



ISPARTA  
UYGULAMALI BİLİMLER  
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

# TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:  
Yıl: 2020

Volume:  
Cilt: 21

Issue:  
Sayı: 4

# TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

(TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ)

e-ISSN: 2149-3898

A peer-reviewed international journal, published quarterly (March, June, September, December)  
by Faculty of Forestry at Isparta University of Applied Sciences.

Yılda dört sayı olarak (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir.  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.

Year/Yıl: 2020, Volume/Cilt: 21, Issue/Sayı: 4

## Editorial board / Dergi yayın kurulu

### Editor-in-chief / Baş editör

Ramazan Özçelik

### Editors / Editörler

A. Alper Babalık  
Ayşe Deligöz  
Esra Bayar  
Gürcan Güler  
Hasan Alkan  
Hatice Lehtijarvi  
Hüseyin Fakir  
H. Oğuz Çoban  
İbrahim Özdemir  
İ. Emrah Dönmez  
Mehmet Eker  
Mehmet Korkmaz  
Mustafa Avcı  
Nevzat Gürlevik  
Onur Alkan  
Serkan Gülsoy  
Şirin Dönmez  
Tuğba Yılmaz Aydın  
Yılmaz Çatal

### Layout editor / Dizgi editörü

Süleyman Uysal

### Publisher / Yayıncı kuruluş

Isparta University of Applied Sciences  
Faculty of Forestry – Isparta

### Contact / İletişim

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Orman Fakültesi, 32260, Isparta  
Phone : +90 246 214 6500  
Fax : +90 246 214 6599  
Web : <http://dergipark.gov.tr/tjf>  
E-mail : [turkjfor@isparta.edu.tr](mailto:turkjfor@isparta.edu.tr)

## Advisory board / Danışma kurulu

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

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

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

CONTENTS

Research

- Investigation of antropogenic effect on insect biological diversity in Antalya Kurşunlu Waterfall Natural Park  
*Ünver Demir, Gökhan Aydın*..... 349-354
- A proposed index for estimating ecosystem diversity  
*Kürşad Özkan*..... 355-363
- Modeling diameter distributions in Önsen natural stone pine (*Pinus pinea* L.) stands  
*Fatih Sivrikaya, Ramazan Karakaş*..... 364-372
- Stem taper models for maritime pine plantations in Istanbul Sarıyer Region  
*Utkun Karakuyu, Ramazan Özçelik* ..... 373-382
- Transmission of HetRV6 ve HetPV13 Mycoviruses to *Heterobasidion abietinum* and *Heterobasidion annosum* isolates  
*Ayşe Gülden Aday Kaya, H. Tuğba Doğmuş Lehtijärvi*..... 383-387
- Changes in soil arthropod communities and soil biological quality along an elevation gradient in Taurus Fir forest  
*Meriç Çakır, Muhammet Ali Özata* ..... 388-395
- Sürütme yolları ve yoğunlukları üzerine değerlendirmeler  
*Mehmet Eker* ..... 396-406
- Mapping cultural ecosystem services using social media data: The case of Datça peninsula  
*Derya Gülçin*..... 407-416
- Determination of priorities on ecotourism values in forest areas managed different aims  
*Tuncay Akgün, Kenan Ok, Ersin Yılmaz, Ali Ayhan Kul, İkrâm Çelik*..... 417-427
- The effects of socio-economic characteristics of university students on global warming and climate change perceptions  
*Esmagül Gülsoy, Mehmet Korkmaz*..... 428-437
- Effect of the bleaching and varnishing process on the flame source combustion light intensity of wood material  
*Ahmet Cihangir Yalınkılıç*..... 438-444
- Research of suitability of some mechanical properties of particle board produced from cotton stalks to standards  
*İbrahim Bektaş, Celal Uğur, Ahmet Tutuş* ..... 445-450
- Effect of artificial weathering on the some surface properties of uv system parquet varnish applied to persian silk (*Albizia julibrissin*) wood  
*Levent Gürleyen* ..... 451-460
- A comparative study on some mechanical properties of black pine and black poplar woods  
*Bekir Cihad Bal, Ümit Ayata* ..... 461-467
- The effect of accelerated weathering on some surface properties of heat-treated sweet bay wood (*Laurus nobilis* L.)  
*Hikmet Yazıcı, İsmail Özlüsoylu* ..... 468-474
- Impacts of the bleaching and varnishing process on the collapse time in combustion of oriental beech and scots pine woods  
*Ahmet Cihangir Yalınkılıç, Hakan Keskin, Musa Atar, Eyüp Aksoy*..... 475-480

- Assessment of public perception on urban environmental problems by using Q methodology  
*Neslihan Doygun*..... 481-488
- Evaluation of the effect of land use / land cover and vegetation cover change on land surface temperature:  
The case of Aydın province  
*Birsen Kesgin Atak, Ebru Ersoy Tonyaloğlu*..... 489-497
- Prediction of present and future spread of *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay species according to climate  
variables  
*Almira Uzun, Ömer K. Öricü* ..... 498-508

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Antalya Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkında insan aktivitesinin böcek biyolojik çeşitliliğine etkisinin araştırılması  
*Ünver Demir, Gökhan Aydın*..... 349-354
- Ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasına yönelik önerilen bir eşitlik  
*Kürşad Özkan*..... 355-363
- Önsen doğal fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi  
*Fatih Sivrikaya, Ramazan Karakaş*..... 364-372
- İstanbul-Sarıyer Yöresi sahil çamı ağaçlandırmaları için gövde çapı modelleri  
*Utkun Karakuyu, Ramazan Özçelik* ..... 373-382
- HetRV6 ve HetPV13 mikovirüslerinin *Heterobasidion abietinum* ve *Heterobasidion annosum* izolatlarına aktarımı  
*Ayşe Gülden Aday Kaya, H. Tuğba Doğmuş Lehtijärvi*..... 383-387
- Toros Göknarı ormanında yükselti boyunca toprak eklembecaklı komünitesindeki ve toprak biyolojik kalitesindeki değişim  
*Meriç Çakar, Muhammet Ali Özata* ..... 388-395
- Sürütme yolları ve yoğunlukları üzerine değerlendirmeler  
*Mehmet Eker* ..... 396-406
- Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya verileri kullanılarak haritalanması: Datça yarımadası örneği  
*Derya Gülçin*..... 407-416
- Yönetim amacı farklı orman alanlarındaki ekoturizm çekiciliklerinin önceliklerinin belirlenmesi  
*Tuncay Akgün, Kenan Ok, Ersin Yılmaz, Ali Ayhan Kul, İkrâm Çelik*..... 417-427
- Üniversite öğrencilerinin sosyo-ekonomik özelliklerinin küresel ısınma ve iklim değişikliği algıları üzerine etkileri  
*Esmagül Gülsoy, Mehmet Korkmaz* ..... 428-437
- Ahşap malzemede renk açma ve vernikleme işleminin alev kaynaklı yanma ışık yoğunluğuna etkisi  
*Ahmet Cihangir Yalınkılıç*..... 438-444
- Pamuk saplarından üretilen yonga levhaların bazı mekanik özelliklerinin standartlara uygunluğunun araştırılması  
*İbrahim Bektaş, Celal Uğur, Ahmet Tutuş* ..... 445-450
- UV sistem parke verniği uygulanmış gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine yapay yaşlandırmanın etkisi  
*Levent Gürleyen*..... 451-460
- Karaçam ve karakavak odunlarının bazı mekanik özellikleri üzerine karşılaştırmalı bir çalışma  
*Bekir Cihad Bal, Ümit Ayata* ..... 461-467
- Hızlandırılmış yaşlandırmanın ısı işlem uygulanmış Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odunun bazı yüzey özelliklerine etkisi  
*Hikmet Yazıcı, İsmail Özlüsoylu* ..... 468-474
- Doğu kayını ve sarıçam odunlarında renk açma ve vernikleme işleminin yanmada yıkılma sürelerine etkileri  
*Ahmet Cihangir Yalınkılıç, Hakan Keskin, Musa Atar, Eyüp Aksoy*..... 475-480

- Q metodoloji kullanılarak halkın kentsel çevre sorunlarına yönelik algısının belirlenmesi  
*Neslihan Doygun*..... 481-488
- Alan kullanım/arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği  
*Birsen Kesgin Atak, Ebru Ersoy Tonyaloğlu*..... 489-497
- *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türünün iklim değişkenlerine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının tahmini  
*Almira Uzun, Ömer K. Öricü* ..... 498-508

## Antalya Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkında insan aktivitesinin böcek biyolojik çeşitliliğine etkisinin araştırılması

Ünver Demir<sup>a,\*</sup> , Gökhan Aydın<sup>b</sup> 

**Özet:** Bu çalışma farklı insan aktivitelerinin böcek türleri üzerine etkilerinin araştırılması amacı ile 2019 yılında Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkı (Antalya)'da yürütülmüştür. Seçilen habitatlar kendi aralarında insan aktivitesinin yoğun olduğu (K0), az yoğun olduğu (K1) ve insan aktivitesinin olmadığı (K2) habitatlar olarak gruplandırılmış ve bu habitatlarda çukur tuzak örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda genel anlamda Shannon-Wiener ve Simpson çeşitlilik indeksleri insan aktivitesinin yoğun olduğu alanda, insan aktivitesinin az yoğun olduğu ve olmadığı alanlara göre daha yüksek tespit edilirken, habitatlardaki popülasyon yoğunluk ilişkisi üzerinde durulduğunda ise Shannon-Evenness yoğunluk indeksleri insan aktivitesinin yoğun olduğu habitatta böcek popülasyonlarının daha dengeli olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Habitatlar arasındaki yüzde benzerlik sonuçları ele alındığında habitatların birbirine benzemediği tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile *Dasylabris intermedia* (Hymenoptera: Mutillidae) türü Türkiye'de ilk defa teşhis edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Biyolojik çeşitlilik, İnsan aktiviteleri, Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkı

## Investigation of antropogenic effect on insect biological diversity in Antalya Kurşunlu Waterfall Natural Park

**Abstract:** This study was conducted in 2019 in Kurşunlu Waterfall Natural Park (Antalya) to investigate the effects of different human activities on insect species. The selected habitats were grouped as habitats with high human activity (K0), low density (K1) and no human activity (K2), and pit trap sampling method was used in these habitats. As a result of the study, Shannon-Wiener and Simpson diversity indexes were found to be higher in the area where human activity is intense compared to the areas where human activity is less and not more balanced. When the percent similarity results between habitats were considered, it was found that habitats did not resemble each other. In addition, this study *Dasylabris intermedia* (Hymenoptera: Mutillidae) species were identified for the first time in Turkey.

**Keywords:** Biodiversity, Human activities, Kurşunlu Waterfall Natural Park

### 1. Giriş

Biyolojik çeşitlilik, tüm canlı grupları (hayvanlar, bitkiler, mantarlar, bakteriler ve mikroorganizmalar) ve organizasyon seviyeleri (genler, türler ve ekosistemler) ile yaşamın çeşitliliğini ifade etmektedir (Wilson, 1997; Allaby, 1998; Kocataş, 1999; Wilson, 1999; Çepel, 2003). Bu nedenle biyolojik çeşitliliğin korunması da son derece önem taşımaktadır. Biyolojik çeşitliliğin korunması ve bununla ilgili kavramlara yönelik ilgi dünya genelinde son yıllarda büyük ölçüde artmıştır (Spellerberg, 1996; Magurran, 2004; Aslan vd., 2008). Biyolojik çeşitliliği olumsuz etkileyen faktörlerin başında gelen insan aktivitelerinin ekosistemler ve dolayısıyla ekosistemde yaşayan böcekler üzerine olumsuz etkileri yapılan çalışmalarla açıkça ortaya konmuştur (Galante ve Cartagena, 1999; Molina vd., 1999; Kuhara vd., 2000; Nash vd., 2000; Ranede, 2000; Petit vd., 2001; Frutiger ve Buerger, 2002; Kruess ve Tschamtker, 2002; Sanchez ve Avila, 2004; Iqbal vd., 2018; WordEconomicForum, 2020). Herhangi bir ekosistemdeki topluluklarda besin ağı ve enerji

döngüsü ne kadar karmaşık olursa, o sistemin dışarıdan gelecek çevresel etkilere karşı o kadar dayanıklı olacağı yani o ekosistemlerde var olan türlerin aşırı popülasyon artışının baskı altına alınacağı söylenebilir. Tarım alanlarında biyolojik çeşitliliğin tarımsal etkiler sonucu azaldığı ve zayıflayan trofik ilişkiler nedeni ile çevresel etkilere karşı daha hassas bir duruma geldiği görülmektedir (Karaca vd., 1993).

Birçok korunan alanda biyolojik çeşitlilik ve bu çeşitliliği oluşturan besin zinciri içerisindeki canlıların birbirleri ile ilişkisi son derece önemlidir. Korunan alanlar biyolojik çeşitliliğin yüksek olduğu alanlar olarak ifade edilebilir. Korunan alanlarda biyolojik çeşitliliği etkileyen en önemli unsurlardan birisi de turizm etkisidir. Korunan alanlar her ne statüde korunurlarsa korunsunlar, bu alanlardaki insan aktivitelerinin, özellikle yol varlığı ve insan kaynaklı kirliliğin böcek biyolojik çeşitliliğini olumsuz yönde etkilediği, bu nedenle bu tür çalışmaların, korunan alanların sürdürülebilirliğine olumlu etkisi sayesinde alanların gelecek kuşaklara taşınmasında önemli rolü olduğu düşünülmektedir.

✉ <sup>a</sup> Antalya AKEV Üniversitesi, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, Antalya

<sup>b</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey Meslek Yüksekokulu, Atabey, Isparta

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): unver.demir@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 10.01.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 27.09.2020



**Citation** (Atıf): Demir, Ü., Aydın, G., 2020. Antalya Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkında insan aktivitesinin böcek biyolojik çeşitliliğine etkisinin araştırılması. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 349-354. DOI: [10.18182/tjf.672974](https://doi.org/10.18182/tjf.672974)

Bu çalışmadan elde edilmiş veriler ve alanlarda ölçülmüş olan biyolojik çeşitlilik parametreleri ile alanlarda bulunan böcek tür zenginliğinin olumlu ya da olumsuz etkilenme durumu, hatta habitatın sürdürülebilirliğinin sağlanıp sağlanmadığı belirlenmiştir. Ayrıca biyolojik gösterge olan türlerin varlıkları saptanmış ve sonuç olarak bu türlerin popülasyon yoğunlukları ya da ortamda bulunma-bulunmama durumları ölçülmüştür. Böylece koruma alanının geleceğe taşınması ve dolayısıyla sürdürülebilirliğinin sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Çalışma alanları

Çalışma alanı olarak Antalya'nın Aksu ilçe sınırları içerisinde, kent merkezinden 22 km uzaklıkta yer alan Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkı seçilmiştir. Kızılcım (*Pinus brutia*)'ın hakim olduğu alanda yer yer tek veya küçük gruplar halinde doğu çınarı, defne, harnup, yabancı zeytin, sakız ağacı, söğüt ve incir ağaçları bulunmaktadır. Mersin, alıç, zakkum, böğürtlen, yabancı gül, sütleğen, ılgın, ladin, kermes meşesi, kekik, yabancı nane, kayıt, eğrelti ve sarmaşıklar orman altı florasını meydana getirmektedir (Wikipedia, 2020).

Çalışmanın ana materyalini yaşamını toprak üzerinde sürdüren tüm zararlı ve yararlı böcek türleri oluşturmuştur. Çalışma 2019 yılı Nisan-Eylül ayları arasında gerçekleştirilmiştir. İnsan aktivitelerinin olumlu ya da olumsuz etkilerini göstermesi açısından benzer özelliklerdeki orman ekosistemleri seçilmiştir. Seçilen bu habitatlar; insan aktivitesinin yoğun olduğu (K0), az yoğun olduğu (K1) ve insan aktivitesinin olmadığı (K2) bölgelerde bulunan ormanlık alan ve çevresi olarak belirlenmiştir. Bu özelliklere sahip üç ekosistem birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

#### 2.1.1. İnsan aktivitesinin yoğun olduğu çalışma alanı

İnsan aktivitesinin yoğun olduğu çalışma alanında turizm faktörü oldukça hakimdir. Bölgede ticari amaçlı deve, at, eşek, tavşan gibi hayvanlar beslenmekte, çocuklar için oyun parkı, aileler için piknik yerleri bulunmaktadır. Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkı'nın çevresinde arıcılık yapıldığı için çevrede pestisit uygulaması yapılmadığı belirlenmiştir. İnsan aktivitesinin yoğun olduğu çalışma alanında 3 habitat (K01, K02, K03) seçilmiştir. Bu seçilen habitatların her birine 5'er adet olmak üzere 10'ar metre arayla çukur tuzaklar yerleştirilmiştir.

#### 2.1.2. İnsan aktivitesinin az yoğun olduğu çalışma alanı

İnsan aktivitesinin az yoğun olduğu çalışma alanında turizm faktörü etkisini kaybetmekte olup sadece insanların yürüyüş yapabileceği patika yollar bulunmaktadır. İnsan aktivitesinin az yoğun olduğu çalışma alanında 3 habitat (K11, K12, K13) seçilmiştir. Bu seçilen habitatların her birine 5'er adet olmak üzere 10'ar metre arayla çukur tuzaklar yerleştirilmiştir.

#### 2.1.3. İnsan aktivitesinin olmadığı çalışma alanı

İnsan aktivitesinin olmadığı çalışma alanında turizm faktörü tamamen ortadan kalkmaktadır. Bölgeye özel

durumlar hariç herhangi bir giriş veya müdahale söz konusu olmamaktadır. Bölge diğer seçilmiş olan bölgelere göre tamamen doğallığını korumaktadır. İnsan aktivitesinin olmadığı çalışma alanında 3 habitat (K21, K22, K23) seçilmiştir. Bu seçilen habitatların her birine 5'er adet olmak üzere 10'ar metre arayla çukur tuzaklar yerleştirilmiştir.

### 2.2. Böcek türlerinin örneklenmesi ve teşhisi

Böcek türlerin örneklenmesinde çukur tuzak örnekleme yöntemi uygulanmıştır (Aydın, 2006). Çalışmanın yürütüldüğü ekosisteme, bölgenin mevsimsel özellikleri ve böceklerin yaşam döngüsü esas alınarak 2019 yılı Nisan-Eylül ayları arasında arazi çıkışları yapılmıştır. Bu yöntemde insan aktivitesinin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve insan aktivitesinin olmadığı habitatlara, 15 cm çapında ve 20 cm derinliğindeki plastik kaplar açık olan kısımları toprak seviyesi ile aynı düzeyde tutularak 10'ar metre aralıklarla her habitata 3'er tekerrürlü olacak şekilde 15'er adet yerleştirilmiştir (New, 1998). Kurulan bu tuzaklar haftada bir kez olmak üzere kontrol edilmiştir ve içerisine düşen böcekler içerisinde siyanür olan öldürme şişelerinde öldürülmüştür. Her örnekleme alanı için ayrı ayrı hazırlanan cam şişelere konan ölü böcekler, iğneleme, etiketleme, sayım işlemleri ve teşhisleri yapılmak üzere laboratuvara götürülmüştür.

Toplanan familyalara ait türlerin teşhis işlemlerinin kolaylaştırılması için böcekler takson isimleriyle değil numaralarla kayıt altına alınmıştır. Bu yöntem için model böcek çekmeceleri hazırlanmış ve toplanan böcek türleri model böcek çekmecesine birden başlayarak sırayla dizilmiştir. Numaraları belirlenen böcek türleri için Microsoft Excel programında çizelge oluşturulduktan sonra böcek türleri numaraları ile programa kayıt edilmiştir. Programda tür isimleri yerine kullanılan numaralar sütun bölümüne, böcek türleri hakkındaki diğer bilgiler ve sayıları ise satır bölümüne yazılarak her hafta için ayrı bir sayfa oluşturulmuştur. Yapılan bütün hesaplamalarda bu veriler kullanılmıştır.

Toplanan familyalara ait türlerin morfolojik farklılıklarına göre morpho-species düzeyinde teşhisleri yapılmıştır. Daha sonra tür bazında teşhisleri uzman kişiler tarafından yapılmıştır.

### 2.3. Biyolojik çeşitlilik hesaplamaları

İnsan aktivitesinin yoğun olduğu, yoğun olmadığı ve hiç olmadığı habitatlarda yaşamlarını toprak üzerinde sürdüren böceklerden elde edilen verilerden yararlanılarak hesaplanan biyolojik çeşitlilik parametreleri formülleri aşağıda verilmiştir.

Biyolojik çeşitlilik hesaplamalarında Shannon (H') ve Simpson (D) indeksleri, benzerlik değerlendirmelerinde ise Sörensen (CS) indeksi kullanılmıştır. (Magurran, 2004).

Tür çeşitlilikleri için;

- Shannon-Wiener (Magurran, 1988; Özkan, 2016);

$H' = -\sum p_i \ln(p_i)$

H': Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi

$p_i$ : i'inci türün diğerlerine göre oranı



- Simpson (Magurran, 1988; Özkan, 2016);

$S_d = 1 - D$

S<sub>d</sub>: Simpson çeşitlilik indeksi

D: Simpson dominantlık indeksi

Dominantlık için (Magurran, 1988; Özkan, 2016);

- Simpson;

$l = \sum (n_i(n_i - 1) / N(N - 1))$

l: Simpson'un Dominantlık indeksi

i: Tür sayısı

n<sub>i</sub>: Bir türe ait birey sayısı

N: Bir bölgedeki türlerin toplamı

Tür yoğunluklarının birbirleri ile olan ilişkileri (Evenness) için;

- Shannon Evenness (Magurran, 1988; Özkan, 2016);

$J = H' / \ln S$

J: Shannon Evenness

H': Shannon-Weaver çeşitlilik indeksi

ln: Logaritma

S: Bir bölgedeki toplam tür sayısı

- Simpson Evenness (Magurran, 1988; Özkan, 2016);

$E1/D = (1/D) / S$

E1/D: Simpson Evenness indeksi

1/D: Simpson çeşitlilik indeksi

S: Toplam tür sayısı

Biyolojik çeşitlilik parametreleri BioDiv programı ile ölçülmüştür.

Benzerlik için (Özkan, 2016);

-Sörensen;

$B_s = 2C / A + B$

B<sub>s</sub>: Sörensen'in Benzerlik indeksi

A: A habitatındaki tür sayısı

B: B habitatındaki tür sayısı

C: A ve B habitatlarından elde edilen ortak tür sayısını ifade etmektedir (Southwood, 1971; Magurran, 1988; Krebs, 1999; Magurran, 2003; Aydın, 2006).

Verilerin yorumlanmasının kolaylığı açısından yüzde benzerlik değerleri de çalışma içerisinde verilmiştir. Benzerlikler MVSP programında değerlendirilmiştir.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Tespit edilen biyolojik çeşitlilik değerleri

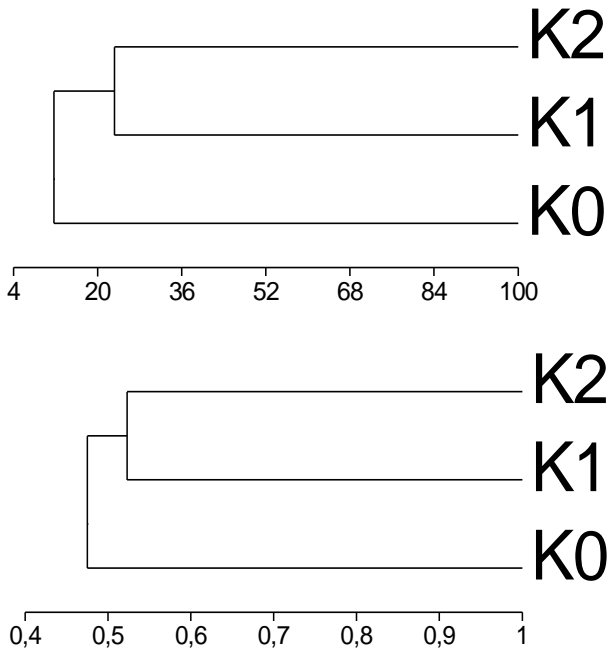
Çalışmanın yürütüldüğü ekosistemlerde çukur tuzak örnekleme yöntemiyle 63 böcek türüne ait toplam 1498 adet

birey örneklenmiş ve bu böcek türlerinden iki tanesi tür bazında teşhis edilmiştir. Elde edilen verilere göre insan aktivitesinin yoğun olduğu (K0) ekosisteminde, insan aktivitesinin olmadığı (K2) ve insan aktivitesinin az yoğun olduğu (K1) ekosistemlerine göre daha fazla böcek türü yakalanmıştır. Türlerin birey sayılarına göre sıralamaları çoktan aza doğru K23; K22; K11; K13; K03; K02; K21; K01; K12 şeklinde olmuştur (Çizelge 1). Örneklenen böcek türlerinden ve bireysel yakalanma sayılarından elde edilen verilere göre; ekosistemlerdeki tür zenginliği en yüksekten en düşüğe doğru K11; K01; K02=K03=K21; K13; K22; K23; K12 şeklinde olmuştur. Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi ile biyolojik çeşitlilik değerleri tür zenginliği açısından en yüksekten en düşüğe doğru K21; K01; K02; K03; K12; K13; K11; K22; K23 olarak hesaplanmıştır. Bir diğer çeşitlilik indeksi olan Simpson'a göre çeşitlilik açısından en zengin habitatlar ise sırasıyla K21; K02; K01; K03; K12; K13; K11; K22; K23 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1). Ekosistemler insan aktivitesinin yoğunluğuna göre düzenlenip ele alındığında ise tür zenginliği sıralaması yüksekten aza doğru K0;K1;K2 şeklinde olmuştur. Habitatlarda örneklenen türlerden elde edilen veriler ile yapılan dominantlık indeks ölçümüne göre en dominant habitatın K23 olduğu görülmüş ve bunu sırayla K22; K11; K13; K03; K02; K21; K01; K12 habitatları takip etmiştir (Çizelge 1). Ekosistemlerin insan aktivitesinin yoğunluğuna göre düzenlenip dominantlık indeksleri değerlendirildiğinde ise yüksekten aza doğru dominantlık sıralaması K2; K1; K0 şeklinde olmuştur. Habitatlardaki popülasyon yoğunluk ilişkisi üzerinde durulduğunda ve Shannon ve Simpson çeşitlilik indekslerinin değerleri popülasyon yoğunluğunun en dengeli olduğu habitatları K01, K02, K03 olarak belirlemiştir. Beklenenin aksine yoğunluk açısından en dengeli habitat insan aktivitesinin yoğun olduğu K0 ekosistemi olmuş ve bunu sırasıyla K1 ve K2 ekosistemleri takip etmiştir. Üzerinde çalışılan ekosistemlerden tespit edilen ve tür sayılarına bağlı olarak hesaplaması yapılan biyolojik çeşitlilik parametrelerine ait değerler detaylı olarak Çizelge 1'de verilmiştir.

Çukur tuzaklama örnekleme yönteminden elde edilen türlere bağlı veriler doğrultusunda hazırlanan yüzde benzerlik indeksine göre; K0 ekosisteminin, K1 ekosistemine olan benzerliği %18.68 ve K2 ekosistemine olan benzerliği ise %4.58 olarak belirlenmiştir. K1 ekosisteminin K2 ekosistemine olan benzerliği ise %23.17 olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Yüzde benzerlik analizinin sonuçları daha çok alanların birbirine benzemediğini ortaya koymuştur.

Çizelge 1. Çalışılan ekosistemlerden çukur tuzak örnekleme yöntemi uygulanarak yakalanan böcek türlerinin biyolojik çeşitlilik parametre değerleri (K0: yoğun insan aktivitesi, K1: az yoğun insan aktivitesi, K2: insan aktivitesi olmadığı alan)

Seçilen habitatlar	K01	K02	K03	K11	K12	K13	K21	K22	K23
Tür sayısı	17	16	16	19	9	15	16	13	12
Birey sayısı	27	32	41	103	26	60	29	347	833
Çeşitlilik indeksleri									
Shannon-Wiener[H]	2.506	2.484	2.309	1.237	1.535	1.329	2.509	0.387	0.197
Simpson Index[D]	0.124	0.119	0.145	0.564	0.358	0.52	0.105	0.867	0.941
Simpson Diversity [1-D]	0.875	0.880	0.854	0.435	0.642	0.48	0.894	0.132	0.059
Yoğunluk indeksleri									
Shannon-Evenness [EH]	0.884	0.896	0.833	0.420	0.699	0.490	0.905	0.151	0.079
Simpson-Evenness [E1/D]	0.471	0.524	0.429	0.093	0.310	0.128	0.590	0.088	0.088



Şekil 1. İnsan aktivitesinin yoğun (K2), az yoğun olduğu (K1) ve olmadığı (K0) ekosistemlerinden yakalanan böcek türlerinin benzerlik analizi (UPGMA) (Yüzde benzerlik: sol; sörensens benzerlik: sağ)

Sörensens benzerlik değeri 1 ile 0 arasında değişkenlik göstermektedir. 1'e yaklaştıkça benzerlik artarken, sıfıra yaklaşan değerler benzezmeliği ifade etmektedir. Sörensens benzerlik indeksinin sonuçları ele alındığında alanların birbirine benzemediği görülmektedir. Sörensens benzerlik analizinin yansıttığı bu dendrogram aslında alanların benzezmeliğini daha açık bir şekilde ifade etmektedir (Şekil 1).

#### 4. Tartışma ve sonuç

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre genel olarak insan aktivitesinin yoğun olduğu (K0) ekosistemde, insan aktivitesinin olmadığı (K2) ve insan aktivitesinin az yoğun olduğu (K1) ekosistemlere göre daha fazla böcek türü yakalanmış ve dolayısıyla insan aktivitesinin yoğun olduğu (K0) ekosistemde biyolojik çeşitlilik değeri diğer ekosistemlere göre yüksek bulunmuştur. Ekosistemler insan aktivitesinin yoğunluğuna göre düzenlenip ele alındığında tür zenginliği sıralaması yüksekten aza doğru K0;K1;K2 şeklinde olmuş ve dominantlık sıralaması bu durumun tersi olarak K2;K1;K0 şeklinde takip etmiştir. Yine ekosistemlerdeki popülasyon yoğunluk ilişkisi üzerinde durulduğunda popülasyon yoğunluğunun en dengeli olduğu ekosistemler sırasıyla K0;K1;K2 olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızın sonuçlarını daha önce yapılmış olan çalışmalarla karşılaştıracak olursak; Sutrisno (2010), çalışmasında insan aktivitesinin böcek biyolojik çeşitliliği üzerine etkilerini beş farklı habitatta ölçmüş ve sonuç olarak insan aktivitesinin arttığı bölgelerde sırasıyla %10-20, %20-50'ye varan böcek biyolojik çeşitlilik ve yoğunluk azalmasına neden olduğunu belirtmiştir. Adeduntan (2009), böcek biyolojik çeşitlilik ve bolluğunu tespit etmek üzere insan aktivitesinin olduğu ve olmadığı alanları

değerlendirmiş ve Shannon-Wiener çeşitlilik indeksine göre en yüksek çeşitliliği insan aktivitesinin olmadığı alanda tespit etmiştir. Samb vd. (2011), termitlerin insan aktiviteleri ile ilişkisini incelemek için yaptıkları çalışmada çevredeki bozulmalar nedeniyle böcek biyolojik çeşitlilik değerlerinin düştüğünü bildirmişlerdir. Aydın vd. (2010), doğal alanlar ile insan aktivitesinin olduğu alanlardaki böcek biyolojik çeşitlilik değerlerini karşılaştırmışlar ve Shannon-Wiener çeşitlilik indeks sonuçlarının doğal alanlarda daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yukarıda sözü edilen çalışmalar bu çalışmanın sonuçlarıyla ilişkilidir. K21 ismiyle anılan insan aktivitesinin olmadığı habitat hem Shannon-Wiener hem de Simpson çeşitlilik yönünden diğer habitatlara göre çeşitlilik açısından en zengin bulunmuştur. Öte yandan insan aktivitesinin çok yoğun olduğu K01, K02 ve K03 habitatlarının buna paralel olarak çeşitlilik açısından zengin çıkmasının sebebinin habitat tahribinin başlangıç seviyesi olduğu söylenebilmektedir. Habitatlardaki yıpranma başlangıcında habitatlara dahil olan faktör sebebiyle dışarıdan içeriye göç çeşitliliği geçici olarak artmış gibi gösterebilmektedir. Çalışmamızda insan aktivitesinin çok yoğun olduğu habitatların biyolojik çeşitlilik parametrelerinin beklenmedik şekilde yüksek hesaplanması bu şekilde açıklanabilmektedir. İnsan aktivitesinin yoğun olduğu ekosistemdeki K21 habitatı biyolojik çeşitlilik açısından en zengin habitat bulunurken yine aynı ekosistemdeki K22 ve K23 habitatı biyolojik çeşitlilik açısından en düşük habitatlar olarak tespit edilmiştir ve bu durum sözü edilen bu iki habitatdaki 25 numara ile adlandırılan türün dominantlığına bağlanmaktadır. 25 numaralı dominant türün K21 habitatında yakalanmamasının sebebi ise bu türün yaşam alanı açısından K22 ve K23 habitatlarına göre çevresel açıdan daha elverişsiz olmasına bağlanmaktadır.

Emery ve Emery (2004), çalışmalarında insan faaliyetlerinin böcek biyolojik çeşitliliği üzerindeki etkisini farklı rekreasyonel kullanım düzeyleri olan üç farklı bölgede incelemişler ve bölgeler arasında anlamlı bir böcek biyolojik çeşitlilik farkının olmadığını ve böcek biyolojik çeşitliliğini belirleyen en önemli faktörün yerel bitki örtüsü olduğunu savunmuşlardır. Nash vd. (2000), insan aktivitesinin karıncalar üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında bazı türlerin bu aktivitelerden olumsuz etkilenirken, bazı türlerin ise olumlu veya olumsuz etkilenmediklerini bildirmişlerdir.

Shah vd. (2003), yaptıkları çalışmayla türlerin çeşitliliği, yoğunluğu üzerine organik ve konvansiyonel alanlardaki böcek biyolojik çeşitlilik indekslerini karşılaştırmışlar ve sonuç olarak organik alanlarda biyolojik çeşitlilik indeks sonuçlarını konvansiyonel alanlara göre daha düşük tespit etmişlerdir. Bunun nedeninin ise tek bir türün organik alanda dominant olmasına bağlı olduğunu savunmuşlardır. Gardner vd. (1995), insan aktiviteleri ve hayvanların otlatılmasının eklem bacaklılar üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak için yaptıkları çalışmada, eklem bacaklılar üzerinde daha çok yırtıcı hayvanların ve ekosistemdeki bitki çeşitliliği ve mimarisinin etkili olduğunu dolayısıyla trofik etkilerin sonuçlar üzerinde büyük yankılar doğurabileceğini savunmuşlardır. Yukarıda sözü edilen çalışmalar yapılan bu çalışma ile paralellik göstermektedir. İnsan aktivitesinin olmadığı alanda böcek biyolojik çeşitlilik değerinin insan aktivitesinin yoğun olduğu alanlara nazaran düşük çıkması, 25 numara ile anılan tek bir türün dominant olmasına

bağlanmaktadır. Ayrıca çalışmamızda K0 olarak anılan insan aktivitesinin yoğun olduğu habitatın, K1 olarak anılan insan aktivitesinin az yoğun olduğu habitata göre biyolojik çeşitlilik indeks sonuçlarının yüksek çıkması, K1 habitatında bulunan yakın patika yol varlığı ve K0 habitatındaki insanlar tarafından bırakılan besin atıkları, çöp kutuları, turizm amaçlı kullanılan hayvanlar (at, deve, eşek, papağan vb.) ve son olarak K0 habitatında böceklerle beslenebilecek vahşi hayvanların (tilki, kuş, kertenkele vb.) yoğunluğunun K1 habitatına göre daha az olmasının bu farklılığın nedenleri arasında olabileceği düşünülmektedir.

İnsan aktiviteleri, tabiat parkları, korunan alanlar, doğal yaşam alanları gibi bölgelerde çok hassas olan besin zincirine büyük zararlar vererek bölgelerdeki biyolojik çeşitlilik değerlerini büyük ölçüde etkileyebilmekte ve insan aktivitelerinin habitatta meydana getirdiği olumlu veya olumsuz sonuçlar biyolojik çeşitlilik değerleriyle ölçülebilmektedir. Biyolojik çeşitlilik ölçümlerinde örnekleme yöntemlerinin arasından çukur tuzak örnekleme yönteminin en verimli sonuçları verdiği yapılan çalışmalarla doğrultusunda bilinmektedir. Bu örnekleme yöntemiyle yakalanan böcek türlerinin habitata dışarıdan gelme olasılıkları oldukça düşük olarak değerlendirilebilmektedir. Ancak çukur tuzak örnekleme yöntemi kullanılırken yaşamlarını toprak üstünde sürdürmekte olan böcek türleri hedef alınmalıdır. Yukarıda sözü edilen alanlarda çalışmalar yaparak ve yine bu çalışmaların yoğunluğunu artırarak alanların sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından adımlar atmak oldukça önemlidir.

Çalışma sonucunda çukur tuzak örnekleme yöntemi kullanılarak yapılan farklı insan aktivitelerine yönelik biyolojik çeşitlilik değerleri, insan aktivitesinin yoğun olduğu ekosistemde insan aktivitesinin az yoğun olduğu ve olmadığı ekosistemlere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum genel olarak bu konuda yapılmış olan çalışmalarla farklılık göstermektedir. Bunun bir sebebinin insan aktivitesinin olmadığı ekosistemdeki dominant tür sayısının, biyolojik çeşitlilik değerlerini düşürdüğü dolayısıyla ekosistemler arasında farklılıklara neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca habitatlar insan aktivitelerinden olumsuz yönde etkilenirken bazen bu insan aktiviteleri habitatı olumlu yönde de etkileyebilmektedir. Çalışmanın sonucu Aydın-Kazak Prensipleri ile açıklanabilir (Aydın ve Kazak, 2010):

1) Bulunma-bulunmama (presence-absence): Ortama giren etki bazı türlerin yaşamasına izin vermeyecek düzeydedir. Bu nedenle bu türler etkiden olumsuz yönde etkilenebilir ve ortamdaki dışarıya göç ederler. Eğer türler habitata özelleşmiş, bir başka deyişle yalnız bu tip habitatlarda yaşama yeteneğine sahipler ise yaşayabilecekleri benzer ya da aynı özelliklerdeki habitatları bulmaları gerekmektedir. Türlerin yaşayabilecekleri benzer habitat bulamamaları türlerin yok olmalarına neden olur. Bulunma durumunda ise bazı türler habitata giren etki nedeni ile dışarıdan ortama girerler. Bu türler etkiden olumlu yönde yararlanırlar. Sözü edilen türlerin ortamda bulunma-bulunmama durumları dışarı göç (migration) ve içeri göç (immigration) olarak da adlandırılabilir.

2) Popülasyon yoğunluğundaki değişim (differentiation in population density): Ortama giren etki o habitatta yaşayan türlerden bazılarının popülasyonlarının yükselmesine bazı türlerin ise popülasyonlarının düşüşüne neden olabilir. Türlerin popülasyonlarının yükselme nedeni ortama giren etkiden olumlu yönde, popülasyonlarının düşme sebebi ise

olumsuz yönde etkilenmelerinden kaynaklanabilir. Yukarıda belirtilen türlerin habitat tanımlaması, yıpranması, çevresel faktörler gibi parametrelere biyolojik gösterge olarak kullanılma şansları diğer türlere göre oldukça fazladır.

3) Etkileşimsizlik (irresponsive species): Ortama giren etki bazı türlerin ortamda bulunma-bulunmama ve/veya popülasyon yoğunluğundaki değişim durumlarını etkileyebilir. Bir başka deyişle faktör, sözü edilen türlerin yaşamlarını olumlu ya da olumsuz şekilde etkilemez. Bu türlerin o etkiye/faktöre biyolojik gösterge olarak kullanılma şansları, etkinin türün ortamda bulunma-bulunmama ve popülasyon yoğunluğundaki artış-azalışını etkilememesinden dolayı mümkün değildir. Bu nedenle biyolojik çeşitlilik çalışmalarında ölçülmesi istenen habitat ya da habitatların oluşum sürecini tamamlaması, habitat karşılaştırmalarında habitatlar üzerine etkili tüm faktörler göz önünde bulundurulması, örnekleme yönteminin standardizasyonu, toplanan avcı böceklerin tuzak içerisinde örneklenen sayısını etkilememesi gibi faktörler göz önüne alınarak yapılmalıdır. Aksi halde çalışmada doğru sonuca ulaşılmayacaktır.

Çalışma sonucunda elde edilen yüzde benzerlik indeksleri habitatlarda yaşayan böcek türleri ve sayılarını ele alarak hesaplanmış olup, sözü edilen farklı insan aktivitesine sahip ekosistemlerin birbirine olan benzerlik oranlarını ortaya çıkarmıştır. Sonuçlara göre ekosistemlerin birbirine benzerlik oranlarının oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum ekosistemlerdeki böcek tür çeşitliliklerinin kendine özgü olduğunu ortaya koymakta ve bu bölgede gelecekte yapılacak çalışmalar için ön bilgi niteliğindedir.

Bu çalışma ile birlikte, örneklenen türler arasında bulunan ve 48 numara ile anılan *Dasytibris intermedia* (Hymenoptera: Mutillidae) türü Türkiye faunası için ilk defa teşhis edilmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Kurşunlu Şelalesi Tabiat Parkında yapılacak olan veya yapılması planlanan yeni çalışmalar için ön çalışma ve yol gösterici niteliktedir. Bu ve buna benzer çalışmaların sürdürülüp alandaki türler hakkında daha kesin ve doğru sonuçlara ulaşılması alanının sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır.

#### Açıklama

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince 2019-YL1-0001 no'lu proje ile desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- Adeduntan, S.A., 2009. Influence of human activities on diversity and abundance of insects in Akure Forest Reserve, Ondo State, Nigeria. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3(6): 1320-1335.
- Allaby, M., 1998. *A Dictionary of Ecology*. Oxford University Press, London.
- Aslan, B., Aslan, E.G., Karaca, İ., Kaya, A., 2008. Kasnak Meşesi Tabiatı Koruma Alanında (Isparta) farklı habitatlarda çukur tuzak yöntemi ile yakalanan Carabidae ve Tenebrionidae (Coleoptera) türleri ile biyolojik çeşitlilik parametrelerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 3(2): 122-132.
- Aydın, G., 2006. Çukurova Deltası'nda böceklerin sürdürülebilir alan kullanımında biyolojik gösterge olarak değerlendirilme olanakları. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Aydın, G., Erdal, H.İ., Avcı, A.B., 2010. YYÜ Yerleşkesi ve Edremit (Van)'te belirlenen bazı habitatların böcek biyolojik çeşitlilik parametrelerinin karşılaştırılması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(4): 43-46.
- Aydın, G., Kazak, C., 2010. Selecting indicator species habitat description and sustainable land utilization: A case study in a Mediterranean Delta. *International Journal of Agriculture & Biology*, 12(6): 931-934.
- Çepel, N., 2003. Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri. Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Aydoğdu Matbaası, Ankara.
- Emery, T.J., Emery, D.L., 2004. Insect biodiversity in three Sydney urban parklands with differing levels of human usage. In : *Urban Wildlife: More Than Meets the Eye* (Ed: Lunney, D., Burgin, S.), Royal Zoological Society of New South Wales, Mosman, NSW, pp. 124– 130.
- Frutiger, A., Buergisser, G.M., 2002. Life history variability of a grazing stream insect (*Liponeura cinerascens minor*; Diptera: Blephariceridae). *Freshwater Biology*, 47: 1618–1632.
- Galante, E., Cartagena, M.C., 1999. Comparison of Mediterranean Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) in cattle and rabbit dung. *Environmental Entomology*, 28(3): 420-424.
- Gardner, S.M., Cabido, M.R., Valladares, G.R., Diaz, S., 1995. The influence of habitat structure on arthropod diversity in Argentine semi-arid Chaco forest. *Journal of Vegetation Science*, 6(3): 349-356.
- Iqbal, M.Z., Shafiq, M., Kabir, M., Farooqi, Z.R., 2018 Impact of anthropogenic activities on biodiversity in Pakistan: A review. *Bioscience Research*, 15(1): 481-490.
- Karaca, İ., Uygun, N., Şekeroğlu, E., 1993. Farklı ekosistemlerin çeşitlilik ve benzerliklerinin karşılaştırılması. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(3): 141-150.
- Kocataş, A., 1999. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Krebs, C. J., 1999. *Ecological Methodology. An Imprint of Addison Wesley Longman, Inc.*, 620 p
- Kruess, A., Tschantke, T., 2002. Grazing intensity and the diversity of grasshoppers, butterflies, and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*, 16(6): 1570-1580.
- Kuhara, N., Nakano, S., Miyasaka, H., 2000. Flow rate mediates the competitive influence of a grazing caddisfly on mayflies. *Ecological Research*, 15(2): 145-152.
- Magurran, A.E., 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- Magurran, A.E., 2003. *Measuring Biological Diversity*. John Wiley & Sons, New York.
- Magurran, A.E., 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, New York.
- Molina, S.I., Valladares, A.G.R., Gardner, S., Cabido, M.R., 1999. The effects of logging and grazing on the insect community associated with a semi-arid Chaco forest in Central Argentina. *Journal of Arid Environments*, 42(1): 29–42.
- Nash, M.S., Whitford, W.G., Zee, J.V., Havstad, K.M., 2000. Ant (Hymenoptera: Formicidae) responses to environmental stressors in the northern Chihuahuan Desert. *Environmental Entomology*, 29(2): 200-206.
- New, T.R., 1998. *Invertebrate Surveys for Conservation*. Oxford University Press, New York.
- Özkan, K., 2016. *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri Nasıl Ölçülür?* Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Isparta.
- Petit, S., Firbank, L., Wyatt, B., Howard, D., 2001. *Mirabel: Models for integrated review and assessment of biodiversity in European landscapes*. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 30(2): 81-88.
- Ranede, A., 2000. Herb Species Richness of Pune City Habitats. 4 p. <http://ranwa.org/punealive/paheerbs.htm>
- Samb, T., Ndiaye, A.B., Diarra, K., 2011. Diversity of termites in relation to human activity: Impact on the environment in Matam (Senegal). *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2(1): 313-323.
- Sanchez, F., Avila, J.M., 2004. Dung-insect community composition in arid zones of southeastern Spain. *Journal of Arid Environments*, 56(2): 303-327.
- Shah, P.A., Brooks, D.R., Ashby, J.E., Perry, J.N., Woiwood, I.P., 2003. Diversity and abundance of the coleopteran fauna from organic and conventional management systems in southern England. *Agricultural and Forest Entomology*, 5(1): 51-60.
- Southwood, T.R.E., 1971. *Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations*. Chapman and Hall, London.
- Spellerberg, I.F., 1996. *Conservation Biology*. Longman Group Limited, England.
- Sutrisno, H., 2010. The impact of human activities to dynamic of insect communities: A case study in Gunung Salak, West Java. *HAYATI Journal of Biosciences*, 17(4): 2086-4094.
- WordEconomicForum, 2020. <https://reports.weforum.org/global-risks-report-2020/save-the-axolotl/>, Accessed: 01.09.2020.
- Wikipedia, 2020. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Kur%C5%9Funlu\\_%C5%9Eelales\\_i](https://tr.wikipedia.org/wiki/Kur%C5%9Funlu_%C5%9Eelales_i), Accessed: 01.06.2020.
- Wilson, E.O., 1997. *Biodiversity II* (Editors: Reaka-Kudla, M.L., Wilson, D.E., Wilson, E.O., *Biodiversity II: Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Joseph Henry Press, Washington DC, USA)
- Wilson, E.O., 1999. *Biological Diversity: The Oldest Human Heritage*. New York State Biodiversity Research Institute, New York.

## Ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasına yönelik önerilen bir eşitlik

Kürşad Özkan<sup>a\*</sup> 

**Özet:** Bu çalışmada ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasına yönelik bir indis önerilmektedir. Önerilen indisin ( $H_{wd}$ ) içeriğinde meta toplumların tür kompozisyonları ve yayılış alan miktarları ile onların yayıldığı alanlardaki dağılımın heterojenliği yer almaktadır. Bu yüzden  $H_{wd}$ ; Shannon benzeri ortalama uyumsuzluk ( $H_d$ ) ile fraktal boyutun ( $w_j$ ) birleşmesinden oluşmaktadır. Bu çalışmada ayrıca ekosistem eşitliğinin hesaplanması da verilmiştir. Bir meta toplum için maksimum fraktal boyut= $2$  ( $w_{maxj} = 2$ ) olduğundan,  $H_{wd}/2 \ln K$  ekosistem eşitliği ( $E_{wd}$ ) değerini vermektedir. Ekosistem çeşitlilik ve eşitlik indislerinin amacı, ekosistemlerin genel durumu hakkındaki bilgiyi sayısal olarak vermektedir. Bundan dolayı ekosistemlerin birbirleri ile karşılaştırılması ve izlenmesinde bu iki indisten faydalanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Ekoloji, Biyoçeşitlilik, Ekosistem, Entropi

## A proposed index for estimating ecosystem diversity

**Abstract:** An ecosystem diversity index was proposed by the present study. The proposed index ( $H_{wd}$ ) considers not only the species compositions of the meta communities and their land cover areas but also heterogeneities of their geographical distributions.  $H_{wd}$  is therefore includes fractal dimension ( $w_j$ ) as well as Shannon-like expression of average conflict ( $H_d$ ). Estimation of ecosystem evenness was also given in the present study. With regard to ecosystem evenness ( $E_{wd}$ ), the proposed equation is  $H_{wd}/2 \ln K$  since maximum fractal dimension value of a meta community equals to 2 ( $w_{maxj} = 2$ ). The purpose of the ecosystem diversity and evenness indices give the information as numerical data about the general conditions of the ecosystems. Both of the indices may therefore be employed for monitoring and comparing the ecosystems.

**Keywords:** Ecology, Biodiversity, Ecosystem, Entropy

### 1. Giriş

Biyolojik çeşitlilik doğa bilimlerinin en fazla odaklandığı çalışma alanlarından biridir. Biyolojik çeşitlilik konularına ve hesaplama tekniklerine göre tür çeşitliliği, taksonomik çeşitlilik, fonksiyonel çeşitlilik, yapısal çeşitlilik ve ekosistem çeşitliliği olmak üzere 5 ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar içinde en az bilineni, anlaşılmanı ve çalışılmanı ekosistem çeşitliliğidir. Bunun en önemli sebebi ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasındaki karmaşık süreçlerdir. Zira ekosistemler; canlılar, canlı toplumları ve onların dağılım alanlarından oluşan dinamik sistemlerdir (Çepel, 1995). Bu yüzden ekosistem çeşitliliğinin tespiti için coğrafi konumu belli bir yerde bulunan canlılara ait envanter verilerine olduğu kadar, canlı toplumların kompozisyon verilerine ve onlara göre ayrılmış ekolojik ünitelerin konum bilgilerine ihtiyaç vardır.

Feoli vd. (2013) vejetasyon kompozisyonuna dayalı arazi çeşitliliği çalışmalarında ekosistem çeşitliliğini belirlemeye yönelik en yakın hesaplama tekniklerini sunmuşlardır. Araştırmacılar vejetasyon kompozisyonuna (tiplerine) dayalı arazi/alan çeşitliliği ve eşitliği hesaplamalarının gerçekleştirilmesinde kullanılabilecek yöntemleri, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olarak iki ana başlık halinde vermişlerdir. Parametrik yöntemler bulanık çeşitlilik ismi ile verilmiş ve bunlar kendi içerisinde Simpson indisi ve Shannon entropisi

temelli bulanık çeşitlilik ve eşitlik ölçümleri, genelleştirilmiş formlara dayalı bulanıklık çeşitlilik ve eşitlik ölçümleri ve olasılıksal benzerlik hesabına dayalı bulanık çeşitlilik ve eşitlik ölçümleri olarak ayrılmışlardır.

Feoli vd. (2013)'nin verdiği indislerden Shannon entropisi temelli bulanık çeşitlilik ölçümü Ricotta ve Szeidl (2006)'in çalışmasına dayanmaktadır. Ricotta ve Szeidl (2006)'in çalışmasında Shannon entropisinde mesafe ( $d_{ij}$ ) değerlerinin yer bulduğu yeni bir indis ve onun değişik formları sunulmaktadır. Araştırmacıların geliştirip sundukları bu yeni indis ekosistem çeşitlilik hesabı için iyi bir adaydır fakat yeterli değildir. Ricotta ve Szeidl (2006)'in geliştirdikleri indisin ekosistem çeşitliliğinin tespiti için iyi bir aday olmasının sebebi onun canlı toplumlarının tür kompozisyonlarını ve kapladığı alan değerlerini hesaba alacak girdi alanına sahip olmasıdır. İndisin eksik kısmı ise canlı toplumların dağılım şekillerini (serpilme durumlarını) ifade edecek bir eklentiye sahip olmamasıdır.

Bu çalışmada ekosistem çeşitlilik hesabına yönelik olarak Shannon entropisi temelli bulanık çeşitlilik eşitliğinin geliştirilmiş yeni bir formu sunulmaktadır. Önerilen bu yeni form, Ricotta ve Szeidl (2006)'in mesafe tabanlı eşitliğine fraktal boyutu katmakta ve böylece canlı toplumlarının mekansal serpilme/dağılım durumlarının çeşitlilik hesabında yer bulmasını sağlamaktadır.

✉ <sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 08.07.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 10.09.2020



**Citation** (Atıf): Özkan, K., 2020. Ekosistem çeşitliliğinin hesaplanmasına yönelik önerilen bir eşitlik. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 355-363.

DOI: [10.18182/tjf.766462](https://doi.org/10.18182/tjf.766462)

## 2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada önerilen ekosistem çeşitlilik indisi ile ilgili hesaplamaları göstermek için iki farklı tipte hipotetik veri kullanılmıştır.

İlk hipotetik veri 21 adet örnek alan ve 50 adet türden oluşan bir veri tablosudur (Ek Çizelge 1). İkinci hipotetik veri Ek Çizelge 1'deki örnek alanların (Wards metoduna dayanan kümeleme analizi kullanarak) gruplandırılması ve grupların Anosim R istatistiği (Clark, 1993) ile teyidi sonrasında belirlenen meta toplumların coğrafi dağılım verilerini içermektedir (Ek Şekil 1).

Ekolojik çeşitlilik hesabı için önerilen eşitliğin gövde formu Shannon entropisidir ( $H$ ) (Shannon Claude, 1948).

$$H = -\sum_{j=1}^K p_j \ln p_j \quad (1)$$

Eşitlikte bulunan  $K$  bir toplumda yer alan elementlerin sayısıdır. Eğer toplum en alt seviyede örneklenen bir canlı toplumu veya kompleks ise o zaman  $K$  yerine kompleksdeki tür sayısını ifade etmek için  $S$  kullanılır.  $p_j$  toplum bünyesinde yer alan elementlerin oransal değerleridir. Eğer ilgili oransal değer  $p_j$  ve onun dışında kalan oransal değerler  $p_i$  olarak ifade edilirse, bu durumda  $p_j = 1 - \sum_{i \neq j}^K p_i$  olur ve eşitlik 1 aşağıdaki formda gösterilebilir (Ricotta ve Szeidl, 2006).

$$H = -\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K p_i) \quad (2)$$

Eşitlik 1'in Eşitlik 2'deki gibi ifade edilmesi bir amaca hizmet etmektedir. Shannon entropisi eşitlik 2'deki gibi ifade edildiğinde eklenti alabilmektedir. Rao'nun kuadratik entropisindeki (Rao, 1982) belli özelliklere dayanarak tespit edilen element çiftleri arasındaki mesafe ( $d_{ij}$ ) artık bu formda kendine yer bulabilir.

$$H_d = -\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i) \quad (3)$$

Mesafe hesapları için kullanılacak özelliklerde herhangi bir sınırlama yoktur. Örneğin içerdikleri tür kompozisyonuna dayanarak iki kompleks veya iki örnek alan arası elde edilen standardize edilmiş mesafe değerleri bu eşitlikte kullanılabilir. Meta toplumlar arası standardize edilmiş mesafe değerleri de bu eşitlikte değerlendirilebilir. Eğer canlı kompozisyonuna dayanarak arazi çeşitliliğini belirlemek istersek bu durumda Feoli vd. (2013) tarafından da ifade edildiği üzere Eşitlik 3'deki oransal ifadeleri ( $p_i$  ve  $p_j$ ) meta toplumların yayılış alan değerleri olarak kullanabiliriz.

Meta toplumların belirlenmesi kompleks veya örnek alanların gruplandırılmasına bağlıdır. Gruplandırma için yarı-kantitatif veya kantitatif teknikler kullanılabilir. Kümeleme analizi kullanılacak kantitatif tekniklerden biridir. Meta toplumlar arasındaki mesafe hesabı için ikili veriye (var-yok verisine) veya bolluk verisine göre kullanılacak birçok mesafe eşitliği bulunmaktadır (Özkan, 2016). Bu çalışmada hem ikili verilere (var yok verilerine) hem de bolluk verilerine uygulanabilecek 0 ile 1 arasında değerler veren ve bu yüzden standartlaştırmaya ihtiyaç olmayan Bray-Curtis mesafe ( $D$ ) formülünün kullanılması tercih edilmiştir (Bray ve Curtis, 1957).

$$D = 1 - 2 \frac{\sum_{i=1}^S \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^S (a_i + b_i)} \quad (4)$$

Mesafe formülünde yer alan  $S$  kompleks çiftlerinin içerdiği toplam tür sayısını,  $a_i$  ve  $b_i$  sırasıyla kompleks  $A$  ve kompleks  $B$  de bulunan  $i$ . türün sayısal değerlerini ifade etmektedir.

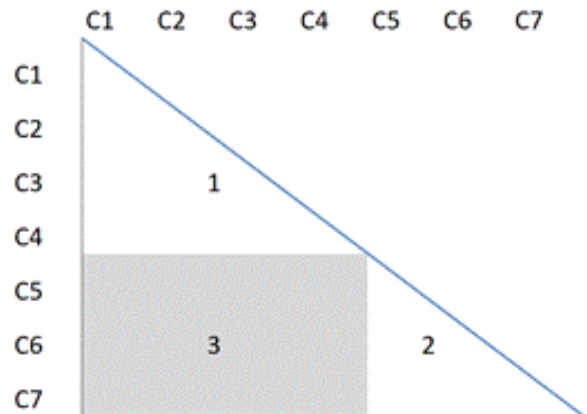
Canlı kompozisyonuna göre meta toplum çiftleri arası mesafeyi belirlerken, meta toplumların kendi bünyesinde bulunan kompleksleri diğer meta toplumun bünyesinde bulunan komplekslerle eşleştirmek gerekir. Meta toplumların içerdiği kompleksler arası mesafe değerlerinin ortalaması iki meta toplum arasındaki ortalama mesafe değeridir.

Ricotta ve Burrascano (2008)'nin verdiği örneğe benzer şekilde, MT1 ve MT2 isminde iki tane meta toplum olsun. MT1 C1, C2, C3 ve C4 komplekslerinden oluşurken, MT2 C5, C6 ve C7 kompleksini içersin (Şekil 1). Bu iki meta toplumun kendi içlerindeki mesafe değerleri MT1 için Bölge 1 ve MT2 için Bölge 2'dir. Şekil 1'de koyu renkle gösterilen Bölge 3'den ise meta toplum üyeleri arası mesafe değerleri elde edilmektedir.

Eğer bir ekosistemde ayrılmış olan meta toplumlar arası mesafe değerleri ile onların yayıldıkları alanların miktarları biliniyor ise, Eşitlik 3 tür kompozisyonuna dayanan arazi çeşitliliğinin hesabını gerçekleştirmek için kullanılabilir. Ancak "Giriş" kısmında da bahsedildiği üzere, elde edilen bu değer ekolojik çeşitlilik ifadesini gerçek anlamda karşılayamaz. Zira ekolojik çeşitlilik hesabında meta toplumların serpilme durumları ile ilgili bilgilerin de yer bulması gerekir. Bunun için meta toplumların coğrafi dağılım haritalarına ihtiyaç vardır.

Meta toplumların serpilme durumlarının tespitinde öncelikle fraktal boyut hesabına girmek gerekir. Bu çalışmada önerilen ekolojik çeşitlilik eşitliğin çekirdek üyesi fraktal boyuttur. Fraktal boyut hesabı için Eric ve Ramsey (1993) tarafından verilen eşitliğin kullanılması tercih edilmiştir.

$$FrD = \frac{2 \ln(P/4)}{\ln A} \quad (5)$$



Şekil 1. İki meta toplum içi ve arası mesafe değerlerinin yarı matris gösterimi (Bölge 1 ve Bölge 2 meta toplum içi mesafe değerlerini, Bölge 3 meta toplumlar arası mesafe değerlerini göstermektedir.)

Önerilen ekolojik çeşitlilik eşitliğinde fraktal boyut meta toplum  $j$  için metnin ileriki kısımlarında açıklanacak olan ağırlık değerine ( $w_j$ ) denk geldiğinden, Eşitlik 5 değiştirilmiş terimlerle ifade edilmiştir.

$$w_j = \frac{2 \ln(P_j/4)}{\ln A_j} \quad (6)$$

Eşitlik 6'da bulunan  $A_j$  ve  $P_j$  fraktal boyut ( $w_j$ ) hesabı gerçekleştirilecek meta toplum  $j$  için sırası ile toplam alan ve toplam çevre değerlerini ifade etmektedir.

Fraktal boyut eşitliğindeki  $A_j$  değerlerinin belirlenmesi kolaydır. Belli bir bölgede meta toplum  $j$ 'nin işgal ettiği birim hücre (piksel) sayısının ( $U_j$ ) o hücre alan değeri ( $a_j$ ) ile çarpımı  $A_j$  değerine eşittir.  $P_j$  hesabı biraz karışıktır. Zira  $P_j$  hesabı meta toplum  $j$ 'nin her bir hücresinin çevresindeki komşu hücrelerin aynılığına veya farklılığına göre belirlenen değerlerin toplamına dayanmaktadır ( $P_j = \sum_{j=1}^{U_j} h_j a_j$ ). Bir hücre için çevre değeri ( $h_j a_j$ ) hücrenin etrafındaki bitişik dört hücrenin kendisine benzerliğine veya farklılığına göre 16 durumundan birine denk gelen değer karşılığıdır (Şekil 2).

Şekil 2'de merkez hücreler için verilen perimetre değerleri Eric ve Ramsey (1993)'nin  $P_j$  hesabına yönelik hücre ölçeğinde vermiş oldukları çevre değerleri ile uyusmaktadır.

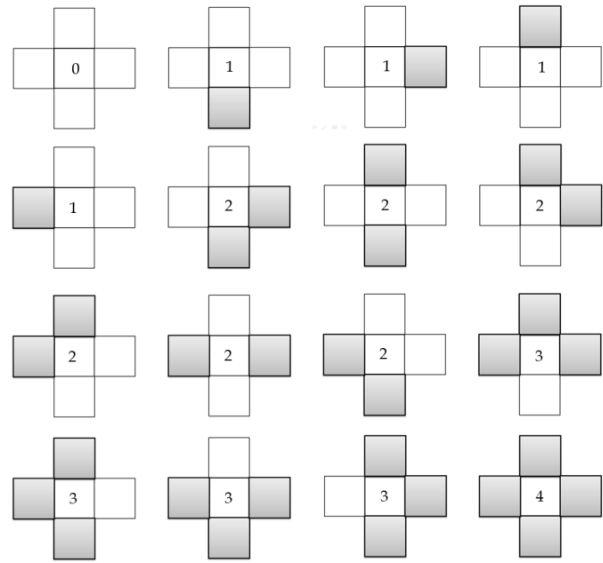
Burada belirtmekte fayda var ki, bu çalışma da Eric ve Ramsey (1993)'nin modifiye edilmiş fraktal boyut eşitliğinin kullanılması tercih edilmemiştir. Modifiye edilmiş fraktal boyut hesabı alan ve çevre hesaplarına ek olarak ayrılan parça sayısını içermektedir. Ne var ki ayrılan parça sayısının bütün meta toplumlara atfen sabit bir maksimum değeri yoktur. Bu yüzden modifiye edilmiş fraktal boyut formülü metnin ileri kısımlarında daha detaylı açıklandığı üzere ekolojik eşitlik hesabı için uygun bir form değildir. Modifiye edilmiş fraktal boyut formülünün tercih edilmemesinin diğer bir gerekçesi ise onun fraktal hesap için üstlendiği misyonun  $P_j$  ile çakışmasıdır. Zira çevre değer artışı ile parça sayısının artışı arasında ihmal edilemez bir korelasyon mevcuttur. Bu sebepten modifiye edilmiş fraktal boyut eşitliği olması gerekenden daha şişkin değerler (pozitif sapma) verme eğilimindedir.

Eşitlik 3 fraktal boyut terimini içermemektedir. Fakat buna Eşitlik 3'de yer açmanın bir yolu vardır. Zira Shannon entropisi ağırlıklandırılmış başka bir form ile ifade edilebilmektedir (Ricotta, 2002; Sreevally ve Varma, 2004; Keith ve Shockle, 2010; Guiasu ve Guiasu, 2012 ).

$$H_{w_j} = - \sum_{j=1}^K w_j p_j \ln p_j \quad (7)$$

Hatırlanacağı üzere Eşitlik 1=Eşitlik 2 ( $H = - \sum_{j=1}^K p_j \ln p_j = - \sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K p_j)$ ) olduğundan,  $H_{w_j}$ 'de aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$H_{w_j} = - \sum_{j=1}^K w_j p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K p_j) \quad (8)$$



Şekil 2. Merkez hücreler için perimetri değerleri

Eşitlik 3'de ( $H_d = - \sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$ ) görüleceği üzere meta toplum çiftler arasındaki mesafe değerlerinin ( $d_{ij}$ ) yeri bellidir. Yani  $d_{ij}$  Eşitlik 8'de gösterilen  $w_j$ 'nin yerleştiği alanı işgal etmemektedir. Bu durumda  $w_j$ 'nin eşitlik 3'e dahil olabileceği yeni bir eşitlik ( $H_{wd}$ ) oluşturulabilir ve böylece ekolojik çeşitlilik ( $H_{wd}$ ) hesabı için tüm üyeler masada yerini alabilir.

$$H_{wd} = - \sum_{j=1}^K w_j p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i) \quad (9)$$

$H_{wd}$  eşitliğinde  $K$  meta toplumların toplam sayısını,  $w_j$  meta toplum  $j$ 'nin fraktal boyut değerini,  $p_j$  ve  $p_i$  meta toplum  $j$  ve meta toplum  $i$ 'nin nispi yayılma alan değerlerini ve  $d_{ij}$  canlı kompozisyona göre meta toplum  $j$  ve meta toplum  $i$  arasındaki mesafe değerlerini ifade etmektedir.

Ekolojik çeşitlilik tespiti ekolojik eşitlik hesabını mümkün kılmaktadır. Zira canlı bir kompleksin eşitlik hesabı Shannon entropisi ( $H = - \sum_{j=1}^S p_j \ln p_j$ ) kullanıldığında  $E = H/H_{max}$  formülü ile belirlenir ( $H_{max} = \ln S$ ) (Özkan, 2016). Eşitlikte  $S$  tür sayısını ve  $p_j$  türlerin oransal değerlerini ifade etmektedir. Bahsi geçtiği üzere bu formülün diğer bir gösterimi  $H = - \sum_{j=1}^S p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^S p_j)$  şeklinde olup, mesafe değerinin hesaba katılması durumunda form  $H_d = - \sum_{j=1}^S p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^S d_{ij} p_i)$  olmaktadır. Meta toplumların yayılma alanlarına göre entropi hesabında  $S$  yerine  $K$  kullanıldığından, form  $H_d = - \sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$  olarak gösterilmektedir. Bu durumda eşitlik hesabı için  $\ln S$  yerine  $\ln K$  kullanılabilir ve Eşitlik ifadesi için kullanılan  $E$  teriminin yerini  $E_d$  alabilir (Feoli vd., 2013).

$$E_d = \frac{- \sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{\ln K} \quad (10)$$

Eşitlik 10, farklı sembolik ifadelerle Feoli vd. (2013) tarafından verilmiştir.

Bu makale ile önerilen form ise fraktal boyutu hesaba katmaktadır. Mesafe ( $d_{ij}$ ) değerlerinin maksimum değerleri = 1 olduğundan ( $d_{maxij} = 1$ ) eşitlik indisinin ( $E_d$ ) payda kısmında onunla ilgili bir terim eklemesine gerek yoktur

$$\left( E_d = \frac{-\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{d_{maxij} \ln K} = \frac{-\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{1 \ln K} = \frac{-\sum_{j=1}^K p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{\ln K} \right).$$

Fakat bu durum  $w_j$  için geçerli değildir. Kullanılan fraktal boyut formülüne göre  $w_j$  1 ile 2 arasında değişen değerler alabilmektedir ( $1 \leq w_j \leq 2$ ). Bu yüzden  $w_j$ 'nin payda kısmında yer alması gerekmektedir. Eğer bir meta toplumun tüm hücreleri birbirinden bağımsız dağılıyor ise bu durumda  $P_j = 4A_j$  olur. Bu değer in sabitliği sebebiyle de  $w_{maxj} = 2$  olur.  $w_{maxj} = 2$  olduğundan,  $H_{wd} = -\sum_{j=1}^K w_j p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$  formu için  $E_{wd}$  terim değişikliği ile eşitlik hesabı aşağıdaki yeni formla gerçekleştirilebilir.

$$E_{wd} = \frac{-\sum_{j=1}^K w_j p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{H_{maxj}} = \frac{-\sum_{j=1}^K w_j p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{w_{maxj} \ln K} = \frac{-\sum_{j=1}^K w_j p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{2 \ln K} \quad (11)$$

Bu açıklamalar  $w_{maxj}$  değerine neden ihtiyacımız olduğu soruna cevap vermektedir. Zira  $w_j$  için payda kısmına ekleyeceğimiz "1" değerinden farklı sabit bir maksimum değer olmasaydı ( $w_{maxj} = 2$ ), ekolojik eşitlik hesabını yapmak mümkün olmazdı.

Eğer meta toplumlar birbirlerinde tamamen farklı olur ise ( $\forall d_{ij} = 1$ ), meta toplumların kapladıkları alanlar birbirlerine eşit olur ise ( $\forall p_j = 1/K$ ) ve bu meta toplumların coğrafi dağılımları tamamen heterojen olur ise ( $\forall w_i = 2$ ), bu durumda  $H_{wd} = H_{maxwd}$  olduğundan  $E_{wd} = 1$  olur.

### 3. Bulgular ve tartışma

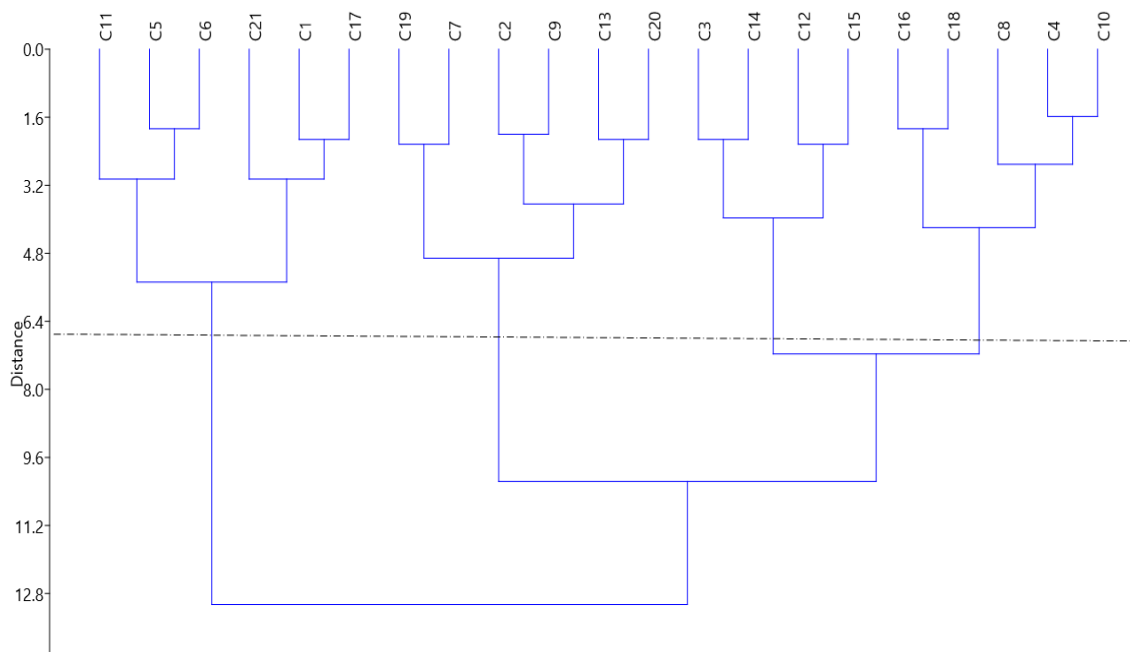
Ek Çizelge 1'deki komplekslerin gruplandırılmasına yönelik gerçekleştirilen Kümeleme analizi sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.

Kümeleme analizi sonuçlara göre komplekslerin dendrogramda ayrışmanın başladığı üst seviyeden alt seviyeye doğru iki, üç, dört ve daha fazla olabilecek gruplar içinde toplandığı görülmektedir. Bu çalışmada kesme seviyesi yaklaşık 6,5 olarak alınmıştır. Bu kesme seviyesi değeri için komplekslerin dört grup içinde toplandığı görülmektedir. Dört gruplu ayrımın istatistiksel bakımdan önemliliğin testi için uygulanan tek yönlü Anosim R testinde Bray Curtis benzerlik indisi tercih edilmiştir. Analiz sonucu dendrogram üstünde gerçekleştirilen dört grup ayrımının kabul edilebilir olduğunu anlaşılmıştır (Anosim R=0,9753, p=0,0001, permütasyon N=9999) (Şekil 3).

Dendrogram üstünde ayrımın gerçekleştiği kesme seviyesindeki düğümlere soldan sağa MT1, MT2, MT3 ve MT4 ismi verilmiştir. MT1 (C1, C5, C6, C11, C17 ve C21) ve MT2 (C2, C7, C9, C13, C19, C20) altı kompleks içeriyor iken, MT3 (C3, C12, C14 ve C15) dört kompleksten ve MT4(C4, C8, C10, C16 ve C18) beş kompleksten oluşmaktadır (Şekil 3).

Meta toplumlar arası ortalama mesafe değerlerinin tespiti için Materyal ve Yöntem kısmında da bahsedilen ve Şekil 1'de gösterilen koyu renkli alan değerleri kullanılmıştır. Bu bağlamda konunun daha iyi anlaşılması için MT3 VE MT4'ün ihtiva ettiği kompleksler için Bray Curtis mesafe değerleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Koyu renkli alandaki mesafe değerlerinin ortalaması 0,731'dir ( $d_{34} = d_{43} = 0,731$ ). Tüm meta toplumlar için belirlenen ortalama mesafe değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

İkinci hipotetik toplum verisi Ek Şekil 1'de yer almaktadır. Ek Şekil 1'de 4 meta toplum 100 hücreden (10x10) oluşan bir alan içinde üç farklı şekilde (a, b ve c) dağılmaktadır. Her bir meta toplum için Ek Şekil 1'deki a, b ve c dağılımları için belirlenen  $A_j$  ve  $P_j$  değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Ek Çizelge 1'deki tür-örnek alan hipotetik veri tablosunun Wards metoduna dayalı kümeleme analizi sonuçları



Çizelge 1. MT3 ve MT4'e ait kompleks çiftleri arasındaki Bray Curtis mesafe değerlerini gösteren yarı matris değerleri (Koyu renkli bölge meta topluamların kompleksleri arasındaki mesafe değerlerini göstermektedir)

		MT3				MT4				
		C3	C12	C14	C15	C4	C8	C10	C16	C18
MT3	C3									
	C12	0,6								
	C14	0,474	0,474							
	C15	0,6	0,5	0,579						
MT4	C4	0,833	0,667	0,652	0,667					
	C8	0,7	0,8	0,684	0,6	0,417				
	C10	0,652	0,739	0,636	0,565	0,185	0,304			
	C16	0,9	0,9	0,789	0,7	0,333	0,5	0,304		
	C18	0,81	0,905	0,8	0,619	0,44	0,619	0,417	0,333	

Çizelge 2. Meta topluamlar arası ortalama mesafe değerleri

	MT1	MT2	MT3	MT4
MT1				
MT2	0,962			
MT3	0,787	0,943		
MT4	0,95	0,757	0,731	

Çizelge 3. Meta topluamların farklı coğrafi dağılımlarına (a, b ve c) göre (Ek Şekil 1) belirlenen alan ( $A_j$ ), çevre ( $P_j$ ), fraktal boyut ( $w_j$ ) ve ortalama fraktal boyut ( $(\bar{w}_j = \sum_{j=1}^K w_i/K)$ ,  $K =$  meta topluam sayısı) değerleri

Ek Şekil 1	Meta topluamlar	$A_j$	$P_j$	$w_j$	$\bar{w}_j$
a	MT1	29	24	1,064213	1,114877
	MT2	34	28	1,103637	
	MT3	15	20	1,188632	
	MT4	22	22	1,103025	
b	MT1	29	34	1,271089	1,450261
	MT2	34	44	1,359983	
	MT3	15	32	1,535748	
	MT4	22	50	1,634224	
c	MT1	29	84	1,808289	1,870516
	MT2	34	102	1,836839	
	MT3	15	56	1,949046	
	MT4	22	74	1,887888	

Çizelge 3'te  $A_j$  hesapları gerçekleştirilirken her bir hücrenin alan değeri 1 birim olarak kabul edilmiştir ( $A_j = U_j$ ) ve  $P_j$  hesabı gerçekleştirilirken 10x10 hücrelerin dışında kalan tüm komşu hücrelerin meta topluamların herhangi birinden farklı olduğu kabul edilmiştir.

Ek Şekil 1'deki dağılım örneklerine yönelik belirlenen  $H_d$ ,  $E_d$ ,  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$  sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'ten de görüleceği üzere  $H_d$  ve  $E_d$  sonuçları bütün coğrafi dağılım örnekleri için aynı değerleri vermektedir. Zira, meta topluamlar tüm coğrafi dağılım örneklerinde (a, b ve c'de) aynı yayılış alan değerlerine sahip olduklarından beklenildiği gibi  $H_d$  ve  $E_d$  değerlerinde bir değişim olmamıştır. Fakat bu durum  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$  için geçerli değildir.  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$ 'nin en düşük değerleri meta topluamların en homojen dağılım gösterdiği ( $\bar{w}_j = 1,11$ ) Ek

Şekil 1a örneğine denk gelmektedir. En heterojen dağılım örneğinde (Şekil 1c) ( $\bar{w}_j = 1,87$ ) ise  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$  en yüksek değerlere sahip olmuştur. Ek Şekil 1'deki tüm örnekler için  $H_{wd}$  değerleri  $H_d$  değerlerinden daha yüksektir. Bu durum gayet normaldir. Zira  $H_d$  meta topluamların serpilme durumlarını hesaba katmadığından onların coğrafi dağılımlarını tamamen homojen kabul etmektedir. Bütün  $E_{wd}$  değerleri ise  $E_d$  değerlerinden daha düşüktür. Zira  $E_d$  hesabında  $w_i$  olmadığından, onun bölen kısmına da  $w_{maxj}$  değeri yer almaz ve bu sebepten  $E_d$  değer kaybına uğrayamaz.  $E_{wd}$  değeri aynı mesafe ve yayılma alanına sahip meta topluamlarda sadece tamamen heterojen dağılım söz konusu olduğunda  $E_d$  değerine eşit olabilir.

Çizelge 4. Ek Şekil 1’de meta toplamlarının a,b ve c coğrafi dağılımlarına göre  $H_d$ ,  $E_d$ ,  $H_{wd}$  ve  $E_{wd}$  hesaplama sonuçları

Ek şekil 1	$H_d$	$E_d$	$H_{wd}$	$E_{wd}$
a	1,0203	0,7360	1,1296	0,4074
b	1,0203	0,7360	1,4550	0,5248
c	1,0203	0,7360	1,8978	0,6845

Sonuç olarak, ekosistem çeşitliliği ve ekosistem eşitliği meta toplamların serpilme durumları dikkate alınmadan hesaplanır ise olması gerekenden daha düşük bir çeşitlilik değeri (negatif sapma) ve olması gerekenden daha yüksek bir eşitlik değeri (pozitif sapma) elde edilmektedir. Verilen bu küçük boyutlu hipotetik örnekte dahi fraktal boyutun hesaba katılmaması durumunda ekosistem çeşitliliği ve eşitliği hesaplarında dikkate değer sapmalar olmaktadır. Bu sonuçlar bize büyük hacimli gerçek verilerde ekosistem çeşitlilik ve eşitlik hesaplarının  $H_d$  ve  $E_d$ ’e dayandırılması durumunda sapmaların çok daha büyük olabileceğini bunların da yanlış yorumlara sebep olabileceği göstermektedir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Önerilen ekosistem çeşitlilik indisi ( $H_{wd}$ ),  $H_d$ ’ye fraktal boyutun ( $w_j$ ) eklenmesinden oluşmaktadır. Ekosistem çeşitliliği hesabında fraktal boyut katkısının az olması veya çok olması istenebilir. Eğer fraktal boyut katkısının; az olması ( $\downarrow$ ) istenirse  $w_j$  yerine  $\sqrt{w_j}$  ( $H_{w\downarrow d} = -\sum_{j=1}^K \sqrt{w_j} p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$ ,  $E_{w\downarrow d} = \frac{-\sum_{j=1}^K \sqrt{w_j} p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{\sqrt{2} \ln \kappa}$ ) fazla olması ( $\uparrow$ ) istenirse  $w_j$  yerine  $w_j^2$  kullanılabilir. ( $H_{w\uparrow d} = -\sum_{j=1}^K w_j^2 p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)$ ,  $E_{w\uparrow d} = \frac{-\sum_{j=1}^K w_j^2 p_j \ln(1 - \sum_{i \neq j}^K d_{ij} p_i)}{4 \ln \kappa}$ ).

$H_{wd}$  eşitliğinde yer alan  $d_{ij}$  meta toplamlar arası ortalama mesafe hesabına dayandırılmıştır. Meta toplamlar arası mesafenin daha duyarlı hesaplanması mümkündür. Daha duyarlı mesafe hesapları için iki yol önerilebilir.

1. Meta toplum çiftlerinin birbirleri ile eş tutulan (Şekil 1 içinde Bölge 3’deki) komplekslerine ait mesafe değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri (veya ortalama, minimum ve maksimum değerleri) kullanarak Monte Carlo testi yapmak ve buradan elde edilen sonucu kullanılmaktadır.

2. Ricotta ve Marignani (2007)’nin önerdiği Rao’nun kuaratik entropisine dayalı beta çeşitliliğini kullanılmaktadır. Bu yöntem ile beta çeşitliliği hesabında meta toplamların içerdiği komplekslerin sayısı farklı olabilir. Rao’nun kuaratik entropisine dayalı beta çeşitliliği hesabı ile meta toplum çiftleri arasındaki mesafeyi belirlemek istediğimizden  $M = 2$ ’dir.  $\sum_{m=1}^M w_m = 1$  ve  $\sum_{j=1}^{N_m} p_{jm} = 1$  olup,  $w_m$  meta toplum  $m$  için ağırlık değerini ve  $N_m$  meta toplum  $m$ ’in içerdiği örnek alan sayısını ifade eder. Eğer hesaba alınan meta toplamların  $w_m$  değerleri birbirlerine eşit ise, bu durumda her bir meta toplum için  $w_m = 1/M$  olur. Genelde meta toplamlar için  $w_m$  değerlerinin tespitinde onların içerdikleri örnekleme boyutları dikkate alınır. Meta toplamlar büyük ihtimalle birbirlerinden farklı

sayıda tür ve/veya birey içerdiğinden onların  $w_m$  değerleri de birbirlerinden farklı olur.

$Q_T$  hesaba alınan tüm meta toplumlardan elde edilen toplam kuaratik entropi değeridir. Bu formun menşesi Simpson çeşitlilik indisi (1 -  $\lambda$ ).

$$1 - \lambda = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 = 2 \sum_{i=1}^S p_i p_j \quad (12)$$

Eşitlik 12’de  $S$  tür sayısı olup,  $1 - \lambda$  eşitliğinin  $2 \sum_{i=1}^S p_i p_j$  şeklindeki ifadesi ona yeni bir eklentinin yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu eklenti ile entropi veya çeşitlilik hesabında karakter tabanlı veriler devreye sokulabilir. Diğer bir değişle karakter tabanlı elementler arası farklılık ( $d_{ij}$ ) Rao’nun kuaratik entropi hesabında ( $Q$ ) kendine yer bulmaktadır.

$$Q = 2 \sum_{i \neq j}^S d_{ij} p_i p_j \quad (13)$$

Farklı kuaratik entropi değerlerinin karşılaştırılmasında oransallık yeterli ise bu durumda eşitliği aşağıdaki gibi ifade edebiliriz.

$$Q = \sum_{i \neq j}^S d_{ij} p_i p_j = \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S d_{ij} p_i p_j \quad (14)$$

$Q_T$  hesabı dikkate alınan bütün meta toplamlarına yönelik hesap olduğundan, işlemde kullanılan oransal değerler ağırlık faktörleri hesaba katılarak belirlenir ( $p_{jT} = w_m p_{jm}$ ) (Ricotta ve Marignani, 2007).  $Q_T = \bar{Q}_{ic} - Q_{ara}$  olup,  $Q_{ara}$  bulmak istediğimiz değerdir, zira, o iki meta toplum arasındaki beta çeşitliliğin yada mesafenin sayısal ifadesidir.

$$Q_{ara} = Q_T - \bar{Q}_{ic} \quad (15)$$

İki meta toplum arasında türler bakımından hiçbir benzerlik yok ise, bu durumda  $Q_{ara}$ ’nın maksimum değeri=0,5 olur. Bu sebepten  $2Q_{ara}$  mesafe değerini kalibre eder.

$H_{wd}$  eşitliğindeki mesafe değerleri ( $d_{ij}$ ) farklı özelliklere ait olabilir. Ricotta ve Szeidl (2006)  $H_d$  içinde yer alan mesafelerin ( $d_{ij}$ ) filogenetik ilişkilerden türetileceğini, Linnaean taksonomi ağacından elde edilebileceği veya fonksiyonel özelliklere dayandırılabilirliğini ifade etmişlerdir. Bu bağlamda taksonomik beta çeşitliliği, filogenetik beta çeşitliliği veya fonksiyonel beta çeşitliliği meta toplamlar arası mesafe ( $d_{ij}$ ) hesaplarında kullanılabilir. Bu hesaplama teknikleri ile ilgili detaylı bilgiler Özkan (2016) tarafından verilmiştir.

$H_{wd}$  formülünde yer alan  $w_j$ ’de farklı amaçlar için kullanılabilir.  $w_j$  belki meta toplamların nadirlik, endemiklik veya verimlilik gibi özelliklerine değer biçilerek hesaplanabilir. Fakat bu durumda  $H_{wd}$  eşitliği için ekosistem çeşitliliği yerine başka ifadelerin kullanılması gerekebilir.

Uzaktan algılama verileri veya uydu görüntüleri kullanılarak yapısal çeşitliliğin modellenmesi ve haritalaması ile ilgili yapılan çalışmalarda (Özdemir vd., 2008; Özdemir ve Karnieli, 2011; Özdemir vd., 2012; Mert vd., 2016), arazi çeşitlilik indisleri veya tekstür parametreleri kullanılmaktadır. Bu yüzden  $H_{wd}$  indisi bu

aland da kendine yer edinme potansiyeli sahiptir. Ancak, benzer şekilde eğer  $H_{wd}$  uzaktan algılama verileri kullanarak veya ekosistemlerin aktüel durumu dikkate alınarak hesaplanır ise, ekosistem çeşitliliği ifadesine karşılık gelmeyebilir. Zira ekosistem çeşitliliği hesabında meta toplumların potansiyel yayılış alanları dikkate alınmaktadır ve "potansiyel dağılım" meta toplumların yayıldığı ve yayılmaya uygun olduğu alanların bütünü içeren bir kavramdır. Meta toplumların potansiyel dağılım haritalaması, ekosistem sınıflandırması (Host vd., 1996; Kusbach, 2010), ekolojik arazi sınıflandırması (Klijn ve Udo de Haes, 1994; Özkan ve Gülsoy, 2010), potansiyel (doğal) vejetasyon sınıflandırması (Brzeziecki vd., 1993; Lillesø vd., 2001) veya orman yetiştirme ortamı sınıflandırması (Barnes vd., 1982; Karatepe, 2004) isimleri altında farklı kabul, yol ve teknikler uygulanarak gerçekleştirilmektedir.

Bahsetmeye değer diğer bir konu, ekosistem çeşitliliğinin zaman boyutundaki değişimini incelemek için önerilen çeşitlilik indisinin nasıl kullanılması gerektiği ile ilgilidir.

Eğer bir ekosistem için sayısal haritalara (çevresel ve iklim değişkenlerine ait haritalara) dayanarak model tabanlı meta toplum dağılım haritalaması yapılmış ise, bu ekosistemde yer alan meta toplumların iklim değişiminin farklı senaryolarına göre gelecekteki olası dağılımları da çıkarılabilir. Böyle bir durumda o ekosistem için günümüz şartlarındaki ekosistem çeşitliliği gelecekte meta toplumların olası coğrafi alan değişimlerine göre belirlenecek ekosistem çeşitlilik değeri ile karşılaştırılabilir. Bu şekilde bir karşılaştırma yaparken meta toplumların tür kompozisyonu ile ilgili değişimler bilinemeyeceğinden veya bu değişimlerin kestirimi çok zor olacağından meta toplumlar arası  $d_{ij}$  değerleri sabit alınacaktır. İklim değişim simülasyonu ile geleceğe yönelik ekosistem çeşitliliği kestiriminde değişen girdiler sadece meta toplumların gelecek zamana ait (simülasyon zamanına) olası kaplama alan değerleri ile olası serpilme değerleri olacaktır.

Bununla birlikte eğer bir bölge için ekosistem çeşitliliğinin zamansal karşılaştırılmasında gerçek veriler kullanılacak ise bu durumda, son zaman ölçümündeki meta toplum kompozisyonları ilk zaman ölçümüne göre az çok farklı olacaktır. Haliyle ilk zaman ölçümleri ile belirlenmiş olan meta toplumlar arası  $d_{ij}$  değerlerinde de değişimler olacaktır. Böyle bir durumda, iki farklı zamana ait elde edilmiş meta toplumların tür kompozisyon verileri birbirinden bağımsız değerlendirilmemelidir. Meta toplumlar arası mesafe değeri değişimini doğru ifade etmek için, son zaman diliminden bir meta toplum için elde edilen tür kompozisyonu, ilk zaman envanteri ile elde edilen diğer meta toplumların tür kompozisyonu ile eşleştirilmeli ve bu eşleştirmeden elde edilen mesafe değerleri kullanılmalıdır. Mesafe değerleri için uygulanacak bu işlem ekosistem çeşitliliğinin hesabındaki diğer girdiler için geçerli değildir. Diğer bir değişle son zaman dilimi için tespit edilecek ekosistem çeşitliliği için yine meta toplumların son zaman dilimine ait yayılma alan değerleri ve coğrafi serpilme durumları kullanılmalıdır.

Meta toplumların yayılma alanları, serpilme durumları ve tür kompozisyonları ekosistem çeşitlilik ve eşitlik indislerinin hesaplama girdileridir. Bundan dolayı bu indisler ekosistemlerin genel durumunu en iyi şekilde

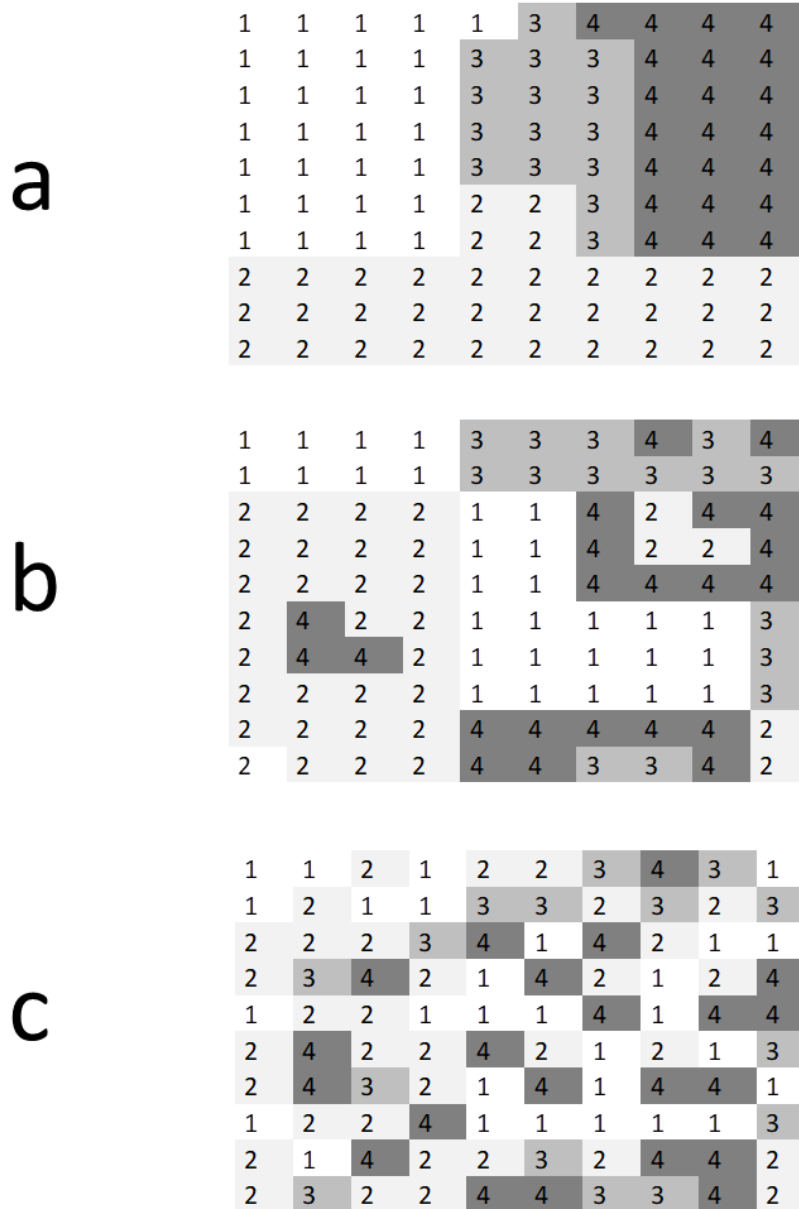
özetleyebilirler, onların mekânsal ve zamansal değişimlerinin algılanmasında kullanılabilirler.

