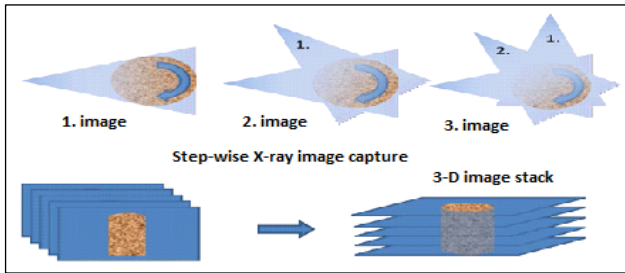


Figure 2. Image reconstructions from image series (Gonzalez & Woods, 2008)

The spatial resolution of the images depends on factors such as the magnification, focal spot size of the X-ray tube, pixel size of the detector and other physical factors such as X-ray scattering and interaction among detector pixels. The attenuation coefficient of the material under investigation to X-ray also depicts its density (Kumi et al., 2015). The intensity is expressed as:

$$I = I_0 \exp(-\mu_m \rho x) \quad (1)$$

Where,  $x$  is the penetrating length of incident X-ray;  $\rho$  is the density of material;  $\mu_m$  is the absorbing coefficient per unit mass of detected object;  $I$  is the intensity of X-ray after penetrating object;  $I_0$  is the intensity of X-ray before penetrating object (Wu et al., 2008).

### 3. Use of CT in soil science

Pore geometry imaging and its quantitative description is a key factor for advances in the knowledge of physical, chemical and biological soil processes (Matrecano et al., 2009). Studies related with pore size distribution models assumed cylindrical pore shapes. However these models can not adequate for defining some soil hydraulic functions such as the tortuosity, continuity, and connectivity of pores. Until recent years, imaging with 3D of the soil structure has been obtained using medical tomographic systems although they have limited resolutions.

Physical models have been used for many years to simulate water flow through porous materials (Karadimitriou&Hassanizadeh, 2012). 3D-printing is now an established technology in prototyping and miniature production but has not been applied widely in flow models. The production of an

artificial soil pore model is carried out by 3D-printing technology, which shapes computer graphics into real 3D-objects from a wide choice of materials (Bacher, 2013).

X-ray computed tomography (XCT) is a powerful tool for detecting the micro-scale pore structure and has been applied to many natural and synthetic porous media (Peng et al., 2012). Firstly, Orsi & Anderson (1995) successfully characterize the sediment morphology by X-ray CT. Then the CT and X-ray CT methods were used in many researches such as soil constituents and organic matter (Sleutel et al., 2008 ; Quinton et al., 2009; Kettridge & Binley, 2011; Elyeznasni et al., 2012), soil compaction and porosity (Delerue et al., 2003; Rogasik et al., 2003; Elliot & Heck, 2007; Sander et al., 2008; Peth et al., 2010; Aravena et al., 2011), soil structure modification analysis (Torrance et al., 2008; Elliot et al., 2010; Flavel et al., 2012; Mairhofer et al., 2012; Schmidt et al., 2012; Tracy et al., 2012), water content, and water and solute transport (Perret et al., 2000; Kasteel et al., 2000; Mooney, 2002; Anderson et al., 2003; Wildenschild et al., 2005; Carminati et al., 2009), Gantzer and Anderson (2002), and evaluation of the effect of different soil management systems (Atkinson et al., 2009; Papadopoulos et al., 2009), soil-root research (Koebernick et al., 2014; Tracy et al., 2015; Paya et al., 2015) in approximately last 25 years (Calistru and Jitäreanu, 2015)(Kumi et al., 2015). The CT technique used on not only the soil structure, composition and its modifications, but also on the influence of the multiple scanning on the same sample (Tracy et al., 2012; Sun et al., 2012).

Three-dimensional (3D) spatial distribution of X-ray absorption coefficient is measured in the  $\mu$ CT technique. In 2007, Kutilek and Nielsen recommended a combination of advanced hydrological and micropedological approaches which could lead to a better understanding of the real pore and water properties in soil. Khan et al., (2012) simulated the heterogeneous fluid velocity field in the matrix pore space of saturated soil aggregate by applying the lattice Boltzmann Equation (LBE) solver to its X-ray computed nano-CT image as geometrical data input (Figure 3). Porous media properties for the soil aggregate were summarized in Table 1.

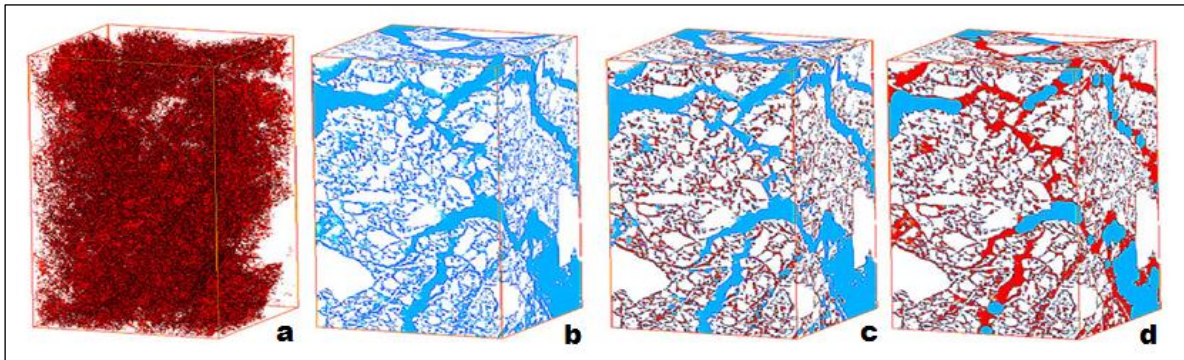


Figure 3. 3D imaging of soil sample ROI #1 porosimetry, with a pore size of D10 (without solid matrix which is not clearly discernible when integrated with the void network), b same with solid matrix representation. Blue color represents mercury distribution in pores, while red color depicts pores size; c and d represent the same images for D50 and D90 PSD, respectively. Soil sample height is 0.74 mm (=1,000 voxels) (Khan et al., 2012)

Table 1. Estimation of 3D geometrical parameters of the soil aggregates (Khan et al., 2012)

	Pore size distribution, $\mu\text{m}$			Total Porosity, $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$	Grain size distribution, $\mu\text{m}$			SSA, $\text{m}^2\text{gr}^{-1}$
	D10	D50	D90		L10	L50	L90	
1	3.0	7.3	30.0	0.390	4.4	10.7	59.1	0.11
2	3.0	8.6	32.8	0.406	4.4	9.0	17.5	0.11
3	3.0	6.5	33.6	0.408	4.1	9.2	31.8	0.12
Mean $\pm$	3.0 $\pm$ 0.	7.6 $\pm$ 0.9	32.6 $\pm$ 1.	0.401 $\pm$ 0.008	4.3 $\pm$ 0.1	9.7 $\pm$ 0.	44 $\pm$ 17	0.11 $\pm$ 0.01
SD	0		5			8		

SSA: Specific Surface Area, D: Diameter of pore, L: Length

Binary images based on the segmentation of the pores with the threshold grayscale were imported to image to generate 3D view of the pore structure (Fig. 4). The extracted pore structure is plotted in pink and green for the low and high resolution X-ray images, respectively. More details on pore structure can be observed in the high resolution images, including the large amount of intraparticle pores and the roughness of the pore surface; while the pore structure in low resolution can be more representative with respect to porosity (Fig. 4a,4b) (Peng et al., 2012).

Peng et al., (2012) reported that conceptually, the porosity determined from the XCT images is the total porosity including both accessible and isolated pores. The actual smallest and largest pore lengths measured with Blob3D are found to be 16.1  $\mu\text{m}$  and 425  $\mu\text{m}$  by the low resolution XCT images, and 0.25  $\mu\text{m}$  and 25 by the high resolution XCT. Therefore, the XCT-based porosity is actually the total porosity in the corresponding detecting pore size range. They said that pore connectivity is another critical property of the pore structure which defines how well the pores are connected and therefore will affect the local fluid flow. Accessible fraction was used to express the pore connectivity and a 3D binary XCT image was applied to determine the accessible fraction.

Porosity, pore size distribution, and pore connectivity are the key parameters which define the

pore geometry and topology; therefore, the resolution effect of XCT on these parameters is critical in the results. Both low and high resolution XCT can generate misleading results of either less accurate or less representative. Therefore, the selection of resolution must be a compromise between the accuracy and representativeness. High resolution images can reveal more details of the pore structure and were more accurate in describing of porosity and pore size, while the field of view was limited and thus result in non-representative results. By contrast, low resolution images provide larger field of view and are able to capture the large-pore porosity ( $D > 16.1 \mu\text{m}$ ), while they overestimated the pore size and pore connectivity. For example diffusion will occur in both small and large pores, while larger pores contribute predominantly to permeability over smaller pores. Therefore, for the same sample, the resolution selected for diffusion analysis should be higher than that for the permeability analysis (Peng et al., 2012).

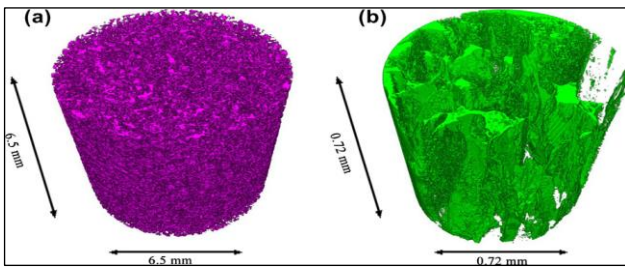


Figure 4. Reconstructed 3D pore structure from XCT images with resolution of 12.7  $\mu\text{m}$  (a) and 0.35  $\mu\text{m}$  (b) (Peng et al., 2012)

Beraldo et al. (2014) collected undisturbed soil sample in the field (Va), several slices (planes) of the cross-sections. It was defined a region of interest for analysis due to the large number of images. The central portion of the sample was chosen to be analyzed, because it consist a region where no disturbances occur in the sample (Figure 5). Maintaining the ratio between the height and the diameter of the cylinder close to one, this volume (Vb) was 39.7  $\text{cm}^3$ . To avoid disturbances near the cylinder wall, the same proportion of the volume calculated in Va for Vb was maintained, and was obtained the volume of the central portion of the sample (Vc) of 22.9  $\text{cm}^3$ . From this volume (Vc), it was calculated the number of slices containing in it (Figure 5), and thus it was possible to calculate the volume of each slice (Vd).

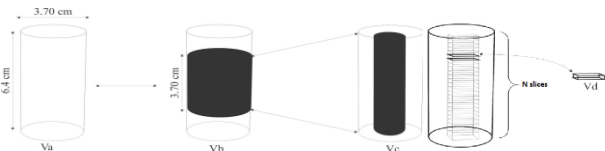


Figure 5. Schematic diagram in the area of interest for analysis with X-ray microtomography (Beraldo et al., 2014).

According to Paya et al., (2015), it is very important that the sample is firmly fixed in its holder to avoid any relative movement between the two during scanning (Figure 6).

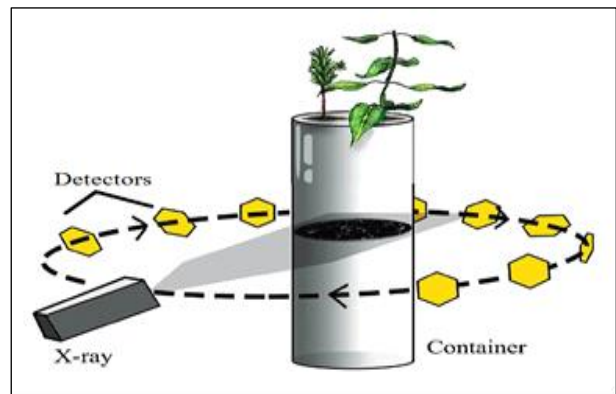


Figure 6. Illustration of the principle of CT in imaging slices of plant soil (Paya et al., 2015)

Dal Ferro & Morari (2015) have used X-ray computed microtomography (microCT) to display 3D morphological properties of undisturbed soil samples in unsaturated conditions and a soil-derived model at the same spatial scale (Figure 7). They showed that 3D printing technology was able to retain the basic features of the macropore network with comparison between morphological characteristics of replicated small prototypes (Figure 8). Generated prototypes was found so enough to identify morphological properties of pores.

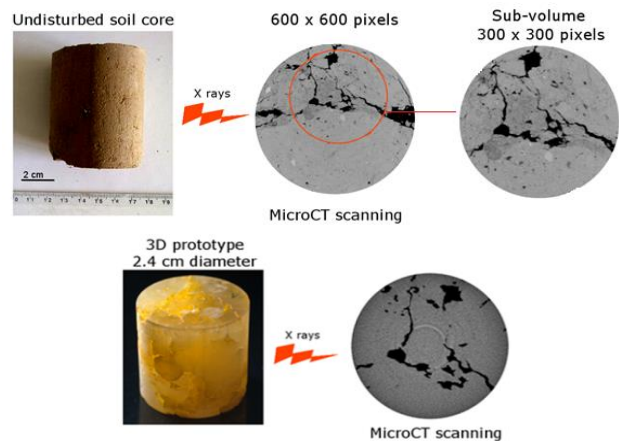


Figure 7. Display of X-ray computed microtomography (microCT) from undisturbed soil sample and 3D prototype (Dal Ferro & Morari, 2015)

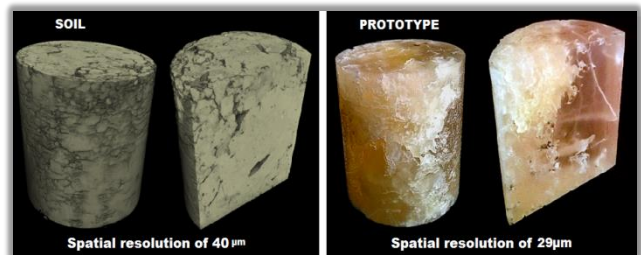


Figure 8. 3D representations of a large soil sample as a result of XCT analysis(Dal Ferro & Morari, 2015)

#### 4. Discussion and conclusions

Field assessment of soil structure is difficult, and X-ray CT studies are only possible in the laboratory (Garbout et al., 2013; Sander et al., 2008). Electrical resistivity as a non-destructive mapping technique can be applied to map the soil structure (Samouëlian et al., 2005; Tabbagh et al., 2000). No tools have been developed that can rapidly, or even slowly, measure or quantify the grade, shape or size of soil structural peds in the field.

The technology has improved continuously so that even complex structures like overhanging structures with no direct connection to the layer below can be printed (Otten et al., 2012). An artificial soil pore network can help to analyse preferential macropore flow which is important for pollutant leaching and degradation in the environment. Reproducing soil macro pores in an artificial, durable material offers the opportunity of repeating experiments in contrast to real soil pore networks. Therefore potential and limitations of reproducing an undisturbed soil sample by 3D printing can be evaluated. For example; the mathematical equivalent of a cylindrical pore has a different effect on pore water flow than the real shapes and geometry of pores. Therefore (Luo et al., 2010) recommends using the pore volume instead of the equivalent pore radius. Instead of a statistically estimated pore size distribution, the real number of pores with a specific diameter can be determined when the exact geometry is known. The 3D-print offers the possibility to shape or modify individual pores as desired; cutting off dead end branches of the macropore or blocking connections with the soil matrix can be all done by editing the 3D-printing master's image (Bacher, 2013).

3D-printing of undisturbed soil to reproduce macropores at the original scale is in principle possible, but the selection of the proper material and 3D-printing technique is crucial. The downside of printing connected macropore-networks in 3D-printing material lies in the smaller scale. Bends and bottle-necks of macropores with an equivalent diameter of 300 microns have smaller diameters which are not printable or might easily become clogged. Therefore, at this stage of research in 3Dprinting of artificial undisturbed soil for hydrological research, fully connected macropores throughout the sample are required (Bacher, 2013).

According to Bacher (2013), 3D-X-ray analysis of the soil avoids disadvantages of other techniques such as small resolution or complicate handling of common techniques as photography or thin sectioning. For analysing the relationships between soil pore systems and flow and transport processes

in soils, which can hardly be determined on scales below two or three centimetres, the resolution of X-ray instruments limits the main field of application to pores larger than smaller macropores. Nevertheless the range of applications of x-ray analysis is virtually endless, for example Vogel & Roth (2003) measured the bulk density and Luo et al., (2010) quantified and compared soil pore networks in different soil types. Macropore networks in 3D-printed structures exhibit well-known properties regarding geometry and dimensions. 3D-printing will offer a wide range of possibilities for future research when the available printing resolution improves sufficiently to print even smaller macropores.

Compared to other analysis methods, the short time required for a CT scan (within the order of minutes) and the accuracy of the data provided, recommend this technique for the characterization of soil systems (Calistru & Jităreanu, 2015). In comparison with classical methods used in soil science, computed tomography has the following advantages: it is a non-evasive and non-destructive technique; allows measuring the heterogeneity in the soil and where it occurs; allows measuring soil density and water content at a high resolution; it is possible to obtain images of soil samples in two and three dimensions independent of the geometry and shape of each sample (Cruvinel et al., 2009; Pires et al., 2010).

The use of soil-like materials will be able to model the physical-chemical interaction between water and the pore surface (Dal Ferro & Morari, 2015). Experiments showed that more successful results were obtained with these techniques compared to 2D and/or direct observations. New technological developments should be explored and used to obtain better results in application of 3D printing technology in many field. Moreover, these simulation tools provide better understanding of macroscopic fluid flows.

Utilization of such tools and modeling procedures will be useful in providing more detailed soil-root and root-root sensitivities and response reactions. The current fast advancement in CT technology will lead to the full understanding of the dynamic processes within the soil (Kumi et al., 2015).

## References

- Aravena, J. E., Berli, M., Menon, M., Ghezzehei, T.A., Mandava, A.K., Regentova, E.E. 2013. Synchrotron X-ray microtomography—new means to quantify root induced changes of rhizosphere physical properties. in *Soil–Water– Root Processes: Advances in Tomography and Imaging*. Soil Sci. Soc. Am. J., Inc. 2013; pp. 39–67.
- Bacher, M. 2013. 3D-printing of undisturbed soil imaged by X-ray. Master's Thesis in Environmental Science, SLU Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Soil and Environment, Uppsala 2013.
- Beraldo, J.M. G., Francisco de A., Scannavino Junior, Cruvinel, P.E. 2014. Application of x-ray computed tomography in the evaluation of soil porosity in soil management systems. *Eng. Agric., Jaboticabal*, v.34, n.6, p. 1162-1174, nov./dez. 2014.
- Bouma, J. 1982. Measuring the conductivity of soil horizons with continuous macropores. *Soil Sci. Soc. Am. J. Madison*, v.46, p.438-441, 1982.
- Bouma, J. 2001. The new role of soil science in a network society. *Soil Science* 166, 874– 879.
- Calistru, A.E., Jitäreanu, G. 2015. Applications of X-Ray Computed Tomography for Examining Soil Structure: A Review. *Bulletin USAMV series Agriculture* 72(1)/2015.
- Cribb, J. 2010. *The Coming Famine*. CSIRO Publishing, Collingwood.
- Cruvinel, P. E., Pereira, M. F. L., Saito, J. H., Costa, L. F. 2009. Performance Improvement of Tomographic Image Reconstruction Based on DSP Processors. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, New York, v. 58, p. 3295-3304, 2009.
- Cnudde, V., Masschaele, B., Dierick, M., Vlassenbroeck, J., Van Hoorebeke, L., Jacobs, P. 2006. Recent progress in X-ray CT as a geosciences tool. *Applied Geochemistry*, 2006; 21(5): 826–832.
- Dal Ferro, N., Morari, F. 2015. "From real soils to 3D-printed soils: reproduction of complex pore network at the real size in a silty-loam soil." *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79.4 (2015): 1008-1017.
- Garbout, A., Munkholm, L.J., Hansen, S.B. 2013. Tillage effects on topsoil structural quality assessed using X-ray CT, soil cores and visual soil evaluation. *Soil Tillage Res.* 128, 104–109.
- Helliwell, J.R., Sturrock, C.J., Grayling, K.M., Tracy, S.R., Flavel R.J., Young, I.M. 2013. Applications of X-ray computed tomography for examining biophysical interactions and structural development in soil systems: a review. *European Journal of Soil Science* 64(3):279-297.
- Hunt, A.G., Ewing R.P., Horton, R. 2013. What's wrong with soil physics? *Soil Sci. Soc. Am. J.* 77:1877–1887. doi:10.2136/sssaj2013.01.0020.
- Karadimitriou, N.K., Hassanizadeh, S.M. 2012. A Review of Micromodels and Their Use in Two- Phase Flow Studies. *Vadose Zone Journal*, 11(3). Available at: <https://www.soils.org/publications/vzj/abstracts/11/3/vzj2011.0072> [Acces. May 28, 2013].
- Khan, F., Enzmann, F., Kersten, M., Wiegmann A., Steiner, K. 2012. 3D simulation of the permeability tensor in a soil aggregate on basis of nanotomographic imaging and LBE solver. *Jour. of Soils and Sediments*, 12(1), 86-96.
- Kumi, F., Mao, H.P., Hu, J.P., Ullah, I. 2015. Review of applying X-ray computed tomography for imaging soil-root physical and biological processes. *Int J Agric & Biol Eng*, 2015; 8(5): 1–14.
- Kutilek, M., Nielsen, D.R. 2007. Interdisciplinary of hydropedology. *Geoderma* 138:252–260.
- Luo, L., Lin, H., Li, S. 2010. Quantification of 3-D soil macropore networks in different soil types and land uses using computed tomography. *Journal of Hydrology*, 393(1-2), pp. 53–64. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S00221694100168X> [Accessed June 6, 2013].
- Matrecano, M., Di Matteo, B., Mele G., Terribile, F. 2009. 3D imaging of soil pore network: two different approaches. In *EGU General Assembly Conference Abstracts Vol. 11*.
- Mooney, S., Pridmore, T., Helliwell J., Bennett, M. 2012. Developing X-ray computed tomography to non-invasively image 3-D root systems architecture in soil. *Plant and Soil* 352: 1–22.
- Orsi, T.H., Anderson, A.L. 1995. X-ray computed tomography of macroscale variability in sediment physical properties, offshore Louisiana. In: *Transactions of the Forty-Fifth Annual Convention of the Gulf Coast Association of Geological Societies* (eds C.J. John and M.R. Byrnes), Gulf Coast Association of Geological Societies, New Orleans :475–480.
- Otten, W., Pajor, R., Schmidt, S., Baveye, P.C., Hague R., Falconer, R.E. 2012. Combining X-ray CT and 3D printing technology to produce microcosms with replicable, complex pore geometries: *Soil Biology & Biochemistry*, v. 51, p. 53–55, doi: 10.1016/j.soilbio.2012.04.008.
- Paya, A.M, Silverberg, J., Padgett J., Bauerle, T.L. 2015. X-ray computed tomography uncovers root-root interactions: quantifying spatial relationships between interacting root systems in three dimensions. *Frontiers in Plant Science*, 2015; 6: 274.
- Peng, S., Qinhong, H., Stefan D., Ming, Z. 2012. Using X-ray computed tomography in pore structure characterization for a Berea sandstone: Resolution effect. *Journal of Hydrology* 472–473 (2012) pp: 254–261
- Pires, L.F., Borges, J.A.R., Bacchi O.O.S., Reichardt, K. 2010. Twenty-five years of computed tomography in soil physics: A literature review of the Brazilian contribution. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 110, n.2, p. 197-210, 2010.
- Samouëlian, A., Cousin, I., Tabbagh, A., Bruand, A., Richard, G. 2005. Electrical resistivity survey in soil science: a review. *Soil Tillage Res.* 83, 173–193.
- Sander, T., Gerke, H.H., Rogasik, H. 2008. Assessment of Chinese paddy-soil structure using X-ray computed tomography. *Geoderma* 145, 303–314.
- Sun, W., Brown S., Leach, R. 2012. An Overview of Industrial X-ray Computed Tomography. *National Physical Laboratory Report* 32.

Tabbagh, A., Dabas, M., Hesse, A., Panissod, C. 2000. Soil resistivity: a non-invasive tool to map soil structure horizonation. *Geoderma* 97, 393–404.

Tracy, S.R., Black, C., Roberts, J., McNeill, A., Davidson, R., Tester, M. 2012. Quantifying the effect of soil compaction on three varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) using X-ray micro computed tomography (CT). *Plant and Soil* 353:195–208.

Wildenschild, D., Sheppard, A. P. 2013. X-ray imaging and analysis techniques for quantifying pore-scale structure and processes in subsurface porous medium systems. *Advances in Water Resources*, 51, 217-246.

Vogel, H.J., Roth, K. 2003. Moving through scales of flow and transport in soil. *Journal of Hydrology*, 272(1), 95-106.

Wu, A.X., Yang, B.H., Zhou, X. 2008. Fractal analysis of granular ore media based on computed tomography image processing. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2008; 18(6): 1523–1528.





## Orman Yangınlarının CBS Tabanlı Konumsal İstatistik Analizi: 2011-2015 Yılları Arasında Muğla Orman Bölge Sınırları İçerisinde Çıkan Yangınlar

B. Gayır<sup>1,\*</sup>, O. Arslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Jeoinformasyon Bölümü, 41380,Kocaeli, Türkiye

<sup>2</sup> Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41380,Kocaeli, Türkiye

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 14 Mayıs 2018

Kabul Tarihi : 2 Temmuz 2018

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

### ÖZ

1977-2016 yılları arasında kayıtlı olarak toplam 10742 adet, yıl başına ortalama 269 adet yangının rapor edildiği, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, ülkemizdeki orman bölge müdürlükleri arasında “1. Derece Yangın Hassasiyetli” bölgedir. Çalışma bölgesinin yangın hassasiyetinin yanı sıra bölgenin turizm, sosyolojik ve ekonomik

özellikleri çalışmanın önemini artırmaktadır. Çalışma bölgesinde 2011-2015 yılları arasında nedeni, konumu, zararı, zamanı, ağaç türü, yangın tipi gibi özellikleri kayıt altına alınan toplam 1618 adet orman yangınının kümelenme araştırması yapılmıştır. Yangınların sadece konumlarının kullanıldığı nokta örüntü analizleri –kuadrat analizi, Ripley’in K Fonksiyon testi, Ortalama En yakın Komşuluk Analizi- ile kümelenme araştırması yapılmıştır. Yangınların kayıt altına alınan diğer öznelik bilgilerinin kümelenme araştırmasına dahil edildiği global ve yerel mekânsal otokorelasyon teknikleri- Getis Ord G\*, Moran I, Anselin Yerel Moran I- ile yangınların niteliklerine göre kümelenme araştırması yapılmıştır. Yapılan çalışmada yangınların nedenlerine göre kümelenme eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır. Yola ve yerleşim yerlerine yakınlıkları, sıcaklık, rüzgar ve nem gibi ortak özelliklerine göre bölgenin çeşitli yerlerinde kümelenmeler görülmüştür. Çalışma sonucu elde edilen örüntü ve mekânsal dağılım verileri yangınlara müdahale çalışmaları, engelleme ve engelleyici politikalara altlık teşkil edebilecek ve hazırlanması öngörülen risk haritalarına da yardımcı olabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Konumsal İstatistik, Moran I, Getis Ord, Orman, Orman Yangını, Kümelenme, Ripley

## GIS Based Spatial Statistical Analysis of Forest Fires: Wildfires in Muğla Forest District Boundaries Between 2011 and 2015

### ABSTRACT

Muğla Regional Directorate of Forestry is the "First Degree to Fire Sensitivity", among the regional directorates of forestry in our country, reporting a total of 1,0774 fires and an average of 269 fires per year between 1977 and 2016. In addition to the existing fire sensitivity, the region's tourism, sociological and economic characteristics have increased the significance of the study. Spatial patterns of 1618 forest fires were investigated In the study area between 2011 and 2015 in which the characteristics such as the cause, location, damage, time, type of tree, type of fire were recorded. Point pattern analyses of forest fires such as quadrat analysis, Ripley 's K function test, Average Nearest Neighbor Analysis were investigated for clustering patterns in the study. Global and local spatial autocorrelation techniques including GetisOrd G \*, Moran I and Anselin Local Moran I were included in the study for the fire clustering research considering other attributes of fire. In the study conducted, it was concluded that the fires tend to cluster according to the reasons. Clusters were observed in various parts of the study area according to their common features such as proximity to the settlement, temperature, wind and humidity. The resulting patterns and spatial distribution of the data can serve as a benchmark for interference interventions, prevention and disruptive policy, and may assist in the preparation of the foreseen risk maps.