#### Kaynaklar

- Barnes, B.V., Pregitzer, K.S., Spies, T.A., Spooner, V.H., 1982. Ecological forest site classification. *Journal of Forestry*, 80(8): 493-498.
- Bray, J.R., Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4): 325-349.
- Brzeziecki, B., Kienast, F., Wildi, O., 1993. A simulated map of the potential nature forest vegetation of Switzerland. *Journal of Vegetation Science*, 4(4): 499-508.
- Clark, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1): 117-143.
- Çepel, N., 1995. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Eric, R.O., Ramsey, R.D., 1993. A modified fractal dimension as a measure of landscape diversity. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59(10): 1517-1520.
- Feoli, E., Ganis, P., Ricotta, C., 2013. Measuring diversity of environmental systems. In: *Pedodiversity* (Ed: Ibáñez, J.J., Bockheim, J.), CRC Press, New York, pp. 29-58.
- Guiasu, R.C., Guiasu, S., 2012. The weighted Gini-Simpson Index: revitalizing and old index of biodiversity. *International Journal of Ecology*, 1-10.
- Host, G.E., Polzer, P.L., Mladenoff, D.J., White, M.A., Crow, T.R., 1996. A quantitative approach to developing regional ecosystem classifications. *Ecological Applications*, 6(2): 608-618.
- Karatepe, Y., 2004. Eğirdir Gölü Havzası'nın yetiştirme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keith R., Shackle, R.K., 2010. Using weighted entropy to rank chemicals in quantitative high throughput screening experiments. *Journal of Biomolecular Screening*, 19(3): 344-353.
- Klijn, F., Udo de Haes, H.A., 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape Ecology*, 9(2): 89-104.
- Kusbach, A., 2010. Terrestrial ecosystem classification in the Rocky Mountains, northern Utah. PhD dissertation, Utah State University, Logan, Utah, USA
- Lillesø, J-P.B., Shrestha, T.B., Dhakal, L.P., Nayaju, R.P., Shrestha, R., 2001. The Map of Potential Vegetation of Nepal. A Forestry/Agro-ecological/Biodiversity Classification System. Draft. Nature Resource Management Sector Assistance Program, Kathmandu, Nepal.
- Mert, A., Aksan, Ş., Özkan, Y.U., Özdemir, İ., 2016. Landsat-8 OLI uydu görüntüsünden çıkartılan arazi çeşitliliği ile kuş türü zenginliği arasındaki ilişkiler. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 17(1): 68-72.
- Özdemir, İ., Karnieli, A., 2011. Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest, Israel. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(5): 701-710.
- Özdemir, İ., Mert, A., Şentürk, Ö., 2012. Predicting landscape structure metrics using aster satellite data. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 20(2): 168-176.
- Özdemir, İ., Norton, D.A., Özkan, U.Y., Mert, A., Özdemir, Ş., 2008. Estimation of tree size diversity using object oriented texture analysis and Aster Imagery. *Sensors*, 8(8): 4709-4724.
- Özkan, K. 2016. *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri ( $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$ ) Nasıl Ölçülür* (1. Basım). Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayını, Isparta.

- Özkan, K., Gülsoy, S., 2010. Ecological land classification and mapping based on vegetation-environmental hierarchical analysis-A case study of Buldan forest district (Turkey). *Polish Journal of Ecology*, 58(1): 55-67.
- Rao, C.R., 1982. Diversity and dissimilarity coefficients: A unified approach. *Theoretical Population Biology*, 21(1): 24-43.
- Ricotta, C., 2002. Bridging the gap between ecological diversity indices and measures of biodiversity with Shannon's entropy: comment to Izsák and Papp. *Ecological Modelling*, 152(1): 1-3.
- Ricotta, C., Burrascano, S., 2008. Beta diversity for functional ecology. *Preslia*, 80(1): 61-71.

- Ricotta, C., Marignani, M., 2007. Computing  $\beta$ -diversity with Rao's quadratic entropy: a change of perspective. *Diversity and Distribution*, 13(2): 237-241.
- Ricotta, C., Szeidl, L., 2006. Towards a unifying approach to diversity measures: Bridging the gap between the Shannon entropy and Rao's quadratic index. *Theoretical Population Biology*, 70(3): 237-243.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3): 379-423.
- Sreevally, A., Varma, S.K., 2004. Generating measure of cross entropy by using measure of weighted entropy. *Soochow Journal of Mathematics*, 30(2): 237-243.



Ek Şekil 1. Meta toplumların hipotetik mekansal dağılım verileri (a: homojen dağılım, b: yarı homojen dağılım, c:heterojen dağılım) (Fraktal boyut hesaplamasında 10x10 hücre verisi dışında kalan komşu hücreler bütün meta toplumlar için farklı kabul edilmiştir)

Ek Çizelge 1. Hipotetik örnek alan tür veri tablosu (( $S_i$ ) türleri, ( $C_i$ ) örnek alanları ifade etmektedir)

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{16}$	$C_{17}$	$C_{18}$	$C_{19}$	$C_{20}$	$C_{21}$
$S_1$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_2$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$S_3$	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
$S_4$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_5$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_6$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_7$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_8$	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
$S_9$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_{10}$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_{11}$	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0
$S_{12}$	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
$S_{13}$	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{14}$	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$S_{15}$	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_{16}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
$S_{17}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$S_{18}$	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{19}$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
$S_{20}$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$S_{21}$	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$S_{22}$	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
$S_{23}$	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$S_{24}$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$S_{25}$	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$S_{26}$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
$S_{27}$	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
$S_{28}$	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
$S_{29}$	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
$S_{30}$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0
$S_{31}$	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
$S_{32}$	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
$S_{33}$	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$S_{34}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
$S_{35}$	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
$S_{36}$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
$S_{37}$	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
$S_{38}$	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
$S_{39}$	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
$S_{40}$	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
$S_{41}$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{42}$	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{43}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{44}$	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{45}$	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_{46}$	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
$S_{47}$	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{48}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
$S_{49}$	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
$S_{50}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

## Önsen doğal fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi

Fatih Sivrikaya<sup>a,\*</sup>, Ramazan Karakaş<sup>b</sup>

**Özet:** Bu çalışmada Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliğinde Önsen mahallesindeki doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesine ilişkin 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, alınan 30 adet örnek alandan elde edilen verilere bağlı olarak, doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek üzere kullanılan 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesinde dağılımın yüzdelik değerlerine dayanan 6 farklı formül kullanılmıştır. Farklı parametre tahmin formüllerinin başarıları Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi değerleri yardımıyla ortaya konulmuştur. Örnek alanların aktüel çap dağılımları ile Weibull dağılımına ilişkin farklı parametre tahmin yöntemleri ile elde edilen tahmini çap dağılımları arasındaki farklara dayanan hata indeksi değerlerine göre yapılan başarı sıralamasında; 2.967'lik ortalama sıra numarasına sahip olan %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini birlikte kullanan yüzdelik (Percentile-Based) yöntemi, fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımını modellemede en başarılı parametre tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çap dağılımı, Hibrit, Olasılık yoğunluk fonksiyonu, Weibull dağılımı

## Modeling diameter distributions in Önsen natural stone pine (*Pinus pinea* L.) stands

**Abstract:** In this study, parameters of Weibull function with three parameters were predicted for natural Stone Pine stands in Önsen town, which is in Kahramanmaraş Regional Directorate of Forestry Kahramanmaraş Directorate of State Forest Enterprise, Hartlap Forest Enterprise Chief. To model diameter distribution of natural Stone Pine, 30 sample plots were taken from field survey and six different methods were used for predicting parameters of Weibull function with three parameters. Error index values were applied for comparison of different parameter estimation methods. Percentile-Based method, which use 25%, 50% and 95% of diameter values together and have 2.967 average rank number, is the greatest successful function to define diameter distributions for Stone Pine based on error index values estimated by differences between actual diameter distribution and predicted diameter distribution in accordance with different parameter estimation methods.

**Keywords:** Diameter distribution, Hybrid, Probability density function, Weibull distribution

### 1. Giriş

Ormanların planlanması; ormanı oluşturan ağaç türleri, alandaki ekolojik koşullar ve halkın ormanlardan beklentileri gibi birçok ölçüt göz önünde bulundurularak orman amenajman planlarıyla gerçekleştirilmektedir. Orman işletmelerini sürdürülebilirlik ilkesine göre planlamak ve ormanlardan bugün ve gelecekte de en iyi şekilde yararlanmak için ormanın sahip olduğu ağaç hacminin bilinmesi ve belli periyotlarda yapılan ölçüm ve gözlemlerle meşceredeki artım ve büyüme ilişkilerinin ortaya konması gerekmektedir (Yavuz, 1995; Başkent vd., 2002; 2005).

Ormanların planlanmasında, orman ekosisteminin sahip olduğu artım ve büyüme potansiyelleri, meşcere yapıları ve meşcerenin yetişme ortamı verim gücü, yaşı, sıklık derecesi ve karışım oranı ve bunların aralarındaki ilişkiler hem ekonomik hem de biyolojik açıdan oldukça önemlidir (Yavuz vd., 2002). Ağaçların çap basamaklarına dağılımı meşcere yapılarının göstergesi olarak kullanılmaktadır (Maltamo, 1997). Bu bakımdan meşcere yapılarının ortaya

konulması için, günümüz ve gelecekteki çap dağılımlarının belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, orman ekosisteminden elde edilecek ürün çeşitlerinin belirlenmesi meşcerelerin çap dağılımlarının tahmin edilmesi ile mümkün olabilmekte ve ormanların planlanmasında bu bilgiye ciddi anlamda gereksinim duyulmaktadır (Rennolds vd., 1985; Borders ve Patterson, 1990; Laar ve Akça, 2007).

Ormanlıkta çap dağılımları konusunda yapılan öncü araştırmalar; Gram'ın 1883 yılında kayın meşcerelerinin çap dağılımlarını normal dağılım ve De Liocourt'un 1898 yılında değişik yaşlı meşcerelerde çap dağılımlarını üssel (eksponansiyel) dağılım ile modellediği çalışmalarıdır (Leak, 1965; Packard, 2000). Meyer ve Stevenson (1943), De Liocourt'un eksponansiyel dağılım modelini; "Negatif Exponansiyel Dağılım"a dönüştürerek değişik yaşlı karışık meşcerelerin çap dağılımını modellemek için kullanmışlardır (Yavuz vd., 2002). Özellikle 1930'lu yıllarda, çeşitli matematik serileri kullanılarak çap dağılımları modellenmeye çalışılırken, 1960'lı yıllardan itibaren de istatistik yoğunluk fonksiyonları (*probability*

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

<sup>b</sup> Adıyaman Orman İşletme Müdürlüğü, Adıyaman

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 23.06.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.11.2020



**Citation** (Atıf): Sivrikaya, F., Karakaş, R., 2020. Önsen doğal fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 364-372. DOI: [10.18182/tjf.756785](https://doi.org/10.18182/tjf.756785)

*density function (pdf)* kullanılmıştır (Packard, 2000). Olasılık yoğunluk fonksiyonları, belirli bir çap basamağındaki olası birey sayısının meşceredeki toplam birey sayısına oranı olarak tahminler yapan fonksiyonlar olup, 0 ile 1 arasında tahmin sonuçları vermektedirler (Bailey ve Dell, 1973). 1965 yılında Clutter ve Bennet'in (1965) çap dağılımlarını dört parametrelili beta fonksiyonu ile modellediği çalışma ise çap dağılımlarının modellenmesinde olasılık yoğunluk fonksiyonlarının ilk olarak kullanıldığı çalışmadır (Packard, 2000). Daha sonraki yıllarda, çap dağılımlarının modellenmesinde farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak birçok araştırma gerçekleştirilmiştir (Bailey ve Dell, 1973; Smalley ve Bailey, 1974; Haffley ve Schreuder, 1977; Rennols vd., 1985; Knoebel vd., 1986; Pukkala vd., 1990; Saramaki, 1992; Maltamo vd., 1995; Maltamo, 1997; Packard, 2000; Liu vd., 2004; Palahi vd., 2006; Podlaski, 2006; Nord-Larsen ve Cao, 2006).

Ormancılıkta, meşceredeki ağaçların çap basamaklarına dağılımlarını modellemek üzere Johnson's SB (Johnson, 1949), Weibull (Weibull, 1951; Bailey ve Dell, 1973), Gamma (Nelson, 1964), Lognormal (Bliss ve Reinker, 1964), Beta (Clutter ve Bennet, 1965; Zöhrer, 1969) ve Normal (Bailey, 1980) dağılımı gibi farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılmaktadır (Ercanlı ve Yavuz, 2010).

Ülkemizde, Saraçoğlu (1988) Karadeniz yöresindeki seçme olarak işletilen Gök nar meşcerelerinin çap dağılımlarını Meyer'in üssel yoğunluk fonksiyonu ile modellemiştir. Carus (1996), aynı yaşlı Doğu kayını meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek için Gamma, Beta, Weibull ve Normal dağılımları kullanmış ve Gamma dağılımının çap dağılımlarını modellemede en başarılı fonksiyon olduğunu ifade etmiştir. Yavuz vd. (2002), Dişbudak meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesinde, Gamma, Log-Normal, Normal ve Weibull dağılımlarını kullanmış ve en iyi dağılımın 2 parametrelili Weibull dağılımı olduğunu ifade etmiştir. Carus ve Çatal (2008) çalışmasında, 7 ağaç örnekleme yöntemine göre gerçekleştirilen örnek alanlarda çap basamaklarının modellenmesinde Normal, Log-Normal, Beta, Gamma ve Weibull dağılımlarını karşılaştırılmışlar ve en başarılı modelin Log-Normal fonksiyon olduğunu belirlemişlerdir. Ercanlı (2010) ve Ercanlı ve Yavuz (2010), Doğu ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemede Doğu ladini için Johnson's SB ve Sarıçam için de 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun en başarılı fonksiyonlar olduğunu saptamıştır. Sönmez vd. (2010), Artvin yöresi saf Doğu ladini meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemede, Johnson's SB fonksiyonunu en başarılı fonksiyon olarak belirlemiştir. Kahrman ve Yavuz (2011), Doğu kayını-Sarıçam karışık meşcerelerinin çap dağılımını modellemede her iki tür içinde en başarılı fonksiyonun Johnson's SB olduğunu ortaya koymuşlardır. Sakıcı ve Gülsunar (2012), Uludağ göknarı-Sarıçam karışık meşcerelerinde bulunan Uludağ göknarının çap dağılımlarının modellenmesinde en başarılı fonksiyonların 2 parametrelili Eksponansiyel ve 3 parametrelili Weibull

dağılımları olduğunu belirlemişlerdir. Sakıcı vd. (2016), Taşköprü yöresi Karaçam meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesi amacıyla Beta, Gamma, Johnson's SB, Lognormal, Normal ve Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonlarını incelemişler ve 3 parametrelili Gamma fonksiyonunun en başarılı fonksiyon olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Dal (2019), Kastamonu yöresi Sarıçam meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemeyi amaçladığı çalışmasında Beta, Gamma, Johnson's SB, Lognormal, Normal ve Weibull dağılımları arasından en uygun sonuçların Johnson's SB dağılımı ile elde edildiğini belirtmiştir.

Bu çalışmada Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde Önsen mahallesindeki doğal Fıstıkçamı meşcerelerinden elde edilen 30 adet örnek alan verilerine bağlı olarak, meşcerelerin çap dağılımlarını modellemek üzere 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesine ilişkin çeşitli formüllerin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırma alanı Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde Önsen mahallesindeki doğal fıstık çamı meşcereleridir. Çalışma alanı UTM koordinat sistemine göre 302000-307000 doğu boylamları ve 4150000-4155000 kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Çalışma alanındaki fıstık çamı ormanı 740.5 ha olup bu alanın 355.7 ha'lık kısmı verimli, 347.6 ha'lık kısmı ise verimsiz, 34.2 ha orman toprağı (OT) ve 3 ha'ı ise ziraat alanıdır. Alanda Fıstıkçamı hakim tür olup bazı alanlarda saf bazı alanlarda ise Kızılçam ile karışım yapmaktadır. Saf meşcerelerin alanı (Çfbc2, Çfc1, Çfc2, BÇf) 416,2 ha, Kızılçam ile karışıma giren meşcerelerin alanı ise (ÇfÇzcd2, BÇfÇz) 287.1 ha'dır. Orman genel olarak tek tabakalıdır. Alan 1981 yılında tohum meşceresi olarak tefrik edilmiştir (Yılmaz vd., 2010). Bu çalışmada Önsen mahallesindeki Fıstıkçamı meşcerelerinden 300x300 metre mesafe aralığında alınan 30 adet örnek alandan alınan veriler kullanılmıştır. Örnek alanlar meşcere kapalılığına göre 400, 600 ve 800 m<sup>2</sup> büyüklüğünde ve daire biçiminde alınmıştır. Örnek alanlarda, 8 cm'den daha kalın tüm ağaçların göğüs çapları (d<sub>1,30</sub>) çap ölçer ile mm duyarlılığında ölçülmüştür. Aynı zamanda farklı çap basamaklarına olabildiğince dengeli bir biçimde dağıtılan en az 20 ağacın boyu Blume-Leiss boy ölçeri ile cm hassasiyetinde ölçülmüştür. Tüm örnek alanların büyüklüğü, yükseltisi, bakışı, eğimi, yaşı, ağaç sayısı, meşcere tipi ve yaş özelliklerine ilişkin bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

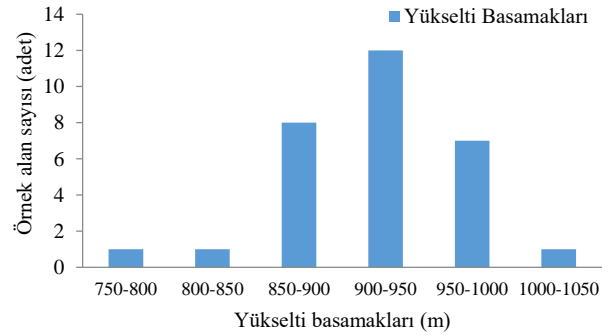
Çizelge 1. Örnek alanlara ilişkin genel bilgiler

Örnek alan no	Örnek alan büyüklüğü (m <sup>2</sup> )	Yükselti (m)	Bakı (Derece)	Eğim (%)	Yaş	Çap (min)	Çap (max)	Ağaç sayısı	Meşcere tipi
1	800	797	282	13	30	15	43	11	Çfbc1
2	600	955	58	58	29	9	33	16	Çfed2
3	800	831	41	39	41	15	48	17	Çfc1
4	600	871	237	36	47	10	45	27	Çfbc2
5	800	994	120	51	39	10	52	28	Çfed1
6	800	863	82	25	35	10	39	40	Çfed1
7	600	872	278	38	37	9	45	19	Çfc2
8	800	965	189	23	41	11	45	30	Çfbc1
9	800	939	65	18	33	12	45	19	Çfbc1
10	600	990	78	30	39	17	47	14	Çfed2
11	600	897	287	29	42	14,5	47	32	Çfed2
12	600	949	22	11	28	8	35	25	Çfbc2
13	800	958	73	18	34	10	46	11	Çfbc1
14	800	890	342	26	41	9	48	40	Çfbc2
15	800	902	302	25	40	9	47	35	Çfed1
16	600	933	257	11	37	9	38	30	Çfbc2
17	800	906	125	27	35	8	41	37	Çfbc1
18	800	1009	26	35	30	15	37	14	Çfed1
19	800	893	264	26	54	8	58	26	Çfed1
20	800	936	257	31	36	8	51	11	Çfed1
21	600	973	114	5	33	8	41	33	Çfbc2
22	800	942	106	24	34	11	42	19	Çfc1
23	800	896	133	45	28	8	46	14	Çfc1
24	800	990	51	31	41	15	50	14	Çfbc1
25	800	902	357	13	52	13	51	23	Çfed1
26	800	921	234	23	37	9	34	21	Çfc1
27	800	944	223	16	30	9	31	26	Çfbc1
28	800	946	82	35	39	9	43	15	ÇfÇzcd1
29	800	933	62	29	45	10	47	18	Çfed1
30	600	872	215	32	44	13	51	19	Çfed2

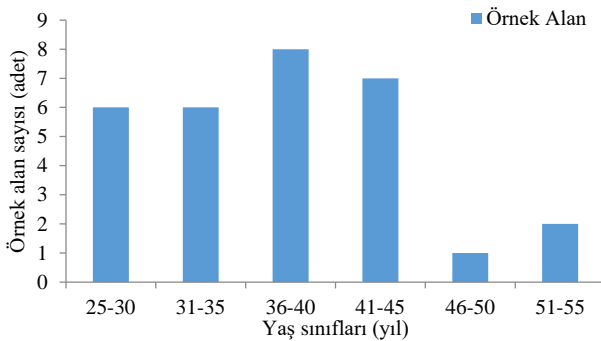
Daire biçiminde alınan örnek alanların büyüklükleri meşcere yapısı ve kapalılığa bağlı olarak 400 m<sup>2</sup> ile 800 m<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Örnek alanların yaş sınıflarına dağılımları incelendiğinde (Şekil 1); 30 örnek alandan 6'sının 25-30 yaş aralığında, 6'sının 31-35 yaş aralığında, 8'inin 36-40 yaş aralığında, 7'sinin 41-45 yaş aralığında, 1'inin 46-50 yaş aralığında ve 2'sinin 51-55 yaş aralığında oldukları görülmektedir.

Örnek alanların yükseltiye bağlı dağılımları değerlendirildiğinde ise, verimli fıstıkçanı meşcerelerinin, çoğunlukla 850-1000 metre arasında yer aldıkları görülmektedir (Şekil 2).

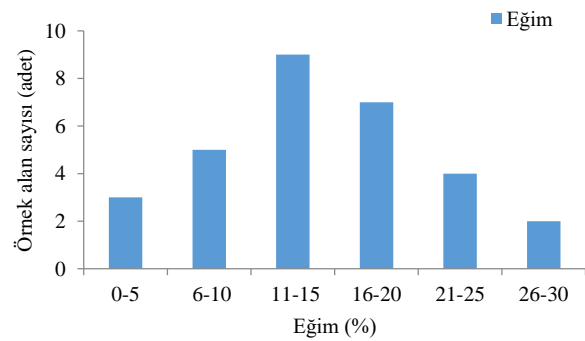
Örnek alanlara ilişkin eğim değerleri incelendiğinde (Çizelge 1 ve Şekil 3); 30 örnek alandan 3'ünün 0° ile 5°, 5'inin 6° ile 10°, 9'unun 11° ile 15°, 7'sinin 16° ile 20°, 4'ünün 21° ile 25° ve 2'sinin 26° ile 30° arasında yer aldığı görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Örnek alanların yükselti basamaklarına dağılımı



Şekil 1. Örnek alanların yaş sınıflarına dağılımları



Şekil 3. Örnek alanların eğim basamaklarına dağılımları



## 2.2. Yöntem

Bu çalışmada, diğer birçok çap dağılımına ilişkin çalışmada başarıyla kullanılmış olan 3 parametrelili Weibull dağılımı fıstıkçami meşcerelerinin göğüs çapı dağılımını modellemede kullanılmak üzere seçilmiştir.

$$F(x, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \left(\frac{x - \gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{x - \gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right)$$

Bu formülde,  $x$ : çap (cm),  $\alpha, \beta, \gamma$  ise olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametreleridir. Bu parametrelerden,  $\alpha$  (alfa); Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun konum (location) parametresi iken,  $\beta$  (beta); ölçek (scale) parametresi ve  $\gamma$  (lambda) ise; biçim (shape) parametresidir. Özellikle fonksiyonun konum parametresi ( $\alpha$ ) çap dağılımındaki en küçük çap değeri ile ilişkili iken, ölçek parametresi ( $\beta$ ) çap dağılımının yaygınlığını ve biçim parametresi ( $\gamma$ ) ise dağılımın biçimini tanımlamaktadır.

### 2.2.1. Parametre tahmin yöntemleri

Ormancılıkta çap dağılımlarının modellenmesinde yaygın bir şekilde tercih edilen 3 parametrelili Weibull dağılımlarına ilişkin parametrelerin tahmin edilmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler (i) doğrusal olmayan regresyon analizi (nonlinear regression) (ii) maksimum olabilirlik (maximum likelihood estimation), (iii) dağılım momentlerini esas alan eşitlikler (moment-based parameter recovery), (iv) dağılım yüzdeliklerini esas alan eşitlikler (percentile-based parameter recovery) ve (v) son iki yöntemi bütünleştiren eşitlikler (hybrid methods)'dir. Bu çalışmada, özellikle çap dağılımlarının modellenmesinde basit ve uygulanabilir yöntemler olarak tercih edilen yöntemler olan; maksimum olabilirlik, yüzdelikleri esas alan eşitlikler ve hibrid yöntemi kullanılmıştır.

#### 2.2.1.1. Maksimum olabilirlik yöntemi

Bu yöntem ile çalışmamızda elde edilen 30 örnek alan için 3 parametrelili Weibull dağılımının parametreleri tahmin edilmiştir. Söz konusu bu tahminlerin yapılmasında, SAS 9.0 istatistik paket programındaki CAPABILITY özelliği kullanılmıştır (SAS Institute Inc., 2004).

### 2.2.1.2. Yüzdelikleri esas alan eşitlikler

3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesinde, özellikle çap dağılımlarının belirli yüzdeliklerine karşılık gelen çap değerlerinin kullanımını dikkate alan formüller başarıyla kullanılmıştır (Knowe, 1992; Bailey vd., 1989; Knowe vd., 1994; Knowe vd., 1997; Liu vd., 2004; Cao, 2004). Bu yöntemin esasını oluşturan çap dağılımlarına ilişkin yüzdeliklerin kullanımında, farklı yüzdelik değerleri tercih edilmektedir. Farklı yüzdelik değerlerin kullanımı ile birlikte farklı parametre tahminine ilişkin eşitlikler söz konusu olmaktadır. Bu çalışmada; çap dağılımlarının %25, %31, %50, %63 ve %95'lik değerlerine karşılık gelen çapları esas alan 4 farklı yüzdelik yöntemi kullanılmıştır (Çizelge 2). Çizelge 2'deki eşitliklerde;  $d_{min}$ ; örnek alandaki minimum çapı,  $d_{%63}$ ; çap dağılımda verileri küçükten büyüğe doğru sıralandığında %63'lük veriye karşılık gelen çap değerini,  $d_{%31}$ ; %31'lik veriye karşılık gelen çap değerini,  $d_{%95}$ ; %95'lik veriye karşılık gelen çap değerini,  $d_{%50}$ ; %50'lik veriye karşılık gelen çap değerini,  $d_{%25}$ ; %25'lik veriye karşılık gelen çap değerini ifade etmektedir.

#### 2.2.1.3. Hibrid Yöntem

Bu yöntemde, çap dağılımına ilişkin yüzdelik değerlerle birlikte çap değerlerinin göğüs yüzeyi orta ağacına karşılık gelen orta çap ( $d_g$ ) değeri kullanılmaktadır. Aşağıda bu yöntemle ilişkin eşitlikler verilmiştir.

$$\alpha = \frac{n^{0.3333} \cdot d_{min} - d_{%50}}{n^{0.3333} - 1}$$

$$\gamma = \frac{2.343088}{\ln(d_{%95} - \alpha) - \ln(d_{%25} - \alpha)}$$

$$\beta = \frac{\alpha \cdot r_1}{r_2} \sqrt{\left(\frac{\alpha}{r_2}\right) (r_1^2 - r_1) + \left(\frac{d_g^2}{r_2}\right)}$$

Bu eşitlikte,  $n$ ; örnek alandaki ağaç sayısını,  $d_g$ ; örnek alan için hesaplanan göğüs yüzeyi orta ağacının çapını ve  $r$ ; Gamma dağılımını ifade etmekte,  $r_1 = r \left(1 + \frac{1}{\gamma}\right)$  ve  $r_2 = r \left(1 + \frac{2}{\gamma}\right)$  olarak hesap edilmektedir.

Çizelge 2. Parametre tahmininde kullanılan yüzdelik değerler ve eşitlikler

Yöntem	Yüzdelik değerler	Eşitlikler
I	%31-%63	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{%63} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.63))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\beta = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.63)}{\ln(1 - 0.31)}\right)}{\ln(d_{%63} - \alpha) - \ln(d_{%31} - \alpha)}$
II	%50-%95	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\beta = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.95)}{\ln(1 - 0.50)}\right)}{\ln(d_{%95} - \alpha) - \ln(d_{%50} - \alpha)}$
III	%25, %50 ve %95	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\beta = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.95)}{\ln(1 - 0.25)}\right)}{\ln(d_{%95} - \alpha) - \ln(d_{%25} - \alpha)}$
IV	%31, %50 ve %63	$\alpha = 0.5 \times d_{min}$ $\beta = \frac{d_{%50} - \alpha}{(-\ln(1 - 0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$ $\beta = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1 - 0.63)}{\ln(1 - 0.31)}\right)}{\ln(d_{%63} - \alpha) - \ln(d_{%31} - \alpha)}$

### 2.2.2. Parametre tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması

Özellikle, kullanılan bu farklı parametre tahmin yöntemlerinden; ağaçların çap basamaklarına dağılımlarını en iyi temsil eden seçeneğin tespit edilmesi gerekmektedir. Farklı parametre tahmin yöntemlerinin karşılaştırılmasında, Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi (error index) kullanılmıştır;

$$e = \sum_{i=1}^m |N_{Tahmin} - N_{Aktüel}|$$

Burada  $e$ ; hata indeksini,  $N_{Tahmin}$ ; ilgili olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tahmin edilen ağaç sayısı,  $m$ ; örnek alandaki çap basamağı sayısını,  $N_{Aktüel}$ ; çap basamağındaki ölçülen ağaç sayısını göstermektedir.

Bu çalışmada, örnek alanlar arasında en küçük hata indeksine sahip parametre tahmin yöntemine 1 sıra numarası verilerek, hata indeksinin değerine bağlı olarak giderek artan bir şekilde parametre tahmin yöntemlerine sıra numaraları verilmiştir. Bu bakımdan, Weibull fonksiyonun parametrelerini tahmin etmede kullanılan 6 farklı yöntem, örnek alanların çap dağılımlarını temsil etmedeki başarıları yönünden sıralanmıştır. Parametre tahmin yöntemlerinin örnek alanlardaki çap dağılımlarını modellemedeki başarı durumlarını ifade eden sıra numaralarının ortalaması

alınarak, en küçük sıra numarası ortalamasına sahip yöntem; çap dağılımlarını en iyi temsil eden fonksiyon olarak kabul edilmiştir (Ercanlı, 2010; Sakıcı vd., 2016).

### 3. Bulgular

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde Önsen mahallesindeki doğal fıstıkçami meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek üzere 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmıştır. 3 parametrelili Weibull dağılımın parametrelerini tahmin etmek üzere kullanılan 6 farklı parametre tahmin yöntemi ile elde edilen  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  parametrelerine ilişkin tahmin sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Bu çizelgelere, Maksimum Olabilirlik yöntemi (1), %31 ve %63'lük çap değerleri (2), %50 ve %95'lik çap değerleri (3), %25, %50 ve %95'lik çap değerleri (4), %31, %50 ve %63'lük çap değerleri (5) esas alan yüzdellikler yöntemi ve hibrid yöntemi (6) olmak üzere 6 farklı yöntemle ilişkin parametre tahminleri verilmiştir. Özellikle farklı yöntemlere ilişkin Weibull parametre tahminleri incelendiğinde, söz konusu bu tahminlerin önemli derecede farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 3. Çap dağılımlarına ilişkin olasılıklı yoğunluk fonksiyonlarının  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  parametre tahminleri

Örnek alan no	Maksimum olabilirlik			% 31 ve % 63			% 50 ve % 95			% 25, % 50 ve % 95			% 31, % 50 ve % 63			Hibrid		
	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$	$\alpha$	$\gamma$	$\beta$
1	14.0	1.00	10.57	7.5	1.66	20.69	7.5	2.25	21.78	7.5	1.64	23.14	7.5	1.66	23.08	12.36	1.10	10.47
2	8.68	1.57	11.13	4.5	5.09	15.52	4.5	2.28	17.62	4.5	2.64	17.23	4.5	5.09	16.12	7.07	2.26	13.74
3	0.00	8.72	76.10	7.5	2.85	28.90	7.5	3.45	29.47	7.5	2.52	30.64	7.5	2.85	30.14	11.17	2.14	23.83
4	10.0	1.00	11.15	5.0	1.82	16.69	5.0	1.34	17.09	5.0	1.60	16.34	5.0	1.82	15.90	8.80	1.23	12.47
5	7.03	1.76	20.47	5.0	2.41	25.60	5.0	1.92	24.22	5.0	1.78	24.58	5.0	2.41	23.29	7.52	1.56	19.97
6	5.92	2.28	17.94	5.0	1.79	20.90	5.0	2.46	19.74	5.0	2.32	19.91	5.0	1.79	20.87	8.27	1.89	15.62
7	0.00	2.66	28.21	4.5	1.30	27.22	4.5	3.16	28.63	4.5	1.86	31.05	4.5	1.30	33.80	5.39	1.78	21.87
8	10.0	1.00	10.89	5.5	1.84	15.61	5.5	1.32	16.50	5.5	1.48	16.02	5.5	1.84	15.25	9.87	1.02	9.09
9	9.34	1.48	15.85	6.0	2.17	18.95	6.0	1.53	19.05	6.0	1.79	18.42	6.0	2.17	17.76	10.27	1.36	14.36
10	0.42	4.34	36.98	8.5	2.36	31.58	8.5	3.73	28.69	8.5	2.77	29.68	8.5	2.36	30.37	13.61	2.18	23.06
11	14.0	1.00	11.87	7.25	1.42	22.58	7.25	1.71	18.89	7.25	1.84	18.62	7.25	1.42	19.76	13.37	1.15	10.70
12	10.0	1.00	9.890	4.0	1.21	20.62	4.0	2.52	19.66	4.0	1.60	21.39	4.0	1.21	23.04	5.99	1.35	14.52
13	10.0	1.00	11.06	5.0	1.27	16.88	5.0	1.27	17.33	5.0	1.33	17.14	5.0	1.27	17.36	8.08	1.03	11.89
14	10.0	1.00	11.55	4.5	1.13	20.43	4.5	1.51	19.12	4.5	1.41	19.45	4.5	1.13	20.75	7.49	1.12	13.86
15	0.00	2.21	28.76	4.5	0.99	31.72	4.5	1.77	21.54	4.5	1.63	21.92	4.5	0.99	25.34	7.03	1.39	19.91
16	8.83	1.56	14.60	4.5	3.29	19.06	4.5	2.17	19.54	4.5	2.17	19.54	4.5	3.29	18.44	7.27	1.83	17.11
17	10.0	1.00	7.400	4.0	1.31	14.95	4.0	1.09	12.58	4.0	1.41	11.67	4.0	1.31	11.91	7.26	1.04	9.190
18	0.00	3.23	27.52	7.5	1.21	23.06	7.5	2.96	20.37	7.5	2.02	21.58	7.5	1.21	24.38	12.71	1.31	12.04
19	3.69	2.23	28.71	4.0	2.16	29.08	4.0	2.42	31.42	4.0	1.99	32.45	4.0	2.16	32.00	4.08	1.99	27.72
20	8.92	1.44	18.42	4.0	2.43	22.61	4.0	1.82	25.69	4.0	1.51	26.75	4.0	2.43	24.42	3.91	1.52	22.97
21	10.0	1.00	10.34	4.0	1.40	18.61	4.0	1.43	16.16	4.0	1.67	15.58	4.0	1.40	16.25	6.82	1.36	14.08
22	0.00	2.60	26.50	5.5	1.16	23.82	5.5	2.33	22.81	5.5	1.61	24.49	5.5	1.16	26.78	8.30	1.32	16.05
23	10.0	1.00	13.27	4.0	1.53	21.53	4.0	1.91	23.63	4.0	1.39	25.40	4.0	1.53	24.79	4.62	1.33	18.84
24	13.84	1.14	14.15	7.5	2.09	20.01	7.5	1.76	22.78	7.5	1.65	23.11	7.5	2.09	22.05	12.6	1.18	14.37
25	0.00	2.70	31.41	6.5	1.36	25.73	6.5	2.06	25.68	6.5	1.64	26.87	6.5	1.36	28.18	10.32	1.31	18.34
26	0.00	3.43	26.49	4.5	2.00	24.57	4.5	5.40	24.08	4.5	2.49	26.07	4.5	2.00	27.03	5.67	2.32	20.77
27	8.48	1.73	10.84	4.5	3.83	14.90	4.5	2.51	15.62	4.5	2.81	15.38	4.5	3.83	14.86	7.44	2.27	12.49
28	0.00	2.66	28.74	4.5	1.37	29.62	4.5	2.00	22.23	4.5	1.94	22.35	4.5	1.37	24.17	6.04	1.79	22.01
29	4.21	2.25	27.18	5.0	3.03	26.99	5.0	2.26	25.87	5.0	2.24	25.91	5.0	3.03	24.83	6.65	2.08	25.05
30	12.12	1.84	21.51	6.5	1.52	31.62	6.5	1.89	24.89	6.5	2.36	23.94	6.5	1.52	26.07	10.59	1.98	23.36

Fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek üzere kullanılan Weibull fonksiyonun parametrelerinin tahminine ilişkin 6 farklı yöntem ile elde edilen hata indeksi değerleri ve başarı sıraları, Çizelge 4'te verilmiştir. Parametre tahminlerine ilişkin başarı sıraları incelendiğinde, maksimum olabilirlik yöntemi; 6 kez 1. sırada, 2 kez 2. sırada, 4 kez 3. sırada, 5 kez 4. sırada, 4 kez 5. sırada, 9 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.867'dir. %31 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi; 10 kez 1. sırada, 4 kez 2. sırada, 4 kez 3. sırada, 2 kez 4. sırada, 4 kez 5. sırada, 6 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.133'tür. %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi; 4 kez 1. sırada, 4 kez 2. sırada, 7 kez 3. sırada, 3 kez 4. sırada, 6 kez 5. sırada, 6 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.700'dür. %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi; 4 kez 1. sırada, 7 kez 2. sırada, 8 kez 3. sırada, 8 kez 4. sırada, 3 kez 5. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 2.967'dir. %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi; 3 kez 1. sırada, 10 kez 2. sırada, 4 kez 3. sırada, 3 kez 4. sırada, 6 kez 5. sırada, 4 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.367'dir. Hibrid yöntemi; 3 kez 1. sırada, 3 kez 2. sırada, 3 kez 3. sırada, 9 kez 4. sırada, 7 kez 5. sırada, 5 kez 6. sırada yer almış olup, ortalama başarı sırası ise 3.967'dir.

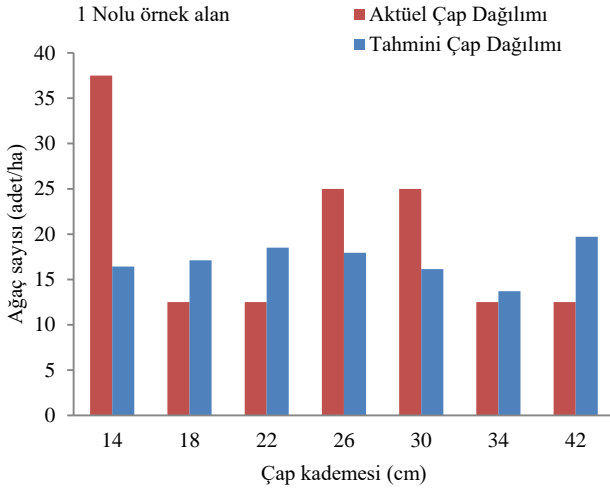
3 parametrelili Weibull dağılıma ilişkin parametre tahmin yöntemlerinin başarı durumları değerlendirildiğinde, en küçük 2.967'lik ortalama sıra numarasına sahip olan

%25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yönteminin fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımını modellemede en başarılı parametre tahmin yöntemi olduğu ortaya çıkmaktadır. Daha sonra sırasıyla; %31 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi (3.1333 ortalama sıra numarası), %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi (3.367 ortalama sıra numarası), %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi (3.700 ortalama sıra numarası), maksimum olabilirlik yöntemi (3.867 ortalama sıra numarası) ve hibrid yöntemi (3.967 ortalama sıra numarası) gelmektedir.

Bu çalışmada, çap dağılımlarını modellenmesinde en başarılı olarak belirlenen %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanarak elde edilen parametre tahminleri ile tahmini çap dağılımları, çalışma kapsamında alınmış olan 1 örnek alan için oluşturulmuş ve arazide ölçülen çap dağılımları ile birlikte karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Bu örnek alanda %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdellikler yöntemi ile elde edilmiş tahmini çap dağılımları ile aktüel çap dağılımları karşılaştırıldığında; aktüel ağaç sayısı ile tahmin edilen ağaç sayısı, 7. çap kademesinde (32-36 cm) birbirine en yakın olarak tespit edilmiştir. İkinci sırada en başarılı tahmin 4 ağaçlık fark ile 16-20 cm çap arasını temsil eden 3. çap kademesinde iken, en başarısız tahmin ise 22 ağaçlık fark ile 12-16 cm çap arasını temsil eden 2. çap kademesinde gerçekleşmiştir (Şekil 4).

Çizelge 4. Fıstıkçamında çap dağılımlarına ilişkin hesaplanan hata indeksi değerleri ile bu değerlere göre belirlenen sıra numaraları

Örnek alan no	Max. olabilirlik		%31 ve %63		%50 ve %95		%25, %50 ve %95		%31, %50 ve %63		Hibrid	
	e	Sıra	e	Sıra	e	Sıra	e	Sıra	e	Sıra	e	Sıra
1	68.540	5	53.680	1	59.130	4	56.050	2	56.360	3	87.010	6
2	136.98	1	196.10	5	178.42	3	185.92	4	215.25	6	177.37	2
3	87.250	1	102.57	5	99.940	2	101.74	3	102.50	4	111.30	6
4	147.57	1	170.60	6	167.82	5	163.84	3	164.69	4	154.70	2
5	118.49	1	155.03	6	128.04	3	127.86	2	135.82	5	129.02	4
6	104.67	1	111.87	3	113.37	4	116.58	5	111.46	2	117.97	6
7	199.10	4	174.12	1	258.80	6	228.08	5	192.41	2	192.86	3
8	218.57	3	223.59	4	145.99	1	164.64	2	225.67	5	249.21	6
9	83.900	4	102.99	6	79.790	2	77.900	1	94.310	5	80.550	3
10	110.60	5	99.510	2	123.07	6	101.54	3	98.950	1	110.29	4
11	212.38	5	192.47	4	177.13	2	175.34	1	188.46	3	214.54	6
12	337.65	6	152.68	1	296.30	5	201.19	4	160.00	2	190.93	3
13	87.020	6	38.470	1	40.630	3	42.500	4	40.380	2	50.420	5
14	349.39	6	161.73	1	205.87	4	188.39	3	164.45	2	213.81	5
15	318.78	6	224.50	2	313.54	5	297.36	3	205.76	1	310.99	4
16	185.06	1	352.71	6	203.75	3	203.74	2	345.06	5	210.92	4
17	520.50	6	231.33	3	158.00	1	235.96	4	212.52	2	283.15	5
18	99.660	4	68.010	1	122.77	6	98.250	3	69.960	2	111.13	5
19	150.14	2	152.97	3	160.62	5	160.31	4	160.76	6	149.41	1
20	74.970	4	80.880	6	68.020	3	61.850	1	77.080	5	62.480	2
21	290.50	6	184.21	1	194.58	2	197.97	4	195.12	3	215.08	5
22	97.080	3	79.410	1	122.02	6	105.48	4	82.740	2	115.55	5
23	169.71	6	123.54	3	134.10	5	121.87	2	126.44	4	117.76	1
24	114.94	2	127.95	5	126.30	3	126.64	4	130.24	6	102.82	1
25	132.22	5	104.63	1	140.13	6	121.52	3	108.49	2	130.71	4
26	113.84	4	97.730	2	140.64	6	93.800	1	98.180	3	121.77	5
27	109.76	3	150.02	5	103.65	1	107.45	2	151.02	6	110.28	4
28	116.32	6	98.440	2	114.88	5	112.83	3	94.210	1	114.03	4
29	99.780	3	130.21	6	96.950	1	97.100	2	129.24	5	100.37	4
30	195.26	6	153.86	1	168.18	3	193.95	5	159.77	2	189.40	4
Ortalama sıra numarası		3.867		3.133		3.700		2.967		3.367		3.967



Şekil 4. 1 nolu örnek alandaki ağaçların aktüel çap dağılımları ile %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi ile elde edilmiş tahmini çap dağılımları

#### 4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesine ilişkin 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun parametre tahmin yöntemleri karşılaştırılmıştır. Doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarını modellemek üzere kullanılan 3 parametrelili Weibull fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmesinde; Maksimum Olabilirlik yöntemi (1), %31 ve %63'lük çap değerleri (2), %50 ve %95'lik çap değerleri (3), %25, %50 ve %95'lik çap değerleri (4), %31, %50 ve %63'lük çap değerleri (5) esas alan yüzdeler yöntemi ve hibrid yöntemi (6) olmak üzere 6 farklı yöntem kullanılmıştır. Farklı parametre tahmin yöntemlerinin karşılaştırılmasında, Rennolds vd. (1988) tarafından geliştirilen hata indeksi ( $e$ ) değeri kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında alınan 30 örnek alandaki aktüel çap dağılımları ile Weibull dağılımına ilişkin farklı parametre tahmin yöntemleri ile elde edilen tahmini çap dağılımları arasındaki farka dayanan hata indeksi değerlerine göre yapılan başarı sıralamasında; 2.967'lik ortalama sıra numarasına sahip olan %25, %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımını modellemede en başarılı parametre tahmin yöntemi olarak belirlenmiştir. En başarılı parametre tahmin yöntemini ise, %31 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi (3.1333 ortalama sıra numarası), %31, %50 ve %63'lük çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi (3.367 ortalama sıra numarası), %50 ve %95'lik çap değerlerini kullanan yüzdeler yöntemi (3.700 ortalama sıra numarası), maksimum olabilirlik yöntemi (3.867 ortalama sıra numarası) ve hibrid yöntemi (3.967 ortalama sıra numarası) izlemiştir.

Meşcerelerin çap dağılımları, meşcere yaşı, verim gücü, sıklığı ve yetiştirme ortamı koşulları gibi çeşitli meşcere özelliklerinin değişmesi ile çok farklı yapılarda özellikler gösterebilmektedir. Bu bakımdan meşcerelerin çap dağılımlarını en iyi temsil eden dağılım yüzdeleri ve bu

yüzdeler değerleri esas alan parametre tahmin yöntemlerinin başarı durumları farklı yetiştirme ortamları ve meşcere kuruluşlarına göre oldukça değişkenlik gösterebilmektedir. Herhangi bir yetiştirme ortamında gelişim gösteren meşcere yapısı için çap dağılımını en iyi temsil eden yüzdeler değeri, başka bir yetiştirme ortamında gelişim gösteren meşcere için çap dağılımını temsil etmede başarılı olmayabilir.

Hartlap Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan doğal fıstıkçamı meşcerelerinin çap dağılımlarını, %25, %50 ve %95'lik yüzdeler değerleri en iyi şekilde temsil etmiş olup, bu yüzdeleri esas alan Weibull dağılımına ilişkin parametre tahmin yöntemleri de, diğer yüzdeleri esas alan yöntemlere göre aktüel çap dağılımlarını tahmin etmede en doğru sonuçları vermiştir. Cao (1997), Cao (2004), Liu vd. (2004), Poudel (2011) ve Poudel ve Cao (2013) yapmış olduğu çalışmalarda, Weibull dağılımına ilişkin parametrelerin tahmininde farklı yüzdeler değerleri dikkate alan yöntemlerin, farklı çap dağılımlarını modellemede başarılı olabileceğini belirlemişlerdir. Bu sonuç, olasılık yoğunluk fonksiyonlarının parametrelerinin farklı meşcere özelliklerinin bir sonucu olarak oluşan çap dağılımları ile değişmesi ve benzer meşcere koşullarının farklı çap dağılımlarına ve böylece bu dağılımları temsil eden farklı olasılıklı yoğunluk fonksiyonlarının parametre değerlerine sahip olmaları ile açıklanmaktadır.

Çap dağılım modelleri, meşcere yapıları hakkında daha ayrıntılı tahminlerin elde edilmesinde ve ormanlardan elde edilecek ürün çeşitlerinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Ülkemizde, artım ve büyümenin tahmin edilmesinde; hali hazırda normal hasılat tabloları ile sıklığa bağlı hasılat tabloları kullanılmakla beraber, bu tablolar meşcerenin tamamı hakkında tahminler sunmaktadırlar. Bununla birlikte, başta orman amenajmanı olmak üzere çeşitli ormancılık faaliyetlerinde meşcere yapıları hakkında daha ayrıntılı tahminlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemiz ormanları, çok farklı ağaç türleri ve yetiştirme ortamı koşulları ile birlikte oldukça farklı çeşitlilikte meşcere yapılarına ve çap dağılım dinamiklerine sahiptir. Bu bakımdan ülkemiz ormanlarını oluşturan ağaç türlerimiz ve meşcere kuruluşları için başarılı ve etkin çap dağılım modellerinin geliştirilmesi için çap dağılımlarını en iyi temsil eden parametre tahmin yöntemlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Meşcere kuruluşlarına ilişkin bu değişkenlik ve çeşitlilik, birçok açıdan ülkemiz için yararları mevcut iken, çap dağılım modellemesinde çözülmesi gereken en önemli problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı yetiştirme ortamlarındaki ağaç türlerinin oluşturduğu meşcere yapıları için, çap dağılımlarını en iyi temsil eden parametre tahmin yöntemleri belirlenerek, çap dağılım modelleri geliştirilmelidir. Geliştirilecek çap dağılım modelleri ile normal ve sıklığa bağlı hasılat tablolarından elde edilecek meşcere düzeyindeki tahminler, çap sınıfı düzeyinde daha ayrıntılı olarak elde edilecektir. Ayrıca çap dağılım modellerini geliştirilmesinde esas alınan yüzdeler değerlerinin, gelecekteki meşcere koşulları için tahmin edilmesi ile ileriki yıllardaki meşcere çap dağılımları da elde edilebilecektir. Geçici deneme alanları yerine yarı devamlı veya devamlı deneme alanlarının oluşturulması ve bu alanlarda düzenli periyotlarla ölçümlerin yapılması çap dağılımının modellemesindeki başarıyı olumlu etkileyecek ve aynı zamanda daha doğru ve tutarlı sonuçlar elde edilecektir.

## Açıklama

Verilerin değerlendirme ve analiz edilmesinde görüş, öneri ve değerlendirmeleri ile katkı sağlayan Doç. Dr. İlker ERCANLI'ya; arazi verilerinin elde edilmesinde yardımlarını esirgemeyen Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü ve personeline teşekkür ederiz. Bu çalışma, Ramazan KARAKAŞ'ın Yüksek Lisans tezinin bir bölümünü içermektedir.

## Kaynaklar

- Bailey, R.L., Dell, T.R., 1973. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, 19: 97-104.
- Bailey, R.D., 1980. Individual tree growth derived from diameter distribution models. *Forest Science*, 26: 626-632.
- Bailey, R.L., Burgan, T.M., Jokela, E.J., 1989. Fertilized mid-rotation-aged slash pine plantations, stand structure and yield prediction models. *Southern Journal of Applied Forestry*, 13(2): 76-80.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Yolasiğmaz, H.A., Çakır, G., Keleş, S., 2002. Orman amenajmanında yeni açılımlar çerçevesinde planlama sürecinin tasarımı. *Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar Sempozyumu*, 18-19 Nisan, Bahçeköy, İstanbul. s. 23-37.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Terzioğlu, S., Başkaya, Ş., Altun, L., 2005. Biyolojik çeşitliliğin orman amenajman planlarıyla bütünleştirilmesi: GEF Projesi Yansımaları-I (Tasarım), *Orman Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 4-6, Cilt: 42, 31-37.
- Bliss, C.I., Reinker, K.A., 1964. A lognormal approach to diameter distributions in even-aged stands. *Forest Science*, 10: 350-360.
- Borders, B.E., Patterson, W.D., 1990. Projecting stand tables: A comparison of the Weibull diameter distribution method, a percentile-based projection method, and a basal area growth projection method. *Forest Science*, 36(2): 413-424.
- Cao, Q.V., 1997. A method to distribution mortality in diameter distribution models. *Forest Science*, 43(3): 435-441.
- Cao, Q.V., 2004. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. *Forest science*, 50(5): 682-685.
- Carus, S., 1996. Aynı yaşlı Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşcerelerinde çap dağılımının bonitet ve yaşa göre değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 46: 171-181.
- Carus, S., Çatal, Y., 2008. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde 7 ağaç örnek nokta yöntemiyle meşcere ağaç sayısının çap basamaklarına dağılımının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 158-169.
- Clutter, J.L., Bennett, F.A., 1965. Diameter distributions in old-field slash pine plantation. *Georgia Forest Research Council, Report No.13*.
- Dal, E., 2019. Kastamonu yöresi sarıçam meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu*.
- Ercanlı, İ., 2010. Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerine ilişkin büyüme modelleri. *Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.
- Ercanlı, İ., Yavuz, H., 2010. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1): 68-83.
- Hafley, W.L., Schreuder, H.T., 1977. Statistical distribution for fitting diameter and height data in even-aged stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 7: 481-487.
- Johnson, N.L., 1949. Systems of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika*, 36: 149-176.
- Kahriman, A., Yavuz, H., 2011. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (2): 109-125.
- Knoebel, B.R., Burkhart H.E., Beck, D.E., 1986. A growth than dyield model for thinned stands of yellow-poplar. *Forest Science*, 32(2): 27-62.
- Knowe, S.A., 1992. Basal area and diameter distribution models for loblolly pine plantations with hardwood competition in the Piedmont and Upper Coastal Plain. *Southern Journal of Applied Forestry*, 16(2): 93-98.
- Knowe, S.A., Foster, G.S., Rousseau, R.J., Nance, W.L., 1994. Eastern cottonwood clonal mixing study: Predicted diameter distributions. *Canadian Journal of Forest Research*, 24(2): 405-414.
- Knowe, S.A., Ahrens, G.R., DeBell, D.S., 1997. Comparison of diameter-distribution-prediction, stand-table-projection, and individual-tree-growth modeling approaches for young red alder plantations. *Forest Ecology and Management*, 98(1): 49-60.
- Laar, A., Akça, A., 2007. *Forest Mensuration*. Springer, The Netherlands., 383 s.
- Leak, W.B., 1965. The J-shaped probability distribution. *Forest Science*, 11(4): 405-409.
- Liu, C., Zhang, S.Y., Lei, Y., Newton, P.F., Zhang, L., 2004. Evaluation of three methods for predicting diameter distributions of black spruce (*Picea mariana*) plantations in central Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(12): 2424-2432.
- Maltamo, M., Puumalainen J., Paivinen R., 1995. Comparison of Beta and Weibull Functions for modeling basal area diameter distributions in stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 10: 184-295.
- Maltamo, M., 1997. Comparing basal area diameter distributions estimated by tree species and for the entire growing stock in a mixed stand. *Silva Fennica*, 31: 53-65.
- Meyer, W.H., Stevenson, D.D., 1943. The structure and growth of virgin beach birch- maple-hemlock forests in northern pennsylvania. *Journal of Agricultural Research*, 67: 465-484.
- Nelson, T.C., 1964. Diameter distribution and growth of loblollypine. *Forest Science*, 10: 105-115.
- Nord-Larsen, T., Cao, Q.V., 2006. A diameter distribution model for even-aged beech in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 231(1-3): 218-225.
- Packard, K. C., 2000. Modeling tree diameter distributions for mixed-species conifer forests in the northeast United States. *Master Thesis, State University Of New York, New York, USA*.
- Palahí, M., Pukkala, T., Trasobares, A., 2006. Modelling the diameter distribution of *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* and *Pinus halepensis* forest stands in Catalonia using the truncated Weibull function. *Forestry*, 79(5): 553-562.
- Podlaski, R., 2006. Suitability of the selected statistical distributions for fitting diameter data in distinguished development stages and phases of near-natural mixed forests in the Świętokrzyski National Park (Poland). *Forest Ecology and Management*, 236(2-3): 393-402.
- Poudel, K. P., 2011. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions, MSc, Louisiana State University, USA.
- Poudel, K.P., Cao, Q.V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science*, 59(2): 243-252.
- Pukkala, T., Saramäki, J., Mubita, O., 1990. Management planning system for tree plantations. A case study for *Pinus kesiya*. *Silva Fennica*, 24(2): 171-180.

- Rennolls, K., Geary, D.N., Rollinson, T.J.D., 1985. Characterizing diameter distributions by the use of the Weibull distribution. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 58(1): 57-66.
- Reynolds, M.R., Burk, T.E., Huang, W.C., 1988. Goodness-of-fit tests and model selection procedures for diameter distribution models. *Forest science*, 34(2): 373-399.
- Sakıcı, O.E., Gülsunar, M., 2012. Diameter distribution of bornmullerian fir in mixed stands. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 12(3): 263-270.
- Sakıcı, O. E., Seki, M., Sağlam, F., Akyıldız, M. H., 2016. Modeling diameter distributions of black pine stands in Taşköprü region. *International Forestry Symposium*, 07-10 December, Kastamonu, Turkey, pp. 521-535.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. OGM Yayınları, Ankara.
- Samaraki, J., 1992. A growth and yield prediction model of *pinus kesiya* in zambia. *Acta Forestalia Fennica*, 230: 68.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide: Statistics, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Smalley, G.W., (1974). Yield tables and stand structure for loblolly pine plantations in Tennessee, Alabama, and Georgia highlands. USDA Forest Service, Research Paper, SO-96.
- Sönmez, T., Günlü, A., Karahalil, U., Ercanlı, İ., Şahin, A., 2010. Saf Doğu ladini meşcerelerinde çap dağılımının modellenmesi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, s. 388-398.
- Weibull, W., 1951. A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18: 293-297.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü orman işletmesinde sarıçam ve karaçam için uyumlu gövde çapı, gövde hacmi ve hacim oran denklem sistemlerinin geliştirilmesi. Basılmamış Doçentlik Tezi, Trabzon. .
- Yavuz, H., Gül, A.U., Mısır, N., Özçelik, R., Sakıcı, O.E., 2002. Meşcerelerde çap dağılımlarının düzenlenmesi ve bu dağılımlara ilişkin parametreler ile çeşitli meşcere öğeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan, İstanbul. s. 203-212.
- Yılmaz, M., Tonguç, F., Bozali, N., 2010. Kahramanmaraş-Önsen doğal fıstıkçanı ormanı üzerine genel bir değerlendirme. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, Cilt III, s. 895-904.
- Zöhrer, F., 1969. Ausgleich von Häufigkeitsverteilungen mit hilfe der beta-funktion. *Forstarchiv*, 40(3): 37-42.

## İstanbul-Sarıyer Yöresi sahil çamı ağaçlandırmaları için gövde çapı modelleri

Utkun Karakuyu<sup>a,\*</sup>, Ramazan Özçelik<sup>b</sup>

**Özet:** Sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ülkemizde endüstriyel plantasyon kurmak amacıyla kullanılan en önemli ağaç türlerinden biridir. Bu çalışmada, İstanbul-Sarıyer Yöresi sahil çamı plantasyonları için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında toplam 194 örnek ağaç üzerinde yapılan detaylı ölçümlerden yararlanılmıştır. Modellerin geliştirilmesi için en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Gövde çapı modellerinin geliştirilmesi sırasında karşılaşılan otokorelasyon probleminin çözümü için ikinci derece otoregresif hata yapısı (CAR(2)) ve çoklu bağıntı probleminin varlığının araştırılması için koşul sayıları kullanılmıştır. Modellerin performansları çap, boy, ticari hacim ve toplam ağaç hacmi tahminleri açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla beş farklı ölçüt ( $R^2$ , RMSE, AIC, BIC ve AAE) kullanılmıştır. Ölçüt değerleri incelendiğinde; çap tahminlerinde Kozak (2004), ağaç boyu, ticari ve toplam hacim tahminlerinde ise Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen modelin daha başarılı olduğu görülmüştür. Ancak tahmin performansları açısından modeller arasında önemli farklılıkların olmadığı da söylenebilir. Bu nedenle, sahil çamı plantasyonlarında yapılacak gövde çapı ve hacim tahmini çalışmalarında hangi modelin tercih edileceğine uygulayıcının karar vermesi daha doğru olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Çap, Otokorelasyon, Gövde formu, Parçalı model, Hacim tahmini

## Stem taper models for maritime pine plantations in Istanbul Sarıyer Region

**Abstract:** Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) is one of the most important tree species in Turkey for establish industrial plantations. In this study, stem taper models were developed for maritime pine plantations in İstanbul-Sarıyer region. For this aim, two commonly used and well-known taper models belonging to different groups (segmented and variable-form) were evaluated. In this frame, totally 194 destructively sampled trees were used. The equations were fitted with ordinary nonlinear least squares method. We incorporated a second-order continuous-time autoregressive error structure (CAR(2)) to address of autocorrelation problem and used condition numbers to detect presence of multicollinearity. The predictive performance of the taper models was evaluated using five different evaluation criteria ( $R^2$ , RMSE, AIC, BIC, and AAE). According to evaluation statistics, Fang et al. (2000) model provided better results than the Kozak (2004) model for height at a specific diameter, merchantable volume and total volume predictions except for diameter at a specific height. However, there are no significant differences among both models in terms of prediction performance of the models. Therefore, it will be more reasonable for the decision maker to decide which model will be preferred in maritime pine plantations.

**Keywords:** Diameter, Autocorrelation, Stem form, Segmented model, Volume estimation

### 1. Giriş

Orman kaynaklarının etkin bir şekilde planlanabilmesi, orman ekosisteminin en önemli öğelerinden birisi olan ağaç türlerine ilişkin büyüme ve hasılat modellerini gerekli kılmaktadır. Büyüme ve hasılat modellerine ilişkin en önemli altlıklardan birisi ağaç hacim tahminleridir. Ağaç hacim tahminleri, orman amenajmanı çalışmaları ve odun kaynağının planlanmasında (Diéguez-Aranda vd., 2006; de-Miguel vd., 2012), orman ürünleri endüstrisinin geleceğe dönük projeksiyonların yapımında (Fang vd., 2000), orman sağlığı ve verimliliğinin izlenmesinde (Castedo-Dorado vd., 2012), orman biyokütlesinin tahmini ve buna bağlı karbon birikiminin hesaplanmasında (Parresol, 2003; Eker vd., 2017; Eker ve Özçelik, 2017; Poudel vd., 2018) ve üretim planlamaları, uygun üretim sistemlerinin belirlenmesi ve uzun dönemli ekonomik analizlerin yapımında (Pancoast, 2018) karar vericiler için önemli bir parametredir.

Bugün ülkemizde tek ağaç ve meşcere hacim tahminleri için kullanılmakta olan yöresel ya da genel hacim tabloları; değişen ve çeşitlenen ticari standartları karşılamakta yetersiz kalmaktadır (Özçelik vd., 2018). Bu nedenle, sürdürülebilir orman yönetimi ve farklı yararlanma alternatifleri için ağaç ve meşcere hacimlerinin tahmini için doğru ve çok yönlü hacim tahmin tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Son yarım asırdır yaygın olarak kullanılmakta olan gövde çapı modelleri, doğru ve farklı ticari standartları karşılamak konusunda kullanılan en yaygın yaklaşımlardan birisi olmuştur (Jiang vd., 2005; Shahzad vd., 2020). Kozak (2004) tarafından da ifade edildiği gibi, gövde çapı modelleri, bir ağaç gövdesi üzerindeki farklı noktadaki çap değerlerinin tahmini, tüm ağaç hacminin tahmini, herhangi bir çap değerinin hangi yükseklikte olduğu ve gövde üzerinde seçilen herhangi iki nokta arasındaki ticari hacmin tahmini amacıyla kullanılmaktadır.

✉ <sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta

<sup>b</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 27.08.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 19.11.2020



**Citation** (Atf): Karakuyu, U., Özçelik, R., 2020. İstanbul-Sarıyer Yöresi sahil çamı ağaçlandırmaları için gövde çapı modelleri. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 373-382. DOI: [10.18182/tjf.786210](https://doi.org/10.18182/tjf.786210)

Farklı araştırmacılar tarafından yapılan sınıflandırmalarda (Diéguez-Aranda vd., 2006; Sakıcı vd., 2008; Sharma ve Parton 2009; Li ve Weiskittel, 2010; Sakıcı ve Özdemir, 2018; Liu vd., 2020; Shahzad vd., 2019; Shahzad vd., 2020); gövde çapı modelleri (1) basit gövde çapı modelleri, (2) parçalı gövde çapı modelleri ve (3) değişken şekil gövde çapı modelleri olarak üç farklı gruba ayrılmaktadır. Basit gövde çapı modellerinin, genel olarak gövdenin orta bölümü için gerçeğe yakın tahminler yapılmasına imkân verirken, gövdenin dip ve uç kısımları için hatalı sonuçlar verdiği ifade edilmektedir (Jiang vd., 2005; Crecente-Campo vd., 2009; Li ve Weiskittel, 2010; Rodríguez vd., 2015; Özçelik ve Crecente-Campo, 2016). İlk kez Max ve Burkhardt (1976) tarafından tanıtılan parçalı gövde çapı modelleri ise, gövdenin farklı bölümlerini farklı denklemlerle tanımlamakta ve bu farklı bölümleri katılım noktaları ile birleştirmektedir. Parçalı gövde çapı modellerinin diğer gövde çapı modellerine en önemli üstünlüğü, gövdenin herhangi iki noktası arasındaki hacim değerinin hesaplanabilmesi için modelin integralinin alınabiliyor olmasıdır (Rojo vd., 2005; Diéguez-Aranda vd., 2006; Özçelik ve Brooks, 2012; Tang vd., 2016; Alkan vd., 2019). Değişken şekil gövde çapı modelleri ise, ilk defa Kozak (1988) tarafından tanıtılmıştır. Bu tip gövde çapı modelleri, ağaç gövdesinin dipten tepeye doğru nayloid, paraboloid ve koni gibi değişken şekillere sahip olduğunu kabul etmektedir. Diğer model formları ile karşılaştırıldığında, değişken şekil gövde çapı modellerinin, daha düşük ortalama hata ve daha yüksek doğruluk düzeyine sahip oldukları ifade edilmektedir (Bi 2000; Kozak, 2004; Lee vd., 2003; Sharma ve Zhang, 2004). Ancak bu tip gövde çapı modellerinin, gövde hacmi ya da ticari hacim tahminleri için modelin integrali alınarak doğrudan hacim denkleminin dönüştürülemedikleri için önemli bir dezavantaja sahip oldukları da ifade edilmektedir (Jiang vd., 2005; Özçelik ve Alkan, 2012; Özçelik ve Crecente-Campo, 2016; Shahzad vd., 2020).

Kozak ve Smith (1993) iyi bir gövde çapı modelinin hem minimum varyans ile eğilimsiz çap tahminleri yapabilmesi hem de farklı ağaç türleri için kullanılabilir bir esnekliğe sahip olması ve gövde hacminin doğru tahminine imkân vermesi gerektiğini ifade etmiştir. Günümüze kadar farklı ağaç türleri için gövde çapı modelleri geliştirilmiş ve sınırlı sayıda ve farklı formdaki modellerin tahmin performansları karşılaştırılmıştır. Rojo vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada, İspanya'daki sahil çamı için gövde çapı tahminleri amacıyla 31 farklı model karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Kozak (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli ile en doğru çap tahminleri gerçekleştirilmiştir. Ancak Rojo vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada, gövde çapı modellerinin hacim tahminlerindeki performansları karşılaştırılmamıştır. Diéguez-Aranda vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada ise, karşılaştırılan farklı formdaki gövde çapı modelleri arasında hem çap hem de gövde hacmi tahminleri açısından en başarılı model formunun Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modeli olduğu ortaya konmuştur. Yine Shahzad vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada da gövde çapı ve hacim tahminleri açısından farklı formlarda sekiz gövde çapı modeli karşılaştırılmış ve en başarılı sonuçlar Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen model ile elde edilmiştir. Diğer yandan Shahzad vd. (2020) tarafından Kuzeydoğu Çin'deki *Betula platyphylla* türü için yapılan çalışmada ise; iki parçalı gövde çapı modeli ile bir

adet değişken şekil gövde çapı modeli karşılaştırılmış ve Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı modelinin en başarılı model olduğu görülmüştür. Liu vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada ise yine Kuzeydoğu Çin'deki *Larix gmelinii* türü için farklı formdaki gövde çapı modelleri karşılaştırılmış ve en başarılı sonuçlar Kozak (2004) gövde çapı modeli ile elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, gövde çapı modelleri tür temellidir ve çap tahminlerinde modellerin başarısı ağaç türüne ve yöreye göre değişkenlikler gösterebilmektedir (Sharma ve Zhang, 2004; Li ve Weiskittel, 2010). Bu nedenle, her tür ve bu türün farklı yetiştirme ortamları için ayrı model parametrelerinin tahmin edilmesinin zorunlu olduğu ifade edilmektedir (Sharma ve Zhang, 2004; Liu vd., 2020).

Son yıllarda, orman ürünleri endüstrisindeki gelişmelere bağlı olarak çeşitli nitelik ve standartlardaki orman ürünlerine olan talepte önemli oranda artışlar gözlenmektedir. Buna karşın, çevresel sorunların artmasına bağlı olarak ormanın üretim dışındaki fonksiyonlarına yönelik talepte de önemli artış ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bir taraftan odun kökenli ürün taleplerinin karşılanması, diğer taraftan da doğal orman alanları üzerindeki baskıların azaltılabilmesi amacıyla, endüstriyel plantasyonların önemi bir kat daha artmıştır. Birler vd. (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, eğer gerekli tedbirler alınmaz ise, odun hammaddesi açığının giderek artacağı ve bu talebin karşılanması amacıyla sadece doğal ormanlardan yararlanılması durumunda, kaynağın 25 yıl gibi kısa bir sürede tükeneceği ifade edilmektedir. Carle vd. (2009) ise, günümüzde doğal ormanların mevcut endüstriyel odun ihtiyacının sadece %35'ini karşılayabildiği, bu oranın 2020 yılında %40'lar seviyesinde olacağını ifade etmiştir. Bu nedenle, doğal ormanlar üzerindeki odun üretimi baskısının azaltılması ve endüstriyel odun ihtiyacının kesintisiz bir şekilde karşılanabilmesi amacıyla, yerli ve yabancı hızlı gelişen türler kullanılarak (sahil çamı, okaliptüs ve Douglas göknarı vb.) endüstriyel plantasyonların kurulmasının gerekli olduğu vurgulanmıştır. Ülkemizde, bu amaçla değişik yörelerde başta kızılçam ve okaliptüs olmak üzere hızlı gelişen ağaç türleri ile endüstriyel plantasyonlar kurulmuş ve halen de kurulmaktadır.

Endüstriyel odun ihtiyacını karşılamak amacıyla ağaçlandırma çalışmalarında kullanılabilir önemli ağaç türlerinden birisi sahil çamı (*Pinus pinaster* Ait.)'dir. Amerika'da ve Meksika'da doğal olarak yayılış gösteren bu tür, özellikle Yeni Zelanda, Şili, Güney Afrika ve Güneybatı Avrupa'da önemli plantasyon alanlarına sahiptir. Avrupa'da ise, özellikle İspanya'nın Bask bölgesinde büyük sahil çamı plantasyonları bulunmaktadır. Güner vd. (2019)'a göre, Türkiye'de yaklaşık 58 bin hektar sahil çamı ağaçlandırması bulunmaktadır. Bu alanların yaklaşık %83'ü Marmara Bölgesinde, %15'i Karadeniz Bölgesinde ve %2'lik kısmı da Ege ve Akdeniz Bölgelerindedir. Sahil çamının kanaatkâr bir tür olması ve hızlı büyümesi nedeniyle özellikle Akdeniz Bölgesi ülkelerinde, endüstriyel plantasyon kurmak amacıyla yaygın olarak kullanıldığı gözlenmektedir. Tunçtaner (1998), özellikle Karadeniz ve Marmara Bölgelerinin bazı alanlarında plantasyon tesislerinde kullanılmaya en uygun türün sahil çamı olduğunu ifade etmektedir.

Ülkemizde gerek endüstriyel odun ihtiyacını karşılamak gerekse toprak muhafaza çalışmaları amacıyla tesis edilen ağaç türlerinin büyüme ve hasılatına ilişkin olarak sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda, Marmara ve



Karadeniz Bölgelerindeki sahil çamı plantasyonlarının büyüme ve gelişme özellikleri araştırılmıştır (Birler ve Yüksel, 1983; Özcan, 2003; Tecimen, 2005; Özdemir, 2005; Ercanlı vd., 2008; Balekoğlu, 2015).

Sahil çamı ile ilgili olarak yukarıda belirtilen kimi çalışmalar bulunmasına karşın, özellikle İstanbul-Sarıyer yöresi sahil çamı ağaçlandırmaları için gerçeğe yakın hacim tahminleri yapılmasına imkân veren ve farklı ticari standartları karşılayacak denklem sistemleri geliştirilmemiştir. Bu çalışmayla, ilgili yöre için güvenilir hacim tahminlerine yardımcı olmak amacıyla gövde çapı modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modeli ile Kozak (2004) tarafından geliştirilen değişken şekil gövde çapı modeli karşılaştırılmış ve İstanbul Sarıyer yöresi sahil çamı plantasyonları için en uygun model formunun belirlenmesine çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Bu çalışma için gerekli örnek ağaç verileri, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü, Sarıyer Orman İşletme Şenliği'ndeki I. Bonitet için 3.00 x 3.00 m, II. Bonitet için ise 3.00 x 2.00 m aralık-mesafe ile dikilmiş sahil çamı plantasyonlarından sağlanmıştır. Örnek ağaçlar, ilgili yöredeki plantasyonların tüm çap ve boy sınıflarını ve yetiştirme ortamı şartlarını temsil edecek şekilde galip ya da müşterek galip ağaçlar arasından seçilmiştir. Örnek ağaçlar seçilirken, çatal gövdelerin, tepesi kırık ağaçların, azman yapmış bireylerin ve gövde formu bozuk bireylerin seçilmemesine azami özen gösterilmiştir. Çalışma kapsamında, 194 örnek ağaç üzerinde detaylı ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sırasında, ağaçlar kesilmeden önce göğüs çapları ( $D$ ) ölçülmüş ve kesildikten sonra, bütün ağaçların şerit-metre yardımı ile toplam ağaç boyu ( $H$ ) ve dijital çap ölçer yardımı ile ağaç gövdesi üzerinde dipten en uç noktaya kadar yaklaşık birer metre ara ile değişik yüksekliklerdeki ( $h$ ) gövde çapı ( $d$ ) değerleri ölçülmüştür. Ağaçların seksiyon ve toplam hacim tahminleri için Smalian formülü kullanılmıştır. Coble ve Hilpp (2006), Smalian formülünün kısa seksiyon hacimlerinin hesaplanması için oldukça uygun bir yöntem olduğunu ifade etmiştir. Ağaçların uç kısım hacimlerinin belirlenmesinde ise, koni hacim formülü kullanılmıştır. Smalian formül yardımı ile elde edilen seksiyon hacimleri ve koni hacim formülü ile hesaplanan uç parça hacmi toplanarak her ağaç için toplam gövde hacmi tahmin edilmiştir.

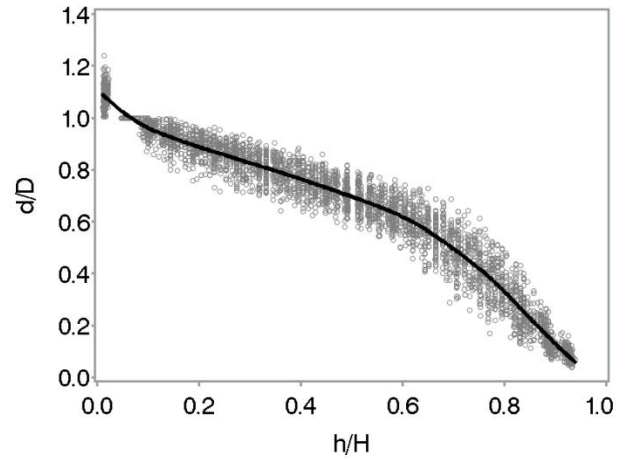
Elde edilen veriler, ölçüm yanlışlıkları veya ölçüm değerlerinin yanlış yazılması gibi nedenlerle ortaya çıkabilecek hataların belirlenmesi ve arazide örnek ağaçlar üzerinde var olan farklı dezenformasyonların neden olduğu kimi anormal verilerin ortaya çıkarılması amacıyla, nispi çap değerlerine karşılık gelen nispi boy değerleri grafik üzerinde görsel olarak değerlendirilirken, diğer yandan Bi (2000) tarafından önerilen "Sistemik Yaklaşım" kullanılarak veri yapısındaki anormal ya da aşırı değerler ortaya çıkarılmıştır. Bu yöntemlere ilişkin grafik Şekil 1'de ve çalışma kapsamında kullanılmasına karar verilen nihai verilere ilişkin nitelendirici istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Gövde çapı modelleri

Yüz yılı aşkın bir zamandır farklı formlarda gövde çapı modelleri geliştirilmiştir (Max ve Burkhardt, 1976; Cao vd., 1980; Clark vd., 1991; Bi, 2000; Fang vd., 2000; Kozak, 2004; Zakrzewski ve MacFarlane, 2006; Li vd., 2012). Bu çalışma kapsamında, Rojo vd. (2005), Diéguez-Aranda vd. (2006), Li ve Weiskittel (2010) ve Schröder vd. (2015) tarafından da önerilen Fang vd. (2000) ve Kozak (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri kullanılmıştır.

Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modeli; ağaç gövdesinin değişken şekil faktörü ile üç parçaya sahip olduğunu kabul etmekte ve bir gövde çapı modeli, bir toplam ağaç hacim denklemi ve bir ticari hacim denkleminde oluşmaktadır. Kozak (2004) ise, bir ağaç gövdesi boyunca tutarlı gövde çapı, ticari boy ve ticari hacim tahminleri için en iyi çözümü sunan bir değişken üssel gövde çapı modeli önermiştir. Bu model formu Kozak (1988) tarafından geliştirilen diğer bir değişken üssel gövde çapı modelinde ortaya çıkan çoklu-bağıntı problemini azaltmak amacıyla kısmi değişiklikler yapılarak elde edilmiştir. Bu gövde çapı modellerine ilişkin denklemler Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Sahil çamı için nispi çap değerlerinin nispi boy değerlerine dağılımı

Çizelge 1. Gövde çapı modellerinin geliştirilmesi amacıyla ölçülen değişkenlere ilişkin nitelendirici istatistikler.

Değişkenler	Ortalama	S.D.	Minimum	Maksimum
$D$ (cm)	35.30	7.10	21.00	66.30
$H$ (m)	21.40	3.20	14.00	28.00
$d$ (cm)	24.00	10.90	2.00	70.40
$h$ (m)	10.01	6.17	0.30	26.30
$V$ (m <sup>3</sup> )	1.09	0.56	0.28	3.66

$D$ : kabuklu göğüs çapı;  $H$ : toplam ağaç boyu;  $d$ :  $h$  yüksekliğindeki kabuklu gövde çapı;  $V$ : kabuklu gövde hacmi.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan gövde çapı modelleri ve uyumlu hacim sistemleri

Model	Denklem
Kozak (2004)	$d = b_1 D^{b_2} H^{b_3} x^{b_4} Z^4 + b_5 (1/e^{D/H}) + b_6 x^{0.1} + b_7 (1/D) + b_8 H^w + b_9 x$ <p>burada: <math>x = w / (1 - (1.3/H)^{1/3})</math>, <math>w = 1 - Z^{1/3}</math>, <math>Z = h/H</math></p>
Fang vd. (2000)	$d = c_1 \sqrt{H^{(k-b_4)/b_4} (1-Z)^{(k-b)/b} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2}}$ <p>burada: <math>k = \pi/40,000</math>, <math>Z = h/H</math>, <math>\begin{cases} I_1 = 1 &amp; \text{if } p_1 \leq Z \leq p_2; 0 \text{ aksitakdirde} \\ I_2 = 1 &amp; \text{if } p_2 &lt; Z \leq 1; 0 \text{ aksitakdirde} \end{cases}</math>, <math>p_1 = h_1/H</math> ve <math>p_2 = h_2/H</math> (<math>h_1</math> ve <math>h_2</math> iki katılım noktasının var olduğu kabul edilen yerden yükseklikler), <math>b = b_4^{1-(I_1+I_2)} b_5^{I_1} b_6^{I_2}</math>,</p> $\alpha_1 = (1-p_1)^{(b_5-b_4)k/b_4 b_5}$ , $\alpha_2 = (1-p_2)^{(b_6-b_5)k/b_5 b_6}$ , $r_0 = ((1-h_{st})/H)^{k/b_4}$ , $r_1 = (1-p_1)^{k/b_4}$ , $r_2 = (1-p_2)^{k/b_5}$ , $c_1 = \sqrt{\frac{b_1 D^{b_2} H^{b_3-k/b_4}}{b_4(r_0-r_1) + b_5(r_1-\alpha_1 r_2) + b_6 \alpha_1 r_2}}$ , Dip çaptan itibaren ticari ( $v$ ) ve toplam ( $V$ ) hacimler için uyumlu modeller: $v = c_1^2 H^{k/b_4} (b_4 r_0 + (I_1 + I_2)(b_5 - b_4) r_1 + I_2 (b_6 - b_5) \alpha_1 r_2 - \beta (1-Z)^{k/\beta} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2})$ $V = b_1 D^{b_2} H^{b_3}$

$D$ , Göğüs çapı (cm);  $H$ , toplam ağaç boyu (m);  $d$ ,  $h$  (m) yüksekliğindeki kabuklu göğüs çapı (cm);  $b_i$  ve  $p_i$  tahmin edilen parametreler.

### 2.2.2. İstatistiksel analiz

En küçük kareler yöntemi (*OLS*) kullanılarak gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde bazı temel problemler bulunmaktadır ve bunlar arasında en yaygın olanları ve en çok karşılaşılanları çoklu-bağıntı ve otokorelasyon problemleridir (Kozak, 1997). Bu problemler, *OLS* yaklaşımının temel varsayımı olan hataların bağımsız olma kuralını bozmaktadır. Yine bu problemler, model katsayılarının standart hatalarını ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Bu yüzden, gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde otokorelasyon probleminden kaçınabilmek ve çoklu-bağıntı problemini azaltabilmek için uygun istatistiksel yaklaşımların seçilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Kozak, 1997).

Çoklu-bağıntı, çoklu doğrusal veya doğrusal olmayan regresyon analizlerinde bağımsız değişkenler arasındaki güçlü ilişkinin varlığını göstermektedir. Model yapısındaki değişkenler arasındaki çoklu-bağıntı probleminin varlığını değerlendirmek için Koşul Sayısı (Condition Number-CN) kullanılmıştır. Koşul sayısı, korelasyon matrisinin en küçük ve en büyük özdeğerinin oranının karekökü olarak ifade edilmektedir. Belsey (1991)'e göre Koşul Sayısı 5-10 arasında ise çoklu-bağıntı problem değildir, şayet 30-100 arasında ise çoklu-bağıntı ile ilgili bir problem olabilir, ama 1000-3000 arasında ise şiddetli çoklu-bağıntı probleminin varlığını göstermektedir.

Genel olarak gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde kullanılan veriler, her ağaç üzerinde çok sayıda benzer ölçümler içermesi nedeniyle, bu ölçümler arasında korelasyonun ortaya çıkma ihtimalini arttırmakta ve bu durum hata terimlerinin bağımsız olma varsayımına ters düşmektedir. Bu çalışmada otokorelasyon problemini ortadan kaldırmak için otoregresif hata yapısı (CAR(x)) kullanılmıştır. Bu amaçla, otoregresif hata yapısının farklı dizinleri kullanılmış ve her ağaç için gözlemlerin artıklarına karşılık gelen temsili örneklerin artıkları görsel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla SAS istatistiksel analiz

programındaki MODEL prosedürü kullanılmıştır (SAS Institute, 2008).

### 2.2.3. Model performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütler

Geliştirilen gövde çapı modellerin tahmin performansları; belirtme katsayısı ( $R^2$ ), hata kareler ortalamasının karekökü (*RMSE*), Akaike Bilgi Kriteri (*AIC*-Akaike, 1974), Bayesian Bilgi Kriteri (*BIC*-Schwarz, 1978) ve ortalama mutlak hata (*OMH*) gibi 5 farklı ölçüt değerleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu ölçüt değerleri içerisinde, *RMSE* hem ortalama hata ve hem de hata dağılımın varyansını içermesi nedeniyle önemli bir ölçüt değeridir. Bu değerlerin elde edilmesi için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} \quad (4)$$

$$AIC = n \log \left[ \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \right] + 2p \quad (5)$$

$$BIC = n \log \left( \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / n \right) + p \log n \quad (6)$$

$$OMH = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (7)$$

Burada;  $y_i$  ölçülen değerleri,  $\hat{y}_i$  model ile tahmin edilen değerleri,  $\bar{y}$  ölçülen değerlerin ortalamasını,  $n$  model geliştirmek için kullanılan toplam gözlem sayısını ve  $p$  ise tahmin edilen parametre sayısını göstermektedir.

Kozak ve Kozak (2003); gövde çapı modellerinin bağımsız bir veri seti ile geçerliliğinin testinin önemli olduğunu belirtmektedir. Ancak, bağımsız veri seti tanımı ile model geliştirmek amacıyla verilerin toplandığı alandan diğer bir veri grubu kastedilmemiş, başka alanlardan toplanan veriler kullanılarak yapılacak değerlendirmeler ifade edilmiştir. Geliştirilen modellerin geçerliliğinin ortaya konması için kullanılabilir diğer alternatifler olarak da çapraz doğrulama (Cross-validation) ya da çift çapraz doğrulama (double cross-validation) yöntemleri önerilmektedir. Ancak, Kozak ve Kozak (2003) hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, bağımsız bir veri seti ile elde edilecek sonuçların modelin geçerliliği hakkında model geliştirme testlerine ilaveten çok az miktarda ekstra bilgi verebileceğini belirtilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, gövde çapı, boy, ticari hacim ve toplam hacim tahminleri bakımından test edilen modellerin karşılaştırılması amacıyla bağımsız bir veri grubu kullanılmamıştır.

Çalışmada en başarılı modelin seçimi amacıyla Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen nisbi sıralama sistemi kullanılmıştır. Bu yeni sistem, geleneksel sıralama yöntemlerinden farklıdır. Geleneksel sıralama yöntemlerinde modeller 1'den  $N$ 'e kadar sıralanmakta ve modellerin birbiri ile durumları ve pozisyonları tam olarak ortaya konamamaktadır. Bu nedenle Poudel ve Cao (2013) tarafından, karşılaştırılan modellerin birbirine göre durumlarını tam olarak ortaya koyabilen yeni bir sıralama yöntemi geliştirilmiştir. Bu yeni sistemde  $i$ . modelin nispi sırası aşağıdaki formül yardımı bulunabilmektedir:

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

Burada  $R_i$   $i$ . metodun nisbi sırasını,  $S_i$   $i$ . metod tarafından üretilen uyum istatistiklerinin başarısını,  $S_{min}$   $S_i$ 'nin minimum değerini ve  $S_{max}$   $S_i$ 'nin maksimum değerini ifade etmektedir. Bu yöntem hakkındaki detaylı bilgiler Poudel ve Cao (2013)'ten elde edilebilir.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Otokorelasyon ve Çoklu-Bağıntı problemlerine ilişkin bulgular

Gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ve analiz edilmesinde en çok karşılaşılan problemler, çoklu-bağıntı ve otokorelasyon problemleridir. Bu nedenle, gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde otokorelasyon problemlerinden kaçınabilmek ve çoklu-bağıntı problemini azaltabilmek için uygun istatistiksel yaklaşımların seçilmesi gerektiği belirtilmektedir (LeMay vd., 1993; Kozak, 1997). Çoklu-bağıntı probleminin ortaya çıkarılmasında Koşul Sayısı (Condition Number-CN); otokorelasyon probleminin ortadan kaldırılması için ise farklı otoregresif hata yapıları (CAR(x)) kullanılmıştır.

Gövde çapı modelleri geliştirmek amacıyla otokorelasyonun varlığı dikkate alınmaksızın modeller test edildiğinde her iki modelin artıkları benzer bir eğilim göstermiş ve ortaya çıkan hata değerleri ile eklemeli hataların (Lag hata) doğrusal bir korelasyon gösterdiği görülmüştür. Modele I. derece otoregresif hata yapısı eklendiğinde (CAR(1)), otokorelasyon probleminin kısmen ortadan kalktığı; II. derece otoregresif hata yapısı

eklendiğinde (CAR(2)) ise, otokorelasyon probleminin neredeyse ortadan kalktığı görülmektedir (Şekil 2).

Sahil çamı için test edilen modellerin her ikisinin de orta derecede çoklu-bağıntı problemine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Sahil çamı ağaçları için Kozak (2004) ve Fang vd. (2000) modelleri için koşul sayıları sırasıyla 99 ve 66 olarak bulunmuştur. Crecente-Campo vd. (2009) tarafından da belirtildiği gibi, bu durum modellerin pratik olarak kullanılmasında bir sorun ortaya çıkarmamaktadır.

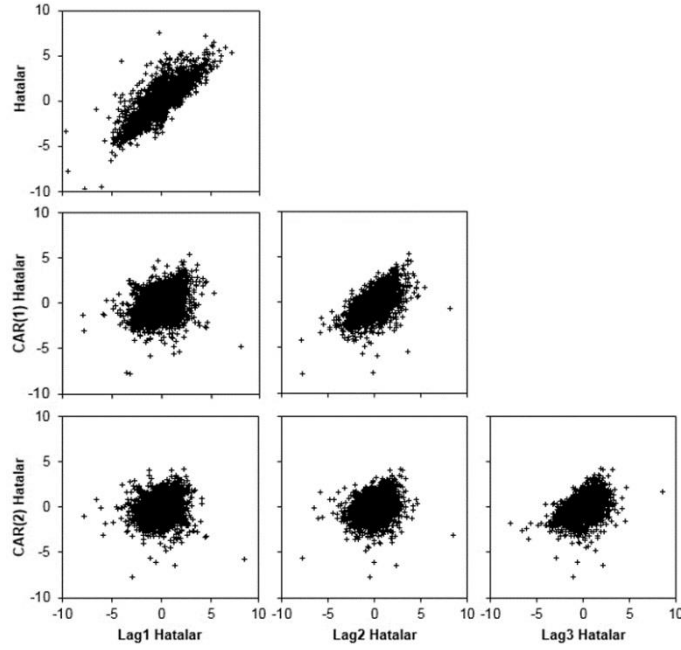
#### 3.2. Geliştirilen gövde çapı modellerine ilişkin bulgular

Fang vd. (2000) ve Kozak (2004) modelleri için elde edilen parametre tahminleri ve bunlara ilişkin standart hata değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Test edilen tüm modeller için parametre tahminleri  $p < 0.0001$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Gövde çapı modellerinin çap tahminlerindeki başarısına ilişkin ölçüt değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4'ün incelenmesinde de görüleceği gibi Fang vd. (2000) ve Kozak (2004) tarafından geliştirilen modeller, gövde çapı tahminlerindeki varyansın %98'den daha fazlasını açıklamaktadır. Çizelge 4'deki sonuçlar incelendiğinde çap tahminleri için tüm ölçüt değerleri açısından Kozak (2004) tarafından geliştirilen modelin daha başarılı olduğu görülmektedir.

Şekil 3'te ise çalışmada kullanılan modellere ilişkin hataların nispi çap ve boy sınıfları itibarıyla dağılımı ve değişimi gösterilmiştir. Şekil 3'ün ilk satırından da görüleceği gibi, Kozak (2004) modeline ilişkin hataların genel olarak her nispi boy sınıfı için homojen olduğu, sadece ağaç boyunun ilk %10'luk ve %70-90'lık kısmında nispeten daha yüksek varyasyona sahip olduğu söylenebilir. Çalışma kapsamında değerlendirilen her iki model de %0-10 ve %65-85 arasındaki nispi boylar için daha yüksek standart hata ortaya çıkarmıştır.

Çizelge 3. Test edilen modeller için parametre tahminleri, standart hata değerleri ve koşul sayıları (CN)

Model parametreleri	Kozak (2004)	Fang vd. (2000)
$b_1$	1.0331 (0.0385)	0.000048 ( $24 \times 10^{-7}$ )
$b_2$	0.9697 (0.0106)	1.8106 (0.0191)
$b_3$	0.0233 (0.0151)	1.1295 (0.0253)
$b_4$	0.7236 (0.0190)	0.000021 ( $37 \times 10^{-8}$ )
$b_5$	-0.8426 (0.0701)	0.000038 ( $25 \times 10^{-8}$ )
$b_6$	0.3756 (0.0146)	0.000024 ( $23 \times 10^{-8}$ )
$b_7$	3.0264 (0.6561)	
$b_8$	0.0011 (0.0045)	
$b_9$	0.0246 (0.0371)	
$p_1$		0.1125 (0.0033)
$p_2$		0.6509 (0.0030)
CN	99	66



Şekil 2. Çap tahmininde ortaya çıkan artıklar için, Kozak vd. (2004) modelinin parametreleri arasında otokorelasyon olmadığı düşüncesiyle testi (ilk satır) ve birinci ve ikinci derece otoregresif hata yapısı ile testi (sırasıyla ikinci ve üçüncü satırlar)

Çizelge 4. Test edilen modellere ilişkin ölçüt değerleri

Değişkenler	Ölçütler	Kozak (2004)	Fang vd. (2000)
Çap	$R^2$	0.9887	0.9877
	RMSE	1.1625	1.2117
	AIC	1173	1491
	BIC	1239	1551
	OMH	0.8906	0.9286
Boy*	$R^2$	0.9541	0.9563
	RMSE	1.2672	1.2351
	AIC	1743	1555
	BIC	1797	1602
	OMH	0.9134	0.9249
Ticari hacim**	$R^2$	0.9842	0.9849
	RMSE	0.0684	0.0667
	AIC	-20651	-20842
	BIC	-20597	-20782
	OMH	0.0439	0.0431
Toplam hacim	$R^2$	0.9715	0.9728
	RMSE	0.0941	0.0921
	AIC	-906	-914
	BIC	-879	-883
	OMH	0.0968	0.0666

$R^2$ , Belirtme katsayısı; RMSE, Hata kareler ortalamasının karekökü; AIC, Akaike bilgi kriteri; BIC, Bayesian bilgi kriteri; OMH, Ortalama mutlak hatayı ifade etmektedir.

\*Herhangi bir çap ( $d$ ) değeri için boyun ( $h$ ) tahminin matematiksel çözümü için bisection metodu kullanılmıştır. Sayısal çözüm bisection metodundaki iterasyonlar ile elde edilmiştir. \*\* Ticari hacimler, gövde çapı modelinin farklı boy değerleri için sayısal integrali alınarak hesaplanmıştır.

### 3.3. Boy tahminlerine ilişkin bulgular

Test edilen modeller için herhangi bir ticari çap değerinin bulunduğu boyun tahmini de yapılmıştır. Bu amaçla, boy tahmini için matematiksel çözümün elde edilmesinde, sayısal çözüm yineleme yöntemi (iterative method) kullanılmıştır. Bu amaçla “bisection” yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan her iki gövde çapı modelinin boy tahminlerindeki başarısına ilişkin ölçüt değerleri Çizelge 4’de verilmiştir. Çizelge 4’ün incelenmesinden de

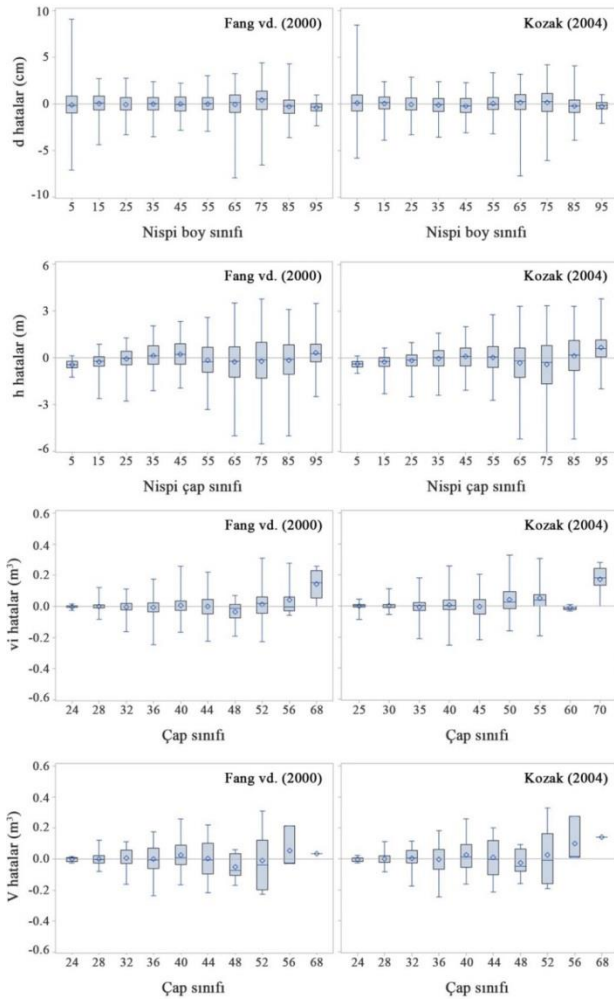
görülebileceği gibi Fang vd. (2000) ve Kozak (2004) tarafından geliştirilen modeller boy tahminlerindeki varyasyonun %95’inden fazlasını açıklayabilmektedir. Çizelge 4’teki sonuçlar incelendiğinde; boy tahminleri için tüm ölçüt değerleri açısından en başarılı modelin Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen model olduğu görülmektedir.

Şekil 3’ün ikinci satırında çalışmada kullanılan modellere ilişkin hataların nispi çap sınıfları itibariyle dağılımı ve değişimi gösterilmiştir. Şekil 3’ün ilgili kısmından da görüleceği gibi, tüm modeller özellikle ağaç gövdesinin %65-95 arasındaki nispi çap sınıfları için daha yüksek standart hata ve varyasyon değerleri üretmiştir. Bununla birlikte en başarılı model olan Fang vd. (2000) modeline ilişkin hataların diğer modellere daha düşük varyasyon ürettiği görülmüştür. Yine aynı model farklı nispi çap sınıfları için farklılık göstermekle birlikte çoğunlukla boy tahminlerinde gerçek değerden daha yüksek sonuçlar üretmiştir.

### 3.4. Ticari hacim tahminlerine ilişkin bulgular

Ticari gövde hacimlerinin tahmininde ise, SAS programındaki QUAD alt sekmesi kullanılmıştır. Bu yöntem özellikle uyumlu olmayan gövde çapı modellerinde (Kozak, 2004) gövde çapı modelinin hacim modeline dönüştürülmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Çalışmada kullanılan iki gövde çapı modelinin ticari hacim tahminlerindeki başarısına ilişkin ölçüt değerleri Çizelge 4’te verilmiştir. Çizelge 4’ün incelenmesinden de görüleceği gibi, test edilen gövde çapı modelleri ticari hacim tahminlerindeki varyansın %98’den fazlasını açıklayabilmektedir. Modellere ilişkin RMSE değerleri ise birbirine oldukça yakındır. Çizelge 4’teki sonuçlar incelendiğinde, ticari hacim tahminleri için tüm ölçüt değerleri açısından Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen modelin Kozak (2004)’e göre daha başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Sahil çamı için çap, boy, ticari ve toplam hacim tahminleri amacıyla test edilen modeller için ortaya çıkan artıkların nispi boy (yüzde), nispi çap (yüzde) ve çap sınıflarına (cm) dağılımı. Kare işareti, çap sınıfına ilişkin tahmin hatalarının ortalamasını; kutular hataların yayılma alanını; yukarı ve aşağı uzanan dikey çizgiler ise, maksimum ve minimum çap tahmin hatalarını temsil etmektedir.

Şekil 3'ün üçüncü satırında ise modellere ilişkin hacim tahmin hatalarının çap sınıfları itibariyle dağılımı gösterilmiştir. Şekil 3'ten de görüleceği gibi, her iki model de özellikle büyük çap sınıfları için daha yüksek hata ve varyasyon değerleri üretmiştir. Her iki model de 50 cm'den daha büyük çap değerleri için gerçek ticari hacim değerlerinden daha küçük hacim değerleri ortaya çıkarmıştır.

### 3.5. Toplam hacim tahminlerine ilişkin bulgular

Gövde çapı modellerinin toplam hacim tahminlerindeki başarısına ilişkin ölçüt değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4'ün incelenmesinde de görüleceği gibi, toplam hacim tahminlerindeki varyasyon incelendiğinde, her iki model de toplam hacim tahminlerindeki varyasyonun %97'den daha fazlasını açıklayabilmektedir. Toplam hacim tahminleri bakımından da Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen model ile elde edilen sonuçların Kozak (2004)

tarafından geliştirilen model ile elde edilenlerden daha başarılı olduğu görülmektedir.

Şekil 3'ün son satırında ise çalışmada kullanılan modellere ilişkin hataların çap sınıfları itibariyle dağılımı gösterilmiştir. Şekil 3'ten de görüleceği gibi, her iki model de özellikle büyük çap sınıfları için daha yüksek hata ve varyasyon değerleri üretmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, en başarılı sonuçların, çap tahminleri için Kozak (2004), boy, ticari ve toplam hacim tahminleri için ise Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen model ile elde edildiği görülmektedir. Bu sonuç literatür ile de uyum göstermektedir. Rojo vd (2005) tarafından İspanya'da yapılan çalışmada *Pinus pinaster* için 31 farklı gövde çapı modeli test edilmiş ve en başarılı sonuçların Kozak (2004) tarafından geliştirilen model ile elde edildiği ifade edilmiştir. Yine Li ve Weiskittel (2010) tarafından yapılan Kuzey Amerika'nın Acadian Bölgesindeki çam türleri için yapılan çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Çap tahminlerinde Kozak (2004) tarafından geliştirilen model en başarılı model olmasına rağmen, boy, ticari hacim ve toplam hacim tahminlerinde Fang vd. (2000) modeline göre daha başarısız olmuştur. Benzer sonuçlar Li ve Weiskittel (2010) ve Schröder vd. (2015) tarafından yapılan çalışmalarda da ortaya çıkmıştır. Li ve Weiskittel (2010) tarafından yapılan çalışmada Kozak (2004) modeli çap tahminleri için en başarılı model olarak karşımıza çıkmasına karşın, hacim tahminlerinde en başarılı modeller olarak karşımıza Clark vd. (1991) ve Fang vd. (2000) gövde çapı modelleri çıkmıştır. Schröder vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise, Kozak (1988 ve 2004) modelleri kabuklu ve kabuksuz çap tahminleri için en başarılı modeller olurken, hacim tahminlerinde en başarılı model olarak karşımıza Max ve Burkhart (1976) çıkmıştır. Fortin vd. (2013) bu ilginç durumun gövde üzerindeki herhangi bir noktadaki göğüs yüzeyi için gerekli olan çap değerinin gövde boyunca tahmin edilen çap değerlerinden dönüştürme suretiyle elde edilmesinden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, bir gövde çapı modelinin diğerine tercih edilirken değerlendirilmesinin mutlaka hem çap hem de hacim tahminleri için yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Li ve Weiskittel, 2010; Fortin vd., 2013; Schröder vd., 2015).

### 3.6. Karşılaştırılan modeller için genel değerlendirme

Çalışma kapsamında Fang vd. (2000) ve Kozak (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri İstanbul-Sarıyer yöresi sahil çamı plantasyonları için çap, boy, ticari hacim ve toplam hacim tahminleri açısından karşılaştırılmış ve her bir değişken için elde edilen ölçüt değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Değişkenler (çap, boy, ticari hacim ve toplam hacim) için Çizelge 4'de verilen ölçüt değerleri ve Poudel ve Cao (2013) tarafından geliştirilen nisbi sıralama sistemi kullanılarak genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda; Çizelge 5'de modellerin genel sıralama değerleri görülmektedir. Genel sıralama değerlerine göre, Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen modelin, Kozak (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı modeline göre nispeten daha başarılı olduğu görülmektedir.

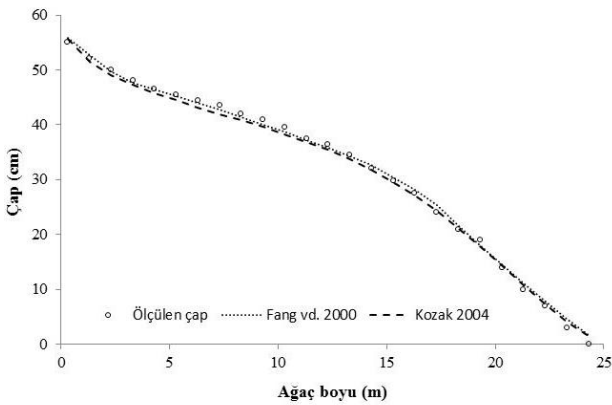
Çizelge 5. Fang vd. (2000) ve Kozak (2004) modelleri için nispi sıra değerleri

Modeller	Değişkenler					Toplam	Genel toplam
	Çap (d)	Boy (h)	Ticari hacim (vi)	Toplam hacim (V)	Toplam		
Kozak (2004)	1.00	2.00	2.00	2.00	7.00	2.00	
Fang vd. (2000)	2.00	1.00	1.00	1.00	5.00	1.00	

Elde edilen sayısal ve grafiksel sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, test edilen modeller arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmektedir. Her iki modelin de sahil çamı plantasyonlarında çap ve hacim tahminleri için kullanılabilmesi ifade edilebilir. Modellerin özellikle çap tahminlerinde nispi boyun %65-85'lik kısımlarında yüksek standart hata ürettiği görülmektedir. Hacim tahminlerinde ise özellikle 50 cm'den daha yüksek çap değerleri için modeller ile elde edilen sonuçların hata miktarının arttığı gözlenmektedir.

Yukarıdaki bölümlerde belirtildiği gibi; gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ve analiz edilmesinde en çok karşılaşılan problemlerden birisi, çoklu-bağıntı problemidir. Bu yüzden gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde, otokorelasyon probleminin üstesinden gelebilecek ve çoklu bağıntı problemini azaltabilecek uygun istatistiksel yaklaşımların seçilmesi gerektiği belirtilmektedir (LeMay vd., 1993; Kozak, 1997). Otokorelasyon probleminin ortadan kaldırılması için modele otoregresif hata yapısı eklenmiş ve çoklu-bağıntı probleminin var olup olmadığı ise durum sayıları (CN) kullanılarak modellerin geliştirilmesine çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında değerlendirilen gövde çapı modellerinin 25 metre boyunda ve 52 cm göğüs çapına sahip bir ağacın farklı yüksekliklerdeki çap değerlerinin tahminine ilişkin grafiksel değerlendirme ise Şekil 4'te verilmiştir. Şeklin incelenmesinden de görüleceği gibi, ölçülen değerlere en yakın tahminler çap tahminlerinde en başarılı olarak ortaya çıkan Kozak (2004) ile elde edilmiştir. Ancak iki model arasında çap tahmini açısından önemli bir fark görülmemektedir.



Şekil 4. Gövde çapı modelleri için elde edilen ağaç gövde profilleri

#### 4. Sonuç ve öneriler

Çalışma kapsamında, Sarıyer yöresi sahil çamı plantasyonları için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla değişik ülkelerde, farklı araştırmacılar tarafından ve farklı ağaç türleri için yapılan çalışmaların sonuçları da dikkate alınarak; Fang vd. (2000) ve Kozak (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri seçilmiştir. Bu modellerden ilki parçalı gövde çapı modeli, diğeri ise değişken şekil gövde çapı modelidir.

Modellerin geliştirilmesi sırasında ortaya çıkan otokorelasyon probleminin üstesinden gelinebilmesi ve çoklu-bağıntı sorununun varlığını araştırmak üzere uygun model yapıları seçilmiştir. Otokorelasyon sorununun ortadan kaldırılması için modele ikinci derece otoregresif hata yapısı (CAR(2)) eklenmiş, çoklu bağıntı probleminin varlığını araştırmak amacıyla da Koşul Sayıları (CN) kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında değerlendirilen modeller, çap, boy, ticari hacim ve toplam hacim tahminlerindeki başarı durumları açısından değerlendirilmiştir. Bu amaçla 5 farklı ölçüt değeri kullanılmıştır. Ölçüt değerleri incelendiğinde; çap tahminlerinde Kozak (2004), ağaç boyu, ticari ve toplam hacim tahminlerinde ise Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen modelin daha başarılı olduğu görülmüştür. Ancak ölçüt değerleri açısından modeller arasında çap, boy, ticari hacim ve toplam hacim tahminleri açısından önemli farklılıkların olmadığı da söylenebilir. Dolayısı ile sahil çamı plantasyonlarında yapılacak çalışmalarda hangi modelin tercih edileceğine uygulayıcının karar vermesi daha doğru olacaktır.

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi herhangi bir yörede yapılacak çalışmalarda hangi gövde çapı modelinin kullanılması gerektiğine karar verirken sadece modelin çap tahminlerindeki başarısı değil aynı zamanda modelin hacim tahminlerindeki başarı durumları da dikkate alınmalıdır. Çünkü gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde en önemli amaçlardan birisi dikili ağaçların hacim tahminleridir. Bu çalışmada da görüldüğü gibi, çap tahminlerinde en başarılı model Kozak (2004) tarafından geliştirilen model olmasına karşın ticari hacim ve toplam hacim tahminlerinde en başarılı model Fang vd. (2000)'dir.

Özellikle son yıllarda ülkemizde odun üretimi çalışmalarında dikili satış yöntemi tercih edilmektedir. Bu nedenle, ağaç hacminin ve özellikle gövde hacminin doğru tahmin edilmesi oldukça önemli ve gereklidir. Bu durum hem orman işletmeleri hem de bu ürünü alacak tüketiciler açısından son derece dikkate alınan bir konudur. Sonuç olarak gövde hacmi tahminlerinde gövde çapı modellerinin kullanılması daha doğru ve güvenilir hacim tahminleri yapılmasına imkân sağlayacaktır.



**Kaynaklar**

- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19(2): 716-723.
- Alkan, O., Özçelik, R., Alkan, H., 2019. Türkiye'nin bazı önemli ağaç türleri için yöresel gövde çapı modellerinin geliştirilmesi: Bucak örneği. Türkiye Ormanlık Dergisi, 20(4): 333-340.
- Balekoğlu, S., 2015. İstanbul bölgesindeki sahilçamı (*Pinus Pinaster* Aiton) plantasyonlarının silvikültürel yönden incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Belsey, D.A., 1991. Conditioning Diagnostics, Collinearity and Weak Data in Regression. John Wiley and Sons, New York.
- Bi, H., 2000. Trigonometric variable-from taper equations for australian eucalyptus. Forest Science, 46(3): 397-407.
- Birler, A.S., Koçar, S., Avcıoğlu, E., Diner, A., Gürses, M.K., Gülbaba, A.G., 1995. Okalıptüs Ağaçlandırmalarında Hacim ve Kuru Madde Hasılatı. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Kocaeli.
- Birler, A.S., Yüksel, Y., 1983. Sahil çamı ağaçlandırma meşcerelerinde hasılat araştırması. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Yıllık Bülteni, 19: 295-348.
- Cao, Q.V., Burkhart, H.E., Max, T.A., 1980. Evaluation of two methods for cubic volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. Forest Science, 26(1): 71-80.
- Carle, J.B., Ball, J.B., Del Lungo, A., 2009. The Global Thematic Study of Planted Forests, Planted Forests Uses Impacts and Sustainability. Food and Agriculture Organization of the United Nations, UK.
- Castedo-Dorado, F., Gómez-García, E., Diéguez-Aranda, U., Barrio-Anta, M., Crecente-Campo, F., 2012. Aboveground stand-level biomass estimation: a comparison of two methods for major forest species in northwest Spain. Annals of Forest Science, 69(6): 735-746.
- Clark, III A., Souter, R.A. Schlaegel, B.E., 1991. Stem profile equations for southern tree species. United States Department of Agriculture Forest Service Research Paper, SE-282.
- Coble, D.W., Hilpp, K., 2006. compatible cubic-foot stem volume and upper-stem diameter equations for semi-intensive plantation grown loblolly pine trees in east Texas. Southern Journal of Applied Forestry, 30(3): 132-141.
- Crecente-Campo, F., Alboreca, A.R., Dieguez – Aranda, U., 2009. A merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. Annals of Forest Science, 66(8): 808.
- De-Miguel, S., Mehtatalo, L., Shater, Z., Kraid, B., Pukkala, T., 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. Canadian Journal of Forest Research, 42(7): 1383-1394.
- Dieguez- Aranda, U., Castedo- Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., Rojo, A., 2006. Compatible taper function for Scots pine plantations in northwestern Spain. Canadian Journal of Forest Research, 36(5): 1190-1205.
- Eker M., Özçelik R., 2017. Estimating recoverable fuel wood biomass from small diameter trees in brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands. Fresenius Environmental Bulletin, 26(12A): 8286-8297.
- Eker, M., Poudel, K. P., Özçelik, R., 2017. Aboveground biomass equations for small trees of brutian pine in Turkey to facilitate harvesting and management. Forests, 8(12): 477.
- Ercanlı, İ., Güvendi, E., Güney, D., Günlü, A., Altun, L., 2008. Single and double entry tree volume tables for *Pinus pinaster* ait. plantations Sinop forest district. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8(1): 14-25.
- Fang, Z., Borders, B.E., Bailey, R.L., 2000. Compatible volume taper models for loblolly and slash pine based on system with segmented-stem form factors. Forest Science, 46(1): 1-12.
- Fortin, M., Schneider, R., Saucier, J.P., 2013. Volume and error variance estimation using integrated stem taper models. Forest Science, 59(3): 345-358.
- Güner, Ş.T., Cezmi, Ö., Türkkan, M., Akgül, S., 2019. Türkiye'deki sahilçamı ağaçlandırmalarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi. Ormanlık Araştırma Dergisi, 6(2): 167-176.
- Jiang, L., Brooks, J.R., Wang, J., 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in west Virginia. Forest Ecology and Management, 213(1-3): 399-409.
- Kozak, A., 1988. A variable-exponent taper equation. Canadian Journal of Forest Research, 18(11): 1363-1368.
- Kozak, A., 2004. My last words on taper equations. Forestry Chronicle, 80(4): 507-515.
- Kozak, A., Kozak, R.A., 2003. Does cross validation provide additional information in the evaluation of regression models? Canadian Journal of Forest Research, 33(6): 976-987.
- Kozak, A., 1997. Effects of multicollinearity and autocorrelation on the variable-exponent taper functions. Canadian Journal of Forest Research, 27(5): 619-629.
- Kozak, A., Smith, J.G.H., 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. Forest Chronicle, 69(4): 438-444.
- Lee, W.K., Seo, J.H., Son, Y.M., Lee, K.H., Von Gadow, K., 2003. Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. Forest Ecology and Management, 172(1): 69-77.
- LeMay, V.M., Kozak, A., Muhairwe, C.K., Kozak, R.A., 1993. Factors effecting the performance of Kozak's (1988) variable-exponent taper function. IUFRO Conference (S 4.02, Forest Resources Inventory) and Society of American Foresters on Modern Methods of Estimating Tree and Log Volume, 14-16 June, Morgantown, pp. 34-53.
- Li, R., Weiskittel, A., Dick, A.R., Kershaw, J.A., Seymour, R.S., 2012. Regional stem taper equations for eleven conifer species in the acadian region of north America: Development and assessment. Northern Journal of Applied Forestry, 29(1): 5-14.
- Li, R., Weiskittel, A.R., 2010. Estimating and predicting bark thickness for seven conifer species in the Acadian region of north America using a mixed-effects modeling approach: Comparison of model forms and subsampling strategies. European Journal of Forest Research, 130(2): 219-233.
- Liu, Y., Trancoso, R., Ma, Q., Yue, C., Wei, X., Blanco, J.A., 2020. Incorporating climate effects in *Larix gmelinii* improves stem taper models in the greater Khingan Mountains of inner Mongolia, northeast China. Forest Ecology and Management, 464: 118065.
- Max, T.A., Burkhart, H.E., 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations. Forest Science, 22(3): 283-289.
- Özcan, B.G., 2003. Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarında artım ve büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özçelik, R., Alkan, H., 2012. Okalıptüs ağaçlandırmaları için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 15: 247-254.
- Özçelik, R., Brooks, J.R., 2012. Compatible volume and taper models for economically important tree species of Turkey. Annals of Forest Science, 69(1): 105-118.
- Özçelik, R., Crecente-Campo, F., 2016. Stem taper equations for estimating merchantable volume of Lebanon cedar trees in the Taurus Mountains, southern Turkey. Forest Science, 62(1): 78-91.
- Özçelik, R., Alkan, H., Alkan, O., 2018. Dikili ağaçların hacim tahmini için bazı metotların karşılaştırılması. Türkiye Ormanlık Dergisi, 19(4): 380-385.
- Özdemir, E., 2005. Tek ağaçta artım ve büyümenin simülasyonu (sahilçamı örneği). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pancoast, A., 2018. Evaluation of taper and volume estimation techniques for ponderosa pine in eastern Oregon and eastern Washington. MSc Dissertation, Oregon State University, Graduate School, Oregon, USA.
- Parresol, B.R., 2003. Recovering Parameters of Johnson's SB Distribution. US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC.

- Poudel, K.P., Temesgen, H., Gray, A.N., 2018. Estimating upper stem diameters and volume of douglas-fir and western hemlock trees in the pacific northwest. *Forest Ecosystems*, 5(1): 16.
- Poudel, K.P., Cao, Q.V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science*, 59(2): 243-252.
- Rodríguez, F., Lizarralde, I., Bravo, F., 2015. Comparison of stem taper equations for eight major tree species in the Spanish Plateau. *Forest Systems*, 24(3): e034.
- Rojó, A., Perales, X., Sánchez-Rodríguez, F., Álvarez-González, J.G., Gadow, K., 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (Northwestern Spain). *European Journal of Forest Research*, 124(3): 177-186.
- Sakıcı, O.E., Mısır, N., Yavuz, H., Mısır, M., 2008. Stem taper functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23(6): 522-533.
- Sakıcı, O.E., Özdemir, G., 2018. Stem taper estimations with artificial neural networks for mixed Oriental beech and Kazdağı fir stands in Karabük region, Turkey. *Cerne*, 24: 439-451.
- SAS Institute Inc., 2008. SAS/STAT<sup>®</sup> 9.2 user's guide. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Schwarz, G., 1978. Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6(2): 461-464.
- Schröder, T., Costa, E.A., Valério, A.F., Dos Santos Lisboa, G., 2015. Taper equations for *Pinus elliottii* Engelm. in southern Parana, Brazil. *Forest Science*, 61(2): 311-319.
- Shahzad, M.K., Hussain, A., Jiang, L., 2019. A model form for stem taper and volume estimates of Asian white birch (*Betula platyphylla*): A major commercial tree species of northeast China. *Canadian Journal of Forest Research*, 50(3): 274-286.
- Shahzad, M.K., Hussain, A., Burkhart, H.E., Li, F., Jiang, L., 2020. Stem taper functions for *Betula platyphylla* in the Daxing'an Mountains. *Journal of Forestry Research*, doi.org/10.1007/s11676-020-01152-4.
- Sharma, M., Parton, J., 2009. Modeling stand density effects on taper for Jack pine black spruce plantations using dimensional analysis. *Forest Science*, 55(3): 268-282.
- Sharma, M., Zhang, S.Y., 2004. Variable-exponent taper equations for Jack pine, black pine and balsam fir in eastern Canada. *Forest Ecology and Management*, 198(1-3): 39-53.
- Tang, X., Pérez-Cruzado, C., Fehrmann, L., Álvarez-González, J.G., Lu, Y., Kleinn, C., 2016. Development of a compatible taper function and stand-level merchantable volume model for Chinese fir plantations. *PloS One*, 11(1): e0147610.
- Tecimen, H.B., 2005. Dikimle yetiştirilmiş sahilçamı (*Pinus pinaster* Aiton) ormanında ayıklama işlemlerinin meşceredeki azot dolaşımına ve ağaçların gelişimine etkileri. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tunçtaner, K., 1998. Yabancı tür ithal çalışmaları ve endüstriyel plantasyonlar için tür seçimi. Hızlı gelişen türlerle yapılan ağaçlandırma çalışmalarının değerlendirilmesi ve yapılacak çalışmalar, 8-9 Aralık, Ankara.
- Zakrzewski, W.T., MacFarlane, D.W., 2006. Regional stem profile model for cross-border comparisons of harvested red pine (*Pinus resinosa* Ait.) in Ontario and Michigan. *Forest Science*, 52(4): 468-475.



## HetRV6 ve HetPV13 mikovirüslerinin *Heterobasidion abietinum* ve *Heterobasidion annosum* izolatlarına aktarımı

Ayşe Gülden Aday Kaya<sup>a,\*</sup> , H. Tuğba Doğmuş Lehtijärvi<sup>b</sup> 

**Özet:** *Heterobasidion annosum* Fr. Bref. sensu lato, Kuzey Yarım kürenin ılıman kuşakta yer alan ülkelerinde, özellikle ibrelî ağaç türlerinde kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan oldukça tahripkâr bir hastalık etmenidir. *Heterobasidion* türlerinin mücadelesinde, fungusun konukçusu olmayan ağaç türlerinin seçimi, kimyasal maddeler ve biyolojik kontrol etmenleri kullanılmaktadır. Ancak, bu kontrol yöntemlerinin hiçbirisi patojene karşı tam koruma sağlamamaktadır. Bu bağlamda, hastalık etmeni ile mücadele yöntemlerinin geliştirilmesinde sürdürülebilir alternatif metotların araştırılması, önem arz etmektedir. *Heterobasidion* türleri de dahil olmak üzere birçok fungal türün, çok sayıda farklı mikovirüs topluluğunu barındırdığı bilinmektedir. Bu mikovirüsler, patojen fungusların neden olduğu kayıpları en aza indirerek hastalığı kontrol altına alabilmek üzere biyokontrol ajanı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, mikovirüs aktarımı ile, annosum kök ve alt gövde çürüklüğüne karşı mücadele olanaklarının araştırılması amaçlanmıştır. Denemelerde HetPV3-an1 ve HetRV6-ab6 virüsü ile enfekte iki donör izolat ile virüs içermeyen 5 adet *H. annosum* sensu str., 20 adet *H. abietinum* izolatı kullanılmıştır. Her iki grupta yer alan izolatlar %2 malt extract agar bulunan Petri kaplarına karşılıklı olarak ekilmiş ve 20°C'de 3 ay süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda, gelişmekte olan hiflerin uç kısmından ve koloniler arasındaki birleşim noktasından alınan hifler, Malt- Orange Serum Agar ortamına aktarılmıştır. Alıcı izolatlar potansiyel dsRNA aktarımının gerçekleşip gerçekleşmediği, spesifik primerler ile RT-PCR metodu kullanılarak belirlenmiştir. Denemeler sonunda, test edilen *H. abietinum* izolatlarının % 15' si, *H. annosum* izolatlarının ise % 20'si dsRNA partikülü başarılı bir şekilde aktarılmış ve RT-PCR ile tek segmentli virüs varlığı kesinleştirilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak, mikrovirüs aktarımı yüzdesinin düşük de olsa başarılı olduğu ve gelecekte in vivo çalışmalarla biyokontrol ajanı olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** dsRNA, Donör izolat, Annosum kök çürüklüğü

## Transmission of HetRV6 ve HetPV13 Mycoviruses to *Heterobasidion abietinum* and *Heterobasidion annosum* isolates

**Abstract:** *Heterobasidion annosum* Fr. Bref. sensu lato is a highly destructive disease factor that causes root and root collar rot in the temperate zone of the Northern Hemisphere, especially in coniferous tree species. In the control of *Heterobasidion* species, the selection of tree species that are not host to the fungus, chemical substances and biological control agents are used. However, none of these control methods provide complete protection against the pathogen. In this context, it is important to search for sustainable alternative methods of combating the disease agent. Many fungal species, including *Heterobasidion* species, are known to host a large number of different mycoviruses. These mycoviruses are used as biocontrol agents to minimize the losses caused by pathogenic fungi and control the disease. In this study, it was aimed to investigate the possibilities of fighting against annosum root and butt rot by mycovirus transmission. In the experiments, two donor isolates infected with HetPV3-an1 and HetRV6-ab6 viruses and 5 *H. annosum* sensu str. and 20 *H. abietinum* isolates without virus were used. Isolates in both groups were tested in a dual culture in Petri dishes with 2% malt extract agar and incubated at 20 ° C for 3 months. At the end of the incubation period, the hyphae taken from the tip of the developing hyphae and the junction between the colonies were transferred to Malt-Orange Serum Agar medium. Potential dsRNA transfer to the recipient isolates occurred was determined using the RT-PCR method with specific primers. At the end of the trials, the dsRNA particle of 15% of the tested *H. abietinum* isolates and 20% of the *H. annosum* isolates were successfully transferred and the presence of single segment virus was confirmed by RT-PCR. Based on these results, even it is thought that the percentage of mycovirus transmission is low, and it can be used as biocontrol agent in future in vivo studies.

**Keywords:** dsRNA, Donor isolates, Annosum root rot

### 1. Giriş

Mikovirüsler, fungusları konukçu organizma olarak kullanan obligat parazitlerdir (Lemke ve Nash, 1974). Mikovirüslerin, çoğunlukla konukçu oldukları funguslarda fenotipik değişimlere bazen ise fungusların toksin salgılamasına ve hücre içinde bozulmalara yol açtığı

bilinmektedir (Newhouse vd., 1983; Magliani vd., 1997; McCabe vd., 1999). Mikovirüslerin bir fungustan diğerine taşınması, sporlar ve anastomosis yolu ile gerçekleşmektedir (Buck, 1986; Ghabrial, 1994; 1998). Virüslerin genomları, RNA'dan oluşan tek sarmallı (ss-single-stranded) ya da çift-sarmallı (ds-double-stranded) nükleik asitlerden meydana gelmektedir (Nuss ve Koltin, 1990). Funguslarda bulunan

✉ <sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Yenişarbademli Meslek Yüksekokulu, Isparta, Türkiye

<sup>b</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 03.08.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 31.10.2020



**Citation** (Atıf): Aday Kaya, A.G., Doğmuş Lehtijärvi, H.T., 2020. HetRV6 ve HetPV13 mikovirüslerinin *Heterobasidion abietinum* ve *Heterobasidion annosum* izolatlarına aktarımı. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 383-387. DOI: [10.18182/tjf.776718](https://doi.org/10.18182/tjf.776718)

virüslerin büyük bir kısmı Partitiviridae ve Totiviridae familyasında bulunmaktadır (Ghabrial, 1994; 1998; Van Regenmortel, 2000). Funguslarda meydana gelen viral enfeksiyonlarının tanısında birçok yöntem kullanılmakla birlikte, elde edilen başarı virüs ve konukçuya bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Buck, 1986).

Günümüze kadar yapılan çalışmalar, mikovirüslerin orman ağaçlarında hastalık yaptığı bilinen basidiomiset ve askomisetlerde yaygın olarak bulduklarını, bunun yanında, *Mucor* ve *Rhizopus* gibi türlerde de rastlanıldıklarını göstermektedir. Orman ağacı patojeni funguslardan, *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M.E. Barr, *Ceratocystis ulmi* (Buisman) C. Moreau, *Ophiostoma novoulmi* Brasier, *Heterobasidion annosum* Niemelä & Korhonen, *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) M. Morelet, ve *Diplodia sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton dahil olmak üzere pek çok fungusla dsRNA içeren viral partiküllere rastlanılmıştır (Hollings, 1982; Varga vd., 1994; Coenen vd., 1997; Steenkamp vd., 1998; Van Diepeningen vd., 1998; Cole vd., 2000; Vainio vd., 2010; Tuomivirta, 2003a, b).

Fungal virüsler (mikovirüsler) konukçuları üzerinde büyük bir etkiye sahiptirler. Bunun en güzel örneğini, kestane kanserine neden olan *C. parasitica*'da bulunan hipovirüsler oluşturmaktadır (Milgroom ve Cortesi, 2004). Bu hastalık günümüzde, Avrupa'da virüs ile bulaşık hipovirulent ırkların hastalıklı ağaçlarda bulunan kanserlere inokule edilmesi ile kontrol edilmektedir. Başlangıçta insanların yardımıyla yayılan virüsler, izleyen yıllarda kendileri bulaştırdıkları ortamda yayılışlarını devam ettirmektedirler. Buna ek olarak, kullanılan bu virokontrol, *C. parasitica* haricinde başka bir patojende etkili değildir. Bu nedenle, hastalık kontrolü için başarılı, türe özgü, güvenli ve çevre dostu yöntem olarak görülmektedir (Elliston, 1982; Heiniger ve Rigling, 1994). Ülkemizde de kestane kanserine karşı biyolojik mücadele çalışmaları son yıllarda hız kazanmış ve ümitvar sonuçlar alınmaya başlanmıştır (Akıllı vd., 2012). Avrupa'da kestane kanserine haricinde, diğer fungal hastalıkların kontrolünde virüslerin potansiyelinin araştırıldığı fazla sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bunun en büyük nedeni, en bilinen virüslerin bile konukçularında gözle görülür etkisinin olmaması ve izolasyonlarının çok zor olmasıdır.

Bu çalışmanın ana materyalini, özellikle ibreli ağaç türlerinde neden olduğu kök ve alt gövde çürüklüğü ile dikkat çeken *Heterobasidion annosum* Fr. Bref. sensu lato oluşturmaktadır. Fungal etmen, Kuzey Yarımküre'de 200 bitki türünde rapor edilmiştir (Hodges, 1969; Laine, 1976). *Heterobasidion* kompleksi içinde, konukçu isteklerine ve coğrafik yayılışlarına göre farklılık gösteren önemli türler bulunmaktadır (Korhonen ve Stenlid, 1998). Avrupa ve Batı Asya'da *H. annosum* s.str ve *H. parviporum* türlerinin, %15 sıklıkla fungal virüslere konukçuluk ettiği tespit edilmiştir (Ihrmark, 2001; Vainio vd., 2015b; Vainio ve Hantula, 2016). *Heterobasidion* RNA virüsü 6 (HetRV6) olarak bilinen bir viral türün, Avrupa *Heterobasidion* izolatlarında tüm virüs enfeksiyonlarının %70'ini oluşturduğu tespit edilmiştir.

Vainio ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan çalışmada, *Heterobasidion* türlerinde *Curvularia protuberata* adında bir mikovirüsün var olduğunu bildirmişlerdir. Bu virüs ile enfekteli izolatların fungal gelişiminde, %28 oranda azalmanın olduğunu tespit etmişlerdir. *Annosum* kök ve alt gövde çürüklüğüne neden

olan *Heterobasidion* türleri, yeni kesilmiş kütük yüzeylerine basidiosporlar aracılığıyla girmekte, ardından kök sistemine geçerek buradan çevredeki sağlıklı ağaçlara kök kaynaşması yolu ile bulaşmaktadır. Patojen, günümüzde silvikültürel müdahalelerin ardından kesik kütük yüzeyine, türe, boraks ya da biyolojik mücadele ajanı olan *P. gigantea* uygulanması ile kontrol altına alınabilmektedir (Lehtijarvi vd., 2011). Bu uygulamaların temelinde, köklerde hali hazırda bulunan *H. annosum* tarafından meydana gelecek yeni enfeksiyonların önlenmesi yatmaktadır (Woodward vd., 1998). Bununla birlikte, son yıllarda yapılan çalışmalar, *H. annosum* ile enfekte olan bir meşcerede, mikovirüs kullanımının bir biyolojik mücadele ajanı olarak kullanılabilmesine işaret etmektedir. Bu amaçla, Vainio vd., (2012) dört *Heterobasidion* türünde HetRV6 adlı yeni bir virüs türü rapor etmişlerdir. Bu virüsün *Heterobasidion* türleri için daha önceki çalışmalarda belirtilen virüslerden farklı ve *Curvularia* termal tolerans virüsüne ve *Fusarium graminearum* 4 virüsü ile genetik benzerlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada, küresel ölçekte popülasyon analizleri yapılarak, viral partiküllerin konukçuları arasında yayılıp yayılmadığını incelemişlerdir.

Şimdiye kadar *Heterobasidion* türlerinden izole edilen mikovirüslerin, Partitiviridae ve *Narnaviridae* familyasına ait olduğu ve bu virüslerin, farklı *Heterobasidion* türleri arasında yayılma yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir (Ihrmark, 2001; Vainio ve Hantula, 2016; Vainio ve Hantula, 2018). Partitivirüs, varsayılan RNA'ya bağımlı RNA polimerazı (RdRp) ve bir kapsid proteinini kodlayan iki bağımsız segmentten oluşan bir dsRNA bipartit genomuna sahiptir (Ihrmark, 2001; Nibert vd., 2014; Vainio vd., 2015a; Vainio ve Hantula, 2016). Bu virüslerin yatay geçişi yapay büyüme ortamında *Heterobasidion* türleri içinde ve arasında meydana gelmektedir (Ihrmark vd., 2002; Vainio vd., 2010; Vainio vd., 2011a; Hyder vd., 2013; Vainio vd., 2013). Bu çalışmada, Vainio vd. (2012) tarafından Türkiye orijinli *Heterobasidion abietinum* izolatlarından tespit edilen HetPV3-an1 ve HetRV6-ab6 virüslerinin, diğer *H. annosum* s.s ve *H. abietinum* izolatlarına aktarılması ve bu mikovirüslerin orijinal konukçusunun fenotipik özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Fungal Materyal

*In vitro* denemelerde, *Abies cilicica* (Antoine et Kotschy) Carrière, *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* (Matt.) Coode & Cullen *Abies equitrojani* (Aschcrs et Sinten) üreme organlarından önceki çalışmalarda elde edilmiş (Çizelge 1) 20 adet *H. abietinum* ve 5 adet *H. annosum* sensu s. str. olmak üzere 25 adet *Heterobasidion* izolatı (ISUBU, Dendroklirik laboratuvarı izolat koleksiyonu, Doğmuş-Lehtijarvi vd., 2006, 2007) ve donör olarak ise CF11 kromatografisi analizine göre dsRNA partikülü içerdiği bilinen 2 adet izolat kullanılmıştır (Çizelge 2). Donör izolatlar LUKE Finlandiya Araştırma Enstitüsü kültür koleksiyonundan, temin edilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan alıcı izolatlar

No	İzolat no	Toplandığı alan	Türü
1	Tr050723-9	Gümüştüğü	<i>H. annosum</i> s.s
2	Tr050731-53	Mesudiye	<i>H. annosum</i> s.s
3	Tr050731-56b	Mesudiye	<i>H. annosum</i> s.s
4	Tr050731-58	Mesudiye	<i>H. annosum</i> s.s
5	Tr050731-65	Mesudiye	<i>H. annosum</i> s.s
6	Tr050717-1	Karaduğa	<i>H. abietinum</i>
7	Tr050725-25	Tokçam	<i>H. abietinum</i>
8	Tr050726-34d	Yurtköy	<i>H. abietinum</i>
9	Tr050727-40b	Ardanuç	<i>H. abietinum</i>
10	Tr050731-54	Mesudiye	<i>H. abietinum</i>
11	Tr04112d	Akseki-Antalya	<i>H. abietinum</i>
12	Tr04113a	Akseki-Antalya	<i>H. abietinum</i>
13	Tr04115a	Akseki-Antalya	<i>H. abietinum</i>
14	Tr04116b	Akseki-Antalya	<i>H. abietinum</i>
15	Tr04125a	Akseki-Antalya	<i>H. abietinum</i>
16	Tr04151	Bolu-Aladağ	<i>H. abietinum</i>
17	Tr04152	Bolu-Aladağ	<i>H. abietinum</i>
18	Tr04210	Bolu-Aladağ	<i>H. abietinum</i>
19	Tr04410	Bolu-Aladağ	<i>H. abietinum</i>
20	Tr04512	Bolu-Aladağ	<i>H. abietinum</i>
21	Tr04009a	Balıkesir- Edremit	<i>H. abietinum</i>
22	Tr04012b	Balıkesir- Edremit	<i>H. abietinum</i>
23	Tr04030b	Balıkesir- Edremit	<i>H. abietinum</i>
24	Tr04070b	Balıkesir- Edremit	<i>H. abietinum</i>
25	Tr04076c	Balıkesir- Edremit	<i>H. abietinum</i>

Çizelge 2. Denemelerde kullanılan donör izolatlar

Donör izolat	Orijin	Tür	İçerdiği mikovirüs
04065aI	Akseki-Antalya	<i>H. abietinum</i>	HetPV3-an1
04188	Akseki-Antalya	<i>H. abietinum</i>	HetRV6-ab6

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. In Vitro'da donör izolatın virus aktarımı

Virüs enfeksiyonu Ihrmark vd. (2002) tarafından hazırlanan, Vainio vd. (2011b) tarafından modifiye edilen protokolüne göre yapılmıştır.

Donör izolat ile virüs içermeyen *Heterobasidion* izolatları, %2 Malt extract agar içeren petri kaplarına aralarında 1 cm mesafe olacak şekilde karşılıklı asılanıp, 3 ay 20°C'de inkube edilmiştir. Tüm eşleştirmeler 5 tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İnkubasyon süresi sonunda, gelişmekte olan hiflerden uç kısmından ve koloniler arasındaki birleşim noktasından hifler alınarak MOS ortamına aktarılmıştır.

Alıcı izolatlara potansiyel dsRNA aktarımı, spesifik primerler (HetPV3-an1 ve HetRV6-ab6) ile RT-PCR yapılarak belirlenmiştir.

### 2.2.2. Virüs aktarımının başarısını RT-PCR ile belirleme

Olası bir kültür karışıklığını önlemek için virüslü izolatlar hif uçlarından izole edilmiştir. İzolatlar (1g miktarı) parçalandıktan sonra CF11 kromatografisi ile dsRNA izolasyonu yapılmıştır.

Reverse Transkripsiyon Vainio vd. (2012) protokolüne göre toplam nükleik asit örnekleri kullanılarak hazırlanmıştır. Fungal hücreler 500µl lysis buffer eklenerek homojenizatör ile parçalanmış ve ardından her bir örnek iki kez fenol/kloroform/isoamylalcohol (25:24:1) ve 1 kez kloroform/isoamylalcohol (24:1) ile ekstrakte edilmiştir. Nükleik asitler %20 PEG 6000 ve 25 mL NaCl ile çöktürülerek, elde edilen pellet %70'lik etanol ile yıkanmış ve sonrasında 30µl steril su ile seyreltilmiştir. Her bir RT

reaksiyonunda, 5-12 µl nükleik asit örneği (5 dakika boyunca kaynayan su banyosunda denatüre edilir ve -80 °C'de soğutulur), 0,2 µg Rastgele Hexamer primer (Fermentas GmbH), 200 U of RevertAid MuLV reverse transcriptaz (Fermentas GmbH) ve dNTPs içermektedir.

PCR reaksiyonları 50 µl hacimde, 1-2 µl cDNA, her bir primerden 25 pmol, 1U DyNAzyme™ 451 DNA polimeraz (Finnzymes, Finlandiya) ve 10nmol dNTPs içermektedir. Amplifikasyon koşulları 95 °C'de 10 dakika, 95°C' de 30sn, 57°C' de 45sn ve 72°C' de 2dk olmak üzere toplam 35 döngüden oluşmaktadır.

### 2.2.3. Alıcı izolatlar ile virüs aktarımı sonunda elde edilen izolatların genotiplerinin karşılaştırılması

DNA izolasyonu için, *H. annosum* izolatları, üzerinde selofan membran bulunan malt-extract agar besi ortamında 24 °C' de 10 gün boyunca inkube edilmiştir. Bu sürenin sonunda besi ortamında gelişen miseller, selofan membran üzerinden kazınarak, eppendorf tüpleri içerisinde aktarılmış ve DNA izolasyonunu yapıncaya kadar -20 °C' de muhafaza edilmiştir. Dondurularak kurutulmuş miseller, porselen havan içerisinde, sıvı azot ile ezilerek toz haline getirildikten sonra, Qiagen DNeasy Plant Mini kit kullanılarak, DNA'ları ekstrakte edilmiştir.

Mitokondriyal PCR amplifikasyonu için ML1 ve ML2 primerleri kullanılmıştır. Reaksiyonlar, 10 mM Tris (pH 8.3), 50 mM KCl, 2.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 0.001% gelatin, 200 pM dNTP, 1-25 ng of genomic DNA ve 0.5 U Taq polimerazı içeren 25µl hacimde gerçekleştirilmiş olup, amplifikasyonlar, 94°C' de 1,5dk, 95°C' de 1 dk, 55°C' de 1 dk ve 72°C' de 2dk olmak üzere 35 döngüden oluşmaktadır.

Çoğaltılmış DNA fragmentleri, %1 lik Synerjelde 1xTAE tamponu içinde yürütülerek, ana izolatlar ile karşılaştırılmıştır.

## 3. Bulgular ve tartışma

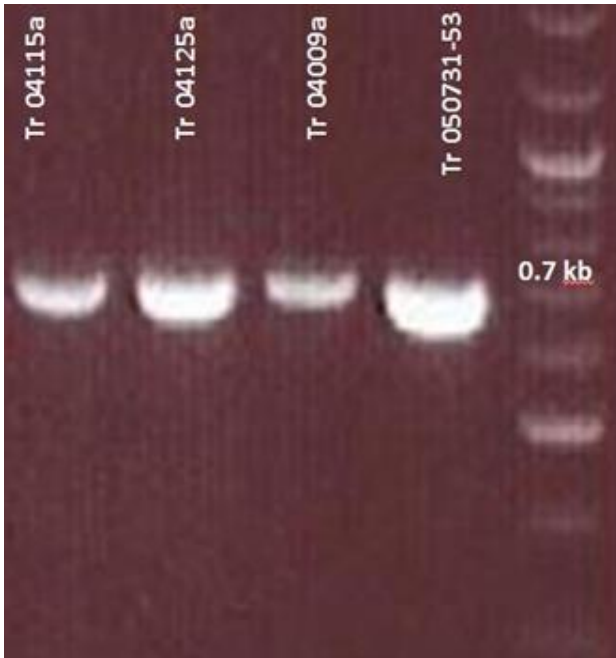
Denemeler sonunda, test edilen *H. abietinum* izolatlarının %15' si, *H. annosum* izolatlarının ise %20'si dsRNA partikülü başarılı bir şekilde aktarılmış ve RT-PCR ile tek segmentli virüs varlığı kesinleştirilmiştir. *Heterobasidion* suşlarının yaklaşık %15-17'si dsRNA virüsleri tarafından enfekte edilmektedir (Ihrmark, 2001; Vainio vd., 2011b). HetRV6 virüsü, *H. annosum* kompleksindeki türlerde bulunan en yaygın dsRNA virüsü olduğu tespit edilmiş olup, Avrupa *Heterobasidion* suşlarında dsRNA enfeksiyonlarının yaklaşık %70'inden sorumlu olduğu bildirilmiştir (Vainio vd., 2012).

*H. abietinum* 04188, virus aktarımı denememizde donör olarak kullanılan izolatlardan biridir ve içerisinde HetRV6-ab6 virüsü içermektedir. Çalışmamızda, HetRV6-ab6 virüsü, hem *H. annosum* hem de *H. abietinum* izolatlarına başarılı bir şekilde aktarılmıştır, ancak tüm izolatlarda fenotipik bir değişime yol açmadığından dolayı, alıcı izolatın alınan kültürlerinin, aktarılan virüs partikülünü içerdiği mitokondriyal ve nükleer markerlerle tespit edilmiştir (Şekil 1). Daha önce, *H. annosum* virüsü (HaV), *Heterobasidion* RNA virüsü 2 (HetRV2) ve *Heterobasidion* RNA virüsü 3'ün (HetRV3) farklı *Heterobasidion* türlerine ait heterokaryotik ve birbirleri ile eşleşmeyen izolatlar arasında bulunduğu bildirilmiştir (Ihrmark vd., 2002; Vainio vd., 2010, 2011a, 2011b). Birçok fungus türünde, türler arası vejetatif uyumsuzluk nedeniyle virüs transferi

gerçekleşmemektedir (Ghabrial ve Suzuki, 2009). Genel olarak, HetRV6 kriptik (gizli) ya da duruma göre etkin davranabilmektedirler. Bu nedenle fungusun gelişmesi üzerindeki etkileri inkübasyon sıcaklığına ve ayrıca konukçu fungal izolata morfolojik yapısına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bizim çalışmamızda, HetRV6 virüs partikülünün başarılı bir şekilde aktarıldığı Tr04115a ve Tr04009a izolata herhangi bir gelişimsel değişiklik gözlenmemiştir.

Çalışmamızda HetPV3-an1 virüsünün aktarıldığı 1 numaralı Gümüştüğ orijinli izolata fungal gelişimde dejenerasyon gözlenmiştir. HetPV3-an1 virüsü, *H. parviporum* ve *H. annosum*'a ait hem homokaryotik hem de heterokaryotik izolatlarda fenotipik değişikliklere neden olduğu Vainio vd. (2015b) tarafından rapor edilmiştir. Özellikle, tek bir virüs suşu, çevresel ve ekolojik koşullara bağlı olarak, tek bir konukçu izolat üzerinde olumlu ya da olumsuz etkilere sahip olabilir (Hyder vd., 2013).

HetRV6'nın popülasyon yapısı, konukçu fungusla ilginç bir korelasyon göstermektedir. Dolayısıyla, HetRV6'nın gen diziliminde görülen varyasyonlar kabul edilebilir düzeydedir (Van Regenmortel, 2000) ki bu farklı suşların monofitik taksonu temsil ettiğini göstermektedir. Bununla birlikte, filogenetik kümeleme ve popülasyon farklılaşma analizine dayanarak, *H. occidentale*'nin Kuzey Amerika virüs suşlarının, Avrasya virüs suşlarından farklı olduğu tespit edilmiştir (Vainio vd., 2013). Bu durum, söz konusu virüs türlerinin farklı suşlarının coğrafi olarak ayrılmış konukçu popülasyonları ile birlikte geliştiği ve diğer fungal türlerden bulaşmanın olmadığı varsayımına uygundur. Avrasya'da, HetRV6 popülasyonları arasında düşük bir farklılaşma gözlenmiştir. Bu farklılaşmanın çoğunu konukçu ve coğrafya ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. RT-PCR sonucu dsRNA partikülünün pozitif bulunduğu izolatlara

Hipovirulens ile ilişkili mikovirüsler bitki fungal hastalıklarına karşı potansiyel biyolojik kontrol ajanları olarak çekici olsa da, virokontrolün etkinliği her zaman tatmin edici değildir. Mikovirüslerin konukçular arasında geçişi, bazı fungal popülasyonların vejetatif uyumsuzlukları olmasından dolayı sınırlı olabildiği gibi arazi koşullarındaki gelişiminde de sınırlama olabilmektedir. Özellikle biyolojik kontrol uygulamalarında, homokaryotik *Heterobasidion* izolatlarının virüs donörleri olarak kullanılması avantajlı olabilir. Çünkü homokaryotik *Heterobasidion*lar canlı ağaçlar arasında nadiren yayıldıkları için yalnızca zayıf patojenik olarak kabul edilmektedir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Mikovirüsler, viroloji ve bitki patolojisi bilimlerinde nispeten bilinmeyen bir gruba temsil eder. Bununla birlikte, genetik dizilere ve biyolojik özelliklere (konakçıların antiviral yanıtı dahil) dayalı mikovirüslerin taksonomisi büyük ölçüde geliştirilmektedir. Odunsu türlerin sağlığını korumak, kimyasal tedavileri tamamlamak veya tamamen değiştirmek için önemli bir araç olabilir.

Tüm bu sonuçlardan yola çıkarak, *Heterobasidion* zararı, ormancılık uygulamalarında hali hazırda kullanılmakta olan karışık meşcere oluşturulması, profolaktik kimyasal ve biyolojik kütük uygulamaları ile kontrol altına alınabilmekte ancak tamamen hastalığa karşı tam bir koruma sağlanamamaktadır. Bu bağlamda, başarı yüzdesi yüksek, sürdürülebilir ve ekonomik yeni alternatiflerin bulunması gerekmektedir. Sonuç olarak, farklı ve çok sayıda mikovirüs türünü barındırdığı tespit edilen *Heterobasidion* türlerinin neden olduğu zararı, en aza indireyecek alternatif biyokontrol ajanı mikovirüslerin, hastalığı engellemedeki başarısı in vivo testlerle de desteklenerek, ormanlarımızın sağlığını koruma altına alma adına ilerlemeler kaydedilecektir.

#### Açıklama

Finlandiya LUKE Ormancılık Araştırma Enstitüsünde çalışan Dr. Eeva Vainio'ya donör izolatlara gönderdiği için çok teşekkür ederiz. Ayrıca bu projede kullanılan *Heterobasidion* izolatlara TÜBİTAK TOVAG 1040560 no'lu proje kapsamında elde edilmiştir.

#### Kaynaklar

- Akıllı, S., Ulubaş-Serçe, Ç., Katircioğlu, Y.Z., Maden, S., Rigling, D., 2012. Characterization of hypovirulent isolates of the chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica* from the Marmara and Black Sea regions of Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 135(2): 323-334.
- Buck, K.W., 1986. *Fungal Virology – An Overview*. In: *Fungal Virology* (Ed: Buck, K.W.), CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 1-84.
- Coenen, A., Kevei, F., Hoekstra, R.F., 1997. Factors affecting the spread of doublestranded RNA viruses in *Aspergillus nidulans*. *Genetical Research*, 69: 1-10.
- Cole, T.E., Hong, Y., Brasier, C.M., Buck, K.W., 2000. Detection of an RNA-dependent RNA polymerase in mitochondria from a mitovirus-infected isolate of the Dutch elm disease fungus, *Ophiostoma novo-ulmi*. *Virology*, 268: 239-243.
- Doğmuş Lehtijärvi, H.T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K., 2006. *Heterobasidion abietinum* on *Abies* species in western Turkey. *Forest Pathology*, 36: 280-286.

- Doğmuş Lehtijärvi, H.T., Lehtijärvi, A., Korhonen, K., 2007. *Heterobasidion* on *Abies nordmanniana* in northeastern Turkey. *Forest Pathology*, 37: 387-390.
- Elliston, J.E., 1982. Hypovirulence. *Advanced Plant Pathology*, 1: 1-33.
- Ghabrial, S.A., 1994. New developments in fungal virology. *Advanced Virus Research*, 43: 303-388.
- Ghabrial, S.A., 1998. Origin, adaptation and evolutionary pathways of fungal viruses. *Virus Genes*, 16: 119-131.
- Ghabrial, S.A., Suzuki, N., 2009. Viruses of plant pathogenic fungi. *Annual Review of Phytopathology*, 47: 353-384.
- Heiniger, U., Rigling, D., 1994. Biological control of chestnut blight in Europe. *Annual Review of Phytopathology*, 32: 581-599.
- Hodges, C.S., 1969. Modes of infection and spread of *Fomes annosus*. *Annual Review of Phytopathology*, 7: 247-266.
- Hollings, M., 1982. Mycoviruses and plant pathology. *Plant Disease*, 66: 1106-1112.
- Hyder, R., Pennanen, T., Hamberg, L., Vainio, E.J., Piri, T., Hantula, J., 2013. Two viruses of *Heterobasidion* confer beneficial, cryptic or detrimental effects to their hosts in different situations. *Fungal Ecology*, 6: 387-396.
- Ihrmark, K., 2001. Double-stranded RNA elements in the root rot fungus *Heterobasidion annosum*. PhD Dissertation, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.
- Ihrmark, K., Johannesson, H., Stenström, E., Stenlid, J., 2002. Transmission of double-stranded RNA in *Heterobasidion annosum*. *Fungal Genetics and Biology*, 36: 147-154.
- Korhonen, K., Stenlid, J., 1998. Biology of *H. annosum*. In: *Heterobasidion annosum*: Biology, Ecology, Impact and Control (Ed: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A.), CAB International, Wallingford, UK, pp. 43-70.
- Laine, L., 1976. The occurrence of *Heterobasidion annosum* (Fr.) in woody plants in Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae*, 90(3): 1-52.
- Lehtijärvi, A., Doğmuş, L.T., Aday, A.G., Oskay, F., 2011. The efficacy of selected biological and chemical control agents against *Heterobasidion abietinum* on *Abies cilicica*. *Forest Pathology*, 41: 470-476.
- Lemke, P.A., Nash, C.H., 1974. Fungal viruses. *Bacteriology Review*, 38: 29-56.
- Magliani, W., Conti, S., Gerloni, M., Bertolotti, D., Polonelli, L., 1997. Yeast killer systems. *Clinical Microbiology Reviews*, 10: 369-400.
- McCabe, P.M., Pfeiffer, P., Van Alfen, N.K., 1999. The influence of dsRNA viruses on the biology of plant pathogenic fungi. *Trends Microbiology*, 7(9): 377-381.
- Milgroom, M.G., Cortesi, P., 2004. Biological control of chestnut blight with hypovirulence: A critical analysis. *Annual Review of Phytopathology*, 42: 311-318.
- Newhouse, J.R., Hoch, H.C., MacDonald, W.L., 1983. The ultrastructure of *Endothia parasitica*. Comparison of a virulent with a hypovirulent isolate. *Canadian Journal of Botany*, 61: 389-399.
- Nibert, M.L., Ghabrial, S.A., Maiss, E., Lesker, T., Vainio, E.J., Jiang, D., Suzuki, N., 2014. Taxonomic reorganization of family partitiviridae and other recent progress in partitivirus research. *Virus research*, 188: 128-141.
- Nuss, D.L., Koltin, Y., 1990. Significance of dsRNA genetic elements in plant pathogenic fungi. *Annual Review of Phytopathology*, 28: 37-58.
- Steenkamp, E.T., Wingfield, B.D., Swart, W.J., Wingfield, M.J., 1998. Double-stranded RNA and associated virulence in South African isolates of *Sphaeropsis sapinea*. *Canadian Journal of Botany*, 76: 1412-1417.
- Tuomivirta, T.T., Hantula, J., 2003a. Two unrelated double-stranded RNA molecule patterns in *Gremmeniella abietina* type A code for putative viruses of the families Totiviridae and Partitiviridae. *Archives of Virology*, 148: 2293-2305.
- Tuomivirta, T.T., Hantula, J., 2003b. *Gremmeniella abietina* mitochondrial RNA virus S1 is phylogenically related to the members of the genus Mitovirus. *Archives of Virology*, 148: 2429-2436.
- Vainio, E.J., Korhonen, K., Tuomivirta, T.T., Hantula, J., 2010. A novel putative partitivirus of the saprotrophic fungus *Heterobasidion ecrustosum* infects pathogenic species of the *Heterobasidion annosum* complex. *Fungal Biology*, 114: 955-965.
- Vainio, E.J., Keriö, S., Hantula, J., 2011a. Description of a new putative virus infecting the conifer pathogenic fungus *Heterobasidion parviporum* with resemblance to *Heterobasidion annosum* P-type partitivirus. *Archives of Virology*, 156: 79-86.
- Vainio, E.J., Hakanpää, J., Dai, Y.C., Hansen, E., Korhonen, K., Hantula, J., 2011b. Species of *Heterobasidion* host a diverse pool of partitiviruses with global distribution and interspecies transmission. *Fungal Biology*, 115: 1234-1243.
- Vainio, E.J., Hyder, R., Aday, A.G., Hansen, E., Piri, T., Doğmuş-Lehtijärvi, T., 2012. Population structure of a novel putative mycovirus infecting the conifer root-rot fungus *Heterobasidion annosum* sensu lato. *Virology*, 422: 366-376.
- Vainio, E.J., Piri, T., Hantula, J., 2013. Virus community dynamics in the conifer pathogenic fungus *Heterobasidion parviporum* following an artificial introduction of a partitivirus. *Microbial Ecology*, 65: 28-38.
- Vainio, E.J., Müller, M.M., Korhonen, K., Piri, T., Hantula, J., 2015a. Viruses accumulate in aging infection centers of a fungal forest pathogen. *The ISME Journal*, 9(2): 497-507.
- Vainio, E.J., Jurvansuu, J., Streng, J., Rajamaki, M.L., Hantula, J., Valkonen, J.P.T., 2015b. Diagnosis and discovery of fungal viruses using deep sequencing of small RNAs. *Journal of General Virology*, 96(3): 714-725.
- Vainio, E.J., Hantula, J., 2016. Taxonomy, biogeography and importance of *Heterobasidion* viruses. *Virus Research*, 219: 2-10.
- Vainio, E.J., Hantula, J., 2018. Fungal Viruses. In: *Viruses of Microorganisms*, (Ed: Hyman, P., Stephen, T.), Caister Academic Press, Abingdon, UK, pp. 193-209.
- Van Diepeningen, A.D., Debets, A.J.M., Hoekstra, R.F., 1998. Intra- and interspecies virus transfer in *Aspergilli* via protoplast fusion. *Fungal Genetics and Biology*, 25: 171-180.
- Van Regenmortel, M.H.V., 2000. Introduction to the Species Concept in Virus Taxonomy. In: *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses. Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. (Ed: Van Regenmortel, M.H.V., Fauquet, C.M., Bishop, D.H.L., Carstens, E.B., Estes, M.K., Lemon, S.M., Maniloff, J., Mayo, M.A., McGeoch, D.J., Pringle, C.R., Wicker, R.B.), Academic Press, New York, USA, pp. 3-16.
- Varga, J., Kevei, F., Vagvolgyi, C., Vriesema, A., Croft, J.H., 1994. Double-stranded RNA mycoviruses in section Nigri of the *Aspergillus* genus. *Canadian Journal of Microbiology*, 40: 325-329.
- Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R., Hüttermann, A., 1998. *Heterobasidion annosum*: Biology, ecology, impact and control. CAB International, Wallingford, UK.

## Toros Göknarı ormanında yükselti boyunca toprak eklembacaklı komünitesindeki ve toprak biyolojik kalitesindeki değişim

Meriç Çakır<sup>a,\*</sup> , Muhammet Ali Özata<sup>b</sup> 

**Özet:** Orman ekosistemlerindeki toprak eklembacaklıları (Arthropoda), ölüörtünün parçalanması ve ayrışması sürecinde, birincil ve ikincil tüketiciler olarak önemli rol almaktadır. Toprak ekosistemindeki eklembacaklıların miktarı, çeşitliliği ve komünite yapısı; yetiştirme ortamı özelliklerinin değişimine çok hızlı tepki vermektedir. Bu çalışmada, Toros Göknarı (*Abies cilicica* (Antoine & Kotschy) Carrière) ekosisteminde yaşayan toprak eklembacaklılarının farklı yükseltilerde mevsimsel değişimleri, çeşitlilikleri ve biyolojik toprak kalitesine olan etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma, Berçin Yaylası (Tomarza-Kayseri) saf göknar meşcerelerinde, 1600-1730 metre yükseltiler arasındaki (3 farklı yükseltide) yürütülmüştür. Ölü örtüden 10 cm çapında ve yüksekliğinde çelik silindir kullanılarak yapılan örnekleme kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yapılmıştır. Eklembacaklıların, mevsimsel ve farklı yükseltilerdeki miktarları, çeşitlilikleri, trofik yapıları ve toprak biyolojik kalitesi (QBS) değerleri belirlenmiştir. Toprak biyolojik kalitesi eklembacaklılar kullanılarak belirlenirse QBS-ar, Collembola taksonu kullanılarak belirlenirse QBS-C olarak adlandırılır. Çalışma sonucunda, eklembacaklıların mevsimlere göre dağılımında en fazla birey yaz mevsiminde, yükseltiye bağlı dağılımında ise en fazla birey 1613 m yükseltide bulunmuştur. Yükseltiler arasında çeşitlilik indeksi bakımından fark bulunamamıştır. Toprak biyolojik kalitesi hem QBS-ar hem de QBS-C değeri yükselti ile azalmaktadır. Teşhis edilen Collembola türleri Kayseri/ Berçin Yaylası için yeni kayıt iken *Protaphorura microsellata* türü Türkiye için yeni kayıttır.

**Anahtar kelimeler:** Çeşitlilik, *Abies*, QBS, Toprak faunası, Yükselti

## Changes in soil arthropod communities and soil biological quality along an elevation gradient in Taurus Fir forest

**Abstract:** Soil arthropods (Arthropoda) in forest ecosystems play an important role as primary and secondary consumers in the process of litter fragmentation and decomposition. Amount, diversity, and community structure of arthropods in the soil ecosystem reacts very quickly to changes in habitat characteristics. In this study, it was aimed to reveal the seasonal changes, diversity, and effects of soil biological quality of soil-dwelling arthropods in Taurus Fir (*Abies cilicica* (Antoine & Kotschy) Carrière) ecosystem at different altitudes. The study was carried out in pure fir stands between 1600-1730 meters (3 different altitudes) in Berçin highland (Tomarza-Kayseri) forests. Sampling made from the litter using a cylinder core 10 cm diameter and height was performed in winter, spring, summer, and autumn seasons. The amount, diversity, trophic structure, and soil biological quality (QBS) values of arthropods were determined in seasonal and different altitudes. QBS abbreviations for soil biological quality based on arthropod (arthropoda; QBS-ar) and Collembola (Collembola; QBS-C) communities. As a result of the study, in the distribution of arthropods according to the seasons, the highest number of individuals was found in summer, and in the distribution depending on altitude, the highest number of individuals was found at an altitude of 1613 m. No statistical difference was found between elevations in terms of diversity index. Soil biological quality both QBS-ar and QBS-C value decrease along an elevation gradient. Identified Collembola species are new records for Kayseri/ Berçin Highland while *Protaphorura microsellata* species are new records for Turkey.

**Keywords:** Diversity, *Abies*, QBS, Soil fauna, Elevation

### 1. Giriş

Toprak içerisinde veya hayatlarının büyük bölümünü toprağa bağımlı olarak yaşayan bütün canlılar toprak canlıları olarak adlandırılır. Toprak canlıları araştırma konusuna göre fonksiyonel, vücut boyutlarına göre ve toprakta bulunuşlarına göre üç kısımda sınıflandırılırlar (Çakır ve Makineci, 2011). En çok kullanılan sınıflandırma Swift vd. (1979) tarafından yapılan boyutsal sınıflandırmadır. Vücut boyutlarına göre sınıflandırılan toprak canlıları, boyutları < 100 µm olan toprak canlıları

mikroflora/mikrofauna, 100 µm ile 2 mm arasında olan toprak canlıları mezofauna ve boyutları > 2 mm olan toprak canlıları makro/megafauna olarak adlandırılarak üç gruba ayrılmaktadır. Çalışma konusunu oluşturan mezofaunanın (mikroeklembacaklılar), ana taksonları Acari, Collembola, Protura, Diplura, ve Symphla'dır. (Swift vd., 1979).

Acari, mezofauna içerisinde en fazla bulunan ve en fazla çeşitliliğe sahip taksondur (Krantz, 1978). Toprak içerisindeki boşluklarda ve ölüörtü katmanında yoğun olarak bulunurlar. Toprak içerisinde en fazla bulunan taksonları Oribatida, Astigmata, Mesostigmata ve

✉ <sup>a</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, 18200, Çankırı

<sup>b</sup> Demir Karamancı Anadolu Lisesi, Melikgazi, Kayseri

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): mericcakir@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 26.10.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 21.12.2020



**Citation** (Atıf): Çakır, M., Özata, M.A., 2020. Toros Göknarı ormanında yükselti boyunca toprak eklembacaklı komünitesindeki ve toprak biyolojik kalitesindeki değişim. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 388-395. DOI: [10.18182/tjf.816354](https://doi.org/10.18182/tjf.816354)

Prostigmatadır (Çakır ve Makineci, 2013). Acari taksonu toprak besin ağında herbivor, bakterivor, fungivor, ve predatör olarak her bir trofik seviyede bulunur. Collembola, altı bacaklı, antenli, kanatsız ilkel böceklerdir. Acari ile kıyaslandığında çeşitlilikleri az olmasına rağmen toprak içerisindeki miktarları aynı olabilmektedir (Petersen ve Luxton, 1982). Collembola toprak içerisindeki boşluklarda ve ölüörtü içerisinde yoğun olarak bulunan canlılardır. Collembola bireylerinin nem ve besin istekleri (fungi, alg ve bitki) Acari taksonuna kıyasla daha sınırlıdır (Petersen, 2002). Toprak mezofaunası, patojenik organizmalar ile beslenerek hastalık ve zararlıların kontrolü ile besin döngüsü gibi süreçlere katkı sağlarken makrofauna ile küçük omurgalıların besin kaynağını oluştururlar (Akkaya ve Uğurtaş, 2006). Son yıllarda mikroeklembacıklılar kullanılarak toprağın biyolojik kalitesinin belirlenmesi için çeşitli indeksler kullanılmaktadır (Bastida vd., 2008; Menta vd., 2015; Parisi vd., 2003). Bu indeksler içerisinde öne çıkan, toprak mikroeklembacıklı topluluğunun çeşitliliğini, toprak ekosistemine göstermiş oldukları adaptasyonun derecesi ile birleştirerek, toprakta meydana gelen doğal ve yapay bozulmaları belirleyen QBS indeksidir (Parisi, 2001). QBS indeksi mikroeklembacıklıların toprak ortamına adaptasyonunu değerlendirmek tür düzeyinde teşhislerinde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için uygulanır (Parisi vd., 2005). Bu nedenle orman ekosistemlerinde meydana gelen doğal (canlıların etkisi) ve yapay bozulmaların (tür değişimi ve ağaçlandırma) ortaya konmasında da kullanılmaktadır (Çakır, 2019a; Çakır, 2019b).

Toros Göknarı (*Abies cilicica* (Ant. & Kotschy) Carr.) Türkiye’de doğal olarak yetişen iki göknar türünden biridir (Akkemik, 2018). Toros Göknarı’nın doğal yayılış alanı da kuzeyde bulunan göknar türlerinin yayılış alanlarından yetişme ortamı ve iklim faktörleri bakımından tipik farklılıklarla ayrılan Akdeniz bölgesinde yer alır (Bozkuş, 1989). Türkiye’deki yayılışını Toros Dağlarının batı ve orta bölümleri ile Amanos Dağları üzerinde yapmaktadır (Akkemik, 2018).

Bu çalışmanın amacı; Berçin Yaylası’nda (Tomarza-Kayseri) farklı yükseltilerde yaşayan toprak mikroeklembacıklıların komünite yapıları ile çeşitliliklerini belirlemektir. Ayrıca mikroeklembacıklılar ve Collembola taksonu kullanılarak belirlenen toprak biyolojik kalitesinin, yükselti boyunca değişimini ortaya koymaktır.

## 2. Materyal yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

Araştırma, Kayseri ilinin Tomarza ilçesine bağlı Berçin Yaylası’nda bulunan Toros Göknarı (*Abies cilicica* subsp. *cilicica*) meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Coğrafi konum olarak 38° 21' 48" kuzey, 41°09'48"-36°06'14" doğu boylamı arasında bulunmaktadır. Denizden yüksekliği 1600-1800 m arasında değişmektedir. Arazinin genel bakışı kuzey-batı yönündedir. İklim tipi Thornthwaite’a göre yarı kurak-az nemlidir. Uzun dönem meteorolojik verilere göre ortalama sıcaklık 10,4 °C’dir. En yüksek sıcaklık ağustos ayında 34°C iken en düşük sıcaklık -11°C ile Ocak ayındadır. Yıllık yağış 350mm’dir.

### 2.2. Mikroeklembacıklıların örnekleme

Mikroeklembacıklıların araziden örnekleme için 5 cm çapında ve 5 cm yüksekliğindeki çelik silindirel kullanılmıştır (Coleman vd., 2004; Meehan vd., 2006). Üç farklı yükseltide (1613m, 1694m, 1727m) belirlenen örnek alanlar 2018 yılı içerisinde toplam 4 (Şubat, Mayıs, Ağustos, Kasım) defa örnekleştirilmiştir. Her örnekleme noktasında üç çelik silindir ile örnekleme yapılmış ve toplam 36 çelik silindir örneği toplanmıştır. Silindir örnekleri dikkatlice alüminyum folyo ile sıkıştırılmadan sarılıp paketlenmiştir. Toprak örnekleri herhangi bir sıkışmaya neden olmayacak şekilde tek sıralı olarak kasalara konularak laboratuvara taşınmış ve 4-5 gün süresince Berlesse Hunisi ile ekstrakt edilmiştir. Örnekler % 70’lik etil alkol içerisinde saklanmıştır (Joo vd., 2006). Mikroeklembacıklılar binoküler stereo mikroskop (Leica S8 APO, Wetzlar, Germany) kullanılarak takım, alttakım veya aile seviyesinde teşhis edilmiş ve miktarları belirlenmiştir (Salmon vd., 2006). Teşhis anahtarı olarak Dindal (1990), Bei-Bienko vd. (1967) ve Krantz (1978)’dan faydalanılmıştır. Collembola örnekleri potasyum hidroksit ile saydamlaştırılmıştır, örnekler hoyer çözeltisi ile mikroskop slaytları yapılmıştır. Mikroskop slaytları Olympus BX50 DIC (Japan) mikroskop kullanılarak cins ve tür seviyesinde teşhis edilmiş ve miktarları belirlenmiştir. Collembola örnekleri yüksek lisans tezini Ordu ilinin Collembola faunasını belirleyerek bitiren biyolog Muhammet Ali ÖZATA’nın şahsi koleksiyonunda saklanmaktadır (Özata, 2015). Teşhis anahtarı olarak Bretfeld (1999), Fjellberg (1998), Fjellberg (2007), Potapov (2001), Thibaud vd. (2004), Mateos (2011), Mateos (2012), Stach (1960), Hopkin (2007), Kaprus ve Weiner (2009), Igor Kaprus ve Pašnik (2016), Jordana ve Arbea (1989) ve Pomorski ve Skarżyński (1992)’den faydalanılmıştır.

Mikroeklembacıklıların miktarları ile yetişme ortamı özelliklerinin karşılaştırılabilmesi için örnekleme yapılan her bir noktanın yanından 10 cm derinliğindeki toprak sıcaklığı (toprak termometresi ile) ölçülmüş ve ayrıca alınan toprak örneklerinde nem tayini ve pH analizi yapılmıştır (Karaöz, 1989).

### 2.3. Toprak biyolojik kalitesinin hesaplanması

Toprak biyolojik kalitesi (QBS-ar) için ekstrakt edilen her bir mikroeklembacıklı taksonu için belirlenmiş olan EMI (Ekomorfolojik İndeks) değeri atanmıştır (Parisi vd., 2005). EMI değeri 1 (toprağa uyum sağlamamış) ile 20 (toprağa en fazla uyum sağlamış) arasında değişmektedir. Bazı taksonlar için sadece bir EMI değeri verilmiştir bunun nedeni bu taksonlara ait tüm türler toprağa aynı adaptasyon seviyesini gösterdiği içindir. Genel olarak, euedafik (derin toprakta yaşayan) formlar EMI = 20 olur, hemiedafik (toprak içerisinde ve yüzeyinde yaşayan), toprak adaptasyon derecelerine göre EMI puanı alır ve epiedafik (yüzeyde yaşayan) formlar EMI = 1 puan alır. Daha sonra her bir toprak örneğinden çıkarılan taksonlara ait EMI değerleri toplanır. Detaylı bilgi için Çakır (2019a)’a bakınız. QBS-C’nin elde edilmesinde ekstrakt edilen Collembola taksonları cins düzeyinde teşhis edilmiştir. Teşhisi yapılan her bir cins için EMI değeri atanmıştır (Çizelge 3) (Parisi ve Menta, 2008).

## 2.4. İstatistiksel yöntemler

Farklı yükseltlerden mikroeklembacıklılara ait elde edilen verilerin değerlendirilmesinde varyans analizi kullanılarak SPSS paket programı kullanılmıştır. Farklı yükseltlere ait verilerin ortalamaları arasındaki farklılık Tukey post-hoc testi ile ayrılmıştır (SPSS, 2011). Mikroeklembacıklılara ait biyoçeşitliliğin belirlenmesinde Shannon çeşitlilik indisi ( $H'$ ) kullanılmıştır (Özkan, 2016; Shannon ve Weaver, 1949).

## 3. Bulgular

Çalışma alanından elde edilen çevresel veriler toprak mikroeklembacıklılarına ait yoğunluk, çeşitlilik ve toprak kalitesi değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Toprak pH değeri, mikroeklembacıklıların yoğunluğu ile QBS-ar ve QBS-C değerleri farklı yükseltlerde istatistiksel olarak farklılık göstermektedir ( $P<0,05$ ).

### 3.1. Çevresel faktörler

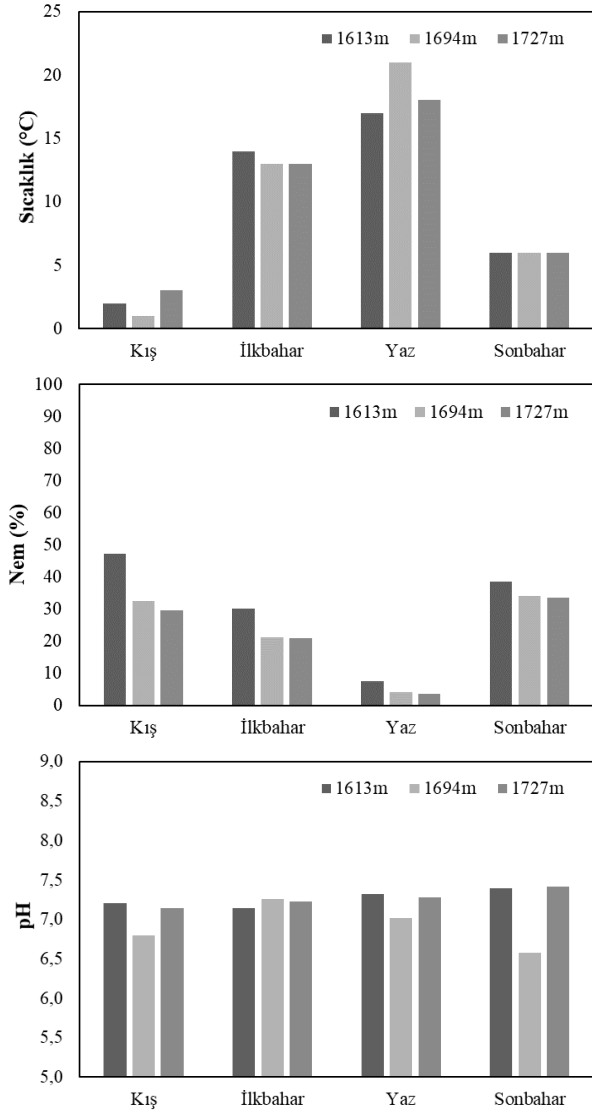
Mikroeklembacıklıların örneklenme zamanı için belirlenen toprak sıcaklığı, toprak nemi ve pH değeri Şekil 1'de verilmiştir. Belirlenen bu değerler mevsimsel farklılıklar göstermektedir. Yükselti basamaklarına göre çevresel faktörlerin yıl içerisindeki değişimleri incelendiğinde sadece pH değerinin istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ( $P<0,001$ ) (Çizelge 1).

### 3.2. Mikroeklembacıklıların yoğunluğu

Örneklenme zamanı boyunca 25 mikroeklembacıklı taksonu toplanmıştır. Yıllık ortalama mikroeklembacıklı yoğunluğu en yüksek 7569 bry.m<sup>-2</sup> ile 1694m yükseltide belirlenirken en düşük 2611 bry.m<sup>-2</sup> ile 1727m yükseltide belirlenmiştir ( $P<0,001$ ) (Çizelge 1). Mevsimsel yapılan örneklenme zamanlarında da en düşük mikroeklembacıklı yoğunluğu 1727 m'de belirlenmiştir (Şekil 2). Sayıca en fazla olan takson tüm yükseltlerde Acari taksonu iken Collembola taksonu ikinci en yoğun taksondur (Çizelge 2). Acari ve Collembola taksonu farklı yükseltlerde toplam mikroeklembacıklı miktarının büyük bölümünü oluşturmaktadır (sırası ile %84, %87, %77).

Genel olarak mikroeklembacıklı yoğunluğu üzerinde sıcaklık ve toprak nemi etkilidir. Belli bir sıcaklıktan sonra toprak neminde meydana gelen azalma sonucu yaz aylarında yoğunluğun göreceli azalmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmada, Collembola taksonlarının dağılımında toprak neminin ve sıcaklığının Collembola miktar ve çeşitliliğine etki ettiği tespit edilmiştir. Nemin %20 nin altında düşüğü yaz mevsiminde toprakta yaşayan ve toprak ile ölü örtü arasında yaşayan Collembola taksonlarının tamamen

kaybolduğu gözlenmiştir (Şekil 1). Yaz mevsiminde sadece ölü örtüde ve toprak yüzeyinde yaşayan Entomobryidae (Orchasellidae=Alt familya) familyasına ait genç bireylere ait örnekler tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminin sonu ile kış başlangıcında ise yağışların artması ile Hypogastruridae familyasında ait tür çeşitliliği ve populasyon yoğunlukları artmıştır. Bununla birlikte kış mevsimi hariç diğer örneklenme zamanlarında yükselti arttıkça ortalama birey sayısı azalmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Çevresel faktörlerden toprak sıcaklığı, nem ve pH'nın farklı yükseltlerdeki mevsimsel değişimi

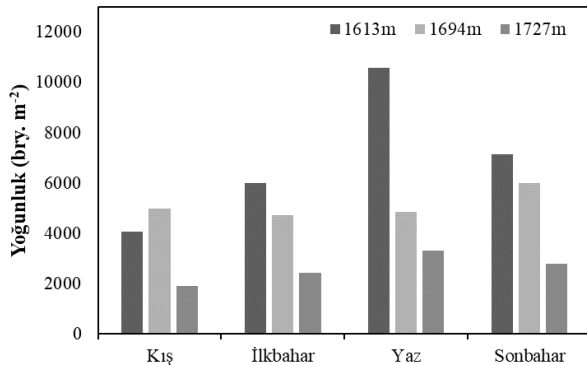
Çizelge 1. Farklı Yükseltlerde toprak ve mikroeklembacıklılara ait bazı değerler (ort±std hata).

Yükselti	Yükselti	Toprak			Mikroeklembacıklı			
		Nem (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Sıcaklık (°C)	Yoğunluk (bry.m <sup>-2</sup> )	QBS-ar	QBS-C	Shannon ( $H'$ )
1613m	1613m	30,88±3,80	7,26±0,02 <sup>a</sup>	9,75±1,55	7569,50±424,52 <sup>a</sup>	64,00±3,58 <sup>ab</sup>	86,33±12,04 <sup>a</sup>	1,62±0,01
1694m	1694m	22,97±3,09	6,91±0,06 <sup>b</sup>	10,25±1,94	5276,25±741,83 <sup>b</sup>	69,25±1,97 <sup>b</sup>	71,33±4,16 <sup>ab</sup>	1,50±0,03
1727m	1727m	21,87±2,98	7,26±0,02 <sup>a</sup>	10,00±1,51	2611,50±92,22 <sup>c</sup>	53,75±4,03 <sup>a</sup>	50,00±2,73 <sup>b</sup>	1,57±0,06
F		2,169	22,212	0,022	34,867	5,639	5,887	2,059
P		0,123	0,000	0,978	0,000	0,005	0,006	0,133

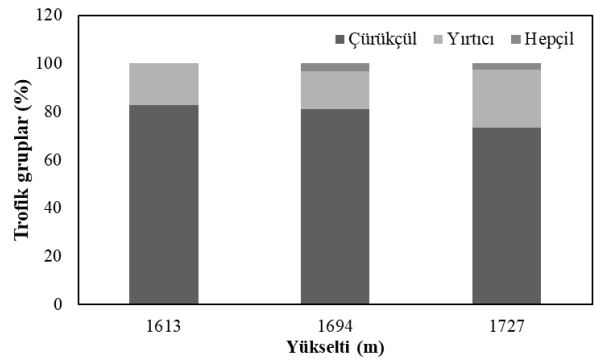


Çizelge 2. Farklı yükseltlerdeki yıllık ortalama mikroeklembacaklı yoğunluğu (bry. m<sup>-2</sup>) ve oranları (%).

Takım	Alt takım/ Familya	Trofik grup	Yükselti					
			1613m	%	1694m	%	1727m	%
Collembola	Isotomidae	Çürükçül	1083	14,3	382	7,2	96	3,7
	Entomobryidae	Çürükçül	287	3,8	637	12,1	96	3,7
	Neanuridae	Çürükçül	85	1,1	414	7,8	-	0,0
	Onychiuridae	Çürükçül	32	0,4	32	0,6	32	1,2
	Sminthurididae	Çürükçül	-	-	223	4,2	32	1,2
	Orchesellidae	Çürükçül	255	3,4	-	-	-	-
	Hypogastruridae	Çürükçül	64	0,8	159	3,0	605	23,2
	Tullbergiidae	Çürükçül	96	1,3	32	0,6	-	-
	Odontellidae	Çürükçül	-	-	-	-	32	1,2
Acari	Orbatidae	Çürükçül	2962	39,1	955	18,1	701	26,8
	Prostigmata	Yırtıcı	701	9,3	637	12,1	350	13,4
	Astigmata	Çürükçül	669	8,8	669	12,7	-	-
	Mezostigmata	Yırtıcı	96	1,3	159	3,0	64	2,4
Arachnida	Araneae	Yırtıcı	159	2,1	212	4,0	96	3,7
Pseudoscorpiones		Yırtıcı	127	1,7	64	1,2	32	1,2
Insecta	Carabidae	Yırtıcı	191	2,5	64	1,2	32	1,2
	Psocoptera	Çürükçül	191	2,5	-	-	191	7,3
	Formicidae	Hepçil	-	-	159	3,0	32	1,2
	Calliphoridae	Yırtıcı	-	-	32	0,6	32	1,2
	Thripidae	Çürükçül	127	1,7	32	0,6	-	-
Larvae	Larva	Çürükçül	159	2,1	255	4,8	127	4,9
Sympyla	Scutigerelellidae	Hepçil	-	-	96	1,8	32	1,2
Diplopoda	Polyxenidae	Çürükçül	255	3,4	32	0,6	-	-
Chilopoda	Lithobiomorpha	Yırtıcı	32	0,4	32	0,6	-	-
	Geophilomorpha	Yırtıcı	-	-	-	-	32	1,2
			7569		5276		2611	



Şekil 2. Farklı yükseltlerdeki mikroeklembacaklı yoğunluğunun mevsimsel değişimi

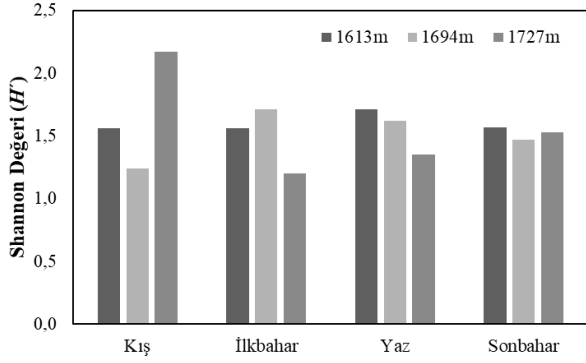


Şekil 3. Farklı yükseltlerdeki mikroeklembacaklıların trofik yapısı

### 3.3. Mikroeklembacaklıların trofik yapısı ve çeşitliliği

Farklı yükseltlerden toplanan mikroeklembacaklılar üç farklı (çürükçül, yırtıcı, hepçil) trofik seviyededir (Şekil 3). En yoğun bulunan trofik seviye çürükçülere aittir daha sonra yırtıcılar gelmektedir. Çürükçüllerin oranı farklı yükseltlerde sırası ile %83, %81 ve %73 dür. Yırtıcılar ise trofik yapının sırası ile %17, %17, %16 ve %24'ünü oluşturmaktadırlar. Genel olarak çürükçüllerin oranı en yüksek yoğunluğa ilkbaharda ulaşırken yırtıcıların oranı ise sonbaharda en yüksek yoğunluğa ulaşmaktadır. En düşük yoğunluk ise her iki trofik grupta da kış ve ilkbahar aylarında elde edilmiştir (Şekil 3).

Shannon çeşitlilik indeksi mikroeklembacaklıların komünite yapısının mevsimsel olarak değişmesine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (Şekil 4). Yapılan varyans analizinde yıllık Shannon değer istatistiksel olarak yükseltler arasında farklılık göstermemektedir ( $P=0,133$ ) (Çizelge 1, Şekil 4).