**Key Words:** Spatial Statistic, Moran I, Getis Ord , Forestry, Wild Fire, Cluster, Ripley

*Bu makaleye atf:*

Gayır, B, Arslan, O., 2018. Orman Yangınlarının CBS Tabanlı Konumsal İstatistik Analizi: 2011-2015 Yılları Arasında Muğla Orman Bölge Sınırları İçerisinde Çıkan Yangınlar. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 44-60.

## 1. Giriş

Orman Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan 285 sayılı “Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları” adlı tebliğe göre orman yangını, serbest yayılma eğiliminde olan ve ormanda yaşama birliği içinde bulunan canlı ve cansız bütün varlıkları yakarak yok eden ateştir (OGM, 2008). Her yıl bu yangınlarla binlerce hektar alan yok olurken, insanlar için ücretsiz oksijen üreten alanlar da yok olmakta, ormanda yaşayan hayvanlar da barınma alanlarını kaybetmektedir. Ayrıca bu yangınlarla ormanı korumakla mükellef olan devlet ise öz kaynaklarını; orman yangınlarını önleyici tedbirler almaya, yangınları engellemeye ve yangın sonrası tahribatı azaltmaya ayırmaktadır. Devlet orman yangınlarını engelleyici politikalar, eğitimler vb. hizmetlerle orman yangınlarını engellemeye en azından insan kaynaklı orman yangınlarının önüne geçmeyi amaçlamaktadır. Yangınlarla ilgili yapılan çalışmalar yangınlar öncesinde yangınların tespit edilmesi, müdahale sistemlerinin ve risk haritalarının oluşturulması ile planlamanın yapılmasını kapsarken; yangın sonrası yapılan çalışmalar ise bölgeye verdiği zararlar, yanan alanların ıslahı yönünde olmaktadır. Bu çalışma orman yangınları müdahale sistemleri ve risk haritalarının oluşturulmasına altlık teşkil edebilecek orman yangınlarının konumlarına dayalı mekânsal istatistik çıkarımını esas almaktadır.

Konumsal ya da mekansal istatistik, noktaların konum verilerini kullanarak verilere istatistiksel test uygulamayı ve mekânsal desen arayışını temsil eder (Akyürek and Arslan, 2018). Mekansal istatistiğin öncelikli adımlarından biri mekânsal dağılımın ya da kümeleşmenin ölçülmesi; verilerin kümeleşmiş, dağınık/tekdüze veya rastlantısal olduğuna karar verilmesidir. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri); konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren sistemlerin genel adıdır (Gayır ve ark., 2015; Kapluhan, 2014). CBS tabanlı konumsal istatistik analizleri; CBS yazılımlarının veri gösterimi, grafiklendirilmesi ve birçok veriyi ilişkilendirip aynı ekranda gösterilmesi gibi kolaylıklarını kullanarak aynı konumsal istatistik testlerini ifade etmektedir. Günümüzde ve geçmişte konumsal istatistik testlerinin vazgeçilmez kısmı olmuştur.

Özellikle yabancı literatürde orman yangınlarının öznitelik verilerinden yapılan birçok konumsal istatistik çalışması bulunmaktadır. Fuentes-Santos ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada İspanya'nın kuzeydoğusunda yer alan Galiçya özerk bölgesinde

yer alan ormanlık alanlarda 1961-2011 yılları arasında rapor edilen 245593 adet yangının verilerine dayanarak bir araştırma yapılmıştır. Bu yangın verileri kullanılarak kernel yoğunluk analizi ile kestirim yapılmış olup, sebeplerine göre yeniden sınıflandırılan yangınlar homoejenlik testine tabi tutularak kümelenme analizi yapılmıştır. Serra, Laura Juan ve ark. (2013) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise İspanya'nın Katalonya özerk bölgesinde 2004-2008 yılları arasında çıkan orman yangınlarının analizi yapılmıştır. Bu çalışmada öncelikle yangınlar için nedenleri kullanılarak korelasyon araştırması, devamında ise elde edilen sonuçlara göre yıllar içinde bu parametreler için benzerlik/ ilişki araştırması yapılmıştır. Guo, Futao Su ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada 2000-2008 yılları arasında Güneydoğu Çin de yer alan Fujian Eyaletinde meydana gelen orman yangınlarının konumsal örüntü araştırmaları yapılmıştır. Bu verilere Ripley'in K fonksiyon testi uygulanmış ve bölgeye ait yol, meteoroloji istasyonları, eğim bilgileri kullanılarak elde edilen regresyon modeliyle yangın risk haritası oluşturulmuştur. Chou, Yue-Hong Minnich ve ark. (1990) tarafından yapılan çalışmada ise Kaliforniya'da bulunan San Jacinto dağı Idyllwild paftasında 1911-1984 yılları arasında rapor edilen yangınlarda konumsal otokorelasyon testleri uygulanmıştır. Bölgeye ait karayolu, kamp alanları, yerleşim yerleri ve topoğrafya verileri dikkate alınarak yapılan Moran I istatistik sonuçlarına göre regresyon modeli oluşturulmuştur. Duran (2014) tarafından yapılan çalışmada 2001-2013 yılları arasında Mersin İlinde meydana gelen orman yangınlarının başlangıç noktalarına göre mekânsal analiz çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada yangınları etkileyen meşçere tipi, yollara uzaklık, tarım alanlarına uzaklık, yükseklik, eğim ve bakı bilgileri kullanılarak öncelikle ağırlık araştırması yapılmış. Daha sonra kernel yoğunluk ve Getis Ord G\* istatistiği sonuçlarına göre haritalar oluşturularak yorumlanmıştır. (Duran, 2014)

Orman yangınları ile yapılan çalışmalarda yangınlarının konumlarının yanı sıra başlama noktası, ilk tutuşma malzemesi, nedenleri verileri yangınlardan daha anlamlı veri çıkarmayı sağlayabilecek diğer verilerdir. Bir bölgede çıkan orman yangınlarının kümelenmesinin anlamlı bulunması yangın ve yangınla ilgili alınacak önleyici ve engelleyici politikaları doğrudan etkileyebilecektir. Ülkemiz gelişmekte olan bir ülke olması uzun vadeli planlarında orman alanlarını genişletmeyi öngörmektedir. Bu yüzden çalışmada seçilen bölge Türkiye'nin büyük tahribatlı orman yangınlarıyla da bilinen Muğla Orman Bölge

Müdürlüğü'dür. 2011-2015 yılları arasında Bölge Müdürlüğünce rapor edilen 1618 adet orman yangınının belirtilen yöntemler konumsal istatistik analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlardan grafik haritalar üretilmiştir. Elde edilen haritalar yorumlanarak sonuç ve öneriler yapılmıştır.

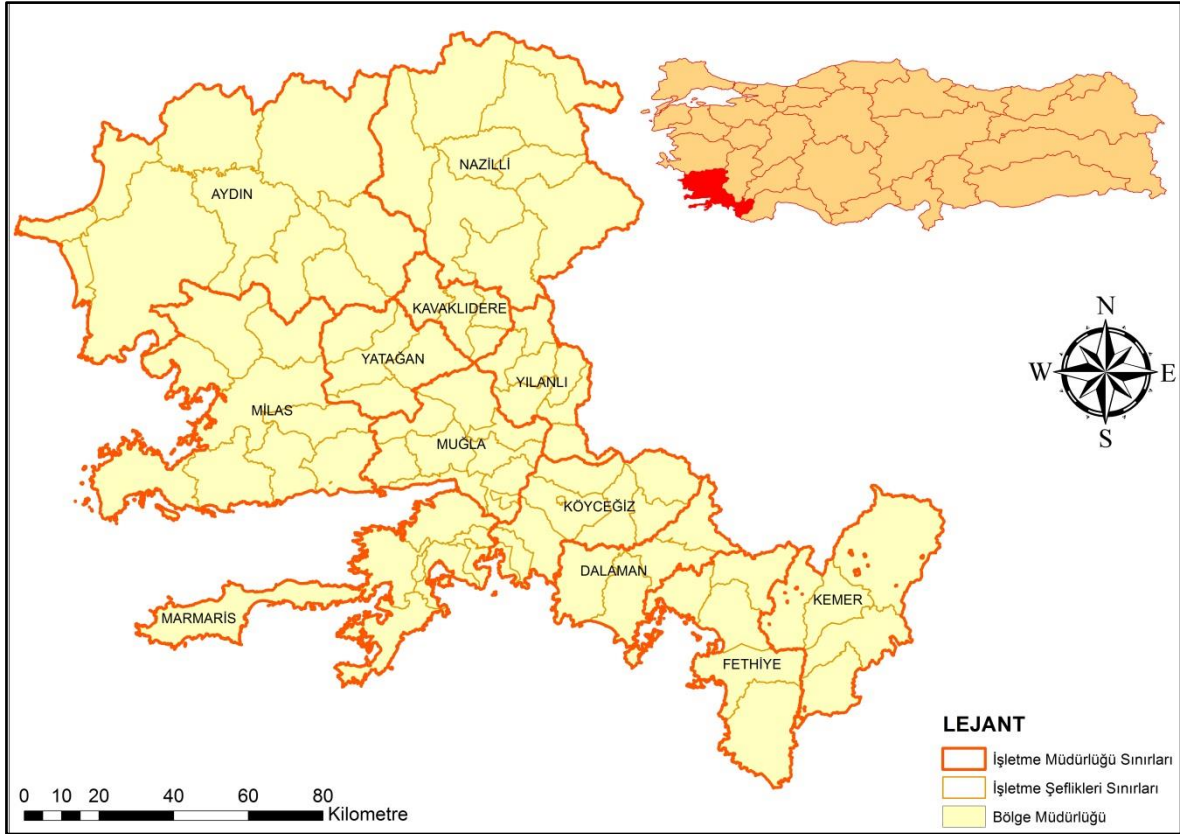
## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanını ülkemizde yer alan 28 adet Orman Bölge Müdürlüğünden biri olan Muğla Orman Bölge Müdürlüğü oluşturmaktadır. Sınırları ülkemizin batısında yer alan Aydın ve Muğla illerinin mülki idare sınırları oluşturmaktadır. Çalışma alanında iklim olarak Akdeniz iklimi hakimdir. 800 m. yüksekliğe kadar olan alanlarda "Asıl Akdeniz İklimi" ve daha yüksek alanlarda

"Akdeniz Dağ İklimi" hissedilir. Bölgede ölçülen en yüksek sıcaklık 44.8°C ve en düşük sıcaklık -12,6°C olarak ölçülmüştür. Metrekareye ortalama yıllık 920,05 mm'den yağış almakta olup yağışların büyük çoğunluğu kış mevsiminde düşer ve yaz kuraklığı belirgindir. Bölgede ölçülen en hızlı rüzgar değeri ise 119,2 km/sa' dir. Aynı zamanda çalışma bölgesinde ülkenin turizm açısından önemli merkezleri bulunmaktadır.

Orman Bölge Müdürlükleri yönetim organizasyonuna göre bölge müdürlüklerine bağlı işletme müdürlükleri ve bu işletme müdürlüklerine bağlı işletme şefliklerinden oluşmaktadır. Çalışma bölgesinde 12 İşletme Müdürlüğü ve bu İşletme Müdürlüklerine bağlı olarak 85 adet İşletme Şefliği mevcuttur. Şekil'1 de çalışma alanı konumu, sınırları, ile çalışma alanında bulunan işletme şefliği ve işletme müdürlüklerinin sınırları görülmektedir.



Şekil 1 Muğla Orman Bölge Müdürlüğü ve sorumluluğundaki işletme müdürlükleri ve işletme şeflikleri sınırları

Çalışma alanı olan Muğla Orman Bölge Müdürlüğü; Türkiye yüzölçümünün % 2,66'lık kısmını kapsamakta ve ülkemiz coğrafyasındaki ormanların %5,45' ini barındırmaktadır. Çalışma alanında 1.156.983 ha orman varlığı bulunmaktadır. Bu miktarın 750.160 hektarı verimli orman ve 406.823 hektarı bozuk orman olmak üzere genel sahanın % 56'sı ormanlıktır. Türkiye'nin toplam

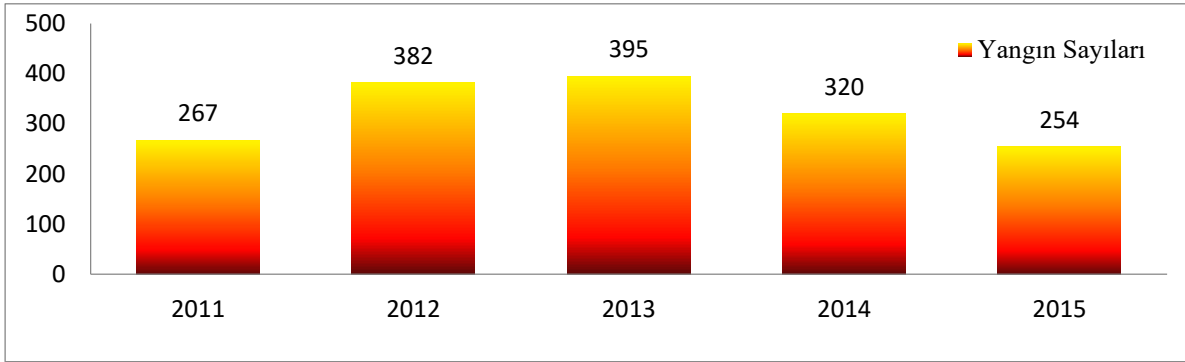
orman varlığının %28,6 olduğu düşünüldüğünde çalışma bölgesinde ülke ortalamasının neredeyse iki katı kadar orman varlığı bulunmaktadır. Ayrıca 78.013.658 m<sup>3</sup> servet ile ülkemiz orman bölge müdürlükleri arasında en fazla servete sahip 4. bölge müdürlüğüdür. 2004-2016 yılları arasında kayıt altına alınan 105882 yangından, 10003 tanesi çalışma alanında çıkmıştır. Yangın sayısı

bakımından da ülkemizde 3. sıradadır. (Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, 2018; OGM, 2016, 2013).

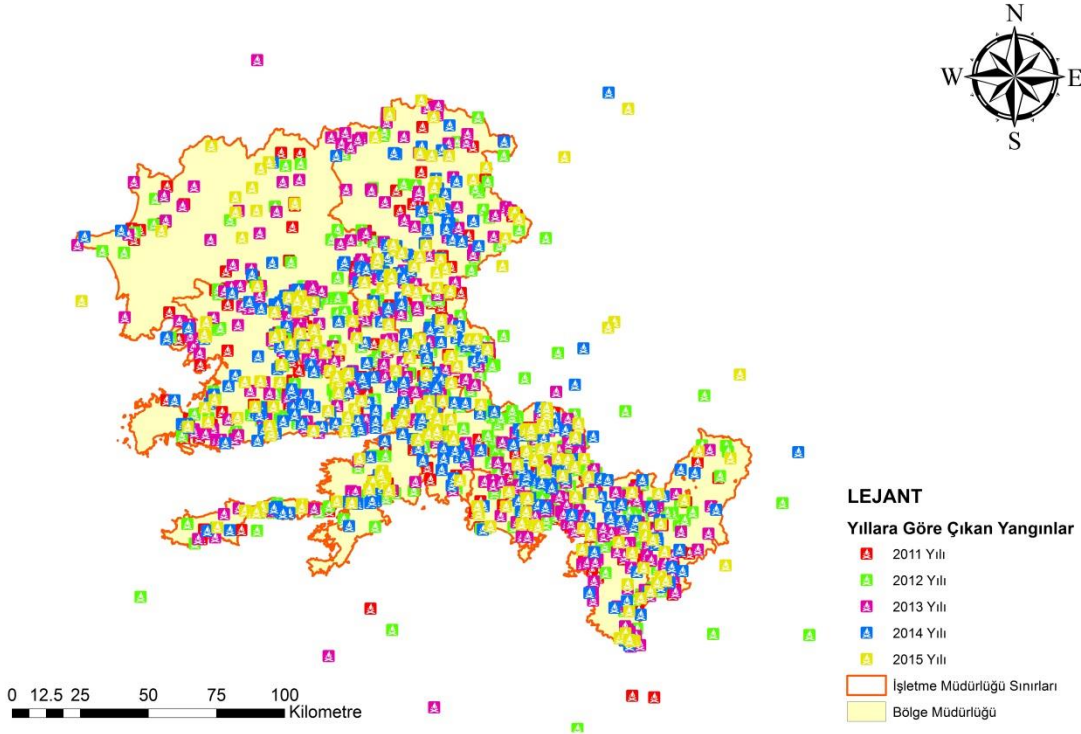
### 2.1. Veri seti

Çalışma alanında 2011-2015 yılları arasında kayıt altına alınmış toplam 1618 orman yangını verisi bulunmaktadır. Orman yangınlarıyla beraber yangının çıktığı, ilk müdahale edildiği ve söndürüldüğü tarih ve zamanın verisi bulunmaktadır. Yangının hangi işletme müdürlüğünün, hangi işletme şefliği sınırları içinde kaldığı, hangi bölme, bölmecik ve serilerde çıktığı, başladığı yerin koordinatları, yangının zarar verdiği meşçere

bilgileri, büyüklüğü ile ağaçlandırma zararı yer almaktadır. Ayrıca yangına müdahale ve söndürmede görev alan personel, araç-gereç listesi ile bu konularda yapılan harcamalar ayrıntılı şekilde tutulmuştur. Bunlarla birlikte yangının etkilediği bölgenin fiziki bilgileri, yangın çıktığı andaki meteorolojik bilgiler ve yangın çıkış sebepleri kayıt altına alınmıştır. Bu verilerin yanı sıra Orman Bölge Müdürlüğü tarafından yapılan İşletme Müdürlükleri bazında amenajman planları, yol ve yerleşim yeri bilgileri de mevcuttur. Yıllara göre çıkan yangın sayıları Şekil 2'de; yıllara göre yangınların bölge içinde dağılımı da Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 2 2011-2015 Yılları arasında çıkan yangın sayıları



Şekil 3 2011-2015 Yılları arasında çıkan orman yangınlarının dağılımı

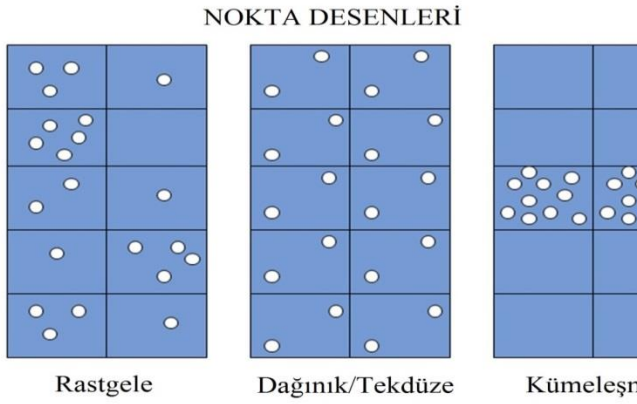
### 2.3. Mekansal istatistik analizleri

Konumsal analiz; noktaların konumlarına bağlı olarak noktalarla ilişkilendirilmiş öznitelik verilerini kullanarak yapılan istatistiksel çıkarımlara

denmektedir. Bu çıkarımlar noktaların konumlarını ya da aralarındaki mesafeleri kullanarak yapılabileceği gibi, bu konumsal verilerin yanında noktanın diğer öznelik verilerin bu istatistiki işlem içine dahil edilmesiyle de yapılabilir.

### 2.3.1.Nokta örüntü analizleri

Nokta örüntü analizlerinin en önemli konularından birisi mekânsal dağılımın ya da mekânsal kümeleşmenin ölçülmesidir. Bu alana ilişkin tekniklerde hedef, nokta veri deseninin ya da dağılımının üç farklı mekânsal dağılımdan hangisine ait olduğunun ortaya konmasıdır: Kümeleşmiş (clustred), raslantısal (random) ve dağınık veya tekdüze (dispersed/uniform) (Çubukçu, 2015).



Şekil 4 Nokta veride örüntüler: rastlantısal (random), dağınık/tekdüze (uniform) ve kümeleşmiş (clustered)

#### 2.3.1.1.Kuadrat analizi

Kuadrat analizi nokta verinin mekânsal dağılımının incelenmesi amacı ile geliştirilmiş bir tekniktir. Teknik, çalışma alanının eşit büyüklükteki alanlara –bu alanlar kuadrat olarak adlandırılır– bölünmesine ve her kuadrat içinde bulunan nokta sayısının dağılımının, teorik ya da kurgusal dağılımlar ile karşılaştırılmasına dayanır. Kuadrat analizinin ilk aşaması çalışma alanının eş büyüklükteki alanlara bölünmesidir. Bu alanlar yaygınlıkla kare ya da dikdörtgen formda olabildiği gibi daire, beşgen veya altıgen gibi geometrik şekillerde olabilir (Wong and Lee, 2005).

Yapılacak kuadrat analizinde tek bir kuadrat alanı:

$$K = \frac{2A}{n} \quad (1)$$

formülü ile belirlenir. Burada K, kuadrat alanı; A, toplam çalışma alanı büyüklüğü; n nokta gözlem sayısıdır. Kuadrat analizindeki amaç; kuadrların

içinde bulunan nokta sayılarına göre noktasal örüntünün kümeleşmiş, rastlantısal veya dağınık/tekdüze olup olmadığının araştırılması olduğundan yapılacak istatistik analiz ile elde edilen frekans dağılımı bilinen matematiksel bir fonksiyona bağlı olmadan da yorumlanabilir. (Çubukçu, 2015).

#### • Varyans/Ortalama oranının kullanılması

Bu teknik ile Poisson dağılımının önemli özelliği olan “varyans ve ortalama birbirine eşittir.” İlkesine dayanır.  $\lambda$ , gözlemlenen veri için kuadrat başına düşen ortalama nokta sayısı ve n, toplam nokta gözlem sayısı ve m, toplam kuadrat sayısı olmak üzere hesaplanır.

$$\lambda = \frac{n}{m} \quad (2)$$

Kuadrat analizinde nokta veri için varyans,  $s^2$  ise

$$s^2 = \frac{\sum_i^m (x_i - \lambda)^2}{m-1} \quad (3)$$

formülü ile hesaplanır. Burada m kuadrat sayısını,  $x_i$ , i sıradaki kuadrattaki nokta sayısıdır. Bu durumda varyans/ ortalama oranı,  $v/o$ :

$$v/o = \frac{s^2}{\lambda} \quad (4)$$

olarak hesaplanır.

Hesaplanan varyans/Ortalama oranı,  $v/o$ , değerinin 1'e yakın olması gözlemlenen noktasal veri dağılımının rastlantısal olduğu, 0'a yakın olması dağınık/tekdüze dağılıma yakın olduğu ve 1 den oldukça yüksek bir değere sahip olması ise kümeleşmiş bir dağılıma sahip olduğu anlamına gelir. Kuadrat analizinde yukarıdaki değerlendirmenin gözlemlenen değerler açısından istatistiki açıdan anlamlı olup olmadığını değerlendirmek için hipotez testi yapılabilir. Sıfır hipotezinin reddedildiği durumlarda verilerin rastlantısal olmadığı değerlendirilir. 1'den büyük olması durumunda kümeleşmiş, 1'den küçük olduğu durumda ise dağınık dağılıma yakın olduğu sonucuna varılır (Burt et al., 2009; Griffith, A. et al., 1990).

Sıfır hipotezinin sınanmasında t-istatistiği kullanılabilir. t değeri ve serbestlik derecesi “df” aşağıdaki şekilde hesaplanır (Burt et al., 2009; Hugget and Thomas, 1980).

$$t = \frac{\left(\frac{s^2}{\lambda}\right) - 1}{\sqrt{2/(m-1)}} \quad df = m - 1 \quad (5)$$

### 2.3.1.2. En yakın komşuluk analizi

En yakın komşu analizinin Clark ve Evans (1954) tarafından ortaya konan orijinal formunda, gözlemlenen her noktanın kendisine en yakın olan noktaya olan doğrusal uzaklığı dikkate alınır. (Clark and Evans, 1954)

En yakın komşu analizinde, her gözlemin kendisine en yakın gözlem tespit edilir ve tüm gözlemler için hesaplanan en kısa mesafelerin ortalaması alınarak, gözlemlenen en yakın noktaya ortalama uzaklığı  $\bar{D}_O$  bulunur:

$$\bar{D}_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (6)$$

Burada  $d_i$ ,  $i$  noktasının kendisine en yakın uzaklıktaki noktaya olan doğrusal uzaklığı;  $n$  ise toplam nokta sayısını ifade eder. Burada beklenen en yakın komşuya uzaklık,  $\bar{D}_E$  değeri:

$$\bar{D}_E = \frac{1}{2\sqrt{n/A}} \quad (7)$$

olarak hesaplanır. Burada,  $A$  noktaların bulunduğu toplam alanı ifade eder.

Gözlemlenen en yakın komşuya ortalama uzaklık,  $\bar{D}_O$ , beklenen en yakın komşuya uzaklık,  $\bar{D}_E$ , değerine bölünerek ortalama en yakın komşuluk oranı  $ANN$  hesaplanarak bulunur.

$$ANN = \frac{\bar{D}_O}{\bar{D}_E} \quad (8)$$

$ANN$ 'nin 1'den büyük çıkması, mekânsal dağılımın dağınık olduğu şeklinde yorumlanır. 1'den küçük çıkması durumunda ise mekânsal dağılımın kümeleşme eğiliminde olduğu anlamına gelmektedir. 1'e yakın olduğu durumda mekânsal verinin rastlantısal olduğu sonucuna varılır. En yakın komşu analizinde, sıfır hipotezinin sınanmasında  $Z$  istatistiği kullanılabilir.

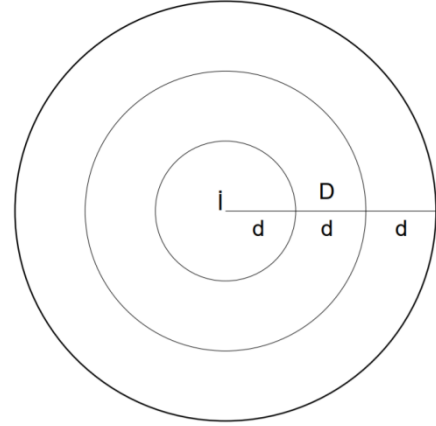
### 2.3.1.3. Ripley'in K fonksiyonu

Ripley'in K fonksiyonu, gözlemlenen noktalara olan farklı uzaklıklar dikkate alındığında, gözlemlenen nokta veri deseninin ya da dağılımın üç farklı mekânsal dağılımının hangisine ait olduğunun belirlenmesinde kullanılır: Kümeleşmiş, rastlantısal ve dağınık veya tekdüze. Ripley'in K fonksiyonunda, her noktadan belirli bir uzaklıktaki

diğer noktaların konumları dikkate alınır. (Ripley, 1976) Belirlenen toplam uzaklık  $D$  olarak adlandırılır ve bu uzaklık  $d$  olarak adlandırılan eşit uzaklıktaki segmentlere bölünür. Genellikle  $D$ , gözlemlenen örneklemde birbirine en uzak iki nokta arasındaki doğrusal uzaklık olarak alınır. Bu durumda segment sayısı  $g$ :

$$g = D/d \quad (9)$$

olarak bulunur.



Şekil 5.  $i$  Noktasından Alınan Toplam Uzaklık ( $D$ ) ve Segment Uzaklığı ( $d$ ).