Şekil 4. Mikroeklembacıklara ait Shannon çeşitlilik değerinin mevsimsel değişimi

### 3.4. Toprak biyolojik kalitesinin mikroeklembacıklar ile belirlenmesi (QBS-ar)

Mikroeklembacıklar kullanılarak hesaplanan QBS-ar değeri yükseltiye bağlı olarak istatistiksel farklılık göstermektedir ( $P=0,005$ ). En yüksek QBS-ar değeri 1694m'de en düşük değer 1727m'de bulunmuştur (Çizelge 1). Yıl içerisinde de kış ve sonbahar mevsimi hariç en düşük QBS-ar değeri 1727 m' de görülmüştür (Şekil 5).

### 3.5. Toprak biyolojik kalitesinin Collembola taksonu ile belirlenmesi (QBS-C)

Collembolaların morfolojik ve ekolojik özelliklerine göre belirlenen QBS-C değeri için Collembola taksonu cins/tür düzeyinde teşhis edilmiştir (QBS-C değerinin mevsimsel değişimine bakıldığında, yaz mevsiminde örnek alanlarda elde edilen Collembola taksonuna ait QBS-C değeri sıfır çıktığından, yaz mevsiminde bir değer elde edilememiştir (Şekil 6). Kış ve sonbahar mevsiminde 1613m yükseltide en yüksek QBS-C değeri bulunurken ilkbahar mevsiminde 1694 m yükseltide en yüksek değer bulunmuştur. Çizelge 3.).

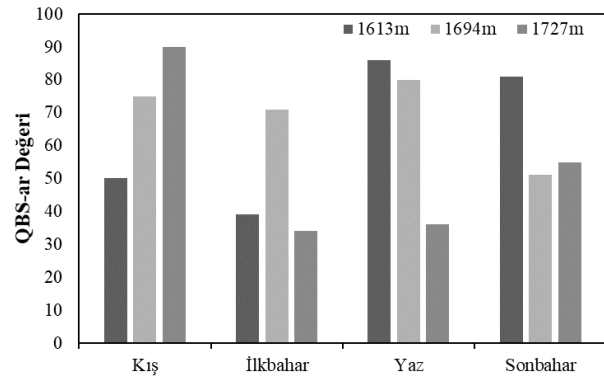
Bu bölge için ülkemizde Collembolalar ilk defa teşhis edilmiştir. QBS-C değeri farklı yükseltelerde istatistiksel farklılık göstermektedir ( $P>0,05$ ). En yüksek değer 1613 m'de bulunurken yükselti arttıkça QBS-C değeri de düşmektedir (Çizelge 1).

QBS-C değerinin mevsimsel değişimine bakıldığında, yaz mevsiminde örnek alanlarda elde edilen Collembola taksonuna ait QBS-C değeri sıfır çıktığından, yaz mevsiminde bir değer elde edilememiştir (Şekil 6). Kış ve sonbahar mevsiminde 1613m yükseltide en yüksek QBS-C değeri bulunurken ilkbahar mevsiminde 1694 m yükseltide en yüksek değer bulunmuştur.

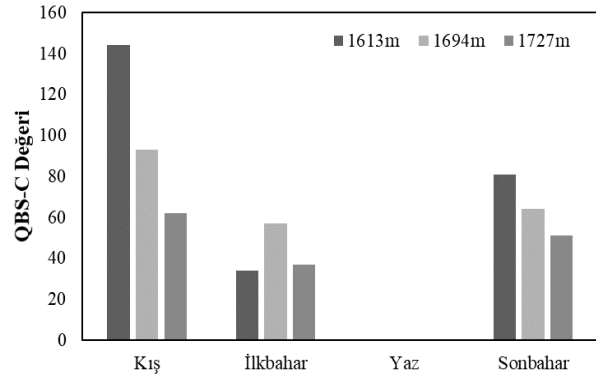
Çizelge 3. Çalışma alanında teşhis edilen Collembola taksonu ve toprak biyolojik kalitesinin belirlenmesinde kullanılan ekomorfolojik indeks (EMI) değerleri

Familya	Cins / Tür	EMI değeri
Isotomidae	<i>Paristoma notabilis</i> *	17
	<i>Folsomia inoculata</i> *	27
	<i>Folsomia manolachei</i> *	24
Entomobryidae	<i>Orchesella sp</i> *	0
	<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> *	5
Neanuridae	<i>Pseudachorutes dubius</i> *	14
Onychuridae	<i>Protaphorura microsellata</i> **	37
Sminthurididae	<i>Sphaeridia pumilis</i> *	15
	<i>Schoetella unguiculata</i> *	20
	<i>Ceratophysella denticulata</i> *	14
Hypogastruridae	<i>Hypogastrura vernalis</i> *	14
	<i>Xenylla sp</i> *	17

\*: Kayseri/Berçin yaylası için yeni kayıt, \*\*: Türkiye için yeni kayıt



Şekil 5. Mikroeklembacıklara ait QBS-ar değerlerinin mevsimsel değişimi



Şekil 6. Collembolalara ait QBS-C değerlerinin mevsimsel değişimi

## 4. Tartışma ve sonuç

### Yoğunluk

Mikroeklembacıkların yoğunluğu üzerinde iklim, toprak yapısı, bitki türü ve diğer canlılar rol oynamaktadır ve miktarları metrekarede yüzbinleri bulabilmektedir (Coleman vd., 2018). Collembola ve Akari toprak ekosisteminde en bol bulunan ve çeşitliliği göreceli olarak fazla olan mikroeklembacıklı taksonlarıdır (Petersen ve Luxton, 1982). Bireysel bolluk açısından, Berçin Yaylası'ndaki farklı yükseltelerde bulunan toprak

mikroeklembacılıkları içerisinde de en fazla bulunan Collembola ve Acari taksonlarıdır, ardından Insecta taksonu gelmektedir. Mikroeklembacılıkların hem takson çeşitliliği hem de miktarları yükselti arttıkça azalmaktadır ve birçok mikroeklembacıklı gruba (Orchesellidae, Astigmata, Thripidae, Polyxenidae ve Lithobiomorpha) alt yükselti basamaklarındaki habitatlarda bulunmaktadır. Bu durum, çalışma alanındaki yükselti boyunca bitki kompozisyonu ve toprak özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmış olabilir. Richardson vd. (2005) toprak mikroeklembacılıkların, komünite yapılarının ve tür zenginliğinin yükselti boyunca farklı orman yapılarından kaynaklandığını göstermiştir. Orman ekosistemini oluşturan ağaçlar büyük boyutlu gövdeleri ile geniş tepe çatıları ve orman zemininde oluşturdukları ölü örtü sayesinde farklı nişler ve mikro habitatlar oluştururken (Hooper vd., 2000; Irmiler, 2006) toprak sıcaklığının değişmesini de sağlarlar (Liu vd., 2012; Shachak vd., 2008) böylece orman ekosistemlerinin daha fazla çeşitlilikte toprak faunasına ev sahipliği yapmasına neden olurlar (Jiang vd., 2015).

Yukarıdaki bulguların aksine dört farklı orman habitatında yürütülen çalışmada toprak mikroeklembacıklı miktarı yükseltiye bağlı olarak istatistiksel farklılık göstermemiştir (Illig vd., 2008; Olson, 1994). Yükseltiye bağlı olarak sıcaklık düşmekte bu da ayrışma sürecini azaltmakta ve kalın bir ölü örtü oluşturarak toprak mikroeklembacıklı miktarını arttırmış olabilir (Jiang vd., 2015). Mikroeklembacılıkların toprak özelliklerine olan adaptasyonları, iklime kıyasla miktarlarını belirlemede daha önemli bir faktör olabilmektedir ve bu da yükselti basamakları boyunca daha toleranslı olmalarına neden olabilmektedir (Lawton vd., 1987; Richardson vd., 2005). Sonuç olarak yukarıda verilen literatür bilgileri, yapılan çalışmada 1613 m ve 1694 m' deki mikroeklembacıklı miktarında istatistiksel fark yokken 1727 m yükseltide farklı çıkmasını açıklamaktadır.

### Çeşitlilik

Mikroeklembacılıkların çeşitliliği, farklı habitatlara, besin miktarı ve kalitesi ile avcı türlerin miktarına bağlı olarak değişmektedir (Cakir ve Makineci, 2013; Clapperton vd., 2002; Palacios-Vargas vd., 2011). Yükselti boyunca bitki örtüsünün değişimine bağlı olarak mikroeklembacıklı çeşitliliği de değişmektedir (Richardson vd., 2005). Jiang vd. (2015) yükseltinin toprak özelliklerine olan önemli etkisi sonucunda mikroeklembacıklı çeşitliliğinin değiştiğini belirtmiştir. Fakat yapılan çalışmalarda yükselti basamağı 780 m ile 2480 m arasında yapıldığından, yükseltinin iklim, bitki ve toprak üzerine olan etkisi de önemli düzeyde olmaktadır (Jiang vd., 2015; Richardson vd., 2005). Berçin Yaylası'ndan elde edilen en yüksek Shannon çeşitlilik değerleri en düşük yükseltide bulunmasına rağmen yükselti arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. Bunun sebebi örnek sayısının ve yükselti basamakları arasındaki mesafenin az olması sonucu, çeşitlilik bakımından örnek alanlar arasındaki fark belirlenememiş olabilir.

### QBS-ar

Toprak biyolojik kalitesi (QBS-ar) son yıllarda geliştirilen ve mikroeklembacılıklar kullanılarak mikroeklembacıklı topluluğunun biyolojik çeşitliliğini,

toprak ekosistemine göstermiş oldukları adaptasyonun derecesi ile birleştirerek toprakta meydana gelen bozulmaların göstergesi olarak kabul eden toprak biyolojik kalitesi hakkında bilgi sağlar (Parisi vd., 2005). QBS-ar indeksi, farklı arazi kullanımı (Begum vd., 2014), tarımsal faaliyetler (Aspetti vd., 2010), maden sahaları (Menta vd., 2014), silvikültürel müdahaleler (Venanzi vd., 2016), farklı ağaç türleri (Çakır, 2019a) ve orman karıncaları (Çakır, 2019b) gibi etkenlerin mikroeklembacılıklar üzerindeki etkisinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. QBS-ar değeri de yapılan çalışmalarda yükselti boyunca azalma eğilimi göstermektedir (Begum vd., 2011). Benzer olarak Berçin Yaylası'nda farklı yükseltide yapılan çalışmada da yükselti ile QBS-ar değeri azalmıştır.

### QBS-C

Collembola, hem tür sayısı hem de mevcut birey sayısı açısından toprak eklembacılıklarının en önemli gruplarından birini temsil etmektedir (Rusek, 1998). Bu taksonomik grup çeşitlilikleri ve yoğunluklarının birçok toprak faktöründen (toprağın organik maddesi, nem ve pH) etkilenmesi ve toprak özelliklerine göre değişen vücut adaptasyonları ile toprak kalitesinin değerlendirilmesinde önemli canlılardan biri olmaktadır (de Oliveira Filho vd., 2016; Santorufo vd., 2012). QBS-C metodolojik yaklaşımı, QBS-ar açısından farklıdır. QBS-C, Collembola taksonuna ait tüm EMI değerlerini dikkate alırken, QBS-ar toprak örneğinden ekstrakt edilmiş bütün biyolojik formlara ait en yüksek değeri değerlendirir. QBS-ar değeri en fazla 195 olurken QBS-C değeri en fazla 40 olabilir. Ayrıca QBS-C'nin potansiyel bir problemi, bu indeksin QBS-ar'a kıyasla daha yüksek bir taksonomik bilgiye sahip olunmasıdır. QBS-ar da mikroeklembacılıklar takım düzeyinde teşhis edilirken QBS-C de Collembola taksonu cins düzeyinde teşhis edilmesi gerekir. Ülkemizde Collembola taksonu ile ilgili çalışmaların sayısı az olmakla birlikte (Özata vd., 2017a; Özata vd., 2017b) Berçin Yaylası'nda farklı yükseltide yapılan bu çalışmada teşhis edilen Collembola taksonuna ait tür ve cinsler Kayseri/Berçin yaylası için yeni kayıt iken *Protaphorura microsellata* türü Türkiye için yeni kayıttır (Özata vd., 2017c; Sevgili ve Özata, 2014).

Collembola taksonunun en yüksek miktar ve çeşitliliği bahar aylarında ulaşmaktadır (Wiwatwitaya ve Takeda, 2005). Toprak nemine ihtiyaç duyan Collembola taksonu yaz kuraklığından olumsuz etkilenerek miktarları hızla düşmektedir (Cakir ve Makineci, 2013; Christiansen, 1964). Benzer olarak yapılan çalışmada en yüksek QBS-C değerleri bahar mevsiminde elde edilmiş ve yaz mevsiminde QBS-C değeri elde edilememiştir. Toprak neminin %20'nin altına düştüğü zamanlarda birçok Collembola taksonu alandan çekilmiştir ve EMI değeri sıfır olan Entomobryidae gibi taksonlar bulunduğu yaz ayında QBS-C değeri elde edilememiştir. QBS-C ile yapılan çalışmalar çok sınırlı olması diğer çalışmalar ile bu çalışmaların kıyaslanmasını güçleştirmektedir (Parisi vd., 2003).

Sonuç olarak mikroeklembacılıkların yoğunluğu, QBS-ar ve QBS-C değerleri yükselti boyunca azalma göstermiştir. Mikroeklembacıklı yoğunluğu ve toprak biyolojik kalitesi birçok ekosistem sürecinde önemli gösterge olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde mikroeklembacılıklar ile ilgili çalışmalar yetersizdir. QBS-ar son yıllarda kullanımı artmaktadır bu durumum toprak biyolojik kalitesinin değerlendirilmesini

kolaylaştırmaktadır. QBS-ar değerlerinin daha geniş alanlarda kullanımı ile Toprak Biyolojik Kalitesi haritacılığı için öncü bir temel oluşturabilir. QBS-C indeksi, uygulamasının daha zor olmasına rağmen, yükseltiller arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde etkili olduğunu göstermiştir.

#### Kaynaklar

- Akkaya, A., Uğurtaş, İ.H., 2006. The feeding biology of *Ophisops elegans* Menetries, 1832 (Reptilia: Lacertidae) populations of the Bursa region. *Turkish Journal of Zoology*, 30: 357-360.
- Akkemik, Ü., 2018. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Aspetti, G.P., Boccelli, R., Ampollini, D., Del Re, A.A., Capri, E., 2010. Assessment of soil-quality index based on microarthropods in corn cultivation in Northern Italy. *Ecological Indicators*, 10: 129-135.
- Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T., García, C., 2008. Past, present and future of soil quality indices: a biological perspective. *Geoderma*, 147: 159-171.
- Begum, F., Bajracharya, R.M., Sharma, S., Sitaula, B.K., 2011. Assessment of soil quality using microarthropod communities under different land system: A case study in the mid-hills of central Nepal. *Journal of Life Sciences*, 5: 66-73.
- Begum, F., Bajracharya, R.M., Sitaula, B.K., Sharma, S., Ali, S., Ali, H., 2014. Seasonal dynamics and land use effect on soil microarthropod communities in the Mid-hills of Nepal. *Int. J. Agron. Agri. Res.*, 5: 114-123.
- Bei-Bienko, G.Y., Blagoveshchenskii, D.I., Chernova, O.A., Datsig, E.M., Emel'yanov, A.F., Kerzhner, I.M., Loginova, M.M., Martynova, E.F., 1967. Keys to Insects of the European USSR. *Akademiya Nauk, USSR*.
- Bozkuş, H.F., 1989. Toros Göknaarı (*Abies cilicica* Carr.)'nın Türkiye'deki Doğal Yayılış ve Silvikültürel Özellikleri, (Doktora Tezi). Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, OGM Yayınları, Ankara.
- Bretfeld, G., 1999. Symphypleona Synopses on Palaearctic Collembola. *Staatliches Museum für Naturkunde, Görlitz*.
- Cakir, M., Makineci, E., 2013. Humus characteristics and seasonal changes of soil arthropod communities in a natural sessile oak (*Quercus petraea* L.) stand and adjacent Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) plantation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 8943-8955.
- Christiansen, K., 1964. Bionomics of collembola. *Annual Review of Entomology*, 9: 147-178.
- Clapperton, M.J., Kanashiro, D.A., Behan-Pelletier, V.M., 2002. Changes in abundance and diversity of microarthropods associated with Fescue Prairie grazing regimes. *Pedobiologia*, 46: 496-511.
- Coleman, D.C., Callahan, M.A., Crossley Jr, D., 2018. *Fundamentals of soil ecology*, 3rd Edition. Academic press.
- Coleman, D.C., Crossley, D.A., Hendrix, P.F., 2004. *Fundamentals of soil ecology*. Academic Press, USA.
- Çakır, M., 2019a. Belgrad Ormanının Toprak Biyolojik Kalite İndeksinin Mikroeklembacıklar ile Belirlenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 5: 38-45.
- Çakır, M., 2019b. The negative effect of wood ants (*Formica rufa*) on microarthropod density and soil biological quality in a semi-arid pine forest. *Pedobiologia*, 77: 150593.
- Çakır, M., Makineci, E., 2011. Toprak faunası: sınıflandırılması ve besin ağındaki yeri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 61: 43-55.
- de Oliveira Filho, L.C.I., Klauber Filho, O., Baretta, D., Tanaka, C.A.S., Sousa, J.P., 2016. Collembola community structure as a tool to assess land use effects on soil quality. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40: 1-18.
- Dindal, D.L., 1990. *Soil biology guide*. Wiley, New York.
- Fjellberg, A., 1998. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part 1: Poduromorpha fauna, Brill.
- Fjellberg, A., 2007. The Collembola of Fennoscandia and Denmark Part II: Entomobryomorpha and Symphypleona, Brill.
- Hooper, D.U., Bignell, D.E., Brown, V.K., Brussaard, L., Mark Dangerfield, J., Wall, D.H., Wardle, D.A., Coleman, D.C., Giller, K.E., Lavelle, P., 2000. Interactions between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: patterns, mechanisms, and feedbacks. *BioScience*, 50: 1049-1061.
- Hopkin, S.P., 2007. A key to the Collembola (springtails) of Britain and Ireland. FSC publications, England.
- Igor Kaprus, W.W., Paśnik, G., 2016. Collembola of the genus Protaphorura Absolon, 1901 (Onychiuridae) in the Eastern Palearctic: morphology, distribution, identification key. *ZooKeys*: 119.
- Illig, J., Schatz, H., Scheu, S., Maraun, M., 2008. Decomposition and colonization by micro-arthropods of two litter types in a tropical montane rain forest in southern Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*: 157-167.
- Irmiler, U., 2006. Climatic and litter fall effects on collembolan and oribatid mite species and communities in a beech wood based on a 7 years investigation. *European Journal of Soil Biology*, 42: 51-62.
- Jiang, Y., Xiuqin, Y., Fubin, W., 2015. Composition and spatial distribution of soil mesofauna along an elevation gradient on the north slope of the Changbai Mountains, China. *Pedosphere*, 25: 811-824.
- Joo, S.J., Yim, M.H., Nakane, K., 2006. Contribution of microarthropods to the decomposition of needle litter in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantation. *Forest ecology and management*, 234: 192-198.
- Jordana, R., Arbea, J.I., 1989. Clave de identificación de los géneros de Colémbolos de España (Insecta: Collembola). *Publicaciones De Biología De La Universidad De Navarra, Pamplona*.
- Kaprus, I.J., Weiner, W.M., 2009. The genus Pseudochorutes Tullberg, 1871 (Collembola, Neanuridae) in the Ukraine with descriptions of new species. *Zootaxa*, 2166: 1-23.
- Karaöz, M.Ö., 1989. Toprakların bazı kimyasal özelliklerinin (pH, karbonat, tuzluluk, organik madde, total azot, yararlanılabilir fosfor) analiz yöntemleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 39: 64-82.
- Krantz, G.W., 1978. *A manual of acarology* (2nd edition). Oregon St Univ Bookstores, Corvallis.
- Lawton, J., MacGarvin, M., Heads, P., 1987. Effects of altitude on the abundance and species richness of insect herbivores on bracken. *The Journal of Animal Ecology*, 56: 147-160.
- Liu, J.-L., Li, F.-R., Liu, C.-A., Liu, Q.-J., 2012. Influences of shrub vegetation on distribution and diversity of a ground beetle community in a Gobi desert ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 21: 2601-2619.
- Mateos, E., 2011. New Lepidocyrtus Bourlet, 1839 taxa from Greece (Collembola: Entomobryidae). *Zootaxa*, 3108: 25-40.
- Mateos, E., 2012. The European Lepidocyrtus lanuginosus group (Collembola: Entomobryidae), definition and description of a new species from Spain. *Zootaxa*, 3570: 69-81.
- Meehan, T.D., Drumm, P.K., Schottland Farrar, R., Oral, K., Lanier, K.E., Pennington, E.A., Pennington, L.A., Stafurik, I.T., Valore, D.V., Wylie, A.D., 2006. Energetic equivalence in a soil arthropod community from an aspen-conifer forest. *Pedobiologia*, 50: 307-312.
- Menta, C., Conti, F., Pinto, S., Leoni, A., Lozano-Fondón, C., 2014. Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy. *Applied Soil Ecology*, 83: 22-29.
- Menta, C., Tagliapietra, A., Caoduro, G., Zanetti, A., Pinto, S., 2015. Ibs-Bf and Qbs-Ar comparison: Two quantitative indices based on soil fauna community. *EC Agriculture*, 2: 427-439.
- Olson, D.M., 1994. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 129-150.

- Özata, M.A., 2015. Ordu ili Collembola (Hexapoda) faunasının belirlenmesi üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Özata, M.A., Sevgili, H., Kaprus, I., 2017a. New records of springtail fauna (Hexapoda: Collembola: Entomobryomorpha) from Ordu Province in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 41: 24-32.
- Özata, M.A., Sevgili, H., Kaprus, I., 2017b. Contribution to the Collembola (Hexapoda) fauna of Turkey from Ordu and Rize provinces. *Bihorean Biologist*, 11: 117-120.
- Özata, M.A., Sevgili, H., Kaprus, I.J., 2017c. Poduromorpha fauna of Ordu province in Turkey (Hexapoda: Collembola). *Bitki Koruma Bülteni*, 57: 231-250.
- Özkan, K., 2016. Biyolojik çeşitlilik bileşenleri ( $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$ ) nasıl ölçülür? SDÜ Basımevi, Isparta.
- Palacios-Vargas, J., Castaño-Meneses, G., Estrada, D.A., 2011. Diversity and dynamics of microarthropods from different biotopes of Las Sardinias cave (Mexico). *Subterranean biology*, 9: 113.
- Parisi, V., 2001. La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi. *Acta naturalia de l'Ateneo Parmense*, 37: 105-114.
- Parisi, V., Menta, C., 2008. Microarthropods of the soil: convergence phenomena and evaluation of soil quality using QBS-ar and QBS-c. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17: 1170-1174.
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., 2003. Evaluation of soil quality and biodiversity in Italy: the biological quality of soil index (QBS) approach, *Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis*. Rome: Proceedings from an OECD Expert Meeting, pp. 1-12.
- Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C., Mozzanica, E., 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105: 323-333.
- Petersen, H., 2002. General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium. *Pedobiologia*, 46: 246-260.
- Petersen, H., Luxton, M., 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*, 39: 288-388.
- Pomorski, R.J., Skarżyński, D., 1992. Collembola Polski: rysunkowy klucz do oznaczenia. *Biologica Silesiae*, Wrocław.
- Potapov, M., 2001. Synopses on Palaearctic Collembola, Volume 3, Isotomidae. *Senckenberg Museum of Natural History Görlitz*.
- Richardson, B.A., Richardson, M.J., Soto-Adames, F.N., 2005. Separating the effects of forest type and elevation on the diversity of litter invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. *Journal of Animal Ecology*, 74: 926-936.
- Rusek, J., 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity & Conservation*, 7: 1207-1219.
- Salmon, S., Mantel, J., Frizzera, L., Zanella, A., 2006. Changes in humus forms and soil animal communities in two developmental phases of Norway spruce on an acidic substrate. *Forest ecology and management*, 237: 47-56.
- Santorufu, L., Van Gestel, C.A., Rocco, A., Maisto, G., 2012. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. *Environmental Pollution*, 161: 57-63.
- Sevgili, H., Özata, M.A., 2014. Checklist of the springtails (Hexapoda: Collembola) of Turkey. *Zoology in the Middle East*, 60: 162-168.
- Shachak, M., Boeken, B., Groner, E., Kadmon, R., Lubin, Y., Meron, E., Ne'Eman, G., Perevolotsky, A., Shkedy, Y., Ungar, E.D., 2008. Woody species as landscape modulators and their effect on biodiversity patterns. *Bioscience*, 58: 209-221.
- Shannon, C., Weaver, W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- SPSS, 2011. *IBM SPSS statistics base 20*. SPSS Incorporated, Chicago, IL.
- Stach, J., 1960. The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects Tribe: Orchesellini. *Nakladem Polskiej Akademii Umiejetnosci*, Krakow.
- Swift, M.J., Heal, W., Anderson, J.M., 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. University of California Press, Berkeley.
- Thibaud, J.M., Schulz, H.J., da Gama Assalino, M.M., 2004. Synopses on Palaearctic Collembola; Vol. 4. Hypogastruridae. *Staatliches Museum für Naturkunde Görlitz*, Germany.
- Venanzi, R., Picchio, R., Piovesan, G., 2016. Silvicultural and logging impact on soil characteristics in Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Mediterranean coppice. *Ecological Engineering*, 92: 82-89.
- Wiwatwitaya, D., Takeda, H., 2005. Seasonal changes in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of north-east Thailand, with special reference to collembolan communities. *Ecological Research*, 20: 59-70.

## Sürütme yolları ve yoğunlukları üzerine değerlendirmeler

Mehmet Eker<sup>a,\*</sup> 

**Özet:** Ormanların optimal şekilde işletmeye açılmasında yol ağları, ulaşım ve taşıma altyapısının temel unsurudur. Ana ve tali orman yolları ile yeterince işletmeye açılmayan orman alanlarında üçüncül yollar olarak sürütme ve/veya traktör yolları yapılarak sürütme mesafeleri kısaltılmaya ve sürütme maliyetleri azaltılmaya çalışılır. Ormanlılığa yönelik birçok uygulamada olduğu gibi sürütme yollarının da orman ekosistemi üzerinde geçici ve/veya kalıcı olumsuz etki potansiyeli bulunmaktadır. Öte yandan, herhangi üretim bölmesi veya bölmeceğinde, üretim operasyonları için sürütme yol uzunluğunun nasıl bir artış gösterdiğine ilişkin yeterli veri, bilgi ve kayıtlara rastlanmamaktadır. Bu çalışmanın amacı; sürütme yollarının niteliklerini özetlemek, ayırt edici özelliklerini tarif etmek, örnek alınan bazı üretim bloklarında sürütme yolu yoğunluklarını hesaplayıp bu değerlerin değişimine göre sürütme yolu ağlarının potansiyel ekolojik etkileri konusunda bazı değerlendirmeler yapmaktır. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde, Google Earth programından yararlanılarak rastgele seçilen 30 adet üretim ünitesinin, üretim öncesi ve sonrasındaki uydu görüntüleri üzerinden sürütme yolu yoğunlukları hakkında veri toplanmış ve analiz edilmiştir. Buna göre, üretim sezonunun hemen bitiminde, sürütme yolu uzunluklarının üretim üniteleri başına ortalama 3290 m olduğu ve sürütme yol yoğunluğunun da ortalama 83.1 m/ha'a eriştiği belirlenmiştir. Sürütme yollarının ortalama 3 m genişlikte bir alan kaybına neden olduğu kabul edildiğinde; 1 ha'lık orman alanının yaklaşık % 2.5'i sürütme yollarından dolayı kaybolmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Sürütme yolu, Orman yolu, Yol yoğunluğu, Çevresel etkiler, Traktör yolu, Tali yollar

## Assessment on skidding roads and densities

**Abstract:** Terrestrial road networks constitute the main transportation and transportation infrastructure for opening up of the forests in an optimal way. Skidding distances are tried to be shortened by constructing skidding and / or tractor roads as tertiary roads in main and secondary forest roads and forest areas that cannot be opened to operation sufficiently. Any treatment on the forest ecosystem has negative effects. Drag road networks also contain the potential to damage the forest ecosystem with their temporary and permanent effects. However, there is not enough data, information and records about how the skidding path length increases during or after the production in any production chamber or divider. The aim of this study is; to summarize the characteristics of the skidding paths, to calculate the skidding densities in some sample production blocks, and to evaluate the potential ecological effects of the skidding path networks. Within the boundaries of Isparta Regional Directorate of Forestry, data on the existence of skidding paths was collected and analyzed over the pre-production and post-production satellite images of 30 randomly selected production sections using the Google Earth program. Accordingly, at the end of the production season, it was determined that the average length of the skidding road per production compartment was 3290 m and the skidding road density was 83.1 m/ha on average. When it is accepted that the skidding roads cause an area loss of 3 m width; approximately 2.5 % of 1 ha of forest area is lost due to skidding roads.

**Keywords:** Skidding road, Forest road, Road density, Environmental impacts, Tractor roads, Tertiary roads

### 1. Giriş

Üretim fonksiyonuyla yönetilen ormanların optimal şekilde işletmeye açılmasında, yol ağları, transport altyapısının ana unsurunu oluşturur. Tali (ikincil) orman yollarının (OGM, 2008), orman alanlarını işletmeye açma kapasitesi; orman içlerine kadar nüfuz edebilecek aralık ve yoğunlukta olmasına ve sürütme mesafesini kısaltmasına bağlı olarak önem kazanır. Yol yoğunluğunun düşük ve yol aralığının yüksek olduğu ve buna bağlı olarak da sürütme mesafesinin uzun ve sürütme maliyetlerinin de yüksek olduğu meşcerelerde, tali orman yollarının yapım-bakım masraflarından kaçınmak ve yol inşaatından kaynaklı orman alanı zayıflığını azaltmak için geometrik özellikleri nispeten düşük ve yapımı basit olan üçüncül derecedeki sürütme ve/veya traktör yollarından ve sürütme şeritlerinden

(izlerinden) yararlanılabilmektedir. Bu yollar; meşcere içindeki oduna dayalı orman emvalinin en yakın orman yoluna çeşitli araçlarla sürütülmesi (yükün, kısmen ya da tamamen zeminle temas halindeyken çekilmesi) ve/veya taşınması (yükün tamamen bir taşıyıcıya yüklenerek götürülmesi) amacıyla yapılır.

Sürütme yolları; vadi, yamaç veya sırtlardaki orman yollarından ayrılarak meşcere içerisine giren araziye uygun sürütme araçlarının (tarım traktörleri, orman traktörleri, sürütücüler (skidder), tomruk arabaları (forwarder) ve yükleyicilerin) gidiş gelişine elverişli yollar olup meşcere içini işletmeye açmaya yarayan standardı ve yapım masrafları düşük yollardır (Tavşanoğlu, 1971; Bayoğlu, 1996; Erdaş vd., 2014). Sürütme yollarının yapılmasıyla; özellikle traktör gibi motorlu sürütme araçlarının gidiş gelişlerinin belirlenmiş güzergâhlara yönlendirilmesi ve

✉ <sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 11.11.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 18.12.2020



**Citation** (Atıf): Eker, M., 2020. Sürütme yolları ve yoğunlukları üzerine değerlendirmeler. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 396-406. DOI: [10.18182/tjf.824478](https://doi.org/10.18182/tjf.824478)

buralarda hareket etmesini sağlamak ve böylelikle bu araçların orman zeminine girmesini önleyerek orman alanı ve verim kaybının engellenmesi hedeflenir.

Ormanların işletmeye açılması ve bölmeden çıkarma operasyonlarının kotarılması açısından teknik ve ekonomik önemine rağmen sürütme yolları da, orman yolları gibi, birim alandaki yol varlığına bağlı olarak orman ekosistemi üzerinde, olumsuz etkiler gösterebilir. Çünkü üretim amacıyla yapılan ikincil ve üçüncül yollar, ormanların parçalanması dahil olmak üzere çeşitli olumsuz ekolojik etkilerle doğrudan bağlantılıdır (Forman, 1995; Acar ve Şentürk, 1996; Forman ve Deblinger, 2000; Gucinski vd., 2001; Trombulak ve Frisell, 2000; Alkan ve Eker, 2005; Eker ve Acar, 2005; Coffin, 2007; Eker vd., 2010a; Eker ve Çoban, 2010). Sürütme operasyonları sırasında meşcere, toprak ve su kaynakları üzerinde çeşitli zararlar oluşmaktadır (Görcelioğlu, 2004; Makineci vd., 2007; Akay vd., 2014). Arazi bütünlüğü ölçüğünde, yol ağının en önemli ekolojik etkileri; arazi bütünlük sürecinin ve yapısının kesintiye uğratılması ve biyoçeşitlilik kaybıdır (Harris vd., 1996). Ormanın iç kesimlerinde yapılan yolları, organizma hareketlerine engel olarak gören pek çok araştırma vardır ve bu açıdan bakıldığında, yolların, habitatlar açısından bir parçalanma unsuru olduğu kabul edilir (Mader vd., 1990; Noss, 1995; Reed vd., 1996). Yol ağı, büyük bir bütünsel araziyi bölmekte, habitat fragmentasyonuna, alan küçülmesine ve yıpranmasına öncülük etmektedir. Orman içi yol yoğunluklarıyla üretim bloklarının konumsal-biçimsel konfigürasyonu arasındaki ilişkiler; yol yoğunluklarının ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerini işaret etmektedir (Forman, 1995). Ancak bu konuda da çok az şey bilinmektedir. Oysa, yollarla orman poligonlarının şekilleri arasındaki ilişki; ormanın konumsal yapısının parçalanması açısından gelecekte ne gibi durumlarla karşılaşabileceğinin kestirilmesi hususunda önemli bir belirteçtir (D'Eon, 2007; Eker vd., 2010a). Diğer orman içi yollarda olduğu gibi, sürütme yollarının ve yol ağının ekolojik etkilerini değerlendirmede ve anlamada yol yoğunluğunu, betimleyici ve kullanışlı bir gösterge olarak kullanmak mümkündür.

Öte yandan, bir üretim ünitesinde orman ürünleri transportu için ne kadar sürütme yolu yapılması gerektiği ve yoğunluğunun hangi miktarda tutulabileceği konusunda sayısal değerler içeren tatminkar teorik ve uygulamalı çalışmalara pek rastlanmamaktadır. Ancak oduna dayalı orman ürünlerinin bölmeden çıkarılması operasyonlarında; makine (tarım traktörü) kullanımının artması ve bunun teşvik edilmesi, endüstriyel plantasyonların yaygınlaşması, dikili ağaç satışı uygulamalarının artması, kesim artışı (Eker vd., 2010b; Eker vd., 2011) ve dip kütük-kök üretimi eğilimlerine paralel olarak taşıma işlerinin kolaylaştırılması ve işletmeye açma oranının artırılması gibi lojistik nedenlerden dolayı sürütme yolları, transport tesisleri içinde önemli hale gelmektedir.

Orman transport tesisleriyle ilgilenilirken çoğunlukla tali orman yolları üzerinde odaklanıldığından; teknik, ekonomik ve çevresel açıdan yapılan değerlendirmelerde sürütme yolları geri planda kalmaktadır. Halihazır mevzuat (292 sayılı tebliğ (OGM, 2008)) çerçevesinde, tali orman yolları haricinde, meşcere içinde transport amacıyla yapılan traktör yollarının planlanması konu edilmekte ve maliyetleri dikkate alınmaktadır. Sürütme yolları, orman yollarını ilgilendiren mevzuatta değerlendirilmeyip üretim işlerine yönelik mevzuat (mülga 288 sayılı tebliğ (OGM, 1996) ve

310 sayılı tebliğ (OGM, 2020)) kapsamında ele alınmıştır. Gerek teoride gerekse uygulamada; sürütme yolları, traktör yollarıyla ve sürütme şeritleri (izleri) ile karıştırılmakta, adlandırılmalarda birbirlerinin yerine kullanılmakta ve zaman zaman transport problemlerinin çözümüne yönelik önerilerde birbirlerinden ayırt edilememekte ve bu tesislerin tarifi açısından kavram kargaşası yaşanmaktadır.

Üretim operasyonlarından sonra sahaya bakıldığında; tali orman yollarına ilaveten yamaç araziye dağılımı ve işletmeye açma kapasitesini desteklemiş olan ve şekilsel olarak orman yollarından daha dar, kısa ve çoğunlukla gergin şekilde görülen üçüncül derecedeki yolların, sürütme yolu olarak tarif edilebileceğini iddia etmek mümkündür. Bu çalışmanın amacı; 1) üretim operasyonlarından dolayı sürütme yolu uzunlukları ve buna bağlı olarak yol yoğunlukları miktarının uydu görüntüleri üzerinden hızlıca ölçülüp hesaplanabilirliğinin ortaya konulması, 2) sürütme yollarının özellikleri dikkate alınarak ayırt edici bir tarifi ortaya konulması, bunun belirginleştirilmesi ve kavram kargaşasının giderilmesi ve 3) orman içinden geçen yol ağlarının potansiyel ekolojik etkileri göz önünde bulundurularak sürütme yollarının çevresel yönden bazı potansiyel etkilerine dikkat çekilmesidir. Bu kapsamda, literatür destekli olarak sürütme yollarına ilişkin tanımlamalar yapılmış ve mevzuat açısından durumu analiz edilip değerlendirilmiş; açık erişimli uydu görüntüleri üzerinden biçimsel ve hızlı bir değerlendirme yöntemiyle (30 adet) örnek üretim üniterinde (bloklarında/bölmelerinde/bölmeciklerinde) orman yolları ve sürütme yolları karşılaştırmalı olarak ölçülmüş ve yol yoğunlukları hesaplanıp değerlendirilmiş; üretim bloklarının konumsal yapısı (poligon şekli) ile yol yoğunlukları arasında bir ilişki olup olmadığı belirlenmiş ve de sürütme yollarının sebep olabileceği muhtemel çevresel etkiler hususunda bir çıkarım yapılmaya çalışılmıştır. Ancak, bu çalışmada, sürütme yolları ile üretim bloklarının topoğrafik özellikleri, yolların işletmeye açma kapasitesi, sürütme mesafeleri, vb. üretim operasyonlarının karakteristik bileşenleri arasındaki ilişkiye yönelik bir analiz ve değerlendirme yapılmamıştır.

### 1.1. Sürütme yollarının genel özellikleri

Sürütme yolları, dağ ormanlarına özgün tipik bir orman yolu olarak nitelendirilebilir (Tavşanoğlu, 1971). Standart orman yollarıyla işletmeye açılmayan meşcerelerde, halihazır orman yol ağı ile bağlantılı olarak arazi topoğrafyasına uyumlu, çok iyi derecede işletmeye açmayı sağlayacak düzende, sağlam zeminde, olabildiğince gergin ve kısa olacak şekilde planlanıp ve tasarlanırlar. Orman yol ağı planıyla ve varsa traktör yol planı ile uyumlu olmasına dikkat edilir. Sürütme yolları, standart orman yolu ile işletmeye açmanın yeterli olmadığı; havai hat kullanımının mümkün olmadığı veya sürütme mesafesinin çok uzun olduğu yamaçlarda; kontrolsüz kaydırma, traktörle kablo çekimi veya kısa mesafeli vinçli havai hat gibi çeşitli seçeneklerin kullanılmasını sağlamak için ürünün en yakın standart yola ve/veya rampaya sürütülmesini ekonomik, emniyetli ve estetik şekilde sağlamak için yapılır. Sürütme yolu güzergahlarının belirlenmesi sırasında meşcerelerin zarar görmemesine ve doğaya uygun halde kalmasına özellikle dikkat edilir. Sürütme yolları, kalıcı transport tesisleri olarak düşünülmesine rağmen yolun ekonomik olmasına özen gösterilir (Bayoğlu, 1996).

Kural olarak sürütme yollarından sadece arazide çalışabilen araçlar yararlanabilir. Kamyon vb. ağır aks yüküne sahip araç trafiğine izin verilmez. Sürütücü araçların hız yapmasına gerek kalmadığından düşük yapım standartlarında inşa edilirler. Sürütme yolları, arazi yamaç eğiminin %30 ile maksimum %70 arasında olduğu ve zeminin taşıma kapasitesinin orta ve iyi derecede olduğu yerlerde uygulanır. % 50-60 yamaç eğiminden daha yüksek eğim gösteren alanlar ekonomik ve ekolojik açıdan sürütme yolları yapımı için riskli olabilir. Heyelan potansiyeli olan yamaç araziler, sürütme yolları yapımı açısından problemlidir (Bayoğlu, 1997; Erdaş vd., 2014).

Yamaçlarda oluşturulan sürütme yollarında, aşağıdan yukarı doğru bölmeden çıkarma yapılacağı düşünülerek orman yolu ile bağlantı açısı ve işletmeye açma alanı buna göre tasarlanır. Bu yüzden, sürütme yolları, orman yollarına bağlanırken orman yollarının alçaldığı yönde yükselen sürütme yolları şeklinde tasarlanır ve iki defa işletmeye açılan alanlardan kaçınılmış olur (Şekil 1).



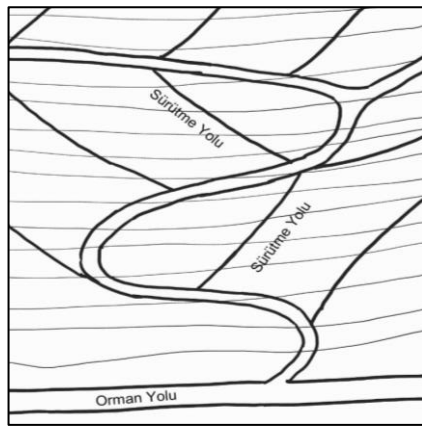
Şekil 1. Sürütme yolunun orman yolu ile bağlantı açısı, şekli ve eğimi

Sürütme yolları esas itibarıyla yayvan veya engebeli yamaçlarda dik; dik yamaçlarda çapraz (diyagonal) şekilde kururlar. Sürütme yollarının güzergahı, orman yollarının arazideki durumuna bağlı olarak genelde iki şekilde tasarlanabilir (Bayoğlu, 1988):

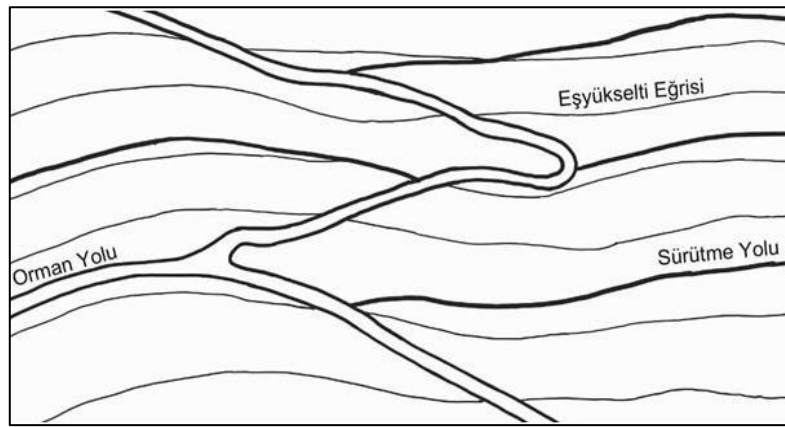
1. Orman yollarının çok düşük eğimli olması ve/veya eşyükselti eğrilerine paralel seyretmesi durumunda (muhtemelen bu tür arazide, yamaç eğimi %25-40 arasında olabilir); sürütme yolları yüksek eğimli ve orman yollarına çapraz olacak şekilde planlanabilir ve uygulanabilir (Şekil 2a).
2. Orman yollarının eğiminin yüksek olduğu yerlerde (muhtemelen arazi yamaç eğimi de yüksektir), sürütme yolları eşyükselti eğrilerine paralel olarak seyredecek ve düşük eğimli olacak şekilde tasarlanır (Şekil 3). Paralel sürütme yollarının en olumsuz tarafı sürütme yollarının tek taraflı olarak yola bağlanması, uzun oluşu, yağmur sularının drenaj sorunu ve hassas zeminlerde tekerlek izleri oluşumuna engel olunamaması şeklinde sıralanabilir (Şekil 2b).

### 1.2. Sürütme yollarının teknik özellikleri

Eşyükselti eğrilerine paralel şekilde yapılan sürütme yollarında; yağış alma kapasitesi yüksek olan ve yüzeysel su hareketinin yoğun olduğu ve de yol zeminin ıslak durumda olduğu yerlerde, sürütme yolu boyunca eğimi en az %3-5 arasında olacak şekilde uygulanır. Sürütme yollarının yapım giderlerini düşürecekse eğim kırıklıkları ve aksi eğime de izin verilebilir. Aksi eğimin % 10'dan fazla olmamasına dikkate edilir. Sürütme yollarının eğiminin, erozyona çok duyarlı ve ince taneli toprak zeminlerde %15' den fazla olmaması sağlanır. Erozyona dayanıklı, iskeletli ve geçirgen zeminlerde sürütme yolu boyunca eğimleri % 25'e kadar artırılabilir. Tabanı kayalık ve dayanıklı zeminlerde sürütme yolu boyunca eğimi, sürütücü aracın teknik kapasitesine ve sürütmenin yönüne bağlı olarak % 25' in üzerine çıkarılabilir. Drenaj problemine karşı en çok uygulanan sürütme yolu şekli; en kesitin eğimsiz olduğu veya vadi tarafına doğru (yol enine) eğiminin % 1-2 gibi düşük oranda tutulabildiği şekildir (Bayoğlu, 1996).



(a)



(b)

Şekil 2. Sürütme yolları: (a) Düşük ve Orta eğimli arazide, yüksek eğimli çapraz (diyagonal) sürütme yolları, (b) Eşyükselti eğrilerine paralel seyreden düşük eğimli sürütme yolları (Bayoğlu, 1996)



Sürütme yolları tasarlanırken, (sürütücü araçlar için) akıcı bir trafik sağlayabilmek için mümkün olduğu kadar düzgün bir boykesit oluşturacak güzergah seçilmelidir. Ancak ekonomik ve teknik açıdan; orman yolu ile bağlantı noktalarında, kuru dere yatakları ile kesilmiş yamaçlarda, sağrılarda, vb. negatif kardinal (mücbir) noktaların geçilmesi gerektiği yerlerde hem düşey (ters eğim) hem de yatay kurplar planlanabilir ve uygulanabilir. Sürütme yolları, araziye iyi uyum sağlaması açısından küçük yarıçaplı ve çok sayıda kurp içerebilirler. Genel olarak sürütme aracının boyu ve niteliği, sürütülecek veya taşınacak ürünün boyu, yolun konumu, vb. düşünülerek yatay kurpların yarıçapı 8 m' ye kadar düşürülebilir (Bayoğlu, 1988).

Sürütme yollarının genişlikleri; yamaç eğimine, zeminin cinsine, yağış miktarına ve sürütme aracının genişliğine bağlı olarak değişebilir ve en az 2.5 m olarak tasarlanır. Erozyona dayanıklı zeminlerde ise sürütme yol genişliği 3.0 m olabilir. Bazı özel ve geniş (forwarder, özel orman traktörleri/skidder) araçların kullanılması ihtimali düşünülerek, sürütme yolu genişliği 3.5 m' ye kadar da çıkarılabilir (Erdaş vd., 2014).

Yol sathı açısından, traktör vb. sürütücü araçların gidiş gelişine elverişli olacak şekilde; sadece sürütme yolu güzergahındaki ağaçların kesilerek bir zemin tesviyesinin (inşaatı yapan araçla) yapılması yeterlidir. Dik arazilerde güvenlik nedeniyle, sürütme yolu en kesiti tamamen kazı içerisine alınır. Engelibel arazilerde en kesit kazı ve dolduru içeren karışık profil tipinde olabilir. Genellikle, yol sahuna herhangi stabilizasyon malzemesi serilmez ve mekanik sıkıştırma uygulanmaz. Ham toprak yol niteliğindeki yol yüzeyinde, drenaj problemini önlemek için 40-50 metrede bir yol eksenine çapraz enine yarıklar (açık kasisler) yapılarak yamaç aşağı suyun tahliyesi sağlanabilir.

Sürütme yolu uzunluklarının, orman yolu yapım giderlerinin az ve orman yollarının sık olduğu yerlerde 300 m' ye kadar; orman yolu yapım giderlerinin ve orman yol yoğunluğunun orta derecede olduğu yerlerde 500 m' ye kadar; orman yolu yapım giderlerinin çok yüksek ve orman yol yoğunluğunun çok düşük olduğu yerlerde 800 m' ye kadar olabilmektedir. Orman yolu yapım giderlerinin çok yüksek ve orman yol yoğunluğunun çok düşük olduğu yerlerde, işletmelerde hava hattı yoksa 800 m' den daha uzun sürütme yolları da yapılabilir (Bayoğlu, 1996).

Geçirgenliği iyi, suya duyarlı olmayan toprak zeminlerde yapı alanı iyi olduğundan sürütme yolu yapım tekniğine ilişkin güçlük oluşmayabileceğinden buralarda sürütme yolu yoğunluğu yüksek olabilir. Kil içeriği yüksek ince taneli gevşek taşlarla kaplı zeminlerde yapı alanı zayıf ve yapım tekniği açısından güçlükler çıkabileceğinden buralarda da sürütme yolu yoğunluğu düşük, yol aralığı da yüksek olabilir. Sürütme yollarının arasındaki mesafe 150-200 m arasında olabilir (Bayoğlu, 1996). Bölmeden çıkarma tekniği, sürütme yolu aralığı için belirleyici unsurdur. Dağlık arazide, üretim sahasının özelliklerine bağlı olarak sürütme yolu yoğunluğu, halihazır orman yolu yoğunluğu ile birlikte 100 m/ha' a kadar çıkarılabilir (Bayoğlu, 1988).

Sürütme yolu üzerinde duran traktörlerin yamaç altından ya da nadiren üst yamaçtan vinçle kablolu çekim yapması, kuru dere yatakları üzerinden gerçekleştirilir. Sürütme yollarının yapılması sırasında; önceleri mümkün olduğu kadar dar açılması, kar ve rüzgar etkisine dik yönde değil paralel yönde açılmasına dikkat edilir. Kazı tarafında kesilen ağaçların kütükleri biraz yüksek bırakılır. Bu,

yukarıdan gelebilecek ani gövde düşmelerine karşı da bir engel olarak düşünülür. Sürütme yolları ilk kullanımdan yaklaşık bir yıl önce açılarak kazı ve doldurunun doğal stabilitesi sağlanmış olur. Yapım sırasında kazı ve dolduru dengesinin sağlanmasına dikkat edilir. Dolduru malzemesinin aşağıya yuvarlanıp meşçereyi tahrip etmesine izin verilmez (Görcelioğlu, 2004).

## 2. Materyal ve yöntem

Çalışmanın objesini, sürütme yolları oluşturmaktadır. Bu yüzden sürütme yolları ve bağlantılı kavramlar için öncelikle bir literatür taraması gerçekleştirilmiş ardından da ormancılık uygulamaları ve mevzuatı incelenmiştir. Ulusal ve uluslararası literatürden sürütme yollarının tanımları, nitelikleri, mevcut ve potansiyel çevresel etkileri konusunda da bilgi toplanmıştır. Orman Genel Müdürlüğü' nün oduna dayalı orman ürünleri üretimi ve orman yolları yapımına ilişkin mevzuat dokümanları analiz edilerek sürütme yollarının uygulamadaki durumu ortaya konulmaya çalışılmıştır.

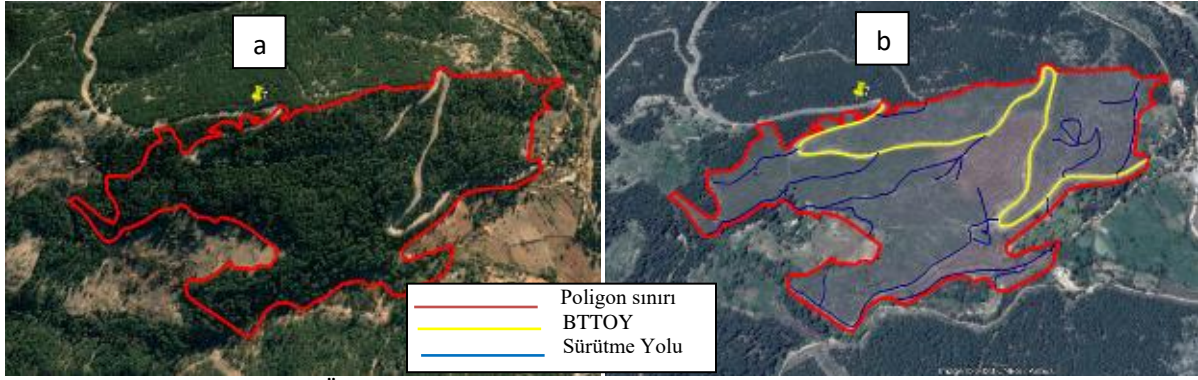
Sürütme yolu uzunluklarını ve üretim ünitesi ölçeğinde sürütme yolu yoğunluğunu belirlemek için serbest kullanıma açık Google Earth Pro programında yer alan uydu görüntülerinden faydalanılarak hızlı bir değerlendirme yöntemi izlenmiştir. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde kalan ormanlık alanda, uydu görselleri yardımıyla rastgele 40 adet yeni (2016-2019 yıllarında ve arasında) üretime açılmış üretim ünitesi tespit edilmiş ve numaralandırılmıştır. Çalışmada kullanılan sahalar, Kızılçam meşçerelerinden oluşmakta olup son hasılat etasının alımı için tıraşlama vaziyeti uygulandığından, üretim yapılan sahalar görsel olarak kolaylıkla tespit edilebilmiştir. Bu üretim ünitelerinin arasından 30 adedi üzerinde sürütme yollarına yönelik araştırma gerçekleştirilmiştir.

Uydunun eski tarihli görüntülerinden faydalanarak henüz üretime başlanmadan önceki zamana ait görüntü üzerinde, çalışma alanlarındaki B Tipi Tali Orman Yolları (BTTOY) ile varsa geçmişten gelen sürütme yolları (ve/veya traktör yolları), Google Earth programı bünyesinde çizilmiştir. Ardından, üretim sonrasına ait görüntü de çağrılarak yeni yapılan yollar da ayrı ayrı katmanlarda depolanacak şekilde program üzerinden çizilmiştir (Şekil 3a ve 3b). Üretim ünitelerinin alanlarını belirlemek için ünitenin çevresi de ayrı bir katmana çizilmiş ve alansal büyüklüğü program yardımıyla hesaplanmıştır.

İlgilenilen herhangi bir alandaki yolların alan ölçeğinde değerlendirilmesi, yol yoğunluğu (Erdaş, 1997) kavramı ile gerçekleştirildiğinden; hem tali orman yollarının hem de sürütme yolu yoğunluklarının belirlenmesinde aşağıdaki formülden (1) yararlanılmıştır.

$$Yol\ Yoğunluğu\ (m/ha) = \frac{Üniteyi\ işletmeye\ açan\ yol\ uzunluğu\ (m)}{Ünite\ alanı\ (ha)} \quad (1)$$

Yol yoğunluğu; hem üretim öncesi hem de üretim sonrası tarihlerdeki görüntülerden ayrı ayrı ölçülen yol uzunluğu değerleri ve bunların değişimine bağlı olarak hesap edilmiştir. Yol yoğunluklarının üretim öncesi ve sonrasındaki değişim miktarı ve oranından yararlanılarak bir değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 3. Üretim öncesi (a) ve sonrası (b) üretim ünitesindeki yolların varlığı

Sürütme yollarının yoğunluğu; orman yolu yoğunluğuna ve işletmeye açılan alanın şekline bağlı olarak değişkenlik gösterebildiğinden (Bayoğlu, 1988); bu çalışmada da üretim ünitesinin şekil indeksi ile sürütme yolu yoğunluklarını ilişkilendirmek için çok bilinen Paton indeksi (PI) (2) ve fraktal büyüklük indeksi (FD) (3), gösterge değerleri hesaplanmıştır. Şekil indeksi değeri Paton (1975) indeksine göre aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$PI = (P / 2\sqrt{\pi A}) \quad (2)$$

$$FD = 2 \log P / \log A \quad (3)$$

Burada; A = Bölmenin alanı (m) ve P= Bölmenin çevre uzunluğudur (m) (Krummel vd., 1987; Ripple vd., 1991). Paton indeksi; alanın çevre uzunluğuna oranıdır. Eğer indis değeri 1 çıkarsa, şekil; mükemmel bir daireyi ifade eder. Kapalı poligon şekli karmaşıklıkla arttıkça indis değeri artar ve 1' den uzaklaşır (Eker ve Çoban, 2010). Fraktal büyüklük indeksi de bir doğrunun fraktal boyutunu tahmin etmek için alanın çevreye oranlanması ile elde edilir. 1.0 değeri düz bir çizgiyi belirtir ve şekil karmaşıklığı arttıkça, teorik olarak maksimum 2.0'a kadar yükselir ve burada bir çizgi düzlem dolgusu haline gelir.

Çalışma ünitelerindeki BTTOY ve sürütme yollarının uzunlukları ve yoğunluklarının değerlendirilmesinde, üretim ünitelerinin poligon şekli ve alanı kullanılarak hesaplanan şekil indislerinin sürütme yollarıyla ilişkilendirilmesinde SPSS paket programı üzerinden temel istatistiklerden ve korelasyon analizinden yararlanılmıştır. Yol yoğunluklarının miktarı ve değişimi dikkate alınarak literatür bilgisi yardımıyla teknik ve ekolojik açıdan bir irdeleme yapılmıştır. Bununla birlikte sürütme yollarının halihazır mevzuattaki nitelikleri dikkate alınarak; traktör yolları ve sürütme izleri ile olan benzerlik ve farklılıkları dikkate alınarak ayırt edici bir tarif oluşturulmaya çalışılmıştır. Sürütme yollarının, ormancılık uygulamaları kapsamında, mevzuattaki mevcut yeri ve önemi konusunda da değerlendirmelerde bulunulmuştur.

### 3. Bulgular ve tartışma

#### 3.1. Sürütme yolu uzunlukları ve yoğunlukları

Çalışma alanı olarak seçilen üretim bölmelerinden elde edilen bulgular Çizelge 1' de özetlenmiştir. Buna göre; ortalama 51 ha büyüklüğündeki ünitelerde, üretim operasyonları öncesinde ünite başına ortalama 1770 m BTTOY uzunluğu olduğu belirlenmiştir. Ancak 30 adet üretim ünitesinden yalnızca 7' sinde, üretim öncesinde de sürütme yolu olduğuna rastlanmıştır. Üretim öncesinde, bu ünitelerde ortalama 510 m sürütme yolu olduğu bulunmuştur. Bazı üretim üniteleri ya birbirini takip eden yıllarda bütünlük olarak birkaç bölmenin bileşiminden oluştuğundan ya da yangın veya benzeri nedenle tıraşlandığında normal bir üretim bölmesi büyüklüğünü (maksimum 238 ha) aşmıştır. Bu büyük üretim ünitelerinde, üretim öncesi sürütme yollarının varlığı ve uzunluklarının yüksek oluşu (5360 m' ye kadar erişmesi) olağan sayılabilir. Nitekim, üretim öncesi BTTOY ve sürütme yolu uzunlukları ile üretim ünitesine ait poligon alanı arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir bağıntının ( $p < 0.01$ ;  $R = 0,837$  BTTOY için;  $R = 0,807$  sürütme yolu için) bulunmuş olması bu yargıyı desteklemektedir.

Üretim ünitelerinin hasat edilmesinden sonra ise primer ve sekonder transport için inşa edilen BTTOY ve sürütme yollarının uzunlukları beklendiği üzere, artmıştır. Üretim faaliyetlerinden dolayı, ilgili bloklarda yaklaşık % 31 civarında BTTOY uzunluğu artışı gerçekleşmiştir. Üretim öncesinde BTTOY yoğunluğu, 45.04 m/ha iken üretim sonrasında toplam BTTOY yoğunluğu (% 40' lık bir artışla) 63.28 m/ha' a yükselmiştir. Üretim bloklarında, henüz üretim öncesinde de yol yoğunluğunun yüksek olduğu görülmektedir. Normal koşullarda, birim alan (ha) başına üretim kapasitesinin çok yüksek olduğu bölmelerde yol yoğunluğu değerinin ancak 35 m/ha' ın üzerinde (Erdaş, 1997) olduğu bilinmesine karşın buradaki çalışma alanlarında da BTTOY yoğunluğu değeri oldukça yüksektir. Nitekim bu bölgede ormanlık sahadaki verimin 500 m<sup>3</sup>/ha' ın üzerine çıkabildiği (Eker vd., 2013) bilindiğinden, bu yüksek yol yoğunluğunun makul olduğu düşünülebilir.

Öte yandan, BTTOY'dan bağımsız olarak üretim sonrası sürütme yolları uzunluklarının ünite başına ortalama 3290 m olduğu ve yaklaşık 6.5 kat arttığı belirlenmiştir. Üretim bloğu başına ortalama 2780 m yeni sürütme yolu yapılmıştır. Üretim ünitelerinin alan büyüklüğü ile üretim sonrası sürütme yolu uzunlukları arasındaki bağıntıya göre ( $p < 0.01$ ;  $R = 0.676$ ) ünite başına en az 570 m en çok da 9690

m sürütme yolu inşa edilmiştir. Sürütme yollarının uzunluğu üretim ünitesi başına ortalama 510 m' den 3290 m'ye çıkarılmıştır.

Üretim ünitelerinde, üretim faaliyetleri sonrasında, genel olarak 1 ha' lık alanda ortalama 83.1 m uzunluğunda sürütme yolu olduğu hesaplanmıştır. Yani, sürütme yolu yoğunluğu ortalama 4.59' dan 83.10 m/ha' a erişmiştir. Sürütme yolu yoğunluğu, üretim faaliyetlerine bağlı olarak ortalama 18 kat artmıştır. Üretim ünitelerinin alansal büyüklüğü ile sürütme yolu artış oranı arasında istatistiksel olarak anlamlı ancak negatif yönlü çok da kuvvetli olmayan bir bağıntı olduğu ( $p < 0.01$ ;  $R = -0.491$ ) belirlenmiştir. Buna göre, poligon alanı büyük olan üretim ünitelerinde yol yoğunluğu değişiminin daha düşük olabildiği bulunmuştur. Nitekim üretim öncesinde yalnızca büyük alanlara sahip ünitelerde sürütme yolu varlığının oluşu, bu bulguyu desteklemektedir.

Tavşanoğlu (1971), dik yamaçlarla kaplı dağlık orman arazisinde, ormanın her tarafını tam ve eşit şekilde nakliyata ve işletmeye açmak için sürütme yollarının yapılması gerektiğinden ve sürütme yolu ağı sıklığının (sürütme yolu yoğunluğunun) 40 ila 20 m/ha arasında olabileceğinden bahsetmiştir. Kato ve Seçkin (1972) de, arazi eğiminin ortalama % 40 civarlarına eriştiği ormanlarda, traktörlerin kullanılabilmesi dikkate alınarak yol yoğunluğunun 50 m/ha' a çıkabileceğini belirtmiştir. Buna göre, çalışma ünitelerinde sürütme yol yoğunluğunun yüksek olması, bölmelerin tam olarak işletmeye açılabilmesine işaret

etmektedir. Bu bulgular, mevcut orman yolu yoğunluklarına rağmen aynı üretim ünitelerinde hala sürütme yollarının da yapılıyor olması; büyük ve bütüncül orman alanlarının orman yollarıyla işletmeye açılması hedefine ulaşmak için harcanan planlama çabalarının bazı durumlarda eksik ve etkisiz olabileceğini göstermektedir. Yani orman yollarına koşut sürütme yollarının da devam edeceği yargısına erişilebilir.

Hem BTTOY hem de sürütme yollarının işletmeye açma işlevleri göz önüne alındığında üretim blokları başına ortalama yol yoğunluğunun (üretim sırası/sonrası) 146.38 m/ha olduğu hesaplanmıştır. Düz ve düze yakın alanlarda 20 m/ha yol yoğunluğu, optimal şekilde ve çift taraflı işletmeye açma alanı oluşturmak açısından yeterli (Erdaş, 1997) görülebilirken; dağlık arazide tek taraflı işletmeye açma için 40 m/ha yol yoğunluğu değeri, optimale yakın işletmeye açmanın sağlanabildiğini gösterir. Bu çalışmadaki üretim ünitelerinde, BTTOY ve sürütme yolları birlikte değerlendirildiğinde, yol yoğunluğunun yüksek olduğunu yani fazladan yapılmış yolların bulunduğunu söylemek mümkündür. Bayoğlu (1988) kamyon yolu (tali orman yolu) ile sürütme yollarının birlikte işletmeye açma işlevleri düşünülerek toplam yol yoğunluğunun 100 m/ha' a kadar çıkabileceğini belirtmiştir. Nitekim bu çalışmadaki bloklarda toplam yol uzunluğuna bağlı yol yoğunluğunun 146 m/ha' nın üzerinde olması hem bu alanların tam olarak işletmeye açıldığını hem de çok defa işletmeye açılmış alanların olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Üretim bloklarında, tali ve üçüncül orman yollarının değişimine ilişkin bulgular

Bölme no	Alan (ha)	Çevre (m)	Yol uzunlukları (km)				Yol yoğunlukları(m/ha)			
			Üretim öncesi		Üretim sonrası		Üretim öncesi		Üretim sonrası	
			B tipi tali orman yolu	Sürütme yolu	B tipi tali orman yolu	Sürütme yolu	B tipi tali orman yolu	Sürütme yolu	B tipi tali orman yolu	Sürütme yolu
1	43.2	4840	1.68	0	1.68	5.65	38.89	0.00	38.89	130.79
2	100	4668	1.86	0	1.86	5.75	18.60	0.00	18.60	57.50
3	14.5	1736	0.68	0	0.68	1.35	46.90	0.00	46.90	93.10
4	14.5	1682	1.00	0	1.00	0.94	68.97	0.00	68.97	64.83
5	13.3	4095	0.88	0	0.88	3.05	66.17	0.00	66.17	229.32
6	70.8	4752	1.53	0	1.53	6.18	21.61	0.00	21.61	87.29
7	45.9	4905	2.01	0	2.01	4.32	43.79	0.00	43.79	94.12
8	30.3	3183	1.81	0	1.81	3.3	59.74	0.00	59.74	108.91
9	20.9	2193	0.44	0	0.44	1.72	21.05	0.00	21.05	82.30
10	20.9	2583	1.16	0	1.16	3.01	55.50	0.00	55.50	144.02
11	14.4	2034	1.42	0	1.42	0.57	98.61	0.00	98.61	39.58
12	238	7978	8.94	4.74	8.94	8.79	37.56	19.92	37.56	36.93
13	235	7009	4.35	3.01	4.35	3.81	18.51	12.81	18.51	16.21
14	90.5	5146	1.70	0	1.70	5.32	18.78	0.00	18.78	58.78
15	37.7	4454	1.14	0	1.83	1.70	30.24	0.00	48.54	45.09
16	142	7713	3.27	5.36	5.78	9.69	23.03	37.75	40.70	68.24
17	17.7	3543	0	0	0.70	2.46	0.00	0.00	39.55	138.98
18	29.9	2674	1.09	0	1.09	1.84	36.45	0.00	36.45	61.54
19	17.8	2686	0.50	0	0.50	0.63	28.09	0.00	28.09	35.39
20	57.7	7165	1.98	0	4.86	4.73	34.32	0.00	84.23	81.98
21	38.5	4293	2.03	0	2.03	7.08	52.73	0.00	52.73	183.90
22	46	3668	2.36	0.4	2.53	3.78	51.30	8.70	55.00	82.17
23	36.6	2972	2.57	0.89	3.34	2.23	70.22	24.32	91.26	60.93
24	21.9	2020	0.69	0	2.26	1.08	31.51	0.00	103.20	49.32
25	31.4	3545	2.88	0.45	2.98	2.95	91.72	14.33	94.90	93.95
26	13.6	2491	1.07	0	2.44	0.57	78.68	0.00	179.41	41.91
27	16.7	1978	0.48	0	1.03	1.87	28.74	0.00	61.68	111.98
28	18.6	2725	2.24	0	2.70	1.71	120.43	0.00	145.16	91.94
29	24	2454	1.42	0.48	3.19	1.62	59.17	20.00	132.92	67.50
30	27.8	4801	0	0	2.50	0.96	0.00	0.00	89.93	34.53
Ort.	51	3866.2	1.77	0.51	2.31	3.29	45.04	4.59	63.28	83.10
Min.	13.3	1682.0	0.0	0.0	0.44	0.57	0.0	0.0	18.51	16.21
Max.	238	7978.0	8.94	5.36	8.94	9.69	120.43	37.75	179.41	229.32
Std.S.	58.31	1787.0	1.66	1.36	1.79	2.43	28.25	9.51	39.72	46.61

Ort.: Ortalama, Min.: Minimum, Max.: Maksimum, Std.S.: Standart Sapma

Bir üretim ünitesinde, sürütme yolu uzunlukları ve yoğunlukları bir çok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Tavşanoğlu, 1971; Bayoğlu, 1996; Erdaş, 1997; Erdaş vd., 2014). Bu çalışmada, sürütme yollarının varlığı, uzunluğu ve yoğunluğu konusunda basit ve hızlı bir değerlendirme yapmak için yararlanılan uydu görüntüleri üzerinden üretim ünitesi poligon şekillerinin sürütme yolu yoğunluğu üzerinde etkili olup olmadığı şekil indisleri yardımıyla incelenmiş ve Çizelge 2' deki bulgulara erişilmiştir.

Üretim ünitelerinin PI değerlerinin ortalaması 1.74 bulunmuş olup düzgün bir dairesel şekle kıyasla bu ünitelerin poligon şekillerinin çarpık bir yapıda olduğu görülmektedir. Sürütme yolu yoğunluğu ile PI değeri arasındaki ilişki ( $p < 0.01$ ;  $R = 0.491$ ); üretim ünitesi poligonlarının şekilleri çarpıklaştıkça sürütme yolu yoğunluklarının da artabileceğini ortaya koymaktadır. FD değerleri ortalamasının da 1.28 olması ve 1' den uzaklaşan değerler almasından dolayı bu indise göre de ünite poligonlarının şekillerinin çarpıklaştığı anlaşılmaktadır. FD değerlerine göre de çarpık şekilli ünitelerle sürütme yolu yoğunluğu arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir bağlantı ( $p < 0.01$ ;  $R = 0.536$ ) olduğu belirlenmiştir. Sürütme yol yoğunluklarının, üretim bloğunun şekliyle (şekil katsayıları üzerinden yapılan hesaplara bağlı olarak) çok kuvvetli olmasa da anlamlı bir korelasyona sahip olduğu söylenebilir. Üretim ünitelerinin şekil katsayıları büyüdükçe yani şekilleri çarpıklaştıkça sürütme yolu yoğunluğunun da buna paralel olarak artabileceği söylenebilir.

Üretim ünitelerinde sürütme yolları yapılmasının asıl amacı, ünite içindeki mevcut orman emvaline erişmeyi ve onu, bölme içinden taşımaya sağlamak olduğundan özellikle kısa vadede; üretim ünitelerinin konumsal yapısı, şekli ve arazi bütünlüğünün korunmasına yönelik yaklaşımların halihazırda göz önünde bulundurulamayışı, olağan kabul edilebilir. Bu durum, henüz ormancılık yaklaşımları içinde ekonomik işlevselliğin ön planda olduğu bir paradigma aşamasında olduğumuzdan kaynaklanabilir (Eker ve Çoban, 2017).

### 3.2. Sürütme yolu ve yoğunluğunun potansiyel etkileri

Üretim alanlarında, sürütme yolları için ormancılık mevzuat literatüründe (OGM, 1996) planlama prosedürü ve esasları olmasına rağmen ormancılık uygulamaları itibarıyla eksiklikler içerdiği ya da uygulanmadığı için sürütme yollarının plansız, projersiz ve programsız olarak yapılması sonucu, orman ekosistemi üzerinde olumsuz çevresel etkilerle, zamansal ve ekonomik kayıplarla karşılaşabilmektedir.

Çizelge 2. Sürütme yolu yoğunlukları ve şekil indislerine (PI ve FD) ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Temel istatistik	Alan (ha)	Çevre (m)	Üretim sonrası yol yoğunlukları (m/ha)		Paton indeksi	Fractal boyut
			BTTOY	Sürütme Yolu		
Minimum	13.30	1682.00	18.51	16.21	1.22	1.21
Ortalama	51.00	3866.20	63.28	83.10	1.74	1.28
Maksimum	238.00	7978.00	179.41	229.32	3.17	1.41
Standart sapma	58.31	1787.04	39.72	46.61	0.47	0.04

Üretim faaliyetlerinden dolayı birim alandaki sürütme yolu uzunluklarının ve dolayısıyla yoğunluklarının artışı; transport tesislerinin elverişliliğini, transport tekniklerinin kullanılabilirliğini ve transport araçlarının verimini artırması açısından teknik ve ekonomik faydalar (olumlu etkiler) sağlar. Ancak üretim üniteleri ölçeğinde, orman yolları yanında sürütme yollarının da artması orman ekosistemi üzerinde bazı ekolojik etkilerin oluşmasını ve artmasını da tetikleyebilir (D'Eon, 2007; Öztürk vd., 2017; Kulieşis vd., 2018). Orman yollarıyla bağıntılı potansiyel ekolojik etkilerin sürütme yollarıyla da ortaya çıkabileceği varsayıldığında; örnek alınan üretim üniteleri üzerinden aşağıdaki çıkarımlar yapılmıştır. Buna göre;

- 1 ha' lık orman alanında ortalama 83.1 m' lik (3 m genişliğinde) sürütme yolu uzunluğuna karşılık yaklaşık % 2.5' lik bir orman alanı kaybının olacağı belirlenmiştir. Orman yolları gibi üretim operasyonlarına yönelik olarak yapılan tesislerin işgal (inşaat alanı) alanlarının verimli orman alanının % 5' ini aşmaması (Görcelioğlu, 2004) beklenmesine rağmen, sürütme yolu ve tali orman yolu (işgal alan genişliği 15 m kabul edildiğinde (Eker ve Ada, 2011) yoğunlukları toplamının (çalışma alanındaki) kayıp alana oranı % 12' yi aşabilmektedir. Üretim fonksiyonuyla işletilen ve genellikle verimli olduğu bilinen sahalarda bu denli kayıplar, uzun vadede birim alandan elde edilebilir odun hacmi azalmalarına neden olabilecek niteliktedir.
- Sürütme yollarının (83.1 m/ha) birbirleriyle, orman yollarıyla (63.28 m/ha) ve orman içinden geçen diğer yollarla oluşturduğu ağ yapısı, yol ağlarının fragmentasyon etkisini (Seiler ve Eriksson, 1997; Heilman vd., 2002) ortaya çıkarabilecek ve/veya halihazır etkinin şiddetini arttıracak niteliktedir. Orman ve sürütme yollarının birlikte, bütüncül meşcereleri adalara (patch) ayırması; bazı habitatlar için bariyer etkisine, kirliliğe ve strese neden olabilecek potansiyele sahiptir (Forman ve Alexander, 1998). Bu çalışmada (amaç ve kapsam dışında tutulduğundan) orman ve sürütme yollarının oluşturduğu parçalanmaya bağlı poligon sayıları tespit edilmemiş olsa da; üretim ünitelerinde yol ağından dolayı bölünmüş poligon (patch; ada) sayılarının artacağı, oluşan bu yeni poligon alanlarının küçüleceği ve şekillerinin çarpıklaşım kenar etkisinin artmasına bağlı ekolojik etkilerin de artacağı bilinmektedir (Trombulak ve Frissel, 2000; Eker ve Çoban, 2010).
- Sürütme yolları, ham toprak yol niteliğinde olduğundan su drenajının yeterince sağlanamamasından dolayı erozyona duyarlı yapılardır (Elliot ve Tysdal, 1999; Türk ve Gümüş, 2010; Varol, 2015). Çalışma alanındaki üretim ünitelerinde hektardaki sürütme yolu uzunluğunun ortalama 83.1 m' ye erişmesine bağlı olarak erozyona duyarlılığın ve erozyon şiddetinin artacağını söylemek mümkündür. Sürütme yolları üzerinde sürütme operasyonlarına bağlı olarak toprak yapısı üzerinde oluşabilecek etkiler de (Demir vd., 2010) erozyon oluşumunu ve şiddetini artırabilir. Aynı zamanda sürütme yolu inşaatı için az da olsa toprak işlerinin yapılacağı (kazı şevlerinin ortaya çıkması gibi) olması (Erdem vd., 2018), orman ekosistemi üzerinde sürütme yollarının etki potansiyelini arttıracak niteliktedir.

### 3.3. Sürütme yollarının kavramsal açıdan değerlendirilmesi

Sürütme yollarına ilişkin olarak birçok mesleki literatürde ve mevzuat dokümanında çeşitli tanımlar ile sürütme yollarının teknik ve genel özelliklerine ait bilgiler sunulmaktadır (Tavşanoğlu, 1971; Bayoğlu, 1996; Erdaş vd., 2014; OGM, 1996; Türk, 2011). Ancak gerek teorik gerekse de ormancılık uygulamaları açısından bu konuda bir kavram kargaşasıyla karşılaşmaktadır. Sürütme yolları yerine traktör yolu, sürütme izi, sürütme şeridi gibi birbiri yerine kullanılan terimlerle karşılaşmıştır. Uluslar arası literatürde de bu konuya ilişkin terimler açısından birliğin olmadığı görülmektedir. Skid(ding) road, skid trail, track road, spur road, strip road, skidding strip gibi terimlerle sürütme yolları, traktör yolları ve sürütme şeritleri ifade edilmeye çalışılmıştır (Walbridge ve Bentley, 1976; FAO, 1977; Staaf ve Winksten, 1984; Stenzel vd., 1985; Sundberg ve Silversides, 1988; Yeap ve Sessions, 1989)

161-A sayılı tebliğde (orman ürünlerinin üretim işlerine ait (mülga) tebliğ, (OGM, 1982), doğrudan sürütme yolu veya traktör yolunu tarif edecek ifadeye rastlanmamıştır. 202 sayılı tebliğde (orman yolları planlanması ve inşaat işlerinin yürütülmesine ait (mülga) tebliğ, (OGM, 1984)), orman yollarının tipleri ve standartları tanımlarken traktör yoluna ilişkin geometrik nitelikler verilmiştir. Sadece orman içindeki dere yataklarında birikmiş orman emvalini yükleme yerine traktör ya da benzeri araçlarla sürütmek için yapılan yollar traktör yolu olarak tarif edilmiş ve esasları sıralanmıştır.

OGM, 288 sayılı tebliğde (asli orman ürünlerinin üretim işlerine ait (mülga) tebliğ, (OGM, 1996)), sürütme yolu ifadesine yer vermiş; arazi yapısı ve topografyaya göre en kolay ve en ekonomik güzergâhtan geçirilen, mümkün olduğunca ağaç kesiminden kaçınılan, genişliği 2.5 m'yi ve eğimi ise yukarı yönde %33'ü geçmeyen yolları, sürütme yolu olarak tarif etmiştir. Tebliğin Ek-57 numaralı son kısmında sürütme yolları yapımının teknik şartları ve esaslarından bahsedilmiştir.

Halihazır 292 sayılı tebliğ (orman yollarının planlanması, yapımı ve bakımına ilişkin tebliğ (OGM, 2008)) orman yollarına ilişkin geometrik özellikler tablosunda traktör yoluna yer vermiştir. Traktör yolları; *"Mekanizasyon veya normal eğimli orman yolları ile ulaşılamayan ve yoğun üretim yapılan çok zor arazi şartlarındaki alanlarda biriken orman ürünlerinin tam kapasite ile taşımaya uygun yol veya rampaya kadar kısa mesafeli taşınması amacıyla yapılan standartları düşük yollardır"* şeklinde tarif edilmiştir. Bu tebliğde, sürütme yolu için de 288 sayılı tebliğe atıfta bulunulmuştur.

Henüz yeni yürürlüğe giren 310 sayılı tebliğde de, 11.2.4.5.1.1 no.lu "Sürütme Yolları" başlığı altında; *"Üretim sürecinde gündeme gelen ve 288 sayılı Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait Tebliğde yer alan ve ilk defa üretime girilecek yerlerde, makine kullanılmadan elle vahidi fiyatla yapılacak sürütme yolu yapımının günümüz şartlarında uygulama imkanının kalmadığı ve güncelliğini kaybettiği görülmüştür. Bölgelerden alınan değerlendirmelerde de sürütme yollarının makinelik olarak, yol inşaat teknikleri kullanılarak bir plan ve program dahilinde yapılması değerlendirmeleri de dikkate alınarak sürütme yolu yapımıyla ilgili tanım ve esasların Orman Yollarının Planlanması, Yapımı ve Bakımına Ait 292 sayılı Tebliğde düzenlemesi yapılacaktır"* (OGM, 2020) denilmektedir. Sürütme yolları, üretim işlerine ait

mevzuatta; traktör yolları ise orman yollarına ait mevzuatta ele alınarak ayrı bir tarif ile anılmıştır. Bu bağlamda, sürütme yollarına ilişkin terminolojinin, geometrik özelliklerin ve uygulama esaslarının gözden geçirilip güncellenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Tavşanoğlu (1955), orman transport tesislerini sıralarken; sürütme yollarını (hayvan, paletli veya lastik tekerlekli traktörler için ham toprak yol) karayolu sınıfı içine dahil etmiş ve bu yolların bazı teknik özelliklerini tarif etmiştir. Bayoğlu (1988), ormanların tam olarak işletmeye açılmasını sağlamak için kamyon yollarına ilave olarak traktör yolları ve sürütme yollarının gerekli olduğunu belirtmiştir. Sürütme yollarının; traktör yollarına göre daha geniş ve ham toprak yol şeklinde imal edildikleri bildirilmiş ve sürütme yollarının, traktör yollarından bariz şekilde ayrıldığına ve birbirlerinin yerine adlandırılmayacaklarına dikkat çekilmiştir. Bayoğlu (1996), orman transportunun planlanması ve gerçekleştirilmesinde, düz ve hafif eğimli (% 30' a kadar) arazide tarım ve orman traktörlerinin trafiğine elverişli yalnızca arazi engeli giderilmiş sürütme şeritlerinden veya traktör yollarından faydalanılabileceğini; daha dik (Eğimin %55' e kadar) olduğu arazilerde kaydırma veya traktör vinciyle toplanan orman emvalinin daha sonra traktörlerle sürütüldüğü sürütme yollarının kullanılabileceğini belirtmiştir. Buna göre; traktör yolu adıyla müstakil başkaca yollardan bahsetmemiştir. Ayrıca sürütme şeritleri ve sürütme yollarının planlama ve uygulama esaslarını detaylı olarak tarif etmiştir. Bayoğlu (1997) başka bir eserinde de sürütme şeritlerini traktör yolu olarak da adlandırmış ve sürütme yollarının sürütme şeritlerinden farklı olarak sınırlı ölçüde de olsa toprak işlerini gerektirdiğini ifade etmiştir.

Erdaş (1997), en uygun yol boyuna eğim oranlarını iniş aşağı % 6'dan az olmaması, yokuş yukarı da % 20'yi geçmemesini salık vererek sürütme yollarından bahsetmiştir. Acar (1998), orman transport tesislerini tanımlarken traktör yolları ve sürütme yollarını ayrı ayrı sınıflandırmıştır. Hasdemir ve Demir (2000), ormanların işletmeye açılmasına olanak tanıyan orman yolları hususunda ana orman yolu, tali orman yolu ve sürütme yolları şeklinde bir sınıflama yapmış; sürütme yolunun traktör yolu adıyla da anılabileceğine işaret etmiştir. Aynı kaynakta, sürütme yolu; dik eğimli (%50-55) arazide tomrukların toplanıp traktörlerle sürütüldüğü ve yol eğimi %3-15 arasında olan yollar olarak tarif edilmiştir. Görçelioğlu (2004), ormanların işletmeye açılması için itinayla planlanması gereken tesisleri; sürütme yolları, sürütme şeritleri ve kablohat şeritleri olarak sıralamıştır. Sürütme yolları; en düşük maliyetle yapılan ve yüzey kaplaması olmayan toprak yol niteliğinde olup orman yol ağının tamamlayıcısı olarak planlanan ve inşa edilen yollar şeklinde tarif edilmiştir. Sürütme şeritleri; meşcere içine uzanan sadece orman araçlarının yararlanabildiği ve engelleri alınmış orman yüzeyi üzerinde kullanılan doğal koridorlar olarak nitelendirilmiştir. Aykut ve Demir (2005), orman içine sistematik bir şekilde nüfuz eden ve de ormanın rasyonel şekilde işletmeye açılmasını sağlayan yolları; sürütme yolları (primer transport) ve kamyon yolları (sekonder transport) olarak iki gruba ayırmıştır. Bu kaynaklarda, sürütme yolları traktör yollarından ayrı tarif edilmiştir. Ancak adlandırmada bir geçişliliğin olabileceğine de işaret edilmiştir.

Acar (2004), sürütme yollarının düşük eğimli arazilerde meşcereyi işletmeye açmak amacıyla uygulanan işletmeye

açma tesisleri olduğunu, bunların genel anlamda bir yol olarak anlaşılması gerektiğini ve bu tesislerin ağaçlar ve kütüklerden temizlenmiş bir şerit olarak anlaşılması gerektiğini ifade ederek bir nevi sürütme şeridini tarif etmiştir. Sürütme şeritlerine ilişkin olarak Bayoğlu (1996; 1997); uygun sürütme araçlarının seyredebildiği, üzerindeki ağaçların kesilip çıkarıldığı, düz veya düze yakın az eğimli (%25-30) arazide yapılan ve traktörlerle diğer üretim makinelerinin doğrudan doğal zeminde hareket edebildiği şeritlerdir, şeklinde bir tarifte bulunmuştur. Hasdemir ve Demir (2000), sürütme şeritlerini; düze yakın ya da az eğimli arazide traktörlerin gidiş gelişine elverişli olması için sadece üzerindeki ağaçların kesildiği şeritler olarak tarif etmiştir. Ancak sürütme şeritlerinin traktör yolu olarak da adlandırılabilceğini belirterek; traktör yolunu hem sürütme şeridi hem de sürütme yolu yerine kullanılabilceğini göstermişlerdir. Görçelioğlu (2004), sürütme şeritlerinin meşcere içine uzanan doğal koridorlar olduğunu ve bunlardan ancak belirli orman araçlarının yararlanabileceğini, koridorların bu araçlar tarafından kullanılmasında bazı ağaçların kesilip alınması gerektiğini ve de orman zemininin sürütme şeridi (yüzeyi) olarak hizmet edebileceğini belirtmiştir. Gümüş ve Türk (2010), sürütme izlerini (şeridini) esas alarak bir değerlendirme yapmış ve sürütme izine ilişkin bir tanım geliştirmiştir. Buna göre; sürütme işleminin yapıldığı tesisleri, sürütme izleri (skid trails) olarak tanımlamışlardır. Üretimden önce planlanan geçki üzerindeki ağaçların temizlenmesiyle ve üretim araçlarının kendi genişliğinden 1 m daha geniş (2.5-3.5 m) olacak şekilde inşa edilen geçici transport tesislerini sürütme izi/şeridi olarak ifade etmişlerdir.

Bu tanımlardan da anlaşılmaktadır ki, sürütme yolları; orman yollarından, traktör yollarından ve sürütme şeritlerinden (izlerinden) amaç, yapılış yeri ve teknik özellikler bakımından farklılıklar gösterir. Tarım ve orman traktörü, traktör treyler (forwarder), lastik tekerlekli veya paletli sürütücü ve yük hayvanları hem orman zemininde hem de üzerinde herhangi bir trafiğin sağlanacağı şekilde hazırlanmış yol ve şeritlerle hareket edebilirler ve bölmeden çıkarma işlerini yapabilirler. Ancak arazi eğimi, yüzey pürüzlülüğü ve engelleri, zeminin taşıma kapasitesi vb. nedenler bu transport araçlarının kullanımını engellemektedir. Bu yüzden, özellikle yamaçlardan dere içlerine doğru kaydırılan ürünlerin toplanarak rampaya (istif yerine) kadar sürütülebilmesi için (orman yollarının konumuna göre) saplama-mahmuz biçiminde yapılan traktör yolları; yamaç arazide toprak işçiliği yapılarak çoğunlukla traktör trafiğine elverişli olan sürütme yolları; arazi eğiminin uygun olduğu yerlerde orman zeminde üzerinde yalnızca ağaçlar ve dip kütükler ile blok taşlar temizlenerek hazırlanan hayvan ve traktör gücü ile sürütmeye elverişli sürütme şeritleri yapılabilmektedir (Erdaş vd., 2014).

Sürütme yolları; yapılış yeri, teknik özelliği ve işletmeye açtığı alanlar itibarıyla traktör yollarından farklı işlev üstlenir. Sürütme yolları ve traktör yollarının benzerlik ve farklılıklarının değerlendirilmesinde; yolların geometrik özellikleri, yapılış yerleri, amaçları, trafik yükü ve çeşidi gibi ölçütler dikkate alınabilir. Yapılış amaçları itibarıyla hem sürütme yolları hem de traktör yolları, orman ürünlerinin sürütülmesi-taşıması için yapılan yollardır. Halihazırda ülkemizde kullanılan transport araçları bakımından, her iki yol da traktör trafiği için kullanılmaktadır. Geometrik özellikler (yol eğimi, genişliği, uzunluğu, kurp yarıçapı, enine eğim oranı, yol sathı, şerit

sayısı, vb.) bakımından (OGM, 1996; OGM, 2008) ayırt edici bir farklılığın olduğu söylenemeyebilir. Yapılış yerleri bakımından traktör yolları arazi yamaç eğiminin % 30' u aşmadığı yerlerde ve çoğunlukla orman yollarından ayrılarak kuru dere yataklarından meşcerenin içine doğru saplama şeklinde yapılan yollardır. Sürütme yolları ise yamaç eğiminin %60-70' e kadar olduğu yerlerde, orman yolunun konumuna göre eşyükselti eğrilerine çapraz veya kısmen paralel olarak inşa edilirler. Bu, iki transport tesisi arasındaki en belirgin farklılık olarak görülebilir. İlâveten, hem mevzuat hem de uygulama ölçeğinde, traktör yolları için bir plan oluşturulmakta, yol kod numaralarına bağlı olarak kodlandırılmakta ve çoğunlukla orman idaresi tarafından yapılmakta ya da yaptırılmaktadır (OGM, 2008). Üretim işlerine yönelik 161-A ve 288 sayılı (mülga) tebliğlerde sürütme işlerine ait şartnameler; sürütme işini yüklenenlerin meşcere içinde istedikleri (sürütme) gibi yol yapamayacağını dikte etmesine rağmen uygulamada sürütme yollarına ilişkin özel bir planlama prosedürüne rastlanılmamakta olup çoğunlukla orman idareleri yerine üretim ve taşıma işlerini yüklenenler tarafından inşa edilmektedir. Bu durum da, traktör yollarını sürütme yollarından belirgin şekilde ayırt etmeye yarayacak bir farklılık unsuru olarak belirlenmiştir.

Tavşanoğlu (1971) sürütme yollarını, bölme içindeki transportu sağlayan geçici bir bölmeden çıkarma tesisi olması gerektiğini işaret etmesine karşın sürütme yolları, sundukları işlevler ve yapı tekniği gereği bölme içini işletmeye açan kalıcı tesisler formuna dönüşmüştür (Bayoğlu, 1996). Özellikle traktör vb. araçlarla inşa edilen ve sonrasında da üzerinden traktörle taşımının yapıldığı sürütme yolları sahada uzun yıllar kalabilmektedir. Sürütme şeritleri ise üretim sezonundan birkaç vejetasyon süresi sonrasında kaybolmaktadır. Bazen toprak zararının az olduğu zamanlarda bir çeşit toprak sürümü işlevi üstendiğinden buralarda fırça gibi gençliğin geldiğine de rastlamak mümkün olabilmektedir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Oduna dayalı orman ürünleri üretimi, Ülkemizde, yıllık etanın artışıyla birlikte hız kesmeden devam etmektedir. Yıllık ortalama 20 milyon m<sup>3</sup> civarındaki odun hammaddesinin transportu için üretim amaçlı orman yollarıyla (yaklaşık 200 bin km) beraber orman içinden geçen tüm yolların varlığı 250 bin km<sup>2</sup> yi aşmıştır. Buna rağmen sürütme mesafelerinin uzunluğu ve bölmeden çıkarma operasyonları için traktör kullanımının artmaya başlamasından dolayı sürütme yolları da yapılmaya devam etmektedir. İlâveten, arazi eğiminin % 40' dan az olduğu elverişli zeminlerde sürütme izlerinin de aktif olarak kullanıldığı ve yol ağı planlarında da görülebileceği üzere traktör yollarının da yapıla geldiği bilinmektedir. Bu çalışmanın bulgularına dayalı olarak üretim blokları başına en az 570 m uzunluğunda sürütme yolu yapıldığı sonucuna varılmıştır. Sürütme yolu uzunluğu, üretim alanının büyüklüğüne ve poligon şeklinin çarpıklığına göre artış gösterebilmektedir. Sürütme yolları, orman yollarıyla en azından bir ucundan bağlıdır ve diğer sürütme yollarıyla da bağlanıp bir yol ağı oluşturabilmektedir. Ormanlık arazide sürütme yolu ağı ve yoğunluğuna bağlı olarak çeşitli ekolojik etkilerin oluşma potansiyeli bulunmaktadır. Sürütme yolu inşaatı için az da olsa kazı alanlarının oluşması, traktör geçişine bağlı trafik yükünden dolayı

oluşacak toprak zararları, yol inşaat alanlarının oluşturduğu kayıp orman alanı miktarının artışı, meşcere içlerinde yolların oluşturduğu kenar etkisinin artması ve yol ağına bağlı fragmentasyon etkisi gibi birçok doğrudan ve dolaylı etkinin ortaya çıkma potansiyeli bulunmaktadır.

Orman yollarıyla tam olarak işletmeye açılmayan üretim ünitelerinde; arazi eğiminin %30' u aşığı yamaçlarda, orman zemininde oluşturulacak sürütme şeritlerinde (izlerinde) traktör trafiğinin kısıtlanmasından dolayı, orman yollarından ayrılarak meşcere içine doğru ilerleyen ve yalnızca orman transport araçlarının trafiğine elverişli, ham toprak yol niteliğindeki sürütme yollarından faydalanılabilir. Sürütme yollarının yapı tekniği yönünden zorluk ortaya çıkarmayan arazilerde uygulanması gerekir. Arazi eğiminin %30' dan düşük olduğu kuru dere yatakları veya arazinin kısmen düze yakın yerlerinde sürütme işlerini kolaylaştırmak amacıyla saplama (mahmuz) şeklinde yapılmış, traktör (ve yükleyici gibi traktör bazı araç) trafiğine uygun traktör yolları kullanılabilir. Düz ve düze yakın orman arazisinde, zeminin taşıma kapasitesinin ve yüzeyin elverişli olduğu doğal hatlar, sürütme şeridi olarak traktör gibi sürütücü araçların trafiği için kullanılabilir. Bu üç transport tesisi de amaçlarına, yapılış yerine, teknik özelliklerine ve mevzuattaki esaslarına göre birbirinden farklı tariflere sahiptir. Ancak ormancılık uygulamaları ve mevzuat açısından bir terim birliği yapılacak olursa; sürütme ve traktör yolu terimleri birbirlerinin yerine kullanılabilir. Ancak sürütme şeritleri (izi) terimini bunlardan ayrı tutmak gereklidir. Eğer orman içinde orman ürünleri transport tesisleri açısından hiyerarşik bir sıralama yapılacaksa; ana (birincil) orman yolları, tali (ikincil) orman yolları, üçüncül yollar (sürütme yolu, traktör yolu) ve sürütme izleri (şeritleri) şeklinde bir dizilim söz konusu olabilir. Orman içine, adeta ağaç dibine kadar sokulabilen en kılcak transport tesisi olarak sürütme şeritlerinden/izinden bahsedilebilir.

Sürütme yollarının teknik ve ekonomik açıdan gerekliliği karşısında ekolojik etkilerini azaltmak için planlama, projelendirme ve uygulama esaslarının güçlenmesi gerekmektedir. Sürütme yollarının hangi koşullarda, nerede nasıl ve hangi niteliklerde uygulanması gerektiğine ilişkin bir kılavuz geliştirilmeli ve uygulanmalıdır. Üretim ormanlarında gereğinden fazla sürütme yolu yapılmaması için öncelikle işletmeye ve sahaya özgün optimal bölmeden çıkarma yöntemleri belirlenmelidir. Sürütme yollarının yapım masraflarının düşük olacağı, sürütücü araçların rantabl çalışabileceği ve yapı tekniği bakımından problemsiz (kayalık, sarp, ıslak ve bataklık olmayan) arazi parçalarından geçirilmesi sağlanmalıdır. Sürütme şartnamelerindeki usul ve esaslar uyarınca; sürütme yolları, orman idarelerinin izin ve görüşleri doğrultusunda yapılmalı veya yaptırılmalıdır. Planlama, aplikasyon veya vaziyet planı için yerden ya da havadan (harita, uydu görüntüsü veya drone ile) keşiflerle sürütme yolu güzergahı belirlenmelidir. Sürütme yolu için açılacak alan olabildiğince dar tutularak orman alanı ziyatı azaltılmalıdır. Dağlık arazilerde, sürütme yolları; ekskavator, mini ekskavator, beko (backhoe; önde kepçe ve arkada hidrolik kazıcı kol monteli traktör) veya traktör bıçakları kullanılarak inşa edilmeli ve yamaç aşağısına materyal akışı engellenmelidir.

## Kaynaklar

- Acar, H.H., Şentürk, N., 1996. Dağlık arazide orman yollarının planlanması ve üretim çalışmalarının orman ekosistemi üzerine olan etkileri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 43(1-2): 103-111.
- Acar, H.H., 1998. Transport Tekniği ve Tesisleri Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Ders Teksirleri Serisi:56, Trabzon.
- Acar, H.H., 2004. Ormancılıkta Transport, Lisans Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Ders Teksirleri, Trabzon.
- Akay, A.E., Wing, M.G., Sessions, J., 2014. Estimating sediment reduction cost for low-volume forest roads using a LIDAR-derived high-resolution DEM. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 9(1): 52-57.
- Alkan H., Eker M., 2005. Orman kaynaklarından faydalanmanın sürdürülebilirliğine dar ölçekli bir bakış. Türk Ormancılığında Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat Ve Yapılanmaya Yansımaları, Orman Mühendisleri Odası Sempozyumu, 22-24 Aralık, Sempozyum Bildirileri, 423-437 s., Antalya.
- Aykut, T., Demir, M., 2005. Türkiye'de orman yollarının durumu, değerlendirilmesi ve önemi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 55(1): 37-51.
- Bayoğlu, S., 1988. Üretim mekanizasyonu metotları ile orman yol şebekesi ilişkileri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 38(3): 56-63.
- Bayoğlu, S., 1996. Orman Nakliyatının Planlanması. İstanbul Üniversitesi Yayın No:3941, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No: 8, ISBN 975-404-438-4, İstanbul.
- Bayoğlu, S., 1997. Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları (Orman Yolları). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 3969, Orman Fakültesi Yayın No. 434, İstanbul.
- Coffin, A.W., 2007. From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. Journal of Transport Geography, 15: 396-406.
- D'Eon, R., 2007. Harvest block spatial configuration as a function of logging road density: Do larger more aggregated blocks create less road? BC Journal of Ecosystems and Management, 8(1): 50-60
- Demir, M., Makineci, E., Çömez, A., Yılmaz, E., 2010. Impacts of repeated timber skidding on the chemical properties of topsoil, herbaceous cover and forest floor in an eastern beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stand. Journal of Environmental Biology, 31: 477-482.
- Eker, M., Acar, H.H., 2005. Orman yolları ve üretim faaliyetlerinde çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik bazı uygulama önlemleri. I. Çevre ve Ormancılık Şurası, 21-24 Mart, Tebliğler Kitabı Cilt:II, 381-389 s., Antalya.
- Eker, M., Çoban, H.O., 2010. Impact of road network on the structure of a multifunctional forest landscape unit in southern Turkey. Journal of Environmental Biology, 31: 157-168.
- Eker, M., Acar, H.H., Çoban, H.O., 2010a. Orman yollarının potansiyel ekolojik etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(1): 109-125.
- Eker, M., Çoban, H.O., Alkan, H., 2010b. Hasat artıkları tedarik zincirine yönelik sistem tasarımı. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Bildiriler Kitabı Cilt:II, 524-534 s., Artvin.
- Eker, M., Ada, N., 2011. Orman yolu kalite analizine yönelik ölçüt ve gösterge setinin oluşturulması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12(2): 89-97.
- Eker, M., Alkan, H., Korkmaz, M., Çoban, H.O., 2011. The supply and utilization possibilities of forest residues as a by-product. 2nd International Non-Wood Products Symposium, 8-10 September, Abstracts, p.55-56, Isparta, Turkey.

- Eker, M., Acar, H.H., Özçelik, R., Alkan, H., Gürlevik, N., Çoban, H.O., Korkmaz, M., Yılmaztürk, A., 2013. Ormancılıkta Hasat Artıklarının Tedarik Edilebilirliğinin Araştırılması – Sonuç Raporu, TÜBİTAK, Project No:1100435, Ankara.
- Eker, M., Çoban H.O., 2017. Değişen paradigmlar ve gelişen teknoloji bağlamında ormancılık operasyonları. Türkiye Ormancılar Derneği IV. Ulusal Ormancılık Kongresi, 15-16 Kasım, Antalya, Bildiriler Kitabı, 1. Cilt, s. 430-441.
- Elliot, W.J., Tysdal, L.M., 1999. Understanding and reducing erosion from insloping roads. *Journal of Forestry*, 97(8): 30-34.
- Erdaş, O., 1997. Orman Yolları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Cilt I-II, Trabzon.
- Erdaş, O., Acar, H.H., Eker, M., 2014. Orman Ürünleri Transport Teknikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 233/39, Trabzon.
- Erdem, R., Enez, K., Demir, M., Sarıyıldız, T., 2018. Slope effect on the sediment production of forest roads in Kastamonu of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(4): 2019-2025.
- FAO, 1977. Planning Forest Roads and Harvesting Systems. FAO Forestry Paper 2, Rome.
- Forman, R.T.T., 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10(3): 133-142.
- Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1): 207-231.
- Forman, R.T.T., Deblinger, R.D., 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (U.S.A.) suburban highway. *Conservation Biology*, 14: 36-46.
- Görcelioğlu, E., 2004. Orman Yolları-Erozyon İlişkileri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Gucinski, H., Brooks, M.H., Furniss, M.J., Ziemer, R.R., 2001. Forest Roads: A Synthesis of Scientific Information. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-509, Portland, Oregon.
- Gümüş, S., Türk, Y., 2010. Bölmeden Çıkarmada Sürütme İzleri ve Çevresel Sorunları. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs, Artvin, Cilt: II, s. 535-543.
- Harris, L.D., Hoctor, T.S., Gergel, S.E., 1996. Landscape processes and their significance to biodiversity conservation. In: *Population Dynamics in Ecological Space and Time* (Ed: Rhodes, J.R., Chesser, R., Smith, M.), Chicago University Press, Chicago, pp. 319-47.
- Hasdemir, M., Demir, M., 2000. Türkiye'de orman yollarını karayollarından ayıran özellikler ve bu yolların sınıflandırılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 50(2): 85-96.
- Heilman, Jr. G.E., Strittholt, J.R., Slosser, N.C., Dellasala, D.A., 2002. Forest fragmentation of the conterminous United States: Assessing forest intactness through road density and spatial characteristics. *BioScience*, 52(5): 411-422.
- Kato, S., Seçkin, Ö.B., 1972. Orman yol sistemi üzerine etüdler-yol yoğunluğuna ilişkin ön rapor. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri:B, Cilt:22 Sayı:2, s. 290-317
- Krummel, J.R., Gardner, R.H., Sugihara, G., O'Neill, R.V., Coleman, P.R., 1987. Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos*, 48: 321-324.
- Kuliešis, A., Aleinikovas, M., Linkevicius, E., Kuliešis, A. A., Saladis, J., Škema, M., Šilinskas, B., Beniušiene, L., 2018. The impact of strip roads on the productivity of spruce plantations. *Forests*, 9(10): 1-14.
- Mader, H.J., Schell, C., Kornacker, P., 1990. Linear barriers to arthropod movements in the landscape. *Biological conservation*, 54: 209-222.
- Makineci, E., Demir, M., Yılmaz, E., 2007. Odun üretimi ve sürütme çalışmalarının orman ekosistemine ekolojik etkileri. *International Symposium Bottlenecks, Solutions and Priorities in the Context of Functions of Forest Resource*, 17-19 Ekim, İstanbul, pp. 868-878.
- Noss, R. 1995. The ecological effects of roads. *Road Rippers Handbook*, Wildlands Centre for Preventing Roads (CPR), Missoula, MT. <http://www.wildlandscpr.org/ecological-effects-roads>. [Erişim:Ekim 2008]
- OGM, 1982. Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 161-A Sayılı Tebliğ. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara
- OGM, 1984., Orman Yolları Planlaması ve İnşaat İşlerinin Yürütülmesi'ne ait 202 Sayılı Tebliğ. İnşaat Dairesi Başkanlığı Yol Yapım Heyeti, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, 1996. Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerine Ait 288 Sayılı Tebliğ. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, 2008. Orman Yolları Planlaması, Yapımı ve Bakımı'na ait 292 Sayılı Tebliğ. OGM İnşaat ve İkmal Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2020. Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim İşleri'ne ait 310 Sayılı Tebliğ. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Öztürk, T., Sevgi, O., Akay, A.E., 2017. Impact assessment of log skidding on soil condition of skid roads during ground-based logging in a plantation forest in Istanbul, Turkey. *Bosque*, 38(1): 41-46.
- Paton, D.R. 1975. A diversity index for quantifying habitat "edge". *Wildlife Society Bulletin*, 3: 171-173.
- Reed, R., Johnson-Barnard, J., Baker, W., 1996. Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology*, 10: 1098-1106.
- Ripple, W., Bradshaw, G., Spies, T., 1991. Measuring forest landscape patterns in the Cascade range of Oregon, U.S.A. *Conservation Biology*, 57: 73-88.
- Seiler, A., Eriksson, I.M., 1997. New approaches for ecological consideration in Swedish road planning. In: *Canter, K., Piepers, A. and Hendriks-Heersma, A., (Eds.) Proceedings of the international conference on Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, Maastricht & DenHague 1995*, pp. 253-264. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering division, Delft, The Netherlands.
- Staaf, K.A.G., Wiksten, N.A., 1984. Tree Harvesting-General. In: *Tree harvesting techniques*. Forestry Sciences, Vol 15. Springer, Dordrecht.
- Stenzel, G., Walbridge, T.A., Pearce, J.K., 1985. Logging and Pulpwood Production. A Wiley-Interscience Publication (2nd Edition), 368 p.
- Sundberg, U, Silversides, C.R., 1988. Operational Efficiency in Forestry Volume1: Analysis. Series Volume 29, 230 p., Springer (2nd edition), Netherlands.
- Tavşanoğlu, F., 1955. Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Tavşanoğlu, F., 1971. Ormanlarda sürütme yolları ve bu yollar üzerinde taşıma. *İstanbul Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2): 21-41.
- Trombulak, S.C., Frissell, C.A., 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14: 18-30.
- Türk, Y., Gümüş, S., 2010. Orman yollarında meydana gelen toprak kaybı sorunları. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, Cilt: II, s. 544-553.
- Türk, Y., 2011. Ormancılıkta Endüstriyel Odun Hammaddesinin Tarım Traktörleriyle Bölmeden Çıkarılmasında Sürütme Şeritleri Ağının Optimizasyonu. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Walbridge, T.A., Bentley, A.R., 1976. Road Locator's Handbook-Instructions and Field Notes. Hiwassee Land Company, Calboun, Tennessee, USA.
- Varol, T., 2015. Üst Yapısız Orman Yollarında Yüze Erozyonun Hesaplanmasında Kullanılan Modellerin Karşılaştırılması. Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu, 4-6 Haziran, Iğaz, Bildiriler Kitabı, s.434-450.
- Yeap, Y.H., Sessions, J., 1989. Optimising spacing and standards of logging roads on uniform terrain. *Journal of Tropical Forest Science*, 1(3): 215-228.



## Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya verileri kullanılarak haritalanması: Datça yarımadası örneği

Derya Gülçin<sup>a,\*</sup> 

**Özet:** Peyzaj planlamada çeşitli karar verme ölçekleri, somut ve ekonomik katkıya dâhil olmayan ekosistem hizmetlerinin değerinin ölçülmesini ve görselleştirilmesini gerektirir. Kültürel peyzajların başarılı bir şekilde sürdürülmesi ve yönetilmesi için soyut ve kültürel nitelikteki hizmetlerin, bir başka ifadeyle kültürel ekosistem hizmetlerinin mekânsal dağılımının anlaşılması gerekmektedir. Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya verileri kullanılarak modellenmesi, mevcut planlama ve politika araçlarına entegre edilebilecek bir yaklaşım oluşturabilir. Datça Yarımadası'nda yürütülen bu çalışmada, uygulama programlama arayüzü (API) aracılığıyla Flickr sosyal fotoğraf ağından indirilen coğrafi etiketli fotoğraflar kullanılmış ve kültürel ekosistem hizmetleri haritalanmıştır. Fiziksel, deneysel, entelektüel ve sanatsal/ilham verici değerler kapsamında incelenen fotoğrafların; %57'si estetik, %20,1'si sanatsal/ilham verici, %15,4'ü kültürel miras ve kimlik değeri, %6,9'u rekreasyonel değer ve %0,7'si ruhani ve dini değerleri göstermektedir. Fotoğraflara ait coğrafi etiketler, Kernel yoğunluk tahmin modeli ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, kültürel miras ve kimlik değerini yansıtan fotoğrafların Knidos Antik Kenti ve yakın çevresinde; rekreasyonel değer, estetik değer ve sanatsal/ilham verici değerleri yansıtan fotoğrafların eski Datça'nın bulunduğu Datça Yarımadası yerleşiminde yoğunlaşma potansiyeline sahip olduğu aynı zamanda bu potansiyelin yarımada boyunca mekânsal varyasyona sahip olabileceği görülmektedir. Ruhani ve dini değerlerin yarımada merkezinde yalnızca bir noktada yoğunlaşabileceği dikkat çekmektedir. Bu çalışma, ekosistem hizmetlerinin haritalanması ile ilgili çalışan araştırmacılara ulaşmayı hedeflemekte ve kültürel değerlerin sürdürülebilirliğinde peyzaj yönetimi kapsamında referans oluşturabilecek bir yöntem akışı sunmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Ekosistem hizmetleri, Kültürel miras, Peyzaj planlama, Kernel yoğunluk tahmini, Coğrafi etiketli fotoğraf, Datça

## Mapping cultural ecosystem services using social media data: The case of Datça peninsula

**Abstract:** Various decision-making scales in landscape planning entails the measurement and visualization of the value of ecosystem services that do not have an economic contribution. In order to maintain and manage cultural landscapes successfully, it is significant to understand the spatial distribution of cultural ecosystem services. Modeling cultural ecosystem services (CES) using social media data creates an approach that can be integrated into existing planning and policy tools. This study was conducted in Datça Peninsula, Turkey and used geotagged photographs (GPs) downloaded from Flickr social photo network via application programming interface (API). The aim of this study is to map cultural ecosystem services based on Kernel density approach. GPs were examined within the scope of physical, experimental, intellectual, and inspirational values. 57% of them had aesthetic, 20.1% of them had inspirational, 15.4% of them had cultural heritage and identity, 6.9% of them had recreational, and 0.7% of them had spiritual and religious values. The geographical locations of the photographs were used to apply the Kernel density estimation model. As a result of the analysis, it was found that the photographs reflecting the cultural heritage and identity value were concentrated in the ancient city of Knidos and its environs. It was also found that the photographs illustrating the recreational value, aesthetic value and inspiring values were concentrated in the settlement of Datça Peninsula, where the old town of Datça is located. The density of points suggested that there was a spatial variation of CES throughout the peninsula. It is noteworthy that spiritual and religious values were concentrated only at one location in the center of the peninsula. This study aims to reach researchers focusing on the mapping of ecosystem services and presents a methodological approach that can be useful, within the scope of landscape management underpinning the sustainability of cultural values.

**Keywords:** Ecosystem services, Cultural heritage, Landscape planning, Kernel density estimation, Geotagged photograph, Datça

### 1. Giriş

Ekosistem hizmetleri (ES), ekosistem yapısının ve işlevinin (diğer girdilerle birlikte) insan refahına katkısı olarak değerlendirilmiştir (Cheng vd., 2019). Temel olarak insanlar, doğadan topluma sürekli bir ES akışı sağlayan ekosistemlere ve doğal sermayeye güçlü bir şekilde bağlıdır (Han vd., 2020). Bu nedenle ES; küresel, ulusal,

bölgesel ve yerel ölçeklerde politika ve karar verme için önemli bir araç olma potansiyeline sahiptir (Muhacir ve Tazebay, 2017; Kaya ve Uzun, 2019). ES haritalarını pratik uygulamalarda kullanmak ve bunları sürdürülebilir karar verme için faydalı araçlar haline getirmek peyzaj planlama için önemli bir adımdır (De Groot vd., 2010; von Haaren vd., 2019). ES haritaları, ödünleşimler ve sinerjilerin yanı sıra farklı ES'lerin arz, akış ve talebi arasındaki mekânsal

✉ <sup>a</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): derya.yazgi@adu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 09.10.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 04.12.2020



**Citation** (Atıf): Gülçin, D., 2020. Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya verileri kullanılarak haritalanması: Datça yarımadası örneği. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 407-416.

DOI: [10.18182/tjf.808414](https://doi.org/10.18182/tjf.808414)

uyum veya uyumsuzlukları ifade edebilir (Jia vd., 2014; Hossu vd., 2019). Buna ek olarak, bir ekosistemden diğerine hizmet akışlarını ve kaynak-havuz dinamiklerini gösterilebilir. Bu bilgilere dayanarak, ES arz ve talebi için bütçeler, farklı mekânsal-zamansal ölçeklerde hesaplanabilir (Tian vd., 2020). ES haritalarının, insan toplumuna fayda sağlayacak sürdürülebilir karar almada yüksek uygulama potansiyeline ek olarak, doğal kaynakların daha fazla kullanılması, arazi dönüşümlerinin teşvik edilmesi veya arazi edinme faaliyetlerinin desteklenmesi çerçevesinde kötüye kullanılması riski de vardır. ES konseptini doğru bir şekilde iletmenin ve ilgili tüm bilgileri dikkatlice ve mevcut en iyi bilgilerle hazırlayıp belgelemenin bu kadar önemli olmasının temel nedeni budur (Burkhard ve Maes, 2017).

Peyzajlar, doğal ve kültürel değerlere sahip birbirinden farklı karakterde ekosistemleri bünyesinde bulundururlar. Bu ekosistemlerden doğal karakterdeki peyzaj tipleri kadar kültürel karakterdeki peyzaj tiplerinin ürettiği fayda ve hizmetlerin modellenmesi ekolojik-sosyal ilişkilerin anlaşılması çerçevesinde değerlidir (Cabana vd., 2020; Santarém vd., 2020). Kültürel peyzajların başarılı bir şekilde sürdürülmesi ve yönetilmesi için bunların sunduğu hizmetlerin, bir başka ifadeyle kültürel ekosistem hizmetlerinin mekânsal dağılımının anlaşılması gerekmektedir (Holland vd., 2011; Casalegno vd., 2013; Bachi vd., 2020). Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi (MEA, 2005), kültürel ekosistem hizmetlerini “insanların, ekosistemlerden ruhsal ve bilişsel gelişim, rekreasyon ve estetik deneyimler yoluyla elde ettiği maddi olmayan faydalar” olarak tanımlamıştır. Kültürel ekosistem hizmetlerinin bölgedeki dağılımını analiz etmek, çeşitliliğini ölçmek ve değerlendirme yapmak için mekânsal modellerin geliştirilmesi, daha yaygın bir yaklaşım haline gelmiş, peyzaj yönetimi ve çevresel karar vermede destek aracı olarak büyük bir potansiyel göstermiştir (Paracchini vd., 2014). Bu kapsamda, önceki çalışmalar çoğunlukla peyzajların rekreasyon, ekoturizm ve estetik değerine odaklanmıştır (Tolunay vd., 2004; Milcu vd., 2013; Figueroa-Alfaro ve Tang, 2017; Scholte vd., 2018; Bernetti vd., 2019).

Peyzaj planlamada çeşitli karar verme ölçekleri, soyut ve ekonomik katkıya dâhil olmayan ekosistem hizmetlerinin değerinin ölçülmesini ve görselleştirilmesini gerektirir. Bu değerlerin hem fiziksel hem de maddi olarak ölçülmesi özellikle zordur; çünkü bu değerler soyut ve öznedir (Daniel vd., 2012; Yoshimura ve Hiura, 2017). Kültürel ekosistem hizmetlerinin haritalanması, koruma planlarının geliştirilmesi ve arazi kullanım yönetimi için önemli bakış açıları sağlar. Kültürel ekosistem hizmetlerini yönetmek için, insanların yaşam alanlarını ne için kullandıklarını ve farklı faaliyetlerin nerede gerçekleştiğini anlamak gerekir. Bu bağlamda, anket çalışmaları ve yüz yüze görüşmeler genellikle zaman alıcı ve maliyetli olduğundan, son yıllarda sosyal medya verileri kullanılmaktadır (Zhang vd., 2020). Geleneksel araştırmalarla karşılaştırıldığında, peyzajların sunduğu ekosistem hizmetlerinin değerlendirmesine olanak sağlayan coğrafi etiketli fotoğrafların kullanımı, alternatif değerlendirme araçlarında pratik olarak kullanılabilir girdi oluşturmaktadır (Sinclair vd., 2018; Karasov vd., 2020). Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya verileri kullanılarak modellenmesi, mevcut planlama ve politika araçlarına entegre edilebilecek bir potansiyele sahip olduğu için araştırmacıların ve çevre politikacılarının ilgisini giderek daha fazla çekmektedir (Richards ve Tunçer,

2018; Clemente vd., 2019; Retka vd., 2019; Arslan ve Örcü, 2020a; 2020b). Sosyal medya fotoğraflarının kullanımı son yıllarda farklı çevresel faktörlerle ilişkilendirilerek yeni metodolojik yaklaşımların geliştirildiği görülmektedir (Oteros-Rozas vd., 2018). Açık erişim sağladığı için sıklıkla kullanılan fotoğraf havuzları (Flickr, Twitter, Facebook, Instagram, Google Earth [eski adıyla Panoramio] vb. internet siteleri) farklı özellikteki (yaş, cinsiyet, meslek, etnik köken vb.) kullanıcı gruplarını içerdiğinden kültürel varyasyon bakımından kullanışlı bulunmuştur (Guerrero vd., 2016). Peyzaj fotoğrafları, insan ve çevre arasındaki fiziksel ve antropojenik özelliklerin iletişimini yansıtarak peyzajların insanlara sağladıkları değerlerin bir bütün olarak anlaşılmasında temel bir yaklaşım sunar (Stephenson, 2008).

Ekosistem hizmetlerinin insan yaşamına katkısı somut ve soyut faydalar temelinde ayrılmaktadır. Soyut faydalar farklı konseptlerde hala araştırılmakta, hem ekosistem potansiyelleri hem de bu potansiyellerin çevresel faktörlerle ilişkilendirilmesine ihtiyaç vardır. Somut ve soyut faydaların bütüncül ve objektif yaklaşımlarla değerlendirilmesi, peyzaj yönetimi ve koruma planları ile ilişkilendirilmesi amacıyla coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yaygın olarak kullanılmaktadır (Scholte vd., 2018). CBS aracılığıyla sıklıkla uygulanan Kernel yoğunluk tahmin modeli, makine öğrenmesinde patern analizlerini yapan klasik algoritmalar dizisinden oluşmaktadır. Bu yöntemin genel fonksiyonu, veri kümelerindeki genel ilişki türlerini (örneğin kümeler, sıralamalar, temel bileşenler, korelasyonlar, sınıflandırmalar) bulmak ve incelemektir (Schlkopf vd., 2002). Tahmin modeli, tanımlı bir çap alanı içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile noktaların kaynağından uzaklaştıkça değişen yoğunluğu gösterir.

Farklı peyzaj tipleri farklı hizmetler sağlar ve peyzaj heterojenliği, çeşitli ekosistem işlevlerini etkileyebilir (Lovett vd., 2005). Buna ek olarak, toplumun farklı bölümleri, ekosistem hizmetlerini farklı değerlendirebilir (Bieling vd., 2014). Bu nedenle, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde mevcut arazi örtüsü ile kültürel ekosistem hizmetleri arasında ilişki kurmak önemlidir (Plieninger vd., 2013; Oteros-Rozas vd., 2018).

Datça Yarımadası sınırında, geleneksel kırsal yerleşimlerin mimari özellikleri ve koruma sorunları üzerine yapılan bir araştırmada tarihsel süreçler ve toplumsal dönüşümler nedeniyle kültürel kopuşlar meydana geldiği vurgulanmıştır (Naycı, 2012). Bu kültürel kopuşların, ilçedeki yerleşim desenini etkilediği ve yöresel mimariye ilişkin niteliklerin hızla kaybolmasına neden olduğu belirtilmiştir. Datça’da yalnızca yerleşim alanlarındaki kültürel miras değerleri değil, kırsal alanlardaki kültürel peyzaj değerlerinin ortaya çıkarılmasına duyulan ihtiyaç da önceki çalışmalarda sıklıkla gündeme gelmiştir (Yılmaz, 2010; Naycı, 2012; İşcanı, 2016). Belirtilen ihtiyaca cevap verebilmek amacıyla yürütülen bu çalışmada; kültürel peyzaj değerleri ve bu değerlerin sunduğu hizmetler, insanların bakış açısı ile coğrafi etiketli sosyal medya fotoğrafları üzerinden değerlendirilmiştir. Ayrıca, çalışmanın kapsamlı olarak yorumlanabilmesi amacıyla kültürel ekosistem hizmetlerinin dağılımı ile arazi örtüsünün kullanımı arasındaki ilişki irdelenmiştir. Bu çalışma, ekosistem hizmetlerinin haritalanması ile ilgili çalışan araştırmacılara ulaşmayı hedeflemekte ve kültürel değerlerin sürdürülebilirliğinde peyzaj yönetimi kapsamında referans oluşturabilecek bir yöntem akışı sunmaktadır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

Bu çalışmada Muğla İli Datça Yarımadası'nda bulunan Datça İlçesi idari sınırları içinde gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin güneybatısında bulunan çalışma alanının üç tarafı denizlerle çevrilidir. Yarımada'nın güneyi Hisarönü Körfezi, doğusu Marmaris, kuzeyi Gökova Körfezi ve batısı Ege ve Akdeniz ile çevrilidir (Şekil 1).

Çalışma alanı, doğu-batı yönünde yaklaşık 70 km uzunluğa sahiptir ve yüzölçümü 459 km<sup>2</sup>'dir. Yarımada'da, Akdeniz iklimi görülür. Engebeli bir topografik yapıya sahip Datça Yarımadası'nın en yüksek noktalarını sırasıyla Bozdağ (1174 m), Kalecik Dağı (881 m), Karadağ (786 m), Emecik Dağı (704 m), Yarık Dağı (615 m) oluşturur (DK, 2020). Çalışma alanında Karaköy, Kızılan, Mesudiye ve Palamutbükü ovaları yer alır. Akdeniz ikliminin tipik bitki örtüsü olan maki topluluğu bölgede geniş alan kaplamaktadır. Maki topluluğunun tahrip olduğu alanlarda frigana (garig) türleri de yaygındır (Kantarıcı, 1990).

Datça'da yerleşim üç mahalle (Reşadiye, Eski Datça ve İskele mahallesi) çevresinde gelişmiştir. Reşadiye ve Eski Datça mahalleleri önemli ölçüde korunmuş eski yerleşimlerdir. Şekil 1'de çalışma alanındaki tarihi ve kültürel alanlar, dini alanlar ve turizm değeri yüksek olan alanlar gösterilmiştir. Tarihi ve kültürel alanlar arasında, ilk sırayı adanın en batı ucunda yer alan Knidos Antik Kenti almaktadır. Datça yarımadası ana karası üzerine inşa edilen kent, anakara ile anakaranın güneyinde yer alan Deveboynu (Kap Krio) Adası arasında bir bütünlük oluşturmaktadır. Her iki kara parçasını birbirine bağlayan bu geçiş alanı sayesinde kent doğuda ve batıda olmak üzere iki limana

(Büyük [ticari] ve Küçük Liman [askeri]) sahiptir. Bu özelliği ile Strabon tarafından çifte şehir olarak adlandırılmıştır. Özellikle Helenistik dönemin ticaret ve sanat alanında en önemli kentlerinden birisi olan Knidos'da Küçük Tiyatro, Demeter Kutsal Alanı, Dionysos Tapınağı, Liman Caddesi ve bu cadde üzerinde yer alan Hereon (kahramanlık anıtı), Boulakrates Çeşmesi, kuzeye doğru çıkıldıkça Yuvarlak Tapınak dikkat çeken tarihi yapılar arasındadır. Kente ün kazandıran simgelerden birisi de M.Ö. IV. yüzyılda dönemin ünlü heykeltıraşı Praxiteles'in Afrodite heykelidir. Bu heykel dünyanın yedi harikasından birisi olarak kabul edilmiştir. Buna ek olarak, astronomi ve matematik bilimcisi Eudoksus, ressam Polygnotos, doktor Euryphon ve yine dünyanın yedi harikasından birisi olarak gösterilen Mısır'ın ünlü İskenderiye Feneri'nin mimarı Sostratos Knidos'un önemli isimleri arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, Deveboynu yarımadası üzerinde yer alan Deveboynu deniz feneri, bölgenin önemli görsel odak merkezlerinden (*landmark*) birisidir. Yarımada'nın diğer tarihi noktalarından birisi de Datça'nın ilk yerleşim bölgesi olarak bilinen Eski Datça'dır. İlk yerleşimin M.Ö. 1100'lü yıllarda olduğu tahmin edilen Eski Datça, taş evleri, arnavut kaldırımları ve mimari açıdan özgün avluları ile estetik kent peyzajını günümüze kadar sürdürmüştür. Eski Datça Camii ve Can Yücel Evi, Eski Datça'nın çekim merkezi olarak kabul edilmiştir. Eski Datça Camii, Osmanlı Dönemine ait tek kilise olma özelliğine sahiptir. Emecik mevkiinde Marmaris-Datça yolu üzerinde yer alan Apollon Kutsal Alanı, yarımada'nın bir diğer kültürel noktalarındandır. Hızırşah mahallesinde Selçuklu dönemine ait Hızırşah Camii ve seramik atölyelerinin kalıntıları ile Reşadiye Mahallesi'nde yer alan Mehmet Ali Ağa Konağı ve Reşadiye Camii tarihi yapılar arasındadır.



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu ve kültürel ekosistem hizmetleri bakımından önemli alanlar

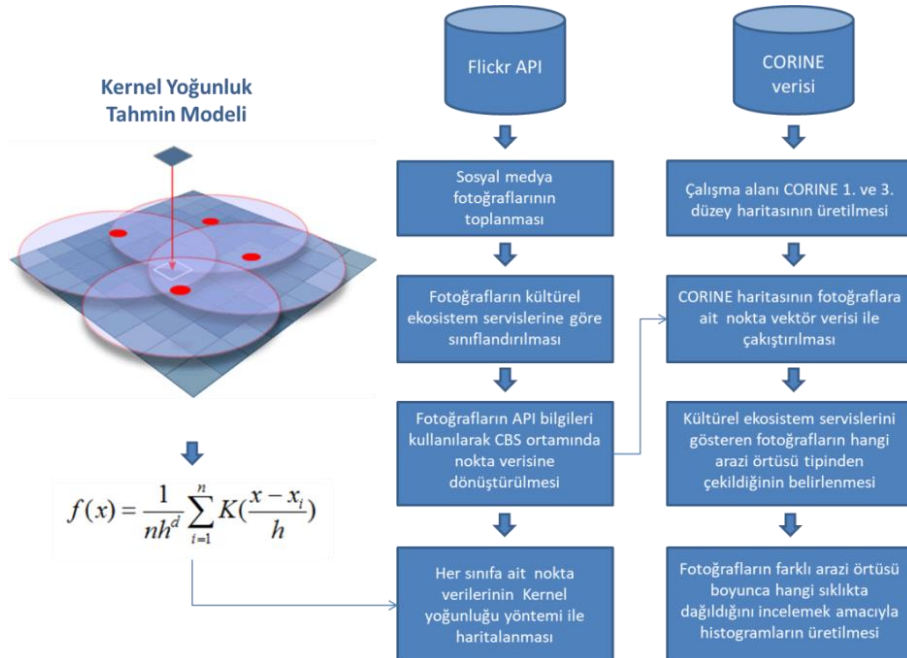
## 2.2. Yöntem

Bu araştırma, kültürel ekosistem hizmetlerinin nasıl modelleneceğini göstermesine yönelik bir yöntem akışı sunmaktadır. Veri toplamının ilk aşamasında, coğrafi etiketli fotoğraflar (CEF) sosyal medya platformlarından birisi olan Flickr web sayfasından indirilmiştir. Flickr'dan CEF'lerin otomatik olarak indirilmesi amacıyla uygulama programlama arayüzü (API) kullanılmıştır. Flickr API'ye erişebilmek için ücretsiz ve açık erişim sağlayan istatistik temelli yazılımlardan R kullanılmıştır. Fox (2020) tarafından üretilen *photosearcher* R paketi ile CEF'ler ve CEF'lere ait bilgiler (CEF çekilme tarihi, CEF paylaşımında kullanılan etiketler, enlem, boylam vb.) indirilmiştir. Otomatik olarak indirilen fotoğraflar bir klasöre kaydedilerek, çalışma ile ilgilisi olmayan ve herhangi bir kültürel değeri yansıtmayan fotoğraflar (öz çekimler, kişisel fotoğraflar vb.) elenmiştir (Şekil 2).

CEF'ler daha sonra, altı kişilik bir uzman grubu tarafından (bir arkeolog, beş peyzaj mimarı) kültürel ekosistem hizmetleri değerine göre sınıflandırılmıştır. Bu çalışma, farklı kültürel ekosistem hizmetlerini tanımlamak ve sınıflandırmak için Ekosistem Hizmetlerinin Ortak Uluslararası Sınıflandırması (Haines-Young ve Potschin, 2012) ve Clemente vd. (2019) tarafından yapılan çalışmayı referans almıştır (Çizelge 1). Bir sonraki adımda, API'dan indirilen enlem ve boylam bilgisi kullanılarak tüm fotoğraflar ArcMap 10.7 yazılımı aracılığıyla vektör (nokta *shapefile*) veriye dönüştürülmüştür. CEF'lerin nerede yoğunlaştığını ve potansiyel dağılımlarının mekânsal olarak

nerede yoğunlaşabileceğini belirlemek amacıyla, Kernel yoğunluk tahmin modeli yöntemi kullanılmıştır. Şekil 2'de yer alan formülde; Kernel yoğunluğunu tahmin eden fonksiyon  $f(x)$ , nokta sayısı  $n$ ,  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  herhangi bir  $x$  noktasında bilinmeyen yoğunluğa sahip bir dağılımdan alınan tek değişkenli, bağımsız ve aynı şekilde dağıtılmış örnekler, Kernel değeri  $K$ , bant genişliği adı verilen yumuşatma parametresi ise  $h$  ile ifade edilmektedir. Model, verilerin izin verdiği kadar küçük  $h$ 'yi seçmek ister; ancak, tahmin edicinin yanlılığı ile varyansı arasında her zaman bir ödünleşim vardır. Kernel bant genişliği seçimi, modelin uygulanmasındaki kritik konulardan birisidir. Çünkü bant genişliği seçimi, yoğunluğu tahmin eden fonksiyonun performansını önemli ölçüde etkiler (Härdle vd., 2012). Bu çalışmada, CEF nokta verisi kullanılarak R paketlerinden *stats* paketi aracılığıyla Kernel yoğunluk haritaları üretilmiştir. Bu bağlamda, yardımcı paketlerden *sp*, *sf*, *rgeos*, *stringr* ve *maptools* kullanılmıştır. Haritaların üretilmesinde Gauss yöntemi kullanılmış ve optimal bant genişliği hesaplanmıştır (Hall vd., 1991).

Çalışmanın sonraki aşamasında, 100 m yersel çözünürlüğe sahip CORINE 2018 verisi kullanılarak 1. ve 3. düzeydeki arazi örtüsü sınıfları haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar, CEF'leri ifade eden nokta vektör verisi ile çakıştırılmıştır. Böylece, kültürel ekosistem hizmetlerini gösteren fotoğrafların hangi arazi örtüsü tipinden çekildiği belirlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında, fotoğrafların farklı arazi örtüsü boyuncu hangi sıklıkta dağıldığını incelemek amacıyla histogramlar üretilmiştir.



Şekil 2. Yöntem akış şeması (API: uygulama programlama arayüzü, CORINE: Çevresel Bilgilerin Koordinasyonu Projesi, CBS: coğrafi bilgi sistemleri,  $f(x)$ :  $x$  fonksiyonu,  $n$ : nokta sayısı,  $h^d$ : bant genişliği parametresi,  $x$ : bağımsız örnek,  $K$ : Kernel değeri).

Çizelge 1. Kültürel ekosistem hizmetleri listesi (Haines-Young ve Potschin, 2012; Clemente vd., 2019)

Hizmet tipi	Kültürel ekosistem hizmeti	Tanım	Sınıflandırma
Fiziksel İnsanların ekosistemlerle ve ekosistemlerin biyotik ve abiyotik unsurları ile fiziksel etkileşime geçmesinden sağladığı fayda	Rekreasyon	Eğlence aktiviteleri için ekosistemler (biyotik ve abiyotik unsurlar) tarafından sağlanan fırsatlar	Eğlence faaliyetleriyle (örneğin yürüyüş, yüzme, sörf) uğraşan kişileri gösteren fotoğraflar veya insanlar olmadan eğlence araçlarını gösteren fotoğraflar
DeneySEL İnsanların peyzajlardan, ekosistemlerden ve bunların biyotik ve abiyotik unsurlarından sağladığı estetik fayda	Estetik	Doğal ve yarı doğal peyzajların, ekosistemlerin ve bunların biyotik ve abiyotik unsurlarının estetik özelliklerinin sağladığı estetik değer	Peyzajları gösteren fotoğraflar
Entelektüel İnsanların ekosistemlerden ve onların biyotik ve abiyotik unsurlarından bilişsel gelişim ve kültürel tanımlama yoluyla elde ettiği fayda	Bilim ve eğitim	Ekosistemlerin ve bunların biyotik ve abiyotik unsurlarının araştırma veya eğitim faaliyetleri için kullanılması	Araştırma veya eğitim faaliyetleri (teknik geziler gibi) yapan kişileri gösteren fotoğraflar veya insanlar olmadan kullanılan araçları gösteren fotoğraflar
	Kültürel miras ve kimlik	Peyzajların, ekosistemlerin, türlerin veya kültürel miras bakımından önemli alanların değeri (somut ve somut olmayan miras dâhil)	Somut (örneğin kültürel peyzajları, yerel kültürle ilgili türler) veya soyut mirası (örneğin geleneksel uygulamalar, folklor vb.) gösteren fotoğraflar
Sanatsal / ilham verici İnsanların peyzajlardan, ekosistemlerden ve bunların biyotik ve abiyotik unsurlarından elde ettiği manevi ve ilham verici nesne değeri	Ruhani ve dinsel	Peyzajların, ekosistemlerin ve bunların unsurlarının dini veya manevi amaçlarla kullanılması	Dini alanları, inziva yerlerini, meditasyon yapan insanları veya dini törenleri gösteren fotoğraflar
	İlham verici	Peyzajların, ekosistemlerin ve bunların unsurlarının sanatta, mimaride, reklamda, yerel sembollerde, folklor vb. kullanımı	Sanatta doğanın kullanımını veya etkisini gösteren fotoğraflar (örneğin resim, müzik, drama vb.), yerel semboller, ekler, vb. Ayrıca sanatsal amaçla (siyah beyaz fotoğraf gibi) manipüle edilmiş fotoğraflar

### 3. Bulgular ve tartışma

Bu çalışma kapsamında, Datça Yarımadası'nda kültürel ekosistem hizmetlerinin modellenmesine ve haritalanmasına ilişkin bir dizi analiz sonucunda çeşitli çıktılar üretilmiştir. Bu çalışmada, toplam son on yılda çekilen coğrafi etiketli toplam 4398 fotoğrafa ulaşılmıştır. *Photosearcher* R paketinin temel avantajlarından birisi, telif hakkına sahip fotoğrafların indirilmesini engellemesidir. Dolayısıyla toplamda toplam, 718 fotoğraf indirilmiş ancak ön elemeyen sonra toplam 423 fotoğraf değerlendirilmiştir. Fotoğrafların nasıl değerlendirildiğine ilişkin örnek fotoğraflar Şekil 3'te sunulmuştur.

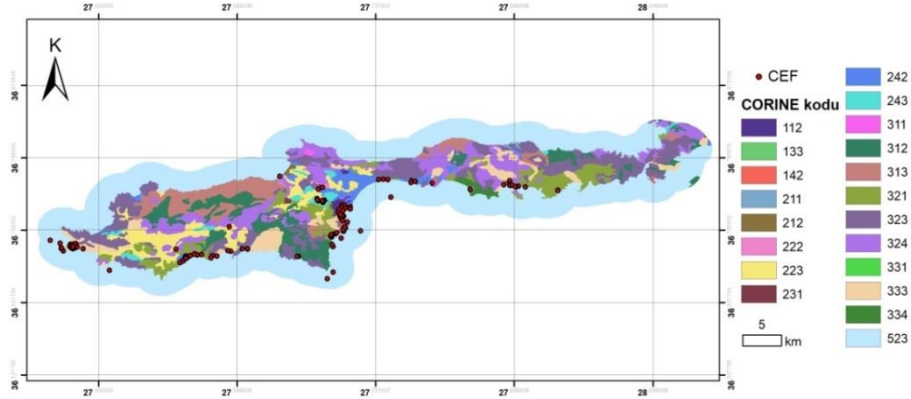
Çalışma alanının 2018 yılına ait CORINE haritası ve coğrafi etiketli fotoğrafların (CEF) mekânsal dağılımı Şekil 4'te gösterilmektedir. Buna göre, haritada CEF'lerin daha çok Emecik mevkiinde, Datça yerleşim merkezinin güney doğusundaki kıyı boyunca, Hayıtbükü ve Palamutbükü'nün yer aldığı kıyıda ve Knidos Antik Kentinin güneybatısında yoğun olarak dağıldığı gözlemlenmiştir.

Fotoğraflara ait coğrafi etiketler, Kernel yoğunluk tahmin modeli yöntemi ile analiz edilmiştir (Şekil 5). Haritaların üretilmesinde Gauss yöntemi uygulanmış ve optimal bant genişliği 0,5 olarak hesaplanmıştır. Analiz sonucunda özet olarak, kültürel miras ve kimlik değerini yansıtan fotoğrafların Knidos Antik Kenti ve yakın çevresinde yoğunlaştığı; rekreasyonel değer, estetik değer ve sanatsal/ilham verici değerleri yansıtan fotoğrafların eski Datça'nın bulunduğu Datça Yarımadası yerleşiminde

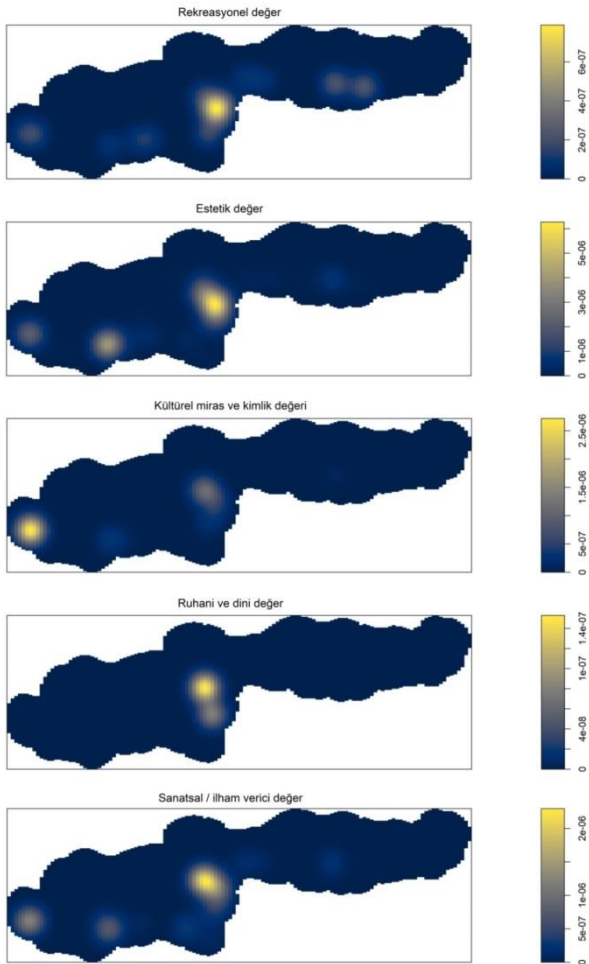
yoğunlaştığı aynı zamanda yarımada boyunca mekânsal varyasyona sahip olduğu görülmektedir. Ruhani ve dini değerlerin yarımada merkezinde yalnızca bir noktada yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Üretilen haritalardan çıkarılabilecek genel bulgu, çalışma alanında insanların mekânsal olarak aynı ya da benzer karakterdeki peyzaj ya da peyzajları tercih etme eğilimlerinin yüksek olmasıdır.



Şekil 3. Kültürel ekosistem hizmetlerine göre farklı değerlerini gösteren örnek CEF'ler (a: rekreasyonel değer, b: estetik değer, c: kültürel miras ve kimlik değeri, d: ruhani ve dini değer, e: sanatsal/ilham verici değer, CEF: coğrafi etiketli fotoğraf)



Şekil 4. Çalışma alanı CORINE 2018 haritası ve coğrafi etiketli fotoğrafların mekânsal dağılımı (CEF: coğrafi etiketli fotoğraf, 112: sürekli şehir yapısı, 133: inşaat sahası, 142: spor ve eğlence alanı, 211: sulanan ekilebilir alan, 212: sürekli sulanan tarım alanı, 222: meyve bahçesi, 223: zeytinlik, 231: mera, 242: karışık tarım alanı, 243: doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanı, 311: geniş yapraklı orman, 312: iğne yapraklı orman, 313: karışık orman, 321: doğal çayırılık, 323: sklerofil bitki örtüsü, 324: bitki değişim alanı, 331: sahil, kumsal ve kum, 333: seyrek bitki alanı, 334: yanmış alan, 523: deniz)



Şekil 5. Kültürel ekosistem hizmetlerinin Kernel yoğunluk tahmini haritaları

Rekreasyonel değer haritasındaki potansiyelin, Datça yerleşim merkezi etrafında çok yüksek olmasının temel nedeni, merkezin diğer noktalara göre erişilebilirliğinin daha yüksek olması olabilir (Doğan, 2008; Yıldıztekin, 2018). Ayrıca konaklama olanaklarının fazla olması, gastronomi zenginliği, sosyal aktivitelerin diğer alanlara göre fazla

olmasının (Datça Badem Çiçeği Festivali, Datça Tiyatro Festivali, Can Yücel Kültür Sanat Festivalleri, Datça Yerel Tohum Şenliği vb.), rekreasyonel değerleri yansıtan CEF'lerin zamanla merkezde toplanmasına neden olduğu tahmin edilmektedir (Akçura ve Karadağ, 2015; Özgürel vd., 2018). Datça yerleşim merkezinden sonra, Emecik ve Knidos'ta rekreasyonel potansiyelin görece olarak yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin, Emecik bölgesinde yerleşim alanlarının yüksek yoğunlukta olmasından ya da Knidos'ta yat turizminin yaygın olmasından kaynaklandığı öngörülmektedir (Taşlıgil, 2008). Palamutbükü, Ovabükü ve Hayıtbükü'nde ise rekreasyonel değer potansiyeli yoğunluğunun daha düşük olmasının sebebi de bu bölgelerin daha çok dinlenme amaçlı tercih edilmesine bağlı olarak açıklanabilir (Dinç, 2019).

Estetik değer haritasında potansiyel noktasal yoğunluk paterni, rekreasyonel değer haritasındaki yoğunluk paternine benzerlik göstermektedir. En belirgin fark, Datça yerleşim merkezi yakın çevresinde görülmektedir. Estetik değer haritasındaki noktasal yoğunluk potansiyeli, Datça yerleşim merkezinin kuzeybatısındaki Eski Datça yerleşimini içine almaktadır. Bu durum, Eski Datça merkezindeki tarihi geçmişe dayanan ve estetik mimari değer taşıyan yapıların ziyaretçi yoğunluğunun yüksek olması ile açıklanabilir (Yıldıztekin, 2018). Buna ek olarak, Eski Datça'da kent estetiği bakımından görsel peyzaj değeri yüksek sokakların yer almasının da ziyaretçilerin dikkatini çekebileceği düşünülmektedir. Potansiyel yoğunluğunun yüksek olabileceği diğer bölgeler Palamutbükü ve Knidos'tur. Knidos'ta Kernel yoğunluğunun yüksek potansiyele sahip olmasının sebebi, tarihi doku ile doğal güzelliklerin entegrasyonundan oluşan kültürel peyzajların estetik açıdan ziyaretçilerin ilgisini çekme olasılığının yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca, Knidos Büyük Limanı'nın dünya yat turizminin en popüler lokasyonlarından birisinin olması ileride CEF yoğunluğunu etkileyebilir. Knidos ve Datça yerleşim merkezi arasında çok sayıda görsel ve doğal peyzaj karakteri yüksek koyun yer alması, kullanıcıların bu bölgede estetik değerlere dikkat çekmesini sağlayabilir.

Kültürel kimlik ve miras değeri haritasındaki yüksek potansiyel, Knidos Antik Kenti çevresinde yoğunlaşmıştır. Knidos, konumu ve arkeolojik özellikleri bakımından dünyadaki ender antik kentlerden birisidir. Kent, Akdeniz ve

Ege denizinin sınırı olarak kabul edilmektedir ve iki limana sahiptir. Batısındaki Küçük (askeri) Liman, Ege denizinde yer almakta iken doğusundaki Büyük (ticari) Liman Akdeniz’de yer almaktadır. Büyük Liman’ın kuzeyindeki yamaca inşa edilmiş antik tiyatro gerek Knidos’a kara yolu ile gelenlerin, gerekse yat ile büyük limana gelen ziyaretçilerin yoğun olarak ilgisini çekmektedir. Kernel yoğunluk haritasındaki yüksek kültürel kimlik ve miras değeri potansiyeli, daha çok antik tiyatroya odaklanmıştır. Bu durumda, antik tiyatronun kültürel değerinin iyi tanıtılabileceğini göstermektedir. Küçük Liman’ın doğusunda yer alan ve kuzeye doğru uzanan Liman Caddesi üzerindeki Hereon yapısının restorasyonu tamamlanmamıştır. Hereon’dan sonra Bolukrates Çeşmesi’nin de restorasyonunun yakın gelecekte tamamlanması, kültürel potansiyel yoğunluğunun önümüzdeki yıllarda hem Hereon’un hem de Bolukrates Çeşmesi’nin çevresinde toplanacağı öngörülmektedir. Bundan farklı olarak, Datça Yarımadası’nda kültürel değerleri gösteren potansiyel dağılım, Emecik mevkiinde yer alan Apollon Kutsal Alanı’nda çok sınırlıdır. Knidos’a göre kutsal alanda CEF yoğunluğunun daha az olması ihtimalinin ortaya attığı tartışma; kutsal alanın karmaşık bir yapıya sahip olmaması ve yakın sınırından Datça-Marmaris karayolunun geçmesi, alanın etrafında otoparkın olmaması ve kültürel kimliğinin yeterince tanıtılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kültürel değeri ve kimliği ifade eden potansiyel yoğunluğun, Knidos’tan sonra en fazla görülme olasılığı olan nokta, Datça merkezi ve Eski Datça çevresidir. Eski Datça yerleşimi, Datça modern yerleşimine göre daha köklü bir geçmişe sahiptir. Modern Datça yerleşim merkezi, Eski Datça yapıları ile bir bütünlük oluşturmasa da bu durumun kültürel kimlikteki yapıların potansiyel kültürel değerini etkilemesi ihtimali düşüktür. Buna ek olarak sanat galerileri ve sahil şeridinde kent estetiğinin önemli bir parçasını oluşturan soyut heykel çalışmalarının kültürel yoğunluğa katkı sağlayabileceği tahmin edilmektedir.

Ruhani ve dini değerler haritasında ortaya çıkan potansiyel yoğunlukla Eski Datça ve Datça’da görülmektedir. Yüksek potansiyel, Eski Datça ve çevresinde daha baskındır. Bunun nedeni, Eski Datça’nın bölgenin en eski yerleşim merkezi olmasından kaynaklanabilir.

Sanatsal ve ilham verici Kernel yoğunluk haritasındaki potansiyel yoğunluk, diğer Kernel haritalarına göre daha homojen bir mekânsal dağılıma sahiptir. Bu durum yarımadaının sanatsal açıdan insanların ilgisini çekebileceğini göstermektedir. Yoğunluğun çoğunlukla Datça çevresinde artış göstermesi, bu alanı insanların daha yoğun şekilde ziyaret etmeleri ile ilişkilendirilebilir. En yüksek potansiyelin, Datça’nın batısında yer alan büklerde ve Knidos Antik Kenti’nde yoğunlaştığı görülmektedir. 2019 yılı müze ve ören yeri ziyaretçi istatistiklerine göre, Knidos Antik Kenti’ne gelen ziyaretçi sayısı 56.746 kişidir (DÖSİM, 2020). Yakın coğrafya sınırı içerisindeki Seferihisar/İzmir’de ise deniz kıyısında yer alan ve liman olma özelliğine sahip Teos Antik Kenti’ni aynı yıl içerisinde 29.950 kişi ziyaret etmiştir. Teos Antik Kenti ziyaretçi sayısı ile Knidos Antik Kenti ziyaretçi sayısı ile karşılaştırıldığında, Knidos’un ve dolayısıyla Datça Yarımadası’nın çekim gücünün ne kadar yüksek olduğunu görülmektedir.

Kernel yoğunluğu haritasında, insanların mekânsal tercihlerinde tek odak noktası etrafında dağılımının çeşitli sebepleri olduğu tahmin edilmiştir. Bu araştırma, Datça Yarımadası’nda kültürel ekosistem servisi değerlerine ulaşım ya da erişilebilirliğe odaklanmamıştır. Ancak, potansiyel dağılımın tek noktada yoğunlaşması ve heterojen bir dağılım göstermesinin sebeplerinden birisi, alandaki ulaşım ağının yetersiz olması olabilir. Erdoğan ve Şahin (2018), aynı alanda yürüttüğü çalışmada, bölgenin engebeli yapısının yerleşim alanlarını ve plaj alanlarını sınırladığını, bu durumun alternatifsiz kara yolu ulaşım sisteminin normal standartlarda gelişmesine olanak vermediğini vurgulamıştır. Dolayısıyla belirli alanlardaki ulaşım problemi nedeniyle, insanlar mekânsal olarak en erişilebilir alanları tercih etmiş olabilir. Bir peyzajın, insanlar tarafından tercih edilmemesinin temelde iki nedeni vardır. Birincisi, alan; topografik yapının farklı eğim özelliklerini barındırması dolayısıyla dağınıklık ve doğa sporları gibi özel rekreasyonel faaliyetlerle ilgilenen insanlar dışında tercih edilmiyor olabilir. İkincisi ise, alanın kültürel peyzaj potansiyelinin yeterince bilinmemesi ihtimali yüksek olabilir. Potansiyeli bilinmeyen ya da peyzaj değeri nadir insanlar tarafından bilinen (araştırmacılar, arazi yöneticileri vb.) peyzajlar insanlar tarafından sıklıkla tercih edilmez. Bundan sonraki araştırmalar, Datça’da çeşitli kültürel ekosistem servisi sağlayan peyzajların tercih edilme/edilmeme nedenlerini araştırabilir ve kültürel potansiyeli yüksek alanların erişilebilirliğini analiz edebilir.

Sosyal medya platformları, özellikle son yıllarda sıklıkla kullanılan Facebook ve Instagram, gizlilik politikaları gereği veri paylaşımını durdurmuştur. 2019 yılı itibarıyla hiçbir yazılım, paket ya da ara yüzle bu platformlardan veri sağlanamamaktadır. Dolayısıyla, bu çalışmanın sınırlılıklarından birisi, Flickr sosyal fotoğraf ağından CEF’lerin kullanılmasına rağmen, diğer yaygın kullanılan sosyal medya platformlarına ulaşılamamış olmasıdır.

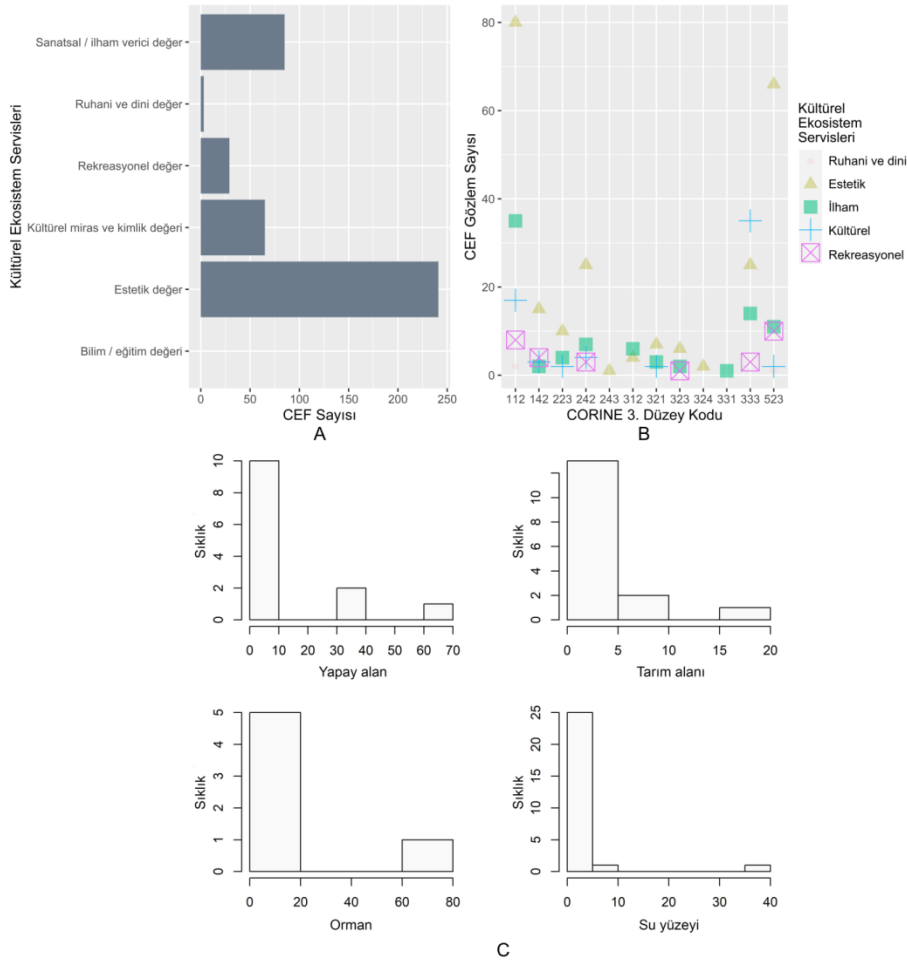
Çalışma alanına ait CORINE haritası incelendiğinde, yarımadaının yaklaşık %42’sinin orman alanı, %8,2’sinin tarım alanı olduğu ve %0,7’sinin yapay alanlar olduğu belirlenmiştir. Fiziksel, deneysel, entelektüel ve sanatsal/ilham verici değerler kapsamında incelenen fotoğrafların; %57’si estetik, %20,1’si sanatsal/ilham verici, %15,4’ü kültürel miras ve kimlik değeri, %6,9’u rekreasyonel değer ve %0,7’si ruhani ve dini değerleri göstermektedir. Şekil 6, kültürel ekosistem hizmetleri ve CEF sayısı ile CORINE 2018 arazi örtüsü haritasındaki CEF’lerin kültürel ekosistem servislerine göre dağılımını göstermektedir. Bilim/egitim değeri gösteren herhangi bir fotoğrafa rastlanmamıştır. CEF sayıları incelendiğinde, estetik değer yansıtan CEF’lerin en yüksek, ruhani ve dini değer yansıtan CEF’lerin ise en düşük sayıda olduğu görülmektedir. Şekil 6 B’de görüldüğü üzere, süresiz şehir yapısındaki en düşük CEF sayısı ruhani ve dini değere, en yüksek CEF sayısı ise estetik değere aittir. En yüksek ikinci CEF sayısı, sanatsal/ilham verici değerde görülmektedir. Kültürel miras ve kimlik ile kültürel değeri yansıtan CEF sayısı birbirine yakındır. Spor ve eğlence alanlarında en yüksek CEF sayısı estetik değere aittir. Diğer kültürel ekosistem servislerini yansıtan CEF sayısı oldukça düşüktür. Zeytinlik alanlarda rekreasyonel değer gösteren bir CEF’e rastlanmamaktadır ve diğer kültürel ekosistem servislerine ait CEF sayıları spor ve eğlence alanlarındaki CEF sayılarına yakındır. CEF’lerin CORINE 1. düzeyindeki sıklık dağılımlarını gösteren histogramlar incelendiğinde,

yapay alanlardaki CEF sayısı dağılımı sıklığı, görece olarak diğer arazi örtüsü tiplerine göre daha normal dağılmış olsa da, her dört arazi tipindeki CEF dağılımının normal olmadığını ifade etmektedir (Şekil 6C).

Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanında yalnızca estetik değere sahip CEF'ler bulunmaktadır ve CEF sayısı oldukça düşüktür. İğne yapraklı ormanlarda, estetik ve sanatsal/ilham verici değer gösteren CEF sayısı birbirine yakındır. Doğal çayırılık alanın CEF sayısındaki dağılım trendi, iğne yapraklı ormanlardaki CEF dağılımına benzerlik göstermektedir. Temel fark, doğal çayırıklarda kültürel miras ve kimlik değerini yansıtan CEF'lere rastlanmasıdır. Sklerofil bitki örtüsünde rekreasyonel ve sanatsal/ilham verici değer gösteren CEF sayısı düşüktür. Estetik değer gösteren CEF sayısının rekreasyonel ve sanatsal/ilham verici değer gösteren CEF sayısına göre görece olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanında olduğu gibi, bitki değişim alanında da yalnızca estetik değer gösteren CEF'lere rastlanmaktadır.

Sahil/kumsal olarak ifade edilen arazi tipinde yalnızca sanatsal/ilham verici CEF'ler görülmektedir. Seyrek bitki örtüsündeki CEF sayısı birbirinden farklılık göstermektedir. Bu arazi tipinde, en yüksek CEF sayısı kültürel kimlik ve miras değerinde, en düşük CEF sayısı ise rekreasyonel değerde ortaya çıkmıştır. Estetik değer taşıyan CEF'lerin sayısı, sanatsal/ilham verici değer gösteren CEF'lerin sayısından yüksektir. Denizden çekilen CEF'lerin çok düşük bir bölümü kültürel miras ve kimlik değerini yansıtmaktadır. Rekreasyonel ve sanatsal/ilham verici değerleri yansıtan CEF sayısı, kültürel miras ve kimlik değerini gösteren CEF sayısına göre daha yüksektir.

Şekil 6 C'de sunulan histogramlar, CEF'lerin CORINE 1. düzeyindeki sıklık dağılımlarını göstermektedir. Yapay alanlardaki CEF sayısı dağılımı sıklığı, görece olarak diğer arazi örtüsü tiplerine göre daha normal olsa da, histogramlar, her dört arazi tipinde de CEF dağılımının normal olmadığını ifade etmektedir.



Şekil 6. A) Kültürel ekosistem hizmetleri ve CEF sayısı, B) CORINE 2018 arazi örtüsü haritasındaki CEF'lerin kültürel ekosistem servislerine göre dağılımı, C) CEF'lerin CORINE 1. düzeyindeki sıklık dağılımları (CEF: coğrafi etiketli fotoğraf, 112: süresiz şehir yapısı, 142: spor ve eğlence alanı, 223: zeytinlik, 242: karışık tarım alanı, 243: doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanı, 312: iğne yapraklı orman, 321: doğal çayırılık, 323: sklerofil bitki örtüsü, 324: bitki değişim alanı, 331: sahil, kumsal ve kum, 333: seyrek bitki alanı, 523: deniz)



#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, sosyal medyadan elde edilen coğrafi etiketli fotoğrafların (CEF) mekânsal dağılımı incelenmiş, bu dağılım arazi örtüsü ve kültürel ekosistem hizmetleri ile ilişkilendirilerek bu konuda yapılan güncel literatüre katkı sağlanmıştır. Elde edilen bulgular, çalışmanın giriş bölümünde vurgulanan ihtiyaca cevap verilmesinde rol oynayarak Datça Yarımadası'nda kültürel ekosistem hizmetlerinin mekânsal yayılış desenini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, çalışma alanında kültürel ekosistem hizmetleri çerçevesinde peyzajın estetik değerinin ön planda olduğu görülmüştür. Diğer kültürel ekosistem hizmetlerine ilişkin fotoğraf sayısının estetik değeri gösteren fotoğraf sayısına göre daha az olması dikkat çekmektedir. Kültürel ekosistem hizmetlerinin işlevsel olarak sağlanabilmesi için bu çalışmanın bulguları kullanılarak kültürel peyzaj potansiyeli kapsamlı olarak tanıtılmalıdır. Örneğin; Bolukrates Çeşmesi gibi restorasyonu yakın gelecekte tamamlanacak tarihi alanların kültürel miras çerçevesinde tanıtımının yapılması, kültürel ekosistem servislerinin fonksiyonel sürdürülmesine katkıda sağlayacaktır.

Güncel ücretsiz erişim veri kaynaklarının potansiyel kullanımı, hem doğrudan yorumlama hem de mekânsal analizler için pratik ve kullanışlıdır. Veri paylaşımı sağlayan sosyal platformların artması, ekosistem servislerinin haritalanmasına yönelik yöntemlerin geliştirilmesine olanak sağlayarak onların yakın gelecekte daha kapsamlı bir şekilde kullanılmasına da katkı sağlayacaktır. Sonuçlar, kültürel ekosistem servisleri kapsamında gelecek senaryoların tasarımında yönlendirici olabilir veya arazi kullanım planlaması, turizm, korunan alanlar yönetimi konusunda karar verme sürecine yardımcı olabilir. Estetik değerlerin aşırı temsilinin, fotoğrafları sınıflandıran uzmanların önyargısını taşıyabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, CEF paylaşımını yapan kullanıcılar, bölgedeki topluluğun kültürel kimliğini tamamen temsil etmeyebilir. Bu nedenle gelecek çalışmalar, uzman önyargısını ya da CEF'leri paylaşan kullanıcıların bölge topluluğunun özelliklerini yansıtmayabileceğini de göz önünde bulundurmalıdır. Buna ek olarak, bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda insanların neden belirli kültürel ekosistem hizmetlerine veya belirli peyzaj özelliklerine değer verdiği araştırılabilir ve CEF'lere eklenen etiketler ile başka kullanıcılar tarafından yapılan fotoğraf yorumları analiz edilebilir. Bu kapsamda, bölge halkı ile turistlerin kültürel ekosistem servislerine olan ilgi ve motivasyonları birbirinden farklılık gösterebilir. Bu farklılığı sunmanın, çalışmanın kapsamını geliştireceği düşünülmektedir. Sonuç olarak, CEF paylaşımları olduğu sürece, kültürel ekosistem hizmetlerinin coğrafi yayılışını belirleyebilir ve elde edilen bulgular, orta ve uzun vadeli peyzaj planlama faaliyetlerine dâhil edilebilir. Ayrıca, izleme sonuçları, peyzaj yönetiminde potansiyel veri girdisi olarak kullanılabilir ve kültürel ekosistem hizmetleri, diğer ekosistem hizmetleri ile ilişkilendirilerek, ekosistemler üzerine çok daha geniş kapsamlı planlama çalışmaları yürütülebilir.

#### Kaynaklar

- Akçura, M., Karadağ, L., 2015. Yerel halkın bakış açısıyla kırsal turizmin uygulanabilirliği: Datça örneği. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 5(1): 105-110.
- Arslan, E.S., Özücü, Ö.K., 2020a. Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya fotoğrafları kullanılarak modellenmesi: Eskişehir örneği. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21(1): 94-105.
- Arslan, E.S., Özücü, Ö.K., 2020b. MaxEnt modelling of the potential distribution areas of cultural ecosystem services using social media data and GIS. *Environment, Development and Sustainability*, 1-13.
- Bachi, L., Ribeiro, S.C., Hermes, J., Saadi, A., 2020. Cultural Ecosystem Services (CES) in landscapes with a tourist vocation: Mapping and modeling the physical landscape components that bring benefits to people in a mountain tourist destination in southeastern Brazil. *Tourism Management*, 77: 104017.
- Bernetti, I., Chirici, G., Sacchelli, S., 2019. Big data and evaluation of cultural ecosystem services: An analysis based on geotagged photographs from social media in Tuscan forest (Italy). *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 12(1): 98.
- Bieling, C., Plieninger, T., Pirker, H., Vogl, C.R., 2014. Linkages between landscapes and human well-being: An empirical exploration with short interviews. *Ecological Economics*, 105: 19-30.
- Burkhard, B., Maes, J., 2017. *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers, Sofia.
- Cabana, D., Ryfield, F., Crowe, T.P., Brannigan, J., 2020. Evaluating and communicating cultural ecosystem services. *Ecosystem Services*, 42: 101085.
- Casalegno, S., Inger, R., DeSilvey, C., Gaston, K.J., 2013. Spatial covariance between aesthetic value & other ecosystem services. *PLoS One*, 8(6): e68437.
- Cheng, X., Van Damme, S., Li, L., Uytendhove, P., 2019. Evaluation of cultural ecosystem services: A review of methods. *Ecosystem Services*, 37: 100925.
- Clemente, P., Calvache, M., Antunes, P., Santos, R., Cerdeira, J.O., Martins, M.J., 2019. Combining social media photographs and species distribution models to map cultural ecosystem services: The case of a Natural Park in Portugal. *Ecological Indicators*, 96: 59-68.
- Daniel, T.C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J.W., Chan, K.M., Costanza, R., Elmqvist, T., Flint, C.G., Gobster, P.H., Grêt-Regamey, A., 2012. Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(23): 8812-8819.
- De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3): 260-272.
- Diñç, O., 2019. İç turizm ve Datça yöresinde bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- DK, 2020. Datça Kaymakamlığı. <http://www.datca.gov.tr/cografikonum>. Erişim: 03.09.2020.
- Doğan, Ö., 2008. Datça Yarımadasında Yerleşmenin Tarihsel Süreci. *Coğrafya Dergisi*, 16: 45-58.
- DÖŞİM, 2020. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Döner Sermaye İşletmesi Merkez Müdürlüğü. Müze ve Ören Yeri 2019 Yılı Toplam İstatistikleri, Ankara, <http://www.dosim.gov.tr/assets/documents/2019-ZIYARETCI-WEB-SITESI.pdf>, Erişim: 06.09.2020.
- Erdoğan, G., Şahin, S., 2018. Kırsal kalkınmada mekânsal model akıllı köy kümeleri: Datça örneği. *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 3-6 Ekim, Ankara, s. 1468-1477.
- Figuerola-Alfaro, R.W., Tang, Z., 2017. Evaluating the aesthetic value of cultural ecosystem services by mapping geo-tagged photographs from social media data on Panoramio and Flickr. *Journal of Environmental Planning and Management*, 60(2): 266-281.
- Fox, N., August, T., Mancini, F., Parks, K.E., Eigenbrod, F., Bullock, J.M., Sutter, L., Graham, L.J., 2020. R photosearcher package. <https://github.com/ropensci/photosearcher>, Erişim: 01.06.2020.
- Guerrero, P., Möller, M.S., Olafsson, A.S., Snizek, B., 2016. Revealing cultural ecosystem services through Instagram images: The potential of social media volunteered geographic information for urban green infrastructure planning and governance. *Urban Planning*, 1(2): 1-17.

- Haines-Young, R., Potschin, M., 2012. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, Version 4.1). European Environment Agency, 33: 107.
- Hall, P., Sheather, S. J., Jones, M. C., Marron, J. S., 1991. On optimal data-based bandwidth selection in kernel density estimation. *Biometrika*, 78: 263-269.
- Han, R., Feng, C.C., Xu, N., Guo, L., 2020. Spatial heterogeneous relationship between ecosystem services and human disturbances: A case study in Chuandong, China. *Science of The Total Environment*, 137818.
- Härdle, W.K., Müller, M., Sperlich, S., Werwatz, A., 2012. *Nonparametric and semiparametric models*. Springer, Berlin.
- Holland, R.A., Eigenbrod, F., Armsworth, P.R., Anderson, B.J., Thomas, C.D., Gaston, K.J., 2011. The influence of temporal variation on relationships between ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 20(14): 3285-3294.
- Hossu, C.A., Iojă, I.C., Onose, D.A., Niță, M.R., Popa, A.M., Talabă, O., Inostroza, L., 2019. Ecosystem services appreciation of urban lakes in Romania. Synergies and trade-offs between multiple users. *Ecosystem Services*, 37: 100937.
- İşcanı, B., 2016. Muğla-Datça Hızırşah Köyü kırsal sit alanı koruma projesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jia, X., Fu, B., Feng, X., Hou, G., Liu, Y., Wang, X., 2014. The tradeoff and synergy between ecosystem services in the Grain-for-Green areas in Northern Shaanxi, China. *Ecological indicators*, 43: 103-113.
- Kantarci, D., 1990. Reşadiye (Datça) Yarımadasının ekolojik özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 40(1): 55-78.
- Karasov, O., Heremans, S., Külvik, M., Domnich, A., Chervanyov, I., 2020. On how crowdsourced data and landscape organisation metrics can facilitate the mapping of cultural ecosystem services: An Estonian case study. *Land*, 9(5): 158.
- Kaya, M.Y., Uzun, O., 2019. Ekosistem hizmetleri ve mekânsal planlama ilişkisinin peyzaj planlama çerçevesinde değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(3): 2166-2193.
- Lovett, G.M., Jones, C.G., Turner, M.G., Weathers, K.C., 2005. Ecosystem function in heterogeneous landscapes. In: *Ecosystem Function In Heterogeneous Landscapes* (Ed: Turner, M., Jones C.G., Weathers, K.C., Lovett G.), Springer, New York, pp. 1-4.
- MEA, 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington.
- Milcu, A.I., Hanspach, J., Abson, D., Fischer, J., 2013. Cultural ecosystem services: A literature review and prospects for future research. *Ecology and Society*, 18(3): 44.
- Muhacir, S.A., Tazebay, İ., 2017. Kırsal turizm türlerinin belirlenmesinde bir araç: Ekosistem hizmetleri yaklaşımı. *Turkish Journal of Forestry*, 18(1): 74-81.
- Naycı, N., 2012. Datça-Bozburun bölgesi geleneksel kırsal yerleşimlerinin mimari özellikleri ve koruma sorunları. *Kültür Envanteri*, 10: 81-105.
- Oteros-Rozas, E., Martín-López, B., Fagerholm, N., Bieling, C., Plieninger, T., 2018. Using social media photos to explore the relation between cultural ecosystem services and landscape features across five European sites. *Ecological Indicators*, 94: 74-86.
- Özgürel, G., Alkan, Ö., Ok, S., 2018. Datça Badem Çiçeği Festivali'nin yöre turizmüne olası etkileri: Yerel esnaf üzerine bir araştırma. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 8(2): 10-19.
- Paracchini, M.L., Zulian, G., Kopperoinen, L., Maes, J., Schägner, J.P., Termansen, M., Zandersen, M., Perez-Soba, M., Scholefield, P.A., Bidoglio, G., 2014. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. *Ecological Indicators*, 45: 371-385.
- Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E., Bieling, C., 2013. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 33: 118-129.
- Retka, J., Jepson, P., Ladle, R.J., Malhado, A.C., Vieira, F.A., Normande, I.C., Souza, C.N., Bragagnolo, C., Correia, R.A., 2019. Assessing cultural ecosystem services of a large marine protected area through social media photographs. *Ocean & Coastal Management*, 176: 40-48.
- Richards, D.R., Tunçer, B., 2018. Using image recognition to automate assessment of cultural ecosystem services from social media photographs. *Ecosystem Services*, 31: 318-325.
- Santarém, F., Saarinen, J., Brito, J.C., 2020. Mapping and analysing cultural ecosystem services in conflict areas. *Ecological Indicators*, 110: 105943.
- Schlkopf, B., Smola, A.J., Bach, F., 2002. *Learning with Kernels: Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Beyond*. The MIT Press, London.
- Scholte, S.S., Daams, M., Farjon, H., Sijtsma, F.J., van Teeffelen, A.J., Verburg, P.H., 2018. Mapping recreation as an ecosystem service: Considering scale, interregional differences and the influence of physical attributes. *Landscape and Urban Planning*, 175: 149-160.
- Sinclair, M., Ghermandi, A., Sheela, A.M., 2018. A crowdsourced valuation of recreational ecosystem services using social media data: An application to a tropical wetland in India. *Science of the Total Environment*, 642: 356-365.
- Stephenson, J., 2008. The Cultural Values Model: An integrated approach to values in landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 84(2): 127-139.
- Taşlıgil, N., 2008. Datça-Bozburun özel çevre koruma bölgesi ve turizm. *Ege Coğrafya Dergisi*, 17(1-2): 73-83.
- Tian, Y., Zhou, D., Jiang, G., 2020. Conflict or Coordination? Multiscale assessment of the spatio-temporal coupling relationship between urbanization and ecosystem services: The case of the Jingjinji Region, China. *Ecological Indicators*, 117: 106543.
- Tolunay, A., Alkan, H., Korkmaz, M., 2004. Isparta tarihi Ayazmana Mesireliği'nin açık hava rekreasyonu açısından kullanıcı özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1): 59-70.
- Von Haaren, C., Lovett, A.A., Albert, C., 2019. Theories and Methods for Ecosystem Services Assessment in Landscape Planning. In: *Landscape Planning with Ecosystem Services – Theories and Methods for Application in Europe* (Ed: Von Haaren, C., Lovett, A.A., Albert, C.), Springer, Dordrecht, pp. 19-42.
- Yıldıztekin, M.Y., 2018. Sürdürülebilirlik bağlamında geleneksel yerleşimler; Eski Datça mahallesi örneği. *ISUEP 2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük*, 28-30 Haziran, Eskişehir, s. 1-8.
- Yılmaz, M.Y., 2010. Özel çevre koruma bölgeleri yönetimi ve sürdürülebilir çevre koruma anlayışının oluşumuna etkisi: Datça-Bozburun örneği. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Yoshimura, N., Hiura, T., 2017. Demand and supply of cultural ecosystem services: Use of geotagged photos to map the aesthetic value of landscapes in Hokkaido. *Ecosystem Services*, 24: 68-78.
- Zhang, H., Huang, R., Zhang, Y., Buhalis, D., 2020. Cultural ecosystem services evaluation using geolocated social media data: A review. *Tourism Geographies*, 1-23.

## Yönetim amacı farklı orman alanlarındaki ekoturizm çekiciliklerinin önceliklerinin belirlenmesi

Tuncay Akgün<sup>a</sup> , Kenan Ok<sup>b,\*</sup> , Ersin Yılmaz<sup>c</sup> , Ali Ayhan Kul<sup>a</sup> , İkrâm Çelik<sup>d</sup> 

**Özet:** Bu araştırma, kent ormanı, kültürel değerleri öne çıkmış tarihi bir alan ve yaban hayatı geliştirme alanı örneklerinde, farklı özelliklerdeki korunan alanların ekoturizm çekiciliklerinin önceliklerini analiz etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çanakkale Savaşları Gelibolu Tarihi Alanı, Çilingöz Yaban Hayatı Geliştirme Sahası ve Sultangazi Mimar Sinan Kent Ormanı araştırma alanı olarak seçilmiştir. Bu doğrultuda, çok kriterli karar verme yöntemlerinden; Doğrusal Kombinasyon Tekniğine dayalı Sıralama (Ranking), Oranlama (Rating) ve İkili Karşılaştırmalar Teknikleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerlerinin milli parkta, kent ormanında ve yaban hayatı gelişim sahasında farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer yandan, ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri, uygulanan tekniğe göre, hem sıra hem önem derecesi itibarıyla değişebilmektedir. Sonuç olarak, bir ekoturizm çekiciliğinin; kuruluş amacı ve yerel özellikleri farklı her yerde aynı öncelik veya önem derecesine sahip kabul edilemeyeceği, bir yer için hesaplanmış önceliklerin bir başka yer için geçerli olmayacağı saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Ekoturizm, Ekoturizm çekicilikleri, Ekoturizm kaynak değerleri

## Determination of priorities on ecotourism values in forest areas managed different aims

**Abstract:** This research has been carried out to analyze priorities of ecotourism attractiveness quantitatively, at the examples of an urban forest, a historical area with prominent cultural values, and wildlife conservation areas. Historical Site of Gellipoli War, Wildlife Improvement Area at Çilingöz and Urban forest at Sultangazi were selected as research areas. In this direction, Ranking, Rating and Pairwise Comparison Techniques which are multi criteria decision methods have been utilized. As a result of the study, it has been found that the priority and importance values of ecotourism attractiveness are different in national parks, urban forests and wildlife development areas. In addition, the priority values of ecotourism attractiveness can vary according to the applied technique both in terms of order and importance. As a result, it is not possible to accept the same priority or importance for any ecotourism attractiveness in any places because of different status, organizational purpose and local characteristics and it doesn't adopt computed priorities for other areas.

**Keywords:** Ecotourism, Ecotourism attractiveness, Ecotourism resource values

### 1. Giriş

Dünyaya paralel olarak Türkiye’de de, rekreasyona ve ekoturizme ilgi zamanla artmıştır. 1960 yılında ABD’de çok yönlü kullanım ilkesinin kabul edilmesiyle birlikte, ormanların toplumun rekreasyonel ihtiyaçlarını da karşılayacak şekilde yönetilmesi bir zorunluluk halini alırken, zamanla ekoturizmin de gelişmesi, tatmin edilmesi gereken ihtiyaçları daha çeşitlendirmiş, kaynak yöneticileri açısından sorunun önemini yükseltmiştir. Ekoturizm kavramının ilk defa 1978 yılında Miller tarafından kullanıldığı iddia edilse de (Rahemtulla ve Wellstead, 2001), 1970’lerin ortasından 1980’lerin başlarına doğru geliştirilen ekoturizmlerle ilgili bilgiler Environmental Canada tarafından oluşturulan dokümanlarda geçmektedir (Erdoğan, 2010). Yetmişli yıllardan itibaren gelişmeye başlayan çevre hareketi, ekoturizmin de hem kavramsal hem uygulama

düzeyinde gelişim göstermesini sağlamıştır (Erdoğan, 2010).

Uluslararası Ekoturizm Topluluğu (TIES) 1990 yılında ekoturizmi “yerel halkın varlığını geliştiren, çevreyi koruyan, doğal alanlara yönelik sorumlu bir seyahat” (TIES, 2010) olarak tanımlamıştır. Kanada Çevre Danışmanlığı Komisyonu ise ekoturizmi; “yerel toplumun bütünlüğüne saygı gösterirken, ekosistemin korunmasına katkıda bulunan aydınlatıcı doğa seyahati” olarak ifade etmektedir. Yapılan bu tanımlardan da anlaşıldığı gibi, ekoturizm, doğal ve kültürel turizm çekiciliklerini hedef alan, tüketmekten çok, çeşitli değerleri keşfetmeye dayalı bir turizm etkinliğidir (Yılmaz vd., 2004). Bu nedenle, ekoturizm bir yandan kırsal alanda kalkınma sorunu yaşayan halk için yeni ekonomik ve sosyal fırsatlar sunarken, diğer yandan, doğal ve kültürel çekiciliklerin neden korunması gerektiği konusunda doğal kaynak yöneticilerine önemli bir farkındalık sağlama olanağı sunmaktadır. Nitekim bu fırsatlar Türkiye’de ve

✉ <sup>a</sup> Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü, İstanbul  
<sup>b</sup> İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, İstanbul  
<sup>c</sup> Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Antalya  
<sup>d</sup> Orman Genel Müdürlüğü, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, İstanbul

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 29.07.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 07.09.2020



**Citation** (Atf): Akgün, T., Ok, K., Yılmaz, E., Kul, A.A., Çelik, İ., 2020. Yönetim amacı farklı orman alanlarındaki ekoturizm çekiciliklerinin önceliklerinin belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 417-427.  
DOI: [10.18182/tjf.774829](https://doi.org/10.18182/tjf.774829)

dünyanın pek çok yerinde görülmüş ve “doğru bir ekoturizm yönetiminin nasıl sağlanabileceği” sorusuna yanıtlar aranmaya başlanmıştır.

Bu arayışın dünya ölçeğindeki kanıtlarını, sürdürülebilir turizm kılavuzları yayınlayan Dünya Turizm Örgütü (World Tourism Organisation, WTO) gibi uluslararası kurumsal çalışmalarda (WTO, 1993) veya yerel ekoturizm uygulama çerçevelerinde (Queensland, 2015) görmek mümkündür. Türkiye ormancılığı da ekoturizm veya doğaya dayalı turistik, rekreasyonel talep artışından etkilenmiş ve Ulusal Ormancılık Programı (2004-2023) ile stratejik planlarda konuya yer verilmiştir. Ulusal Ormancılık Programında yer alan politika, strateji ve eylemlerden Türkiye ormancılık sektörünün ekoturizmle; değişen toplumsal taleplere uygun üretimler yapabilmek, yerel halkların haklarına saygılı kırsal kalkınma sağlamak amacıyla ilgilendiği anlaşılmaktadır. Ancak Ulusal Ormancılık Programının ekoturizm yönetiminin henüz ilk aşamaları olan, kavramın tanıtımı, toplumsallaştırılması, potansiyel belirlenmesi aşamalarıyla ilgilendiği, etkinlik planlama, etkinlik uygulama, izleme ve değerlendirme aşamalarıyla ilgili politika ve strateji belirlenmediği görülmektedir (Ok, 2010). Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM) 2017-2021 dönemi Stratejik Planı incelendiğinde, ekoturizmin kurumsal amaçlar içerisinde; ormanların ürettiği mal ve hizmetlerden toplumun optimum düzeyde faydalanmasını sağlamak amacı içerisinde ifade edildiği görülmektedir. OGM, bu amacına erişmek üzere, ekoturizm ve rekreasyon amaçlı ormanlar ayırmaktadır. Benzer şekilde, milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı, tabiatı koruma alanı gibi ekoturizm bakımından daha çekici alanların yönetiminden sorumlu olan Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün (DKMP) çalışmaları da ekoturizm açısından önemlidir. Üstelik DKMP Genel Müdürlüğü'nün sorumluluk sahaları, daha çekici ekoturizm kapasitesine sahipken, ekoturizmin olası olumsuz etkileri açısından da daha büyük bir risk altındadır.

Bu nedenle, OGM veya DKMP genel müdürlükleri bünyesinde yürütülecek ekoturizm etkinliklerinin en “doğru yerde” ve en “doğru şekilde” yönetilmesi gereklidir. Bir başka deyişle, ekoturizmden beklenen ziyaretçi ve kaynak yöneticisi tatmininin sağlanabilmesi için öncelikle bu etkinlikler için en uygun yerin seçilmesi gereklidir.

Başarılı bir yer seçimi için ekoturistlerin neleri görmek istediklerini veya nelere değer verdiklerini bilmek öncelikli bir konudur. Ekoturizm “kaynak değerleri” olarak da tanımlanan çekicilikler, WTO gibi kurumların çıkardığı kılavuzlarda sınıflandırılmıştır. Bu kılavuzlarda yer alan turizm çekicilikleri, doğal ve kültürel çekicilikler şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Doğal çekicilikler; topografya (dağlar, kanyonlar, plajlar, mağaralar, volkanlar, fosil alanları ..), iklim (ısı, yağış, gün ışığı ..), hidroloji (göller, nehirler, şelaleler, sıcak sular ..), yaban hayatı (memeliler, kuşlar, böcekler, ..), vejetasyon (ormanlar, meralar, ..) şeklinde alt sınıflara ayrılmaktadır. Kültürel turizm çekicilikleri ise; yer (tarih öncesi kalıntılar, tarihi mekânlar) veya olay (fuar, panayır, folklorik törenler) şeklinde karşımıza çıkabilen, doğal kaynaklara göre daha fazla alt sınıf içeren turizm çekiciliklerinden oluşmaktadır. Ancak, bir yerde ekoturizm etkinliklerinin başarıyla yapılabilmesi için, doğal ve kültürel ekoturizm çekicilikleri yanında, yörenin yerel altyapısının da uygun olması gerekmektedir. Bu nedenle, yerel alt yapı (su kaynakları, iletişim olanakları, konaklama, beslenme, rekreasyon, spor .. vb.) özelliklerinin de (WTO, 1993; Weaver ve Opperman, 2000) planlanacak alanda olup olmadığının

yapılacak envanter sırasında irdelenmesi gereklidir. WTO tarafından, yerel ekoturizm ve doğa turizmi planlamacılarını desteklemek üzere hazırlanan kılavuz (WTO, 1993) bir bölgedeki ekoturizm değerlerini belirlemekte kullanılacak çekicilikler listesi içerse de, bu listede yer alan çekiciliklerden kaç tanesinin veya ne kadarının bir bölgenin ekoturizme uygunluğu veya yeterliliği için gerekli olduğunu açıklamamaktadır. Bu nedenle, bu gibi çekicilik listelerinin aday sahaların uygunluk kararının veya ekoturizm alanlarının kendi içerisinde zonlamasının yapılmasında sadece fikir verdiği, yeterlilik kararının verilmesi noktasında karar vericiyi yalnız bıraktığı görülmektedir.