Ripley'in K fonksiyonunun en basit kullanımı, gözlemlenen dağılımın Poisson dağılımı ile karşılaştırılması ile sağlanır.

$$\hat{L}(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W(i,j)}{n^2 \pi}} \quad i \neq j \quad (10)$$

Bu formülde  $A$ , gözlemlenen her yönde uç noktaların koordinatları ile hesaplanan alan büyüklüğü;  $n$ , gözlemlenen nokta sayısı;  $W(i,j)$  ise gösterge fonksiyonudur. Mekansal komşuluk fonksiyonu  $W(i,j)$ ;  $i$  noktası merkez alındığında,  $j$  noktası, dikkate alınan  $d$  sayısı kadar uzaklıktan daha yakın bir noktada ise 1; daha uzak bir noktada ise 0 değerini alır.

Poisson dağılımı ile elde edilen rastlantısal dağılım:

$$\hat{L}(d) = d \quad (11)$$

olarak ifade edilir. Elde edilen verilere göre sonuç yorumlaması grafik üzerinden ve veriler üzerinden olmak üzere 2 şekilde yapılabilir.  $\hat{L}(d) > d$  olması durumunda gözlemlenen noktaların mekânsal dağılımının  $d$  mesafesine kadar kümelenme eğilimi gösterdiği;  $\hat{L}(d) < d$  olması durumunda  $d$

mesafesine kadar dağınık veya tekdüze eğilimi gösterdiği;  $\hat{L}(d) \cong d$  olduğu durumda ise gözlemlenen değerler  $d$  mesafesine kadar rastlantısal olduğu değerlendirilmiştir (Fischer et al., 2010; Wong and Lee, 2005).

### 2.3.2. Mekansal otokorelasyon

Gerek kuadrat analizinde gerek en yakın komşu analizinde gerek Ripley'in K fonksiyon testinde noktaların diğer öznitelik bilgileri hesaplamaya katılmayıp noktaların kümeleşmiş, dağınık/tekdüze ve rastlantısal olduğu araştırılmıştır. İlk defa 1950 yılında ortaya atılan mekânsal korelasyon kavramı, en basit tanımı ile, her mekansal gözlemin yada noktanın bir değişken değeri ile ifade edildiği bir ortamda, gözlemler arası ilişkiyi ortaya koyar. Mekansal otokorelasyon araştırması Global Mekansal Otokorelasyon ve Yerel Mekansal Otokorelasyon olmak üzere ikiye ayrılır (Çubukçu, 2015).

#### 2.3.2.1. Global mekansal otokorelasyon

Örneklemin mekânsal dağılımına ilişkin olarak tek bir endeks değeri ya da oranı ve tek bir Z-istatistiği hesaplanır. Örneklemin bütünü için hesaplanan bu endeks değeri ve istatistiğe bağlı olarak örneklemin mekânsal dağılımına ilişkin bir değerlendirme yapılır.

- Genel Moran I endeksi

Moran I endeksi, noktaların sahip olduğu değişken değerlerin benzerliğini ve yakınlık değerini tek bir noktada birleştirir.

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (12)$$

Burada  $n$ , örneklemedeki nokta sayısını;  $x_i$ ,  $i$  noktasına ait değişken değerini;  $x_j$ ,  $j$  noktasına ait değişken değerini;  $\bar{x}$ , değişkene ait ortalama değeri;  $S_0$  ise örneklem için mekânsal ağırlıklar toplamını belirtir ve:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (13)$$

olarak hesaplanır. Formülde bulunan  $w_{ij}$ ,  $i$  noktası ve  $j$  noktası arasındaki yakınlık ilişkisini veren bir değerdir ve mekânsal ağırlık olarak adlandırılır. Ayrıca yapılan hesaplama da isteğe bağlı olarak eşik uzaklık değeri verilerek, bu değer üzerinde uzaklıkların hesaba katılmaması, diğer bir deyişle eşik değerin üzerinde olan noktalarda  $w_{ij}$ 'nin 0

alınması sağlanabilir. Hesaplanan Moran I endeksi değeri, beklenen endek değeri,  $E(I)$ , ile karşılaştırılarak yorumlanır ve

$$E(I) = -1/n - 1 \quad (14)$$

olarak hesaplanır.

$I > E(I)$  olduğu durumda, gözlemlenen mekânsal nokta veride kümelenme eğiliminin bulunduğu, başka bir deyişle benzer değişken değerlerine sahip noktaların birbirlerine mekânsal olarak yakın konumlandığı sonucuna ulaşırlar.  $I < E(I)$  olduğu durumda ise kümelenme eğiliminin bulunmadığı ve gözlemlenen mekânsal verinin dağınık/tekdüze dağılıma sahip olduğu anlaşılır.  $I \approx E(I)$  olduğu durumda noktaların rastlantısal olarak dağıldığı ve öznitelige bağlı bir kümelenme eğiliminin gözlenmediği değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin gözlemlenen veri için istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı hipotez testi ile sınırlanır. Sıfır hipotezinin reddedilemediği durumlarda dağılımın rastlantısal olmadığı, reddedilemediği durumlarda ise mekânsal dağılımın rastlantısal olduğu sonucuna varılır. (Cliff, 1973; Wong and Lee, 2005)

Sıfır hipotezinin belirlenmiş olan  $\alpha$  güven düzeyinde reddedilmesi için

$$|z_1| \geq z_{\alpha} \quad (15)$$

koşulunun sağlanması gerekir. Moran I endeksi için Z istatistiği

$$z_1 = \frac{I - E(I)}{\sqrt{V(I)}} \quad (16)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $I$ , hesaplanan Moran I endeksi değeri;  $E(I)$  beklenen Moran I endeksi değeridir.  $V(I)$  ise varyans değeridir.

$$V(I) = E(I^2) - [E(I)]^2 \quad (17)$$

şeklinde hesaplanır.

#### 2.3.2.2. Yerel mekansal otokorelasyon yöntemleri

Global mekânsal otokorelasyon tekniklerinde örneklemin mekânsal dağılımı için tek bir endeks değeri ve Z istatistiği hesaplanır. Ancak bazı durumlarda örnekleme benzer değişken değerlerine sahip noktaların oluşturdukları kümelerin konumlarının tespiti önemlidir. Bu durumda örneklemin mekânsal dağılımı genel bir inceleme yerine örneklemedeki nokta gözlemlerin ayrı ayrı

değerlendirilmesine tabi tutulur. Örneklemdeki her nokta için ayrı ayrı endeks değeri ve Z istatistiği hesaplanır.

- *Getis-Ord G\* istatistiği*

Getis-Ord G\* istatistiği, değişken değerleri benzer noktaların kümelenme eğilimlerinin bulunup bulunmadığının ve bu mekânsal kümelerin konumlarının tespitinde kullanılır. Kümelenme konumlarının nerede oluştuğuna ilişkin sonuçlar ortaya koyar.

Örneklemdeki tüm noktalar için hesaplanan Getis-Ord G\* istatistiği değeri çalışma alanındaki “sıcak noktalar (*hot spots*)” ve “soğuk noktalar (*cold spots*)” belirlenir. Sıcak noktalar, yüksek değişken değerine sahip noktaların oluşturduğu kümeleri, soğuk noktalar ise düşük değişken değere sahip noktaların oluşturduğu kümeleri ifade eder. (Getis and Ord, 1992)

Getis-Ord yerel istatistiği,  $G_i^*$ :

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{s \sqrt{\frac{[(n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2) - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2]}{n-1}}} \quad (18)$$

Burada;  $n$ , örneklemdeki nokta sayısını;  $x_i$ ,  $j$  noktasına ait değişken değerini;  $w_{ij}$ ,  $i$  noktası ve  $j$  noktası arasındaki yakınlık ilişkisini veren mekânsal ağırlık değerini;  $\bar{x}$ , değişkene ait ortalama değeri verir ve  $S$ :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad (19)$$

şeklinde hesaplanır.

Hesaplanan  $G_i^*$  değeri, normal dağılıma sahiptir ve Z istatistiği değeridir. Pozitif yüksek değerler, bir arada bulunan yüksek değişken değerlere sahip noktaların, yüksek mutlak değerdeki negatif değere sahip noktalar ise bir arada bulunan düşük değişken değerlerine sahip noktaları ifade eder. Yapılan bu değerlendirmenin gözlemlenen veri için istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı hipotez testi ile sınanır.

- *Anselin yerel Moran I istatistiği*

Anselin Yerel Moran I İstatistiğinin, Getis-Ord Yerel G\* İstatistiğinden farkı bu tekniğin, değişken değerleri benzer noktaların tespiti ile birlikte değişken değerleri çevresindeki noktalardan farklı olan noktaların tespitinde kullanılmasıdır. (Anselin, 1995; Moran, 1950)

Örneklemdeki tüm noktalar için Anselin Yerel Moran I İstatistiği,  $I_i$ :

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j \quad (20)$$

olarak hesaplanır. Burada;  $n$ , örneklemdeki nokta sayısını;  $w_{ij}$ ,  $i$  noktası ve  $j$  noktası arasındaki yakınlık ilişkisine göre mekânsal ağırlık değerini;  $z_i$  ve  $z_j$  ise  $i$  ve  $j$  noktalarına ait değişken değerinin ortalamadan sapmalarını verir.  $i$  noktası için değişken değerinin ortalamadan sapması,  $z_i$ :

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s} \quad (21)$$

olarak hesaplanır. Burada  $x_i$ ,  $i$  noktasına ait değişken değerini;  $\bar{x}$ , değişkene ait ortalama değeri;  $s$ , örneklemde ait değişken değerinin standart sapmasını belirtir ve:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (22)$$

şeklinde hesaplanır.

Anselin Yerel Moran I istatistiği,  $I_i$ , örneklemdeki tüm noktalar için hesaplanır. Yüksek pozitif  $I_i$  değerleri,  $i$  noktasının benzer değişken değerlerine sahip noktalardan oluşan mekânsal kümeleşmenin bir parçası olduğu şeklinde yorumlanır. Yüksek negatif  $I_i$  değerleri,  $i$  noktasının bir mekânsal uçdeğer olduğunu ifade eder. Başka bir deyişle,  $i$  noktasının etrafının değişken değerleri açısından  $i$  noktasının değişken değerlerine benzemeyen değerlere sahip noktalar ile çevrili olduğu şeklinde yorumlanır. Elde edilen değerler istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı hipotez testi ile sınanır. Sıfır hipotezinin reddedilebildiği durumda, incelenen nokta açısından mekânsal dağılımın rastlantısal olmadığı kabul edilir.

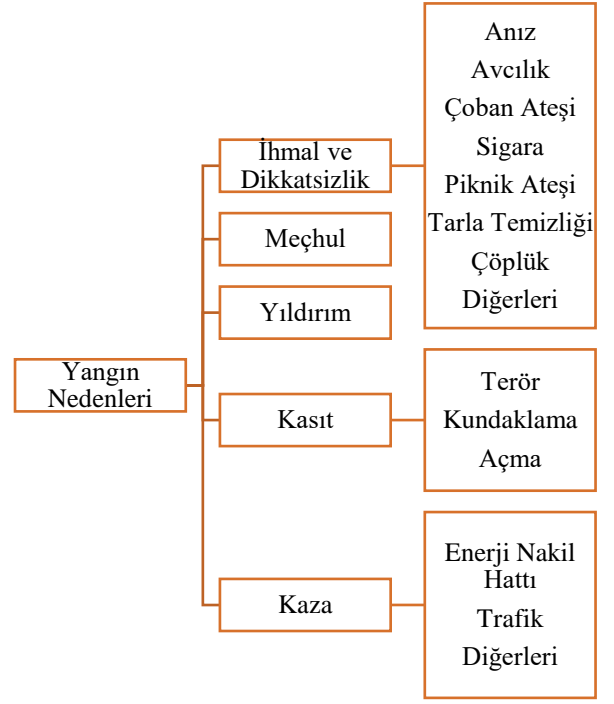
### 3. Sonuçlar

Çalışmada, Muğla Orman Bölge Müdürlüğünde 2011-2015 yılları arasında gerçekleşen orman yangını verileri kullanılmıştır. 285 sayılı “Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları” tebliğinin “Yangın Çıkış Nedenleri” başlıklı kısmında Nedeni Bilinen Yangınlar 4 ana başlık altında toplanmıştır. Veri setinde ise yangınlar 14 farklı başlık olarak kategorilendirilmiş, sonrasında ise adı geçen tebliğe göre 5 farklı başlık altına alınmıştır. Nedenlerine



göre kategorize edilen yangınların başlıkları Şekil 7 de verilmektedir.

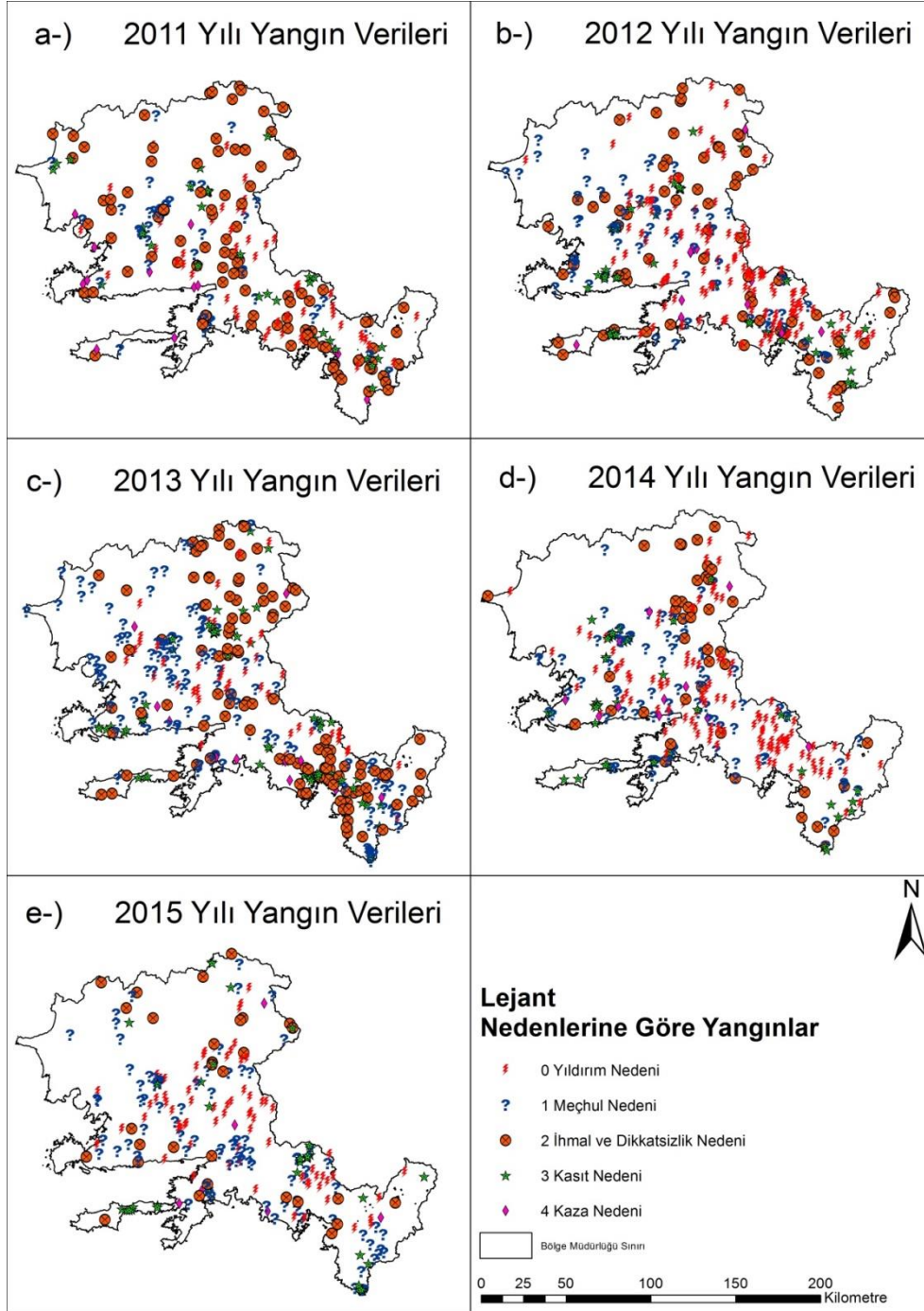
Bu tebliğe göre yıllara göre gerçekleşen 1618 adet orman yangınına ait veri setinin özet istatistik bilgileri Çizelge 1 de ve yangınların nedenlerine göre dağılımı Şekil 8 de verilmektedir.



Şekil 6 Yangın nedenlerinin alt ve üst başlıkları

Çizelge 1 2011-2015 Yılları Arasında Gerçekleşen Orman Yangınlarının Nedenlerine Göre Dağılımı

Yılı	Gerçekleşen Orman Yangını	Yıldırım	Meçhul	İhmal ve Dikkatsizlik	Kasıt	Kaza	Ağaçlandırma Zararı
2011	267	51	47	108	44	17	1,078,558 ₺
2012	382	148	70	80	71	13	1,656,947 ₺
2013	395	50	139	118	74	14	9,391,354 ₺
2014	320	126	93	41	49	11	11,175,083 ₺
2015	254	78	94	36	39	7	2,377,840 ₺
<b>Toplam</b>	<b>1618</b>	<b>453</b>	<b>443</b>	<b>383</b>	<b>277</b>	<b>62</b>	<b>25,679,782 ₺</b>



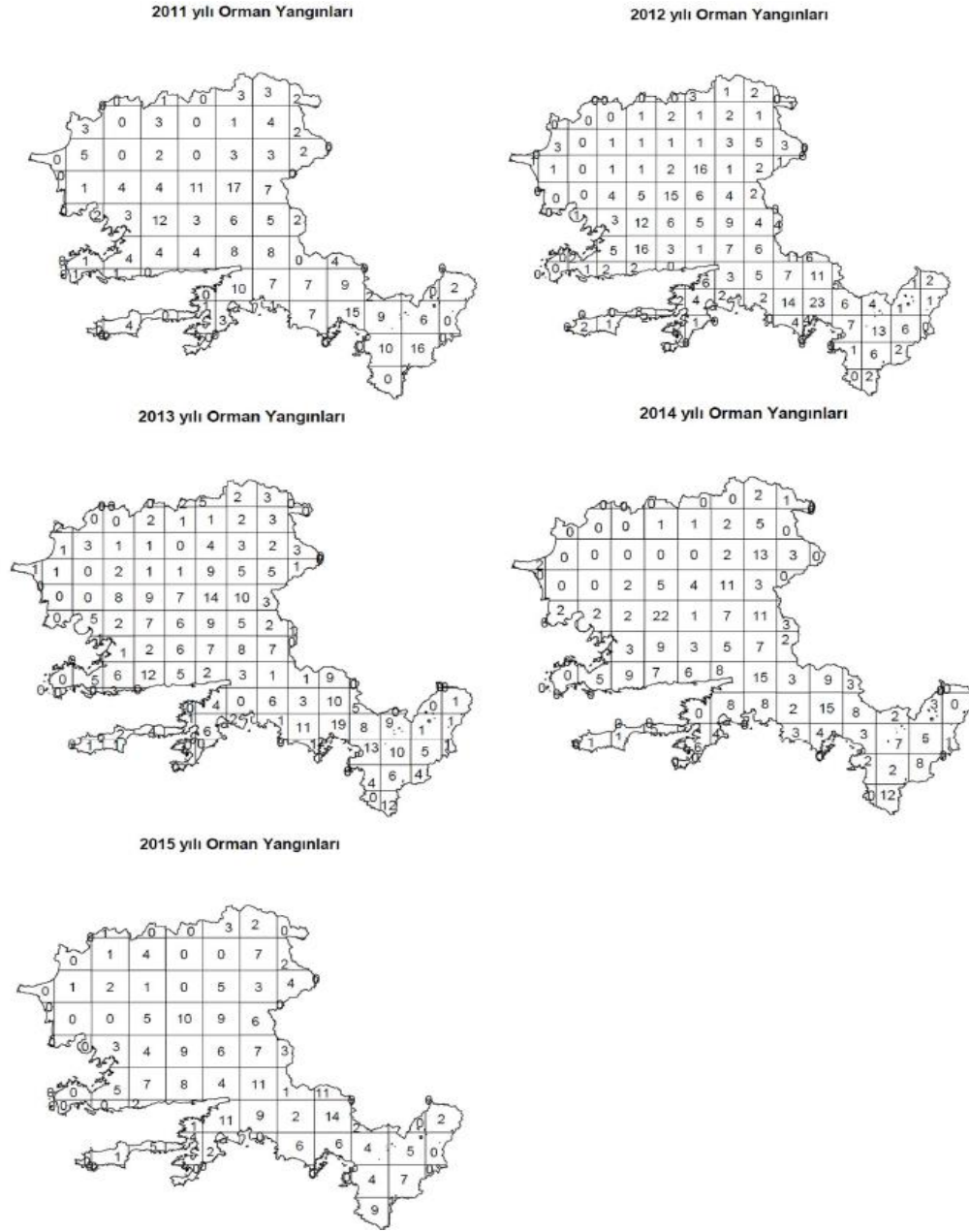
Şekil 7 Yangınların Konumlarına ve Nedenlerine göre Yıllık Olarak Dağılımı

Çalışmada yangınlara ait konumsal istatistikî çıkarımlar, düzenlemeler ve haritalandırmalar CBS ve istatistik yazılımları yardımıyla yapılmıştır. Çalışmada “ArcMap 10.3” ve açık kaynak kodlu “R” yazılımı kullanılmıştır.

Noktaların konumsal verilerini kullanarak yapılan konumsal istatistikleri öncelikle nokta örüntü analizi olarak değerlendirilmiş ve yapılan kuadrat analizinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 2 de görüldüğü üzere alan içinde

düşen nokta sayılarına göre her yıl için ayrı ayrı kuadrat boyutları belirlenmiş ve kuadrat içine düşen nokta sayılarına göre analiz yapılmış, yapılan analizler çift kuyruklu Z testi ile sınanmıştır. Şekil 9 de kuadratlar ve içine düşen nokta sayıları görülmektedir.

Yukarıda yapılan kuadrat testi ve test sonuçlarına göre 2011-2015 yılları arasında gerçekleşen orman yangınlarında bir kümelenme görülmüştür.



Şekil 8 Yıllara göre kuadrat testinde kuadratlar içine düşen nokta sayıları

Çizelge 2 Yıllara göre yapılan kuadrat testi ve sonuçları

Yıl	Toplam Yangın Sayısı (adet)	Bölge İçine Düşen Yangın Sayısı (adet)	Toplam Kuadrat Sayısı (adet)	Bir Kuadrattın Boyutu (kmxkm)	Kuadrat Başına düşen Nokta Sayısı $\lambda$	Varyans/Ortalama Oran $v/o$	İstatistik Değeri $t$	Güven Düzeyindeki İstatistik Değeri $t_{\alpha=0,05}$	Kümelendirme Durumu
2011	267	260	120	21x21	4.9057	3.2166	11.30232	2.0072	Kümelendi
2012	382	360	180	18x17	4.2353	3.2527	14.59887	1.9888	Kümelendi
2013	395	388	195	16x17	4.4091	2.5714	10.36431	1.9879	Kümelendi
2014	320	312	154	19x18	5.1148	2.5648	8.570511	2.0000	Kümelendi
2015	254	242	120	21x21	4.8400	2.2294	6.085126	2.0100	Kümelendi

Çizelge 3 Ortalama en yakın komşu analizine sonuç istatistikleri

Yıl	Nedeni	Gözlemlenen En Yakın Komşuya Ortalama Uzaklık (km)	Beklenen En Yakın Komşuya Uzaklık (km)	Ortalama En Yakın Komşuluk Oranı	P Değeri	Z İstatistiği	Güven Düzeyindeki İstatistik Değeri $z_{\alpha=0.05}$	Kümelene Durumu
2011	Yıllık	3.5670	6.0000	0.5945	0.0000	-12.5078	1.9600	Kümelendi
2012	Yıllık	2.9220	5.3190	0.5494	0.0000	-16.3575	1.9600	Kümelendi
2013	Yıllık	2.9250	5.1740	0.5653	0.0000	-16.3735	1.9600	Kümelendi
2014	Yıllık	3.2420	5.4990	0.5896	0.0000	-13.8690	1.9600	Kümelendi
2015	Yıllık	3.7720	6.2790	0.6007	0.0000	-11.8800	1.9600	Kümelendi
2011	Yıldırım	9.1220	9.9080	0.9207	0.2334	-1.0727	1.9600	Rastlantısal
2011	Meçhul	9.8530	12.1280	0.8124	0.0149	-2.4335	1.9600	Kümelendi
2011	İhmal ve Dikkatsizlik	6.5110	9.2190	0.7063	0.0000	-5.7293	1.9600	Kümelendi
2011	Kasıt	5.9930	12.3430	0.4855	0.0000	-6.5285	1.9600	Kümelendi
2011	Kaza	14.5010	15.6310	0.9277	0.5799	-0.5535	1.9600	Rastlantısal
2012	Yıldırım	5.0830	7.0630	0.7197	0.0000	-6.3009	1.9600	Kümelendi
2012	Meçhul	6.7870	8.8210	0.7694	0.0003	-3.6120	1.9600	Kümelendi
2012	İhmal ve Dikkatsizlik	8.1530	11.1210	0.7331	0.0001	-4.3618	1.9600	Kümelendi
2012	Kasıt	3.7240	8.6740	0.4293	0.0000	-9.1344	1.9600	Kümelendi
2012	Kaza	20.0730	19.1270	1.0495	0.7428	0.3282	1.9600	Dağınık/Tekdüze
2013	Yıldırım	8.7560	10.1120	0.8659	0.0725	-1.7960	1.9600	Rastlantısal
2013	Meçhul	4.8820	7.8430	0.6225	0.0000	-8.4838	1.9600	Kümelendi
2013	İhmal ve Dikkatsizlik	5.6770	8.6680	0.6549	0.0000	-7.0799	1.9600	Kümelendi
2013	Kasıt	3.5620	9.6820	0.3679	0.0000	-10.2610	1.9600	Kümelendi
2013	Kaza	13.9820	16.2920	0.8582	0.3101	-1.0150	1.9600	Rastlantısal
2014	Yıldırım	5.4560	7.9340	0.6877	0.0000	-6.5978	1.9600	Kümelendi
2014	Meçhul	5.4580	8.2980	0.6577	0.0000	-6.2439	1.9600	Kümelendi
2014	İhmal ve Dikkatsizlik	12.7070	13.7580	0.9236	0.3492	-0.9361	1.9600	Rastlantısal
2014	Kasıt	5.5330	11.6980	0.4730	0.0000	-6.9121	1.9600	Kümelendi
2014	Kaza	24.1540	16.9730	1.4231	0.0073	2.6800	1.9600	Dağınık/Tekdüze
2015	Yıldırım	5.8960	8.3660	0.7048	0.0000	-4.8915	1.9600	Kümelendi
2015	Meçhul	6.2580	8.8230	0.7093	0.0000	-5.3062	1.9600	Kümelendi
2015	İhmal ve Dikkatsizlik	12.7310	15.6820	0.8118	0.0486	-1.9722	1.9600	Kümelendi
2015	Kasıt	6.8250	13.8790	0.4918	0.0000	-6.0724	1.9600	Kümelendi
2015	Kaza	34.7300	22.7110	1.5292	0.0074	2.6785	1.9600	Dağınık/Tekdüze

Kuadrat analizi ile birlikte yangın verilerine ortalama en yakın komşuluk analizi testi uygulanmıştır. Bu test yangınların arasındaki mesafe kullanılarak kümelene araştırması yapmaktadır. Yıllara göre yapılan istatistiki teste kümelene görülmüştür.