Esasen ekoturizm özelinde ifade edilen bu eksiklik, rekreasyon planlamasında da, daha önceden hissedilmiş bir boşluktur. Aday alanlar içerisinde rekreasyonel kullanıma en uygun olan alanın belirlenmesi için öncelikle “uygunluğu kanıtlayacak çekicilik veya değerlerin” listelenmesi, ardından bu liste elamanlarının farklı alanlar arası karşılaştırma yapılabilir bir zemine oturtulması gereklidir. Nitekim ekoturizmin kavramsal olarak tanınırlığının artmaya başladığı doksanlı yıllarda, Gülez (1990) toplumun hızla artan rekreasyon ihtiyacının karşılanması amacıyla oluşturulan rekreasyon alanlarının potansiyellerinin, kişisel değerlendirmeler yerine objektif kriterlerle ortaya konabileceği bir yöntem geliştirmeye çalışmıştır. Bir alanın orman içi rekreasyon potansiyelinin (veya ekoturizm kapasitesinin) hesaplanabilmesi için matematiksel pratik bir hesaplama şekli getiren öncü ve değerli bir katkı olan Gülez'in yaklaşımda alan; peyzaj değeri, iklim değeri, ulaşılabilirlik, rekreatif kolaylık ve olumsuz etkenler şeklinde beş ögeye ayrılmaktadır. Gülez (1990) bu alt öğelerin toplamının 100 puana karşılık geleceğini kabul etmiştir. Gülez'e (1990) göre; peyzaj değerinin maksimum %35, iklim değerinin %25, ulaşılabilirliğin %20, rekreatif kolaylığın %20 ve olumsuz etkenlerin %0 olma hali, o alanın %100 rekreasyon potansiyeli taşıdığı anlamına gelmektedir. Gülez (1990), yukarıda belirtilen öğelerin alt bileşenlerini ve hangi hallerde hangi puanları alabileceğini gösteren ayrıntılı bir “*Ormaniçi Rekreasyon Değerlendirme Formu*” hazırlamış ve alt öğeler için puan eşikleri tanımlamıştır.

Gülez'in (1990) yaklaşımında yer alan Peyzaj Değerleri ögesi; alanın büyüklüğü, bitki örtüsü, deniz – göl – akarsu, yüzeysel durum, görsel kalite ve diğer özellikler alt bileşenlerine ayrılmıştır. Bu alt bileşenler, esasen Dünya Turizm Örgütü kılavuzlarında yer alan “Ekoturizm kaynak değeri” veya çekiciliği olarak adlandırılan değerlerin bir kısmıyla örtüşürken, örneğin faunaya özel değerleri dışlamaktadır. Diğer yandan, Gülez'in (1990), ele aldığı değerler arasında, “her planlanan yerde sabit bir hiyerarşik değer skalası” kurduğu görülmektedir. Gülez'in (1990) *Ormaniçi Rekreasyon Değerlendirme Formu*'na göre, bir yerde **ağaçlık**, **çalılık** ve **çayırılık** alan varsa, saha bu özelliğinden dolayı 7-8 puan almalıdır. Aynı alan bir **deniz kıyısı** ise bir 7-8 puan daha elde etmektedir. Bir başka deyişle, sahanın sahip olduğu ağaçlık, çalılık ve çayır ile deniz kıyısı eşit önemde peyzaj değerlerini ifade etmektedir. Benzer bakışla, alanda bir deniz kıyısı olması, 7-8 puan getirirken, göl kıyısı olma hali 6-7 puan getirmekte, bir başka deyişle, her zaman deniz kenarı olma hali göl kenarı olmaktan değerli kabul edilmektedir. Gülez (1990), açıklanan puanlama yaklaşımıyla %76'dan yukarı toplam puan elde eden yerleri çok yüksek, %61-75 olan yerleri

yüksek, %45-60 puanlı alanları orta, %30-44 seviyesindeki sahaları düşük rekreasyon değerli kabul ederken, %30'dan düşük puanlı bölgelerin rekreasyon potansiyelinin olmadığını ifade etmektedir.

Orman karakterine sahip alanlarda, kaynağa dayalı planlama çalışmaları yapılması gerektiğine dikkat çekmek ve bir model geliştirmek amacıyla yapılmış bir diğer çalışma Bekdemir'in (2009) "*İstanbul-Azizpaşa Ormanı İçerisinde Bir Rekreasyon Planlama Modeli Oluşturulması*" adlı doktora tezidir. Bekdemir'in (2009) geliştirdiği "Rekreasyonel Kaynak Planlama Modelinde" Rekreasyonel potansiyel üzerinde etkisi olan veriler; a) Olumlu etkenler (vejetasyon, eğitim ve ulaşım yakınlık durumları), b) Olumsuz etkenler (koruma alanına yakınlık ve yerleşim baskısı vb.) ile c) Koruma yaklaşımı ile oluşturulmuş Koruma Eşik değerleri şeklinde ayrılmıştır. Bekdemir (2009) vejetasyon, eğitim ve ulaşım yakınlık değişkenlerini olumlu etkenler olarak adlandırmış ve örneğin "açıklık alanlar ile yapraklı meşcerelerin" çok yüksek rekreasyonel potansiyele sahip olduğunu kabul ederek beş (5) puan almasını uygun görmüştür. Buna karşılık, örneğin eğimi %0-20 olan alanlar çok yüksek rekreasyonel potansiyele sahip alanlar olarak ele alınmıştır.

Türkiye'de gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise (Açıksöz vd., 2010) bir yerin ekoturizm kapasitesi ECOS (Ecotourism Opportunity Spectrum, Ekoturizm Fırsatları Spektrumu) yaklaşımıyla saptanmıştır. ECOS yönteminde biyofiziksel, sosyo kültürel ve ekonomik yapı alt bileşenleri altında 22 ölçüt ele alınarak ve yüksek (3), orta (2), düşük (1), yok (0) puanları veya çok yakın (3), yakın (2), uzak (1), çok uzak (0) sayısal karşılıkları kullanılarak, ekoturizm planlamasında dikkate alınması gereken özelliklerin bir sayısallaştırılması yapılmıştır. Ancak, bu puanlar arasındaki ilişkinin bir kabulden öte anlam taşıyıp taşımadığı açıklanmamıştır.

Güleç (1990), Bekdemir (2009) veya Açıksöz vd. (2010) tarafından uygulanan yaklaşımların, ilk bakışta ekoturizm değerlerinin belirlenmesi noktasında kullanılabileceği akla gelse de, bu yaklaşımların literatürde yer alan Ekoturizm kaynak değerlerini sistematik bir şekilde ele almadığı, bazı çekiciliklere atıf yaparken bazılarını dışladığı, çalışılan alanın milli park, tabiat parkı, kent ormanı veya mesire alanı gibi farklı statülere sahip olması halinde, aynı yaklaşımın uygulanabilirliğini sorgulamadığı görülmektedir. Akay ve Zengin (2012) örneğinde görüldüğü gibi, bir yerde var olan çekicilikler listesi oluşturmanın ötesine geçmeye çalışan bu örneklerin geliştirilmesi ve ülke planlama sistemine uyumunun sağlanması gereklidir. Nitekim OGM, ekoturizmi planlama sistematiğine uydurmak amacıyla, orman amenajman planlarında ekoturizm ve rekreasyon fonksiyonu belirlenmiş orman alanlarında ekoturizm güzergahları ve etkinliklerinin belirlenmesi ile sürdürülebilirlik prensipleri dahilinde uygulanması ve kontrolüne dair iş ve işlemlere ilişkin usul ve esasları belirlemeye hizmet etmek üzere 2017 yılında 308 sayılı "*Ekoturizm Fonksiyonlu Alanların İdaresine Ait Usul ve Esaslar*" adlı tebliği çıkarmıştır. Bu tebliğde Güleç'in (1990) yaklaşımı temel alınmış ve ekoturizm çekiciliklerine sayısal değer verilerek "*Ekoturizm Potansiyeli Değerlendirilme Tablosu*" oluşturulmuş fakat planlama için gerekli olan envanter çalışmasında uygulanacak yöntem yeterince açıklanamamıştır. Bilindiği gibi, OGM 2008 yılında ormanları planlama anlayışını değiştiren bir yaklaşımla, orman amenajman yönetmeliğini de değiştirmiş ve "ekosistem tabanlı işlevsel planlamaya"

geçmiştir. Bu anlayışta bir yönetim yapabilmek için öncelikle, hangi ormanların hangi işlevlere (örneğin ekoturizm işlevine) ayrılması gerektiğine karar vermek gereklidir. Bu nedenle, adı geçen yönetmeliğin hayat bulabilmesi için, diğer işlevlerde olduğu gibi, ekoturizm işlevinde de hangi değişkenleri nasıl dikkate alarak, bir orman parçasının ekoturizm açısından diğer ormanlara göre üstün olduğunu ortaya koyabilen bir yaklaşıma gereksinim bulunmaktadır.

Diğer yandan, OGM'nin doğrudan sorumlu olmadığı fakat bağlı olduğu bakanlığın sorumluluğunda olan ve "korunan alan" genel başlığı altında toplanabilecek başkaca doğal değerlerimiz de bulunmakta ve bunlar içinde de, ekoturizm etkinlikleri yapılmaktadır. Hatta ve hatta bu gibi korunan alanların ekoturizm etkinlikleri açısından daha çekici olduğu, fakat plansız yapılan ekoturizmden de en çok zarar görebilecek alanların buralar olduğu görülmektedir. Bu nedenlerle DKMP Genel Müdürlüğü tarafından yönetilen alanlarda gerçekleştirilen ekoturizm etkinlikleri için de benzer bir eksiklik hissedilmektedir. DKMP tarafından yönetilen doğal alanların hepsi, milli park, tabiat parkı şeklinde tanımlanabilecek tek bir statüde bulunmamakta ve statünün mantığına uygun bir planlama tekniğine dayalı faydalanmanın gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, korunan alan yönetiminde de hangi alanların ekoturizm işleviyle donatılacağına açıklanması gereklidir.

Ekoturizm envanteri ve planlamasıyla ilgili yurt içi ve dışı bazı çalışmalar (WTO, 1993; Ok, 2006; Yılmaz vd., 2004; Arslan vd., 2013) bulursa, Güleç (1990), Bekdemir (2009) ve Açıksöz vd. (2010) örneklerinde görülen ve ekoturizm kaynak değerlerinin sayısallaştırılmasına çalışan yayınlanmış çalışmalar olsa da, amacı farklı ekoturizm veya rekreasyon alanları ile korunan alanlardaki ekoturizm çekiciliklerinin önem, öncelik derecelerinin farklılaşımını test eden bir araştırma saptanamamıştır. Bu nedenle, araştırmanın amacı, "çok amaçlı karar verme teknikleri kullanarak, farklı niteliklere sahip ve rekreasyona konu doğal alanlardaki ekoturizm çekiciliklerinin ilgi grupları açısından öncelik ve önemlerini niceliksel olarak analiz etmek, alan yönetim amaçlarındaki değişim ile çekiciliklerin alanda bulunma sıklığı, nadirliği, toplumsal ilgi düzeyi vb. diğer boyutların karar üzerindeki olası etkilerini tartışmak" şeklinde belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Araştırma alanı

Araştırma alanı olarak, tarihi ve kültürel değerleriyle ön plana çıkan "Çanakkale Savaşları Gelibolu Tarihi Alanı (*Çanakkale SGTA*), ormanlar ve yaban hayatı ile dikkat çeken "Çilingöz Yaban Hayatı Geliştirme Sahası (*Çilingöz YHGS*)" ve İstanbul gibi büyük bir kent içerisinde ve etkileşiminde yer alan "Sultangazi Mimar Sinan Kent Ormanı (*Sultangazi MSKO*)" seçilmiştir. Bu alanların seçiminde statülerinin farklılıkları kadar, ilgi gösteren grupların farklılığı da dikkate alınmıştır.

Çanakkale SGTA, Çanakkale ili sınırları içerisinde, Gelibolu Yarımadasının güney ucunda, Eceabat ilçesinin yaklaşık tamamını kapsayan ve Çanakkale Boğazı'nın Avrupa yakasını 33.490 ha alanı içeren büyük bir alandır. Alan içerisinde tescilli tarihi sit alanı, kültürel varlık, arkeolojik ve doğal sit alanları bulunmaktadır. Bugün

Çanakkale SGTA olarak adlandırılan yer, 1973 yılında "orman rejimi" içine alınmış ve Millî Park ilan edilmiş, 1997 yılında ise Birleşmiş Milletler Dünya Koruma Birliği Örgütü (IUCN) "Korunan Alanlar" listesine girmiştir. Önceleri orman idaresince yönetilen alan, 2014 yılında Çanakkale Savaşları Gelibolu Tarihi Alan Başkanlığı'nın kurulmasıyla Kültür ve Turizm Bakanlığı'na devredilmiştir. Bugün itibarıyla alan "Çanakkale Savaşları Gelibolu Tarihi Alan Başkanlığı" tarafından yönetilmektedir ve millî park vasfı kaldırılmıştır (ÇSTAB, 2017).

Çilingöz YHGS, 35.445 ha olup, 2005 yılında Yaban Hayatı Geliştirme Sahası olarak tescil edilmiştir. Alanın kuzeydoğusunu Karadeniz, Güneybatısını eski İstanbul-Kırklareli Karayolu, Kuzeybatısını İstanbul il sınırı, Güneydoğusunu ise Çatalca sınırlandırmaktadır. Saha eşsiz florası yanında, özellikle Kızıl geyik ve Karaca türleriyle yaban hayatı açısından dikkat çekicidir. Alan, muhteşem peyzaj değeri, birçok doğa sporunun yapılması için elverişli doğal kaynak değerleri (mağaralar, deniz, göl ve doğa yürüyüş alanları vb.) içermekte ve ayrıca alan içerisinde hali hazırda mevcut bir tabiat parkı bulunmaktadır (DKMP, 2012). Bu özellikleriyle İstanbulluların ekoturizm ve rekreasyonel ihtiyaçları açısından ilgisini çekmektedir.

Sultangazi MSKO, İstanbul ili Sultangazi ilçesi sınırlarında, Alibeyköy baraj gölünün güneybatı kısmı üzerinde, Gazi Mahallesi mevkiinde; İstanbul Orman İşletme Müdürlüğü, Fenertepe Orman İşletme Şefliğinin 171-172 nolu bölmelerinde kurulmuş, 82 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Saha, 2010 yılında İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü tarafından Kent Ormanı olarak tescil edilmiştir. Şehir içerisinde kalan alan özellikle İstanbul halkı tarafından yoğun olarak rekreasyonel amaçlarla kullanılmaktadır.

## 2.2. Materyal

Ekoturizm kaynakları denildiğinde, planlanacak yerin doğal değerleri, kültürel özellikleri ve turizm yapabilmek için gerekli altyapı durumu (WTO, 1993) bir bütün olarak anlaşılmalıdır. Araştırma sırasında, konuyla ilgili literatür yanında, alanın ekoturizm kaynak değerlerinin envanterini yapabilmek üzere; WTO, 1993; Ok, 2006; Yılmaz vd., 2004; Arslan vd., 2013 örneklerinde görülen formlardan yararlanarak, "Ekoturizm Mevcut Durum Değerlendirme Formu<sup>1</sup>" hazırlanmış ve materyal olarak kullanılmıştır. Bu form; havzanın doğal turizm kaynakları (sahiller, plajlar, dağ ve tepeler, ormanlar, flora ve fauna, statülü ve statüsüz korunan alanlar, hidrolojik alanlar, ilginç jeolojik oluşumlar ve mağaralar, panoramik noktalar), kültürel turizm kaynakları (tarihi ve mimari yapılar, tarihi yerler, anıtlar, arkeolojik yer ve buluntular, folklor, gelenekler, festivaller, el sanatları, güzel sanatlar, bilimsel değerler, teknolojik çekicilikler, inanç değerleri, yerel yeme içme, spor, geleneksel, ekolojik tarım) ve yerel turizm altyapısı (ulaşım, enerji kaynakları, su kaynakları, atık su tesisleri, katı atık bertarafı, iletişim, bankacılık, sağlık, konaklama, turizm hizmetleri, beslenme, ekipman tedarikçileri, tur operatörleri ve rehberleri, alışveriş, rekreasyon, eğlence, sportif etkinlik, işgücü, yerel kapasite) alt başlıklarından oluşmuştur.

Ekoturizm kaynak değerlerinin öncelik derecelerinin belirlenmesi aşamasında ise karar vericiler, kamu, ilgili

çıkâr-baskı grupları ve sektör uzmanlarına yönelik olarak, çalışmanın araştırmacıları tarafından "Sıralama, Oranlama ve İkili Karşılaştırmalar Bilgi Formları" hazırlanmış ve araştırmacının bir diğer materyali olarak kullanılmıştır. Ayrıca çalışma alanlarına ait amenajman planları, gelişim planları, gerekçe raporları, harita ve fotoğraflar ile alana yönelik çeşitli tip ve amaçta hazırlanmış her türlü plan, rapor ve benzeri döküman araştırma materyali olarak değerlendirilmiştir.

## 2.3. Yöntem

Araştırma amacına erişmek üzere "**H<sub>0</sub>**: Ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri millî parklarda ve kent ormanlarında farklı değildir, **H<sub>1</sub>**: Ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri millî parklarda ve yaban hayatı gelişim sahalarında farklı değildir, **H<sub>2</sub>**: Ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri kent ormanlarında ve yaban hayatı gelişim sahalarında farklı değildir, **H<sub>3</sub>**: Ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri üzerinde, kullanılan karar verme tekniğinin etkisi yoktur, **H<sub>4</sub>**: Bir alanın ekoturizm çekicilikleri olarak kabul edilen; doğal, kültürel ve rekreasyonel kaynak değer göstergeleri arasında fark yoktur, şeklinde hipotezler üretilmiştir. Bu hipotezler, Sıralama (Ranking), Oranlama (Rating) ve Doğrusal Kombinasyona dayalı İkili Karşılaştırmalar Tekniklerinden faydalanılarak test edilmiştir.

Araştırma alanlarının statü ve ilgi gruplarının farklılığı nedeniyle, her alana özel "ilgi grupları" tanımlamak gerekli olmuştur. Çanakkale SGTA önceliklendirmesi işleminde ilgi grupları; alan yöneticileri (Çanakkale Savaşları Tarihi Alan Başkanlığı yöneticileri, Çanakkale OBM yöneticileri, Çanakkale Millî Parklar Şube Müdürlüğü yöneticileri), Yerel yönetimler (alan içerisindeki köy muhtarları, Eceabat Belediyesi yöneticileri), İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa (İÜC) Orman Fakültesi öğretim üyeleri, Onsekiz Mart Üniversitesi Turizm ve Peyzaj Mimarlığı öğretim üyeleri, Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü araştırmacıları ile ekoturizm konusunda lisanslı yerel rehberler, doğa ve çevre dernekleri, yürüyüş grupları, rehberler odası temsilcileri, otel ve lokanta sahipleri, yerel işletmeciler, tur operatörleri, turistler şeklinde belirlenmiştir. Bu ilgi gruplarından toplam 77 kişi veya kurum temsilcisi ile görüşülmüştür. Çilingöz YHGS önceliklendirme işleminde ise 61 kişi veya kurum temsilcisi (İstanbul OBM yöneticileri, İstanbul Millî Parklar Bölge Müdürlüğü yöneticileri, Alan içerisindeki köy muhtarları, Belediye Başkanı, Alan içi orta öğrenim okul idarecileri, İÜC Orman Fakültesi öğretim üyeleri, Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü araştırmacıları, Yerel rehberler, Turizm ve doğa dernekleri, yürüyüş grupları temsilcileri, otel ve lokanta sahipleri, tur operatörleri) katılmıştır. Sultangazi MSKO önceliklendirme işlemine katılan ilgi grupları ise İstanbul OBM yöneticileri, İstanbul Millî Parklar Bölge Müdürlüğü, Sultangazi Belediye Başkan Vekili, Belediye Yöneticileri, Mahalle Muhtarları, İÜC Orman Fakültesi öğretim üyeleri, Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü araştırmacıları, Yerel rehberler, yürüyüş ve doğa dernekleri gibi sivil toplum temsilcileri, ekoturistler şeklinde belirlenerek, 41 kişi ile görüşülmüştür. Bu ilgi gruplarından hem Ekoturizm Mevcut Durum Değerlendirme Formu'nun doldurulması istenmiş, hem de her alan için tespit edilen ekoturizm çekiciliklerinin önem ve öncelik sırasını belirlemekte

<sup>1</sup> Sayfa kısıtı nedeniyle atıf yapılan formların örnekleri verilememektedir. Ayrıntılı bilgi makale kaynağı araştırma sonuç raporunda mevcuttur.

kullanılacak ‘‘Sıralama, Oranlama ve İkili Karşılaştırmalar Bilgi Formları’’nın uygulanmasında yararlanılmıştır.

Araştırma alanlarının içerdiği ekoturizm çekiciliklerinin oldukça fazla sayıda ve nitelik itibariyle değişken bir yapıda olması, araştırmada çok kriterli karar verme tekniklerinin uygulanmasını gerektirmiştir. Bu teknikler, birbirinden bağımsız veya birbiriyle çatışan karar kriterlerinin önceliklendirilmesini, sıralanmasını ve/veya seçilmesini sağladığı gibi, kamu ve çıkar-baskı gruplarının karar verme sürecine doğrudan katılımlarına imkân vermektedir (Nayak ve Panda, 2001). Çok kriterli teknikler, karar verme sürecine seşfâflık ve denetlenebilirlik sağlamaktadır (Brown vd., 2001). Buna karşılık, çok kriterli tekniklerin her birisinin kendine özgü üstünlük ve zayıflıkları bulunmaktadır. Bu nedenle bu araştırmada gerek karşılaştırmalı bilgiler elde etmek, gerekse sonuçların faydalılığını ve geçerliliğini arttırmak için, birden fazla çok kriterli teknik ile özömlenmeler tekrar edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu doğrutuda Doğrusal Kombinasyon Tekniğine dayalı Sıralama (Ranking), Oranlama (Rating) ve İkili Karşılaştırmalar Tekniklerinden faydalanılmıştır.

Doğrusal Kombinasyon Tekniğinde her bir ekoturizm çekiciliğinin göreceli öncelik değerini ile bu çekiciliklerin bağlı olduğu ana ekoturizm çekicilik faktörünün göreceli öncelik değerini çarpılmaktadır. Böylece ekoturizm çekiciliklerinin göreceli öncelik değerleri aynı ölçeğe konularak, birbirleri ile karşılaştırılabilir hale gelmektedir. Böylece matematiksel olarak ‘‘doğrusal kombinasyon’’ işlemi geekleştirilmektedir. Araştırmada kullanılan doğrusal eşitlik Formül 1’de gösterilmiştir.

$$P_{ji} = W_{ji} X_{ji} \quad \text{Formül 1}$$

Formül 1’de,  $P_{ji} = j$ . ana ekoturizm çekicilik faktöründeki  $i$ . ekoturizm çekiciliğinin nihai öncelik değerini,  $W_{ji} = i$ . ekoturizm çekiciliğinin dâhil olduğu  $j$ . ana ekoturizm çekicilik faktörünün göreceli (aynı zamanda nihai) ncelik değerini ifade ederken,  $X_{ji} = j$ . ana ekoturizm çekicilik faktöründeki  $i$ . ekoturizm çekiciliğinin göreceli öncelik değerini göstermektedir.

Sıralama Tekniğinde; ikili karşılaştırmalar yaklaşımından farklı olarak, kriterler kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılmamakta, bunun yerine, ölçütlerin göreceli önem derecelerine göre hüküm verilmekte, ardından sıralama yapılmaktadır. Bu sıralama işlemi, ikili karşılaştırmalardaki 1-9 ölçeğine benzeyen ‘‘dokus dereceli ölçek’’ vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu ölçekte; ‘‘1-zayıf oranda önemli’’, ‘‘3-daha az önemli’’, ‘‘5-orta derecede önemli’’, ‘‘7-daha çok önemli’’ ve ‘‘9-aşırı derecede önemli’’ olarak kabul edilmekte ve ‘‘2, 4, 6, 8 değerleri’’ de orta değerler olarak kullanılabilir. Böylece kriterlerin göreceli önem değerleri ya da ağırlıkları, her bir kritere verilen sıraya dayalı olarak hesaplanmaktadır. Araştırmada bir  $k$  karar vericisinin  $j$  ekoturizm çekiciliği kriterinin alt

kriterine  $r_{jk1}, r_{jk2}, \dots, r_{jkm}$  şeklinde bir sıralama verdiği kabul edildiğinde,  $i$  alt kriterinin göreceli ağırlık değerini olan  $W_{ji}$  değerini Formül 2 ile hesaplanmıştır.

$$W_{ji} = \frac{\sum_k r_{jki}}{\sum_i \sum_k r_{jki}} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad \text{Formül 2}$$

Bu araştırmada kullanılan bir diğer nceliklendirme tekniği olan Oranlama Tekniğinde ise; kriter ağırlıklarına yönelik hükümler bir sıralama yerine, kriter ağırlıkları toplamı 100 olacak şekilde, puanlar ile ifade edilmektedir. Araştırmada her bir ekoturizm çekiciliği için katılımcılardan puan vermeleri istendiğinde, bu koşula dikkat etmeleri özellikle belirtilmiştir.

İkili Karşılaştırmalar Tekniği; karar analizine dâhil olan elemanların kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılması ile bu elemanların her birisi için ağırlık değerlerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Araştırmada ikili karşılaştırma tekniği uygulanırken; ‘‘*eleman 1 (ekoturizm çekiciliği 1) ile eleman 2 (ekoturizm çekiciliği 2) karşılaştırıldığında hangi eleman daha çok tercih edilir (önemlidir)?*’’ ve ‘‘*daha çok tercih edilen eleman diğer elemana göre ne kadar daha çok tercih edilmektedir?*’’ şeklinde sorular ile ilgilinin hüküm belirtmesi istenmiştir. Bu aşamada Saaty (1990) ikili karşılaştırmalar ölçeği kullanılmıştır. Bu ölçeğe göre, 1 eşit tercih, 3 kısmen tercih, 5 oldukça tercih, 7 kuvvetle tercih ve 9 kesinlikle tercih edilme hallerini ifade ederken, 2, 4, 6, 8 düzeyler ‘‘orta değerleri’’ temsil etmiştir.

### 3. Bulgular

#### 3.1. anakkale SGTA ekoturizm çekicilik önceliklerine ait bulgular

anakkale SGTA ekoturizm çekiciliklerinin ana gruplar itibariyle öncelik değerlerine yönelik bulgular izelge 1’de gösterilmiştir. Kullanılan üç teknikte de kültür turizm kaynakları en öncelikli çekicilik grubu olarak öne çıkmıştır. Her üç tekniğe göre de, ilgi grupları, Çanakkale SGTA için doğal turizm kaynaklarını ikinci önem sırasında ve yerel ekoturizm kaynaklarından daha önemli bulmuşlardır.

Çizelge 1’de yer alan ekoturizm çekicilikleri ana gruplarının içerdiği ve alt ekicilikler olarak adlandırılabilen ekoturizm kaynak değerlerinin öncelikleri ise izelge 2’de, gösterilmiştir. Sıralama tekniğine göre Çanakkale SGTA’nın en öncelikli çekiciliği *tarihi yerler* olarak ortaya çıkarken, oranlama ve ikili karşılaştırma teknikleri, *anıtlar* ekiciliğinin en öncelikli olduğunu göstermektedir.

Kullanılan üç nceliklendirme tekniğinin ilk üç sıraya yerleştirdiği ekoturizm çekicilikleri olarak, *tarihi yerler*, *anıtlar* ve *tarihi ve mimari yapılar* öne çıkmaktadır. Buna karşılık, Çanakkale SGTA’nın nceliklendirme sıralamasında alt yapıya ilişkin özellikler son sıralarda kalmıştır.

Çizelge 1. Çanakkale SGTA ana ekoturizm çekicilikleri öncelik değerleri

Ekoturizm çekicilikleri ana grupları	Tekniklere göre öncelik değerleri		
	Sıralama	Oranlama	İkili karşılaştırma
Kültür Turizmi Kaynakları	0,396	52	0,466
Doğal Turizm Kaynakları	0,327	28	0,221
Yerel Ekoturizm Altyapısı	0,278	20	0,149

Çizelge 2. Çanakkale SGTA ekoturizm alt çekicilikleri öncelik değerleri

Ekoturizm çekicilikleri	Tekniklere göre öncelik değerleri		
	Sıralama	Oranlama	İkili karşılaştırma
Tarihi yerler	0,070	1220	0,079
Anıtlar	0,066	1284	0,091
Tarihi ve mimari yapılar	0,060	825	0,069
Sahiller plajlar	0,058	821	0,038
Görsel kalite (Panoramik noktalar)	0,058	491	0,031
Ormanlar	0,050	411	0,026
Arkeolojik yerler ve buluntular	0,045	462	0,046
İnanç açısından önemli yerler ve olaylar	0,043	496	0,029
Doğrudan turizm hizmeti (Ulaşım, konaklama vb.) verenler	0,042	583	0,024
Dağ veya tepeler	0,041	396	0,020
Sahada konaklama olanakları (otel, pansiyon vb. evler)	0,035	254	0,016
Sağlık hizmetleri	0,033	207	0,018
Orman biçimi dışında kalan bitkisel, floristik değerler	0,032	184	0,013
Turizmde çalışan, çalışabilecek işgücü, insan kaynağı	0,032	206	0,012
İlginç jeolojik oluşumlar ve mağaralar	0,031	196	0,014
Atıkların bertaraf olanakları (Katı ve sıvı atıklar)	0,031	188	0,010
Geleneksel tarım, ekolojik tarım	0,030	266	0,018
Sahada alış veriş ve beslenme olanakları	0,030	175	0,012
Hidrolojik alanlar (Göl, gölet ve akarsular)	0,029	163	0,013
Yerel yemekler ve içecekler	0,028	215	0,018
Gelenekler	0,028	194	0,018
Fauna	0,028	140	0,013
El sanatları	0,027	239	0,016
Temel alt yapı (Elektrik, doğalgaz, petrol, içme suyu) olanakları	0,027	116	0,010
Turizme dolaylı destek verenler (İletişim, banka .. vb.)	0,027	148	0,006
Sahada mevcut etkinlikler (Spor, rekreasyon, eğlence)	0,022	123	0,008

### 3.2. Çilingöz YHGS ekoturizm çekicilik öncelikleri

Çilingöz YHGS için yapılan ekoturizm ana grupları önceliklendirmesinde kullanılan tüm yöntemlerde “doğal turizm kaynakları” ilk sırayı almıştır (Çizelge 3). Çilingöz YHGS için, her üç teknikte de “kültür turizm kaynakları” ikinci önemde görünürken, altyapı ana grubu son sırayı almıştır.

Çilingöz YHGS'nin her bir ana ekoturizm çekicilik faktöründeki alt ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri Çizelge 4'de gösterilmiştir. “Doğal Turizm Kaynakları” ana ekoturizm çekicilik faktörü içerisinde yer alan “ormanlar” ekoturizm çekiciliği, sıralama (0,057) ve ikili karşılaştırma tekniğine (0,061) göre Çilingöz YHGS'nin en öncelikli ekoturizm çekiciliği olarak ortaya çıkarken, oranlama tekniğine göre en önemli çekicilik *sahiller ve plajlar* (992) olarak bulunmaktadır.

Çizelge 4'de yer alan bulgular en önemli ilk üç ekoturizm çekiciliği açısından irdelendiğinde, sıralama tekniği *ormanlar, sahiller-plajlar, tarihi yerler ve spor* şeklinde bir sıralamayı ortaya koyarken, oranlama tekniğinde *sahiller- plajlar, ormanlar ve fauna* şeklinde bir diziliş ortaya çıkmaktadır. İkili karşılaştırmalar tekniği de, oranlama tekniğiyle aynı ekoturizm çekiciliklerini ilk üç sıraya koymakta, fakat *ormanları, sahil ve plajların* önüne geçirecek, birinci önemde tanımlamaktadır. Her üç teknik de altyapıyla ilgili çekicilikleri en alt sıralara yerleştirmiştir.

### 3.3. Sultangazi MSKO ekoturizm çekicilik önceliklerine ilişkin bulgular

İlgi gruplarına ve her üç önceliklendirme tekniklerine göre Sultangazi MSKO ekoturizm ana çekicilikleri içerisinde en önemli kaynak “Doğal Turizm Kaynakları’dır” (Çizelge 5). Kültür turizmi kaynakları, yerel ekoturizm altyapısından daha öncelikli görülmektedir.

Sıralama tekniği, Sultangazi MSKO ekoturizm alt çekiciliklerinden, *ormanlar, görsel kalite* (Panoramik noktalar) ve *hidrolojik alanlar* (göl, gölet ve akarsular) değişkenlerini ilk önceliklere yerleştirmektedir (Çizelge 6). Oranlama tekniği ile ikili karşılaştırma teknikleri de bu çekicilikleri ilk üç öncelikte görmektedir. Ancak, oranlama tekniği *hidrolojik alanların, görsel kaliteden* daha öncelikli olduğunu göstermektedir.

Her üç teknik, Sultangazi MSKO örneğinde de ekoturizm altyapısıyla ilgili çekicilikleri son sıralarda önceliklendirmiştir.

### 3.4. Alan ve tekniklerin karşılaştırma bulguları

Her üç araştırma alanında da aynı envanter formu kullanılarak, ekoturizm çekicilikleri belirlenmişse de, alanların yapısal farklılıkları nedeniyle, bir yerde bulunan ekoturizm çekiciliklerinin birebir karşılıkları diğer bölgelerde bulunamamıştır. Çizelge 7'de araştırma kapsamına giren tüm alanlarda tespit edilen ekoturizm çekicilikleri ile kullanılan önceliklendirme tekniğine göre hesaplanmış öncelik değerleri bulguları toplu olarak gösterilmiştir.



Çizelge 3. Çilingöz YHGS ana ekoturizm çekicilikleri öncelik değerleri

Ekoturizm çekicilikleri ana grupları	Tekniklere göre öncelik değerleri		
	Sıralama	Oranlama	İkili karşılaştırma
Doğal turizm kaynakları	0,409	49	0,470
Kültür turizmi kaynakları	0,302	27	0,205
Yerel ekoturizm altyapısı	0,289	24	0,198

Çizelge 4. Çilingöz YHGS ekoturizm çekicilikleri için hesaplanan öncelik değerleri

Ekoturizm çekicilikleri	Tekniklere göre öncelik değerleri		
	Sıralama	Oranlama	İkili karşılaştırma
Ormanlar	0,057	755	0,061
Sahiller plajlar	0,054	992	0,052
Tarihi yerler	0,049	421	0,025
Spor	0,049	409	0,017
Hidrolojik alanlar (Göl, gölet ve akarsular)	0,048	480	0,040
Fauna	0,047	652	0,043
Tarihi ve mimari yapılar	0,046	464	0,030
Görsel kalite (Panoramik noktalar)	0,045	424	0,039
Geleneksel tarım, ekolojik tarım	0,045	389	0,025
Yerel yemekler ve içecekler	0,044	398	0,019
İlginç jeolojik oluşumlar ve mağaralar	0,041	353	0,035
Gelenekler	0,041	382	0,018
Dağ veya tepeler	0,040	478	0,021
Statülü ve statüsüz (Özellikli) korunan alanlar	0,039	405	0,031
Orman biçimi dışında kalan diğer bitkisel, floristik değerler	0,039	361	0,023
Sahada konaklama olanakları (otel, pansiyon vb. evler)	0,038	330	0,021
Doğrudan turizm hizmeti (Ulaşım, konaklama vb.) verenler	0,035	369	0,015
Sahada alış veriş ve beslenme olanakları	0,033	279	0,016
Sağlık hizmetleri	0,032	215	0,022
Sahada mevcut etkinlikler (Spor, rekreasyon, eğlence)	0,032	290	0,017
Atıkların bertaraf olanakları (Katı ve sıvı atıklar)	0,032	234	0,013
Temel alt yapı (Elektrik, doğalgaz, petrol, içme suyu) olanakları	0,031	216	0,017
Turizmde çalışan, çalışabilecek işgücü, insan kaynağı	0,030	247	0,016
Teknolojik açıdan önemli yer ve kurumlar	0,028	238	0,013
Turizme dolaylı destek verenler (İletişim, banka.. vb.)	0,026	221	0,010

Çizelge 5. Sultangazi MSKO ana ekoturizm çekicilikleri öncelik değerleri

Ekoturizm çekicilikleri ana grupları	Tekniklere göre öncelik değerleri		
	Sıralama	Oranlama	İkili karşılaştırma
Doğal turizm kaynakları	0,449	52	0,540
Kültür turizmi kaynakları	0,288	23	0,175
Yerel ekoturizm altyapısı	0,262	25	0,157

Çizelge 6. Sultangazi MSKO ekoturizm çekicilikleri için hesaplanan öncelik değerleri

Ekoturizm çekicilikleri	Tekniklere göre öncelik değerleri		
	Sıralama	Oranlama	İkili karşılaştırma
Ormanlar	0,118	2067	0,174
Görsel kalite (Panoramik noktalar)	0,103	948	0,084
Hidrolojik alanlar (Göl, gölet ve akarsular)	0,100	1135	0,098
Spor	0,092	808	0,053
Tarihi ve mimari yapılar	0,070	614	0,041
Statülü ve statüsüz (Özellikli) korunan alanlar	0,067	561	0,046
Festivaller, panayırar	0,066	477	0,019
Fauna	0,061	488	0,036
Geleneksel tarım, ekolojik tarım	0,060	424	0,023
Sahada mevcut etkinlikler (Spor, rekreasyon, eğlence)	0,048	723	0,028
Sahada alış veriş ve beslenme olanakları	0,034	349	0,016
Atıkların bertaraf olanakları (Katı ve sıvı atıklar)	0,031	349	0,015
Temel alt yapı (Elektrik, doğalgaz, petrol, içme suyu) olanakları	0,031	250	0,013
Sağlık hizmetleri	0,029	162	0,017
Turizmde çalışan, çalışabilecek işgücü, insan kaynağı	0,025	166	0,010
Doğrudan turizm hizmeti (Ulaşım, konaklama vb.) verenler	0,024	216	0,009
Sahada konaklama olanakları (otel, pansiyon vb. evler)	0,020	151	0,009
Turizme dolaylı destek verenler (İletişim, banka .. vb.)	0,020	134	0,006

Çizelge 7. Farklı bölge ve tekniklere göre ekoturizm çekicilikleri öncelikleri

Ekoturizm çekicilikleri	Çanakkale SGTA			Çilingöz YHGS			Sultangazi MSKO		
	S	O	İK	S	O	İK	S	O	İK
Tarihi ve mimari yapılar	0,060	825	0,069	0,046	464	0,030	0,070	614	0,041
Görsel kalite (Panoramik noktalar)	0,058	491	0,031	0,045	424	0,039	0,103	948	0,084
Ormanlar	0,050	411	0,026	0,057	755	0,061	0,118	2067	0,174
Doğrudan turizm hizmeti verenler	0,042	583	0,024	0,035	369	0,015	0,024	216	0,009
Geleneksel tarım, ekolojik tarım	0,030	266	0,018	0,045	389	0,025	0,060	424	0,023
Sağlık hizmetleri	0,033	207	0,018	0,032	215	0,022	0,029	162	0,017
Sahada konaklama olanakları	0,035	254	0,016	0,038	330	0,021	0,020	151	0,009
Hidrolojik alanlar (Göl, gölet ve akarsular)	0,029	163	0,013	0,048	480	0,040	0,100	1135	0,098
Fauna	0,028	140	0,013	0,047	652	0,043	0,061	488	0,036
Turizmde insan kaynağı	0,032	206	0,012	0,030	247	0,016	0,025	166	0,010
Sahada alış veriş ve beslenme olanakları	0,030	175	0,012	0,033	279	0,016	0,034	349	0,016
Atıkların bertaraf olanakları	0,031	188	0,010	0,032	234	0,013	0,031	349	0,015
Temel alt yapı kaynakları	0,027	116	0,010	0,031	216	0,017	0,031	250	0,013
Sahada mevcut etkinlikler	0,022	123	0,008	0,032	290	0,017	0,048	723	0,028
Turizme dolaylı destek hizmeti verenler	0,027	148	0,006	0,026	221	0,010	0,020	134	0,006
Dağ veya tepeler	0,041	396	0,020	0,040	478	0,021	-	-	-
Gelenekler	0,028	194	0,018	0,041	382	0,018	-	-	-
İlginç jeolojik oluşumlar ve mağaralar	0,031	196	0,014	0,041	353	0,035	-	-	-
Orman biçimi dışında kalan floristik değerler	0,032	184	0,013	0,039	361	0,023	-	-	-
Sahiller plajlar	0,058	821	0,038	0,054	992	0,052	-	-	-
Spor	-	-	-	0,049	409	0,017	0,092	808	0,053
Statülü ve statüsüz alanlar	-	-	-	0,039	405	0,031	0,067	561	0,046
Tarihi yerler	0,070	1220	0,079	0,049	421	0,025	-	-	-
Yerel yemekler ve içecekler	0,028	215	0,018	0,044	398	0,019	-	-	-
Anıtlar	0,066	1284	0,091	-	-	-	-	-	-
Arkeolojik yerler ve buluntular	0,045	462	0,046	-	-	-	-	-	-
El sanatları	0,027	239	0,016	-	-	-	-	-	-
Festivaller, panayırarlar	-	-	-	-	-	-	0,066	477	0,019
İnanç açısından önemli yerler ve olaylar	0,043	496	0,029	-	-	-	-	-	-
Teknolojik açıdan önemli yer ve kurumlar	-	-	-	0,028	238	0,013	-	-	-

S: Sıralama tekniği, O: Oranlama tekniği, İK: İkili karşılaştırma tekniği

Çizelge 7'den görüldüğü gibi, sıralama tekniği sonuçlarına göre Çanakkale SGTA için en önemli çekicilik kaynağı *tarihi yerlerken* (0,070), Çilingöz YHGS ve Sultangazi MSKO'ndaki ormanlar (0,057 ve 0,118) en önemli çekicilik kaynaklarıdır. Ancak, belirlenen öncelik değerleri yüzdelik ifade edildiğinde, *ormanların* Çilingöz YHGS'daki önemi ile (%5,70) Sultangazi MSKO'ndaki öneminin (%11,80) farklı olduğu görülmektedir.

Benzer durum ikinci derece önemdeki çekicilikler için de geçerlidir. Çanakkale SGTA'daki *anıtlar* (%6,66), *tarihi yerlere* (%6,60) yakın bir önem taşırken, Çilingöz'da *Sahil ve plajlar* (%5,40), Sultangazi'de ise *görsel değeri, panoramik önemi olan çekicilikler* (%10,30) ormanlara yakın bir öneme sahiptir. Bu noktada, Çilingöz YHGS ve Sultangazi MSKO'nda *anıt* çekiciliğinin bulunmadığı ve bir karşılaştırmanın yapılamayacağı da düşünülebilir. Ancak, *anıtlar* gibi bir kültür turizm kaynağı olan *tarihi yerler* Çilingöz YHGS'da bulunmakta ve önem derecesi %4,9'a düşerek, alan farklılaşmasının aynı ekoturizm çekiciliğinin önem derecesini etkilediğini göstermektedir. Diğer yandan, bir çekiciliğin varlığıyla diğer çekiciliklerin önem ve önceliğini değiştirebildiği kabul ediliyorsa, yokluğuyla da bu önemi etkileyebildiği düşünülmelidir.

Oranlama Tekniğiyle elde edilen ekoturizm çekiciliklerinin önem derecelerini de % olarak ifade etmek olanaklıdır. Gerek sıralama gerek bölgeler arası karşılaştırma yapmak üzere Çizelge 7'deki Oranlama tekniği sonuçları yüzdelik olarak ifade edildiğinde, Çanakkale SGTA için en önemli ekoturizm çekiciliğinin % 12,84'lük (1284) *anıtlar* olarak ortaya çıktığı, Çilingöz YHGS'nda ise *sahil ve plajların* %9,92'lik (992) bir değerle ilk sıraya geldiği, buna karşılık Sultangazi MSKO'nda %20,62 (2062) düzeyindeki bir önemle *ormanların* ilk sırayı aldığı görülmektedir.

Çizelge 7'de yer alan doğrusal kombinasyona dayalı ikili karşılaştırma sonuçlarını, bu tekniğin dayandığı geometrik ortalamalardan hareket etme ve öncelik değerlerinin toplamının 1 veya 100'e erişmeme özelliği dikkate alınarak, yüzdelik (%) değerlere dönüştürme olanağı bulunamamıştır. Ancak, oranlama yöntemiyle elde edilen bulguların ilk üç sırası ile ikili karşılaştırmayla elde edilen ilk üç sıra, sadece Çilingöz YHGS'da *ormanlar* ile *sahiller ve plajların* yer değiştirmesi şeklinde bir fark oluşmaktadır.

#### 4. Tartışma ve sonuçlar

Çanakkale SGTA'ndaki öncelik değerleri incelendiğinde, her üç teknikte de en yüksek öncelikli ana ekoturizm çekicilik faktörü "*Kültür Turizmi Kaynakları*" olmuşken, bunu sırasıyla "*Doğal Turizm Kaynakları*" ve "*Yerel Ekoturizm Altyapısı*" ana ekoturizm çekicilik faktörleri izlemiştir. "*Doğal Turizm Kaynakları*" ana ekoturizm çekicilik faktöründe sıralama tekniğinde en yüksek öncelikli ekoturizm çekicilikleri "*sahiller, plajlar*" ve "*görsel kalite (panoramik noktalar)*" olmuşken, oranlama ve ikili karşılaştırmalar tekniklerinde en yüksek öncelik değerine sahip ekoturizm çekiciliği "*sahiller, plajlar*" olmuştur. Buna karşın "*Kültür Turizmi Kaynakları*" ana ekoturizm çekicilik faktöründe sıralama tekniğinde "*tarihi yerler*" ekoturizm çekiciliği en yüksek önceliği almışken, oranlama ve ikili karşılaştırmalar tekniklerinde "*anıtlar*" en yüksek öncelikli ekoturizm çekiciliği olarak ortaya çıkmıştır. "*doğrudan turizme hizmet verenler (ulaşım, seyahat ve ulaşım acenteleri, turizm için ekipman sağlayıcılar, tur operatörleri, rehberler, kılavuzlar, turizm büroları, broşürler, hobilere yöneltilen araç durumu)*" ekoturizm çekiciliği ise her üç önceliklendirme tekniğinde "*Yerel Ekoturizm Altyapısı*" ana ekoturizm çekicilik

faktörünün en yüksek öncelikli ekoturizm çekiciliği olmuştur.

Çilingöz YHGS için her üç önceliklendirme tekniği için de en yüksek öncelikli ana ekoturizm çekicilik faktörü “Doğal Turizm Kaynakları” iken, bunu sırasıyla “Kültür Turizmi Kaynakları” ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” ana ekoturizm çekicilik faktörleri izlemektedir. Buna karşın oranlama tekniği kullanıldığında katılımcılar “Doğal Turizm Kaynakları” ana ekoturizm çekicilik faktörü kapsamında “sahiller, plajlar” ekoturizm çekiciliğini, en yüksek öncelikli çekicilik olarak görmekteyken, sıralama ve ikili karşılaştırmalar teknikleri söz konusu olduğunda “ormanlar” ekoturizm çekiciliğine en yüksek önceliği vermektedir. Buna karşın oranlama ve ikili karşılaştırmalar teknikleri uygulandığında katılımcılar için “Kültür Turizmi Kaynakları” ana ekoturizm çekicilik faktörünün en yüksek öncelikli ekoturizm çekiciliği “tarihi ve mimari yapılar” olarak ortaya çıkmışken, sıralama tekniği uygulandığında “tarihi yerler” ile “spor” en yüksek öncelikli ekoturizm çekicilikleri olarak belirlenmiştir. “Yerel Ekoturizm Altyapısı” ana ekoturizm çekicilik faktöründe sıralama tekniği kullanıldığında “sahada konaklama olanakları (mevcut turizm tesisleri, otel, pansiyon ve pansiyona dönüşebilecek evler)”, oranlama tekniği kullanıldığında “doğrudan turizme hizmet verenler (ulaşım, seyahat ve ulaşım acenteleri, turizm için ekipman sağlayanlar, tur operatörleri, rehberler, kılavuzlar, turizm büroları, broşürler, hobilere yöneltilen araç durumu)” ve ikili karşılaştırmalar tekniği kullanıldığında “sağlık hizmetleri” ekoturizm çekicilikleri, en yüksek öncelikli çekicilikler olarak ifade edilmiştir.

Sultangazi MSKO için katılımcılar tarafından yapılan karşılaştırmalara göre, her üç önceliklendirme tekniği kullanılarak elde edilen ana ekoturizm çekicilik faktörleri sıralaması incelendiğinde, her üç teknik için de en yüksek önceliğe sahip ana ekoturizm çekicilik faktörünün “Doğal Turizm Kaynakları” olduğu anlaşılmıştır. Bunu oranlama tekniğinde sırasıyla “Yerel Ekoturizm Altyapısı” ve “Kültür Turizmi Kaynakları” faktörlerinin izlediği, sıralama ve ikili karşılaştırmalar tekniklerinde ise “Kültür Turizmi Kaynakları” ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” faktörlerinin takip ettiği görülmektedir. Sultangazi MSKO’nda her üç önceliklendirme tekniği için de “Doğal Turizm Kaynakları” ana ekoturizm çekicilik faktörü kapsamında en yüksek öncelikli ekoturizm çekiciliğine “ormanlar” sahipken, “Kültür Turizmi Kaynakları” ana ekoturizm çekicilik faktöründe “spor” ekoturizm çekiciliği ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” ana ekoturizm çekicilik faktöründe ise “sahada mevcut etkinlikler (spor, rekreasyon, eğlence)” ekoturizm çekiciliği en yüksek önceliğe sahip olmuştur.

Çalışma alanlarına göre ekoturizm kaynak değer önceliklerinin irdelenmesinde;

Çanakkale SGTA’na yönelik sıralama tekniği çözümlene sonuçlarına göre en yüksek önceliğe sahip ana ekoturizm çekicilik faktörü, 0,396 öncelik değeri ile “Kültür Turizmi Kaynakları” olmuştur. Bunu 0,327 öncelik değeri ile “Doğal Turizm Kaynakları” ana ekoturizm çekicilik faktörü izlemiştir. “Yerel Ekoturizm Altyapısı” ana ekoturizm çekicilik faktörü ise, 0,278 öncelik değeri ile en düşük öncelikli ana ekoturizm çekicilik faktörü olarak ortaya çıkmıştır. Oranlama tekniği çözümlenmesinde görüleceği üzere katılımcılar, “Kültür Turizmi Kaynakları” ana ekoturizm çekicilik faktörünü (52), en yüksek öncelikli ana ekoturizm çekicilik faktörü olarak görmektedir. Bunu

sırasıyla “Doğal Turizm Kaynakları” (28) ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” (20) ana ekoturizm çekicilik faktörleri takip etmektedir. İkili karşılaştırmalar tekniği çözümlenmeleri ile elde edilen öncelik değerlerine göre katılımcılar, en yüksek öncelikli ana ekoturizm çekicilik faktörü olarak “Kültür Turizmi Kaynakları” faktörünü (0,466) düşünmekte, bunu sırasıyla “Doğal Turizm Kaynakları” (0,221) ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” (0,149) ana ekoturizm çekicilik faktörleri izlemektedir.

Çilingöz YHGS için katılımcıların ana ekoturizm çekicilik faktörleri ve her bir ana ekoturizm çekicilik faktöründeki ekoturizm çekicilikleri için yaptıkları karşılaştırmalara göre, sıralama tekniği kullanılarak elde edilen en yüksek öncelikli ana ekoturizm çekicilik faktörü “Doğal Turizm Kaynakları” (0,409) iken, bunu sırasıyla “Kültür Turizmi Kaynakları” (0,302) ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” (0,289) ana ekoturizm çekicilik faktörü izlemektedir. Oranlama tekniği ile hesaplanan ana ekoturizm çekicilik faktörleri içerisinde en yüksek önceliği “Doğal Turizm Kaynakları” (49) faktörüne vermektedir. Bunu sırasıyla “Kültür Turizmi Kaynakları” (27) ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” (24) ana ekoturizm çekicilik faktörleri takip etmektedir. İkili karşılaştırmalar tekniği incelendiğinde; en yüksek önceliğe sahip ana ekoturizm çekicilik faktörünün, 0,470 öncelik değeri ile “Doğal Turizm Kaynakları” faktörü olduğu ortaya çıkmıştır. Bunu 0,205 öncelik değeri ile “Kültür Turizmi Kaynakları” ana ekoturizm çekicilik faktörünün izlediği anlaşılmaktadır. Buna karşın “Yerel Ekoturizm Altyapısı” ana ekoturizm çekicilik faktörünün ise 0,198 öncelik değeri ile diğer ana ekoturizm çekicilik faktörlerine göre nispeten düşük öneme sahip olduğu belirlenmiştir.

Sultangazi MSKO için katılımcılar tarafından yapılan karşılaştırmalara göre, sıralama tekniği kullanılarak elde edilen ana ekoturizm çekicilik faktörleri ve her bir ana ekoturizm çekicilik faktörü içerisindeki ekoturizm çekiciliklerine ait öncelik değerleri incelendiğinde, katılımcılara göre, en yüksek önceliğe sahip ana ekoturizm çekicilik faktörünün “Doğal Turizm Kaynakları” (0,449) olduğu anlaşılmaktadır. Bu ana ekoturizm çekicilik faktörünü sırasıyla “Kültür Turizmi Kaynakları” (0,288) ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” (0,262) ana ekoturizm çekicilik faktörleri izlemektedir. Oranlama tekniği sonucunda elde edilen önceliklere göre en yüksek önceliğe sahip ana ekoturizm çekicilik faktörü “Doğal Turizm Kaynakları” (52) olmuştur. Bunu sırasıyla “Yerel Ekoturizm Altyapısı” (25) ve “Kültür Turizmi Kaynakları” (23) ana ekoturizm çekicilik faktörleri izlemektedir. İkili karşılaştırmalar tekniği çözümlenmelerine göre katılımcılar en yüksek öncelikli ana ekoturizm çekicilik faktörü olarak “Doğal Turizm Kaynakları” faktörünü (0,540) düşünmektedir. Bunu sırasıyla “Kültür Turizmi Kaynakları” (0,175) ve “Yerel Ekoturizm Altyapısı” (0,157) ana ekoturizm çekicilik faktörleri takip etmektedir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşıldığı gibi, tarihi bir alan olan Çanakkale SGTA bulgularının Sultangazi MSKO’dan farklı olması nedeniyle “**H<sub>0</sub>: Ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri milli parklarda ve kent ormanlarında farklı değildir**” şeklindeki araştırma hipotezinin reddedilerek, aynı ekoturizm çekiciliğinin milli parklar ile kent ormanlarında aynı öncelikte görülebeyeceği sonucuna erişilmektedir. Bu durum, Çanakkale ve Çilingöz için de geçerlidir ve “**H<sub>0</sub>: Ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri milli parklarda ve yaban hayatı gelişim**

*sahalarında farklı değildir*” ve *“H<sub>0</sub>: Ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri kent ormanlarında ve yaban hayatı gelişim sahalalarında farklı değildir”* şeklindeki hipotezlerin de reddedilmesi gereklidir. Bu kapsamda bir sonuç olarak, milli park, yaban hayatı gelişim alanı, kent ormanı gibi farklı statülere sahip yerlerdeki ekoturizm çekiciliklerini eşit önemde kabul etmek, aynı puan dereceleriyle değerlendirerek, bir toplam kapasite veya değere dönüştürmek, karşılaştırmalar yapmak doğru görünmemektedir.

Bununla birlikte, Çanakkale SGTA’da kültürel ekoturizm değerleri öne çıkarken, Çilingöz YHGS ve Sultangazi MSKO’nda doğal çekiciliklerin öne çıkması *“H<sub>0</sub>: Bir alanın ekoturizm çekicilikleri olarak kabul edilen doğal, kültürel ve rekreasyonel kaynak değer göstergeleri arasında fark yoktur”* şeklindeki hipotezin reddedilmesi gerektiğini kanıtlamaktadır.

Çanakkale SGTA, Çilingöz YHGS ve Sultangazi MSKO’na uygulanan Sıralama, Oranlama ve İkili Karşılaştırma teknikleri çok ölçütlü önceliklendirmelerinden de görüldüğü gibi, ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri, uygulanan tekniğe göre hem sıra hem önem derecesi itibarıyla değişebilmektedir. Bu sonuçlardan hareketle *“H<sub>0</sub>: Ekoturizm çekiciliklerinin öncelik değerleri üzerinde kullanılan karar verme tekniğinin etkisi yoktur”* şeklindeki bir hipotezin kabul edilemeyeceği görülmektedir. Nitekim Ok vd. 2011’de karar verme teknikleri değiştiğinde, ekoturizm etkinliklerinin seçim sonuçlarının da değişebileceği bulunmuştur. Bu nedenle, ister etkinlik seçimi veya karşılaştırması yapılsın, ister ekoturizm çekiciliklerinin önceliklendirilmesiyle ilgilenilsin, kullanılan karar verme tekniğinin sonuçlar üzerindeki etkisini test eden bir duyarlılık analizinin yapılması gerekli görünmektedir.

Karar verme sürecinin en önemli aşamalarından biri, kriterlerin ve alternatiflerin önceliklerinin belirlenmesidir. Zira bu öncelikler karar verme sürecinin sonucunu doğrudan etkilemektedir. Çözümlemenin doğruluğu, önceliklerin yeterli doğrulukta belirlenmesine bağlıdır. Öncelik belirlemede farklı teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerin doğru sonuçlar vermesi, uygulama kolaylıkları ve formülasyon farklılıkları olduğundan, önceliklerin belirlenmesinde hangi tekniğin kullanılacağı uygulayıcının tercihinine göre değişmektedir. Nitekim sıralama ve oranlama teknikleri daha kolay kullanıma sahip olsalar da, literatürde ikili karşılaştırmalar tekniğinin daha doğru sonuç verdiği yönelt görüşler bulunmaktadır.

Bir bölgenin içerebileceği ekoturizm çekiciliklerinin envanterinin yapılmasında WTO (1993); Ok (2006); Yılmaz vd. (2004); Arslan vd. (2013) örneklerinde görülen formlardan yararlanmak olanaklıdır. Ancak bir yerin yeterince ekoturizm çekiciliğine sahip olduğuna karar vermek için bu formlarda yer alan çekiciliklerden ne kadarına sahip olmasının yeterli olacağı belirsizdir. Geline nokta ekoturizm çekiciliği veya kaynak değeri olarak ifade edilen unsurların, Gülez’in (1990) peyzaj değerlerini tanımlarken ifade ettiği değişkenlere göre, sayı ve çeşit olarak arttığı ortaya çıkmaktadır. Gülez’in (1990) özellikle peyzaj değeri bileşenini kararlaştırırken, örneğin bir dereye 1-4 arası puan verirken, sahile 7-8 puan verilmesi önerisi de aslında bir ağırlıklandırma, önceliklendirme işlemidir. Gülez’in (1990) önerisi kabul edildiğinde, her rekreasyon veya ekoturizm alanında, derelerle sahiller arasında 1’e 7 veya 4’e 8 şeklinde bir öncelik hiyerarşisi ortaya

çıkılmaktadır. Oysa bu araştırmada kullanılan üç ayrı önceliklendirme tekniği, bir ekoturizm çekiciliğinin bir yerde diğerlerine göre daha düşük bir önem gösterebilirken, bir başka yerde daha üst önemlere sahip olabileceğini kanıtlamaktadır. Üstelik aynı ekoturizm çekiciliğinin bir korunan alanda istenen, diğerinde ise istenmeyen özellik olarak değerlendirilmesi olanaklıdır. Örneğin karla kaplı alanları Uludağ Milli Parkında çok önemli bir çekicilik olarak kabul etmek gerekirken, aynı kar miktarını, örneğin Çamburnu C Tipi Rekreasyon Alanında rekreasyonu engelleyen bir durum olarak değerlendirmek mümkündür. Diğer yandan, Ağrı dağı gibi tek bir çekiciliğin, şelaleler, tepeler, dereler içeren pek çok alandan daha çekici olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, çekicilik sayısı çok olan bazı yerlerin, az sayıda çekiciliği barındıran fakat geniş toplumsal kesimlerce ilgi gören yerlerden daha düşük ekoturizm değerinde olma olasılığının da olabileceğini kabul etmek gereklidir.

Belirtilen kaygılar, Bekdemir (2009) ile Açıksöz vd. (2010)’nin kullandığı ECOS yöntemi için de geçerlidir. Açıksöz vd. (2010) çalışmasında ele alınan ve bir yerin ekoturizm kapasitesinin göstergesi olarak kabul edilen ölçütler, ekoturizm çekiciliklerinin bir kısmını ifade edebildiği gibi, kapsam içine giren ekoturizm değerlerinin, sürekli 0, 1, 2 ve 3 rakamlarıyla ve aralarında sabit bir hiyerarşi varmış gibi ele alınmasının mantığı açık değildir. Diğer yandan, bu puanlara göre bir yerin aldığı toplam puanı temel alarak, farklı alanların sıralanması, ancak veri alanlar arasında bir derecelendirme yapabilmek için yaklaşımdır. Göreceli iyi veya daha iyi alanı bulmaya yardım edebilir. Ancak, en yüksek puanlının dahi yeterli ekoturizm potansiyeline sahip olup olmadığına karar verebilmek için belirli eşik değerlere göre bir karşılaştırma yapılması gereklidir. Ne yazık ki, ekoturizm envanter listeleri yayınlayan WTO (1993) örneklerinde dahi bu eşikler yeterince verilmemiş tartışılmamıştır.

Diğer yandan, Çanakkale SGTA, Çilingöz YHGS ve Sultangazi MSKO, örnek alanlarından elde edilen araştırma sonuçlarının, bu alanlar için üretilmiş ekoturizm öncelik değerleri bulgularını, ülkemizde veya dünyanın bir başka yerinde geçerli bir şablon öncelikler seti olarak, kullanmanın yanlışlığını ortaya koyduğunu söylemek olanaklıdır. Bu araştırmayla ekoturizm çekicilikleri hakkında genelleştirmeler yapmanın yanlışlığının kanıtlandığı söylenebilir.

Gerçekten de, dünyanın en kalabalık kentlerinden biri olan İstanbul’da yer alan Sultangazi MSKO’nun gördüğü yüksek talep nedeniyle, dünyanın veya ülkenin başkaca ormanlarıyla karşılaştırıldığında *“basit bir orman parçası”* olarak adlandırılabilen bir doğal mekanın nasıl önemli hale gelebildiği ortaya çıkmıştır. Bazı nedenlerle Sultangazi’deki ormanlardan daha değerli kabul edilebilecek ormanlar, Çanakkale SGTA içerisinde bulunan diğer ekoturizm çekicilikleriyle karşılaştırıldığında geri sıralarda kalabilmiştir. Bu nedenle, dünyanın her yerinde geçerli olabilecek bir ekoturizm çekicilik değeri skalasından, öneminden veya puanından söz etmek sakıncalı görünmektedir. Ekoturizm çekiciliklerinin yer aldığı bölgede üstlenmiş olduğu rolü, toplumsal ilgi düzeyini, nadirlik veya bolluk oranını dikkate almadan, bu çekiciliklere, kabullere dayalı eşik puanlar vererek bölgesel kapasite kararları vermek oldukça tartışmalı bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.


## Açıklama

Bu makale; Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 2017-2018 yılları arasında yürütülen 10.8202/2015-2017-2018 numaralı “Yönetim Amacı Farklı Orman Alanlarındaki Ekoturizm Çekiciliklerinin Çok Boyutlu Sayısallaştırılması” adlı araştırma projesi sonuç raporunun özetidir.

## Kaynaklar

- Açıksöz, S., Görmüş, S., Karadeniz, N., 2010. Determination of ecotourism potential in national parks: Kure Mountains National Park, Kastamonu-Bartın,Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(8): 589-599.
- Akay, B., Zengin, B., 2012. Ekoturizm kaynaklarının geliştirilmesi: doğu Marmara bölgesi örneği. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 14(23): 115-122.
- Arslan, M., Tosun, S., Ok, K., Akkemik, Ü., Köse, N., Aydın, A., Mutlu, H., Güneş, Y., Niyazi, F.S., Güler, N., Karloğlu, N., Güneş, M.Y., 2013. Seben Fosil Ormanı'nın Doğal ve Kültürel Değerlerinin Saptanması ve Uygun Yönetim Planının Geliştirilmesi. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Teknik Bülten Serisi*, No: 20, Ankara.
- Bekdemir, A.P., 2009. İstanbul-Azizpaşa ormanı içerisinde bir rekreasyon planlama modeli oluşturulması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Brown, K., Adger, W.N., Tompkins, E., Bacon, P., Shim, D. Young, K., 2001. Trade-off analysis for marine protected area management. *Ecological Economics*, 37(3): 417-434.
- ÇSTAB, 2017. Çanakkale Savaşları Gelibolu Tarihi Alan Planı Araştırma Raporu.,19.06.2017 tarih 3715 Sayılı Bakan Oluru, Çanakkale.
- DKMP, 2012. Çilingöz Yaban Hayatı Geliştirme Sahası Yönetim ve Gelişme Planı, 24.12.2012 tarihli, /11 DKMP oluru, Ankara.
- Erdoğan, N., 2010. Eko-turizm ve doğa temelli turizmin geldikleri noktada kavramsal çerçeve. *Orman Ekosistemlerinde Ekoturizm Çalıştay ve 10. Yılında TODEG*, Ankara, s. 42-51.
- Güleç, S., 1990. Ormaniçi rekreasyon alanının saptanması için geliştirilen bir değerlendirme yöntemi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 40(2): 132-147.
- Nayak, R.C., Panda, R.K., 2001. Integrated management of a canal command in a river delta using multi-objective techniques. *Water Resources Management*, 15(6): 383-401.
- Ok, K., 2006. Multiple criteria activity selection for ecotourism planning in İğneada, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(2): 153-164.
- Ok, K., 2010. Türkiye ormancılık sektörü açısından ekoturizm. *Orman Ekosistemlerinde Ekoturizm Çalıştay ve 10. Yılında TODEG*, ISBN 978-9944-0048-5-5 S:53-60 Ankara,
- Ok, K., Okan T., Yılmaz E., 2011. A comparative study on activity selection with multi-criteria decision making techniques in ecotourism planning. *Scientific Research and Essays*, 6(6): 1417-1427.
- Queensland, 2015. Queensland Ecotourism Investment Opportunities, Implementation Framework Ecotourism Facilities on National Parks, 13. Pages. Queensland Government.
- Rahemtulla, Y.G., Wellstead, A.M., 2001. Ecotourism: Understanding expert and academic definitions. *Northern Forestry Centre, Information Report, NOT-X-380*, Canada.
- Saaty, T.L., 1990. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operations Research*, 48(1): 9-26.
- TIES, 2010. The International Ecotourism Society Resmi Web Sayfası, <http://www.ecotourism.org>, Accessed: 02.06.2010.
- Weaver, D., Opperman, M., 2000. *Tourism Management*. John Wiley and Sons, New York.
- WTO, 1993. *Sustainable Tourism Development: Guide for Local Planners*. World Tourism Organisation, Madrid, Spain.
- Yılmaz, E., Ok, K., Okan T., 2004. Ekoturizm planlamasında katılımcı yaklaşımla etkinlik seçimi: Cehennemdere Vadisi örneği. *Çevre ve Orman Bakanlığı Teknik Bülten Serisi*, No: 21, Mersin.

# Üniversite öğrencilerinin sosyo-ekonomik özelliklerinin küresel ısınma ve iklim değişikliği algıları üzerine etkileri

Esmagül Gülsoy<sup>a</sup> , Mehmet Korkmaz<sup>b,\*</sup> 

**Özet:** İklim değişikliği günümüzün en önemli sorunlarının başında gelmektedir. Bu makalede üniversite öğrencilerinin küresel ısınma ve iklim değişikliğine yönelik algı ve bilgi düzeylerinin sosyo-ekonomik özelliklerine göre farklılıkları incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Süleyman Demirel Üniversitesinin farklı fakültelerinin son sınıf öğrencilerine yönelik bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya 579 öğrenci katılmıştır. Çalışmada veriler ki-kare testi ile analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği konusunda, bilgi düzeylerinde eksiklik ve algılarında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca yapılan istatistiksel değerlendirmeler neticesinde cinsiyet, medeni durum, aile gelirleri, ebeveynlerin meslek ve eğitim durumu ile yaşadıkları yerlere göre öğrencilerin algılarında anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları; iklim değişikliği politika ve eylemlerinin geliştirilmesi ve iklim değişikliğine uyum ve etkilerin azaltılması girişimleri için destek üretmede katkı sağlayabilecek niteliktedir.

**Anahtar kelimeler:** Algılar, Bilgi düzeyi, İklim değişikliği, Küresel ısınma, Üniversite öğrencileri

## The effects of socio-economic characteristics of university students on global warming and climate change perceptions

**Abstract:** Nowadays, climate change is one of the most important problems. In this article, the differences in the perception and knowledge levels of university students on global warming and climate change according to their socio-economic characteristics were examined. Within the scope of the study, a detailed questionnaire study was conducted for senior students of different faculties of Süleyman Demirel University. 579 students participated in the study. The data in the study were analysed using the chi-square test. The findings have revealed that there are significant differences in university students' lack of knowledge and perceptions about climate change. In addition, as a result of the statistical evaluations made, it has been determined that there are significant differences in the perception of students according to gender, marital status, family income, professions and places they live. Results of this study; It can contribute to the development of climate change policies and actions and to generate support for climate change adaptation and mitigation initiatives.

**Keywords:** Perceptions, Knowledge level, Climate change, Global warming, University students

### 1. Giriş

İklim değişikliği günümüzde ülkelerin en önemli gündem maddelerinden birisidir. Bu bağlamda iklim değişikliğinin; buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, şiddetli hava olaylarının gerçekleşmesi gibi insan sağlığını ve yaşam koşullarını, sosyal ve ekonomik sektörleri ve ekosistemleri doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilecek önemli sonuçlarının olabileceği beklenmektedir. (IPCC, 2013). Hükümetlerarası iklim değişikliği panelinin beşinci değerlendirme raporu; hava ve okyanus sıcaklıklarının artışı, yağış değişiklikleri, yükselen deniz seviyeleri ve kuraklık, seller ve fırtınalar gibi bazı ekstrem olayların sıklığı ve yoğunluğundaki değişiklikleri doğrulamaktadır (IPCC, 2014).

“Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı”nda iklim değişikliği ile mücadelede politika belirleyicilerin karşı karşıya bulunduğu güçlüğü; iklim değişikliğinin etkilerini anlamak, en uygun düzeyde uyum sağlanmasına yönelik stratejileri belirlemek ve bunları akılcı

politikalara dönüştürerek uygulamak olduğu belirtilerek iklim değişikliğine dayanıklı ekosistemlerin sağlıklı ve etkin bir biçimde işlevlerinin sürdürülmesi, su, arazi ve biyolojik kaynakların yönetilmesi ve korunması üzerine odaklanan stratejilerin, esasen iklim değişikliğinin etkileri ile başa çıkmanın önemli yollarından olduğu ortaya konulmuştur (ÇŞB, 2011). Uluslararası düzeyde bu süreci yavaşlatmaya ve durdurmaya yönelik çabaların yanı sıra toplumların bu değişime uyum sağlamasına yönelik çalışmalar da sürmektedir (IPCC, 1990; 1995; 2007; WB, 2008; EC, 2009). Birleşmiş Milletlere üye olan ülkelerin büyük bir bölümünde de ulusal iklim mevzuatı ve stratejilerinin oluşturulduğu görülmektedir (Dubash vd., 2013).

İklim değişikliğine yönelik farkındalıkta sıcaklıkların artışı ve yağışların azalması gibi gözle görülür değişiklikler etkili olmaktadır (Rankoana, 2016). İklim değişikliği algısı ile ilgili en dikkat çekici durum, olumsuz doğa olaylarıyla ilgili kişisel deneyimin, bireysel risk algısının güçlü bir belirleyicisi olduğudur (Frondele vd., 2017). Birçok bilimsel çalışmanın ortaya koyduğu bulgulara göre iklim değişikliği

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Isparta

<sup>b</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 21.09.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 04.12.2020



**Citation** (Atıf): Gülsoy, E., Korkmaz, M., 2020. Üniversite öğrencilerinin sosyo-ekonomik özelliklerinin küresel ısınma ve iklim değişikliği algıları üzerine etkileri. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 428-437.  
DOI: [10.18182/tjf.798032](https://doi.org/10.18182/tjf.798032)

politikaları yetersizdir. Bu yetersizlik, toplumlarda sorunun anlam ve önemi konusunda duyarlılık oluşturmada ve insanları harekete geçirmede daha belirgindir. (Randall, 2009; Westerhoff ve Robinson, 2013; Lejano vd., 2013).

“Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023”de “iklim değişikliği ile mücadele ve uyum kapasitesinin geliştirilmesi kapsamında iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve sürece uyum sağlamak için Türkiye’de kamuoyunun bilinç düzeyinin artırılması ve kurumların kapasitelerinin güçlendirilmesi gerektiği” belirtilmektedir (MEU, 2010). İklim değişikliğiyle mücadelede toplumun farkındalık düzeyinin artırılması ilk aşamadır (Albayrak ve Atasayan, 2017). Bu bağlamda Türkiye’de küresel ısınma ve iklim değişikliği kapsamında bilgi düzeyi ve algıları belirlemeye yönelik ilköğretim, lise ve üniversite öğrencilerini kapsayan çalışmalar (Gökçe ve Kaya, 2009; Tetik ve Acun, 2015; Aladağ vd., 2018; Şen ve Özer, 2018; Atik ve Doğan, 2019) önem arz etmektedir. Bu makalenin amacı, üniversite öğrencilerinin küresel ısınma ve iklim değişikliğine yönelik bilgi düzeyi ile algılarını belirlemek ve bu algıların öğrencilerin sosyo-ekonomik özelliklerine göre farklılıklarını araştırmaktır. İklim değişikliğinin olası sonuçlarına ilişkin kamuoyunun risk algısı büyük önem taşımaktadır. Risk algısı sadece iklim politikalarını şekillendirmede değil, uyum ve etkilerin azaltılması girişimleri için destek üretmede de merkezi bir rol oynamaktadır (Lujala vd., 2015). Bundan dolayı insanların iklim değişikliğine ilişkin algılarının belirleyicilerine yönelik daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır (Korkmaz, 2018). Bu belirleyiciler arasında sosyo-ekonomik özellikler önem arz etmektedir.

## 2. Materyal ve yöntem

Çalışma, 2017 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi’nde gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda Süleyman Demirel Üniversitesinin seçilmesinin nedenleri; 2017 yılı itibariyle (a) lisans eğitimi veren 19 fakülte, 4 yüksekokulu, 1 devlet konservatuarı, ön lisans eğitimi veren 21 meslek yüksekokulu, lisansüstü eğitim veren 6 enstitüsü ile 42 araştırma uygulama merkezi bulunması, (b) Toplam lisans öğrencisi sayısının 38451 olması şeklinde sıralanmaktadır (SDÜ, 2017). Veriler, lisans düzeyinde eğitim verilen bölümlerin son sınıf öğrencileri ile yapılan anket çalışmaları ile toplanmıştır. Bu kapsamda öncelikle öğrencilere yönelik uygulanacak anket formlarının tasarımı yapılmış olup, anket formları seçilmiş bir gruba uygulanıp ön test yapıldıktan sonra nihai halini almıştır. Anket formunun hazırlanmasında Yılmaz vd. (2002) ve ÇŞB (2012) tarafından yapılan çalışmalardan da yararlanılmıştır. Ankette yer alan ölçekli ifadelerin yanıtları için beşli Likert ölçeği kullanılmıştır. Bu ifadelerin iç tutarlılık katsayısı (Cronbach alfa değeri) 0,836 olarak bulunmuştur. Bulunan iç tutarlılık katsayısı 0,8’den büyük olduğu için kullanılan ölçek, istatistiki olarak yüksek güvenilirliktedir (Kılıç, 2016).

Örnek büyüklüklerinin belirlenmesinde sınırlı toplumlarda kullanılan ve aşağıda açıklanan eşitlikten (1) faydalanılmıştır (Baş, 2010);

$$n = \frac{Nt^2pq}{d^2(N-1)+t^2pq} \quad (1)$$

Burada;

n: Örnek büyüklüğünü,

t: Belirli bir anlamlılık düzeyinde t tablosuna göre bulunan teorik değer (%95 güven düzeyi için 1,96),

N: Ana kütle büyüklüğünü (Son sınıfta okuyan öğrenci sayısı= 9612),

p: Ölçmek istenilen büyüklüğün ana kütlede bulunma olasılığını (0,5),

q: Ölçmek istenilen büyüklüğün ana kütlede bulunmama olasılığını (0,5),

d: Kabul edilen örnekleme hatasını (Bu çalışmada %5 olarak alınmıştır) göstermektedir.

Yukarıdaki formüle göre hesaplanan örnek büyüklüğü asgari 383 kişi olarak belirlenmiş olup, 12 farklı fakülteden (Çizelge 1) toplam 579 öğrenci ile anket yapılmıştır. Bu aşamada tüm anket formlarının, son sınıf öğrencileri tarafından yüz yüze olarak doldurulmaları sağlanmış, her fakültede kız-erkek öğrenci dağılımı mümkün olduğunca dengelenmeye çalışılmış ve her birinden asgari 30 öğrencinin katılımı ile gönüllülük ilkesi esas alınarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Veriler öncelikle aritmetik ortalama, standart sapma, frekanslar gibi temel istatistik ölçüler ile değerlendirilmiştir. Veri analizinde ilk olarak verilerin parametrik veri olup olmadığının test edilmesi aşamasında Shapiro-Wilk testi uygulanmış ve verilerin %95 (p<0,05) güven düzeyinde normal dağılım göstermediği yani parametrik veri olmadığı belirlenmiştir. Bu kapsamda ki-kare testi kullanılmış ve öğrencilerin verdikleri yanıtların, sosyo-ekonomik özelliklerine (cinsiyet, medeni hal, toplam gelir, ebeveynlerin eğitim ve meslekleri, yaşanılan yer) göre farklı olup olmadığı belirlenmiştir.

## 3. Bulgular

### 3.1. Öğrencilerin ve ebeveynlerinin profil özellikleri

Çalışmada ankete katılan öğrencilerin cinsiyet, yaş, medeni hal, eğitim aldıkları fakültele ilişkin bilgiler Çizelge 2’de, aile aylık geliri, anne ve babalarının eğitim durumları, meslekleri ve yaşadıkları yerlere ilişkin bilgiler ise Çizelge 3’te verilmiştir.

Ankete katılan öğrencilerin büyük bir bölümü 21-25 yaş aralığında (%90,7) olup, ortalama yaş 23,1’dir. Öğrencilerin %55,4’ü kız, %44,6’sı ise erkek olup, büyük çoğunluğu bekar (%96,0)’dır.

Çizelge 1. Anket çalışmasının yürütüldüğü fakülteler

Fakülte	Fakülte
Orman*	Hukuk
Mimarlık	Ziraat*
Tıp	Teknoloji*
Diş Hekimliği	İlahiyat
Sağlık Bilimleri	Mühendislik
Fen Edebiyat	İktisadi ve İdari Bilimler

\* 7141 sayılı “Yükseköğretim Kanunu ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” gereğince Mayıs 2018’de Süleyman Demirel Üniversitesinden ayrılarak Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi bünyesine geçirilmiştir.

Çizelge 2. Öğrencilerin profil özellikleri

Cinsiyet	Sayı	%
Kız	321	55,4
Erkek	258	44,6
Yaş	Sayı	%
<21	20	3,5
21-25	525	90,7
>25	34	5,8
Medeni hal	Sayı	%
Evli	23	4,0
Bekar	556	96,0
Fakülte	Sayı	%
Fen Edebiyat Fakültesi	89	15,4
Mühendislik Fakültesi	80	13,8
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi	60	10,5
Teknoloji Fakültesi	50	8,6
Mimarlık Fakültesi	50	8,6
İlahiyat Fakültesi	40	6,9
Hukuk Fakültesi	40	6,9
Sağlık Bilimleri Fakültesi	40	6,9
Dış Hekimliği Fakültesi	35	6,0
Tıp Fakültesi	35	6,0
Orman Fakültesi	30	5,2
Ziraat Fakültesi	30	5,2

Çizelge 3'te ankete katılan öğrencilerin aile gelirleri incelendiğinde büyük bir bölümünün (%77,4) 1001-5000 TL arasında gelire sahip olduğu görülmektedir. Öğrenci ailelerinin % 10'unun gelir düzeyi 1000 TL ve altında kalırken, %12,6'sının ise 5000 TL'nin üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Öğrenci ailelerinin büyük bir bölümü (%77,2) kentlerde ikamet etmekle birlikte, aileleri kırsal bölgelerde yaşayan öğrencilerin oranı %22,8'dir. Genel olarak aileleri kentte yaşayan öğrencilerin gelir düzeylerinin daha fazla olduğunu söylemek mümkündür.

Ankete katılan öğrencilerin anne ve babalarının eğitim durumları incelendiğinde annelerin büyük bir bölümü (%44,0) ilkokul mezunuyken, annesi üniversite mezunu olan öğrencilerin oranı % 11,7'dir. Üniversite mezunu babaların oranı %18 olup, genel olarak babaların eğitim düzeyleri biraz daha yüksektir.

Öğrencilerin annelerinin büyük bir bölümü (%79,1) ev hanımı olup, memur, işçi ya da serbest meslek gruplarından birisinde çalışan annelerin toplam oranı % 21,9'dur. Öğrencilerin babalarının meslekleri incelendiğinde ilk sırada serbest meslek (%31,6) gelmektedir. Babası memur olarak görev yapan öğrencilerin oranı % 26,1, işçi olarak çalışanların oranı %25,2 ve çiftçi olanların oranı %12,1'dir. Herhangi bir iş kolunda çalışmayan babaların oranı ise %4,8'dir.

### 3.2. İklim değişikliğine yönelik bilgi düzeyi

İklim değişikliği denildiğinde öğrencilerin %31,6'sında ilk aklı gelen kavram, mevsimlerin değişmesidir (Şekil 1). Bunu doğal dengenin bozulması (%21,6) ve küresel ısınma (%17,8) izlemektedir. Diğer yandan iklim değişikliğini yağışların azalması (%0,9), sıcaklığın artışı (%0,7) ve kış mevsiminin yaşanmaması (%0,5) olarak tanımlayanların oranı ise oldukça düşük kalmıştır.

İklim değişikliğine yönelik bilgi düzeylerini belirlemek üzere öğrencilere iklim değişikliğinin nedenleri, mücadele yolları ve hayatımızdaki etkileri hakkında yöneltilen sorulara ilişkin verilen yanıtlar Şekil 2'de verilmiştir. Öğrencilerin %28,5'lik bir kısmı iklim değişikliğinin nedenleri hakkında iyi ya da çok iyi derecede bilgi sahibi olduklarını ifade ederken, yarıdan fazlasının (%52,3) konu

hakkında orta düzeyde bilgiye sahibi olduğu belirlenmiştir. Bu konuda bilgi düzeyi az olanların oranı % 18,2 ve hiç bilgisi olmayanların oranı ise %1'dir.

Diğer yandan genel olarak öğrencilerin iklim değişikliği ile mücadele yolları konusundaki bilgi düzeylerinin, iklim değişikliğinin nedenleri konusundaki bilgi düzeyleri ile benzer olduğu görülmektedir. Nitekim iklim değişikliği ile mücadele yolları konusunda öğrencilerin %25,2'si iyi ya da çok iyi derecede, %52,3'lük bir kısmı ise orta düzeyde bilgiye sahiptir. Fakat bu iki durumun aksine öğrenciler arasında iklim değişikliğinin hayatımızdaki etkileri konusunda bilgi düzeylerinin iyi ya da çok iyi olduğunu belirtenlerin oranı (%37,2) daha yüksektir.

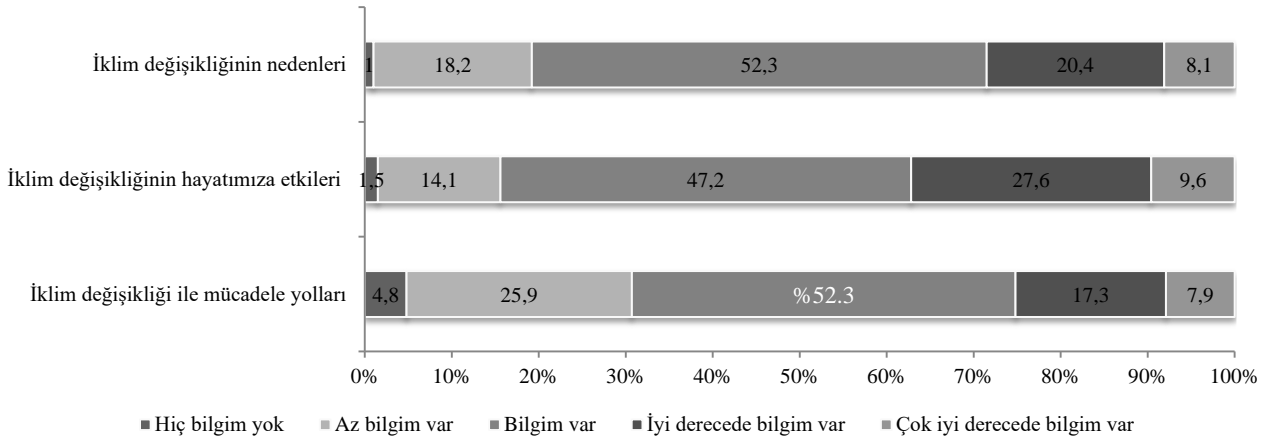
Çizelge 3. Ebeveynlerin profil özellikleri

Ailelerin aylık geliri (TL/Ay)	Sayı	%
0-1000	58	10,0
1001-2000	190	32,8
2001-5000	258	44,6
5001 ve üzeri	73	12,6
Anne eğitim durumu	Sayı	%
İlkokul	255	44,1
Ortaokul	113	19,5
Lise üniversite	143	24,7
Üniversite	68	11,7
Baba eğitim durumu	Sayı	%
İlkokul	170	29,4
Ortaokul	124	21,4
Lise üniversite	181	31,2
Üniversite	104	18,0
Annelerin mesleği	Sayı	%
Ev hanımı	458	79,1
Memur	64	11,0
İşçi	45	7,8
Serbest meslek	12	2,1
Babaların mesleği	Sayı	%
Memur	151	26,1
Serbest meslek	184	31,8
İşçi	146	25,2
Çiftçi	70	12,1
Çalışmıyor	28	4,8
Ailenin yaşadığı yer	Sayı	%
Kent	447	77,2
Kırsal	132	22,8



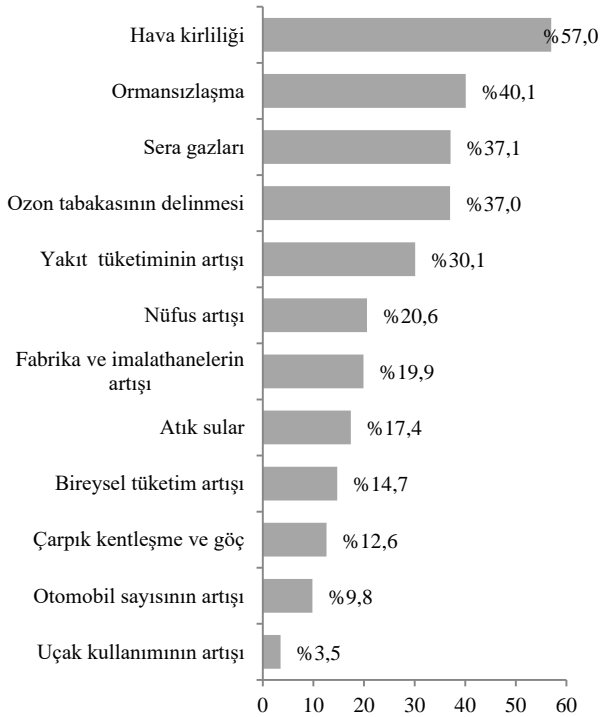
Şekil 1. İklim değişikliğini tanımlamak için ilk aklı gelen kavram





Şekil 2. İklim değişikliğinin nedenleri, hayatımıza etkileri ve mücadele yolları ile ilgili bilgi düzeyi

Öğrencilerin iklim değişikliğinin nedenleri hakkında ne derece bilgiye sahip olduklarının sorgulanması ile birlikte, iklim değişikliğine neden olan temel faktörlerin neler olduğuna ilişkin verilen yanıtlar Şekil 3'te verilmiştir. Görüleceği üzere öğrencilerin %57'sine göre iklim değişikliğine neden olan en temel faktör, hava kirliliğidir. Hava kirliliğinden sonra sırasıyla ormansızlaşma (%40,1), sera gazları ve ozon tabakasının delinmesi (%37,0) iklim değişikliğine neden olan en temel faktörlerdendir. Bu konuda çarpık kentleşme ve göç (%12,6), otomobil sayısı (%9,8) ve uçak kullanımındaki artış (%3,5) ise iklim değişikliğine en az neden olan faktörler olarak görülmektedir.



Şekil 3. İklim değişikliğinin nedenleri (Birden fazla seçenek işaretlenmiştir).

### 3.3. Küresel ısınma ve iklim değişikliğine yönelik algılar ve sosyo-ekonomik özelliklere göre farklılıklar

Üniversite öğrencilerinin iklim değişikliğinin varlığı, kanıtları ve hissedilen etkileri ile ilgili konulardaki algı düzeylerine ilişkin anket maddelerine verdikleri yanıtlar Çizelge 4'te görülmektedir.

Öğrencilerin en yüksek düzeyde katıldıkları ifadeler sırasıyla; "Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik insanlara önemli rol düşmektedir (Ort. 4,08)", "Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yetkin olan birimlerin insanları mutlaka bilgilendirmesi gerekmektedir (Ort. 4,08)" ve "Küresel ısınma ve iklim değişikliği süreci dünyada ciddi problemler doğuracaktır (Ort. 4,07)" şeklinde sıralanmaktadır. Görüldüğü üzere öğrencilerin büyük bir bölümü tarafından, küresel ısınma ve iklim değişikliği sürecinin ciddi sorunlara yol açacağı, bu süreçte uzmanlar tarafından doğru bilgilendirmelerin yapılması ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için insanların bireysel düzeyde önlemler alması gerektiğinin önemi ortaya konulmuştur. "Enerji tasarrufuna gidilerek küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri azaltılabilir" ifadesine katılım oranının yüksekliği (Ort. 4,00) etkileri azaltma konusunda enerji tasarrufunun önemine dikkat çekmektedir.

Ormanlar, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında hayati öneme sahip kaynaklardır (Çoban ve Eker, 2019). Öğrencilerin "Ormanların küresel ısınma ve iklim değişikliğine önleme konusunda rolü büyüktür" ifadesine katılım oranı (Ort. 4,00) yüksektir. İklim değişikliğinin nedenlerine yönelik olarak yapılan değerlendirmede de (Bkz. Şekil 3) ormansızlaşma en önemli nedenlerden birisi olarak belirtilerek bu durum desteklenmektedir.

Küresel ısınma ve İklim değişikliği sürecinden ülkemizin zarar göreceği (Ort. 3,99), bu nedenle ciddi önlemlerin alınmasına ihtiyaç bulunduğu öğrenciler (Ort. 3,96) tarafından ifade edilmektedir. Bu bağlamda öğrencilerin büyük bir bölümü küresel ısınma ve iklim değişikliği ile ilgili olarak gerek ülkemizde (Ort. 2,29) gerekse dünya genelinde (Ort. 2,26) alınan önlemleri yeterli bulmamaktadır. Tüm ifadeler içerisinde en az katılım oranına sahip ifadeler bu konudur. .