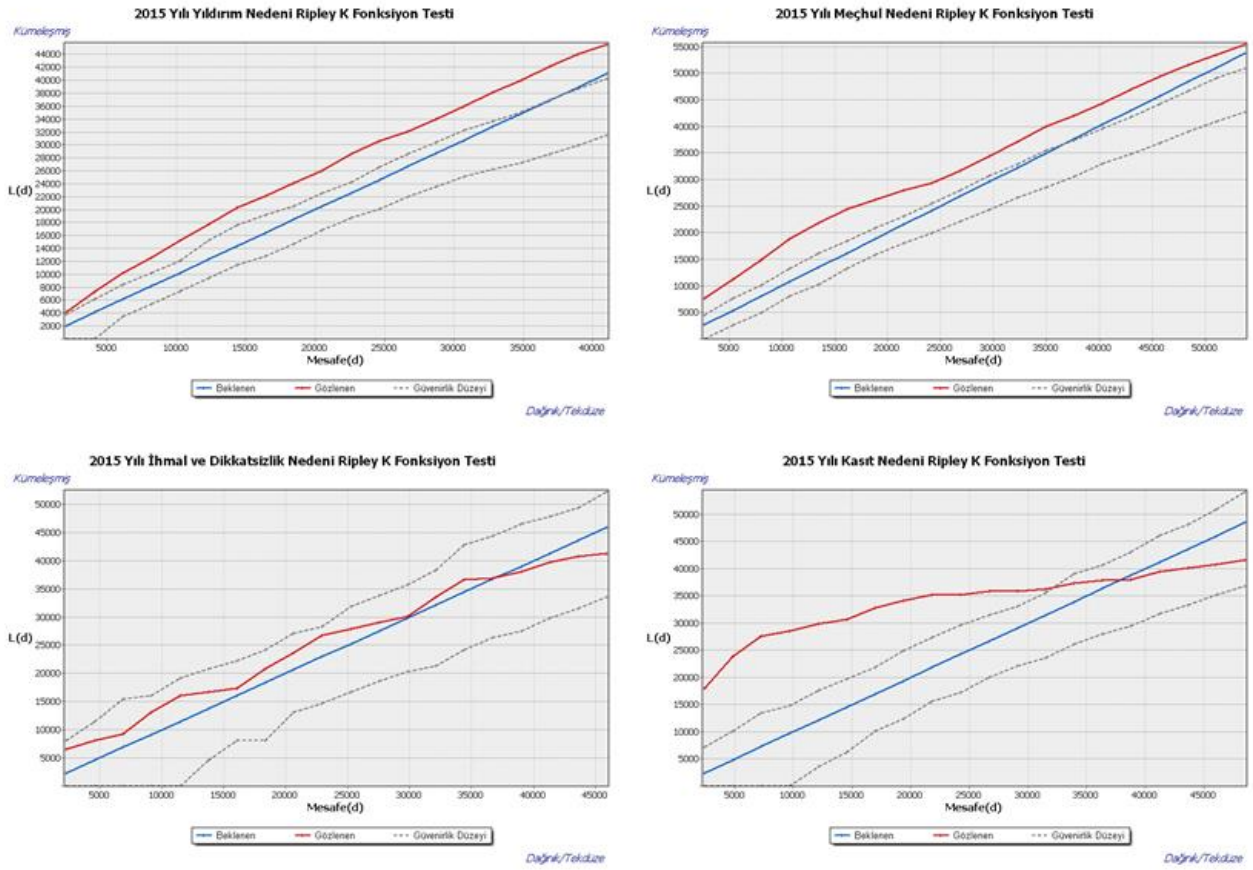
Orman yangınlarının yıllara ve nedenlerine göre kümelene olup olmadığının istatistiki analizi için Ripley'in K fonksiyon testi yapılmıştır. Kullanılan yazılımda bölge sınırları göz önünde tutulduğunda her nokta için 20 ayrı sınıf seçilerek test yapılmıştır. Ayrıca testin anlamlı çıkabilmesi için en az 30 değerin işleme sokulmasının uygun olacağından kaza nedenleri bu testin dışında bırakılmıştır.

Ripley'in K fonksiyon testinin yorumlanması bir önceki bölümde anlatıldığı üzere gözlemlenen değerlerin, beklenen değerlerin üstünde kalması kümelene eğilimde olduğu, beklenen değer

altında kalması dağınık/tek düze eğilimde olduğunu göstermektedir. Değerlerin anlamlı olması güvenilirlik çizgilerinin dışında kalması gerektiğinden yorumlamalar bu şekilde yapılmıştır. Şekil 10 da 2015 yılı için yangınların nedenlerine göre uygulanan Ripley'in K fonksiyon testi grafik sonuçları görülmektedir. Bu grafik sonuçlarına göre 2015 yılı kasıt nedeni ile ihmal ve dikkatsizlik nedeni hariç diğer tüm yıl ve nedenlerde kümelene eğilimi görülmüştür.

Çalışma alanında bulunan yangınlara ait mekansal otokorelasyon araştırmasını, örneklemedeki yangınların her seferinde tek bir öznelik verisini kullanarak Moran I endeksi sonuçlarına göre yaptık. Bu istatistiki çıkarımlarda yangınlara ait; en yüksek hava sıcaklığı, rüzgar hızı, nisbi nemi, toplam yanan alan miktarı, yangınların devam süreleri ve yangınların ana yollara yakınlığı verileri kullanarak

araştırma yapıldı. Yapılan araştırma sonuçlarına göre istatistiki çıkarımlar Çizelge 4'te verilmektedir.



Şekil 9 2015 Yılında çıkan orman yangınlarının nedenlerine göre Ripley'in K fonksiyon testi (a-Yıldırım nedeni, b-Meçhul nedeni, c- İhmal ve Dikkatsizlik nedeni, d-Kasıt nedeni)

Çizelge 4 Konularına göre yangınlar için yapılmış Moran I analizi

Sıcaklık						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	0.2046	-0.0030	0.2084	0.4567	0.6479	kümeleşmiş
2012	0.2347	-0.0028	0.0488	1.0753	0.2823	kümeleşmiş
2013	0.2391	-0.0026	0.0549	0.9909	0.3217	kümeleşmiş
2014	0.4246	-0.0032	0.1865	0.9908	0.3218	kümeleşmiş
2015	0.8371	-0.0041	0.3218	1.4831	0.1380	kümeleşmiş

Rüzgar Hızı						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	-0.9214	-0.0030	0.2038	-2.0323	0.0421	dağınık/tekdüze
2012	0.5662	-0.0028	0.0457	2.6623	0.0078	kümeleşmiş
2013	0.1395	-0.0026	0.0589	0.5855	0.5582	kümeleşmiş
2014	0.1920	-0.0032	0.1838	0.4553	0.6489	kümeleşmiş
2015	0.3159	-0.0041	0.2987	0.5856	0.5582	kümeleşmiş

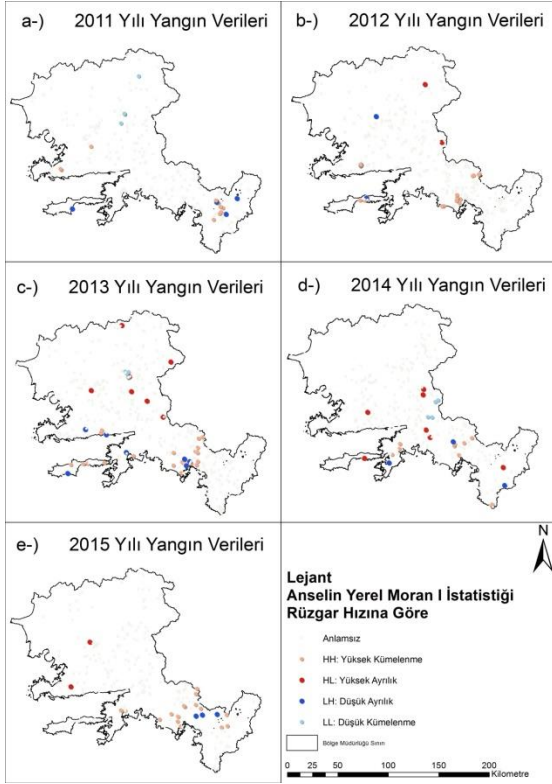
Yanan Alan Miktarı						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	-0.2536	-0.0030	0.0918	-0.8214	-0.8241	dağınık/tekdüze
2012	0.0370	-0.0028	0.0368	0.2073	0.8358	kümeleşmiş
2013	-0.0159	-0.0026	0.0375	-0.0688	0.9451	dağınık/tekdüze
2014	0.0036	-0.0032	0.0043	0.1041	0.9171	kümeleşmiş
2015	0.0255	-0.0041	0.0816	0.1038	0.9173	kümeleşmiş

Nisbi Nem						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	0.0345	-0.0030	0.2084	0.0841	0.0842	kümeleşmiş
2012	0.1575	-0.0028	0.0488	0.7256	0.4681	kümeleşmiş
2013	0.5294	-0.0026	0.0598	2.1762	0.0295	kümeleşmiş
2014	0.2373	-0.0032	0.1864	0.5572	0.5774	kümeleşmiş
2015	1.1174	-0.0041	0.3232	1.9727	0.0485	kümeleşmiş

Yangın Süresi						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	0.2685	-0.0030	0.2028	0.6048	0.5453	kümeleşmiş
2012	1.1233	-0.0028	0.0469	5.1981	0.0000	kümeleşmiş
2013	-0.0805	-0.0026	0.0599	-0.3183	0.7502	dağınık/tekdüze
2014	0.2186	-0.0032	0.1871	0.5128	0.6081	kümeleşmiş
2015	1.1104	-0.0041	0.3247	1.9558	0.0505	kümeleşmiş

Ana Yollara Yakınlık						
Yıllar	Moran I Endeksi	Beklenen Endeks	Varyans	Z Endeksi	P Değeri	Kümelene Durumu
2011	0.5500	-0.0039	0.2072	1.2168	0.2237	kümeleşmiş
2012	2.4687	-0.0028	0.0485	11.2178	0.0000	kümeleşmiş
2013	1.3131	-0.0026	0.0596	5.3914	0.0000	kümeleşmiş
2014	0.3731	-0.0032	0.1853	0.8743	0.3819	kümeleşmiş
2015	0.4321	-0.0041	0.3213	0.7696	0.4415	kümeleşmiş





Şekil 13 Rüzgar nedeni Anselin yerel Moran I istatistiği (a-2011 Yılı, b-2012 Yılı, c-2013 Yılı, d-2014 Yılı, e-2015 Yılı).

#### 4. Tartışma

Muğla Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde 2011-2015 yılları arasında çıkan orman yangınlarının incelendiği bu çalışmada, yangınların başlangıç noktaları arasında kümelenme araştırması yapılmıştır. Mekansal kümelenmenin belirlenmesi ve ölçülmesi için ilk olarak kuadrat analizi kullanılmıştır. Çizelge 2'de de görüldüğü üzere  $v/o$  oranı 1 den büyük çıkmıştır. Sonuç olarak yapılan mekansal dağılım araştırmasında yangınların yıllara göre kümelenmediği belirlenmiştir. Ayrıca istatistiksel sonucun anlamlı olup olmadığı  $t$  istatistiği ile test edilmiştir.  $|t| \geq t_{\alpha=0,05}$  şartı sağlanmış, sıfır hipotezi reddedildiğinden istatistiki açıdan da verilerin kümeleşmiş olduğu sonucuna varılmıştır.

Kümelenme araştırmasında diğer bir yöntem ise Ortalama En Yakın Komşuluk Analizidir. Çalışmada yıllara ve yangın nedenlerine göre yangınların Ortalama En Yakın Komşuluk Analizi ve sonuçlar Çizelge 3 de verilmiştir. Çizelgedeki değerlerin yorumlanması Ortalama En Yakın Komşuluk Oranının 1'e göre durumu araştırılarak sonuca varılır. Çizelge 3 deki verilere göre 2011 yılı yıldırım ve kaza nedenleri; 2013 yılı yıldırım, meçhul ve kaza nedenleri; 2014 ihmal ve dikkatsizlik nedenleri ile çıkan yangınlar rastlantısal dağılım göstermiştir. 2012, 2014 ve 2015 yıllarına ait kaza verileri de dağınık bir yayılım göstermiştir.

Diğer nedenlerden meydana gelen yangınlar ise kümelenme dağılımı göstermiştir.

Kümelenme araştırmasının diğer bir yöntemi de Ripley'in K fonksiyon testi araştırmasıdır. Bu teste göre oluşturulan kümelenme araştırmasında; 2011 yılı yıldırım nedeni ile oluşan yangınlarda yangınlar 20-45 km'lik segmentlerde kümelenme eğilimi göstermiştir. Kalan mesafelerde ise kümelenme rastlantısal eğilim göstermiştir. 2013 yılında gerçekleşen yangınlar nedenlerine göre kümelenme eğiliminde iken 2015 yılı yıldırım ve meçhul nedenleri ile oluşan yangınlar kümelenme eğilimindedir. 2015 yılı ihmal ve dikkatsizlik nedeni ile oluşan yangınlar kümelenme eğilimi gösterse de istatistiksel açıdan anlamsızdır. 2015 yılı kasıt nedeni ile çıkan yangınlar da kümelenme eğilimindedir. Fakat kümelenme eğilimi ilk 30 km den sonra anlamsızdır.

Global mekansal otokorelasyon araştırması için Moran I endeksi araştırması yapılmıştır. Veri setinde bulunan yangınların sıcaklık, nem, rüzgar hızı, yanan alan miktarı, yangın süresi ve ana yollara yakınlık verileri kullanılarak test edilmiştir. Rüzgar hızı bakımından 2011 yılı güçlü dağınık/tekdüze ve 2012 yılı güçlü kümeleşme yayılımı göstermesine karşın 2013-2014-2015 zayıf kümelenme eğilimi göstermektedir. Yanan alan miktarı bakımından bütün yıllar ve Nisbi Nem bakımından 2011-2012-2014 yıllarında elde edilen sonuçlar zayıf sonuçlardır. Nisbi Nem bakımından 2013 ve 2015 yıllarında güçlü kümelenme görülmüştür. Yangın süresi olarak 2012 yılında ve ana yollara uzaklık bakımından 2012-2013 yıllarında güçlü kümelenme göstermiştir.

Getis Ord  $G^*$  istatistiği Şekil 11 de sıcaklık değişimine göre istatistik testine tabi tutulmuştur. Yıllık bakımdan her sene farklı yerde düşük ve yüksek sıcaklıklarda kümelenme tespit edilmiştir. Rüzgar hızı bakımından yangınlar Şekil 12 deki gibi değişkenlik göstermiştir. Yüksek kümelenmenin olduğu çalışma alanının Güney-Güneybatı kısımlarında çıkan yangınlarda rüzgar etkisinin yüksek olduğu söylenebilir. Yangınlar neme göre Getis Ord  $G^*$  istatistiği ile incelendiğinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre yangınları etkileyen faktörlerden olan nem, rüzgar etkeni bir araya geldiklerinde çalışma alanının Güney-Güneybatı kısımlarındaki yangınlarda daha çok etkileri söz konusudur. Her ne kadar tüm yıllar bakımından örüntüde aynı bölgeler görülmesede 2012-2013-2014-2015 yıllarında kasıt ve kaza nedenlerinde bölgenin batı kısımlarında benzerlik saptanmıştır. Özellikle turizm merkezlerinin olduğu bölgelerde aynı değişkenlik görülmüştür. Yangın süresi bakımından incelenen yangınlarda yıllara göre

ortak bir kümelenme tespit edilememiştir. Toplam yanan alan bakımından yıllık bazda kendi içinde benzerlik gösteren noktalar olsa da çalışma verilerinin kapsadığı yıllarda herhangi bir benzerlik tespit edilmemiştir. Yangınlar yerleşim yerlerine yakınlıklarına göre teste tabi tutulduğunda, zaman içinde bölgenin Doğu-Kuzeydoğu taraflarında yerleşim yerlerine diğer yangınlara göre daha uzak olduğundan kümelenirken, batı-güneybatı taraflarında yerleşim yerlerine diğerlerine göre yakın olduğundan kümelenme göstermiştir. Ana yollara yakınlık bakımından incelenen yangınlar bölgenin güney-batı kesimlerinde yollara yakınlık değeri düşük olduğundan benzeşirken, doğu kesimlerde yollara uzak olduğundan benzeşmiştir.

Yerel mekânsal otokorelasyon teknikleri kullanıldığında Şekil 13 de sıcaklık bakımından yapılan Anselin Yerel Moran I istatistiği sonuçlarına göre her yılda kendine göre bir kümelenme olmasına karşın genel olarak bir kümelenmeden söz edilememektedir. Şekil 14 de kümelenme yıllar içerisinde olmasına karşın, her yıl belirli bir kümelenme görülmemektedir. Kimi yangınların etrafında bulunan yangınlara yüksek aykırılık içermesi diğer koşullarında incelenmesi gerektiğini göstermektedir. 2011-2012-2013 ve 2014 yıllarında bölgenin Güneydoğu-Doğu kısımlarında kümelenme olduğu görülmektedir. Yangın için gerekli olan hava şartları sıcaklık-nem-rüzgar örüntülerinde genel olarak bir benzeşim görülmektedir. Nedenlerine göre teste tabi tutulan yangınlar, yıllık yangın verileri kendi içinde kümelenme göstermektedir. Ancak özellikle bölgenin turizm yöresinde -çalışma alanının batısında- 2012-2013-2014-2015 yıllarında yüksek kümelenme gösterdiği görülmektedir. Yangının devam süreleri incelendiğinde, belirli bir kümelenme gösterse de yangınlara müdahale ve söndürme çalışmalarının yoğunluğu örüntünün bu değerlerle incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu noktada yerleşim yerlerine uzak olan yerlerde yüksek kümelenme göze çarpmaktadır. Bölgenin Kuzeydoğu-doğusunda bu kümelenme görülmektedir. Ana yollara uzaklık özellikle bölgenin orta kısımlarında çıkan yangınlar için düşük ve yüksek kümelenme göstermiştir.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada Muğla Orman Bölgesinde 2011-2012-2013-2014 ve 2015 yıllarında çıkan yangınların konumsal örüntü analizi ile kümelenme eğilimleri araştırılmıştır. Bu yangınların örüntü analizlerinde incelenen verilerine göre kümelenme- dağınık/tekdüze ve rastlantısal olduğu sonuçlarına varılmıştır. Global ve yerel otokorelasyon teknikleri

ile yangınların hangi nedenlerden kümelendiği ve aralarındaki aykırılıklar incelenerek haritaya aktarılmış ve yorumlanmıştır. Elde edilen veriler ülkemiz orman yangını yönetimi için önem arz etmektedir. Ayrıca bölgeler için hazırlanacak risk haritalarında bu veriler kullanılabilir. Risk haritalarının anlamlı olabilmesi için kayıt altına alınan tüm verilere bu testler uygulanmalıdır.

## Kaynaklar

- Akyürek, Ö., Arslan, O., 2018. Kocaeli İli ve Çevresinde (1900-2016) Yılları Arasında Gerçekleşen Tarihsel Depremlerin Konumsal İstatistik Analizi. *Geomatik* 3, 48-62. <https://doi.org/10.29128/geomatik.333104>
- Anselin, L., 1995. Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geogr. Anal.* 27, 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Burt, J.E., Barber, G.M., Rigby, D.L., 2009. *Elementary Statistics for Geographers*, Third. ed.
- Clark, P.J., Evans, F.C., 1954. Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations. *Ecology* 35, 445-453. <https://doi.org/10.2307/1931034>
- Cliff, A.D., 1973. Spatial Autocorrelation, *Journal of Housing Economics*. <https://doi.org/10.1006/jhec.1998.0236>
- Çubukçu, K.M., 2015. Planlamada ve Coğrafyada Temel İstatistik ve Mekansal İstatistik. Ankara.
- Duran, D.C., 2014. Mersin ilindeki orman yangınlarının başlangıç noktalarına göre mekânsal analizi (2001-2013). *Orman. Araştırma Derg.* 1, 38. <https://doi.org/10.17568/oad.87328>
- Fischer, M.M., Getis, A., Lesage, J.P., Pace, R.K., Fischer, M.M., Getis, A., 2010. *Handbook of Applied Spatial Analysis. Methods* 3, 255-278. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7>
- Gayır, B., Sipahi, M., Ögüt, E., Balaban, M., 2015. CBS Tabanlı Hava Kirliliği Analizi: Kocaeli İli Örneği. *Kocaeli Üniversitesi Lisans Bitirme Tezi*.
- Getis, A., Ord, J.K., 1992. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geogr. Anal.* 24, 189-206. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x>
- Griffith, A., D., Amrhein, C.G., Desloges, J.R., 1990. *Statistical Analysis for Geographers*, 1 Edition. ed.
- Hugget, R., Thomas, R., 1980. *Modelling in Geography: A Mathematical Approach*. Harper and Row.
- Kapluhan, E., 2014. Coğrafi bilgi sistemleri'nin (cbs) coğrafya öğretiminde kullanımının önemi ve gerekliliği. *Marmara coğrafya dergisi* 34-59. <https://doi.org/10.14781/MCD.2014298120>
- Moran, P.A.P., 1950. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika* 37, 17. <https://doi.org/10.2307/2332142>
- Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, 2018. 2017 Yılı Orman Yangınları Değerlendirme Raporu. Muğla.
- OGM, 2016. Türkiye Orman Varlığı 2015, Ankara.
- OGM, 2013. Orman Atlası, OGM.



OGM, 2008. 285 Sayılı Orman Yangınlarının Önlenebilirliği ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları.

Ripley, B.D., 1976. The Second-Order Analysis of Stationary Point Processes. J. Appl. Probab. 13, 255. <https://doi.org/10.2307/3212829>

Wong, D.W.S., Lee, J., 2005. Statistical Analysis of Geographic Information with ArcView GIS and ArcGIS. John Wiley Sons 464. <https://doi.org/10.1002/esp.249>

## Yukarı Dicle Havzasında Farklı Arazi Kullanımları Altındaki Toprakların Karbon Depolama Potansiyelleri

M. Budak<sup>1,\*</sup>, H. Günal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt, Türkiye

<sup>2</sup> Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat, Türkiye

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 26 Mayıs 2018

Kabul Tarihi : 2 Temmuz 2018

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi:  
m.budak@siirt.edu.tr

### ÖZ

Organik karbonun (C) toprakta zenginleşmesi, atmosferdeki C konsantrasyonunu azaltarak iklim değişikliği ile mücadelede geçerli bir stratejidir. Bu çalışmanın amacı, Yukarı Dicle Havzasında farklı arazi kullanımları altındaki topraklarının C depolama potansiyellerinin belirlenmesi ve haritalanmasıdır. Yaklaşık 8700 km<sup>2</sup> genişliğindeki çalışma alanı 5 km x 5 km'lik gridlere ayrılmış ve her gridin köşe noktasından toplam 210 adet bozulmuş ve bozulmamış yüzey (0-20 cm) toprak örneği alınmıştır. Toprak özelliklerinin 5 km'den daha kısa mesafelerde değişkenliğini belirlemek amacıyla, birbirini izleyen iki kare gridin köşeleri arasında 250 m, 750 m ve 1750 m mesafelerden 42 toprak örneği daha alınmıştır. Toprak örneklerinin organik C ve hacim ağırlıkları belirlenmiş ve her nokta için karbon stoku hesaplanarak çalışma alanının toprak organik C stoku (TOCS) haritası hazırlanmıştır. Arazi kullanımlarının TOCS üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etki ettiği belirlenmiştir. Çalışma alanında TOCS miktarı 8.06 ile 66.68 Mg ha<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, ortalama TOCS miktarı 30.33 Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Farklı arazi kullanımları arasında en yüksek TOCS miktarının 44.33 Mg ha<sup>-1</sup> ile ormanlık alanlarda iken en düşük TOCS miktarının ise 28.91 Mg ha<sup>-1</sup> ile tarla bitkileri ekili alanlarda olduğu görülmüştür. Özellikle mera alanlarında aşırı otlama ve tarım arazilerindeki geleneksel toprak işleme ile hasat atıklarının yakılması Yukarı Dicle Havzasında TOCS miktarı üzerinde olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Toprak karbon depolama, toprak organik karbonu, toprak işleme, farklı arazi kullanımı

## Carbon Storage Potentials of Soils under Different Land Uses In Upper Tigris Basin

### ABSTRACT

Organic carbon (C) sequestration in soils is a prevailing strategy in mitigating climate change by reducing C concentration in the atmosphere. The purpose of this study was to identify and map the C storage potential of soils under different land uses in the Upper Tigris Basin. The study area, covering an area of approximately 8700 km<sup>2</sup>, was divided into 5 km x 5 km of grids and total of 210 disturbed and undisturbed surface (0-20 cm) soil samples were taken from the corners of the grids. In order to determine the variability in soil properties at shorter distances than 5 km, 42 additional soil samples were taken at 250 m, 750 m and 1750 m distances between two consecutive grid corners. Organic C and bulk density of soil samples were determined, amount of soil C stock (SOCS) for each sampling point was calculated and SOCS map of study area was built. Land use differences had a statistically significant effect on TOCS. The TOCS in study area ranged from 8.06 to 66.68 Mg ha<sup>-1</sup> and mean TOCS was 30.33 Mg ha<sup>-1</sup>. The highest TOCS was found in forested lands with 44.33 Mg ha<sup>-1</sup> while the lowest TOCS was 28.91 Mg ha<sup>-1</sup> in field crops cultivated lands. Excessive grazing, especially in pasture areas, and conventional tillage with burning of harvest residues on agricultural lands had significant impact on TOCS in Upper Tigris Basin.

**Keywords:** Soil carbon storage, soil organic carbon, tillage, different land use

*Bu makaleye atf:*

Budak, M., Günal, H., 2018. Yukarı Dicle Havzasında Farklı Arazi Kullanımları Altındaki Toprakların Karbon Depolama Potansiyelleri. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 61-74.

## 1. Giriş

Atmosferdeki karbon (C) döngüsü üzerine etkisinin yanı sıra (Vicente-Vicente et al., 2016; Yadav et al., 2017) toprak kalitesinin iyileştirilmesi ve tarımsal kalkınmanın sürdürülebilirliğine olan etkilerinden (Zhang et al., 2013a) dolayı C'nun (organik ve inorganik) toprakta depolanması oldukça önemlidir. Toprak organik C (TOC) terimi toprak organik maddesi içerisinde oluşan C'ü tanımlamaktadır ve toprağın hacim ağırlığı, organik C konsantrasyonu ve toprak derinliği göz önünde bulundurularak stok miktarı hesaplanabilmektedir (Lal et al., 2011). "Karbon bağlanması" terimi ise atmosferdeki karbondioksitin (CO<sub>2</sub>) uzun süreli C havuzları şeklinde toprağa transferi işlemi olarak tanımlamak mümkündür (Olson et al., 2014). Atmosferdeki CO<sub>2</sub> seviyesinin artışı ve bu artışın devam edeceği endişesi, toprakların C depolama potansiyelleri ile ilgili araştırmaların daha fazla önem kazanmasına neden olmaktadır (Baker et al., 2007; Mishra et al., 2010; Lu and Liao, 2017).

Biyosfer ve atmosfere kıyasla toprak yaklaşık 2 kat daha fazla C depolamakta ve bir havuz görevi görmektedir (Lal and Kimble, 1997; Mishra et al., 2010). Toprakta C'nun depolanmasındaki çok küçük artışlar dahi atmosferdeki C konsantrasyonunun azalmasına katkı yaptığı gibi (Lal and Kimble, 1997; Mishra et al., 2010; Zhang et al., 2013b; Lu and Liao, 2017; Yadav et al., 2017) tarımsal sistemlerin üretkenliği ve sürdürülebilirliğinin geliştirilmesine (Lal, 2015), yüzey akışı ve erozyonun azaltılmasına (Söderström et al., 2014) ve özellikle toprak mikrobiyal aktivitesinin artışı ile birlikte toprak kalitesinin iyileştirilmesine (Lu and Liao, 2017) olumlu katkı yapmaktadır. Toprakta C bağlanması üzerine etki eden en önemli faktörler; C girdisi, ürün rotasyonu, toprak işleme amenajmanı, iklim koşulları, gübreleme ve toprak tekstürü olarak tanımlanmıştır (Lal, 2004). Bitkisel üretim, sulama, toprak işleme gibi tarımsal amenajman yöntemleri, bölgesel ve küresel ölçekte çevreyi etkileyen toprak C'unun kalitesi ve miktarına olumlu veya olumsuz etki etmektedir (Lu and Liao, 2017). Kucharik et al. (2001), tarım arazilerinde uygulanan amenajman yöntemlerinin neden olduğu toprak organik C konsantrasyonundaki azalmanın oldukça yüksek olduğu ve bu değerlerin topraktaki C miktarının yaklaşık %63'üne kadar ulaştığını rapor etmiştir. Ormanlık alanların yok edilmesi, bitki örtüsünün tahrip edilmesi (Lal and Kimble, 1997; Mishra et al., 2010) ve tarım arazilerinin yoğun kullanımı (Mishra et al., 2010) toprak organik C'unun azalmasına ve nihayetinde atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarının artmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda insan

kaynaklı sera gazı emisyonunun yaklaşık %10 ile 15'inin tarım topraklarından gerçekleştiği rapor edilmiştir (Smith et al., 2007).