Çizelge 4. Küresel ısınma ve iklim değişikliğine yönelik algılar

İfadeler	%					Ortalama**
	1*	2*	3*	4*	5*	
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin varlığı konusunda çok fazla çelişki mevcuttur.	16,6	26,4	29,4	18,6	9,0	2,75
Son dönemlerde yaşanan bazı felaketler (sel, fırtına, hortum, orman yangını vb.) küresel ısınma ve iklim değişikliği için bir kanıttır.	14,9	17,3	12,1	27,1	28,6	3,35
Yeryüzünde küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini artık bariz bir şekilde hissetmekteyiz.	11,6	13,1	10,4	21,8	43,1	3,69
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusu insanlardır.	14,0	10,2	10,5	16,6	48,7	3,73
Küresel ısınma ve iklim değişikliği tüm canlı yaşamını tehdit eden bir unsurdur.	16,1	8,3	8,6	12,4	54,6	3,79
Şu anda küresel ısınma ve iklim değişikliğinin bir problem olduğunu söylemek için erken.	37,1	19,0	20,0	11,2	12,6	2,42
Küresel ısınma ve iklim değişikliği yeryüzünde doğal bir sürecin parçasıdır.	31,8	17,4	24,4	14,5	11,9	2,56
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda dünya genelinde alınan tedbirleri yeterli bulmaktayım.	39,9	21,8	19,0	9,2	10,1	2,26
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda Türkiye'de alınan tedbirleri yeterli bulmaktayım.	40,4	20,2	17,8	11,2	10,4	2,29
İnsanlar küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusunda bencil davranmaktadır.	13,8	10,2	14,0	22,6	39,4	3,61
Küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında uzmanlar yeterli bilgi ve algıya sahiptirler.	14,9	20,7	30,1	24,7	9,6	2,92
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusu az gelişmiş ülkelerdir.	32,1	19,7	23,5	14,5	10,2	2,49
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusu gelişmekte olan ülkelerdir.	13,8	16,2	27,3	25,6	17,1	3,14
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusu gelişmiş ülkelerdir.	10,4	15,5	21,6	21,1	31,4	3,45
Artan nüfus ve sanayileşmenin küresel ısınma ve iklim değişikliğine etkileri çok büyüktür.	8,1	9,0	12,8	21,6	48,5	3,91
Ormanların küresel ısınma ve iklim değişikliğini önleme konusunda rolü büyüktür.	9,8	7,6	9,8	15,7	57,1	4,00
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemek için çok geç kalınmıştır.	13,8	24,9	27,3	19,3	14,7	2,94
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik çok ciddi tedbirler gerekmektedir.	5,4	11,2	12,3	21,8	49,3	3,96
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik insanlara önemli rol düşmektedir.	7,4	7,4	11,4	14,5	59,3	4,08
İnsanlar yaşam standartlarından fedakarlıklar yaparak gelecekte küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltabilir.	7,9	9,8	11,4	23,1	47,8	3,90
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik yapacağım bir şey yok.	44,9	17,1	17,1	9,3	11,6	2,24
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik üzerime düşen görevleri bilmekteyim.	7,3	14,7	30,4	32,3	15,3	3,32
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik gerekli fedakarlıkları yapmaya kendimi hazır hissediyorum.	6,7	11,7	22,1	30,7	28,8	3,60
Küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebep olan atmosferik gazlar hakkında yeterli bilgiye sahibim.	11,9	20,4	25,4	33,7	8,6	3,05
Küresel ısınma ve iklim değişikliği gelecekte mesleğimde olumsuzluklara yol açacaktır.	6,6	9,7	28,3	23,5	32,1	3,62
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yetkin olan birimlerin insanları mutlaka bilgilendirmesi gerekmektedir.	6,0	6,0	15,1	16,4	56,5	4,08
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda bir eğitim almak isterim.	7,6	10,0	16,4	21,8	44,2	3,82
Küresel ısınma ve iklim değişikliği süreci dünyada ciddi problemler doğuracaktır.	7,9	6,7	11,9	14,7	58,8	4,07
Küresel ısınma ve iklim değişikliği sürecinden ülkemiz çok zarar görecektir.	7,3	7,1	12,3	23,3	50,0	3,99
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önleme konusunda kendimi sorumlu hissetmekteyim.	9,3	9,5	15,5	26,4	39,3	3,74
Enerji tasarrufuna gidilerek küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri azaltılabilir.	7,1	5,5	14,0	24,3	49,1	4,00

\*1 (Tamamen katılmıyorum), 2 (Katılmıyorum), 3 (Kararsızım), 4 (Katılıyorum), 5 (Tamamen katılıyorum)

\*\* Likert ölçeğine göre verilen yanıtların (1,2,...5) ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Öğrencilerin verdikleri yanıtlar incelendiğinde kararsızlık oranı en yüksek olan ifadeler sırasıyla; “Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik üzerime düşen görevleri bilmekteyim (%30,4)”, “Küresel ısınma ve iklim değişikliği gelecekte mesleğimde olumsuzluklara yol açacaktır (%28,3)” ve “Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemek için çok geç kalınmıştır (%27,3)” şeklinde sıralanmaktadır. Bu durum iklim değişikliği ile mücadele konusundaki bilgi düzeyinin büyük oranda orta düzeyde olması (Bkz. Şekil 2) ile açıklanabilir.

### 3.3.1. Cinsiyete göre farklılıklar

Öğrencilerin cinsiyetine göre verdikleri yanıtlar arasında ki-kare testine göre istatistiksel olarak farklı ( $p < 0,05$ ) olan ifadeler ve test sonuçları Çizelge 5'te gösterilmiştir. Kız öğrenciler (%67,9), “Yeryüzünde küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini artık bariz bir şekilde

hissetmekteyiz” ifadesine erkeklere (%61,2) oranla daha fazla katılmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusu, kız öğrencilerin %69'u, erkeklerin ise %61'ine göre insandır. En önemli fark tamamen katılıyorum seçeneğindedir (Kız %52, erkekler %44). Erkeklere göre kız öğrenciler görece olarak artan nüfus ve sanayileşmenin küresel ısınma ve iklim değişikliğine etkilerinin çok büyük olduğunu düşünmektedir. Benzer şekilde, “Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik insanlara önemli rol düşmektedir” ifadesine kız öğrenciler (%76,3) daha fazla katılmaktadır. Erkek öğrenciler, insanların küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusunda bencil davrandığı fikrine daha fazla katılmaktadır (%62,8).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile ilgili mücadele ve uyum stratejilerinin geliştirilmesi için eğitim önemlidir. Kız öğrenciler (%68,8) bu konuda erkeklerden (%62,4) daha fazla eğitim ihtiyacı bulunduğunu belirtmektedir. Bu

bağlamda kız öğrenciler, “Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda bir eğitim almak isterim” ifadesine daha fazla katılmaktadır. Cinsiyete göre diğer farklılıklar “Küresel ısınma ve iklim değişikliği süreci dünyada ciddi problemler doğuracaktır” ve “Enerji tasarrufuna gidilerek küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri azaltılabilir” ifadelerine aittir. Bu ifadelerle de kız öğrenciler erkeklere göre daha fazla katılmaktadır. Görüldüğü üzere kız öğrencilerin, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusuna erkek öğrencilere göre daha fazla önem verdikleri ve dahası küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerine yönelik daha bilinçli oldukları görülmektedir.

### 3.3.2. Medeni hale göre farklılıklar

Medeni hale göre farklılıklar incelendiğinde (Çizelge 6), evli olan öğrenciler, “Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusu gelişmekte olan ülkelerdir” ve “Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemek için çok geç kalmıştır” ifadelerine daha fazla oranda (sırasıyla Evli: %52,2 ve %39,1; Bekar: %42,3 ve %33,8) katılmaktadır. Benzer şekilde, evli öğrenciler (%73,9), bekar öğrencilere oranla (%46,6) küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik üzerlerine düşen görevleri daha fazla bildiğini belirtmektedir.

### 3.3.3. Toplam gelire göre farklılıklar

Öğrencilerin ailelerinin aylık toplam gelirlerine göre anlamlı farklılıklar içeren ifadelerden (Çizelge 7) sadece “Küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında uzmanlar yeterli bilgi ve algıya sahiptirler” ifadesine katılım düzeyi, görece olarak düşük gelir grubunda daha yüksektir. Yani gelir arttıkça bu konuya katılım düzeyi düşmektedir. Bunun tersine diğer ifadelerle katılım düzeyi gelir düzeyinin artışı ile benzerdir. Örneğin iklim değişikliğinin nedenleri ve hayatımıza etkileri konusundaki bilgi düzeyi gelir düzeyi arttıkça yükselmektedir.

### 3.3.4. Ebeveynlerin eğitim durumuna göre farklılıklar

Çalışma kapsamında öğrencilerin anne ve babalarının eğitim durumuna göre anket maddelerine verilen yanıtlar arasında farklılık olup olmadığı da araştırılmıştır. Bunun nedeni “eğitim ailede başlar” sözü ile özellikle çevre ve doğa eğitiminin de aile içi eğitim ile başlaması ve aile içi eğitimin örgün ve akademik eğitimin önemli bir parçası olmasıdır. Öğrencilerin annelerinin eğitim durumlarına göre istatistiksel olarak önemli farklılıklar Çizelge 8’de gösterilmiştir. Annelerin eğitim düzeyleri yükseldikçe Çizelge 8’de yer alan ifadelerle katılım düzeyi artmaktadır.

Çizelge 5. Cinsiyete göre anlamlı farklılık içeren ifadeler

İfadeler	Ki-kare	sd	p
Yeryüzünde küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini artık bariz bir şekilde hissetmekteyiz.	11,346	4	0,023
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusu insanlardır.	13,513	4	0,009
İnsanlar küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusunda bencil davranmaktadır.	10,378	4	0,035
Artan nüfus ve sanayileşmenin küresel ısınma ve iklim değişikliğine etkileri çok büyüktür.	11,392	4	0,022
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik insanlara önemli rol düşmektedir.	9,735	4	0,045
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yetkin olan birimlerin insanları mutlaka bilgilendirmesi gerekmektedir.	12,123	4	0,016
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda bir eğitim almak isterim.	10,087	4	0,039
Küresel ısınma ve iklim değişikliği süreci dünyada ciddi problemler doğuracaktır.	16,989	4	0,002
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önleme konusunda kendimi sorumlu hissetmekteyim.	15,313	4	0,004
Enerji tasarrufuna gidilerek küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri azaltılabilir.	9,494	4	0,049

Çizelge 6. Medeni hale göre anlamlı farklılıklar içeren ifadeler

İfadeler	Ki-kare	sd	p
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusu gelişmekte olan ülkelerdir.	11,970	4	0,018
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemek için çok geç kalmıştır.	9,963	4	0,041
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik üzerime düşen görevleri bilmekteyim.	17,795	4	0,001

Çizelge 7. Toplam aile gelirine (TL/ay) göre anlamlı farklılıklar içeren ifadeler

İfadeler	Ki-kare	sd	p
İklim değişikliğinin nedenleri konusundaki bilgi düzeyiniz	38,550	12	0,000
İklim değişikliğinin hayatımıza etkileri konusunda bilgi düzeyiniz	23,121	12	0,027
İnsanlar küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusunda bencil davranmaktadır.	21,656	12	0,042
Küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında uzmanlar yeterli bilgi ve algıya sahiptirler.	24,021	12	0,020
Küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebep olan atmosferik gazlar hakkında yeterli bilgiye sahibim.	41,187	12	0,000
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yetkin olan birimlerin insanları mutlaka bilgilendirmesi gerekmektedir.	26,015	12	0,011
Enerji tasarrufuna gidilerek küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri azaltılabilir.	31,102	12	0,002

Çizelge 8. Annelerin eğitim düzeyine göre anlamlı farklılıklar içeren ifadeler

İfadeler	Ki-kare	sd	p
Son dönemlerde yaşanan bazı felaketler (sel, fırtına, hortum, orman yangını vb..) küresel ısınma ve iklim değişikliği için bir kanıttır.	36,795	12	0,000
Yeryüzünde küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini artık bariz bir şekilde hissetmekteyiz.	36,865	12	0,000
Küresel ısınma ve iklim değişikliği tüm canlı yaşamını tehdit eden bir unsurdur.	25,841	12	0,011
Enerji tasarrufuna gidilerek küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri azaltılabilir.	23,795	12	0,022

Öğrencilerin babalarının eğitim durumuna göre istatistiksel olarak önemli farklılıklar Çizelge 9'da gösterilmiştir. Buna göre, babaların eğitim düzeyleri yükseldikçe “Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önleme konusunda kendimi sorumlu hissetmekteyim” ve “Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik üzerime düşen görevleri bilmekteyim” ifadelerine katılım düzeyi artarken, “Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik gerekli fedakârlıkları yapmaya kendimi hazır hissediyorum” ifadesine katılım düzeyi azalmaktadır.

### 3.3.5. Ebeveynlerin mesleğine göre farklılıklar

İklim değişikliğinin nedenleri konusundaki bilgi düzeyinde annesi ev hanımı, memur ve işçi olan öğrencilerde kararsızlık oranı görece olarak annesi serbest meslek sahibi olan öğrencilere göre daha fazladır (Çizelge 10). Benzer durum “Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda Türkiye’de alınan tedbirleri yeterli bulmaktayım” ve “Küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında uzmanlar yeterli bilgi ve algıya sahiptirler” ifadeleri için de geçerlidir. İklim değişikliğinin asıl sorumlusunun gelişmekte olan ülkeler olduğunu sorgulayan ifadeye verilen yanıtlar incelendiğinde annesi serbest meslek sahibi olan öğrencilerin yarısı, bu ifade için kararsız olduklarını belirterek diğer öğrencilerden ayrılmıştır. “Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yetkin olan birimlerin insanları mutlaka bilgilendirmesi gerekmektedir” ifadesindeki farklılık, annesi serbest meslek sahibi olan öğrencilerin yarısının bu ifadeye ilişkin yanıtlarında kararsız olduklarını belirtmeleri, diğer öğrencilerin ise annelerinin meslek gruplarına göre %66-74 arasında değişen oranlarda katıldıklarını belirtmelerinden kaynaklanmaktadır. “Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önleme konusunda kendimi

sorumlu hissetmekteyim” ifadesine katılım oranı görece olarak annesi serbest meslek sahibi olan öğrencilerde daha düşüktür.

Öğrencilerin babalarının mesleğine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık arz eden iki ifade Çizelge 11’de görülmektedir. “İnsanlar iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusunda bencil davranmaktadır” ifadesine babası memur, işçi ve çiftçi olan öğrenciler, diğer öğrencilere oranla daha yüksek düzeyde katıldıklarını belirtmiştir. Babası herhangi bir işte çalışmayan öğrencilerin “Küresel ısınma ve iklim değişikliği sürecinden ülkemiz çok zarar görecektir” ifadesi için kararsızlık oranı diğer öğrencilere göre daha yüksek olduğu için istatistiksel olarak farklılaşmaktadır.

### 3.3.6. Ailelerin yaşam yerine göre farklılıklar

Aileleri kentte veya kırsal alanlarda yaşayan öğrenciler arasında istatistiksel olarak farklılık içeren ifadeler incelendiğinde (Çizelge 12), “Son dönemlerde yaşanan bazı felaketler (sel, fırtına, hortum, orman yangını vb.) küresel ısınma ve iklim değişikliği için bir kanıttır” ve “Artan nüfus ve sanayileşmenin küresel ısınma ve iklim değişikliğine etkileri çok büyüktür” ifadelerine kırsal alanlarda yaşayan öğrenciler daha fazla katılmaktadır. Bunun nedeni iklim değişikliğinin etkilerini daha fazla hissetmeleri ile açıklanabilir. Benzer şekilde kırsal alanlarda yaşayan öğrenciler, kentlerde yaşayanlara göre küresel ısınma ve iklim değişikliği sürecini daha yüksek katılım oranı ile doğal bir sürecin parçası olarak görmemektedir. Dahası bu konularda çalışan uzmanların yeterliliği ve iklim değişikliği ile mücadele konusundaki görevler bağlamında kırsalda yörelerde yetişmiş öğrenciler daha olumlu yanıtlar vermektedir.

Çizelge 9. Babaların eğitim düzeylerine göre anlamlı farklılıklar içeren ifadeler

İfadeler	Ki-kare	sd	p
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik üzerime düşen görevleri bilmekteyim.	32,938	12	0,001
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik gerekli fedakârlıkları yapmaya kendimi hazır hissediyorum.	36,683	12	0,000
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önleme konusunda kendimi sorumlu hissetmekteyim.	22,324	12	0,034

Çizelge 10. Annenin mesleğine göre farklılık arz eden ifadeler

İfadeler	Ki-kare	sd	p
İklim değişikliğinin nedenleri konusundaki bilgi düzeyiniz	24,887	12	0,015
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda Türkiye’de alınan tedbirleri yeterli bulmaktayım.	22,046	12	0,037
Küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında uzmanlar yeterli bilgi ve algıya sahiptirler.	21,169	12	0,048
Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin asıl sorumlusunun gelişmekte olan ülkelerdir.	22,827	12	0,029
Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yetkin olan birimlerin insanları mutlaka bilgilendirmesi gerekmektedir	25,135	12	0,014
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önleme konusunda kendimi sorumlu hissetmekteyim.	27,507	12	0,007

Çizelge 11. Babanın mesleğine göre farklılık arz eden ifadeler

İfadeler	Ki-kare	sd	p
İnsanlar küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltma konusunda bencil davranmaktadır.	28,552	16	0,027
Küresel ısınma ve iklim değişikliği sürecinden ülkemiz çok zarar görecektir.	27,712	16	0,034

Çizelge 12. Ailenin yaşadığı yere göre anlamlı farklılıklar içeren ifadeler

İfadeler	Ki-kare	sd	p
Son dönemlerde yaşanan bazı felaketler (sel, fırtına, hortum, orman yangını vb.) küresel ısınma ve iklim değişikliği için bir kanıttır.	14,572	4	0,006
Küresel ısınma ve iklim değişikliği yeryüzünde doğal bir sürecin parçasıdır.	14,357	4	0,006
Küresel ısınma ve iklim değişikliği hakkında uzmanlar yeterli bilgi ve algıya sahiptirler.	13,610	4	0,009
Artan nüfus ve sanayileşmenin küresel ısınma ve iklim değişikliğine etkileri çok büyüktür.	10,377	4	0,035
Küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemeye yönelik üzerime düşen görevleri bilmekteyim.	13,297	4	0,010
Yeryüzünde küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkilerini artık bariz bir şekilde hissetmekteyiz.	10,901	4	0,028

#### 4. Tartışma ve sonuç

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, üniversite öğrencilerinin küresel ısınma ve iklim değişikliği konusundaki bilgi düzeyleri ve algılarında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır.

İklim değişikliğinin nedenleri, etkileri ve mücadele yolları konusunda öğrencilerin bilgi düzeyleri büyük oranda orta düzeydedir. Özellikle iklim değişikliği ile mücadele yolları konusunda bilgi düzeyini yetersiz bulan öğrencilerin oranı, iklim değişikliğinin nedenleri ve etkileri konularına göre görece olarak daha yüksektir. Alkan ve Özçelik (2019), Ochieng ve Koske (2013), Semenza vd. (2008), Michail vd. (2007) ve Papadimitriou (2004) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer olarak iklim değişikliğine yönelik bilgi düzeyinin istenilen seviyede olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Öğrencilerin iklim değişikliğini en yaygın olarak “mevsimlerin değişmesi” olarak algıladıkları görülmektedir. Son yıllarda küresel ısınma ve iklim değişikliği neredeyse her yaşta insan tarafından hissedilir hale gelmiştir. Örneğin daha önceleri ilkbaharda nisan ayı içerisinde meydana gelen ve aşırı gök gürültülü ve sağanaklar şeklindeki kırkikinci yağmurlarının, günümüzde neredeyse yaz mevsiminde haziran ayına kadar olan zamanda görülmesi, kar örtüsünün olması gerekenden daha erken kalkması gibi durumlar mevsimlerde kaymalarını olduğunu bariz olarak insanlara hissettirmektedir (Şen vd., 2013). Ayrıca yaz mevsimi son dönemlerde çok daha kurak ve sıcak, kış mevsimi ise beklenenden daha ılıman ve az yağışlı geçmektedir. Dolayısıyla bu ve benzeri değişimler, iklim değişikliğinin öğrencilerin algısında “mevsimlerin değişmesi” olarak bir yer tutmasına neden olmaktadır. Bunu doğal dengenin bozulması ve küresel ısınma izlemektedir. Steentjes vd. (2017) tarafından Fransa, Almanya, Norveç ve İngiltere’de iklim değişikliği algılarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmada da küresel ısınma ve mevsimlerin değişmesi iklim değişikliği ile ilgili ilk akla gelenlerdir. Şen ve Özer (2018) ve Korkmaz (2018)’de de benzer bulgulara ulaşılmıştır. Bu konuda yapılan benzer bir çalışmada sınıf öğretmeni adayları tarafından “küresel ısınma nedir?” sorusuna alınan yanıtlardan birisi de “doğal (ekolojik) dengenin bozulmasıdır” olmuştur (Demirkaya 2008). Bunun yanında iklim değişikliğinin itici güçlerinden birisi olan çevre kirliliği daha gerilerde yer almaktadır. Görüldüğü üzere bu durum iklim değişikliği konularına yönelik tutumları değiştirmede duygusal ve deneyime dayalı öğrenmenin, entelektüel temelli öğrenmeye göre daha etkili olduğu fikrini desteklemektedir (Lujala vd., 2015). Bu bağlamda duygusal ve deneyime dayalı öğrenme yöntemlerinin geliştirilmesi ve öğrencilerin günlük yaşamlarında küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda daha fazla aktif olmalarını sağlayacak düzenlemelerin yapılması önem arz etmektedir.

Öğrencilere göre iklim değişikliğinin en önemli nedenleri hava kirliliği ve ormansızlaşmadır. İklim değişikliği ile mücadeledeki etkisi dikkate alındığında orman kaynaklarının korunması önem arz etmektedir (Eker ve Çoban, 2019). “Ormanların küresel ısınma ve iklim değişikliğini önleme konusunda rolü büyüktür” ifadesine katılım oranının yüksekliği, öğrencilerin ormanların korunması gerektiğinin farkında olduklarının bir göstergesidir. Tetik ve Acun (2015) tarafından yapılan

çalışmada da benzer bulgulara ulaşılmıştır. İklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamanın en önemli yollarından birisi doğal ekosistemlerin korunmasıdır. İklim değişikliğinden en fazla etkilenen olan doğal kaynaklardan birisi, orman ekosistemleridir (Detten ve Faber, 2013). Örneğin Withana ve Auch (2014) tarafından yapılan çalışmada iklim değişikliği sonucu orman yangınlarının artacağı konusunda algılar belirlenmiştir. Şen ve Özer (2018) tarafından yapılan çalışmaya göre ise iklim değişikliğinin en önemli nedenleri; fosil yakıt tüketiminin artışı, hava kirliliği ve ozon tabakasının delinmesidir.

Öğrencilerin sosyo-ekonomik özelliklerine göre yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda cinsiyet, medeni durum, aile gelirleri, ebeveynlerin eğitim ve meslekleri ve yaşadıkları yerlere göre anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular özellikle kız öğrencilerin küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda erkek öğrencilere kıyasla daha bilinçli bir algıya sahip olduklarını ortaya koymaktadır. Üniversite öğrencilerinin küresel ısınma ve iklim değişikliği başta olmak üzere çevresel konulara duyarlılıklarının tespit edilmesine yönelik olarak yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Iozzi, 1989; Özmen vd., 2005; Şenyurt vd., 2011; Tetik ve Acun, 2015).

Diğer yandan küresel ısınma ve iklim değişikliği konusundaki sorumlu ülkeler, geç kalınmışlık ve sorumluların bilinmesi gibi konularda evli öğrencilerin bekâr öğrencilere oranla katılım düzeyi daha yüksek bulunmuştur. Bu konuda özellikle evli öğrencilerin yaş ortalamaları itibarıyla sahip oldukları yaşam tecrübesinin ve gelecekte çocuklarının nasıl bir dünyada yaşamlarını sürdürecekleri konusundaki endişelerin bilgi ve algı düzeylerini etkilediğini düşünmek yanlış olmayacaktır. Bunların haricinde yine sosyo-ekonomik özellikler kapsamında genel olarak aile gelir ve eğitim düzeyleri yüksek olan öğrencilerin, küresel ısınma ve iklim değişikliği ile ilgili bilgi düzeyleri ve algıları daha yüksektir.

Özellikle yaşanan bazı felaketlerin küresel ısınma ve iklim değişikliği için kanıt olma ve artan nüfus ve sanayileşmenin bu durumu etkilemesi noktasında kırsal kesimden gelen öğrencilerin daha bilgili oldukları belirlenmiştir. Bu aşamada özellikle aileleri kırsal yörelerde yaşayan öğrencilerin, yaşanan olumsuzluklardan maddi ve manevi etkilenme riskinin daha yüksek olması, kendilerinde bu bilincin artmasına neden olan temel etken olduğu düşünülmektedir.

Çalışma sonuçlarından hareketle, öğrencilerin iklim değişikliğine yönelik bilgi ve algı düzeylerinin geliştirilmesine yönelik olarak yükseköğretimde çevre eğitimi ile ilgili hedefler belirlenmesi ve bu konuda altyapı oluşturulması önerilmektedir. Bu bağlamda müfredata iklim değişikliğini içeren, güncel çevre sorunlarını ele alan ve uygulamalarla desteklenen derslerin konulması, çevre/doğa eğitim projeleri (Oğurlu vd., 2010; Alkan ve Oğurlu, 2014; Korkmaz vd., 2018) ile bu derslerin desteklenmesi önem arz etmektedir. Çevre okuryazarlık düzeylerinin artışı ile bilgi ve farkındalık düzeyinin aynı yönde değişeceğinden (Fettahlıoğlu, 2018) hareketle, bu çalışmalar kapsamında çevre ve iklim okuryazarlık düzeyinin artırılması da hedeflenmelidir.

Bu çalışmanın bulguları; iklim değişikliği politika ve eylemlerinin geliştirilmesi ve iklim değişikliğine uyum ve etkilerin azaltılması girişimleri için destek üretmede katkı

sağlayacak niteliktedir. İklim değişikliğinin etkilerine karşı toplumun farkındalığı ne kadar gelişirse, risklerin bertaraf edilmesi o kadar kolaylaşacak, üstelik uyum sağlamanın faydaları da ortaya çıkabilecektir.

#### Açıklama

Bu makalede, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanan “Üniversite Öğrencilerinin Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Üzerine Bilgi Düzeyi ve Algıları” isimli yüksek lisans tezinin verileri kullanılmıştır.

#### Kaynaklar

- Aladağ, C., Kaya, B., Tapur, T. 2018. Üniversite öğrencilerinin Küresel Isınmada İnsanın Rolü Hakkındaki Algıları. Human Society and Education in the Changing World (Ed., Yılmaz, E., Sulak, S.A.), Palet Yayınları, 209-217.
- Albayrak, A.N., Atasayan, Ö., 2017. Yerel düzeyde iklim değişikliği farkındalığı analizi / Gebze örneği. TUBAV Bilim, 10(4): 1-10.
- Alkan, H., Oğurlu, İ., 2014. Changes in the environmental perception attitude and behaviour of participants at the end of nature training projects. Environmental Engineering and Management Journal, 13: 419-428.
- Alkan, H., Özçelik, R., 2019. A research on awareness of climate change and environmental issues. International Conference on Climate Change and Forestry, 12-15 November, Antalya, Turkey, pp. 88-97.
- Atik, A., Doğan, Y. 2019. Lise öğrencilerinin küresel iklim değişikliği hakkındaki görüşleri. Academy Journal of Educational Sciences, 3: 84-100.
- Baş, T., 2010. Anket. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Çoban H. O., Eker, M., 2019. Global maps of forest cover change: application in forests of Turkey between 2000-2018. International Conference on Climate Change and Forestry, 12-15 November, Antalya, Turkey, pp. 281-289.
- ÇŞB, 2011. Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, BSM Matbaacılık, Ankara.
- ÇŞB, 2012. İklim Değişikliğinin Farkında mıyız?, Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Demirkaya, H., 2008. Sınıf öğretmeni adaylarının küresel ısınma kavramı algılamaları ve öğrenme stilleri: Fenomenografik bir analiz. Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi, 8(1): 33-58.
- Detten, V.D., Faber, F., 2013. Organizational decision-making by German state-owned forest companies concerning climate change adaptation measures. Forest Policy and Economics, 35: 57-65.
- Dubash, N.K., Hagemann, M., Höhne, N., Upadhyaya, P., 2013. Development in national climate change mitigation legislation and strategy. Climate Policy, 13(6):649-664.
- E.C., 2009. European Commission, white paper adapting to climate change: towards a european framework for action, <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/white-paper-adapting-to-climate>, Erişim: 23.08.2020.
- Eker, M., Çoban, H. O. 2019. The relationship between forest operations and climate change. International Conference on Climate Change and Forestry, 12-15 November, Antalya, Turkey, pp. 260-267.
- Fettahioğlu, P., 2018. Algılanan çevresel sorunların çevre okuryazarlık düzeyine göre analizi. Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 14(1): 404-425.
- Frondele, M., Simora, M., Sommer, S., 2017. Risk perception of climate change: Empirical evidence for Germany. Ecological Economics, 137: 173-183.
- Gökçe, N., Kaya, E., 2009. Coğrafya dersi öğretim programında küresel iklim değişikliği. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 22: 157-168.
- Iozzi L.A., 1989. What research says to the educator part one: Environmental education and the affective domain. The Journal of Environmental Education, 20(3): 3-9.
- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, And Vulnerability. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>, Erişim: 20.08.2020.
- IPCC, 2013. Climate Change: The Physical Science Basis, Frequently Asked Questions, <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>, Erişim: 15.07.2020.
- IPCC, 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html), Erişim: 25.08.2020.
- IPCC, 1995. Second Assessment: Climate Change 1995. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, <https://archive.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf>, Erişim: 21.08.2020.
- IPCC, 1990. First Assessment Report (FAR), UNEP-WMO, [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc\\_far\\_wg\\_I\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc_far_wg_I_full_report.pdf), Erişim: 18.08.2020.
- Kılıç, S., 2016. Cronbach'ın alfa güvenirlik katsayısı. Journal of Mood Disorders (JMOOD), 6(1): 47-48.
- Korkmaz M., 2018. Public awareness and perceptions of climate change: Differences in concern about climate change in the West Mediterranean Region of Turkey. Applied Ecology and Environmental Research, 16(4): 4039-4050.
- Korkmaz, M., Fakir, H., Alkan, H., 2018. Effects of nature training projects on environmental perception and attitudes. Applied Ecology And Environmental Research, 16: 359-369.
- Lejano, R.P., Taveres-Reager, J., Berkes, F., 2013. Climate and narrative: Environmental knowledge in everyday life. Environmental Science and Policy, 31(1): 61-70.
- Lujala, P., Lein, H., Rød, J.K., 2015. Climate change, natural hazards, and risk perception: The role of proximity and personal experience. Local Environment, 20(4): 489-509.
- MEU, 2010. Republic of Turkey Climate Change Strategy 2010-2023. Ministry of Environment and Urbanization. [https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/iklim\\_degisikligi\\_stratejisi\\_EN.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/iklim_degisikligi_stratejisi_EN.pdf), Erişim: 15.07.2020.
- Michail, S., Atamou, A.G., Stamou, G.P., 2007. Greek primary school teachers' understanding of current environmental issues: An exploration of their environmental knowledge and images of nature. Science Education, 91(2): 244-259.
- Oğurlu, İ., Alkan, H., Gündoğdu, E. 2010. Isparta korunan doğal alanlarında doğa eğitimi projesi-I: Katılımcıların algı ve beklentileri, II. Ulusal Ormanlık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, s. 144-152.
- Ochieng, M.A., Koske, J., 2013. The level of climate change awareness and perception among primary school teachers in Kisumu Municipality, Kenya. International Journal of Humanities and Social Science, 3(21): 174-179.
- Özmen, D., Çetinkaya, A., Nehir, S., 2005. Üniversite öğrencilerinin çevre sorunlarına yönelik tutumları. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 4: 330-344.
- Papadimitriou, V., 2004. Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. Journal of Science Education and Technology, 13(2): 299-307.
- Randall, R., 2009. Loss and climate change: The cost of parallel narratives. Ecopsychology, 1(3): 118-129.
- Rankoana, S.A., 2016. Perceptions of climate change and the potential for adaptation in a rural community in Limpopo Province, South Africa. Sustainability, 8(672): 1-10.
- SDÜ, 2017. Süleyman Demirel Üniversitesi Performans Programı, <https://sgdb.sdu.edu.tr/assets/uploads/sites/95/files/performans-programi-2017-20092017.pdf>, Erişim: 15.11.2020.

- Semenza, J.C., Hall, D.E., Wilson, D.J., Bontempo, B.D., Sailor, D.J., George, L.A., 2008. Public perception of climate change: Voluntary mitigation and barriers to behavior change. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5): 479-487.
- Steenjtes, K., Pidgeon, N., Poortinga, W., Corner, A., Arnold, A., Böhm, G., Mays, C., Poumadère, M., Ruddat, M., Scheer, D., Sonnberger, M., Tvinnereim, E., 2017. European Perceptions of Climate Change (EPCC): Topline Findings of a Survey Conducted in Four European Countries in 2016. Cardiff University, Cardiff.
- Şen, G., Özer, Y.E., 2018. Üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği ve çevre sorunları konusundaki farkındalıklarının değerlendirilmesi: Dokuz Eylül Üniversitesi Kamu Yönetimi Örneği. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2): 667-688.
- Şen, Ö.L., Bozkurt, D., Göktürk, O.M., Dündar, B., Altürk, B., 2013. Türkiye'de iklim değişikliği ve olası etkileri. 3. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 29-30 Nisan, İstanbul, s. 9.
- Şenyurt, A., Temel, A.B., Özkahraman, Ş., 2011. Üniversite öğrencilerinin çevresel konulara duyarlılıklarının incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(1): 8-15.
- Tetik, N., Acun, A., 2015. Turizm öğrencilerinin küresel ısınma ve iklim değişikliği algısı ve görüşleri. *Journal of International Social Research*, 8(41): 1459-1476.
- W.B., 2008. World Bank, The Global Monitoring Report 2008, Washington. <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/978-0-8213-7384-2>, Erişim: 23.07.2020.
- Westerhoff, L., Robinson, J., 2013. Practicing narratives: Exploring the meaning and materiality of climate change. *Transformation in a Changing Climate International Conference*, 19-21 June, Oslo, pp. 202-211.
- Withana, N.R.P., Auch, E. 2014. Perceptions of climate change risk to forest ecosystems: A case study of patale community forestry user group, Nepal. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*, 8(8): 599-606.
- Yılmaz, A., Morgil, F.İ., Aktuğ, P., Göbekli, İ., 2002. Ortaöğretim ve üniversite öğrencilerinin çevre, çevre kavramları ve sorunları konusundaki bilgileri ve öneriler. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22: 156-162.

## Ahşap malzemede renk açma ve vernikleme işleminin alev kaynaklı yanma ışık yoğunluğuna etkisi

Ahmet Cihangir Yalınkılıç<sup>a,\*</sup> 

**Özet:** Bu çalışma, ahşap malzemede renk açma ve vernikleme işleminin alev kaynaklı yanmada ışık yoğunluğuna etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla, Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve Sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) odunlarından ASTM D 358 esaslarına uyularak hazırlanan örnekler sodyum hidroksit (NaOH), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), kalsiyum hidroksit ( $Ca(OH)_2$ ), sodyum silikat ( $NaSiO_3$ ), asetik asit ( $CH_3COOH$ ), sodyum disülfid ( $Na_2S_2O_5$ ), oksalik asit ( $C_2H_2O_4$ ) ve potasyum permanganat ( $KMnO_4$ )'ın % 18'lik çözeltisi ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra, ASTM D3023 esaslarına göre su bazlı (Sb), sentetik (Sn), poliüretan (Pü) ve akrilik (Av) vernikler uygulanmış ve ışık yoğunluğu ASTM E 160–50 esaslarına göre belirlenmiştir. Sonuç olarak, ışık yoğunluğu; ahşap türü, renk açma çözeltisi ve vernik çeşidi etkileşimine göre en fazla  $KMnO_4+Na_2S_2O_5+H_2O_2$  (R<sub>5</sub>) ile rengi açılmış sentetik vernikli kayında görülürken, en az  $Na_2S_2O_5+C_2H_2O_4$  (R<sub>4</sub>) ile rengi açılmış akrilik vernikli sarıçamda elde edilmiştir. Buna göre ışık yoğunluğu en az olan örnekler, yangında dumandan boğulma riskini arttırabileceklerinden uygulama alanlarında bu durumun dikkate alınması önerilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Işık yoğunluğu, Renk açma, Vernikleme, Ahşap malzeme

## Effect of the bleaching and varnishing process on the flame source combustion light intensity of wood material

**Abstract:** This study was carried out to determine the impact of bleaching and varnishing on the flame source combustion light intensity of wood material. For this purpose, specimens prepared according to ASTM D 358 from European Oak, Oriental beech and Scotch pine wood are bleached with a solution of 18% sodium hydroxide (NaOH), hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ), calcium hydroxide ( $Ca(OH)_2$ ), sodium silicate ( $NaSiO_3$ ), acetic acid ( $CH_3COOH$ ), sodium disulfide ( $Na_2S_2O_5$ ), oxalic acid ( $C_2H_2O_4$ ) and potassium permanganate ( $KMnO_4$ ). The bleached specimens are varnished with synthetic (Sn) water-based (Sb), polyurethane (Pü) and acrylic (Av) in accordance with ASTM D 3023. The light intensity were determined in accordance with ASTM E 160–50. Consequently; According to the interaction wood species, bleaching solution and varnish types, the most light intensity; synthetic varnished oriental beech bleached with  $KMnO_4+Na_2S_2O_5+H_2O_2$  (R<sub>5</sub>), the least light intensity; acrylic varnished scotch pine, bleached with  $Na_2S_2O_5+C_2H_2O_4$  (R<sub>4</sub>), were obtained. Accordingly, it can be suggested to consider this situation in application areas since the samples with the least light intensity can increase the risk of smoke drowning in fire.

**Keywords:** Light intensity, Bleaching, Varnishing, Wood material

### 1. Giriş

Ahşap malzeme; higroskopik, heterojen ve anizotropik yapıda olması dolayısıyla diğer endüstriyel malzemelere göre üstün özelliklere sahiptir. Ahşabın bu üstün teknolojik özellikleri geniş kullanım alanına sahip olmasını sağlamaktadır. Tüketim miktarının artması ve orman alanlarının gitgide azalması üretilen ahşap malzemenin uzun süre kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bitkisel (mantar) ve hayvansal (böcek, kurt, termit vb.) zararlılar ile ateşe ve boyut değiştirmelerine karşı odunu korumak için içyapı boşluklarına kimyasal madde yerleştirilerek ahşap malzemenin ömrünün uzatılması işleminin yapılması zorunlu hale gelmiştir. Ahşap malzemeyi biyotik ve abiyotik etkilere karşı korumak için, kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemlerinin uygulanması gerekmektedir (Örs ve Keskin, 2008; Highley ve Kicler, 1990). Ahşap malzeme yüzeylerini harici etkilere

korumak ve doğal görüntüsünü belirgin hale getirmek amacıyla en fazla kullanılan koruyucu örtü gereçleri verniklerdir (Sönmez, 1989).

Ağaç türlerinin içerisindeki uçucu maddelerden dolayı odunun kendine has bir kokusu ve tadı, yoğunluk farklılığı nedeni ile ışınların farklı yansımaları ile farklı rengi ve parlaklığı, lif yapısı vb. gibi fiziksel (estetik) farklı karakteristیک özellikleri vardır. Ahşap malzemede renk bozulmaları canlı odunda yaralanma, ölü budak oluşumu, mikroorganizma ve mantar hastalıkları vb. biyotik sebepler yanında odundaki bazı kimyasal maddelerin oksidasyonu ve tanenli odunların metallerle teması ile oluşan renklenmeler ile meydana gelmektedir (Banks ve Miller, 1982).

Ağaç işlerinde renk, ölçü, biçim, form, fonksiyon vb. kadar önemlidir. Doğal halde iken ağaç malzemenin rengi çoğu zaman bu tür ihtiyaçlara cevap vermeyebilir. Üst yüzey işlemleri yapmadan önce ahşap yüzeylerinde renk açma işlemi ile istenen renk uyumu sağlanabilir. Renk açma

✉ <sup>a</sup> Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Kütahya

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): acihangir.yalinkilic@dpu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 25.07.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.11.2020



**Citation** (Atıf): Yalınkılıç, A.C., 2020. Ahşap malzemede renk açma ve vernikleme işleminin alev kaynaklı yanma ışık yoğunluğuna etkisi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 438-444. DOI: [10.18182/tjf.773748](https://doi.org/10.18182/tjf.773748)



işlemi ve emprenye etme ahşap malzemenin yapısına, sertlik, parlaklık ve renk özelliklerine tesir etmektedir. Renk açma, kimyasal bir çözelti ile ahşap malzeme yüzeyi renginin daha açık hale getirilmesidir. Mobilya endüstrisinde meşe ve kestane gibi bazı ağaç odunlarına üst yüzey işlemleri ile birlikte renk açma işlemi uygulanmaktadır (Edwin ve Carter, 1983).

Yangın riskinin gerçekleşmesi durumunda, yapıda bulunan maddelerin miktarına, türüne ve yapının havalandırma koşullarına bağlı olarak bir duman tabakası oluşur ve bir dakika içerisinde ortamda oluşan duman tabakası önemli boyutlara ulaşır. Dakikalar ilerledikçe duman tabakası yapının yarısını kaplar ve yangın yönündeki hava akışına karşıdır. Bu noktaya gelindiğinde ise kaçış koşulları ve yangını söndürme çalışmaları oldukça güçleşir. Oluşan bu duman tabakası, görüş alanını kısıtlamasının yanı sıra zehirlenmelere de neden olabilmektedir. Gerçekte yangınlarda ortaya çıkan kan kayıplarının %75'i dumandan zehirlenmeler ve boğulmalar sonucunda olmaktadır. Bu göz önüne alındığında yapılarda duman kontrolünün sağlanması, öncelikle can kayıplarının önüne geçilmesi için zorunludur (Kars, 1999).

Emprenye kimyasallarının, bor bileşikleri (Borax (Bx)), emprenye edilmiş Doğu kayını+Karakavak ve Avrupa meşesi+Karakavak ahşap malzemelerinin kombinasyonu ile elde edilen LVL'nin alev kaynağı yanma ışık yoğunluğu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Işık yoğunluğunun Ba'da %3.5, Ba+Bx'da % 7.9, Ia'da %1.3, Ta'da %9 ve Bx'da %1 azaldığını belirtmiştir. Sonuç olarak, alev kaynağı yanma ışık yoğunluğu üzerinde, emprenye kimyasallarının birinci derece, ahşap malzemenin ise ikinci derece etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, borik asitin, alev kaynağı yanma LVL'nin ışık yoğunluğu üzerinde etkili olduğunu, yangın riski olan yerler için, borik asit ile emprenye edilmiş LVL kullanımının avantajlı olacağını belirtmiştir (Keskin, 2009).

Sapsız meşe (*Quercus sessiliflora* Salisb.)' de Oksalik asit (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), Sodyum hidroksit (NaOH), Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Amonyak (NH<sub>3</sub>) ve Hidroklorik asit (HCl) ile renk açma işleminin CO<sub>2</sub> miktarı (ppm), yanma çeşidi bakımından en yüksek kendi kendine yanmada (6.5), en düşük alev kaynaklı yanmada (5.1) bulunmuştur (Özçifçi, 2001).

Tanalith-E ve Wolmanit-CB ile emprenye edilmiş kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunlarına subazlı ve sentetik vernik uygulandıktan sonra bir yıl dış hava şartlarında bekletmişlerdir. Deney örneklerin yanma özelliklerinde CO<sub>2</sub> miktarı (ppm) yanma çeşidi bakımından en yüksek kendi kendine yanmada (19.18), en düşük kor hali yanmada (10.89), vernik çeşidi bakımından en yüksek sentetik vernikte kendi kendine yanmada (19.82) en düşük su bazlı vernikte alev kaynaklı yanmada (8.66) bulunduğu bildirilmiştir (Fidan vd., 2016).

Çeşitli kimyasal maddelerle rengi açılan Doğu kayını odununun alev kaynaklı yanma özelliğini belirlemişlerdir. Oksalik asit (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), Sodyum hidroksit (NaOH), Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Amonyak (NH<sub>3</sub>), Hidroklorik asit (HCl) ile rengi açılan Doğu kayını yanma özelliğinde en fazla CO<sub>2</sub> değişiminin (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)'de elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, CO<sub>2</sub> değişimi bakımından renk açma maddesi çeşidinin etkili olduğu ifade edilmiştir (Uysal ve Özçifçi, 2000).

Tanalith-E ve Wolmanit-CB ile emprenye edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus*

*petraea* Liebl.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunları sentetik ve su bazlı vernik ile kaplandıktan sonra yanma testlerine tabi tutulmuştur. Örneklerin yanma özelliklerinde CO<sub>2</sub> miktarı (ppm) yanma çeşidi bakımından en yüksek kendi kendine yanmada (16.4), en düşük kendi kendine yanmada (1.4), sentetik vernikte en yüksek kendi kendine yanmada (17.5) en düşük su bazlı vernikte alev kaynaklı yanmada (5.4) bulunduğu bildirilmiştir (Yaşar ve Atar, 2017).

Bu çalışmada, renk açıcı kimyasallarla rengi açılmış ve vernikler ile kaplanmış ahşap malzemenin yanma özelliklerinin alev kaynaklı yanma esnasında ışık yoğunluğuna etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ülkemizde ağaçişleri endüstrisinde yaygın kullanılan ahşap türleri, vernikler ve renk açma kimyasallarının yanma özelliklerinin incelenmesi, imalatçıların ve tasarımcıların ürün seçiminde doğru kararlar alması ve ne tür kullanım yerinde hangi ürünleri kullanmalarının yanmada boğulma riskini engellemek ya da en aza indirmek amacıyla ile doğru olacağı konusunda bilinçlendirilmeleri araştırmamızın özgün değerini oluşturmaktadır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Ağaçişleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) odunları deney materyali olarak seçilmiştir. Deney örneği olarak kullanılan ahşap malzemelerin, düzgün lifli, ardaksız, budaksız, mikroorganizma, mantar ve böcek zararlarına maruz kalmamış olmasına dikkat edilerek, Ankara-Siteler bölgesindeki kereste işletmelerinden tesadüfi metotla temin edilmiştir.

#### 2.1.1. Vernikler

Deney örneklerinin verniklenmesinde tek bileşenli su bazlı, sentetik, akrilik ve poliüretan vernik kullanılmıştır (Bankowsky ve Eichletoer, 1993).

*Subazlı vernik*; renksiz, kokusuz ve ağaç malzemenin doğal rengini değiştirmeyen özelliكتedir. Kuruması kimyasal olup, dönüşümsüz katmanlar verir. Birden fazla kat aynı günde uygulanabilir. Temizlik maddeleri, yağlar, hardal, şarap ve sirkeye karşı dayanıklıdır. Su bazlı vernik uygulanacak yüzeyler zımparalanarak toz, kir, yağ vb. arındırılmalı ve yüzeyler kuru olmalıdır.

*Sentetik vernik*; oluşumunu tamamlamış ve polimerleşmesi yarım bırakılmış olarak iki tipte üretilmektedir. Oluşumunu tamamlamış sentetik reçineler nitroselüloza benzer ve fiziksel kuruma yaparlar. Polimerleşmesi yarım bırakılmış sentetik reçinelerde yağlı bir alkid kullanılmaktadır. Strenal alkid ve üretan alkid bu amaçla kullanılır. Bunlarda, polimerizasyona ya da oksidasyona dayalı bir kuruma şekli görülür ve dönüşümsüzdür. Sentetik vernikte çözücü olarak terebentin kullanılmaktadır. Kurumayı hızlandırmak için oksijen verme yeteneğindeki metal sabunları, katalizör olarak kullanılır (Sönmez, 1989).

*Akrilik vernik*; Akrilik reçineden üretilen çift komponentli bir verniktir. Ağaçişlerinde her çeşit masif ve kaplama ile özellikle renk değişikliği ve sararmasının

istenmediği kaplamalarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ayrıca yaşlanma sonucu bozulmaya dayanıklı, su beyazı orijinal rengi, yüksek sıcaklığa dayanıklı, elektrik akımına karşı dirençli olup, pigment ilavesi yapıldığında dayanıklı ve esnek filmler verir (Budakçı, 2003).

**Poliüretan vernik;** İki komponentli vernik olup kimyasal tepkimeli vernik gruplarından. Eritici inceltici sıvı buharlaşırken, elemanları kimyasal tepkimeye girer. Bunlar alkollenmiş kuruyan yağlar, polieterler ve poliester ile kastor yağı türevleri gibi bünyesinde (OH) bulunduran bileşenlerin izosiyanatlarla reaksiyonu sonucu meydana gelen ve yapısında N-C-O bulunduran bileşiklerdir (Sönmez, 1989).

### 2.1.2. Renk açma kimyasalları

Renk açma işleminde kullanılan kimyasalların teknik özellikleri aşağıda verilmiştir (Atar vd., 2010).

**Sodyum hidroksit (NaOH);** Beyaz kristal halde olup, çözeltisi kuvvetli reaksiyon gösterir. 18°C sıcaklıkta, %52 oranında çözünür ve bu esnada ısı verir. Çözünme ısısı 9.9 kcal/mol, erime noktası 322 °C, yoğunluğu 1.2 g/cm<sup>3</sup>, normal çözeltinin pH derecesi 14' tür. Higroskopik bir madde olup, su ve alkolde kolayca çözünür.

**Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>);** Perhidrol olarak bilinen çözelti, renksizdir. Molekül ağırlığı, 34g/mol, erime noktası -26 °C, kaynama noktası 107 °C, bir litredeki ağırlığı ise, 1.12 kg'dır.

**Sodyum silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>);** Genellikle alkasil olarak bilinen bu çözelti, suda çözünür ve ince toz haline getirilmiş kuvarsın soda ile birlikte eritilmesiyle elde edilir. Molekül ağırlığı, 22.9 g/mol, erime noktası 1088°C' dir.

**Kalsiyum hidroksit (Ca(OH)<sub>2</sub>);** Sönmüş kireç olarak bilinen kalsiyum hidroksit, ince beyaz bir tozdur. Molekül ağırlığı, 74 g/mol, 20°C'de 1 litre suda 1.7g çözünebilmektedir.

**Asetik asit (CH<sub>3</sub>COOH);** Piyasada etenoik asit olarak bilinir ve beyaz, renksiz sıvı halinde satılır. Molekül ağırlığı, 60 g/mol, ergime noktası 16.5°C, yoğunluğu ise, 1.04 g/mol olup renk açma işleminde hem renk açıcı hem de nötrleştirme gereci olarak kullanılır.

**Sodyum disülfid (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>);** Higroskopik bir madde olup beyaz renkli toz halinde piyasada bulmak mümkündür. Yoğunluğu 1.5g/cm<sup>3</sup>, % 40'lık Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> çözeltisi hafif asidik reaksiyon gösterir. Molekül ağırlığı 190 g/mol, erime noktası 170°C olup 20°C sıcaklıkta 54 g/100ml çözünür.

**Oksalik asit (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>);** Renksiz prizmalar halinde olup, 100g suda 20°C de 10g çözünür. Sudaki çözeltisinin reaksiyonu kuvvetli asittir. Molekül ağırlığı 126.07 g/mol, erime noktası 101°C, kaynama noktası 150°C, yoğunluğu 1.653 gr/mol olup, orta derecede kuvvetli asit özelliğindedir.

**Potasyum permanganat (KMnO<sub>4</sub>);** Piyasada katı ve sıvı halde bulunur, oksitlenebilir özelliği yanında zehirli olup ucuz ve kolay temin edilebilmektedir. Molekül ağırlığı 158 g/mol, erime noktası 50°C olup, 20°C sıcaklıkta bir litre suda 65g çözünür.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Denemelerde kullanılan ahşap malzemeler TS 2471 standardı esaslarına göre tamamen tesadüfi metotla birinci sınıf ahşap malzemeden düzgün lifli, budaksız, çatlaksız,

reaksiyon odunu bulunmayan, yoğunluk farkı olmayan, mantar ve böcek zararlılarına uğramamış olmalarına özen gösterilmiş ve yıllık halkalar yüzeye dik gelecek şekilde ve diri odun kısımlarından hazırlanmıştır. Deney örnekleri 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında %12 rutubete ulaşıncaya kadar bekletilmiştir (TS 2471, 1976). Hava kurusu rutubetteki örnekler ASTM E 160-50 esaslarına göre 1.3x1.3x7.6cm ölçülerinde yanma deney örnekleri hazırlanmıştır (ASTM E 160-50, 1975). Denemelerde, 3 ahşap türü, 4 vernik çeşidi + 1 kontrol, 5 renk açma çözeltisi + 1 kontrol, 3 grup ve her grupta 24 adet olmak üzere (3x5x6x3x24) toplam 6480 adet deney numunesi kullanılmıştır.

### 2.2.2. Renk açma işlemi

Renk açma işlemi için hazırlanan deney numuneleri % 18'lik NaOH+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaOH+Ca(OH)<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, NaSiO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, KMnO<sub>4</sub>+Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> çözelti grupları ile renk açma işlemine tabi tutulmuştur. Renk açıcı olarak, yedi ayrı kimyasal madde ile 5 çözelti grubu oluşturulmuştur (Çizelge 1).

Renk açmada kullanılacak kimyasal maddeler, özelliklerine göre, ağırlıkça (Mg) ya da hacimce (V<sub>ml</sub>) %18' lik hazırlanmıştır. Bu maksatla, (1) ve (2) numaralı eşitlikler kullanılmıştır (Atar vd., 2010).

Katı halde olanlar için (1);

$$M_g = \frac{M_s \cdot \%M / M}{\%S}$$

$M_g$  = İstenen çözelti miktarı (g),

$M_s$  = Hazırlanması istenen çözelti miktarı (g)

$\%M / M$  = İstenen çözeltinin ağırlıkça yüzdesi,

$\%S$  = Kimyasal maddenin safsızlık oranı (%)

Sıvı halde olanlar için (2);

$$V_{ml} = \frac{V_s \cdot \%V / V}{\%S \cdot d}$$

$V_{ml}$  = İstenen çözelti miktarı (ml),

$V_s$  = Hazırlanması istenen çözelti miktarı (ml)

$\%V / V$  = İstenen çözeltinin hacimce yüzdesi,

$d$  = Çözeltinin yoğunluğu (g/cm<sup>3</sup>)

Renk açma çözeltileri, deney örnekleri yüzeylerine sünger ile ilk önce liflere paralel daha sonra liflere dik ve tekrar liflere paralel yönde olarak tatbik edilmiştir. Çözeltiyi oluşturan maddeler ayrı ayrı sürülmüş, ilk sürülen maddenin etkisinin artması için yaklaşık 2 dakika bekledikten sonra ikinci çözelti uygulanmıştır. Deneylerde kullanılan 7 renk açıcı kimyasalın pH değerleri pH kâğıdı ile ölçülerek Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Renk açmada kullanılan çözelti grupları

Kimyasal maddeler	Nötrleştirme maddeleri
NaOH+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>1</sub> )	
NaOH+Ca(OH) <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>2</sub> )	Destile Su
NaSiO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>3</sub> )	Asetik Asit (CH <sub>3</sub> COOH)
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (R <sub>4</sub> )	
KMnO <sub>4</sub> +Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>5</sub> )	

Çizelge 2. Renk açıcı kimyasalların pH değerleri

Renk Açıcı Kimyasal	pH (25 °C)
NaOH	14
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5
Ca(OH) <sub>2</sub>	10
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	2
NaSiO <sub>3</sub>	12
KMnO <sub>4</sub>	12

Renk açma işlemi tamamlandıktan sonra etki derinliğini arttırmak için oda sıcaklığında 2 gün bekletildikten sonra asetik asit ve bol su ile nötrleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işleminden sonra, örneklerinin hava kurusu (%12) rutubete ulaşması sağlanmıştır. Vernikleme işleminden önce yüzeyler hafifçe zımparalanmıştır.

### 2.2.3. Vernikleme işlemi

Deney numunelerine renk açma işlemi uygulandıktan sonra üst yüzey işlemlerine hazır hale getirilebilmesi için iklimlendirme dolabında 20±2 °C sıcaklık ve % 65±3 bağıl nem şartlarında ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Numunelerin verniklenmesi ASTM D 3023 standardı esaslarına göre yapılmıştır (ASTM D 3023, 1998). Su bazlı vernik uygulaması, %10 su karıştırılarak yüksek basınçlı tabanca ile 3 kat olarak uygulanıp %10 rutubet için 20±2°C sıcaklık %65±3 bağıl nem şartlarında 3 hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Sentetik vernik uygulaması, deney örneklerine fırça ile 3 kat olarak uygulanmıştır. Örnekler, vernik sürme işleminden sonra 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında kurumaya bırakılmıştır. Örnek yüzeylerine akrilik ve poliüretan vernik uygulaması fırça ile 3 kat uygulanmıştır.

### 2.2.4. Alev kaynaklı yanma deneyi

Renk açma işlemi yapılmış ve yapılmamış vernikli ve verniksiz ahşap malzemede yanma özelliklerinde ASTM E 160-50 esaslarına uyularak Şekil 1' de gösterilen yanma test cihazı kullanılmıştır (ASTM E 160-50, 1975). Buna göre; yanma deneyi öncesi her örnek grubu tartılarak alettaki tel sehpaye istiflenmiştir. Her katta bulunan örnekler alt ve üstündeki katlarda bulunanlara dikey konumda yerleştirilmiştir. Alev kaynağı istifin altına merkezlenerek 3 dakika süreyle alev kaynaklı yanma sürdürülmüştür (Aşçı ve Keskin, 2019).

### 2.3. Verilerin değerlendirilmesi

İstatistiksel değerlendirmelerde MSTAT-C istatistik programından yararlanılmıştır. Çok faktörlü varyans analizleri (MANOVA) uygulanmış F testine göre gruplar arası fark anlamlı çıktığında, Duncan testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları, en küçük önemli fark (LSD) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

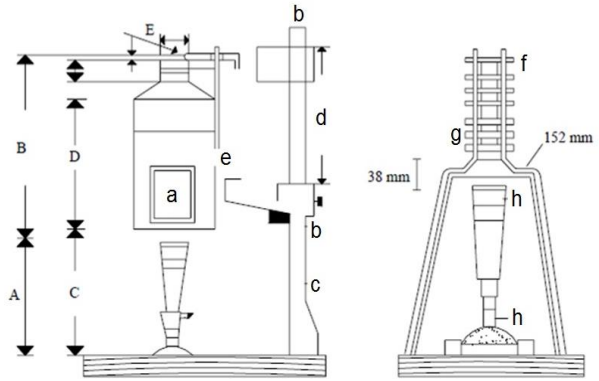
## 3. Bulgular ve tartışma

### 3.1. Işık yoğunluğu

Ahşap türü, renk açma çözeltisi ve vernik çeşidi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde; En fazla ışık yoğunluğu ahşap türü düzeyinde kayında, renk açma çözeltisi düzeyinde NaOH+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (R<sub>1</sub>)'de, vernik çeşidi düzeyinde sentetik vernikte bulunurken, en az ışık yoğunluğu sarıçamda, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (R<sub>4</sub>)'de ve akrilik vernikte tespit edilmiştir.

Ahşap türü - renk açma çözeltisi etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4' te verilmiştir.



Şekil 1. Yanma test cihazı (Combustion tester) (ASTM E 160-50, 1975) a. Mika cam, b. Kızak sonu, c. Bek rehberi, d. Kızak, e. Potansiyometre veya Milivoltmetre girişi, f. Odun örnekleri, g. Tel kafes, h. Bek (maker tipi) A. 270 mm. B. 430 mm. C. 295 mm. D. 305 mm. E. 38 mm.

Çizelge 3. Ahşap türü, renk açma çözeltisi ve vernik çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Ahşap türü	$\bar{x}$	HG
Doğu kayını (I)	783.1	a*
Sapsız meşe (II)	757.8	b
Sarıçam (III)	739.3	c
LSD: ± 8.403		
Renk açma çözeltisi	$\bar{x}$	HG
Kontrol (Kr)	776.9	b
NaOH+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>1</sub> )	797.8	a*
NaOH+Ca(OH) <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>2</sub> )	743.2	c
NaSiO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>3</sub> )	736.7	c
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (R <sub>4</sub> )	717.4	d
KMnO <sub>4</sub> +Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>5</sub> )	788.3	ab
LSD: ± 11.88		
Vernik çeşidi	$\bar{x}$	HG
Kontrol(Kv)	792.4	ab
Su bazlı vernik (Sb)	782.6	b
Sentetik vernik (St)	798.0	a*
Poliüretan vernik (Pü)	731.0	c
Akrilik vernik (Av)	696.4	d
LSD: ± 10.85		

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, LSD: En az anlamlı fark,

\* : Işık yoğunluğunda en fazla artış

Çizelge 4 incelendiğinde; Kayında ışık yoğunluğu değişimi 706.4 değeri ile en az  $\text{NaSiO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_3$ ) elde edilirken, en fazla 823.0 değeri ile  $\text{KMnO}_4+\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_5$ ) yapmıştır. Meşe de ışık yoğunluğundaki değişimi 709.5 değeri ile en az  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  ( $R_4$ ) yaparken, en fazla 788.3 değeri ile  $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_5$ ) yapmıştır. Sarıçam ahşap malzemedeki ışık yoğunluğundaki değişimi 688.9 değeri ile en az  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  ( $R_4$ ) yaparken, en fazla 793.1 değeri ile  $\text{NaOH}+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_1$ ) yapmıştır. Bu sonuçlara göre en fazla ışık yoğunluğu değişimi  $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_5$ ) ile rengi açılmış kayında, en az  $\text{NaHSO}_3+\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  ( $R_4$ ) ile rengi açılmış sarıçamda elde edilmiştir.  $\text{NaOH}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_2$ ) ile rengi açılmış meşe ve sarıçam arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Ahşap türü - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5' de verilmiştir.

Çizelge 5 incelendiğinde; Kayın ahşap malzemedeki ışık yoğunluğundaki değişimi 700.5 değeri ile en az akrilik vernik (Av) yaparken, en fazla 852.5 değeri ile sentetik vernik (St) yapmıştır. Meşe ahşap malzemedeki ışık yoğunluğundaki değişimi 728.8 değeri ile en az akrilik vernik (Av) yaparken, en fazla 811.8 değeri ile poliüretan vernik (Pü) yapmıştır. Sarıçam ahşap malzemedeki ışık yoğunluğundaki değişimi 616.9 değeri ile en az poliüretan vernik (Pü) yaparken, en fazla 794.6 değeri ile su bazlı

vernici (Sb) yapmıştır. Bu sonuçlara göre en fazla ışık yoğunluğu değişimi sentetik vernikli kayında, en az poliüretan vernikli sarıçamda elde edilmiştir. Su bazlı vernikli kayın ve sarıçam arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Akrilik vernik (Av), diğer üç vernik çeşidine göre ışık yoğunluğundaki en az değişimi kayın ve meşe de yaparken, sarıçamda ise su bazlı ve sentetik verniğe göre en az değişim yapmıştır.

Renk açma çözeltilisi - vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 6' da verilmiştir.

Çizelge 6 incelendiğinde; Su bazlı vernikte (Sb) ışık yoğunluğundaki değişimi 722.1 değeri ile en az ( $R_2$ ) yaparken, en fazla 853.1 değeri ile ( $R_1$ ) yapmıştır. Sentetik vernikte (St) ışık yoğunluğundaki değişimi 731.8 değeri ile en az ( $R_4$ ) yaparken, en fazla 871.2 değeri ile ( $R_5$ ) yapmıştır. Poliüretan vernikte (Pü) ışık yoğunluğundaki değişimi 603.3 değeri ile en az ( $R_4$ ) yaparken, en fazla 793.7 değeri ile ( $R_2$ ) yapmıştır. Akrilik vernikte (Av) ışık yoğunluğundaki değişimi 589.0 değeri ile en az ( $R_3$ ) yaparken, en fazla 786.2 değeri ile ( $R_1$ ) yapmıştır. Bu sonuçlara göre en fazla ışık yoğunluğu değişimi  $\text{KMnO}_4+\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_5$ )' li sentetik vernikte, en az  $\text{NaSiO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_3$ )' li akrilik vernikte elde edilmiştir.

Ahşap türü, renk açma çözeltilisi ve vernik çeşidinin ışık yoğunluğuna etkilerine ilişkin çok faktörlü varyans analizi sonuçları Çizelge 7' de verilmiştir.

Çizelge 4. Ahşap türü-renk açma çözeltilisi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Ahşap türü	Renk açma çözeltilisi									
	$R_1$		$R_2$		$R_3$		$R_4$		$R_5$	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Doğu kayını (I)	821.1	a	779.6	bc	706.4	ef	753.9	d	823.0	a*
Sapsız meşe (II)	779.3	bc	728.0	e	777.7	bc	709.5	ef	788.3	b
Sarıçam (III)	793.1	b	722.1	e	726.0	e	688.9	f	753.7	d

LSD (En az anlamlı fark):  $\pm 20.58$ ,  $\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: Işık yoğunluğunda en fazla artış

Çizelge 5. Ahşap türü-vernici çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Ahşap türü	Vernik çeşidi							
	Sb		St		Pü		Av	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Doğu kayını (I)	792.4	bc	852.5	a*	764.2	d	700.5	g
Sapsız meşe (II)	760.8	d	751.4	de	811.8	b	728.8	f
Sarıçam (III)	794.6	bc	790.1	c	616.9	ı	660.0	h

LSD (En az anlamlı fark):  $\pm 18.79$ ,  $\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: Işık yoğunluğunda en fazla artış

Çizelge 6. Renk açma çözeltilisi-vernici çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

Vernik çeşidi	Renk açma çözeltilisi									
	$R_1$		$R_2$		$R_3$		$R_4$		$R_5$	
	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG	$\bar{x}$	HG
Su bazlı vernik (Sb)	853.1	ab	722.1	lm	787.7	fghı	822.7	cde	758.3	ijk
Sentetik vernik (St)	760.8	hijk	783.7	fghı	812.4	cdef	731.8	klm	871.2	a*
Poliüretanvernici (Pü)	791.2	fghı	793.7	efg	726.8	lm	603.3	op	750.5	jkl
Akrilik vernik (Av)	786.2	fghı	629.4	o	589.0	p	668.6	n	760.4	hijk

LSD (En az anlamlı fark):  $\pm 26.57$ ,  $\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, \*: Işık yoğunluğunda en fazla artış

Çizelge 7. Işık yoğunluğu değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

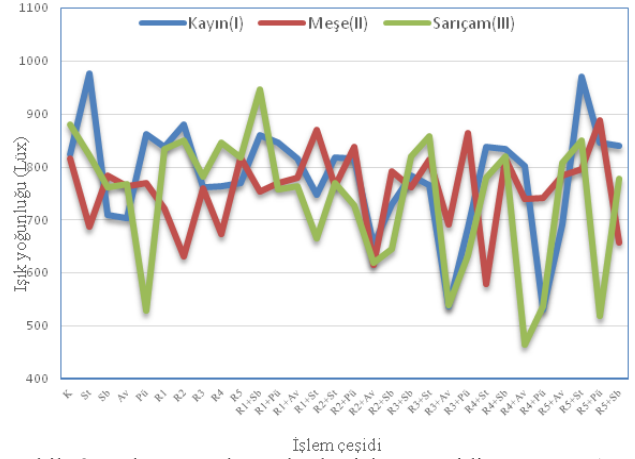
Faktör	SD	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	$P \leq 0.05$
Faktör A	2	87073.852	43536.92	53.1145	0.0000*
Faktör B	4	425840.95	106460.2	129.880	0.0000*
AB	8	525709.13	65713.64	80.1698	0.0000*
Faktör C	5	231823.66	46364.73	56.5644	0.0000*
AC	10	99599.356	9959.936	12.1510	0.0000*
BC	20	523011.60	26150.58	31.9034	0.0000*
ABC	40	910374.80	22759.37	27.7661	0.0000*
Hata	180	147542.49	819.681		
Toplam	269	2950975.8			

\*: Fark, 0.05' e göre anlamlı, SD: Serbestlik Derecesi

Varyans analizi sonuçlarına göre; Ahşap türü, renk açma çözeltisi, vernik çeşidi ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek için yapılan DUNCAN testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 8’ de verilmiştir.

Çizelge 8 incelendiğinde; En fazla ışık yoğunluğu  $KMnO_4+Na_2S_2O_5+H_2O_2$  ( $R_5$ ) renk açma çözeltisi uygulanmış sentetik vernikle kaplanmış kayında görülürken, en az  $Na_2S_2O_5+C_2H_2O_4$  ( $R_4$ ) renk açma çözeltisi uygulanmış akrilik vernikle kaplanmış sarıçamda elde edilmiştir. Buna göre; ışık yoğunluğunun artmasında, renk açma çözeltisinin yanı sıra vernik çeşidi ve ahşap türünün de etkili olduğu söylenebilir.

Ahşap türü-renk açma çözeltisi-vernik çeşidi etkileşimi düzeyinde alev kaynaklı yanmada ışık yoğunluğu (Lüx) değerlerine ilişkin grafik Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ahşap malzemelerde işlem çeşidine göre alev kaynaklı yanmada ışık yoğunlukları

Çizelge 8. Ahşap türü-renk açma çözeltisi-vernik çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları

İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG	İşlem çeşidi	$\bar{x}$	HG
I+St	976.0	a	II+Pü	770.4	klmnopqrstu
I+R <sub>5</sub> +St	969.2	a*	II+R <sub>1</sub> +Pü	770.0	klmnopqrstu
III+R <sub>1</sub> +Sb	945.8	a	III+R <sub>2</sub> +St	769.4	klmnopqrstu
II+R <sub>5</sub> +Pü	887.9	b	I+R <sub>5</sub>	769.1	klmnopqrstu
I+R <sub>2</sub>	880.1	bc	III+Av	766.8	klmnopqrstu
III	879.6	bc	I+R <sub>3</sub> +St	766.2	klmnopqrstu
II+R <sub>1</sub> +St	870.1	bcd	I+R <sub>4</sub>	764.4	lmnopqrstuv
II+R <sub>3</sub> +Pü	863.6	bcde	II+Av	764.3	lmnopqrstuv
I+Pü	861.3	bcde	II+R <sub>3</sub> +St	763.7	lmnopqrstuv
I+R <sub>1</sub> +Sb	860.0	bcdef	III+R <sub>1</sub> +Av	763.2	mnoqrstuv
III+R <sub>3</sub> +St	856.6	bcdef	III+Sb	762.0	mnoqrstuv
III+R <sub>2</sub>	850.4	bcdefg	I+R <sub>3</sub>	761.1	mnoqrstuv
III+R <sub>5</sub> +St	849.3	bcdefg	II+R <sub>3</sub> +Sb	760.6	nopqrstuv
I+R <sub>5</sub> +Pü	846.0	bcdefg	II+R <sub>3</sub>	759.5	opqrstuv
I+R <sub>1</sub> +Pü	845.5	bcdefg	III+R <sub>1</sub> +Pü	758.1	pqrstuvw
III+R <sub>4</sub>	845.3	bcdefg	II+R <sub>1</sub> +Sb	753.4	qrstuvw
I+R <sub>5</sub> +Sb	840.0	bcdefgh	I+R <sub>1</sub> +St	747.7	rstuvw
I+R <sub>4</sub> +St	838.2	bcdefghi	II+R <sub>4</sub> +Pü	741.7	stuvw
I+R <sub>1</sub>	837.1	bcdefghi	II+R <sub>4</sub> +Av	738.9	stuvwxy
II+R <sub>2</sub> +Pü	837.0	bcdefghi	I+R <sub>2</sub> +Sb	729.4	tvwxyz
III+R <sub>1</sub>	833.7	bcdefghij	III+R <sub>2</sub> +Pü	727.7	tvwxyz
I+R <sub>4</sub> +Sb	833.4	bcdefghij	II+R <sub>1</sub>	722.4	vwxyz
I	823.6	cdefghijk	I+Sb	708.6	wxyz
III+St	822.0	defghijkl	I+Av	703.7	wxyz
III+R <sub>3</sub> +Sb	819.8	defghijklm	I+R <sub>5</sub> +Av	690.7	xyz
III+R <sub>4</sub> +Sb	819.1	defghijklmn	II+R <sub>3</sub> +Av	690.6	xyz
I+R <sub>2</sub> +St	817.9	defghijklmno	II+St	686.5	yz
II+R <sub>5</sub>	817.7	defghijklmno	I+R <sub>3</sub> +Pü	684.2	yz
III+R <sub>5</sub>	817.0	defghijklmno	II+R <sub>4</sub>	672.5	z
I+R <sub>2</sub> +Pü	816.4	defghijklmnop	III+R <sub>1</sub> +St	664.7	[ ] ^
II	815.5	defghijklmnop	II+R <sub>5</sub> +Sb	658.0	[ ] ^
II+R <sub>4</sub> +Sb	815.5	defghijklmnop	I+R <sub>2</sub> +Av	654.0	[ ] ^
I+R <sub>1</sub> +Av	815.0	defghijklmnop	III+R <sub>2</sub> +Sb	644.3	] ^
II+R <sub>3</sub> +St	814.4	defghijklmnop	III+R <sub>3</sub> +Pü	632.6	] ^
III+R <sub>5</sub> +Av	807.5	efghijklmnopq	II+R <sub>2</sub>	631.4	] ^
I+R <sub>4</sub> +Av	801.9	fghijklmnopqr	III+R <sub>2</sub> +Av	618.7	^ _
II+R <sub>5</sub> +St	794.9	ghijklmnopqrs	II+R <sub>2</sub> +Av	615.6	^ _
II+R <sub>2</sub> +Sb	792.5	ghijklmnopqrs	II+R <sub>4</sub> +St	579.0	^ _
II+Sb	784.5	hijklmnopqrst	III+R <sub>3</sub> +Av	538.9	^ A
II+R <sub>5</sub> +Av	782.9	hijklmnopqrst	I+R <sub>3</sub> +Av	537.6	^ A
I+R <sub>3</sub> +Sb	782.8	hijklmnopqrst	III+R <sub>4</sub> +Pü	536.6	^ A
III+R <sub>3</sub>	782.2	hijklmnopqrst	I+R <sub>4</sub> +Pü	531.8	^ A
II+R <sub>1</sub> +Av	780.4	ijklmnopqrst	III+Pü	529.0	^ A
III+R <sub>4</sub> +St	778.4	ijklmnopqrstu	III+R <sub>5</sub> +Pü	517.7	A
III+R <sub>5</sub> +Sb	776.9	ijklmnopqrstu	III+R <sub>4</sub> +Av	465.1	B**

LSD (En az anlamlı fark):  $\pm 46.02$ ,  $\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu,\* : Işık yoğunluğunda en fazla artış, \*\* : Işık yoğunluğunda en az artış

#### 4. Sonuç ve öneriler

Alev kaynaklı yanmada, ışık yoğunluğu tekli karşılaştırmalarda ahşap türü düzeyinde en fazla; kayında, en az sarıçamda bulunmuştur. Kayında ışık yoğunluğu meşeden %3, sarıçamdan %6 daha fazla ölçülmüştür. Kayın odununda en fazla tespit edilen alev kaynaklı yanmada ışık yoğunluğu yangında dumandan boğulma riskini azaltacağından dikkate alınması gereken önemli bir parametre olarak görülebilir.

Renk açma çözültisi düzeyinde ışık yoğunluğu en fazla  $\text{NaOH}+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_1$ )' de, en az  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  ( $R_4$ )' de elde edilmiştir. Kontrol örneğine göre, ( $R_1$ ) ve ( $R_5$ ) çözültileri artırıcı diğer çözültiler ise azaltıcı etki göstermiştir. Nitekim Kontrol örneklerine göre yaklaşık ( $R_1$ ) %3, ( $R_5$ )'te %2 oranında artırıcı, ( $R_2$ ) %4, ( $R_3$ ) %5 ve ( $R_4$ )'te %8 azaltıcı etki göstermiştir.

Vernik çeşidi düzeyinde ışık yoğunluğu en fazla sentetik vernikte, en az akrilik vernikte tespit edilmiştir. Kontrol örneklerine göre sentetik vernik hariç diğerlerinde az bulunmuştur. Nitekim kontrol örneğine göre, sentetik vernikte %1 daha fazla, su bazlı vernikte %1.2, poliüretan vernikte %8 ve akrilik vernikte %12 daha az ölçülmüştür.

Verniklerde katman kalınlığı ( $\mu\text{m}$ ); sentetik vernikte 92, poliüretan vernikte 120, su bazlı vernikte 66, akrilik vernikte 128 ölçülmüştür. Vernik katman kalınlıkları arasında oluşan farklılık, verniklerin katı madde miktarından kaynaklanmış olabilir. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur (Sönmez, 1989).

Ahşap malzeme+renk açma çözültisi etkileşiminde, ışık yoğunluğu değişimi en fazla,  $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_5$ ) ile rengi açılmış kayında olurken, ahşap malzeme kullanımı olarak meşe ve sarıçamın seçilmesi durumunda ise Meşe+( $R_5$ ) ve Sarıçam+( $R_1$ ) kullanılması önerilebilir. Ahşap malzeme+vernük çeşidi etkileşiminde, en fazla ışık yoğunluğu değişimi, sentetik vernikli kayında tespit edilirken, ahşap malzeme kullanımı olarak meşe ve sarıçamın seçilmesi durumunda ise Meşe+poliüretan vernük (Pü) ve Sarıçam+su bazlı vernük (Sb) kullanılması önerilebilir. Renk açma çözültisi+vernük çeşidi etkileşiminde, ışık yoğunluğu değişimi en fazla,  $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_5$ )' li sentetik vernikte bulunurken, farklı vernüklerin kullanılması durumunda ise uygunluk, su bazlı vernük+( $R_1$ ), poliüretan vernük+( $R_2$ ), akrilik vernük+( $R_1$ ) şeklinde bulunmuştur.

Ahşap malzeme + renk açma çözültisi + vernük etkileşiminde uygunluk;  $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_5$ ) ile rengi açılmış sentetik vernikle kaplanmış kayında tespit edilirken, Meşe ahşap malzemedeki ( $R_5$ ) + Pü, Sarıçam ahşap malzede ise ( $R_1$ ) + Sb şeklinde tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, yangında dumandan boğulma riskinin olmaması için alev kaynaklı yanma esnasında en fazla ışık yoğunluğuna sahip  $\text{KMnO}_4+\text{NaHSO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$  ( $R_5$ ) ile rengi açılmış sentetik vernikle kaplanmış kayın ahşap malzemenin kullanılması önerilebilir. Ahşap malzeme olarak meşe ve sarıçamın, renk açma çözültisi olarak  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  ve  $R_4$ 'ün, vernük çeşidi olarak subazlı (Sb), poliüretan (Pü) ve akrilik (Av) vernükün kullanılması durumunda ise ışık yoğunluğundaki farklılığın dikkate alınması bu bakımdan önem taşımaktadır.

Işık yoğunluğu en az olan örnekler, yangında dumandan boğulma riskini arttırmabileceklerinden uygulama alanlarında bu durumun dikkate alınması önerilebilir. Nitekim

literatürde, yanma esnasında bol duman ve karbonmonoksitin çıkmasına, oksijenin azlığı nedeniyle eksik yanmanın yol açtığı bildirilmiştir (Kars, 1999). Yangınlarda meydana gelen asıl ölümlerin ortam sıcaklığından çok ortama yayılan duman ve zehirli gazlardan kaynaklandığı, duman içinde bulunan parçacıkların, büyük bir yoğunluğunun öldürücü etkisinin olduğu, yanma sonucunda ortamda toplanan yoğun dumanın, sadece insanın fizyolojik yapısına zarar vermekle kalmadığı, görüş mesafesini azaltarak, tahliye problemlerine neden olabildiği bildirilmiştir (Kök, 2020).

#### Kaynaklar

- ASTM D 358, 1998. Standard specification for wood to be used as panels in weathering tests of coatings. ASTM Standards, USA.
- ASTM D-3023, 1998. Standard practice for resistance of factory applied coatings on wood products of stain and reagents. ASTM Standards, USA.
- ASTM E 160-50, 1975. Standart test method for combustible properties of terated wood by the crib test. ASTM Standards, USA.
- Aşçı, T., Keskin, H., 2019. Combustion properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) wood impregnated with boron compound doped colophony. Furniture and Wooden Material Research Journal, 2(1): 11-22.
- Atar, M., Yalınkılıç, A.C., Aksoy, E., 2010. Renk açma işleminin ağaç malzemenin yanma özelliklerine etkileri. TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 109O043, Ankara.
- Bankowsky, B., Eichletoer, N., 1993. Raw materials for environment friendly wood lacquers, WKI-Bench. Holer Working Party, For Wood Research, Brunswick, 31: 145-157.
- Banks, W.B., Miller, E.R., 1982. Chemical aspects of wood techology Sweden. Forest Products Journal, 11(4): 57-64.
- Budakçı, M., 2003. Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı, üretimi ve ahşap vernüklerinde denemesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Edwin, P.B., Carter, M., 1983. Wood Bleaches and Bleaching Methods, Finishing Eastern, Hard Woods. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Madison, USA.
- Fidan, M.S., Yaşar, Ş., Yaşar, M., Atar, M., Alkan, E., 2016. Combustion characteristics of impregnated and surface-treated chestnut (*castanea sativa* mill.) wood left outdoors for one year. BioResources, 11(1): 2083-2095.
- Highley, T.L., Kicle, T.K., 1990. Biologuel degraation of wood. Phytost Hology, 69: 1151-1157.
- Kars, F., 1999. Yapılarda yangın riskini sınırlamaya yönelik önlemler ve duman kontrolünün sağlanması. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 4-7 Kasım, İzmir, s. 723-734.
- Keskin, H., 2009. Impacts of impregnation chemicals on the flame source combustion light intensity of the laminated veneer lumber (LVL). Wood Research, 54(4): 67-78.
- Kök, F., 2020. Yangında açığa çıkan gazların, insan sağlığına vereceği zararın engellenmesi. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(2): 83-94.
- Örs, Y., Keskin, H., 2008. Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Kitabı. Gazi Yayıncılık, Ankara.
- Özçifçi, A., 2001. Renk açıcı kimyasal maddelerin sapsız meşe (*Quercus sessiliflora* Salisb.) odununun yanma özelliklerine etkileri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi, 3(4): 63-72.
- Sönmez, A., 1989. Ağaçtan yapılmış mobilya üstüzyeylerinde kullanılan vernüklerin önemli mekanik fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- TS 2471, 1976. Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini, TSE, Ankara.
- Uysal, B., Özçifçi, A., 2000. Rengi açılan doğu kayını odununun (*Fagus orientalis* Lipsky) yanma özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1): 363-371.
- Yaşar, Ş., Atar, M., 2017. Ahşap koruyucularla muamele edilmiş bazı ağaç malzemelerin yanmasıyla ortaya çıkan gaz emisyon miktarları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(3): 503-514.

## Pamuk saplarından üretilen yonga levhaların bazı mekanik özelliklerinin standartlara uygunluğunun araştırılması

İbrahim Bektaş<sup>a</sup>, Ahmet Tutuş<sup>a</sup>, Celal Uğur<sup>b,\*</sup>

**Özet:** Günümüzde orman kaynaklarındaki azalma ve çevrecilerin bu konudaki yoğun baskısı ahşap kökenli levha üretiminde yeni arayışlara yol açmıştır. Geline nokta, konu üzerinde çeşitli çalışmalar ve araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmada da bu kapsamda planlandı. Bu çalışmada, laboratuvar şartlarında genel amaçlar için pamuk sapı (*Gossypium hirsutum* L.) ve ahşap artık yongaları muhtelif oranlarda (%100, % 75, % 50, % 25 ve % 0) üre formaldehit tutkalı kullanılarak  $650 \text{ kg/m}^3$  yoğunlukta üretilen yonga levhaların önemli mekanik özellikleri araştırıldı. Aynı zamanda, sonuçlar konu ile ilgili standartlarla karşılaştırıldı. Levhaların üretiminde % 65'lik üre formaldehit tutkalı (UF) ve % 33'lük amonyum klorür (sertleştirici) kullanıldı. Denemelerde mekanik özelliklerde hesaplanan ortalama değerler, eğilme direnci  $13.11-18.01 \text{ N/mm}^2$ , elastikiyet modülü  $2819-4620.8 \text{ N/mm}^2$ , yüzeye dik vida tutma gücü  $984.6-1089.4 \text{ N}$ , yüzeye dik çekme direnci  $0.55-0.97 \text{ N/mm}^2$  ve janka sertlik değeri  $32.92-54.41 \text{ N}$  aralıklarında gerçekleşmiştir. Yapılan istatistik analizlerde (% 100 ahşap yongası hariç) levha içerisindeki pamuk sapı yüzdesi azaldıkça, mekanik özelliklerin arttığı belirlendi. Ayrıca, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün TS-EN 310, yüzeye dik çekme direncinin TS EN 319 ve yüzeye dik vida tutma direncinin BS 1811'de istenen asgari şartları sağladığı tespit edildi.

**Anahtar kelimeler:** Yongalevha, Pamuk sapı, Elastikiyet modülü, Eğilme direnci, Yüzeye dik çekme

## Research of suitability of some mechanical properties of particle board produced from cotton stalks to standards

**Abstract:** Today, reduction of forest resources and wood-based panel production of intense pressure from environmentalists on this issue has led to new searches. At this point, various studies and researches are carried out on the subject. This research was also planned within this scope. In this study, mechanical properties of particle boards ( $650 \text{ kg/m}^3$ ) produced using urea cotton stalks and wood (% 100, 75, 50, 25, 0) for general purposes under laboratory conditions were investigated. At the same time, the results were compared with relevant standards. For production of particleboards, urea formaldehyde resin (65%) and as hardening agent ammonium chloride (33%) were used. The result showed that the mean value of bending strength, modulus of elasticity and resistance to axial withdrawal strength of the specimens, janka results ranged from  $13.11$  to  $18.01 \text{ N/mm}^2$ , from  $2819$  to  $4620.8 \text{ N/mm}^2$ , from  $984.6$  to  $1089.4$ , from  $0.55$  to  $0.97 \text{ N/mm}^2$  and from  $32.2$  to  $54.41 \text{ N/mm}^2$ , respectively. In the statistical analysis, (except for 100% wood chip) it was understood that, properties of the particleboards have improved with the rising percentage of wood particles in the particleboards. In addition, it was determined that the bending resistance and the modulus of elasticity in bending, the tensile strength perpendicular to the surface and the screw holding resistance perpendicular to the surface were meet the minimum requirements required in TS-EN 310, TS EN 319 and BS 1811, respectively.

**Keywords:** Particleboard, Cotton stalks, Modulus of elasticity, Bending strength, Resistance to axial withdrawal strength

### 1. Giriş

Orman kaynaklarının sınırlı ve kıt olması nedeniyle alternatif hammadde kaynaklarının orman endüstrisinde kullanım olanaklarının araştırılması son yıllarda önem kazanmaktadır. Çünkü hammadde teminindeki güçlükler üretim maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır.

Nüfus artışına paralel olarak artan endüstriyel ürünlerin tüketimini göz önünde tutarak mevcut kaynakların ekonomik ve rasyonel bir şekilde değerlendirilmesinin ehemmiyeti her geçen gün daha fazla artmaktadır. Bu yüzden, birçok ülke farklı hammadde kaynaklarının endüstriyel üretimde kullanılabilirliğinin araştırılmasını desteklemektedir. Bu amaçla yapılacak çalışmaların, odun kökenli hammadde kaynaklarının kullanımına alternatif

olarak aynı özellikleri sağlaması düşünülen yıllık bitkilerin değerlendirilmesi noktasına odaklanılmaktadır.

Çizelge 1'de de görüleceği gibi, dünyada hammadde olarak yıllık bitkilerin levha üretiminde hammadde kaynağı olarak değerlendirildiği fabrikaların sayısı ve üretim kapasiteleri artmaktadır (Güler, 2015).

Dünyadaki pamuk ekim alanları yaklaşık 33.1 milyon ha. dolayındadır. Ekim alanı büyüklüğü bakımından Hindistan, Çin ve ABD şeklinde sıralanmaktadır. Bu ülkeleri, Özbekistan, Pakistan ve Brezilya takip etmektedir. Türkiye ise ekim alanı yönünden 7. sırada yer almaktadır (Tekinel, 1999). Pamuk lifi üretimi yönünden Dünyada ilk üç sırayı yine Hindistan, Çin ve ABD oluştururken, Türkiye 6. sırada kendine yer bulabilmektedir (Kılıç ve Genç, 1999).

✉ <sup>a</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>b</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): celal\_ugur27@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 22.05.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.11.2020



**Citation** (Atıf): Bektaş, İ., Uğur, C., Tutuş, A., 2020. Pamuk saplarından üretilen yonga levhaların bazı mekanik özelliklerinin standartlara uygunluğunun araştırılması. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 445-450. DOI: [10.18182/tjf.741237](https://doi.org/10.18182/tjf.741237)

Öte yandan, Pamuk bitkisi her yıl yenilenebilir olması nedeniyle lif kaynağı olarak önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Özellikle Güney Doğu Anadolu (GAP) projesinin devreye girmesi ile tarımsal ürünlerden elde edilecek pamuk sapları dâhil yıllık bitki artık miktarlarında büyük artış beklenilmektedir. GAP master planında, bölgede düşünülen bitki deseni içerisinde pamuğun payı %20 olarak öngörülmüştür. Ancak şu an itibarı ile sulanabilen arazinin yaklaşık %70-80'i pamuk tarımına açılmıştır (Güler, 2001).

Pamuk bitkisi, dekara 300-700 kg. kuru sap bırakır. Türkiye'de yetişen pamuğun ortalama sap verimi yaklaşık 540 kg/da. olarak verilmektedir. Atchinson (1973)'a göre bir hektar başına toplanabilir pamuk sapı miktarı 2.0-2.8 (ton/ha)'dır. Türkiye'nin Pamuk üretim alanları dikkate alındığında, söz konusu verim değeri ile yılda 3.5-4 milyon ton pamuk sapının yan ürün olarak (atık bitkisel lif kaynağı) elde edilebileceği görülmektedir (Yumak ve Evcim, 1990).

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda, bu çalışmanın temel amacı, hammadde bakımından büyük oranda (% 90) orman kaynaklarına dayalı bulunan yongalevha sektöründe hammadde kıtlığına bir alternatif ortaya koyma ve aynı zamanda yakılarak veya açık alanda bırakılarak çürümeye terk edilen pamuk sapı atıklarının katma değerli bir ürüne dönüştürülerek ekonomiye kazandırılmasını sağlamaktır.

## 2. Materyal ve yöntem

Yonga levha üretiminde test materyali olarak kullanılan Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) sapları ve ahşap yongaları, Doğu Akdeniz Yöresinden temin edilmiştir. Denemelerde, 650 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta ve 18×50×50 mm boyutlarında üretilen taslak test levhaları kullanıldı. Test levhalarının üretiminde Özellikleri Çizelge 2'de verilen Üre formaldehit tutkalının % 65'lik çözeltisinden tam kuru yonga ağırlığının %10'u kadar tam kuru tutkal ve tam kuru yonga ağırlığına oranla % 1 sertleştirici (NH<sub>4</sub>Cl) katılmıştır.

Çizelge 1. Türkiye'de yonga levha sektörünün önemli işletmeleri (TOBB, 2012)

Firma adı	Fabrika yeri	Kapasite (m <sup>3</sup> /gün)	Kapasite (m <sup>3</sup> /yıl)
Ayorsan A.Ş.	Sinop	80	24000
Devrektaş A.Ş.	Zonguldak	340	102000
Foça Sunta A.Ş.	İzmir	300	90000
Giresun Orman Ltd.Şti	Giresun	170	51000
Gentaş A.Ş.	Bolu	96	28800
İttaş A.Ş.	Bursa	350	105000
Kast. Entg.	Kastamonu	650	195000
Kast. Entg.A.Ş	İzmit	200	60000
Kast. Entg.	Balıkesir	1750	525000
Koyuncuoğlu (Setaş)	Kütahya	300	90000
Köseoğlu A.Ş.	Kayseri	600	180000
Mastaş A.Ş.	Bolu	140	42.000
Orma A.Ş.	Isparta	750	225.000
Panel(Yontaş) A.Ş.	Samsun	500	150000
Samedoğlu A.Ş.	Mersin	500	150000
Serdar Ağaç A.Ş.	Bursa	750	225000
S.F.C. A.Ş.	Kastamonu	200	60000
Starwood A.Ş.	Bursa	2300	690000
Sumaş A.Ş.	Balıkesir	240	72000
Suntasan A.Ş.	Eskişehir	250	75000
Tever Ağaç A.Ş.	İzmit	1500	450000
Teverpan A.Ş.	Tekirdağ	800	240000
Veziir Ağaç A.Ş.	Samsun	175	52000
Yonsan A.Ş.	Manisa	300	90000
Toplam kapasite		13241	3972300

Araştırma kapsamında planlanan mekanik testlerde kullanılmak üzere, pamuk sapları ile ahşap yongaları, beş farklı oranda karıştırılarak 50x50 cm ölçülerinde 18 mm kalınlıkta her grup için 3 adet olmak üzere toplam 5 grupta (Gruplar: I, II, III, IV ve V) 15 adet levha üretilmiştir. Denev levhalarını üretmek için hazırlanan yongalar, kurutma fırınında 105±3 °C sıcaklıkta yaklaşık %3 rutubete kadar kurutulmuştur. Levhaların üretim şartları ve kullanılan hammadde yüzdeleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Belirlenen oranlarda hazırlanan taslak levhalar laboratuvar tipi elektrik ile ısıtılan ve levha boyutları 50x50 cm olan tek katlı hidrolik pres ile preslendi. Preslemede pres sıcaklığı 185°C, pres süresi pres kapandıktan sonra 7 dakika, pres basıncı 4 N/mm<sup>2</sup> dir. Bütün levha tipleri için aynı pres şartları uygulandı ve Şekil 1'de iki örneği gösterilen test levhaları elde edildi.