Arazi kullanımındaki farklılık toprakta depolanan C miktarı üzerine önemli düzeyde etki etmektedir. Aynı bölgede yer alan farklı arazi kullanımı altındaki toprakların C depolaması bakımından önemli düzeyde farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir (Qin et al., 2016). Yoğun bir şekilde yapılan toprak işlemenin toprakta büyük miktarda organik C kayıplarına neden olduğunu bildiren çok sayıda yayınlanmış araştırma raporu bulunmaktadır (Halvorson et al., 2002; Blanco-Canqui and Lal, 2008; Mishra et al., 2010; Huang et al., 2015; Gao et al., 2017). Tarımsal üretim yapılan arazilerde organik C'un birikmesi, toprak işlemeyi en aza indiren, arazi yüzeyinde hasat atıkları miktarını en yüksek seviyeye çıkaran amenajman sistemleri ve su ve besin kullanım etkinliğini arttıran üretim sistemlerinin uygulanması ile ilişkilendirilmiştir (Paustian et al., 1997).

Polat ve ark. (2012), farklı arazi kullanımına göre en önemli C depolama alanlarının ormanlık alanlar olduğu ve bu alanlarda yetişen bitkilerin yılda 3 ile 5 ton ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>'i atmosfere alıp bitki ve toprakta depoladığını rapor etmişlerdir. Ayrıca aynı araştırmacılar bitki türlerinin toprakta depolanan C miktarı üzerine önemli bir etkisi olduğunu ve kızılçam ormanları altındaki topraklarda saatte 11.7 ile 23.4 kg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> üretilirken bu oranın tarla bitkileri altındaki topraklarda 1.25 ile 4.1 kg ha<sup>-1</sup> olarak ölçüldüğünü bildirmiştir. Don et al. (2011) tropik bölgelerde ormanlık alanların tahrip edilip tarla tarımına dönüştürmesi ile toprak C miktarının %25 ile 30 arasında azaldığını rapor etmiştir. Çayır mera alanları ile ormanlık alanlar tarım arazilerine kıyasla daha yüksek C depolama kapasitesine sahiptirler. Özellikle çayır mera alanları ile ormanlık alanların tahrip edilerek tarla tarımına dönüştürülmesi atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarının artmasına neden olmaktadır (Lal and Kimble 1997). Bu nedenle, farklı arazi kullanımları altındaki toprakların C depolama potansiyellerinin belirlenmesi, mevcut durumun daha iyi anlaşılmasını sağlamak ve toprakların C depolama potansiyellerinin iyileştirilmesi adına önemlidir. Bu çalışmanın amacı, ülkemizde oldukça yoğun baraj ve sulama yatırımlarının yapıldığı, artan nüfusumuzun beslenme ve giyinmesinde gerekli hammaddenin üretileceği büyük tarım arazilerinin yer aldığı ve farklı arazi kullanım türleri altında yoğun tarımsal üretimin gerçekleştirildiği Yukarı Dicle Havzasında toprakların C depolama potansiyellerinin belirlenmesi ve haritalanmasıdır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Çalışma alanının genel tanımı

Çalışma 37°58'-38°30' (K) enlemleri ile 39°47'-41°30' (D) boylamları arasında Diyarbakır, Batman ve Siirt illerinin büyük bir kısmının içinde kaldığı yaklaşık 8700 km<sup>2</sup>'lik alanı kapsayan Yukarı Dicle Havzasında gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Oldukça geniş bir alanı kapsayan çalışma alanı içerisinde farklı jeolojik kökene sahip materyaller ile aluviyal düzlük, koluviyal etek arazisi, plato, dağ yamacı gibi çeşitli fizyografik üniteler yer almaktadır. Yüksek bir plato görünümünde olan havza birçok çanaklaşmış alt havza ve alçak tepelerden oluşmaktadır. Çalışma alanının Güney-Batı bölümünde Karacadağ'dan gelen bazaltlar yer alırken Güney, Güney-Doğu ve Doğu bölümünün büyük çoğunluğu konglomera, kil taşı, kumtaşı, şeyl ve yer yer jips özellikli Şelmo formasyonu üzerinde oluşmuştur. Kuzey ve Kuzey-Batı kısmının çoğunluğu kumtaşı, kil taşı, silt taşı ve kireçtaşı özellikli Lice formasyonu, orta kısımlarının büyük çoğunluğu ise Neritik kireçtaşı ve yer yer marn özellikli Fırat formasyonu üzerinde oluşmuştur (Sütçü, 2008; Çelik, 2015).

Çalışma alanında yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin karasal iklimi hâkimdir. Diyarbakır ilinin uzun yıllar (1984-2014) ortalama yıllık yağış miktarı 472 mm, Batman ilinin 470 mm ve Siirt ilinin ise 685 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklıklar ise Diyarbakır'da 15.8 °C, Batman'da 16.4 °C ve Siirt'te ise 16 °C'dir.

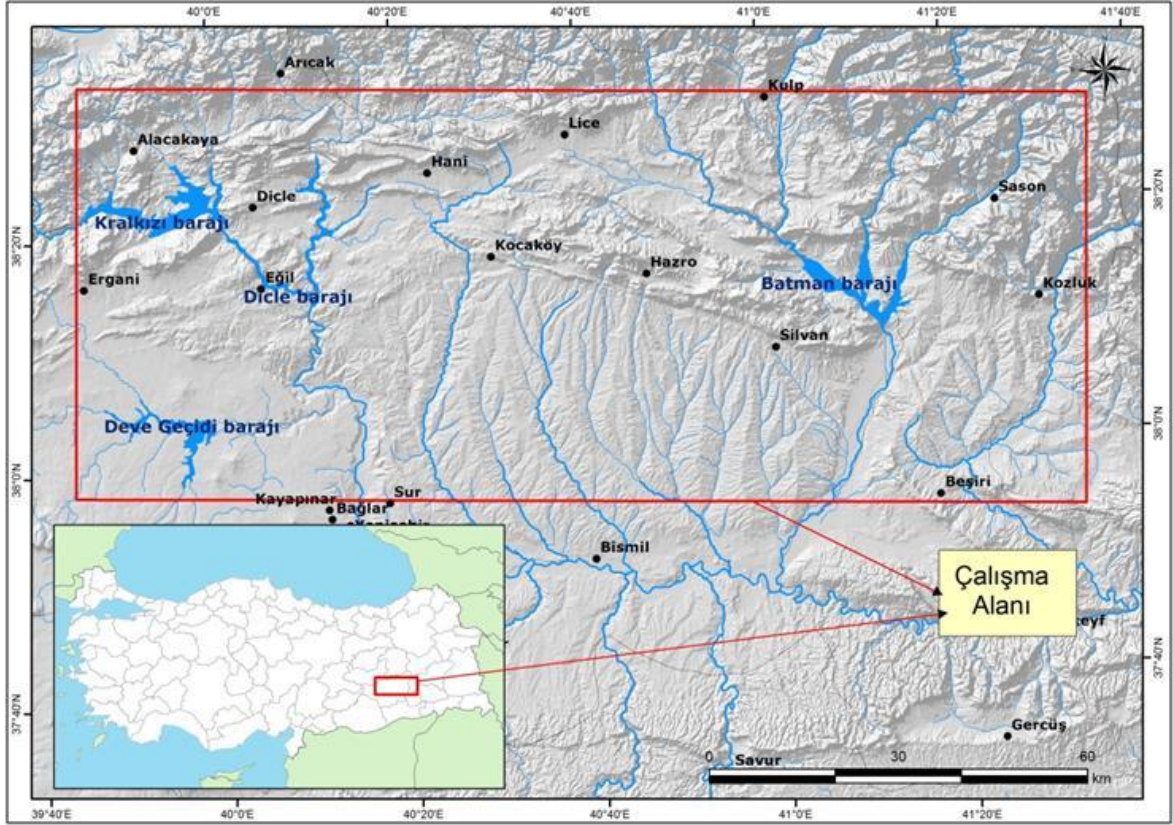
Doğal bitki örtüsü çoğunlukla geven (*Astragalus Gumifer*), tüylü buğday (*Aegilops Neglecta*), tilki bromu (*Bromus Rubens*), köpek dişi ayrığı (*Cynodon Dactylon*), yaban yulafı (*Avena Sterilis*), sakal otu (*Aegilops Triuncialis*) yabani arpa (*Hordeum Murinum* L.) gibi step bitkilerinden oluşmaktadır. Bu bitkiler yağışın bol olduğu ilkbahar aylarında kısa bir süre içinde yeşerip çiçeklenir ve yağışların kesilmesiyle kurak yaz başında hızla kurumaya başlarlar. Ormanlık alanlar genellikle çalışmanın kuzey kısmında yer almakta ve çoğunlukla meşe ağaçlarından oluşmaktadır. Alanda çoğunlukla kuru

tarım yapılmakta olup başta buğday olmak üzere, arpa, mercimek, mısır, pamuk ve tütün gibi tarla bitkileri, üzüm, badem, erik, fıstık ve elma gibi meyve ağaçları, çilek, karpuz, fasulye, domates, salatalık, acur, biber ve patlıcan gibi sebze bitkileri yetiştirilmektedir.

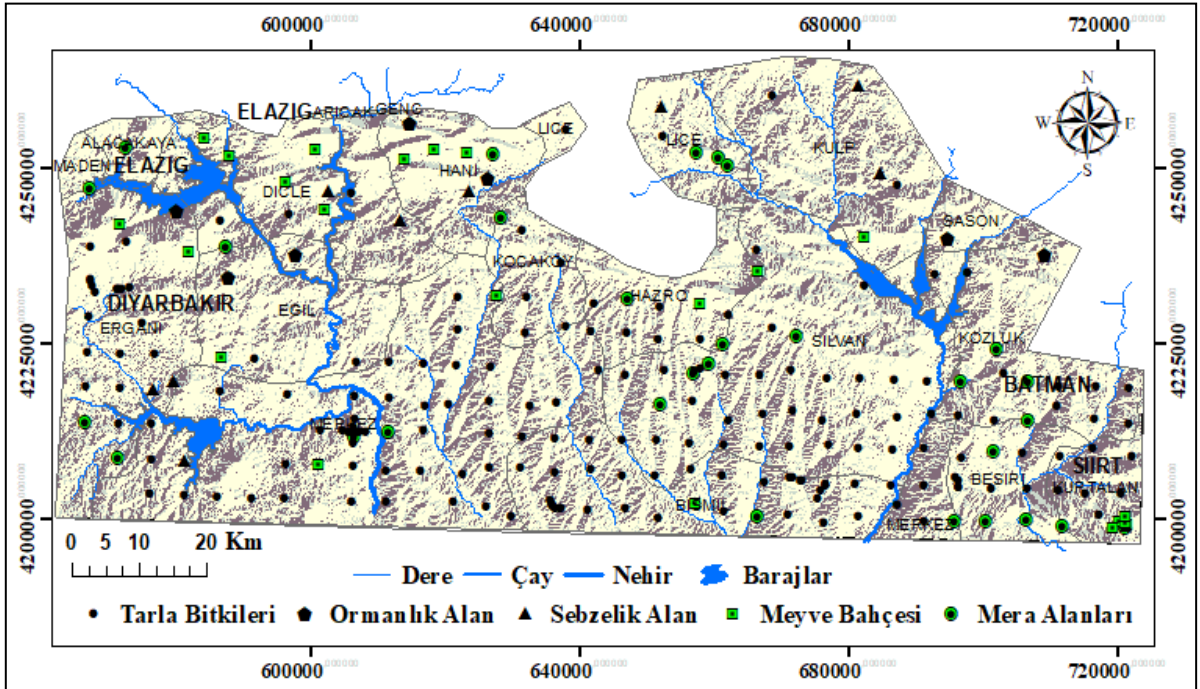
Çalışma alanında iklim, topoğrafya ve eğim farklılığından dolayı toprak işleme yöntemlerinde önemli bir farklılık görülmektedir. Genellikle sulama imkânlarının olmadığı, buğday ve arpa yetiştirilen alanlarda tohum yatağı hazırlamak için kulaklı pulluk, kültivatör ve goble diskli tırmık gibi geleneksel toprak işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Alanda özellikle mercimek yetiştiriciliğinden sonraki dönemlerde buğday için tohum yatağının hazırlanmasında çoğunlukla kulaklı pulluk kullanımı tercih edilmektedir. Sulama imkânlarının olduğu, mısır ve pamuk yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda toprak işleme yöntemi sonbaharda kulaklı pulluk derin sürüm ve erken ilkbaharda kültivatör ile toprak işleme şeklindedir. Çalışma alanında yer yer anıza toprak işleme yöntemi uygulansa da toprak yüzeyinde kalan anızların ekin kambur böceği (*Zabrus spp.*) ve bitki kök çürüklüğüne sebep olduğu düşünüldüğünden bölgenin büyük çoğunluğunda hasattan sonra anızlar yakılmaktadır (Gürsoy ve ark., 2013).

### 2.2. Toprak örnekleme

Toplam 8.700 km<sup>2</sup> genişliğe sahip olan çalışma alanı 5 km x 5 km'lik gridlere ayrılmış ve her gridin köşe noktasından toplam 210 adet bozulmuş ve bozulmamış yüzey (0-20 cm) toprak örneği alınmıştır. Toprak özelliklerinin 5 km'den daha kısa mesafelerde değişkenliğini belirlemek amacıyla, birbirini izleyen iki kare gridin köşeleri arasında 250 m, 750 m ve 1750 m mesafelerden 42 toprak örneği daha alınmıştır. Böylece toplam 252 noktadan 0-20 cm derinlikten bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği alınmıştır (Şekil 2). Toprak örneklemesinin yapıldığı dönemde 184 noktada tarla bitkileri, 23 noktada meyve bitkileri ve 9 noktada ise sebze bitkileri yetiştiriciliği yapıldığı belirlenmiştir. Ayrıca toprak örneklerinin alındığı 29 nokta mera ve 7 nokta ise ormanlık alandan oluşmaktadır.



Şekil 1 Çalışma alanının coğrafi konumu



Şekil 2 Toprak örnekleme deseni

### 2.3. Toprak analiz yöntemleri

Bozulmuş toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutulmuş ve laboratuvar analizleri için 2 mm'lik elekten geçirilerek hazır hale getirilmiştir. Parçacık büyüklük dağılımı hidrometre yöntemine (Gee and

Bauder, 1986); organik madde (OM) ve toprak organik C (TOC) değiştirilmiş Walkey-Black metoduna göre (Nelson and Sommers, 1982); hacim ağırlığı (ha) ise bozulmamış toprak örneklerinde silindir yöntemine göre belirlenmiştir (Blake and Hartge, 1986).

#### 2.4. Toprak karbon stokunun belirlenmesi

Toprak organik C stoku (TOCS) miktarı eşitlik 1'e göre belirlenmiştir (Zhang et al., 2013b).

$$TOCS = ha \times D \times TOC \times A \quad (1)$$

Burada **ha**; 0-20 cm toprak derinliğindeki toprağın hacim ağırlığı ( $Mg \ m^{-3}$ ), **D**; toprak örneğinin alındığı derinlik (metre), **TOC**; Walkey-Black metoduna göre elde edilen toprak organik C miktarı ( $g \ kg^{-1}$ ) ve **A**; alanı ( $ha: 10^4 \ m^2$ ) tanımlamaktadır.

#### 2.5. İstatistiksel analizler

Belirlenen toprak özelliklerinin en küçük, en yüksek, ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı ve yatıklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikleri SPSS 21.0 paket programı kullanılarak hesaplanmıştır.

#### 2.6. Toprak özelliklerine ait mesafeye bağlı değişimin modellenmesi ve haritalanması

Toprak özelliklerine mesafeye bağlı değişkenlikler GS<sup>+</sup>7.0 paket programında modellenmiş ve elde edilen model parametrelerinin kullanılarak ArcGIS 10.2.1 paket programı ile haritalanmıştır.

Araştırma kapsamında incelenen özelliklere ait semivariogramlar oluşturulurken mesafeye bağlı değişkenliği en iyi tanımlayan modelin seçiminde modele ait  $r^2$  ve ölçüm hatalarının göstergesi olan Artık Kareler Toplamı (Residual Sum of Squares, RSS) değerleri dikkate alınmıştır. En iyi modelin seçiminde  $r^2$  değerinin 1.0'a ve RSS değerinin ise sıfır (0)'a yakın olanları tercih edilmiştir (Yang et al., 2011). Semivariogram ve çapraz değerlendirme sonucu elde edilen parametreler (nugget, sill, range, aktif lag değeri ve komşu sayısı) kullanılarak ArcGIS 10.2.1 paket programının jeostatistik modülünde yer alan ordinary kriging yöntemi ile her bir toprak özelliği için dağılım haritaları üretilmiştir.

### 3. Bulgular ve tartışma

Farklı arazi kullanımları altındaki toprakların bir kısım fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Yarı kurak bir iklime sahip çalışma alanında toprak C stoku (TOCS) 8.06 ile 66.68  $Mg \ ha^{-1}$  arasında olup ortalama TOCS 30.33  $Mg \ ha^{-1}$ 'dir (Tablo 1; Şekil 4). Çalışma alanında TOCS'unun yüksek bir değişkenlik göstermesinin temel nedeni

arazi kullanımlarının, toprak işleme, bitkisel üretim deseni, gübreleme ve sulama gibi tarımsal uygulamaların, yağış ve sıcaklık miktarının farklılığıdır. Toros Dağlarında farklı amenajman uygulamaları altındaki arazilerde yapılan bir çalışmada, TOCS'unun ortalama 32.64 (tarım alanları) ile 57.32 (çayır-mera)  $Mg \ ha^{-1}$  arasında değiştiği rapor edilmiştir (Evrendilek et al., 2004). Araştırmacılar özellikle tarım alanlarında toprak işleme yöntemlerinin TOCS'nun azalması üzerine önemli bir etki yaptığını belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada Alvarez et al. (2014), farklı bitki türleri ve farklı toprak işleme yöntemleri altındaki yüzey topraklarında TOCS'nun ortalama 12.6 ile 20.7  $g \ kg^{-1}$  arasında değişim gösterdiğini rapor etmiştir. Değişkenliğin temel nedeninin alanda yer alan farklı bitki deseni ve toprak işleme yöntemleri olduğu ifade edilmiştir.

Toprakta dayanıklı agregatların oluşumu, toprağın erozyona karşı direnç göstermesi, toprakta suyun hareketi, bitki büyümesi, biyo-çeşitlilik (Budak et al., 2018) ve özellikle de toprakta C depolanması üzerine olan etkilerinden (Lal and Kimble, 1997; Shang-Qi et al., 2013; Zhang et al., 2013b) dolayı organik madde önemli bir toprak özelliğidir. Toprakların TOCS'u hesaplanırken göz önünde bulunduran organik madde içeriği çalışma alanında yer yer %0.42 (Mera) gibi yetersiz iken kimi arazilerde %4.20 (Sebze ekili alanlar) gibi yüksek düzeylere çıkmaktadır (Tablo 1). Alanda yüksek değişkenlik (%VK=36.21) gösteren organik madde, TOCS'unun da değişken olmasına neden olmuştur. Çalışma alanı topraklarının düşük organik madde içeriğine (ortalama %1.82) sahip olması TOCS miktarının da düşüklüğüne neden olmuştur. Poeplau and Don (2015) TOCS miktarında meydana gelen değişikliklerin temel nedeninin organik maddenin ayrışma düzeyi, gübreleme yöntemi gibi C girdileri ile yıkanma ve erozyon gibi C çıktıları arasındaki dengesizlik olduğunu rapor etmiştir.

Hacim ağırlığı TOCS'nun hesaplanmasında kullanılan diğer bir toprak özelliğidir (Halvorson et al., 2002; Evrendilek et al., 2004; Blanco-Canqui and Lal, 2008; Mishra et al., 2010; Zhang et al., 2013b). Çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığı 1.12 ile 1.93  $gr \ cm^{-3}$  arasında olup ortalama 1.45  $gr \ cm^{-3}$ 'tür (Tablo 1; Şekil 4). Hacim ağırlığının geniş bir aralıkta değişim göstermesinin temel nedeni alanda organik madde, tekstür içeriği, yüzey taşlılığı ve toprak işleme yöntemlerinde görülen değişkenliktir. Blanco-Canqui and Lal (2008), hacim ağırlığının toprak işleme yöntemlerine göre değişkenlik gösterdiğini ve bunun da hacim ağırlığı ile birlikte TOCS üzerinde de önemli bir etkisi

olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar amenajman uygulamalarının hacim ağırlığına olan etkisinin alana özgü olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca toprak işleme zamanı ve süresi ile toprak tekstürünün de hacim ağırlığı üzerine önemli

düzye etkili olduğunu bildirmişlerdir. Toprak işleme süresi arttıkça toprakların hacim ağırlığı artmakta buna bağlı olarak TOCS miktarı artmaktadır.

Tablo 1 Çalışma alanı topraklarına ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

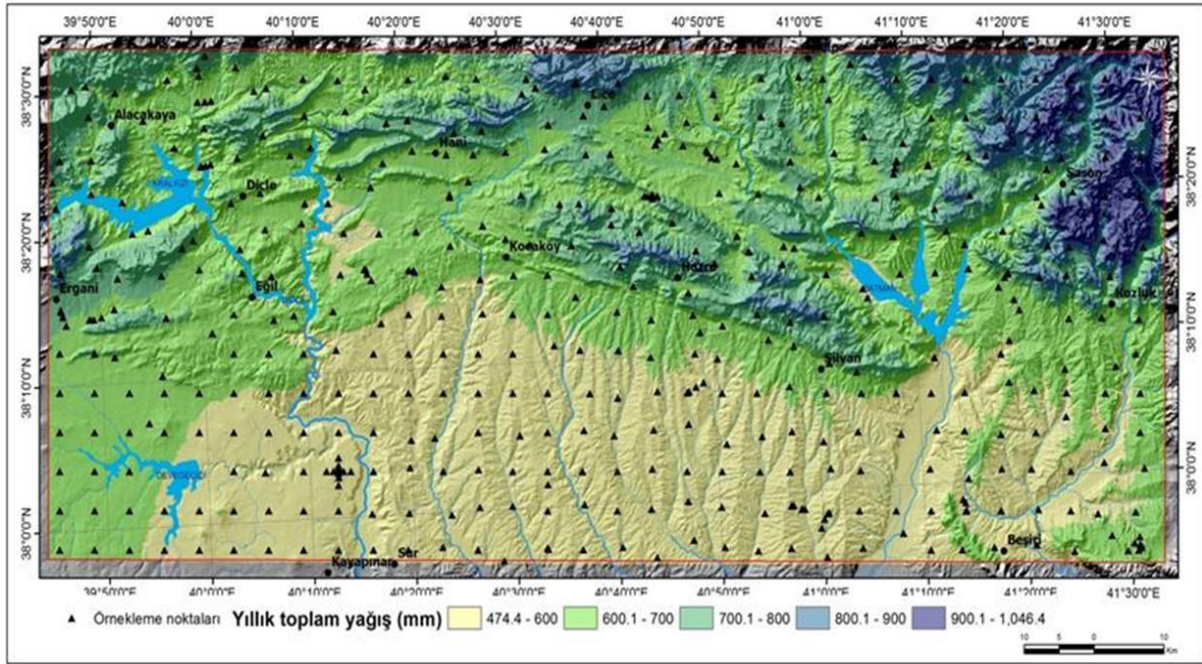
Tüm Alan							
Özellik	Birim	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	% VK	Çarpıklık
Kil		15.20	77.70	50.86	15.31	30.12	-0.05
Kum	%	4.80	59.10	26.54	13.65	51.44	0.50
OM		0.42	4.20	1.82	0.66	36.21	0.93
TOC	gr kg <sup>-1</sup>	2.44	24.36	10.53	3.81	36.21	0.93
Hacim Ağırlığı	gr cm <sup>-3</sup>	1.12	1.93	1.45	0.16	10.78	0.23
TOCS	Mg ha <sup>-1</sup>	8.06	66.68	30.33	10.71	35.30	0.81

VK: Varyasyon Katsayısı

Çalışma alanımızın da dahil olduğu Diyarbakır ilinde yüzey topraklarında organik C stokunun 24.43 ile 65.57 Tg arasında değiştiği ve değişkenliğin temel nedeninin amenajman uygulamaları ve özellikle yağış miktarındaki değişkenlik olduğu rapor edilmiştir (Sakin et al., 2014). Yağış rejimindeki değişkenlik bitki örtüsünün önemli düzeyde değişmesine neden olmaktadır (Türkeş, 2012; Hayas et al., 2017; Masocha et al., 2017; Nourani et al., 2017). Yağışın azaldığı alanlarda bitki tür sayısı, miktarı ve örtüsü azalmaktadır (Türkeş, 2012). Bu durum depolanacak TOC miktarının azalmasına neden olmaktadır. Çalışma alanın güney kısmında yağış miktarı 474 ile 600 mm arasında değişim gösterirken kuzeye gidildikçe yağış artmakta ve yer yer 1046 mm'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 3). Çalışma alanında yağış miktarının değişken olması bitki örtüsü ve miktarına etki ettiğinden TOCS üzerine de önemli düzeyde etki etmektedir. Toprağa uygulanan gübreleme yöntemlerine bağlı olmadan TOC bağlanmasının en düşük olduğu yerlerin tropik bölgeler olduğu ve bunu daha sıcak ve soğuk olan iklimlerin yer aldığı bölgelerin takip ettiğini bildiren Han et al., (2016)'da iklimin TOC bağlanma oranı ve miktarı üzerine en etkili faktörlerden biri olduğunu bildirmişlerdir.

Toprak özelliklerinin aralarındaki ilişkiyi ortaya koyan korelasyon analizine ait veriler Tablo 2'de

verilmiştir. Organik madde içeriği ile TOCS arasında önemli düzeyde ( $r=0.949$ ) pozitif bir ilişki ( $p<0.01$ ) bulunurken; hacim ağırlığı ile herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. Ayrıca toprak organik C'ü ile hacim ağırlığı arasında ( $r=-0.211$ ) istatistiksel olarak önemli düzeyde negatif bir ilişki ( $P<0.01$ ) olduğu görülmüştür (Tablo 2). Toprakların C stok potansiyelinin hesaplanmasında kullanılan hacim ağırlığı ile TOCS arasında pozitif bir ilişki beklenirken çalışma alanımızda herhangi bir ilişkinin olmaması hacim ağırlığına etki eden faktörlerin çok değişken olduğunu göstermektedir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre toprakların organik madde içeriği arttıkça hacim ağırlığının azaldığı görülmektedir. Toprakta organik madde oranı arttıkça hacim ağırlığının azaldığı ve toprakta hacim ağırlığını düşürmek için toprağa organik materyallerin ilave edilmesi gerektiği birçok araştırmacı tarafından da rapor edilmiştir (Perie and Quimet, 2008; Çelik et al., 2010; Poeplau and Don, 2015; Reichert et al., 2018). Bu durum TOCS'ü üzerine organik maddenin daha yüksek bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Toprak özelliklerine ait dağılım haritalarında da bu durum net bir şekilde görülmektedir. Özellikle organik madde içeriğinin yüksek olduğu alanlarda TOCS'nun arttığı görülebilmektedir (Şekil 4).



Şekil 3 Diyarbakır ve Batman iline ait uzun yıllar (1975-2015) ortalama yıllık toplam yağış dağılımı

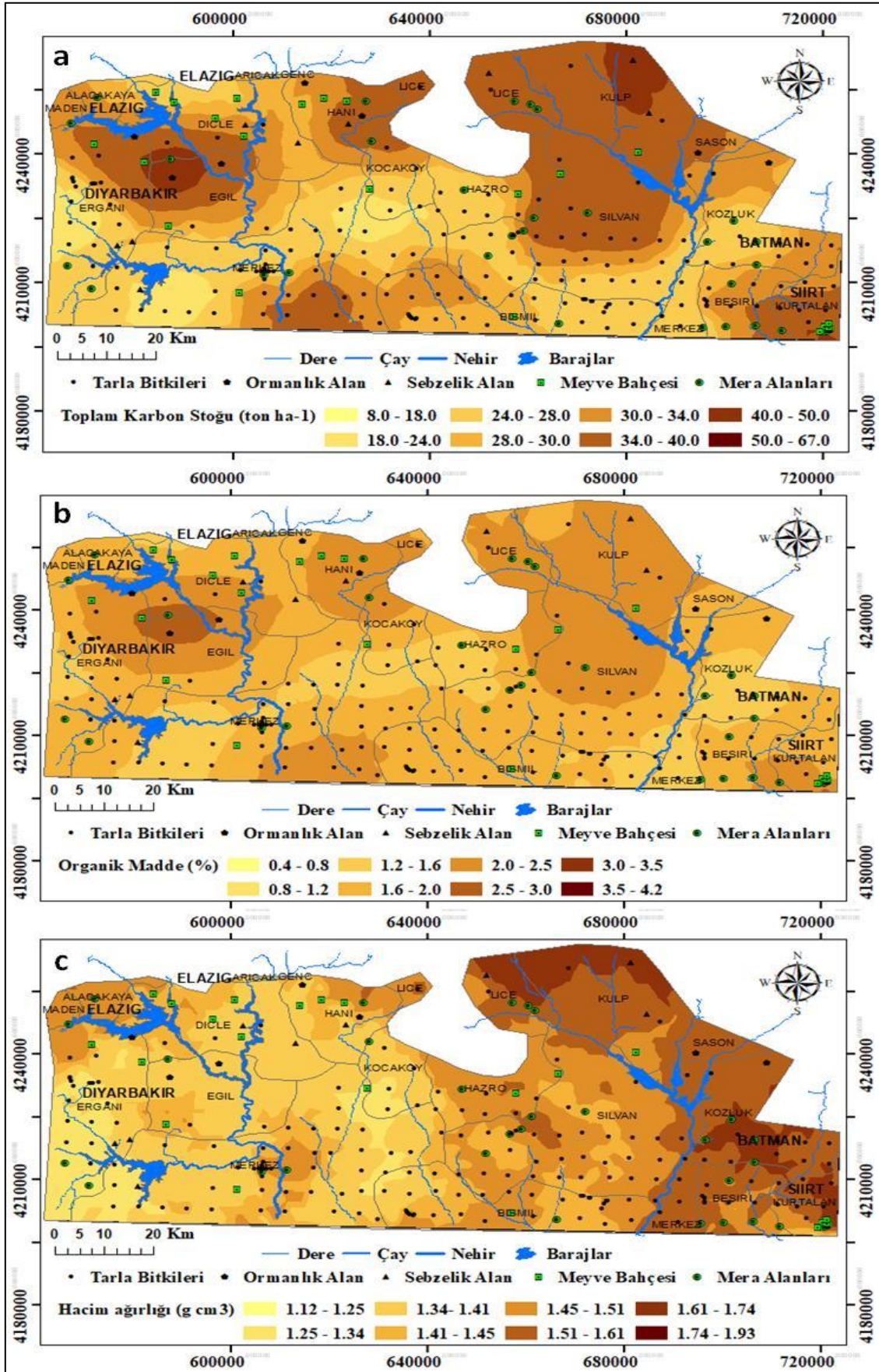
Tablo 2 Toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	TOC	Hacim Ağırlığı	TOCS
TOC	1		
Hacim Ağırlığı	-0.211**	1	
TOCS	0.949**	0.085	1

Yukarı Dicle Havzasında iklim (Şekil 3), TOCS, organik madde ve hacim ağırlığı (Şekil 4) için oluşturulan dağılım haritaları incelendiğinde yağışın yüksek olduğu Diyarbakır iline bağlı Silvan, Lice ve Kulp ilçeleri ile Batman iline bağlı Sason ilçesi üçgeninde kalan alanda TOCS miktarının en yüksek değerlere çıktığı gözlemlenmektedir. Bu alanlarda yağış miktarının yüksek olması nedeni ile daha iyi bir vejetasyon gelişimi söz konusudur. Ayrıca bu alanda organik madde içeriğinin de yüksek olması TOCS miktarının da artmasını sağlamıştır. Özellikle tarımsal üretimin yoğun bir şekilde yapıldığı, genellikle arpa ve buğday gibi tarla bitkilerinin

ekildiği, Diyarbakır iline bağlı, Kocaköy, Hazro, Ergani, Bismil ilçeleri ile Batman iline bağlı Kozluk ilçelerinde ise TOCS değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bunun temel nedenleri bu alanlarda uygulanan geleneksel yoğun işleme ve anızların yakılması gibi uygulamalar nedeni ile toprakta organik madde kaybının fazla olması ve yağışın diğer alanlara kıyasla çok daha düşük olması şeklinde ifade edilebilir.





Şekil 4 (TOCS) (a), OM (b) ve hacim ağırlığı (c) özelliklerine ait dağılım haritaları

### 3.1. Farklı arazi kullanımlarının toprak karbon stoku üzerine etkisi

Farklı arazi kullanımları altındaki toprakların özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik verileri Tablo 3'te verilmiştir. Beş farklı arazi kullanımının bulunduğu çalışma alanında en yüksek TOCS, 44.33 Mg ha<sup>-1</sup> ile ormanlık alanlarda, en düşük TOCS ise 28.91 Mg ha<sup>-1</sup> ile tarla bitkileri ekili alanlarda yer almaktadır. Çalışma alanında araziler ortalama organik madde içeriği bakımından ormanlık alanlar (% 2.72) > sebze ekili alanlar (%2.34) > mera alanları (%1.93) > meyve bitkileri ekili alanlar (%1.87) > tarla bitkileri ekili alanlar (%1.73) şeklinde sıralanmaktadır (Tablo 3). Tarla tarımının yapıldığı alanlardaki topraklar diğer alanlara göre daha düşük organik madde ve TOCS miktarına sahiptir. Bunun temel nedenleri toprak işleme ile organik maddenin daha hızlı ayrışması (Dignac et al., 2017; Gözübüyük ve ark., 2017) toprakların erozyona karşı daha hassas olması nedeniyle üst topraklarının taşınması (Bayer et al., 2006) ve toprak yüzeyinde kalan anızların yakılması (Sun et al., 2016) ile oluşan toprak C kayıplarıdır.

Yoğun bir şekilde uygulanan toprak işleme agregatların parçalanmasına ve agregatlar içinde tutulan organik maddenin mikroorganizmalar tarafından mineralize edilmesine yol açmaktadır. Ayrışma sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub> atmosfere salınmakta ve bunun sonucunda da toprakların C içeriği önemli ölçüde azalmaktadır (Polat ve ark., 2012). Araştırma yapılan alanın büyük bir kısmında arpa, buğday ve mercimek gibi tarla bitkilerinin üretimi yapılmaktadır. Toprak işleme genellikle geleneksel yöntemlerle ve çok sayıda yapılmaktadır. Ayrıca hasat sonrası arazilerin büyük bir kısmında tarla yüzeyinde kalan anızlar bir sonraki ürün için arazi hazırlığının daha kolay yapılabilmesi amacı ile yakılmaktadır. Bu uygulamalar toprakta organik maddenin azalmasına ve yer yer %0.53 gibi çok düşük düzeylere düşmesine neden olmaktadır. Organik madde içeriğinin yetersizliği tarla bitkileri ekili alanların TOCS miktarının diğer arazi kullanımlarına kıyasla daha düşük çıkmasına neden olmuştur. Meyve yetiştiriciliği yapılan alanlarda da yabancı ot mücadelesi amacı ile toprak işleminin çok yoğun yapıyor olması TOCS'unun düşük olmasına yol açmıştır. Evrendilek et al., (2012)'da tarım arazilerinde TOCS'nun diğer arazi kullanımlarına kıyasla daha düşük olmasının nedeninin yoğun bir şekilde yapılan geleneksel toprak işleme olduğunu bildirmişlerdir. Farklı toprak işleme yöntemleri altındaki alanlarda yürütülen

çalışmalarda toprakta C birikiminin geleneksel toprak işleminin yapıldığı alanlarda en az, toprak işleminin azaltıldığı veya hiç yapılmadığı alanlarda ise en fazla görüldüğü rapor edilmiştir (Bayer et al., 2006; Conceição et al., 2013; Büchi et al., 2017; Acar et al., 2018).

Sebze ekili alanlarda OM içeriği %0.8 ile 4.20 arasında TOCS ise 15.97 ile 63.43 Mg ha<sup>-1</sup> arasında değişim göstermekte olup tarla bitkileri ve meyve bitkileri ekili alanlara göre daha yüksek bir ortalama OM (% 2.34) ve TOCS'na (38.23 Mg ha<sup>-1</sup>) sahiptir (Tablo 3). Sebze ekili alanlarda geleneksel toprak işleme yöntemleri uygulanmasına rağmen daha yüksek bir TOCS ve OM içerisine sahip olmaları muhtemelen sebzelik alanlarda araziye uygulanan hayvan gübresinden kaynaklanmaktadır. Arazi çalışmaları esnasında sebze ekili alanların genellikle aile işletmeciliği şeklinde yapıldığı ve her sene daha iyi ürün almak için hayvan gübresinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu durum çalışma alanında organik madde içeriğinin yer yer %4.20 gibi yüksek değerlere çıkmasına ve bunun sonucunda da daha yüksek bir TOCS miktarına ulaşmasına neden olmuştur.

Mera alanlarının OM içeriği %0.42 ile 4.17 arasında ve TOCS miktarı ise 8.06 ile 66.68 Mg ha<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Toprak özelliklerinin değişkenliğini tanımlamada kullanılan % varyasyon katsayılarına (%VK) göre OM içeriği ve TOCS bakımından en yüksek değişkenliğin olduğu arazi kullanım türü meralardır. Diyarbakır ili meralarında yapılan vejetasyon etüdüne göre merada bitki örtüsü ile kaplama oranının %46.2 ile 72 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Seydoşoğlu ve ark., 2015). Araştırmacılar bölgedeki meraların karasal iklim etkisinde olduğunu ve kuraklıkla beraber otlatma yoğunluğundan aşırı zarar gördüğünü rapor etmişlerdir. Mera alanlarında TOCS'un çok değişken olması, meralardaki otlatma kapasitelerinin ve yağış miktarının (474-1046 mm arasında) farklılığı nedeni ile bitki örtüsünde görülen değişkenlik ile ilişkilendirilmiştir. Bir başka çalışmada, Adana çevresinde Toros dağlarında yer alan meralarda TOCS miktarı ortalama 57.32 Mg ha<sup>-1</sup> olarak rapor edilmiştir (Evrendilek et al., 2004). Yukarı Dicle Havzası için yaptığımız bu çalışmada diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalara göre meraların daha düşük TOCS miktarına sahip olmasının temel nedeni, bölgede küçükbaş hayvancılığın yoğun olması ve meraların kapasitelerinin üzerinde otlatılmasıdır.

Tablo 3 Farklı kullanım altındaki topraklara ait tanımlayıcı istatistik verileri.

Özellik	Birim	En Düşük	En Yüksek	Ortalama	Std. Sapma	% Varyasyon Katsayısı	Çarpıklık
Tarla Bitkileri Ekili Alanlar							
OM	%	0.53	3.67	1.73	0.55	31.89	0.73
TOC	gr kg <sup>-1</sup>	3.08	21.27	10.04	3.20	31.90	0.73
Hacim Ağırlığı	gr cm <sup>-3</sup>	1.14	1.89	1.45	0.15	10.64	0.19
TOCS	Mg ha <sup>-1</sup>	10.09	63.94	28.91	8.92	30.86	0.51
Meyve Bitkileri Ekili alanlar							
OM	%	1.02	3.48	1.87	0.69	37.08	0.61
TOC	gr kg <sup>-1</sup>	5.94	20.19	10.85	4.02	37.04	0.62
Hacim Ağırlığı	gr cm <sup>-3</sup>	1.25	1.93	1.48	0.14	9.59	1.26
TOCS	Mg ha <sup>-1</sup>	17.48	59.39	31.97	11.54	36.11	0.51
Sebze Bitkileri Ekili Alanlar							
OM	%	0.83	4.20	2.34	1.01	43.40	0.32
TOC	gr kg <sup>-1</sup>	4.83	24.36	13.55	5.88	43.42	0.32
Hacim Ağırlığı	gr cm <sup>-3</sup>	1.14	1.76	1.43	0.22	15.20	0.05
TOCS	Mg ha <sup>-1</sup>	15.97	63.43	38.23	16.45	43.02	0.07
Mera Alanları							
OM	%	0.42	4.17	1.93	0.88	45.50	0.92
TOC	gr kg <sup>-1</sup>	2.44	24.17	11.17	5.08	45.47	0.92
Hacim Ağırlığı	gr cm <sup>-3</sup>	1.12	1.77	1.46	0.17	11.98	0.10
TOCS	Mg ha <sup>-1</sup>	8.06	66.68	32.17	14.32	44.52	0.79
Ormanlık Alanlar							
OM	%	1.91	3.54	2.72	0.65	23.73	0.30
TOC	gr kg <sup>-1</sup>	11.05	20.52	15.77	3.74	23.74	0.29
Hacim Ağırlığı	gr cm <sup>-3</sup>	1.28	1.56	1.40	0.11	7.62	0.58
TOCS	Mg ha <sup>-1</sup>	33.64	64.00	44.33	12.23	27.58	0.94

Yukarı Dicle Havzasında bulunan bazı ormanlık alanların OM içeriği %1.91 ile 3.54 arasında ve TOCS miktarı ise 33.64 ile 64.00 Mg ha<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalama OM içeriği %2.72 ve ortalama TOCS miktarı 44.33 Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Çoğunlukla Meşe ağaçlarından ve çalılardan oluşan ormanlık alanlar havzada en yüksek TOCS miktarına sahip alanları oluşturmaktadır. Bununla birlikte, bu TOCS miktarı ülkemizde ormanlık alanlarda yapılan birçok araştırmada rapor edilen ortalama TOCS değerlerinden daha düşüktür. Bunun temel nedeni ormanlık alanların uygunsuz biçimde otlatılması, bitki örtüsünün seyrek olması, sık orman yangınları ve yer yer ormanlık alanlarda görülen şiddetli su erozyonudur (Şekil 5). Adana ilinde ormanlık alanlarda 0-20 cm toprak derinliğinde ortalama TOCS miktarı 56.48 Mg ha<sup>-1</sup> (Evrendilek et al., 2012), Kastamonu ilinde genç köknar ağaçlarından oluşan ormanlarda TOCS miktarı 48.6 Mg ha<sup>-1</sup> köknar ağaçlarından oluşan ormanda ise 47.4 Mg ha<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir (Sarıyıldız ve ark., 2017). Araştırmacılar, ormanlık alanlarda depolanan C miktarının, bölgenin iklimine, topoğrafyasına, toprak tipine, ağacın türü ve yaşına göre değiştiğini rapor etmişlerdir.

Varyasyon analizi sonuçlarına göre yarı kurak bir iklime sahip Yukarı Dicle Havzasında bulunan farklı arazi kullanımları altındaki topraklar OM içeriği ve

TOCS miktarı bakımından P<0.01 önem seviyesinde birbirlerinden farklı iken, hacim ağırlığı bakımından arazi kullanımları arasında önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Arazi kullanımlarının benzerliklerini belirlemek için yapılan DUNCAN testine göre hem OM içeriği hem de TOCS miktarı bakımından meyve bahçeleri ile mera alanlarının benzer olduğu diğer arazi kullanımlarının ise önemli düzeyde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Hacim ağırlığı bakımından ise tüm arazi kullanımlarının benzer özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 4). Daha öncede değinildiği gibi yoğun bir şekilde uygulanan toprak işleme yöntemleri agregatların parçalanmasına ve agregatlar içerisinde tutulan organik maddenin daha fazla ayrışmasına neden olmaktadır (Polat ve ark., 2012). Ayrıca toprak işleme yöntemlerinin kolay uygulanabilmesi ve zararlı böcek ve hastalık riski oluşturduğu düşüncesi nedenleri ile özellikle buğday ve arpa ekili alanlarda hasattan sonra anızlar yakılmaktadır (Gürsoy ve ark., 2013). Anızların yakılması ile toprağa karışacak organik atıklar azalmaktadır (Coşkan ve ark., 2006). Bu nedenlerden dolayı tarla bitkileri ekili alanlarda OM ve TOCS değerleri diğer kullanımlara göre daha düşük çıkmıştır. OM ve TOCS değerlerinin düşük olduğu ve birbirine benzer özellik gösteren diğer arazi kullanımları ise mera alanları ile meyve bahçeleridir. Çalışma alanında incelenen meyve

bahçelerinde yabancı ot kontrolü genellikle toprak işleme yöntemleri ile gerçekleştirildiğinden bu alanlarda organik maddenin ayrışması daha fazla olmaktadır. Mera alanlarının yoğun bir şekilde otlatılması ise toprağa karışacak organik materyalin azalmasına zamanla da mera kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle mera alanları ve meyve bahçeleri ortalama OM ve TOCS değerleri bakımından diğer kullanımlara göre farklılık göstermiştir. Çalışma alanının kuzey kısmı hem yağışların fazla olduğu hem de bitki örtüsünün en

yoğun olduğu ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Genellikle ormanlıklarda toprakta organik maddenin birikimi ayrışmadan daha fazla olmaktadır (Neill et al., 1997; Perie and Quimet, 2008). Bu nedenle toprakta OM birikimi artmaktadır. Ormanlık alanlarda ortalama OM içeriğinin diğer kullanımlara göre daha yüksek olması ortalama TOCS değerinin daha yüksek olmasına neden olmuştur. Bu nedenlerden dolayı ortalama OM ve TOCS değerleri bakımından arazi kullanımları farklılık göstermiştir.



Şekil 5. Çalışma alanındaki ormanlık alanlarda görülen yüzey erozyonu

Tablo 4 Arazi kullanımlarına göre toprak özelliklerine ait DUNCAN ve ANOVA testi verileri

	TOCS	OM	Hacim Ağırlığı
Tarla Bitkileri	28.91c	1.73c	1.45a
Meyve Bahçeleri	31.97cb	1.87cb	1.48a
Mera Alanları	32.17cb	1.92cb	1.46a
Sebze Bitkileri	38.23ba	2.34ba	1.43a
Ormanlık Alanlar	44.33a	2.72a	1.40a
ANOVA	0.000	0.000	0.766

#### 4. Sonuçlar

Elde edilen bulgular, yarı kurak bir iklime sahip Yukarı Dicle Havzasında arazi kullanımlarındaki farklılığın toprakta depolanacak organik C miktarı üzerine önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada, yoğun tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda uygulanan geleneksel

toprak işleme yöntemlerinin ve mera alanları üzerindeki baskının toprak organik maddesini dolayısı ile toprakta depolanacak C miktarını önemli ölçüde azalttığı da tespit edilmiştir. Sonuçlar, Yukarı Dicle Havzası ve benzer iklim özelliklerine sahip diğer bölgelerde organik madde üzerinde olumsuz etkiye sahip olan geleneksel toprak işleme yöntemlerinden uzaklaşıp birçok ülkede kabul gören korumalı toprak işleme yöntemlerinin uygulanmasının, meraların ıslah edilmesinin ve ormanlık alanlarda oluşan tahribatın ortadan kaldırılarak sürdürülebilir orman yönetiminin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

#### Teşekkür

Bu çalışma, 2140374 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında desteklenmiştir.

**Kaynaklar**

Acar, M., Celik, I., and Günel, H., 2018. Effects of long-term tillage systems on aggregate-associated organic carbon in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 7(1), 51-58.

Alvarez, C., Alvarez, C. R., Costantini, A., Basanta, M., 2014. Carbon and nitrogen sequestration in soils under different management in the semi-arid Pampa (Argentina). *Soil and Tillage Research*, 142, 25-31.

Baker, J. M., Ochsner, T. E., Venterea, R. T., Griffis, T. J., 2007. Tillage and soil carbon sequestration—What do we really know? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 1-5.

Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Pavinato, A., Dieckow, J., 2006. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil and tillage research*, 86(2), 237-245.

Blake GR, Hartge K.H., 1986. Bulk Density. *Methods of Soil Analysis, Part 1, Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, USA*. pp: 363-375,

Blanco-Canqui, H., Lal, R., 2008. No-tillage and soil-profile carbon sequestration: An on-farm assessment. *Soil Science Society of America Journal*, 72(3), 693-701.

Budak, M., Gunal, H., Celik, I., Yildiz, H., Acir, N., Acar, M., 2018. Soil Quality Assessment Of Upper Tigris Basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13(1), 301-316.

Büchi, L., Wendling, M., Amossé, C., Jeangros, B., Sinaj, S., Charles, R., 2017. Long and short-term changes in crop yield and soil properties induced by the reduction of soil tillage in a long-term experiment in Switzerland. *Soil and Tillage Research*, 174, 120-129.

Celik, I., Gunal, H., Budak, M., Akpınar, C., 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma*, 160(2), 236-243.

Çelik, R., 2015. Temporal changes in the groundwater level in the Upper Tigris Basin, Turkey, determined by a GIS technique. *Journal of African Earth Sciences*. 107: 134-143.

Conceição, P. C., Dieckow, J., Bayer, C., 2013. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. *Soil and Tillage Research*, 129, 40-47.

Coşkan, A., Gök, M., Doğan, K. 2006. Anız yakılmış ve yakılmamış parseller üzerine uygulanan tütün atığının soyada biyolojik azot fiksasyonuna ve verime etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(3), 239-245.

Dignac, M. F., Derrien, D., Barré, P., Barot, S., Cécillon, L., Chenu, C., Chevallier, T., Freschet, G.T., Garnier, P., Guenet, B., Hedde, M., Klumpp, K., Lashermes, G., Maron, P.A., Nunan, N., Roumet, C., Doelsch I.B., 2017. Increasing soil carbon storage: mechanisms, effects of agricultural practices and proxies. A review. *Agronomy for sustainable development*, 37(2), 14.

Don, A., Schumacher, J., Freibauer, A., 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. *Global Change Biology*, 17(4), 1658-1670.

Evrendilek, F., Celik, I., and Kılıç, S., 2004. Changes in soil organic carbon and other physical soil properties along adjacent Mediterranean forest, grassland, and cropland ecosystems in Turkey. *Journal of Arid Environments*, 59(4), 743-752.

Gao, L., Becker, E., Liang, G., Houssou, A. A., Wu, H., Wu, X., Cai, D., Degré, A., 2017. Effect of different tillage systems on aggregate structure and inner distribution of organic carbon. *Geoderma*, 288, 97-104.

Gee GW, Bauder J.W., 1986. Particle-size Analysis. In A.L. Page (ed.). *Methods of soil analysis, Part1, Physical and Mineralogical Methods. Second Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy, Madison, WI. P: 383-411.*

Gözübüyük, Z., Öztaş, T., Çelik, A., Yıldız, T., Adıgüzel, M.C., 2017. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(2), 48-54.

Gürsoy, S., Sessiz, A., Songül, A., 2013. Diyarbakır İlinde Uygulanan Toprak İşleme Yöntemleri ve Makinalı Ekimde Karşılaşılan Sorunlar. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(3), 184-185.

Halvorson, A. D., Wienhold, B. J., Black, A.L., 2002. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal*, 66(3), 906-912.

Han, P., Zhang, W., Wang, G., Sun, W., Huang, Y., 2016. Changes in soil organic carbon in croplands subjected to fertilizer management: a global meta-analysis. *Scientific Reports* 6 29330 DOI: 10.1038/srep29330

Hayas, A., Poesen, J. and Vanwalleghem, T., 2017. Rainfall and Vegetation Effects on Temporal Variation of Topographic Thresholds for Gully Initiation in Mediterranean Cropland and Olive Groves. *Land Degradation & Development*, 28(8), 2540-2552.

Huang, M., Liang, T., Wang, L., Zhou, C., 2015. Effects of no-tillage systems on soil physical properties and carbon sequestration under long-term wheat–maize double cropping system. *Catena*, 128, 195-202.

Kucharik, C. J., Brye, K. R., Norman, J. M., Foley, J. A., Gower, S. T., Bundy, L. G., 2001. Measurements and modeling of carbon and nitrogen cycling in agroecosystems of southern Wisconsin: potential for SOC sequestration during the next 50 years. *Ecosystems*, 4(3), 237-258.

Lal, R., and Kimble, J.M., 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 49(1-3), 243-253.

Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304, 1623–1627.

Lal, R., Delgado, J., Groffman, P., Millar, N., Dell, C., Rotz, A., 2011. Management to mitigate and adapt to climate change. *J. Soil Water Conserv.* 66, 276–285.

- Lal, R., 2015. Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 70(3), 55A-62A.
- Lu, X., Liao, Y., 2017. Effect of tillage practices on net carbon flux and economic parameters from farmland on the Loess Plateau in China. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1617-1624.
- Masocha, M., Dube, T., Skidmore, A., Holmgren, M., Prins, H., 2017. Assessing effect of rainfall on rate of alien shrub expansion in a southern African savanna. *African Journal of Range & Forage Science*, 34(1), 39-44.
- Mishra, U., Ussiri, D.A., Lal, R., 2010. Tillage effects on soil organic carbon storage and dynamics in Corn Belt of Ohio USA. *Soil and Tillage Research*, 107(2), 88-96.
- Nelson, D.W., Sommer, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A.L. Page (ed.) *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed. ASA Monogr. 9(2). Amer. Soc. Agron. Madison, pp. 539-579.
- Neill, C., Melillo, J. M., Steudler, P. A., Cerri, C. C., de Moraes, J. F., Piccolo, M. C., Brito, M. 1997. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. *Ecological Applications*, 7(4), 1216-1225.
- Nourani, V., Fard, A. F., Gupta, H.V., Goodrich, D.C. Niazi, F., 2017. Hydrological model parameterization using NDVI values to account for the effects of land cover change on the rainfall-runoff response. *Hydrology Research*, 48(6), 1455-1473.
- Olson, K.R., Al-Kaisi, M.M., Lal, R., Lowery, B., 2014. Experimental consideration, treatments, and methods in determining soil organic carbon sequestration rates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 78, 348-360.
- Paustian, K., Andren, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., Noordwijk, M.V., Wooster, P.L., 1997. Agricultural soils as a sink to mitigate CO<sub>2</sub> emissions. *Soil Use Management* 13, 230-244.
- Perie, C., Ouimet, R., 2008. Organic carbon, organic matter and bulk density relationships in boreal forest soils. *Canadian journal of soil science*, 88(3), 315-325.
- Poepflau, C., Don, A., 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops—A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 33-41.
- Polat, O., Polat, S., Akça, E., 2012. Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi: Tarsus-Karabucak Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, Özel*, (313-319).
- Reichert, J. M., Mentges, M. I., Rodrigues, M. F., Cavalli, J. P., Awe, G. O., Mentges, L.R., 2018. Compressibility and elasticity of subtropical no-till soils varying in granulometry organic matter, bulk density and moisture. *Catena*, 165, 345-357.
- Sakin, E., Sakin, E. D., Seyrek, A., 2014. Diyarbakır İli Yüzey Topraklarının Karbon Stokları ve Miktarları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18(2), 1-5.
- Sariyildiz, T., Savaci, G., Maral, Z., 2017. Effect of Different Land Uses (Mature and Young Fir Stands-Pasture and Agriculture Sites) on Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stock Capacity in Kastamonu Region. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 17(1), 132-142.
- Shang-Qi, X. U., Zhang, M.Y., Zhang, H. L., Fu, C.H.E.N., Guang-Li, Y.A.N.G., Xiao-Ping, X.I.A.O., 2013. Soil organic carbon stocks as affected by tillage systems in a double-cropped rice field. *Pedosphere*, 23(5), 696-704.
- Seydoşoğlu, S., Saruhan, V., Mermer, A., 2015. Diyarbakır ili Silvan ilçesi taban meralarının vejetasyon yapısı üzerinde bir araştırma. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 1-7.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., Howden M., McAllister T., Pan G., Romanenkov V., Schneider U., Towprayoon S., 2007. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 6-28.
- Söderström, B., Hedlund, K., Jackson, L.E., Kätterer, T., Lugato, E., Thomsen, I.K., Bracht Jørgensen, H., 2014. What are the effects of agricultural management on soil organic carbon (SOC) stocks? *Environ. Evidence* 3, 1-8.
- Sun, J., Peng, H., Chen, J., Wang, X., Wei, M., Li, W., Yang, L., Zhang, Q., Wang, W., Mellouki, A., 2016. An estimation of CO<sub>2</sub> emission via agricultural crop residue open field burning in China from 1996 to 2013. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2625-2631.
- Sütçü, Y.F., 2008. Geological Maps of Turkey, Muş L 46 Map Section. No 71. General Directorate of Mineral Research and Explorations. Ankara/Turkey.
- Türkeş, M., 2012. Kuraklık, çölleşme ve Birleşmiş Milletler çölleşme ile savaşım sözleşmesinin ayrıntılı bir çözümlemesi.
- Qin, Z., Dunn, J.B., Kwon, H., Mueller, S., Wander, M.M., 2016. Soil carbon sequestration and land use change associated with biofuel production: empirical evidence. *Gcb Bioenergy*, 8(1), 66-80.
- Vicente-Vicente, J.L., García-Ruiz, R., Francaviglia, R., Aguilera, E., Smith, P., 2016. Soil carbon sequestration rates under Mediterranean woody crops using recommended management practices: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235, 204-214.
- Yadav, G.S., Lal, R., Meena, R.S., Babu, S., Das, A., Bhowmik, S.N., Datta, M., Layak, J., Saha, P., 2017. Conservation tillage and nutrient management effects on productivity and soil carbon sequestration under double cropping of rice in north eastern region of India. *Ecological Indicators*.
- Yang, F., Zhang G., Yin X., Liu Z., 2011. Yang, F., Zhang, G., Yin, X., Liu, Z., 2011. Field-scale spatial variation of saline-sodic soil and its relation with environmental factors in Western Songnen Plain of China. *International Journal Of Environmental Research and Public Health*, 8(2): 374-387.
- Zhang, S., Li, Q., Lü, Y., Zhang, X., Liang, W., 2013a. Contributions of soil biota to C sequestration varied with aggregate fractions under different tillage systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 62, 147-156.

Zhang, M.Y., Wang, F.J., Chen, F., Malemela, M. P., Zhang, H.L., 2013b. Comparison of three tillage systems in the wheat-maize system on carbon sequestration in the North China Plain. *Journal of Cleaner Production*, 54, 101-107.

## Parasitization Preference of *Hyposoter didymator* (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae) on the Larval Stages of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)\*

M. Şimşek<sup>1</sup>, Y. Kondur<sup>2,a</sup>

<sup>1</sup>General Directorate of Agricultural Research and Policies, Department of Plant Health, Ankara, TURKEY

<sup>2</sup> Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Forest Engineering Department, Çankırı, TURKEY

### ARTICLE INFO

Received 6 June 2018

Accepted 12 July 2018

\*Corresponding author's e-mail address:  
yalcinkondur@karatekin.edu.tr

\* This study was presented at ICELIS'18 (International Congress on Engineering and Life Science, 26-29 April 2018, Kastamonu, Turkey) as an oral presentation.

### ABSTRACT

The young instars (1-3<sup>rd</sup> instars) of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) were used in order to determine parasitization preference of the parasitoid *Hyposoter didymator* (Thun.) (Hymenoptera: Ichneumonidae) which may develop inside *H. armigera*. One of 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> instar larvae and an experienced *H. didymator* female were inserted into a petri dish and then observed for parasitization. The parasitized larva that *H. didymator* inserted her ovipositor was immediately removed from the petri dish and another group of 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> instar larvae were inserted into the petri dish. This procedure was

continued until 20 host larvae were parasitized. Parasitized larvae were inserted into transparent 100 ml cylinders with artificial insect diet. All cylinders were stored in the growth chamber at 25±1°C temperature and 65%±5 humidity. The parasitized larvae were dissected at Ringer's solution under a stereomicroscope and the eggs of parasitoid were searched since the parasitoid eggs could easily be seen after 24 hours later than the parasitization. After dissection, the larvae with parasitoid egg were accepted as preferred by the parasitoid and the parasitization ratios (%) for 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> instar *H. armigera* larvae by *H. didymator* were calculated. Results show that the host instar preferences of *H. didymator* females were significantly different ( $F_{(2,24)}=38,055$ ;  $P<0,05$ ) and the most preferred *H. armigera* instar was the 3<sup>rd</sup> instar (52%), then the 2<sup>nd</sup> instar (32%). The least preferred *H. armigera* instar was the 1<sup>st</sup> instar (16%). We believe that these results may be useful in *H. didymator* breeding programs.

**Keywords:** *Hyposoter didymator*, *Helicoverpa armigera*, larval stages preference, parasitoid

## *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın larva parazitoiti *Hyposoter didymator* (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'un tercih ettiği larva dönemlerinin tespiti

### ÖZ

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın larva parazitoiti *Hyposoter didymator* (Thun.) (Hymenoptera: Ichneumonidae)'un tercih ettiği dönemlerin tespiti amacıyla ele alınan bu çalışmada, konukçu olarak *H. armigera*'nın larvaları kullanılmıştır. *H. armigera*'nın 1'inci, 2'inci ve 3'üncü dönemdeki larvalarından birer adet alınarak petriye yerleştirildikten sonra parazitlenme bakımından deneyimli 1 adet *H. didymator* dişi verilerek gözlenmiştir. *H. didymator* dişisinin ovipozitörünü sokarak parazitlediği konukçu larvası hemen ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Bunun yerine, aynı kategoriden olmak üzere 1'er larva (1'inci, 2'inci ve 3'üncü dönem) verilerek 20 adet konukçu larvası parazitleninceye kadar çalışmaya devam edilmiştir. Parazitlenen larvalar, içerisinde yapay böcek yemi konulmuş 100 ml'lik şeffaf kutulara teker teker yerleştirilmiştir. Bu kutular 25±1°C sıcaklık ve %65±5 oranlı neme ayarlı iklim odasına tutulmuştur. Parazitlenmeden 24 saat sonra buradan alınan larvalar, petride Ringer ortamında stereo-mikroskop altında disekte edilerek parazitoitin yumurtası incelenmiştir. Parazitlenmeden 24 saat sonra yapılan incelemede, parazitoitin konukçu larvası içerisindeki açılmamış yumurtalarının kolaylıkla görülebileceği anlaşılmıştır. İnceleme sonucunda, parazitoitin yumurtası bulunan larvalar, parazitoit tarafından tercih edilmiş larva dönemi olarak

### Citation:

Şimşek, M. Kondur, Y., 2018. Parasitization Preference of *Hyposoter didymator* (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae) on the Larval Stages of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 75-81.



değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda, *H. didymator* dişilerinin konukçu tercihinin *H. armigera* larva dönemlerine göre önemli düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir ( $F_{(2,24)}=38,055$ ;  $P<0,05$ ). *H. didymator* dişilerinin yumurtasını koymasını bakımından en çok 3'üncü dönem *H. armigera* larvalarını tercih ettiği (%52), bunu sırasıyla 2'inci dönem larvalarının izlediği (%32), 1'inci dönemdeki konukçu larvalarını ise en az düzeyde tercih ettiği (%16) tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların *H. didymator*'un toplu olarak yetiştirilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Hyposoter *didymator*, *Helicoverpa armigera*, larva dönemi tercihi, parazitoit

## 1. Introduction

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is one of the most serious insect pests of over 181 plant species out of 45 families (Bahena *et al.*, 1999; Srivastava *et al.*, 2005). One of the parasitoids of this pest is *Hyposoter didymator* (Thun.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). This parasitoid is a polyphagous solitary endoparasitoid which may parasitize various Noctuidae species other than *H. armigera*. Typically, adult females of *H. didymator* oviposit an egg onto a dorsolateral area of the host. The larvae of the parasitoid develop inside the host (Bahena *et al.*, 1999). After completing three instars within 8-12 days inside the host (Jalali *et al.*, 1988), *H. armigera*, the larva kills and leaves the host. Then, the parasitoid larva forms a silken protective cocoon and emerges as an adult after pupation of 6-7 days (Bahena *et al.*, 1999).

There are certain studies in the literature that *H. didymator* is with lepidopterous pests which are harmful to many cultural plants in many regions in Turkey, and this parasitoid is playing a major role in controlling pests (Karaat and Göven, 1987; Göven and Özgür, 1990; Özdemir and Kılınçer, 1990; Göven and Efil, 1994; İkinçisoğ *et al.*, 1994; Koçlu and Karsavuran, 1999; Atlıhan *et al.*, 2003; Sertkaya *et al.*, 2004; Sertkaya and Bayram, 2005; Kaya and Korşonor, 2008; Gözüaçık and Mart, 2009). Our literature search showed that *Hyposoter* genus is common in all of the zoogeographical regions (Yu *et al.*, 2005) and *H. didymator* is known in Egypt, Israel, Iran, and Azerbaijan (King *et al.*, 1981; Karimpour *et al.*, 2005; Ghadiri *et al.*, 2007). Also, it is an important parasitoid of *H. armigera* in the cotton fields in Azerbaijan and the parasitoid attacks the young instars (5-15 mm) of the pest (Bar *et al.*, 1979; Abidinbekova and Mustafina, 1991). In the U.S., parasitoid species of the genus *Hyposoter* is found where *Helicoverpa* species are found (Neunzig, 1963), it exists in Australia, eastern and western Palearctic regions (Yu *et al.*, 2005), and also it is also the most important parasitoid of *H. armigera* in Greece and Bulgaria (Carl, 1978). The literature about *H. didymator* which is a natural enemy of the noctuids both in agriculture and forest areas show that the previous studies are limited both

in Turkey and other countries with regard to the literature given above. We believe that the limited literature about *H. didymator* is due to the mass rearing of this parasitoid species in laboratory and maintaining the parasitoid population being extremely difficult. A recent study by Şimşek (2017) carried out in laboratory conditions regarding the biological relationships between *H. didymator* and its host *H. armigera* is one of the most detailed studies in Turkey (Şimşek, 2017). However, more studies are needed on this subject. Thus, this study is carried out in order to determine the host preference of the parasitoid *H. didymator* when the young instars (1-3) of the host *H. armigera* are present in the laboratory conditions since we could not find any literature on this subject.

## 2. Materials and methods

The main material of this study were the young instars (1-3) of the host *H. armigera* and also male and female *H. didymator* adults. Stereomicroscope, Petri dishes, transparent plastic jars with 100 ml volume, artificial insect diet (Southland Products Inc., USA), honey, smooth brushes, ethanol, aspirator, and Ringer solution were used as auxiliary materials.

All experiments were carried out at growth chamber that was set at  $25\pm 1^\circ\text{C}$  temperature and  $65\%\pm 5$  humidity with 16:8 Light: Darkness conditions.

The laboratory colonies of *H. didymator* and its alternative host *H. armigera* were used in the experiments. Both the parasitoid and its host were reared in Çankırı Karatekin University Faculty of Forestry laboratory according to the literature (Harrington *et al.*, 1993; Bahena *et al.*, 1999; Mironidis and Savopoulou-Soultani, 2009; Yassin and Özkan, 2011; Şimşek, 2017). The young instars (1-3) of *H. armigera* were used as hosts and 5-6 day-old *H. didymator* adult females with parasitization experience were used in the experiments (Figure 1).



Figure 1 The adult female of *Hyposoter didymator* (Thunberg)

The instars of *H. armigera* larvae were determined after measuring the head capsule width under a stereomicroscope as 1<sup>st</sup> instar (0.257-0.314 mm), 2<sup>nd</sup> instar (0.400-0.485 mm) or 3<sup>rd</sup> instar (0.600-0.743 mm) (Mohammadi *et al.*, 2010). One of each instar of *H. armigera* were moved to 5 cm diameter Petri dish with a smooth brush. Then, a 5-6 day-old *H. didymator* female with parasitization experience was introduced into the petri dish with hosts and observed for parasitization. Parasitoid females were given a chance of choosing according to own decision of one out of the given three instars. After the parasitoid inserted its ovipositor into a host, the parasitized larva removed from the petri dish with a smooth brush and another larva of the same instar was introduced into the petri dish. Since there is a difference between ovipositor insertion and oviposition numbers (Glynn and Powell, 1992), removed larvae which were supposed to be parasitized were inserted into 100 ml transparent plastic jars separately and 1 cm<sup>3</sup> of the artificial insect diet was inserted for the larva to feed. All movement process of the larvae was conducted with a smooth brush. Then all the jars were closed with covers with holes for air ventilation. The parasitized larva and non-parasitized larvae were removed and then new larvae of the three instars were inserted into the petri dish when parasitization had occurred. The experiments were continued until 20 larvae were parasitized for each parasitoid females. When the host larvae were dissected after 24 hours later than the parasitization, the parasitoid eggs may easily be seen within Ringer's solution under a stereomicroscope and determine whether the host larvae were parasitized or not (Bertil, 1984; Tillman and Powell, 1989). Thus, the eggs of the parasitoid were searched within the host larvae in Ringer's solution under a stereomicroscope in order to check whether the host larvae are parasitized or not. When

an *H. didymator* egg was found in a host body, it was accepted as a preferred host (Figure 2).

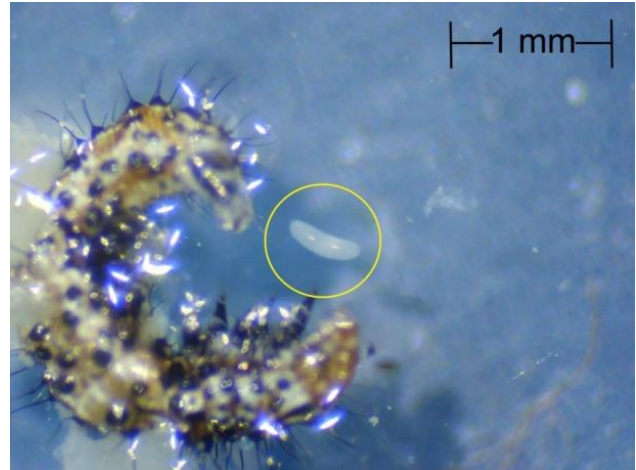


Figure 2 *Hyposoter didymator* (Thun.) egg found inside the 2<sup>nd</sup> instar *Helicoverpa armigera* (Hübner) host after dissection

The possible reason for *H. didymator* to prefer the 1<sup>st</sup> instar larvae the least may be the difficulty of insertion of the ovipositor into the host body since the 1<sup>st</sup> instar host larvae have very small bodies and the most probable reason for *H. didymator* to prefer 3<sup>rd</sup> instar host larvae may be the abundance of the food for the development of the parasitoid larva in the host body and also be much easier parasitization.

The experiment was designed according to random plots experimental design with 3 replicates. In each replicate, 3 parasitoid females were used and for each parasitoid female, 20 of each instar larvae. A total of 9 parasitoid females and 540 *H. armigera* larvae were prepared however only 180 of the larvae were used. Parasitization ratios of *H. didymator* for first, second and third instars of *H. armigera* were calculated. ANOVA and Tukey's-b statistical tests were applied to determine the parasitoid preference. Statistical evaluation was carried out in SPSS Software.

### 3. Results and discussion

The larval host, *Helicoverpa armigera* (Hübner) instar preference of the parasitoid, *Hyposoter didymator* for parasitization in a petri dish is given in Table 1 and Figure 3.

Table 1 The host preference of *Hyposoter didymator* by the larval instars of *Helicoverpa armigera*.

<i>Helicoverpa armigera</i> Larval Instars	Parasitization Ratio (%)±Std.Err.	F <sub>(2,24)</sub>	P
1	15,89 ± 3,51 c	38,055	0,000
2	32,00 ± 2,26 b		
3	52,44 ± 2,81 a		

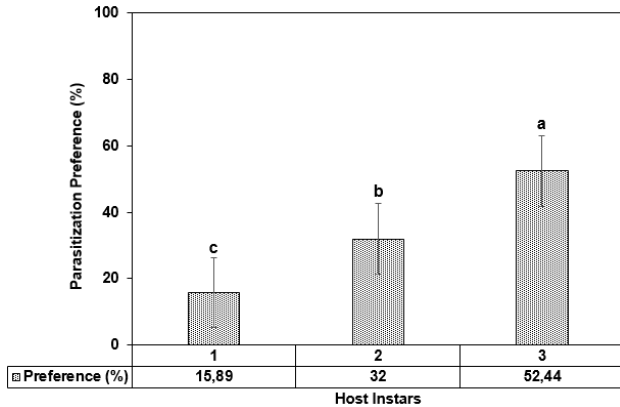


Figure 3 The host preference of *Hyposoter didymator* (Thunberg) by various instar (1-3) larvae of *Helicoverpa armigera* (Hübner)

Table 1 and Figure 3 show that the host preferences of *H. didymator* females on various *H. armigera* instar larvae were 15.89%±3.51 at 1<sup>st</sup> instar, 32.00%±2.26 at 2<sup>nd</sup> instar, and 52.44±2.81 at 3<sup>rd</sup> instar. The host instar preference of *H. didymator* changes significantly by the larval instar of *H. armigera* ( $F_{(2,24)}=38,055$ ;  $P<0,05$ ). These results indicate that *H. didymator* prefers the 3<sup>rd</sup> instar larvae of *H. armigera* most, then the 2<sup>nd</sup> instar larvae and the 1<sup>st</sup> instar larvae the least. Results of a survey study carried out in Spain between 1995 and 1998 show that parasitization ratios were found as 5%, 48% and 46% at the first, second and the third instars of *H. armigera* which were collected from the field and fed with an artificial insect diet in the laboratory (Torres-Vila *et al.*, 2000). The possible reason for *H. didymator* to prefer the 1<sup>st</sup> instar larvae the least may be the difficulty of insertion of the ovipositor into the host body since the 1<sup>st</sup> instar host larvae have very small bodies and the most probable reason for *H. didymator* to prefer 3<sup>rd</sup> instar host larvae may be the abundance of the food for the development of the parasitoid larva in the host body and also be much easier parasitization.

Parasitization ratios of the young instar (1-3) *H. armigera* larvae by *H. didymator* female when the host larvae are introduced separately in a petri dish and comparison results from another study (Şimşek, 2017) are given in Table 2.

Table 2 Comparison of the parasitization ratios of the young (1, 2 and 3) instar *Helicoverpa armigera* (Hübner) larvae by *Hyposoter didymator* (Thunberg) (Şimşek, 2017).

Parasitized <i>Helicoverpa armigera</i> Larval Instars	Parasitization Ratio (%) Mean±Std. Error	F <sub>(2,6)</sub>	P
1	83.71 ± 1.46 a	2,076	0,206
2	90.15 ± 0.84 a		
3	86.74 ± 2.68 a		

The evaluation of the parasitization ratios of the young instar *H. armigera* larvae by *H. didymator* (Şimşek, 2017) show that the parasitization ratios were 83.71%±1.46, 90.15%±0.84 and 86.74%±2.68 with regard to larval age, and the parasitization difference between larval instars are not significant ( $F_{(2,6)}=2,076$ ;  $P>0,05$ ), and *H. didymator* may successfully parasitize three instars of *H. armigera* while three instars have sufficient food resource for the development of the parasitoid larva (Şimşek, 2017). Higher parasitization ratios at young instars may be due to the introduction of various instars of the host individually and due to the forced parasitization activity for the given host. This also suggests that when *H. didymator* female inserts its ovipositor, the parasitoid oviposits only one egg. In literature, *H. didymator* is reported to insert its ovipositor into *H. virescens* and oviposited an egg 10.3 out of 11 times on average (Glynn and Powell, 1992). In another study, *H. didymator* is reported to have a parasitization ratio of 80% without reporting any host instar data (Schneider and Vinuela, 2007), and also *H. didymator* is reported to accept the young instars of *H. virescens* by 85-100% in another study (Tillman and Powell, 1989). These reports also support our results.

We believe that high parasitization at 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> instar (32% and 52.44% respectively) larvae of the pest which burrow the tomato fruit is beneficial by killing the pest larvae directly (Figure 4) and decrease the pest population density (Schneider and Vinuela, 2007), and also decrease the yield loss indirectly since the parasitized larvae were observed not to feed. It is an important parameter with regard to the development of the parasitoid that the parasitoid larva does not allow its host to die while it is feeding inside the host (Lawrence, 1986; Lawrence, 1990). It is also reported that biological agents decrease their hosts' population densities thus decrease the yield loss of many agricultural pests. Parasitization removes the parasitized larvae out of the population (the indirect effect of decreasing the next generation) and decreases the feeding damage

of the pest larvae by changing the feeding habits of the host (the direct effect on the current generation). So, it is important for decreasing the larval damage on the cultural plants (Powell, 1989). Results of another study carried out on *Spodoptera littoralis*, another host of *H. didymator* show that non-parasitized larvae consume much more food than parasitized ones (Morales *et al.*, 2007). The food consumption of the 3<sup>rd</sup> instar larvae of *S. littoralis* that parasitized by *H. didymator* decreases 4 days after the parasitization and the 6<sup>th</sup> instar *S. littoralis* larvae loses 13% of their weights (Morales *et al.*, 2007). Results of another study on the same host species suggest that parasitized larvae are advantageous in yield loss since parasitization had a negative effect on the parasitized larvae (Kumar and Ballal, 1992; Kaeslin *et al.*, 2005).



Figure 4 Exit of the last instar of *Hyposoter didymator* (Thunberg) from *Helicoverpa armigera* larva which the parasitoid larva after consuming its host

*H. didymator* may parasitize all larval instars (1-5) of *H. armigera* (Mironidis and Savopoulou-Soultani, 2009), however, in general, the larvae of the pest feed on the leaves of the host plant when in 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> instars and then enters the fruit by burrowing (Anonymous, 1995). Thus, parasitization of the host larvae at latter instars does not seem possible. The healthy larvae are protected in the tomato fruit and also cause the fruit to lose its market value by causing the fruit to rot. Also, it is observed that the old (4 and 5) instars of *H. armigera* attack the parasitoid adult, and even kill parasitoids by attacking. Due to these reasons, the parasitization of the old instars does not have any practical importance and also parasitization of the old instars does not seem possible.

Finally, we believe that the results of this study that have been carried out in the laboratory may be useful at maximizing the utilization of *H. didymator*

as a biological control agent at Integrated Pest Management (IPM) programs from which is an important parasitoid of *H. armigera*, and also may be useful in mass production of the parasitoid species in the laboratory conditions.

## References

- Abidinbekova, A.A., Mustafina, K.M., 1991. Characteristics of the biology and ecology of *Hyposoter didymator* Thund. Ichneumonidae a parasitoid of the cotton moth *Heliothis armigera* Hb. (Noctuidae) in Azarbaidzhan. Review of Agricultural Entomology 74, Abstr.
- Anonymous, 1995. Zirai Mücadele Teknik Talimatları Cilt 2. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, 435p.
- Atlıhan, R., Yardımcı, E.N., Özgökçe, M.S., Kaydan, M.B., 2003. Van İli ve Çevresinde Patates Ekiliş Alanlarındaki Zararlı Böcek Türleri ve Doğal Düşmanları. Tarım Bilimleri Dergisi 9, 291-295.
- Bahena, F., Budai, F., Adan, A., DelEstal, P., Vinuela, E.E., 1999. Scanning Electron Microscopy of *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in Host *Mythimma umbriger* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. Ann. Entomol. Soc. Am 92, 144-152.
- Bar, D., Gerling, D., Rossler, Y., 1979. Bionomics of the Principal Natural Enemies Attacking *Heliothis armigera*, Cotton Field in Israel. Environmental Entomology 8, 468-474.
- Bertil, H., 1984. Ionic Channels of Excitable Membranes. Sunderland Mass. 01375 : Sinauer Associates Inc., ISBN: 0-87893-332-0.
- Carl, P., 1978. *Heliothis armigera* parasite survey and introduction of *Apantheles kazak* to New Zealand. Commonwealth Institute of Biological Control Report. European Station Delemont, Switzerland, 8p.
- Ghadiri, S., Ebrahimi, E., Akbarpoor, A., 2007. Report of two parasitoid wasps on *Heliothis armigera* (Lep., Noctuidae) from Iran. Journal of Entomological Society of Iran 26, 93-94.
- Glynn, T.P., Powell, J.E., 1992. Intraspecific host discrimination and larval competition in *Microplitis croceipes*, *Microplitis demolitor*, *Cotesia kazak* (Hym., Braconidae) and *Hyposoter didymator* (Hym., Ichneumonidae) parasitoids of *Heliothis virescens* (Lep., Noctuidae). Entomophaga 37, 229-237.
- Göven, M.A., Efil, L., 1994. Dicle vadisi pamuk alanlarında zararlı Yeşilkurt (*Heliothis armigera* Hübn.) (Lepidoptera: Noctuidae)un doğal düşmanları ve etkinlikleri üzerinde araştırmalar. Türkiye III. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak 1994, İzmir, 449-457.
- Göven, M.A., Özgür, A.F., 1990. Güneydoğu Anadolu Bölgesi pamuk ekim alanlarında önemli zararlıların popülasyonunun baskı altında tutulmasında doğal düşmanların rolü. Çevre Biyolojisi Sempozyumu, 17-19 Ekim 1990, Ankara.

- Gözüaçık, C., Mart, C., 2009. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde mısırdaki (*Zea mays* L.) zararlı bazı Lepidoptera larvalarının doğal parazitlenme oranlarının belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni 49, 107-116.
- Harrington, S.A., Hutchingson, P., Dutch, M.E., Lawrence, P.J., Michael, P.J., 1993. An efficient method of mass rearing two introduced parasitoids of noctuids (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of the Australian Entomological Society 32, 79-80.
- İkincisoym, Y., Korşonor, S., Sertkaya, E., 1994. Çukurova'da *Mythimna loreyi* Dup. (Lep., Noctuidae) larvalarının doğal düşmanları üzerinde araştırmalar. Türkiye III. Biyolojik Mücadele Kongresi, 25-28 Ocak 1994, İzmir, 647-648.
- Jalali, S.K., Singh, S.P., Ballal, C.P., Kumar, P., 1988. Competitive interaction between *Cotesia kazak* and *Hyposoter didymator*, exotic parasitoids of *Heliothis armigera*. Entomol. Exp. Appl. 46, 221-225.
- Kaesslin, M.R., Wilhelm, R.P., Lanzrin, B., 2005. Influence of the parasitoid *Chelonus inanitus* and its polydnavirus on host nutritional physiology and implications for parasitoid development. Journal of Insect Physiology 51, 1330-1339.
- Karaat, Ş., Göven, M.A., 1987. Güneydoğu Anadolu Bölgesi pamuk ekim alanlarındaki zararlılar ile bitki gelişim dönemleri arasındaki ilişkiler. Türkiye I. Entomoloji Kongresi Bildirileri, 13-16 Ekim 1987 İzmir. Entomoloji Derneği Yayınları No.3, 189-196.
- Karimpour, Y., Fathipour, Y., Talebi, A.A., Moharramipour, S., Horstmann, K., Papp, J., 2005. New records of two parasitoid wasps of *Simyra dentinosa* Freyer (Lep., Noctuidae) larvae from Iran. Applied Entomology and Phytopathology 73, 133.
- Kaya, K., Korşonor, S., 2008. The lepidopterous pest species, their parasitoids and population dynamics of the important ones in winter vegetables areas in Hatay province. Turkish Journal of Entomology 32, 195-209.
- King, E.G., Powell, J.E., Smith, J.W., 1981. Prospects for Utilization of Parasites and Predators for Management of *Heliothis* spp. International Workshop on *Heliothis* Management, International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics, 113-135.
- Koçlu, T., Karsavuran, Y., 1999. Manisa ilinde *Heliothis armigera* (Hübner) (Lep., Noctuidae) larvalarının parazitoidlerinin ve hastalık etmenlerinin doğal etkinlikleri. Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi, 26-29 Ocak 1999, 323-332.
- Kumar, P., Ballal, C.P., 1992. The effect of parasitism by *Hyposoter didymator* (Hym.: Ichneumonidae) on food consumption and utilization by *Spodoptera littoralis* (Lep.: Noctuidae). Entomophaga 37, 197-203.
- Lawrence, P.O., 1986. Host-parasite hormonal interaction: an overview. Journal of Insect Physiology 32, 295-298.
- Lawrence, P.O., 1990. The biochemical and physiological effects of insects host on the development and ecology of their insect parasites: an overview. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 13, 217-228.
- Mironidis, G.K., Savopoulou-Soultani, M., 2009. Development, survival and growth rate of the *Hyposoter didymator*-*Helicoverpa armigera* parasitoid-host system: Effect of the host instar at parasitism. Biological Control 49, 58-67.
- Mohammadi, D., Abad, R.F.P., Rashidi, M.R., Mohammadi, S.A., 2010. Study of Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) Using Dyar's Rule. Mun. Ent. Zool 5, 216-223.
- Morales, J., Medina, P., Vinuela, E.E., 2007. The influence of two endoparasitoid wasps, *Hyposoter didymator* and *Chelonus inanitus*, on the growth and food consumption of their host larva *Spodoptera littoralis*. Biocontrol 52, 145-160.
- Neunzig, H.H., 1963. Wild host plants of the corn ear worm and the tobacco budworm in eastern North Carolina. Journal of Economic Entomology 56, 135-139.
- Özdemir, Y., Kılınçer, N., 1990. Anadolu Bölgesinde Saptanan Pimplinae ve Ophoninae (Hym., Ichneumonidae) türleri. Türkiye II. Biyolojik Mücadele Kongresi, 26-29 Eylül 1990, Ankara, 309-318.
- Powell, J.E., 1989. Importation and establishment of predators and parasitoids of *Heliothis* into the USA. International Workshop on Biological Control of *Heliothis*: Increasing the effectiveness of natural enemies (Eds: E.D. King & R.D. Jackson). Amerind Press, Inch, New Delhi, India, 387-395.
- Schneider, M.I., Vinuela, E.E., 2007. Improvements in rearing method for *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae), considering sex allocation and sex determination theories used for Hymenoptera. Biological Control 43, 271-277.
- Sertkaya, E., Bayram, A., 2005. Parasitoid community of the Loreyi leafworm *Mythimna (Acantholeuca) loreyi*: Novel-host parasitoid associations and their efficiency in the Eastern Mediterranean region of Turkey. Phytoparasitica 33, 441-449.
- Sertkaya, E., Bayram, A., Korşonor, S., 2004. Egg and larval parasitoids of the beet armyworm *Spodoptera exigua* on maize in Turkey. Phytoparasitica 32, 305-312.
- Srivastava, C.P., Ahmad, R., Ujagir, R., Das, S.B., 2005. *Heliothis armigera* management in pulses-present scenario and future strategies. Recent Advances in *Heliothis armigera* Management. Indian Society of Pulses Research and Development. Kanpur, India, 265-286.
- Şimşek, M., 2017. Larva parazitoiti *Hyposoter didymator* (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae) ve *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) Arasında Bazı Biyolojik İlişkiler Üzerinde Çalışmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Unpublished Ph.D Thesis, Ankara, 186p.
- Tillman, P.G., Powell, J.E., 1989. Comparison of Acceptance of Larval Instars of the Tobacco Budworm (Lepidoptera: Noctuidae) by *Microplitis demolitor*, *Cotesia kazak* (Hymenoptera: Braconidae) and *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Journal of Agricultural Entomology 6, 201-209.

Torres-Vila, L.M., Rodriguez-Molina, M.C., Palo, E., DelEstal, R.Y., Lacasa, A., 2000. El complejo parasitario larvario de *Helicoverpa armigera* Hübner sobre tomate en las Vegas del Guadiana (Extremadura). Bol. San. Veg. Plagas 26, 33-333.

Yassin, M., Özkan, C., 2011. *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)'nın Laboratuar

Koşullarında Yetiştirilme Metodu. IV. Bitki Koruma Kongresi, Entomoloji Seksiyonu 28-30 Haziran 2011, 294.

Yu, D.S., vanAchterberg, K., Horstmann, K., 2005. World Ichneumonidea 2004. Taxonomy, Biology, Morphology and Distribution DVD/CD Taxapad, Vancouver.



## Çankırı Meşe Ormanlarında Altınkelebek, *Euproctis chrysorrhoea* (L.) (Lepidoptera, Erebidae)'nın Çıkış Seyri ve Önemi\*

Y. Kondur<sup>1,a</sup>, Z. Şimşek<sup>1</sup>

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

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 6 Mayıs 2018

Kabul Tarihi: 12 Temmuz 2018

<sup>a</sup>Sorumlu yazarın e-posta adresi:

yalcinkondur@karatekin.edu.tr

\* Sorumlu yazarın Doktora tezinin bir bölümü olup ICELIS'18 (International Congress on Engineering and Life Science, 26-29 Nisan 2018, Kastamonu, Türkiye)'de poster bildirisi olarak sunulmuştur.

### ÖZ

Meşeler (*Quercus* spp.), Ülkemizdeki asli ağaç türlerinden olup diğer ağaç türlerinin güçlükle geliştiği toprak ve iklim koşullarında dahi başarıyla yetişmektedir. Meşeler biyolojik zenginliklerimize önemli katkılar sağlamak ve "karışık" meşcerelerin kurulmasında da kullanılmaktadır. Bu nedenlerle, iklim ve toprak özellikleri ile fidan yetiştirilmesi ve zararlılar bakımında sorunlu olan Çankırı'da meşelerin hastalık ve zararlı etmenlerden korunması büyük öneme sahiptir. Çankırı (İlgaz-İndağı)'da meşe alanlarında Altınkelebek, *Euproctis chrysorrhoea*'nın çıkış seyri ve önemini belirlemek için 2009 yılında yapılan bu çalışmada Altınkelebek, [*Euproctis chrysorrhoea* L.

(Lepidoptera: Erebidae)] larvalarının ilk kez Mayıs ayının üçüncü haftasında çıktığı ve larvaların yaklaşık 4 hafta boyunca meşelerde beslendiği tespit edilmiştir. Haziran ayının ortasından itibaren meşe ağaçlarında beslenen *E.chrysorrhoea* larvası görülmemiştir. Bu periyotta *E.chrysorrhoea* larvalarının araziden toplanan tüm lepidopter larvaları arasındaki payı en fazla %5,26 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın yapıldığı yıl zararlının popülasyon yoğunluğu düşük olduğundan, yumurtaları saptanamamış; bu nedenle de *E.chrysorrhoea* popülasyonu üzerinde etkili bir doğal düşman olduğu bilinen yumurta parazitoiti *Telenomus euproctidis* Wilcox (Hymenoptera: Scelionidae)'e rastlanamamıştır. Bu durum, farklı ekolojilerde yaşayan zararlının popülasyon yoğunluğunun doğal düşmanın önemini göstermesi bakımından önemli görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** *Euproctis chrysorrhoea*, *Quercus* spp., Çankırı, zararlı böcek, bulaşma oranı

## The Emergence Pattern and Importance of the Brown-tail Moth, *Euproctis chrysorrhoea* in Çankırı Oak Forests

### ABSTRACT

Oaks (*Quercus* spp.) are substantive tree species in Turkey and may grow on soil and climatic conditions successfully where other tree species barely grow. Oaks have great importance with regard to biological richness and also oaks are included into "mixed" plantations. Thus, it is important to protect oaks from disease and insect pest in Çankırı where it is troubled with regard to climate, soil and sapling growth and pests have much greater importance in certain areas in Çankırı. It was determined that larvae of the Brown-tail moth, *Euproctis chrysorrhoea* L. (Lepidoptera: Erebidae) left the overwintering nets at the third week of May (May 22<sup>nd</sup>, 2009) and feed on oak leaves about 4 weeks. The larvae of *E.chrysorrhoea* were present at the study area until June 12<sup>nd</sup>, 2009. The ratio of *E.chrysorrhoea* out of all Lepidoptera larvae was 5.26% in maximum. Neither the eggs of this pest nor the effective egg parasitoid *Telenomus euproctidis* Wilcox (Hymenoptera: Scelionidae) was observed in Çankırı (İlgaz-İndağı) in 2009 due to low *E.chrysorrhoea* population density. This result is important since the population density of the pest in various ecosystems emphasizes the importance of the natural enemies.

**Keywords:** *Euproctis chrysorrhoea*, *Quercus* spp., Çankırı, pest, oak, infection rate

*Bu makaleye atf:*

Kondur, Y., Şimşek, Z., 2018. Çankırı Meşe Ormanlarında Altınkelebek, *Euproctis chrysorrhoea* (L.) (Lepidoptera, Erebidae)'nın Çıkış Seyri ve Önemi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(1): 82-86.

## 1. Giriş

Meşeler (*Quercus* spp.), ülkemizdeki asli ağaç türlerinden olup diğer ağaç türlerinin güçlükle geliştiği toprak ve iklim koşullarında dahi başarıyla yetişmektedir. Meşeler biyolojik zenginliklerimize önemli katkılar sağlamakta ve “karışık” meşcerelerin kurulmasında da kullanılmaktadır. Bu nedenlerle, iklim ve toprak özellikleri ile fidan yetiştirilmesi ve zararlılar bakımında sorunlu olan Çankırı’da meşelerin hastalık ve zararlı etmenlerden korunması büyük öneme sahiptir.

Altınkelebek (*Euproctis chrysorrhoea* L. (Lepidoptera: Erebidae)] başta meşe türleri olmak üzere pek çok ağaç ve bitki türünün önemli bir zararlısı olup 80’den fazla konukçu bitkide beslenebilen polifag bir zararlıdır (Kansu, 1955; Gürses, 1975; İren, 1977; Eroğlu, 1990; Bulut, 1991; Dordaei ve ark., 2004; Erler ve Çetin, 2009). Bazı araştırmacılar, *E. chrysorrhoea* salgınlarının, Orta Anadolu’daki meyve ve meşe ağaçlarında 8-10 yıllık aralıklarla, Ege Bölgesi’nde ise 3-4 yıllık aralıklarla meydana geldiğini ifade etmektedirler (Öncüer ve ark., 1982; Eroğlu, 1990; Bulut, 1991). *E. chrysorrhoea*’nın salgın yapması durumunda konukçu ağaçların yaprakları tamamen tüketilmekte olup (Bulut, 1991; Şimşek ve Kondur, 2006a, b) bu durum meşe ağaçlarının gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir (Kulman, 1971; Şimşek ve Kondur, 2006a, b). *E. chrysorrhoea* larvalarıyla temas edilmesi neticesinde yakıcı kılların alerjik reaksiyonlara neden olması nedeniyle bir halk sağlığı açısından da zararlı olarak da kabul edilmektedir (Eroğlu, 1990; Erler ve Çetin, 2009). *E. chrysorrhoea*’nın gerek Ülkemiz ve gerekse dünyadaki yayılışı oldukça geniş olup (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998) söz konusu zararlı hemen hemen her meşe sahasında bulunmaktadır (Şimşek, 2000; Şimşek ve Kondur, 2006a, b; Öner ve ark., 2010).

Bu çalışma Çankırı (İlgaz-İndağı)’da Altınkelebek, *Euproctis chrysorrhoea*’nin meşe ormanlarında bulaşma oranlarının belirlenerek ileride yapılması düşünülen çalışmalara ışık tutması amacıyla ele alınarak 2009 yılında yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve yöntem

Çalışmanın ana materyalini, Çankırı (Şabanözü-İndağı) Meşe (*Quercus* spp.) ormanlarında 2006-2007 yıllarında salgın yaptığı tespit edilen Altınkelebek (*E. chrysorrhoea*)’in değişik biyolojik dönemleri oluşturmuştur. Plastik kavanoz ve kutular, buz kabı, bağ makası, naylon poşetler, el tipi GPS

alıcısı, dijital fotoğraf makinesi ise yardımcı materyal olarak kullanılmıştır.

Arazi çalışmaları 2009 yılı nisan-eylül ayları arasında (09.04-10.09.2009), Ilgaz (Çankırı) ilçesi İndağı orman alanında yürütülmüştür. Çalışmalar, araziye haftada bir kez gidilmiş olup araziden meşe dallarıyla birlikte alınan larvalar, yapraklarla birlikte buz kabında laboratuvara getirilmiştir. Çalışma alanından laboratuvara getirilen lepidopter larvalar, larva dönemlerini tamamladıktan sonra ayrımı yapılmış ve payı (%) hesaplanmıştır. Laboratuvara getirilen larvalar 25±1°C sıcaklık ve %40±5 neme ayarlı iklim odasında, tabanına toprak konulmuş kavanozlara (25 cm çap ve 20 cm yükseklikte silindirik biçimli şeffaf kavanozlarda) yerleştirilmiştir. Kavanozlardaki larvalar, iki günde bir kontrol edilerek pupa olma tarihi belirlenmiş, erginlerin çıkış seyri tamamlanana kadar çalışmalara devam edilmiştir. Çalışmada yararlanılan meteorolojik veriler, çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu olan Ilgaz Meteoroloji istasyonunda temin edilmiştir.

Elde edilen veriler, şekil ve çizelge halinde görsel hale getirilerek aralarındaki ilişkiler belirlenmiştir.

## 3. Bulgular

Çankırı (İlgaz-İndağı)’da 2009 yılında yapılan çalışmalar sırasında *E. chrysorrhoea*’nın meşe ağaçlarında yaprakları yiyerek zarar yaptığı gözlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1 İndağı (Çankırı)’nda kışlama kesesinden çıkmış durumdaki *Euproctis chrysorrhoea* L. larvalarının durumu

Bu zararlının erginlerinin gerilmiş kanat açıklığı 30-35 mm’dir. Ön ve arka kanatları beyaz renktedir. Dişilerde abdomenin sonunda altın sarısı kılların oluşturduğu bir demet vardır. Erkeklerin ön kanatlarının iç kısmında genelde siyahimsi lekeler bulunmaktadır. Antenler, dişilerde tek taraflı, dişilerde ise iki taraflı tarağımsıdır (Şekil 2).





Şekil 2 *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus, 1758) dişi (üstte) erkek (altta) erginleri

Dişiler yumurtalarını paket halinde koyarak yumurtaların üzerini abdomenin ucundaki altın sarısı renkteki tüylerle yapıştırdığı belirlenmiştir (Şekil 3). Dişiler genellikle yaprakların alt yüzeyine, bazen de yaprakların üstüne yumurta koymakta olup yumurtaları abdomenin sonundaki altın sarısı renkteki kıllarla kapattığı, bu kıllarla kapatılan yumurta paketi oldukça sık yapıda olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3 *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus, 1758) dişisinin yumurta bırakma durumu

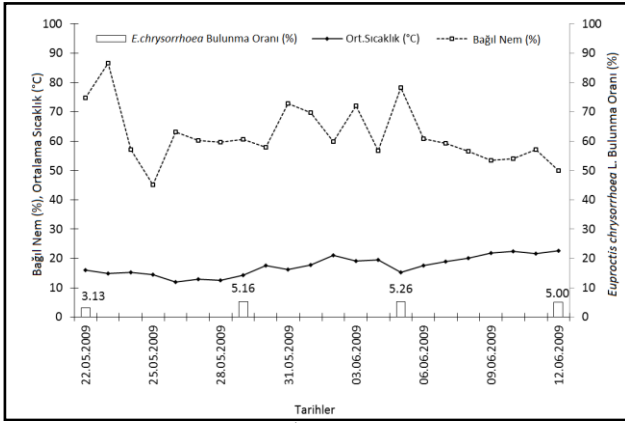


Şekil 4 Yumurtadan yeni çıkmış *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus, 1758) larvaları

Yumurtadan yeni çıkan *E. chrysorrhoea* larvaları ilk dönemlerde yumurta paketinin bulunduğu yaprakta, sonraları yakındaki diğer yapraklarda beslenmektedir. İkinci larva döneminden itibaren 6. ve 7. abdomen segmentlerinin dorsalinde parlak turuncu renkte iki kabartı bulunmaktadır. Sonraki dönemlerde larvanın 3-7. segmentleri arasında ve dorsalde iki adet turuncu kırmızı renkte çizgi; yanlarda ve sadece ilk 8 abdomen segmentinde sağlı sollu beyaz kıllar görülmektedir.

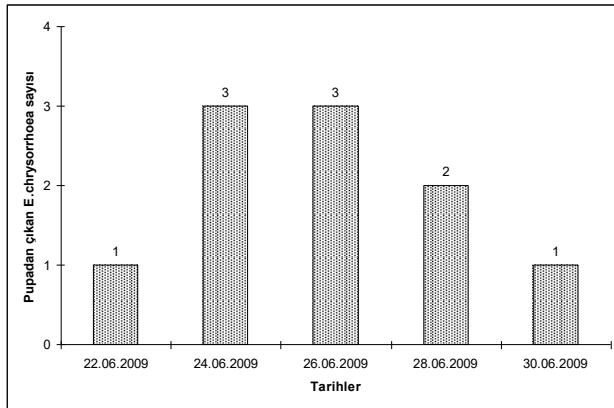
Larvalar, havanın soğumaya başlamasıyla birlikte meşe ağaçlarının yüksek dallarında kışlama keseleri hazırlayarak kışı bu keseler içerisinde 4-5. dönem larva olarak geçirdiği, larvaların ertesi yıl havanın ısınması ve meşe ağaçlarının yapraklanmasından sonra keselerden çıkarak beslenmeye devam ettiği gözlenmiştir.

İnönü (İlgaz)'nda 2009 yılında yapılan çalışmalar sırasında, araziden laboratuara getirilen meşe yapraklarının laboratuarda incelenmesi sırasında, yapraklarda beslenmekte olan *E. chrysorrhoea* larvalarına rastlanmıştır. Laboratuarda incelenen meşe dallarında tespit edilen *E. chrysorrhoea* larvalarının sözü edilen tarihlerde (mayıs-haziran aylarında) araziden toplanan lepidopter popülasyonu içerisindeki payı (%) Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde, ortalama hava sıcaklığının 14,8°C, bağıl nemin %74,8 olduğu 22.05.2009 günü ilk kez *E. chrysorrhoea* larvalarına rastlandığı; ortalama sıcaklığın 14°C, bağıl nemin %78,2 olduğu 05.06.2009 tarihinde incelenen lepidopter larvaları arasındaki en yüksek oransal değere ulaştığı ve en son olarak hava sıcaklığının 21,5°C ve bağıl nemin %50 olduğu 12.06.2009 günü yapılan incelemelerde belirlendiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5 2009 Yılında İndağı (Ilgaz)'nda *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus,1758) larvalarının görüldüğü değişik tarihlerde, tespit edilen lepidopter larvaları arasındaki bulunma oranları ile meteorolojik veriler

*E. chrysorrhoea* larvalarından elde edilen pupalardan ergin çıkış seyri Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde, kültüre alınmış olan *E. chrysorrhoea* larvalarından elde edilen pupalardan ilk ergin çıkışının 22.06.2009 günü başladığı ve yaklaşık 1 hafta gibi kısa süre içinde tamamladığı; bu süre içerisinde 10 adet *E. chrysorrhoea* çıkışının gerçekleştiği anlaşılmaktadır.



Şekil 6 2009 Yılında İndağı (Ilgaz)'ndan laboratuvara getirilen *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus, 1758) pupalarından ergin çıkış seyri

#### 4. Tartışma ve sonuç

*E. chrysorrhoea* 80'den fazla bitki türünde beslenebilen meyve ve orman ağaçlarında zarar yapan önemli bir polifag zararlıdır (Dordaei ve ark., 2004; Erler ve Çetin, 2009). *E. chrysorrhoea* dünyada ve ülkemizde yayılış alanı oldukça geniş bir tür olup (Çanakçıoğlu ve Mol, 1998), bu zararlının Çankırı'nın hemen hemen her yerinde bulunduğu bilinmektedir (Şimşek, 2000; Şimşek ve Kondur, 2006a, b; Öner ve ark., 2010).

Laboratuarda kültüre alınan *E. chrysorrhoea* larvalarından elde edilen pupalardan ilk ergin çıkışı haziran ayının üçüncü haftasında gerçekleşmiş olup ergin çıkışları Haziran ayı sonuna kadar (8 gün) devam etmiştir. Anonim (1995), ergin çıkışlarının Haziran ortasında başladığını ifade etmektedir. Çanakçıoğlu ve Mol (1998), *E. chrysorrhoea* uçuşlarının Haziran ve Temmuz aylarında olduğunu bildirmektedir. Çalışmamızda her ne kadar *E. chrysorrhoea* ergin çıkışları Haziran ayının son 10 gününde gerçekleşmiş olmasının zararlının popülasyon yoğunluğunun düşük olmasından kaynaklandığı kanısındayız. Söz konusu zararlının daha önce yapılan bir çalışmada ergin çıkışlarının haziran-ağustos aylarında gerçekleştiği belirlenmiştir (Kondur ve Şimşek, 2016). *E. chrysorrhoea* popülasyon yoğunluğunun yüksek olduğu yıllarda ergin çıkışlarının uzun sürmesi de bu kanımızı desteklemektedir.

*E. chrysorrhoea* dişileri, yumurtalarını genellikle konukçu bitki yapraklarının alt yüzeyine koymakla birlikte nadiren yaprakların üst kısımlarında da yumurta paketlerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Dişi, koyduğu yumurtaların üzerine abdomeninin sonundaki kıl demetini yapıştırmaktadır. Yapılan literatür taramalarında Candan ve ark. (2008) yumurta paketlerinde 200-400 arası yumurta bulunduğunu, (Craighead, 1950) ise 300 yumurta bulunduğunu belirtmektedir. Kondur ve Şimşek (2016) ise, *E. chrysorrhoea*'nın koyduğu yumurta paketlerini laboratuvara incelenmiş olup her yumurta paketinde 115-278 adet (ortalama 166,214) yumurta bulunduğunu tespit etmişlerdir. Ancak, 2009 yılında Çankırı (Ilgaz-İndağı)'da meşe alanlarında yapılan çalışmada zararlının popülasyon yoğunluğu düşük olduğundan, yumurtaları saptanamamış; bu nedenle de *E. chrysorrhoea*'nın doğal düşmanı olan yumurta parazitoiti *Telenomus euproctidis* Wilcox (Hymenoptera: Scelionidae)'e rastlanamamıştır. Bu durum, farklı ekolojilerin ve zararlının popülasyon yoğunluğunun doğal düşman açısından önemli görülmektedir.

Çalışma alanında 2009 yılında elde edilen bulgulara göre, *E. chrysorrhoea* larvalarına ilk kez mayıs ayının üçüncü haftasında rastlandığı, yaklaşık 4 hafta boyunca meşelerde beslendiği tespit edilmiş; yapılan incelemelerde meşe ağaçlarında beslenen larvaları, haziran ayının ortasından itibaren görülmemiştir. Çalışma alanında meşe ağaçlarında asıl zararı, kışlak yuvalarından çıkan yaşlı larvaların (4-5.dönem) yaptıkları, bazı ağaçların yeniden yaprak çıkardıkları gözlenmiştir. Buna karşın yaz sonu-sonbahar başında çıkan 1. döl larvaların meşe yapraklarının sertleşmesi ve hava sıcaklığının düşmesi nedeniyle fazla etkili olamadıkları ve kışlık

yuvalarına çekildikleri gözlenmiştir. *E. chrysorrhoea* larvalarının ağaçlar üzerinden toplanan tüm lepidopter larvaları arasındaki payı en fazla %5,26 olarak hesaplanmıştır

## Kaynaklar

Anonim, 1995. Zirai mücadele teknik talimatları. Cilt:3, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, 444.

Bulut, H., 1991. Altın kelebek (*Euproctis chrysorrhoea* L.)'in yumurta parazitöitleri, buldukları yerler ve doğal etkinlikleri üzerinde araştırmalar. Türkiye Entomoloji Dergisi 15, 15-24.

Candan, S., Suludere, Z., Bayrakdar, F., 2008. Surface morphology of eggs of *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus, 1758). Acta Zoologica 89, 133-136.

Craighead, F.C., 1950. Insect enemies of eastern forests. U.S. Department of Agriculture Miscellaneous publication No: 657, Washington, 679.

Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 1998. Orman entomolojisi genel bölüm. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, ISBN: 975-404-522-4, İstanbul.

Dordaei, A.A., Nikdel, M., Sadaghian, B., 2004. Daily and periodic leaf consumption of larval instars of Brawn-tail moth, *Euproctis chrysorrhoea* (L.). Iranian Journal of Forest and Range Protection Research 2, 39-47.

Erlor, F., Çetin, H., 2009. Components from the essential oils from two *Origanum* species as larvicides against *Euproctis chrysorrhoea* (Lepidoptera: Lymantriidae). Journal of Agriculture and Urban Entomology 26, 31-40.

Eroğlu, M., 1990. *Meteorus versicolor* (Wesm.) (Hym., Braconidae) ile *Euproctis chrysorrhoea* (L.) (Lep., Lymantriidae) arasındaki bazı ilişkilerin araştırılması. Türkiye II. Biyolojik Mücadele Kongresi, 26-29 Eylül 1990, Ankara, 73-81.

Gürses, A., 1975. Trakya Bölgesinde *Euproctis chrysorrhoea* L. (Lep.: Lymantriidae)'in Biyo-Ökolojisi ve Savaşı Üzerine Araştırmalar. Zir.Müc.ve Zir.Kar.Gn.Md., No:8 İstanbul, 79.

İren, Z., 1977. Önemli Meyve Zarahıları, Tanınmaları, Zararları, Yaşayışları ve Mücadele Metotları. Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı. Zir.Müc.ve Zir.Kar.Gn.Md., 36. Ankara, 167.

Kansu, A., 1955. rta Anadolu Meyve Ağaçlarına Zarar Veren Bazı Makrolepidoptera Türlerinin Evsafı Ve Kısa Biyolojileri Hakkında Araştırmalar. O. Zir. Vek., Ankara 704, 203.

Kondur, Y., Şimşek, Z., 2016. Researches on the First Time Recorded Egg Parasitoid, *Telenomus euproctidis* (Wilcox) (Hym.: Scelionidae) of Brown-tail Moth, *Euproctis chrysorrhoea* L., (Lep.: Erebidae) on Oak (*Quercus infectoria* Oliver) in Çankırı, Turkey. International Forestry Symposium 7-10.12.2016 Kastamonu/Turkey, Abstracts Book, 11.

Kulman, H.M., 1971. Effects of Insect Defoliation on Growth and Mortality of Trees. Annual Review of Entomology 16, 289-324.

Öncüer, C., Yalçın, E., Erkin, E., 1982. *Euproctis chrysorrhoea* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) yumurtalarının paraziti *Asolcus turkarkandas* Szabo (Hymenoptera: Scelionidae)'ın etkililik durumu. Türkiye Bitki Koruma Dergisi 6, 221-225.

Öner, N., Şimşek, Z., Kondur, Y., İmal, B., Şimşek, M., 2010. Küresel iklim değişikliği dikkate alınarak kurak ve yarıkurak alanların ağaçlandırılması ve zararlı böceklerle mücadelesine yönelik öneriler (Çankırı ili örneği). III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010 Cilt: II, 827-838.

Şimşek, Z., 2000. Ilgaz Dağı Milli Parkı (Yenice ve Doruk)'nda bulunan Lepidoptera türleri ve populasyon dalgalanması. Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Dergisi 3, 3-37.

Şimşek, Z., Kondur, Y., 2006a. Çankırı ormanlarının zararlı böcekleri ve mücadele yöntemleri. Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 6, 98-119.

Şimşek, Z., Kondur, Y., 2006b. Yarıkurak mntıka orman alanları (Çankırı)'nda zarar yapan böcekler. Türkiye'de Yarıkurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı, 7-10 Kasım 2006 Ürgüp-Nevşehir, I. Cilt, 271-286.