Pres sonrası levhalar, tutkalın sertleşmesini sağlamak için, pres saçları arasında soğuyuncaya kadar bekletildi. Bunu takiben test levhaları, sıcaklığı 20 ±2 °C ve bağıl nemi % 65 ±5 olan klima ortamında üç hafta süreyle TS 642- ISO 554'te belirtilen esaslara göre klimatize edilmiştir. Örneklerin boyutları TS-EN 326-1 'de belirtilen esaslara uygun olarak hazırlanmıştır.

Çalışmada üretilen test levhalarının eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü testleri TS EN 310 (1999)'da, yüzeye dik çekme direnci TS EN 319'da ve yüzeye dik vida tutma direnci BS 1811 (1969)'de belirtilen esaslar doğrultusunda gerçekleştirildi. Testlerde kullanılan numuneler, ilgili standartlarda belirtilen ölçülere göre boyutlandırıldı.

Çizelge 2. Üre formaldehit tutkalının özellikleri

Özellik	Değeri
Çözelti (%)	65+- 1
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1.27-1.29
PH (25°C)	7.5-8.5
Viskozite Dın/cPs 25°C	150-200
Jelleşme süresi (s, 100°C)	25-30
Kullanma süresi (gün)	60
Akışkanlık süresi (s, 25°C)	20-30
Serbest CH <sub>2</sub> O (max.) %	0.19

Çizelge 3. Test levhalarının karışım oranları ve üretim şartları

Levha grubu	Pamuk sapı oranı (%)	Ahşap oranı (%)	Pres	
			Basıncı (N/mm <sup>2</sup> )	Süresi (dk)
I	0	100	4	7
II	25	75	4	7
III	50	50	4	7
IV	75	25	4	7
V	100	0	4	7





Şekil 1. Taslak test levhaları, (a): Pamuk sapı, (b): Ahşap yongası.

### 3. Bulgular ve tartışma

Eğilme direnci testlerinden elde edilen veriler (Çizelge 4) üzerinden yapılan istatistik analiz sonuçları, eğilme direnci değerlerinin, levha grupları arasında  $p < 0.000$  önem düzeyinde anlamlı farklılıklar oluştuğunu göstermektedir.

Çizelge 4'ten de anlaşılacağı üzere, test levhalarında pamuk sapı oranı arttıkça, eğilme direncinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun pamuk sapı yongasının yoğunluğunun düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Literatürde de bu durumu teyit eden çalışmalar bulunmaktadır. Güler vd. (2001) yaptıkları bir çalışmada, pamuk sapı yongalarından elde edilen levhaların eğilme direnci değerlerini (11.6-16.7 N/mm<sup>2</sup>) aralığında tespit etmişlerdir. Diğer bir araştırmada da (Güler ve Özen, 2004) eğilme direnci değerleri (3.31-16.79 N/mm<sup>2</sup>) olarak elde etmişlerdir. Bilindiği gibi, eğilme direnci, kullanım yerini etkileyen önemli faktörlerden biri olarak levhanın özgül kütlesi ve yongalevha içindeki tutkal miktarı ile önemli ölçüde değişir (Göker ve Akbulut, 1992, Kalaycıoğlu ve Çolakoğlu, 1995). TS-EN 312-2 (1999)'ye göre kuru şartlarda kullanılan genel amaçlar için üretilen yonga levhaların eğilme direnci en az 11.5 N/mm<sup>2</sup> olmalıdır. Testler sonucunda elde edilen verilerin analiz sonuçlarının gösterildiği Çizelge 4 incelendiğinde, Pamuk sapı ve ahşap yongası karışımından üretilen levhalardan ölçülen eğilme direnci değerlerinin (13.11-18.01 N/mm<sup>2</sup>), TS EN 312-2 (1999)'ye göre genel amaçlı kapalı ortamlarda kullanılan yonga levhalarda aranan asgari şartlardaki eğilme direnci değerini (11.5 N/mm<sup>2</sup>) sağladığı görülebilir.

Çizelge 5'te gösterilen elastikiyet modülüttest verileri ile Çizelge 4'te yer alan eğilme direnci değerleri karşılaştırıldığında, levha grupları arasında paralel bir seyirin varlığı görülebilir. Söz konusu elastikiyet modülü değerleri 2819-4620.8 N/mm<sup>2</sup> arasında hesaplanmış ve levha içerisindeki pamuk sapı katılım oranı arttıkça elastikiyet modülü değerinde arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. Eğilme direncine ANOVA ve Duncan testi analiz sonuçları ( $p < 0.05$ )<sup>(\*)</sup>.

Levha grubu	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Standart sapma	Standart hata	Varyasyon katsayısı(%)	Dağılım genişliği (N/mm <sup>2</sup> )	Önem düzeyi
I	654	18.01a <sup>(**)</sup>	1.79	0.34	9.95	7.3	$p < 0.000$
II	645	17.41a	2.36	0.45	13.54	9.4	
III	641	15.35b	0.76	0.15	4.95	2.1	
IV	631	14.44b	1.99	0.38	13.76	6.8	
V	630	13.11c	1.78	0.34	13.61	6.1	
Ortalama	640	15.65	2.57	0.22	16.39	11.1	

<sup>(\*)</sup>Numune sayısı: 30, <sup>(\*\*)</sup>Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre önemli bir fark yoktur.

Çizelge 5. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait ANOVA ve Duncan testi sonuçları( $p < 0.05$ )<sup>(\*)</sup>

Levha grubu	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Standart sapma	Standart hata	Varyasyon katsayısı (%)	Dağılım genişliği (N/mm <sup>2</sup> )	Önem düzeyi
I	654	4620.8d <sup>(**)</sup>	449.8	86.6	9.73	1668.4	$p < 0.000$
II	645	3774c	435.8	83.9	11.55	2125.77	
III	641	3757.4c	542.3	104.4	14.43	2128.43	
IV	631	3282.2b	605.9	116.6	18.86	2196.78	
V	630	2819a	418.6	79.1	14.85	1415.1	
Ortalama	640	3664.6	775.9	66.5	21.29	3005.66	-

<sup>(\*)</sup>Numune sayısı: 30, <sup>(\*\*)</sup>Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre önemli bir fark yoktur.

Yine aynı Çizelgeye göre en yüksek elastikiyet modülü değerlerinin tamamen ahşap yongalarından üretilen I. grup levhalarında (4620.8 N/mm<sup>2</sup>), en düşük değer ise %100 pamuk saplarından üretilen V. grup levhalarından (2819 N/mm<sup>2</sup>) elde edildiği söylenebilir. Yapılan varyans analizi sonuçları gruplar arasındaki farkın %5 yanılma ihtimali ile önemli olduğunu ortaya koydu (Çizelge 5). Elastikiyet modülü değerinin büyüklüğü, levha üst tabakasındaki yongaların rutubet miktarı ile ilişkilidir. Bu tabakaların rutubet miktarı arttıkça elastikiyet modülünde bir azalma görülür (Bektaş vd., 2002). Pamuk sapları ve ahşap yongalarından üretilen levhalar için hesaplanan elastikiyet modülü değerlerinin (Çizelge 5) bütün gruplarda TS-EN 312-3 (1999)'de eğilmede elastikiyet modülü için istenen minimum değeri (1600 N/mm<sup>2</sup>) sağladığı belirlenmiştir.

Pamuk saplarından üretilen yonga levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Tamamen ahşap yongasından elde edilen I. grup levhalar hariç, pamuk sapı ile karıştırılmış levhalar içerisinde maksimum çekme direnci değeri %25 pamuk sapı ve %75 ahşap yongasından elde edilen II. grup levhalarda (0.91 N/mm<sup>2</sup>), minimum çekme direnci değeri ise % 100 pamuk sapından üretilen V. grup levhalarda (0.55 N/mm<sup>2</sup>) hesaplandı.

Çizelge 6'da yer alan test verilerine uygulanan varyans analizi sonuçları, ahşap yongaları ve pamuk saplarından elde edilen yongaların karışım oranlarının üretilen yongalevhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerinde  $p < 0.000$  önem düzeyinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu gösterdi.

Yüzeye dik çekme direnci değeri TS EN 312-2 (1999)'de genel maksat yonga levhaları için en az 0.24 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Bu veriler dikkate alındığında, testlerde üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci

değerlerinin ilgili standartta istenen limitleri aştığı görülmektedir.

Çizelge 7'de yer alan verilerden de anlaşılacağı gibi, deneme levhalarından elde edilen pamuk sapı ve ahşap karışımından üretilen levhalarda, levha yüzeyine dik vida tutma direnci değerleri 1089.4-908.1 N aralığında ölçüldü. Test verilerine uygulanan ANOVA ve Duncan testi analizlerinden, levha yüzeyine dik vida tutma direncinin de, gruplar arasındaki farkın %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu anlaşılabilir.

Laboratuvar ölçümleri sonucunda elde edilen yüzeye dik vida tutma direncine ait değerler levha grupları açısından değerlendirildiğinde (Çizelge 7), levha içindeki pamuk sapı oranının artması ile vida tutma direncinin azaldığı söylenebilir. Korkmaz ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, yönlendirilmiş yonga levhanın levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci değerini 359.75 N ile 1315.09 N arasında hesaplamıştır. Alvir (2001) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise, 12 mm kalınlığındaki OSB levhalarının levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci, 512-1471 N aralığında rapor edilmiştir. Vida tutma direnci değerleri, BS 2604 (1970) standardına göre, 18 mm kalınlıktaki yongalevhalar, levha kenarına dik yönde en az 360 N olması öngörülmektedir. Ayrıca, levha yüzeyine dik vida tutma direncinin ise bu değer % 100-125'i kadar daha fazla olması gerektiği Bozkurt ve Göker (1990) tarafından kaydedilmiştir. Buna göre, bu çalışma kapsamında pamuk saplarından ve değişen oranlarda ahşap karışımından üretilen test levhalarına ait vida tutma direnci değerlerinin standartlarda istenen şartları sağladığı söylenebilir.

Çizelge 8'de üretilen yonga levhaların, levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değerleri için yapılan varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testleri sonuçları görülmektedir.

Çizelge 6. Yüzeye dik çekme direncine ait analiz verileri ( $p < 0.05$ )<sup>(\*)</sup>

Levha grubu	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Standart sapma	Standart hata	Varyasyon katsayısı (%)	Dağılım genişliği (N/mm <sup>2</sup> )	Önem düzeyi
I	654	0.97c <sup>(**)</sup>	0.20	0.04	20.71	0.7	$p < 0.000$
II	645	0.91c	0.21	0.04	23.70	1	
III	641	0.80b	0.15	0.03	19.20	0.6	
IV	631	0.77b	0.18	0.03	23.42	0.9	
V	630	0.55a	0.14	0.03	25.75	0.5	
Ortalama	640	0.80	0.23	0.02	28.82	1.2	-

<sup>(\*)</sup>Numune sayısı: 30, <sup>(\*\*)</sup>Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre önemli bir fark yoktur.

Çizelge 7. ANOVA ve Duncan testi ortalamalarının vida tutma direnci analiz verileri ( $p < 0.05$ )<sup>(\*)</sup>

Levha grubu	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama (N)	Standart sapma	Standart hata	Varyasyon katsayısı (%)	Dağılım genişliği (N/mm <sup>2</sup> )	Önem düzeyi
I	654	1089.4c	217.2	40.3	19.93	868	$p < 0.000$
II	645	1018.9bc	208.8	38.1	20.50	685	
III	641	958.9ab	156.9	29.6	16.36	480	
IV	631	935.1ab	115.3	22.6	12.33	399	
V	630	908.1a	84.9	16.3	9.35	433	
Ortalama	640	984.6	177.2	15	18.00	907	-

<sup>(\*)</sup>Numune sayısı: 30, <sup>(\*\*)</sup>Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre önemli bir fark yoktur.

Çizelge 8. Test levhalarının janka sertlik değerine ait analiz sonuçları<sup>(\*)</sup>

Levha grubu	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Standart sapma	Standart hata	Varyasyon katsayısı (%)	Dağılım genişliği (N/mm <sup>2</sup> )	Önem düzeyi
I	654	54.41c	8.84	1.61	16.25	30.6	$p < 0.000$
II	645	50.68c	11.80	2.15	23.27	42.3	
III	641	42.92b	8.62	1.57	20.08	27.2	
IV	631	40.54b	7.18	1.31	17.70	25.7	
V	630	32.92a	2.71	0.50	8.24	12	
Ortalama	640	44.29	11.24	0.92	25.37	42.3	-

<sup>(\*)</sup>Numune sayısı: 30, <sup>(\*\*)</sup>Aynı harflerin temsil ettiği ortalama değerler arasında, Duncan Testine göre önemli bir fark yoktur.

Gerçekleştirilen istatistikî analizler, artan pamuk sapı oranına bağılı olarak üretilen yongalevhaların levha yüzeyine dik yönde Janka sertlik değerleri arasında anlamlı farklılıkların ( $p<0.000$ ) varlığını gösterdi. Aynı zamanda, üretilen levhaların levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değerleri, % 25 pamuk sapı ilaveli levhalarda minimal seviyede azalma gösterirken, artan pamuk sapı oranının Janka sertlikte daha fazla düşüşe neden olduğu yine Çizelge 8'deki verilerden anlaşılabilir. Aslında, ahşap yongası ve pamuk sapı karışımında, pamuk sapı oranındaki artma, yoğunluk farklılığından dolayı, üretilen levhaların Janka sertlik dâhil tüm direnç özelliklerini olumsuz yönlü etkilemektedir. Benzer sonuçlar, fındık cürufu (Copur vd., 2007) ve fıstık kabuğu (Akgül ve Tozluoğlu, 2008) gibi diğer tarımsal atıklarla yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir. Statik sertlik değeri üzerine yapılan diğer çalışmalarda (Ay ve Uncu, 2004; Ayata ve Çavuş, 2018; Bal vd., 2018; Emiroğlu, 2018) da paralel verilere ulaşılmıştır.

Nihayet, ahşap yongası ve pamuk saplarından üretilen levhaların mekanik özelliklerine ait test sonuçlarının, literatürde (Bektaş vd., 2005; Nemli vd., 2008; 2009; Güler vd., 2008; Ayrılmış vd., 2009; Güler ve Büyüksarı, 2011; Taş ve Sevinçli, 2015) yer alan ahşap dışı lignoselülozik materyal kullanılarak elde edilmiş levhalarda elde edilen değerlerle genel olarak uyumlu olduğu söylenebilir. Söz konusu kaynaklarda, farklı bitkisel materyalden üretilen yongalevhaların mekanik özelliklerinin, ahşaptan üretilenlere kıyasla daha düşük mekanik özelliklere sahip olduğu ifade edilmektedir.

#### 4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, laboratuvar şartlarında genel amaçlar için pamuk sapı ve ahşap yongalardan muhtelif oranlarda (%100, %75, %50, %25 ve %0) üretilen formaldehit tutkalı kullanılarak  $650 \text{ kg/m}^3$  yoğunlukta üretilen yonga levhaların önemli mekanik özellikleri araştırıldı. Bu doğrultuda, hali hazırda uygun şekilde değerlendirilemeyen kereste fabrikası artıkları ile aynı konumdaki yıllık bitki artıklarından pamuk sapı yukarıda belirtilen oranlarda karıştırılarak, maliyeti daha düşük ve ilgili standartlarda istenen direnç özelliklerine sahip yongalevha üretimi amaçlanmıştır.

Araştırma kapsamında yapılan testler sonucunda, ölçülen mekanik özelliklerin ortalamalarının eğilme direncinde  $13.11-18.01 \text{ N/mm}^2$ , elastikiyet modülünde  $2819-4620.8 \text{ N/mm}^2$ , yüzeye dik vida tutma direncinde  $984.6-1089.4 \text{ N}$ , yüzeye dik çekme direncinde  $0.55-0.97 \text{ N/mm}^2$  ve Janka sertlik değerinde  $32.92-54.41 \text{ N/mm}^2$  arasında seyrettiği belirlendi.

Söz konusu testler sonucunda, elde edilen verilerin analiz ile test levhasında pamuk sapı oranının artması ile ilgili numunelerin mekanik direnç değerlerinin azaldığını ortaya kondu.

Aynı zamanda, yapılan ANOVA ve DUNCAN Testi analiz sonuçları, test edilen mekanik özelliklerde her beş levha grubunda (I, II, III, IV ve V) da numune içerisindeki hammadde katılım oranının, mekanik özellik üzerinde  $p<0.000$  güven düzeyinde önemli bir fark oluşturduğu tespit edildi.

Genel olarak, bu çalışmadan elde edilen veriler, standartlarda istenen limitleri sağladığı için, pamuk saplarının yongalevha endüstrisinde genel maksatlar için,

saf olarak veya ahşap artıkları ile birlikte hammadde olarak kullanılabileceğini gösterdi. Bu açıdan, pamuk saplarının yonga levha endüstrisi için alternatif bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi önerilebilir.

#### Açıklama

Bu makale, KSU-BAP birimi tarafından 2018/2-39 D numaralı proje ile finansal olarak desteklenmiştir.

#### Kaynaklar

- Alvur, F., 2001 Yönlendirilmiş yongalevhaların üretimi, özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akgül, M., Tozluoğlu, A., 2008. Utilizing peanut husk (*Arachis hypogaea* L.) in the manufacture of medium-density fiber boards. *Bioresource Technology*, 99(13): 5590-5594.
- Ayrılmış, N., Büyüksarı, U., Avcı, E., Koç, E., 2009. Utilization of pine (*Pinus pinea* L.) cone in manufacture of wood based composite. *Forest Ecology and Management*, 259(1): 65-70.
- Atchinson, J.E., 1973. Present status and future potential for utilization of non-wood plant fibers, a worldwide review. *Non-wood Plant Fiber Pulping Progress Report*, 4: 68-69.
- Ay, N., Uncu, A., 2004. Murgul bakır işletmesi bacalarından çıkan  $\text{SO}_2$  gazının sarıçam odununun bazı mekanik özellikleri üzerine etkisi. *Doğu Karadeniz Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 21: 119.
- Ayata, Ü., Çavuş, V., 2018. Amerikan ceviz, Amerikan meşesi ve kırmızı Amerikan meşesi odunlarında renk ve parlaklık üzerine ısı işleminin (Thermowood metot) etkisi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(4): 546-553.
- Bektaş, İ., Güler, C., Kalaycıoğlu, H., Mengelöglü, F., Nacar, M., 2005. The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and poplar wood (*Populus alba* L.). *Journal of Composite Materials*, 39(5): 467-473.
- Bektas, I., Guler, C., Kalaycioglu, H., 2002. Manufacturing of particleboard from sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) using urea formaldehyde resin. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, 5(2): 49-56.
- Bal, B.C., Ayata, Ü., Çavuş, V., Şahin, S., Efe, F.T., Dilik, T., 2018. İzmir'de yetişen kara servi (*Cupressus sempervirens*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. IV. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi (UMTEB), 7-9 Aralık, Erzurum, Türkiye, s. 2098-2103.
- Bozkurt, A., Göker, Y., 1990. Yongalevha Endüstrisi (İkinci Baskı). İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- BS 1811, 1969. Methods of test for wood chip board and other particleboards. British Standards Institution, London.
- BS 2604, 1970. Resin-bonded wood chip board. British Standards Institution, England.
- Copur, Y., Guler, C., Akgul, M., Tascioglu, C., 2007. Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment*, 42(7): 2568-2572.
- Emiroğlu, F., 2018. Termo-mekanik yoğunlaştırılmış ahşap malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine su itici maddelerin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Güler, C., Özen, R. ve Kalaycıoğlu H. 2001. Pamuk Saplarından Üretilen Yongalevhaların Bazı Teknolojik Özellikleri, KSÜ, Fen ve Mühendislik Dergisi, 4 (1) : 99-108.
- Güler, C., 2015. Odun esaslı kompozit malzeme üretiminde bazı yıllık bitkilerin değerlendirilmesi. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2): 70-78.

- Güler, C., Büyüksarı, U., 2011. Effect of production parameters on the physical and mechanical properties of particleboards made from peanut (*Arachis hypogaea* L.) hull. *Bioresources*, 6(4): 5027- 5036.
- Güler, C., Çopur, Y., Taşçıoğlu, C., 2008. The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypogaea* L.) and European black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood chips. *Bioresource Technology*, 99(8): 2893-2897.
- Güler, C., Özen, R., 2004. Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.). *Holz als Roh-und Werkstoff*, 62(1): 40-43.
- Göker, Y., Akbulut, T., 1992. Yongalevha ve kontrplağın özelliklerini etkileyen faktörler. ORENKO 92 I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstri Kongresi, 22-25 Eylül, Trabzon, Türkiye, s. 269-287.
- Kalaycıoğlu, H., Çolakoğlu, G., 1995. Türkiye'de mevcut yongalevha ve kontrplak endüstrisi ile ilgili sorunlar ve çözüm önerileri, Türkiye Ormancılık Raporu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 48: 199-206.
- Kıllı, F., Gençer, O., 1999. 2000'li yıllara Türkiye pamuk tüketim projeksiyonu ve tüketim hedefi. Türk Dünyasında Pamuk Tarımı, Lif Teknolojisi ve Tekstil 1.Sempozyumu, 28 Eylül- 1 Ekim, Kahramanmaraş, Türkiye, s.382-389.
- Korkmaz, M., Kılınç, İ., Yapıcı, F., Baydağ, M., 2017. Üretim faktörlerinin yönlendirilmiş yongalevhaların (OSB) vida tutma direnci değeri üzerine etkilerinin araştırılması. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(3): 940-948.
- Nemli, G., Demirel, S., Gümüşkaya, E., Aslan, M., Acar, C., 2009. Feasibility of incorporating waste grass clippings (*Lolium perenne* L.) in particleboards composites. *Waste Management*, 29(3): 1129-1131.
- Nemli, G., Yıldız, S., Gezer, E.D., 2008. The potential for using the needle litter of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) as a raw material for particleboard manufacturing. *Bioresource Technology*, 99(14): 6054- 6058.
- Taş, H.H., Sevinçli, Y., 2015. Properties of particleboard produced from red pine (*Pinus brutia*) chips and lavender stems. *Bioresources*, 10(4): 7865-7876.
- Tekinel, O., 1999. Açılış Konuşması, Türk Dünyasında Pamuk Tarımı, Lif Teknolojisi ve Tekstil 1.Sempozyumu, s:1-2, 28 Eylül 1999, Kahramanmaraş.
- TOBB, 2012. Türkiye Orman Ürünleri Meclisi Sektör Raporu. TOBB Yayın Sıra No: 2012/172
- TS-EN 326-1, 1999. Ahşap esaslı levhalar, numune alma kesme ve muayene, Bölüm 1: Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi. TSE, Ankara.
- TS-EN 312-2, 1999. Yongalevhalar, özellikler - Bölüm 2: Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı yongalevhaların özellikleri. TSE, Ankara.
- TS-EN 312-3, 1999. Yongalevhalar, özellikler - Bölüm 3: Kuru şartlarda kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dahil) yongalevhaların özellikleri. TSE, Ankara.
- TS 642-ISO 554, 1997. Kondisyonlama ve/veya deney için standart atmosfer-özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 310, 1999. Ahşap esaslı levhalar eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini. T.S.E., Ankara.
- TS EN 319, 1999. Yongalevhaların ve lif levhaların levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini. T.S.E., Ankara.
- Yumak, H., Evcim, Ü., 1990. 2 sıralı pamuk sapı sökme makinesi. 4. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 1-4. Ekim, Adana, Türkiye, s: 416-425.

## UV sistem parke verniği uygulanmış gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine yapay yaşlandırmanın etkisi

Levent Gürleyen<sup>a,\*</sup> 

**Özet:** Her ağaç türüne ait ahşap malzemeyi doğru ve verimli kullanabilmek için farklı özelliklerini bilmek gerekmektedir. Bu çalışma, UV sistemli parke endüstrisinde gülibrişim (*Albizia julibrissin*) ahşabının değerlendirme olanaklarını araştırmak amacıyla yapılmıştır. UV sistemli parke vernikleri, endüstriyel uygulamalara göre bir parke fabrikasında 3 ve 5 kat gülibrişim ahşabına uygulanmıştır. Daha sonra elde edilen malzemeler 252 ve 504 saat UVA-340 lambaları kullanılarak hızlandırılmış, UV yaşlandırma işlemlerine tabi tutulmuştur. Yaşlandırma öncesi ve sonlarında renk parametreleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), parlaklık değerleri, köniğ sarkaç sertliği ve yüzey yapışma direnci (MPa) testleri yapılmıştır. Yaşlandırma ile bu testlerin değiştiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, gülibrişim (*Albizia julibrissin*) ahşabı parke endüstrisinde kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** UV sistem parke verniği, Renk, Parlaklık, Salınımsal sertlik, Yüzeyle yapışma direnci

## Effect of artificial weathering on the some surface properties of uv system parquet varnish applied to persian silk (*Albizia julibrissin*) wood

**Abstract:** It is necessary to know the different properties of the wood material belonging to each tree species to be able to use it correctly and efficiently. This study was carried out to investigate the evaluation possibilities of persian silk (*Albizia julibrissin*) wood in UV system parquet industry. UV system parquet varnishes were applied to persian silk wood in 3 and 5 layers in a parquet factory according to industrial applications. The materials obtained later were exposed to accelerated UV aging processes using UVA-340 lamps for 252 and 504 hours. Color parameters ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), glossiness values, köniğ pendulum hardness and surface adhesion resistance (MPa) tests were carried out before and after aging. It has been observed that these tests change with aging. As a result, persian silk (*Albizia julibrissin*) wood can be used in the parquet industry.

**Keywords:** UV system parquet varnish, Color, Glossiness, Pendulum hardness, Surface adhesion resistance

### 1. Giriş

*Albizia julibrissin* (Gülibrişim) veya İran ipek ağacı, *Albizia* cinsi baklagil türüdür. Bu türün küresel dağılımı olarak Kuzey Anadolu, Kuzey İran, Kafkasya, Sina, Japonya, Kıbrıs, Yugoslavya, Bulgaristan'da olup muhtemelen Avustralya'da dikildiği bildirilmiştir (Mozaffarian, 2003).

Fabaceae / Leguminosae familyasına (Mimosoideae alt ailesi) ait *Albizia* cinsi, yaklaşık 150 türden oluşmaktadır (Wang vd., 2006). Ayrıca ipek ağacının "fakir toprağa" adapte edildiği (Weber, 2003) ve ipek ağacının nitrojen sabitleme kapasitesinin onun kısır toprakta iyi büyümesini sağladığını bildirilmiştir (Moore, 2006).

6 m yüksekliğe kadar büyüyen şemsiye şeklinde bir ağaçtır (Lau vd., 2007), geniş bir tacı veya kavisli dalları vardır. Kesildiğinde hızlı bir şekilde yeniden oluşur ve kabuğu koyu yeşilimsi gri renktedir. Yaşlandıkça dikey olarak çizilir. Hazirandan temmuza kadar, dalın tepesinde çekici pembe çiçeklerden oluşan bir çiçek başı oluşmaktadır. Genç yapraklar yenilebilir (Zheng vd., 2004).

Tatlı kokulu çiçekler, bal arıları için iyi bir nektar kaynağıdır. Meyvesi, her biri 8 - 18 cm uzunluğunda, 1.5 - 2.5 cm genişliğinde ve Haziran - Şubat ayları arasında görülebilen şişkin tohumlu yassı baklalardan oluşur. Tohumlar ve tohum kabukları rüzgâr, yerçekimi ve su ile dağılıbilir. Zarif çiçekleri ve şemsiyeye benzer kanopisi nedeniyle, süs amaçlı olarak yollarda veya bahçelerde yaygın olarak dikilmiştir. Erozyonu önlemek için kumlu alanlarda da yetiştirilir (Lau vd., 2007).

1785 yılında Kuzey Amerika'da bahçe ile ilgili olarak tanıtıldıktan sonra bitki malzemesi olarak 1807'de satışa sunulmuştur (Cothran, 2004). 1838'de Louisiana'da kendiliğinden oluşan bireyler gözlemlenmiş ve bitkiler 1870'lerde Körfez Ülkelerinde az miktarda doğallaştırılmıştır (Wood, 1876; DeWolf, 1968). İlk olarak 1972'de Güney Carolina'nın Oconee İlçesinde keşfedilmiştir (Gettman, 1976) ve 15 yıl sonra bu ilçede Chauga Nehri Geçidi boyunca yaygın olarak kabul edilmiştir (Tobe vd., 1992).

Ahşabı biyoyakıt (Miller, 2003), bina ve mobilya yapımında kullanılabilir (Zheng vd., 2004). Tohumları, sabun, saç şampuanı ve UV koruyucular bileşiklerin

✉ <sup>a</sup> Gölyaka Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Gölyaka, Düzce

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): leventgurleyen@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 17.09.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.12.2020



**Citation** (Atf): Gürleyen, L., 2020. UV sistem parke verniği uygulanmış gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununda bazı yüzey özellikleri üzerine yapay yaşlandırmanın etkisi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 451-460.  
DOI: [10.18182/tjf.795597](https://doi.org/10.18182/tjf.795597)

yapımında kullanılır (Nehdi, 2011; Panahian ve Rahnama, 2010).

Ağacının kabuğu ve çiçekleri Çin'de ilaç olarak kullanılmaktadır (Lau vd., 2007). Asyalılar tarafından uykusuzluk, diürez, sthenia ve dalgınlığı tedavi etmek için hastalara *A. julibrissin* kabuğu ekstresi uyguladıkları bildirilmiştir (Zhu, 1998). Çiçekler genellikle depresyon ve uykusuzluğu tedavi etmek için kullanılmıştır (Kang vd., 2007). Kabuk özü, çürükler, deri ülserleri, ciğerler, yaralar, çıbanlar, apseler, hemoroidler, kırıkların şişmesi ve ağrısını tedavi etmek için yatıştırıcı bir ilaç olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda anti-enflamatuardır ve sitotoksik aktivite sergilediği bildirilmiştir (Higuchi vd., 1992; Ikeda vd., 1997; Pharmacopoeia, 2005).

Türkiye'de yetişen gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununda; hava kuru su yoğunluk 570.64 kg/m<sup>3</sup>, hava kuru su rutubet değeri %10.2, tam kuru yoğunluk 539.74 kg/m<sup>3</sup>, radyal yönde genişleme %4.32, boyuna yönde genişleme %0.73, teğet yönde genişleme %5.27, hacmen genişleme %10.31, iki hafta sonunda aldığı su miktarı %109.9, lif doyunluğu noktası %19.15, janka sertlik değeri teğet yüzeyde 48.65 N/mm<sup>2</sup>, janka sertlik değeri radyal yüzeyde 46.50 N/mm<sup>2</sup>, janka sertlik değeri enine yüzeyde 62.48 N/mm<sup>2</sup>, dinamik eğilme (şok) direnci 0.451 kg/cm<sup>2</sup>, eğilme direnci 63.70 N/mm<sup>2</sup> ve eğilmeye elastikiyet modülü 5029 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir (Çavuş, 2019).

Çok katmanlı parke ile ilgili yapılan anket verilerine dayanılarak lamel (üst katman) üretiminde kullanılan yerli türlerde; meşe, kayın, ceviz, akçağaç, kiraz, dişbudak, egzotik türlerde ise; iroko, sapelli, merbau, doussie, tik, wenge, bubinga ağaç türlerine ait odunlar kullanılmıştır (Gungor vd., 2009).

Parke endüstrisinde TS 73 EN 13226 (2004) ve TS EN 13489 (2004) standartlarının önemli olduğu bildirilmiştir (Gungor vd., 2009).

Tek tabakalı parke çeşitlerinin özellikleri üzerine durularak, bunların benzerlikleri, farklılıkları, iyi ve kötü yanları öne çıkartılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu özelliklerin tespitinde klasik masif parke için TS 73 EN 13226 (2004), klasik mozaik parke için TS EN 13227 (2004), rabitalı masif ahşap yer döşemeleri için TS EN 13228 (2004) numaralı standartlar esas alınmıştır. Sonuçta amacına uygun büyük farklılıklar bulunmuş ve her parke çeşidinin üretim amacına ve uygun yerlerde kullanılabileceği ve parke endüstrisine zenginlik katacağı belirtilmiştir (Kantay ve Güngör, 2009).

Bu çalışmada, literatürde ahşabı bina ve mobilya yapımında kullanıldığı belirtilen gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununun ahşap yüzeylerine endüstriyel uygulamalara göre 3 ve 5 kat UV sistem parke verniği uygulanmıştır. Deney örnekleri bir UV yaşlandırma cihazında 252 ve 504 saat süreleri boyunca yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Meydana gelen renk, parlaklık, salınımsal sertlik ve yüzeye yapışma direnci değerleri belirlenmiştir. Yapılan literatür araştırmasında bu ağacın odununa daha önce UV sistem parke verniklerinin uygulanmadığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçların gerek parke endüstrisine, gerekse bu ağaç türüne ait literatüre önemli bilgiler katacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Ahşap malzemenin temin edilmesi

Gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odunu Arın Orman Ürünlerinden (Düzce, Türkiye) temin edilmiştir. Ahşap malzeme böcek ve mantar kusuru olmayan, lif kıvrıklığı sorunu olmayan, budaksız ve ardaksız olacak şekilde rastgele yöntem ile seçilmiştir. 100 x 10 x 2 cm ebatlarındaki 30 adet deney örneği kesme ve renkleme işlemine tabi tutularak hazırlanmıştır. TS 2471 (1976) standardına göre iklimlendirme işlemleri yapılmıştır.

### 2.2. UV sistem parke verniği uygulaması

Bu çalışmada, endüstriyel uygulamalara göre gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odunu yüzeylerine günümüz parke endüstrisinde yaygın olarak kullanılmakta olan 3 ve 5 kat UV sistem parke verniği uygulanmıştır. KPS Parke Fabrikası (Düzce, Türkiye) tarafından endüstriyel uygulama tekniklerine göre belirlenmiş (vernik kimyasallarına ait üretici firma önerileri doğrultusunda) olan UV sistem vernikleri ahşap malzeme yüzeylerine uygulanmıştır (Şekil 1).

Hazırlanan her iki uygulamadaki deney örnekleri UV sistem vernik hattına sokularak önce 80 kum ve daha sonra 120 kum olmak üzere zımparadan geçtikten sonra şeffaf UV kürüneli hidro astar (T8028-0000) uygulamasına tabi tutulmuştur.

Aralarda UV lambalı kurutma işlemi yapılmak üzere;

3 Kat uygulamasında; bir kat yüksek parlaklıkta UV yüksek parlaklıkta perde kaplama, 280 kum ve 320 kum zımpara uygulaması ve iki kat şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) uygulanmıştır.

5 Kat uygulamasında; bir kat UV şeffaf kürleşen sızdırmazlık macunu (T9110-0000H), iki kat UV şeffaf kürleşen sızdırmazlık macunu (T9110-0000), 280 kum ve 320 kum zımpara uygulaması ve iki kat şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) uygulanmıştır (Kneho, 2020, Ayata, 2019). UV sistem parke vernik uygulama süreci Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. 3 ve 5 kat UV sistem vernikli parkeler

### 2.3. Hızlandırılmış yaşlandırma uygulaması

3 ve 5 kat UV sistem parke vernikleri uygulanmış deney örnekleri üzerinde yaşlandırma işlemleri QUV weathering tester (Şekil 2.) (Q-Lab, Westlake, OH, US) cihazında (0.67 ışık yoğunluğu, 15 dakika su spreyi, 8 saat ultraviyole ışık, 50 °C sıcaklık) ISO 4892-3 (2016) standardına göre yapılmış olup, 252 ve 504 saat süreleri boyunca UV-A 340 lambalarına maruz bırakılmıştır. Çalışmada verniksiz örnekler kullanılmamıştır. “Kontrol (sıfır saat)”, yaşlandırılma işleminin olmadığı periyodu temsil etmektedir. Malzemenin yaklaşık olarak 1 yıl sonraki doğal yaşlanma sonucunda meydana gelecek olan tahribatı öğrenmek için hızlandırılmış yaşlandırmaya denk gelen 504 saatlik uygulama seçilmiştir (Anderson vd., 1991).

### 2.4. Renk ölçümlerinin belirlenmesi

3 ve 5 kat UV sistem vernik uygulandıktan sonra yaşlandırma işlemlerine maruz kalmış ve kalmamış deney örneklerinin sarı renk ( $b^*$ ) tonu, kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu ve ışıklılık ( $L^*$ ) değerleri 5 örnek üzerinde “CS-10 colorimeter” (CHN Spec, Çin) (Şekil 3.) marka renk cihazında [Ölçüm koşulları: CIE 10° standart gözlemci; CIE D65 ışık kaynağı, Aydınlatma sistemi: 8/d (8°/dağılık aydınlatma)] ASTM D2244-3 (2007) standardına göre belirlenerek ölçülmüştür. Çalışmada renk ölçümünde 900 adet ölçüm (2 vernik uygulama tekniği x 3 yaşlandırma periyodu x 3 renk parametresi x 50 ölçüm sayısı (n)) alınmıştır.

CIELAB sistemi,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametreleri ile karakterize edilmektedir.  $L^*$  eksenini, 100'den (beyaz) sıfıra (siyah) kadar değişen açıklığı temsil eder;  $a^*$  kırmızı (+) ile yeşil (-) tondur ve  $b^*$  sarıdan (+) maviye (-) tondur (Ayata, 2019).  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta E^*$  aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta L^* = L^*_{\text{yaşlandırılmış}} - L^*_{\text{yaşlandırılmamış}} \quad (1)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{yaşlandırılmış}} - b^*_{\text{yaşlandırılmamış}} \quad (2)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{yaşlandırılmış}} - a^*_{\text{yaşlandırılmamış}} \quad (3)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (4)$$



Şekil 2. Yaşlandırma cihazı



Şekil 3. Renk ölçüm cihazı

Çizelge 1. 3 ve 5 kat UV sistem vernikli parke üretim süreci

3 kat uygulaması	5 kat uygulaması
Kalibre zımpara uygulaması (80 ve 120 kum)	
▼	
Şeffaf UV kürlemeli hidro astar (T8028-0000) 10 g/m <sup>2</sup> (70 °C)	
▼	
UV yüksek parlaklıkta perde kaplama (T9120-0900N1) 8 g/m <sup>2</sup>	UV şeffaf kürleşen sızdırmazlık macunu (T9110-0000H) 20 g/m <sup>2</sup> (70 °C)
▼	
UV lamba kurutma toplam (177 mJ/cm <sup>2</sup> )	UV şeffaf kürleşen sızdırmazlık macunu (T9110-0000) 10 g/m <sup>2</sup> (170 °C)
▼	
UV lamba kurutma toplam (177 mJ/cm <sup>2</sup> )	UV şeffaf kürleşen sızdırmazlık macunu (T9110-0000) 10 g/m <sup>2</sup> (170 °C)
▼	
Kalibre zımparalama işlemi (280 ve 320 kum)	
▼	
Şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) (8 g/m <sup>2</sup> )	
▼	
UV lamba kurutma (71 mJ/cm <sup>2</sup> )	
▼	
Şeffaf mat UV yağı (T9115-0000) (8 g/m <sup>2</sup> )	
▼	
UV lamba kurutma (314 mJ/cm <sup>2</sup> )	
▼	
UV lamba kurutma (314 mJ/cm <sup>2</sup> )	

### 2.5. Parlaklık ölçümlerinin belirlenmesi

UV sistem verniklenmiş numunelerin yaşlandırma öncesi ve sonralarında parlaklık değerleri bir glossmeter cihazında (Şekil 4.) (ETB-0833 model, Vetus Electronic Technology Co., Ltd., CN) 20°, 60° ve 85°'de liflere dik (⊥) ve paralel (//) olacak şekilde ISO 2813 (1994) standardına göre 1800 adet ölçüm (vernük uygulama tekniği 2 x yaşlandırma periyodu 3 x ölçüm açısı 3 x lif yönü 2 x N 50) alınarak yapılmıştır.



Şekil 4. Parlaklık ölçüm cihazı

### 2.6. YüzeYE Yapışma Direncinin Belirlenmesi

ASTM D 4541 (1995) standardına göre PosiTest AT-A (automatic) pull-off Adhesion Tester (Defelsko® corp., S/N AT11802, USA) (Şekil 5A) cihazında toplamda 30 ölçüm (vernük uygulama tekniği 2 x yaşlandırma periyodu 3 x yapışma 1 x N 5) yapılmıştır. Çalışmada plastik çelik hızlı yapıştırıcı (reçine ve katalizör) 404 Plastik Çelik marka (Çekmeköy/ İstanbul, Türkiye) yapıştırıcı (Şekil 5B.) kullanılmıştır. UV sistem vernikli yüzeyler 20 mm olan çekme silindirleri (Şekil 5C.) normal oda sıcaklığında 20 °C±2 yapıştırılmış olup, 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Yapışma direnci aşağıdaki 5 no'lu formül kullanılarak hesaplanmıştır;

$$X = 4 F / \pi . d^2 \quad (5)$$

Burada;

X = Yapışma direnci (MPa),

F = Kopma anındaki kuvvet (Newton)

D = Çekme silindirinin çapı (mm).



Şekil 5. YüzeYE yapışma testi cihazı (A), Yapıştırıcılar (B), Dolly (C) ve Kesici (D)

### 2.7. Salımsal sertlik ölçümlerinin belirlenmesi

UV sistem vernikli katmanların dış etkenlere dayanıklılığını belirleyen sertlik değerleri ASTM D 4366-95 (1984) standardına göre, pandüllü sertlik ölçüm cihazında (Şekil 6) (Model 299/300 Erichsen, Hemer, Germany) köning (6°'den 3°'ye) metoduna göre yapılmıştır. 60 ölçüm (vernük uygulama tekniği 2 x yaşlandırma periyodu 3 x sertlik 1 x N 10) alınmıştır.

Cihaz, örnek platformuna yerleştirilen numune yüzeyinde 63±3.3 HRC sertliğinde ve 5±0.0005 mm çapında iki bilye ile salımm yapan pandül salımlarına göre katman sertliklerini belirler. Salımm sayısının fazla olduğu yüzeyler sert, az olduğu yüzeyler ise daha düşük sertliktedir (Sönmez, 1989).

### 2.8. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada, yapılan testlerden toplam olarak 2790 adet ölçüm [renk ölçümü (900) + parlaklık ölçümü (1800) + salımsal sertlik (60) + yüzeYE yapışma direnci (30)] alınmıştır. İstatistiklerde SPSS 17 programı kullanılarak testlere ait varyans analizleri, ortalamaları, standart sapmaları, homojenlik grupları, minimum değerleri, maksimum değerleri ve varyasyon katsayıları hesaplanmış olup, bu sonuçlar Çizelgeler halinde verilmiştir.



Şekil 6. Salımsal sertlik cihazı



### 3. Bulgular ve tartışma

Çizelge 2’de, 3 ve 5 kat olarak UV sistem vernik uygulanmış gülibrişim odununda yaşlandırma öncesi ve sonlarında belirlenmiş olan ışıklılık ( $L^*$ ), kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu ve sarı renk ( $b^*$ ) tonu değerleri için varyans analizi sonuçları gösterilmektedir. Çizelge 2’ye göre; bütün renk parametreleri için faktör kat sayısı (A), faktör yaşlandırma süresi (B) ve bu faktörlerin etkileşimi (AB) anlamlı olarak bulunmuştur.

3 ve 5 kat olarak UV sistem vernik uygulanmış gülibrişim odununda yaşlandırma öncesi ve sonlarında belirlenmiş olan renk parametrelerine ait sonuçlar Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelge 3’e göre, ışıklılık ( $L^*$ ), kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu, sarı renk ( $b^*$ ) tonu parametreleri için 3 ve 5 kat UV sistem verniklerin kontrol ölçümleri birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Çalışmada kullanılan kimyasalların yapısal özelliklerinden dolayı yaşlandırma uygulamalarından sonra 3 ve 5 kat UV sistem vernikler için ışıklılık ( $L^*$ ) değerleri

azalırken, kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu ve sarı renk ( $b^*$ ) tonu değerlerinde artışlar belirlenmiştir. Işıklılık değerinde en yüksek sonuçlar kontrol örneklerinde elde edilirken, en düşük sonuçlar ise 504 saatlik yaşlandırılmış örneklerinde belirlenmiştir. Söğütü ve Sönmez (2006) çalışmalarında, renk parlaklık ( $L^*$ ) değerlerindeki azalmanın renk tonunda koyulaşmaya, artışının ise rengin açıldığı anlamına gelebileceği şeklinde bildirmişlerdir.

“UV curtain coating high gloss” kimyasalının kullanımı ile 3 kat uygulanmış deney örneklerinde kırmızı ve sarı renk tonu değerleri yaşlandırmanın 252 saatlik uygulamasından sonra artışa geçerken, 504 saatlik uygulama sonrasında ise azalışa geçtiği görülmektedir. Ayata (2019) tarafından yapılan çalışmada 3 ve 5 kat UV sistem parke vernikleri uygulanmış limon odununda 432 saatlik yaşlandırma süresine doğru gidildiğinde ışıklılık değerinin azaldığını, kırmızı renk tonu ve sarı renk ( $b^*$ ) tonu değerlerinin ise arttığı bildirilmiştir. Çalışma sonucu literatürle paralellik göstermiştir.

Çizelge 2. Renk parametrelerine ait varyans analizi sonuçları

Test	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha \leq 0,05$
Işıklılık ( $L^*$ )	Kat sayısı (A)	116.526	1	116.526	251.819	0.000
	Yaşlandırma süresi (B)	9536.405	2	4768.203	10304.370	0.000
	Etkileşim (AB)	63.065	2	31.533	68.144	0.000
	Hata	136.044	294	0.463		
	Toplam	1216697.867	300			
Kırmızı renk ( $a^*$ )	Kat sayısı (A)	705.487	1	705.487	3603.500	0.000
	Yaşlandırma Süresi (B)	2742.428	2	1371.214	7003.916	0.000
	Etkileşim (AB)	792.949	2	396.475	2025.122	0.000
	Hata	57.559	294	0.196		
	Toplam	46326.402	300			
Sarı renk ( $b^*$ )	Kat Sayısı (A)	739.062	1	739.062	915.456	0.000
	Yaşlandırma Süresi (B)	7220.255	2	3610.127	4471.770	0.000
	Etkileşim (AB)	1407.920	2	703.960	871.977	0.000
	Hata	237.351	294	0.807		
	Toplam	283329.548	300			

Çizelge 3. Renk parametrelerine ait sonuçlar

Test	Kat Sayısı	Yaşlandırma süresi	N	Ortalama	HG	SS	Minimum	Maksimum	COV
Işıklılık ( $L^*$ ) değeri	3	Kontrol	50	71.83	A*	0.19	71.22	72.33	0.26
		252 saat	50	61.13	C	0.47	60.25	61.94	0.77
		504 saat	50	59.18	D	0.54	58.31	60.37	0.91
	5	Kontrol	50	70.56	B	0.74	69.49	73.14	1.05
		252 saat	50	61.02	C	0.76	58.53	62.78	1.25
		504 saat	50	56.82	E**	1.05	55.23	58.84	1.85
Kırmızı renk ( $a^*$ ) Tonu	3	Kontrol	50	7.42	F**	0.14	6.97	7.83	1.89
		252 saat	50	13.48	C	0.51	12.74	14.61	3.78
		504 saat	50	10.00	D	0.67	8.44	11.22	6.70
	5	Kontrol	50	7.70	E	0.31	6.71	8.28	4.03
		252 saat	50	14.77	B	0.27	14.26	15.48	1.83
		504 saat	50	17.63	A*	0.52	16.22	18.79	2.95
Sarı renk ( $b^*$ ) tonu	3	Kontrol	50	23.88	E	0.56	21.19	26.06	2.35
		252 saat	50	34.85	C	0.63	33.86	36.36	1.81
		504 saat	50	27.18	D	1.09	24.93	29.24	4.01
	5	Kontrol	50	23.25	F**	0.46	22.28	24.52	1.98
		252 saat	50	35.69	B	0.50	34.75	37.34	1.40
		504 saat	50	36.39	A*	1.57	32.60	39.40	4.31

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu, COV: Varyasyon katsayısı, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

Toplam renk farkı değerlerine ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  ve  $\Delta E^*$ ) ait sonuçlar Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4’e göre, en yüksek  $\Delta E^*$  değeri 5 kat UV sistem parke verniği ile verniklenmiş ve 504 saat süre ile yaşlandırma işlemlerine maruz kalmış örneklerde elde edilirken, en düşük 3 kat UV sistem parke verniği ile verniklenmiş ve 504 saat süre ile yaşlandırma işlemlerine maruz kalmış örneklerde tespit edilmiştir. Yaşlandırma süresinin artması ile 3 kat uygulamaları için toplam renk farkı değerleri azalırken, 5 kat uygulamaları için toplam renk farkı değerlerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun sebebi olarak, çalışmada kullanılan dolgu kimyasallarının farklı içeriklere sahip olmasından dolayı kaynaklandığı söylenebilir.

Yaşlandırmada sonralarındaki renk değişikliklerinin sebebi bazı araştırmacılar tarafından şöyle açıklanmıştır:

Payne (1965), hızlandırılmış yaşlandırma uygulanmış deney örneklerinde, toplam renk değişimi değerlerinin yüksek olduğunu, bunun UV ışınları, yağmurlama ve ısı etkisiyle fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan serbest radikallerden dolayı kaynaklanmış olabileceğini bildirmiştir.

Feist (1984), güneş ışığındaki ultraviyole dalga boylarının sahip olduğu yüksek enerji sayesinde, boya ve vernik katmanlarında bozulmaların yaşanmış olabileceğini bildirmiştir.

Buna ek olarak, çalışmada kullanılan vernik içerisinde ışığı kırabilecek renk pigmentleri bulunmadığından, renk değişiminin sadece vernik katmanında değil, aynı zamanda ağaç malzeme yüzeyinde de olduğu söylenebilir.

Çizelge 5’de, 3 ve 5 kat olarak UV sistem vernik uygulanmış gülibrişim odununda yaşlandırma öncesi ve sonralarında belirlenmiş olan yüzeye 20°, 60° ve 85°’de liflere dik (⊥) ve paralel (//) parlaklık ölçümlerine ait varyans analizi sonuçları gösterilmektedir. Çizelge 5’e göre;

bütün derece açıları ve yönler için faktör kat sayısı (A), faktör yaşlandırma süresi (B) ve bu faktörlerin etkileşimi (AB) anlamlı olarak bulunmuştur.

3 ve 5 kat olarak UV sistem vernik uygulanmış gülibrişim odununda yaşlandırma öncesi ve sonralarında belirlenmiş olan yüzeye 20°, 60° ve 85°’de liflere dik (⊥) ve paralel (//) parlaklık değerlerine ait sonuçlar Çizelge 6’da verilmiştir. Çizelge 6’ya göre, parlaklıkta 5 kat UV sistem vernik uygulanmış deney örneklerinin kontrol ölçümleri 3 kat uygulananlardan daha yüksek elde edilmiştir. Buna ek olarak 3 ve 5 kat UV sistem vernik uygulanmış deney örneklerinde 20°, 60° ve 85°’de liflere dik (⊥) ve liflere paralel (//) parlaklık değerlerine ait sonuçlar, yaşlandırma işleminden dolayı azaldığı belirlenmiştir. 252 ve 504 saatlik periyotların sonlarında 3 kat UV sistem vernikli örneklerde 20°’de liflere dik (⊥) ve paralel (//) parlaklık değerleri aynı sonuçları vermiştir. 5 kat uygulamasında kullanılan “\*UV sealer clear S” ve “UV sealer clear S” kimyasallarından dolayı parlaklık değerlerinin yüksek olduğu söylenebilir. 3 ve 5 kat uygulamaları için 60° ve 85°’de liflere paralel (//) parlaklık değerlerinin, liflere dik (⊥) parlaklık değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Literatürde, fırça uygulaması veya püskürtme ile kaplama sonrası yüzeyler genel olarak pürüzlü olduğundan, ahşap yüzeylerde aşınma ve erozyon, parlaklığın bozulmasına neden olduğu şeklinde açıklanmıştır (Yalınkılıç vd., 1999).

Çizelge 4. Toplam renk farkı değerlerine ait sonuçlar

Kat sayısı	Yaşlandırma süresi	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
3	252 saat	-10.70	6.06	10.96	16.48
	504 saat	-12.65	2.58	3.29	13.39
5	252 saat	-09.54	7.07	12.44	17.22
	504 saat	-13.74	9.93	13.14	21.52

Çizelge 5. Parlaklık değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Test	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha \leq 0,05$
//20°’de parlaklık	Kat sayısı (A)	50.759	1	50.759	3972.689	0.000
	Yaşlandırma süresi (B)	37.788	2	18.894	1478.768	0.000
	Etkileşim (AB)	15.375	2	7.687	601.668	0.000
	Hata	3.756	294	0.013		
	Toplam	409.280	300			
//60°’de parlaklık	Kat sayısı (A)	4864.213	1	4864.213	30246.756	0.000
	Yaşlandırma süresi (B)	2435.758	2	1217.879	7573.042	0.000
	Etkileşim (AB)	1074.208	2	537.104	3339.832	0.000
	Hata	47.280	294	0.161		
	Toplam	25749.460	300			
//85°’de parlaklık	Kat sayısı (A)	14991.228	1	14991.228	23336.061	0.000
	Yaşlandırma süresi (B)	6855.109	2	3427.555	5335.495	0.000
	Etkileşim (AB)	1240.110	2	620.055	965.207	0.000
	Hata	188.867	294	0.642		
	Toplam	60860.290	300			
//20°’de parlaklık	Kat Sayısı (A)	50.266	1	50.266	25818.035	0.000
	Yaşlandırma Süresi (B)	44.248	2	22.124	11363.600	0.000
	Etkileşim (AB)	19.366	2	9.683	4973.568	0.000
	Hata	0.572	294	0.002		
	Toplam	417.260	300			
//60°’de parlaklık	Kat sayısı (A)	4475.286	1	4475.286	34681.712	0.000
	Yaşlandırma süresi (B)	2056.552	2	1028.276	7968.738	0.000
	Etkileşim (AB)	737.837	2	368.919	2858.974	0.000
	Hata	37.937	294	0.129		
	Toplam	21080.510	300			
//85°’de parlaklık	Kat sayısı (A)	11976.401	1	11976.401	107221.957	0.000
	Yaşlandırma süresi (B)	3505.268	2	1752.634	15690.930	0.000
	Etkileşim (AB)	2310.101	2	1155.051	10340.901	0.000
	Hata	32.839	294	0.112		
	Toplam	34647.150	300			

Limon (Ayata, 2019), meşe (Gürleyen vd., 2019), iroko, limba, sapelli (Gürleyen vd., 2017a), üvez (Gürleyen vd., 2017b), sarıçam (Gürleyen vd., 2017c) ve kayın (Ayata vd., 2017a) ağaç türlerine ait odunlardan hazırlanmış ve UV sistem vernik uygulanmış deney örnekleri üzerinde de benzer sonuçların görüldüğü bildirilmiştir. Çalışma sonuçları literatürle paralellik göstermiştir.

Çizelge 7’de, 3 ve 5 kat olarak UV sistem vernik uygulanmış gülibrişim odununda yaşlandırma öncesi ve

sonlarında belirlenmiş olan salımsal sertlik ve yüzeye yapışma direnci testleri için varyans analizi sonuçları verilmiştir. Çizelge 7’ye göre; yüzeye yapışma direncine ait faktör yaşlandırma süresi (B) anlamlı elde edilirken, faktör kat sayısı (A) ve bu faktörlerin etkileşimi olan (AB) anlamsız olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak, diğer sertlik için faktör kat sayısı (A), faktör yaşlandırma süresi (B) ve bu faktörlerin etkileşimi (AB) anlamlı olarak elde edilmiştir.

Çizelge 6. Parlaklık değerlerine ait sonuçlar

Test	Kat sayısı	Yaşlandırma süresi	N	Ortalama	HG	SS	Minimum	Maksimum	COV
//20°’de parlaklık	3	Kontrol	50	0.77	D	0.06	0.60	0.80	7.79
		252 saat	50	0.50	E**	0.00	0.50	0.50	0.00
		504 saat	50	0.50	E**	0.00	0.50	0.50	0.00
	5	Kontrol	50	2.23	A*	0.24	1.60	2.50	10.76
		252 saat	50	1.07	B	0.09	1.00	1.30	8.41
		504 saat	50	0.94	C	0.08	0.80	1.00	8.51
//60°’de parlaklık	3	Kontrol	50	4.88	D	0.28	4.10	5.20	5.74
		252 saat	50	3.25	E	0.13	3.10	3.40	4.00
		504 saat	50	2.59	F**	0.05	2.50	2.70	1.93
	5	Kontrol	50	18.25	A*	0.21	17.80	18.70	1.15
		252 saat	50	9.22	B	0.88	7.90	10.60	9.54
		504 saat	50	7.41	C	0.21	7.10	7.70	2.83
//85°’de parlaklık	3	Kontrol	50	7.60	D	0.16	7.50	8.00	2.11
		252 saat	50	4.44	E	0.57	3.80	5.50	12.84
		504 saat	50	0.34	F**	0.17	0.10	0.60	50.00
	5	Kontrol	50	27.48	A*	0.32	26.80	28.10	1.16
		252 saat	50	15.63	B	1.78	13.10	19.00	11.39
		504 saat	50	11.67	C	0.47	11.00	12.60	4.03
120°’de parlaklık	3	Kontrol	50	0.79	C	0.04	0.70	0.80	5.06
		252 saat	50	0.50	D**	0.00	0.50	0.50	0.00
		504 saat	50	0.50	D**	0.00	0.50	0.50	0.00
	5	Kontrol	50	2.28	A*	0.06	2.10	2.40	2.63
		252 saat	50	1.18	B	0.07	1.10	1.30	5.93
		504 saat	50	0.78	C	0.04	0.70	0.80	5.13
160°’de parlaklık	3	Kontrol	50	4.37	D	0.12	4.30	4.70	2.75
		252 saat	50	2.44	E	0.07	2.40	2.70	2.87
		504 saat	50	1.93	F**	0.05	1.90	2.00	2.59
	5	Kontrol	50	16.34	A*	0.46	15.80	17.30	2.82
		252 saat	50	9.18	B	0.62	8.70	12.00	6.75
		504 saat	50	6.40	C	0.41	5.80	7.00	6.41
185°’de parlaklık	3	Kontrol	50	2.02	D	0.22	1.60	2.40	10.89
		252 saat	50	1.04	E	0.20	0.70	1.40	19.23
		504 saat	50	0.45	F**	0.16	0.10	0.60	35.56
	5	Kontrol	50	22.27	A*	0.68	20.80	23.00	3.05
		252 saat	50	11.54	B	0.15	11.30	11.80	1.30
		504 saat	50	7.61	C	0.28	7.10	8.10	3.68

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu, COV: Varyasyon Katsayısı, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

Çizelge 7. Yüzeye yapışma direnci ve sertlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Test	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	$\alpha \leq 0,05$
Yapışma direnci	Kat sayısı (A)	0.214	1	0.214	1.135	0.297*
	Yaşlandırma süresi (B)	5.984	2	2.992	15.849	0.000
	Etkileşim (AB)	0.183	2	0.091	0.484	0.622*
	Hata	4.531	24	0.189		
	Toplam	204.435	30			
Salımsal sertlik	Kat sayısı (A)	10560.267	1	10560.267	324.119	0.000
	Yaşlandırma süresi (B)	399.700	2	199.850	6.134	0.004
	Etkileşim (AB)	2462.633	2	1231.317	37.792	0.000
	Hata	1759.400	54	32.581		
	Toplam	253322.000	60			

\*: 0.05 düzeyinde anlamlı değil

3 ve 5 kat olarak UV sistem vernik uygulanmış gülibrişim odununda yaşlandırma öncesi ve sonralarında belirlenmiş olan yüzeye yapışma direncine ve salınımsal sertlik testlerine ait sonuçlar Çizelge 8’de verilmiştir. Yüzeye yapışma direnci değerleri, her iki uygulama için yaşlandırmadan sonra azalmıştır. 5 kat uygulamasının 252 saatlik yaşlandırma sonrasındaki yapışma direnci artarken bu durum 3 kat uygulamasında azalmıştır. 5 kat uygulamasının kontrol yapışma ölçümleri (3.212), 3 kat uygulamasından (3.128) yüksek, kat sayısı faktörünün (A) ve etkileşimin (AB) yapışma direncine olan etkisi ise anlamsız çıkmıştır. Buna göre 3 ve 5 kat uygulamalar için dolgu verniği uygulamalarından sonra kullanılan kimyasalların yapışmada etkili sonuç vermediği söylenebilir. Bilgen’e (2010) göre, nem, sıcaklık, güneş ışığının değişik dalga boylarının ve UV radyasyonunun etkili olduğu, bu etkiler vernik katmanında genleşmeye sebep olacağından, vernik katmanı ile yapışma yüzeyi arasındaki adezyonu azaltarak yapışma direncinde azalmaya sebep olabileceği ifade edilmiştir.

Çalışmada, uzun süreli UV yaşlandırma uygulaması ile 5 kat olarak uygulanmış olan UV sistem parke vernik katmanlarının yüzey sertliği ve dolayısı ile salınımsal sertlik değeri artarken, 3 kat uygulamasında azaldığı görülmektedir. Bu durum, 3 ve 5 kat uygulamada kullanılan farklı kimyasalların ve üretiminde kullanılan reçinenin yapısal özelliklerinden dolayı kaynaklandığı söylenebilir.

Literatürde meşe (Gürleyen vd., 2019), üvez (Gürleyen vd., 2017b), sarıçam (Gürleyen vd., 2017c), kayın (Ayata vd., 2017a), dişbudak (ısıtılmış 212°C’de 2 saat) (Ayata vd., 2017b), limba, kestane, sapelli ve iroko (Ayata ve Çavuş, 2018) odunlarına uygulanmış UV sistem verniklerinde de çok kat uygulamasına ait salınımsal sertlik değerleri, az katlı olan uygulamalardan yüksek elde edilmiştir.

Literatürde, üretan, alkid ve klorinat polimerleri kullanılarak, UV yaşlandırması ile asidik kondisyon artışının hidrolize neden olduğu, sertlikte azalmaya neden olduğu (Perrin vd., 2001) ve katman sertliğindeki artışın ise yaşlandırma işlemi sırasında artış gösteren sıcaklık etkisinin vernik molekülleri arasında kurulan çapraz bağları artırdığı, bunun da polimerik katmanlardaki sertliğin artmasına yol açtığı şeklinde bildirilmiştir (Çakıcıer, 2007).

Bilgen (2010) tarafından vernik katmanı için nem, sıcaklık, güneş ışığının değişik dalga boyları ve UV radyasyonunun etkili olduğu ve bunların etki düzeylerinin günün farklı saatleri ile mevsimsel değişikliklere göre farklılaşabileceği, vernik katmanında genleşmeye sebep

olacağı, bununda vernik katmanı ile örnek yüzeyi arasındaki adezyonu azaltarak yapışma direncinde azalmaya sebep olacağı ifade edilmiştir.

Clerc vd. (2017) tarafından yapılan açıklamada, hava koşullarına bağlı yapışma mukavemeti kaybı, çoğu zaman yapıştırıcının kimyasal olarak bozulmasından ziyade ahşabın bozulmasından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Ayata (2019), yaptığı çalışmada yaşlandırma sonrasında UV sistem vernikli malzemelerde adezyon değerinin azaldığı ifade edilmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Şimdiye kadar, gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununa uygulanmış UV sistem parke verniğine ait herhangi bir çalışmanın yapılmadığı anlaşılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre;

1) Gülibrişim odununa uygulanan UV sistem vernik kat sayısı (3 ve 5), hızlandırılmış yaşlandırma süreleri ve yapılan testler [ışıklılık ( $L^*$ ), kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu, sarı renk ( $b^*$ ) tonu, 20°, 60° ve 85°’de liflere dik ( $\perp$ ) ve paralel ( $\parallel$ ) parlaklık değerleri ve salınımsal sertlik] ile elde edilen istatistik sonuçlarına göre varyans analizlerinin önemli bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2) 5 kat UV sistem uygulamasına sahip örneklerin 20°, 60° ve 85°’deki parlaklık değerleri ve kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu değerleri, 3 kat UV sistem uygulamasına sahip örneklerden yüksek elde edilmiştir.

3) Çalışmada kullanılan UV sistem vernik kimyasallarının sahip olduğu yapısal özelliklerinden dolayı yaşlandırma işlemlerinden sonra 3 ve 5 kat UV sistem vernikler için kırmızı renk ( $a^*$ ) tonu ve sarı renk ( $b^*$ ) tonu değerlerinde artışlara, ışıklılık ( $L^*$ ) değerlerinde ve yapışma direnci değerlerinde azalışa sebep olduğu görülmüştür.

4) Genel olarak, yaşlanma süresindeki artışla birlikte 3 kat uygulamasında yüzeye yapışma direnci değerinde ve salınımsal sertlik gücünde azalma olduğu görülmektedir.

5) UV sistem vernik uygulamalarında kullanılan verniklerin (Çizelge 1.) aynı ağaç türünde farklı sonuçlara sebebiyet verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

6) Gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununun UV sistem parke endüstrisinde kullanıldığı taktirde teknik ve estetik bakımından çeşitliliği artıracığı ve tercih edilebilirliği öngörülmektedir.

Bu nedenle her parke çeşidi üretim amacına ve özelliklerine uygun yerlerde kullanılmalıdır.

Çizelge 8. Yüzeye yapışma direnci ve sertlik değerlerine ait sonuçlar

Test	Kat sayısı	Yaşlandırma süresi	N	Ortalama	HG	SS	Minimum	Maksimum	COV
Yüzeye yapışma direnci (MPa)	3	Kontrol	5	3.128	A	0.69	2.230	4.040	22.06
		252 saat	5	2.170	B	0.55	1.610	2.810	25.35
		504 saat	5	2.068	B**	0.06	2.010	2.160	2.90
	5	Kontrol	5	3.212	A*	0.54	2.550	4.030	16.81
		252 saat	5	2.205	B	0.17	2.050	2.455	7.71
		504 saat	5	2.456	B	0.14	2.310	2.660	5.70
Salınımsal sertlik	3	Kontrol	10	54.70	C**	5.54	43.00	61.00	10.13
		252 saat	10	49.70	DC	4.69	39.00	56.00	9.44
		504 saat	10	44.80	D	2.74	40.00	49.00	6.12
	5	Kontrol	10	64.00	B	3.33	60.00	69.00	5.20
		252 saat	10	80.00	A	4.83	71.00	86.00	6.04
		504 saat	10	84.80	A*	10.04	71.00	105.00	11.84

N: Ölçüm Sayısı, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik grubu, COV: Varyasyon Katsayısı, \*: En yüksek değer, \*\*: En düşük değer

## Açıklama

Yazar, UV sistem parke verniği uygulamaları için KPS Fabrikası'na (Düzce, Türkiye) teşekkür etmektedir.

## Kaynaklar

- Anderson, E.L., Pawlak, Z., Owen, N.L., Feist, W.C., 1991. Infrared studies of wood weathering, Part I: Softwoods. *Applied Spectroscopy*, 45: 641-647.
- ASTM D 2244-3, 2007. Standard practice for calculation of color tolerances and color, differences from instrumentally measured color coordinates. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 4366-95, 1984. Standard test methods for hardness of organic coatings by pendulum test. ASTM, Philadelphia, PA.
- ASTM D 4541, 1995. Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Ayata, U., 2019. Effects of artificial weathering on the surface properties of ultraviolet varnish applied to lemonwood (*Citrus limon* (L.) Burm.). *Bioresources*, 14(4): 8313-8323. DOI: 10.15376/biores.14.4.8313-8323.
- Ayata, U., Cavus, V., 2018. The determination of the surface adhesion resistance and pendulum hardness on the parquets applied UV varnish as single and double layers. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(4): 541-545. DOI: 10.21923/jesd.388346.
- Ayata, U., Gurleyen, L., Esteves, B., Gurleyen, T., Cakicier, N., 2017a. Effect of heat treatment (ThermoWood) on some surface properties of parquet beech (*Fagus orientalis* Lipsky.) with different layers of UV system applied. *BioResources*, 12(2): 3876-3889. DOI: 10.15376/biores.12.2.3876-3889.
- Ayata, Ü., Gürleyen, T., Gürleyen, L., Esteves, B., Çakıcıer, N., 2017b. 212°C'de 2 saat süreyle ısıtılmış işlem görmüş (ThermoWood) ve tek/gift kat UV sistem parke vernik uygulanmış dişbudak (*Fraxinus excelsior*) odununda bazı yüzey özelliklerinin belirlenmesi, 5. Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, 29 Eylül - 01 Ekim, Bakü, Azerbaycan, s. 1318-1326.
- Bilgen, S., 2010. Dış ortam şartlarının verniklenmiş ardıç odununun bazı fiziksel özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Clerc, G., Brülisauer, M., Affolter, S., Volkmer, T., Pichelin, F., Niemz, P., 2017. Characterization of the ageing process of one-component polyurethane moisture curing wood adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 72: 130-138. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2016.09.008.
- Cothran, J.R., 2004. Treasured ornamentals of southern gardens - Michaux's lasting legacy. *Castanea, Occasional Papers*, 2: 149-157.
- Çakıcıer, N., 2007. Ağaç malzeme yüzey işleme katmanlarında yaşlanma sonucu belirlenen değişiklikler. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çavuş, V., 2019. İzmir'de yetişen gülibrişim (*Albizia julibrissin*) odununun bazı mekanik ve fiziksel özellikleri ile yüzey özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20(4): 440-447. DOI: 10.18182/tjf.611994.
- DeWolf, G.P., 1968. *Albizia julibrissin* and its cultivar "Ernest Wilson". *Arnoldia*, 28(4-5): 29-34.
- Feist, W.C., 1984. Painting and finishing wood for use outdoor. Forest Product Laboratory Report, 401-454.
- Gettman, R.W., 1976. Plants new to South Carolina and Oconee County, from the Andrew Pickens Division of Sumter National Forest, *Castanea*, 41 (4): 356-360.
- Gungor, M.N., Kurtoglu, A., Korkut, S., 2009. Solid wood flooring and multilayered parquet industries in Turkey. *Scientific Research and Essay*, 4(11): 1243-1247.
- Gürleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., Gurleyen, T., Cakicier, N., 2019. Effects of thermal modification of oak wood upon selected properties of coating systems. *Bioresources*, 14(1): 1838-1849. DOI: 10.15376/biores.14.1.1838-1849.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., Sivrikaya, H., Can, A., 2017a. Tek ve çift kat UV vernik sistemi uygulanmış parkelerde renk ve parlaklık değerlerinin belirlenmesi. 2. Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı Kapadokya (IMSTEC 2017), 11-13 Ekim, Nevşehir, Türkiye, s. 408-412.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., Çakıcıer, N., 2017b. Üvez (*Sorbus L.*) odununa uygulanan tek ve çift kat UV sistem parke vernik katmanlarında renk, parlaklık ve salınımsal sertlik değerlerinin belirlenmesi. 5. Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, 29 Eylül - 01 Ekim, Bakü, Azerbaycan, s. 1327-1336.
- Gürleyen, L., Ayata, U., Esteves, B., Cakicier, N., 2017c. Effects of heat treatment on the adhesion strength, pendulum hardness, surface roughness, color and glossiness of scots pine laminated parquet with two different types of UV varnish application. *Maderas-Ciencia y Tecnologia*, 19(2): 213-224. DOI: 10.4067/S0718-221X2017005000019.
- Higuchi, H., Kinjo, J., Nohara, T., 1992. An arrhythmic - inducing glycoside from *Albizia julibrissin* Durazz. IV. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 40(3): 829-831. DOI: 10.1248/cpb.40.829.
- Ikeda, T., Fujiwara, S., Araki, K., Kinjo, J., Nohara, T., Miyoshi, T., 1997. Cytotoxic glycosides from *Albizia julibrissin*. *Journal of Natural Products*, 60(2): 102-107. DOI: 10.1021/np960556t.
- ISO 2813, 1994. Paints and varnishes - determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 4892-3, 2016. Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 3: Fluorescent UV lamps. The International Organization for Standardization.
- Kang, J., Huo, C.H., Li, Z., Li, Z.P., 2007. New ceramides from the flower of *Albizia julibrissin*. *Chinese Chemical Letters*, 18(2): 181-184. DOI: 10.1016/j.ccl.2006.12.042.
- Kantay, R., Güngör, N.M., 2009. Tek tabakalı masif parkeler ve ilgili standartlar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, B-59(2): 51-65.
- Kneho, 2020. Products, Kneho UV lacquers, <https://www.kneho.com/en/branche/kneho-uv-lacquers>, Accessed: 22.12.2020.
- Lau, C.S., Carrier, D.J., Beitle, R.R., Bransby, D.I., Howard, L.R., Lay Jr, J.O., Liyanage, R., Clausen, E.C., 2007. Identification and quantification of glycoside flavonoids in the energy crop *Albizia julibrissin*. *Bioresource technology*, 98(2): 429-435.
- Miller, J.H., 2003. Nonnative invasive plants of southern forests: A field guide for identification and control. Gen. Tech. Rep. SRS-62. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 93 p.
- Moore, J.E., 2006. Effects of soil type and soil moisture on the germination and establishment of exotic and native trees of the North Carolina Piedmont. Faculty of The Graduate School at The University of North Carolina at Greensboro in Partial Fulfillment of the requirements for the Degree Master of Science.
- Mozaffarian, M., 2003. Trees and Shrubs of Iran. Farhang Moaser Publication, Iran.
- Nehdi, I., 2011. Characteristics, chemical composition and utilization of *Albizia julibrissin* seed oil. *Industrial Crops and Products*, 33(1): 30-34. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.08.004.
- Panahian, G.H., Rahnama, K., 2010. Fasarium wilts on native silk trees (*Albizia julibrissin* Durz) in the north of Iran. *Gorgan, International Journal of Agronomy and Plant Production*, 1(1): 1-5.
- Payne, H.F., 1965. Organic Coating Technology, Volume I. New York City Printing, New York, USA.

- Perrin, F.X., Irigoyen, M., Aragon, E., Vernet, J.L., 2001. Evaluation of accelerated weathering tests for three paint systems: A comparative study of their ageing behaviour. *Polymer Degradation and Stability*, 72: 115-124.
- Pharmacopoeia Committee of China, 2005. Chinese Pharmacopoeia, Vol. 1. Chemical Industry Press, Beijing.
- Sögütlü, C., Sönmez, A., 2006. Değişik koruyucular ile işlem görmüş bazı yerli ağaçlarda UV ışınlarının renk değiştirici etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1): 151-159.
- Sönmez, A., 1989. Ağaçtan yapılmış mobilya üstyüzeylerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tobe, J.D., Fairey, J.E., III, Gaddy, L.L., 1992. Flora of the Chauga River Gorge, Oconee County, South Carolina. *Castanea*, 57(2): 77-109.
- TS 2471, 1976. Wood - determination of moisture content for physical and mechanical tests. Turkish Standards Institution, Ankara, Turkey.
- TS 73 EN 13226, 2004. Ahşap yer döşemesi - Lamba ve/veya zıvanalı masif parke elemanları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13227, 2004. Ahşap yer döşemesi - Masif laminat parke ürünleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13228, 2004. Ahşap yer döşemesi - Parkeleri de içeren rabıtalı (Bindirmeli - Geçmeli) masif ahşap yer döşeme elemanları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13489, 2004. Ahşap yer döşemesi - Çok tabakalı parke elemanları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Wang, F.Q., Wang, E.T., Zhang, Y.F., Chen, W.X., 2006. Characterization of rhizo-biaisolated from *Albizia* spp. in comparison with microsymbionts of *Acacia* spp. and *Leucaena leucocephala* grown in China. *Systematic and Applied Microbiology*, 29(6): 502-517. DOI: 10.1016/j.syapm.2005.12.010.
- Weber, E., 2003. *Invasive Plant Species of the World: A Reference Guide to Environmental Weeds*. CABI Publishing, Cambridge, MA.
- Wood, A., 1876. *The American Botanist and Florist*. A.S. Barnes and Company, New York.
- Yalinkilic, M.K., Takahashi, M., Imamura, Y., Gezer, E.D., Demirci, Z., Ilhan, R., 1999. Boron addition to non or low formaldehyde cross-linking reagents to enhance biological resistance and dimensional stability for wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 57: 351-357.
- Zheng, H., Wu, Y., Ding, J., Binion, D., Fu, W., Reardon, R., 2004. *Invasive plants of Asian origin established in the United States and their natural enemies*, Vol. 1. United States Department of Agriculture Forest Service, FHTET, pp. 15-18.
- Zhu, Y.P., 1998. *Chinese Materia Medica Chemistry, Pharmacology and Applications*. Harwood Academic Publishers, Netherlands.

## Karaçam ve karakavak odunlarının bazı mekanik özellikleri üzerine karşılaştırmalı bir çalışma

Bekir Cihad Bal<sup>a</sup> , Ümit Ayata<sup>b,\*</sup> 

**Özet:** Çam ve kavak odunları Türkiye’de birçok yerde yetişmektedir. Her ağaç türü sahip oldukları anatomik yapılarından dolayı farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir. Bu çalışmada, karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve karakavak (*Populus nigra* L.) odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmış ve birbirleri ile kıyaslanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, karaçam odununda rutubet içeriği, hava kuru yoğunluk, eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci, şok direnci sırasıyla %9.77, 508 kg/m<sup>3</sup>, 118.7 N/mm<sup>2</sup>, 9789 N/mm<sup>2</sup>, 57 N/mm<sup>2</sup>, 0.416 kgm/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Ayrıca, karakavak odununda rutubet içeriği, hava kuru yoğunluk, eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci, şok direnci sırasıyla %9.81, 396 kg/m<sup>3</sup>, 75.1 N/mm<sup>2</sup>, 5438 N/mm<sup>2</sup>, 42 N/mm<sup>2</sup>, 0.438 kgm/cm<sup>2</sup> olarak elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çam, Kavak, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler

## A comparative study on some mechanical properties of black pine and black poplar woods

**Abstract:** Pine and poplar wood types grow in many places in Turkey. Each tree species has different physical and mechanical properties due to its anatomical structures. In this study, some physical and mechanical properties of black pine (*Pinus nigra*) and black poplar (*Populus nigra* L.) wood were investigated, and compared with each other. According to the results of the research, moisture content, air-dried density, bending strength, modulus of elasticity, compression strength and impact bending strength of black pine wood were 9.77%, 508 kg/m<sup>3</sup>, 118.7 N/mm<sup>2</sup>, 9789 N/mm<sup>2</sup>, 57 N/mm<sup>2</sup>, 0.416 kgm/cm<sup>2</sup>, respectively. In addition, moisture content, air-dried density, bending strength, modulus of elasticity, compression strength and impact bending strength of black poplar wood were 9.81%, 396 kg/m<sup>3</sup>, 75.1 N/mm<sup>2</sup>, 5438 N/mm<sup>2</sup>, 42 N/mm<sup>2</sup>, 0.438 kgm/cm<sup>2</sup>, respectively.

**Keywords:** Pine, Poplar, Physical properties, Mechanical properties

### 1. Giriş

Çam ve kavak ağaç türleri Türkiye’nin birçok bölgesinde bulunmaktadır (Şanivar ve Zorlu, 1980).

Karaçam (*Pinus nigra*) ağacı öz odunlu olup, diri odunu geniş, öz odunu dar, çok reçineli, başkesitinde yıllık halkalarının görünüşü açık ve belirli olup yumuşak yapılıdır. Karaçam yapıların iç ve dış bölümlerinde, gemi ve vagonların iç bölümlerinde, köprü ayaklarında, maden direklerinde ve ambalaj sanayinde geniş bir kullanıma sahip olmaktadır (Şanivar ve Zorlu, 1980). Karaçam odununu üzerinde yapılan önceki çalışmalarda; radyal yönde genişleme %6.57, hacimsel genişleme %14.23, teğet yönde genişleme %7.19, radyal yönde daralma %5.69, teğet yönde daralma %7.12, hacimsel daralma %12.40 (Kardaş, 2014), selüloz %48.27, ekstraktif madde içeriği %8.71, holoselüloz %64.27, α-selüloz %40.10, lignin %34.32, sıcak su çözünürlüğü %8.688, soğuk su çözünürlüğü %7.42, kül içeriği %0.60, %1’lik NaOH çözünürlüğü, %19.75 (Akyürek, 2019), statik kalite değeri 8.0 (Var ve Kardaş, 2017), ısı iletkenlik değeri 0.143 W/m.K (Çavuş vd., 2019) ve *Coniophora puteana* mantarına karşı 12 haftalık süre sonrasındaki kütle kaybı %43.9 (Lykidis vd., 2013) olarak belirlenmiştir.

Karakavak (*Populus nigra* L.) ağaç türü ise çoğunlukla silindirik gövdeli, uzun yapılı, basit yapraklı, dağınık gözenekli ağaç grubundandır. Kolay biçilir, zor rendelenir ve güç yarıdır. Kavak, yapı işlerinde, soyma ve kesme kaplama üretiminde, kontrplak üretiminde ambalaj sanayinde, kâğıt hamuru üretiminde, oturma mobilyasının iskeletinde kullanılmaktadır (Dinçel vd., 1970). Türkiye’de karakavak türünün iki taksonu olduğu ve bu taksonlara ait çeşitli mutantlarının olduğu bildirilmiştir (Küçükosmanoğlu, 2009). Karakavak odunu üzerinde yapılan önceki çalışmalarda, basınç direnci 25.46 MPa, Brinell sertlik değeri teğet ve radyal yüzeylerde sırası ile 1.84 kN ve 1.10 kN (Hashemi vd., 2010), %1’lik NaOH çözünürlüğü %15.02, ekstraktif madde miktarı %2.35, holoselüloz miktarı %69.63, hemiselüloz miktarı %28.46, alfa selüloz miktarı %41.17, inorganik madde miktarı %0.39 (Narlıoğlu, 2012) ve *Trametes versicolor* mantarına karşı ağırlık kaybı %47.5 (Karimi vd., 2013) olarak bulunmuştur.

İğne yapraklı ağaçlar ile geniş yapraklı ağaçların birbirlerinden önemli bazı farklılıkları bulunmaktadır. Büyüme özellikleri, görünüş özellikleri, lif morfolojisi, kabuk, tohum ve odun özellikleri arasında önemli farklılıklar vardır. İğne yapraklı ağaç odunları yumuşak odunlar ve geniş yapraklı ağaç odunları ise sert odunlar

✉ <sup>a</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Malzeme Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>b</sup> Bayburt Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bayburt

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 16.09.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 30.11.2020



**Citation** (Atıf): Bal, B.C., Ayata, Ü., 2020. Karaçam ve karakavak odunlarının bazı mekanik özellikleri üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 461-467. DOI: [10.18182/tjf.795698](https://doi.org/10.18182/tjf.795698)

olarak adlandırılmaktadır. Bazı türler hariç, geniş yapraklı ağaç türleri daha yüksek yoğunluğa sahiptir. Odunun fiziksel, mekanik, kimyasal ve biyolojik dayanıklılığı gibi özelliklerini, odun yoğunluğu, odunun rutubet içeriği, ekstraktif içeriği ve lif özellikleri gibi faktörler etkilemektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Önceki çalışmalarda, odun yoğunluğu arttıkça daralma ve genişleme yüzdesinin arttığı, içerisine aldığı su miktarının azaldığı belirlenmiştir (Kollmann ve Cote, 1968; Bozkurt ve Göker, 1996; Bal ve Bektaş, 2018a). Odun yoğunluğunun artması ile mekanik özelliklerinin arttığı tespit edilmiştir (Kollmann ve Cote, 1968; Bozkurt ve Göker, 1996; Bal vd., 2012; Bal ve Bektaş, 2018b). Genel bir kural olarak yüksek yoğunluğa sahip olan odunların aynı zamanda yüksek mekanik özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir (Kollmann ve Cote, 1968; Bozkurt ve Göker, 1996).

Önceki çalışmalar incelendiğinde, yazarların ulaşabildiği kadariyle, Türkiye’de endüstriyel olarak çok fazla kullanılan karaçam ve karakavak odunlarının mekanik özellikleri üzerine yeterli içerikte karşılaştırmalı bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada, farklı yoğunluk değerlerine sahip olan iğne yapraklı bir ağaç türü olan karaçam odunu ve geniş yapraklı bir ağaç türü olan karakavak odununun mekanik özellikleri karşılaştırmalı olarak çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Denemelerde kullanılan karaçam (*Pinus nigra*) ve karakavak (*Populus nigra* L.) odunu, Kahramanmaraş ili keresteciler sitesinden tomruk olarak temin edilmiştir. Her iki tür de Kahramanmaraş ilinde yetişmiş türlerdir.

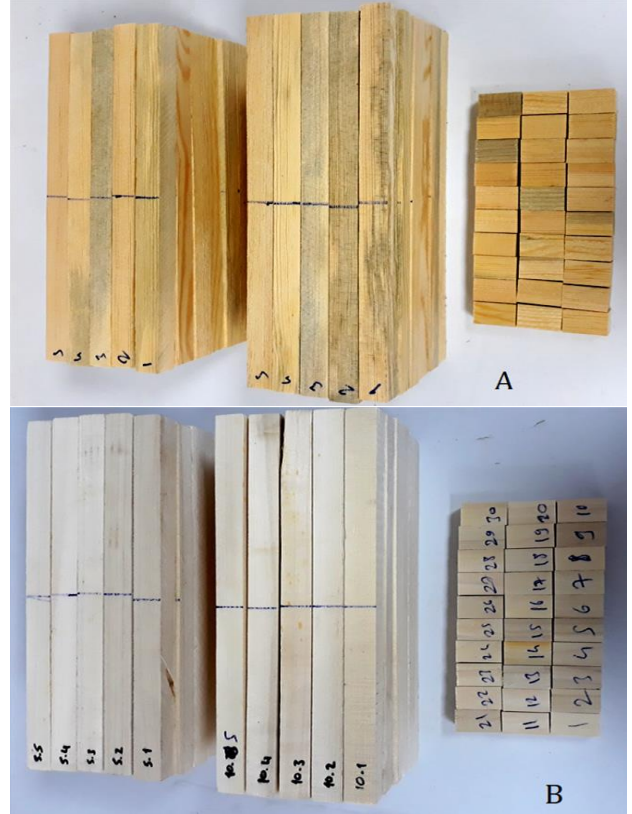
Test örnekleri budak, çatlak, böcek yuvası, mantar çürüklüğü, reçine kesesi, lif kıvrıklığı gibi odun kusurları olmayan temiz kısımlardan hazırlanmıştır. Test örneklerinin görüntüsü Şekil 1’de verilmiştir.

### 2.2. Yöntem

#### 2.2.1. Fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Odunun rutubeti TS 2471’e göre ve yoğunluk değeri TS 2472’e göre hesaplanmıştır. Eğilme direnci TS 2474’e, eğilmede elastikiyet modülü TS 2478’e, şok direnci TS 2477’ye, liflere paralel basınç direnci TS 2595 numaralı standartta belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır.

Eğilme direnci ve şok direnci denemelerinde kuvvet test örneğinin radyal yüzeyine uygulanmıştır. Eğilme direnci ve liflere paralel basınç direnci testlerinde test hızı 8 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Eğilme direnci test örneği 2x2x30 cm ölçülerinde hazırlanmıştır. Mesnet açıklığı 24 cm olarak ayarlanmıştır. Bu testler hidrolik sistemle çalışan statik malzeme test cihazında Şekil 2-A ve 2-C’de görüldüğü gibi yapılmıştır. Şok direnci testleri Şekil 2-B’de görüldüğü gibi şok direnci test cihazı ile yapılmıştır. Denemeler sonunda elde edilen test sonuçları, her iki ağaç türünün rutubet miktarı birbirine çok yakın olduğu için, %12 rutubet seviyesine tahvil işlemi yapılmamıştır.



Şekil 1. Eğilme direnci, şok direnci ve basınç direnci test örnekleri (A: Karaçam, B: Karakavak)

### 2.3. İstatistiksel analiz

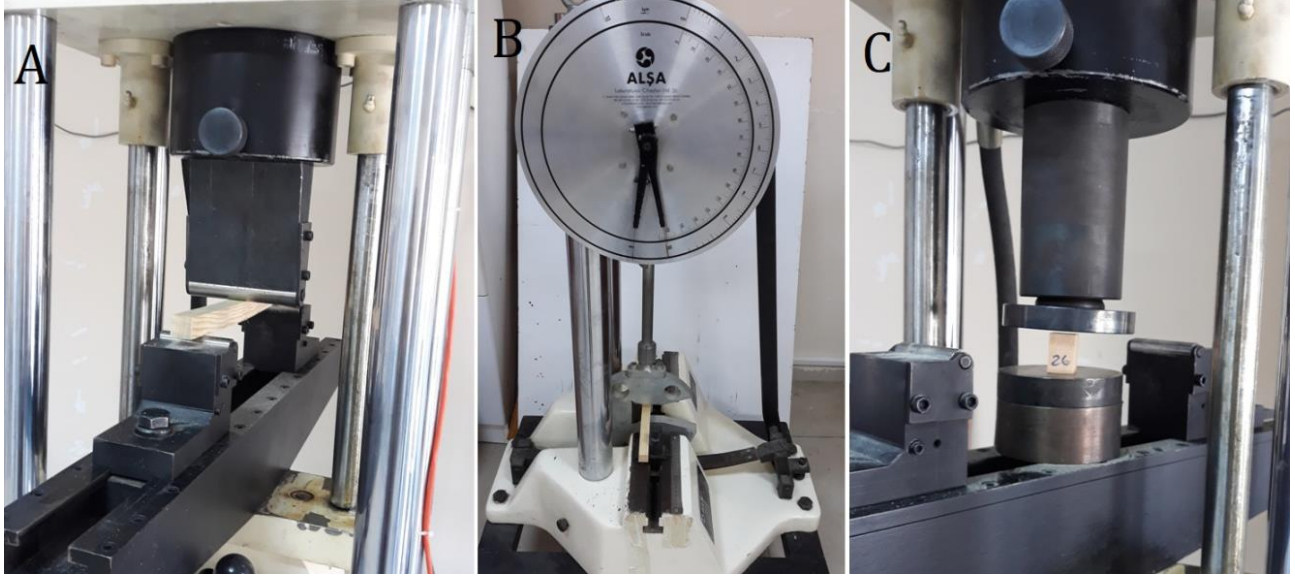
Çalışmada yapılmış olan testlere ait minimum ve maksimum ölçüm sonuçları, standart sapmaları ve ortalamaları belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar çizelgeler halinde sunulmuştur.

## 3. Bulgular ve tartışma

Denemelerden elde edilen rutubet, yoğunluk, eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci ve şok direnci test sonuçları, aşağıda Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’e göre, rutubet içeriklerinin birbirlerine çok yakın olduğu, karaçam odununun hava kuru yoğunluk değeri, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve basınç direncinin karakavak odunununkinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Şok direnci ise diğer mekanik özelliklerin aksine karakavak odununda daha yüksek belirlenmiştir. Çizelge 1’de verilen rutubet içerikleri göz önüne alındığında, mekanik özellikler arasında belirlenen farkların rutubet içeriğinden kaynaklandığı söylenemez.

Hava kuru yoğunluk değerleri incelendiğinde, karaçam odununun yoğunluğunun karakavak odunundan önemli derecede daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumda, yoğunluğu yüksek olan karaçam odununun tüm mekanik özelliklerinin karakavak odunundan daha yüksek olması beklenir.





Şekil 2. Testlerin yapılması (A: Eğilme direnci, B: Şok direnci, C: Basınç direnci)

Çizelge 1. Rutubet, yoğunluk ve mekanik özelliklere ait test sonuçları

Ağaç türü	İstatistik değerler	Rutubet (%)	Hava kuru yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ )	Eğilme direnci ( $\text{N/mm}^2$ )	Elastikiyet modülü ( $\text{N/mm}^2$ )	Basınç direnci ( $\text{N/mm}^2$ )	Şok direnci ( $\text{kgm/cm}^2$ )
Karaçam	Ortalama	9.77	508	118.7	9789	57.0	0.416
	Standart sapma	0.28	29	11.4	1630	4.4	0.104
	Minimum	9.11	447	95.5	7012	48.2	0.224
	Maksimum	10.29	584	138.7	12661	65.2	0.600
Karakavak	Ortalama	9.81	396	75.1	5438	42.0	0.438
	Standart sapma	0.31	15	4.5	782	2.5	0.085
	Minimum	9.09	361	68.8	4394	37.1	0.277
	Maksimum	10.41	430	84.3	7893	45.8	0.602

Önceki çalışmalarda yoğunluk ile mekanik özellikler arasında doğrusal güçlü bir ilişki olduğu ve yoğunluk arttıkça mekanik özelliklerin de arttığı belirlenmiştir (Kollmann ve Cote, 1968; Malkoçoğlu 1994; Bozkurt ve Göker, 1996; Kantay vd., 2000; Gündüz, 1999; Bal vd., 2012; Bal ve Bektaş, 2018b; Çavuş, 2020). Ancak, Çizelge 1 incelendiğinde eğilme direnci, elastikiyet modülü ve basınç direnci karaçam odununda, şok direnci ise karakavak odununda daha yüksektir.

Efe ve Çağatay (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, geniş yapraklı kayın, meşe, kestane ve ceviz odunu ile iğne yapraklı bir tür olan sarıçam odunun mekanik özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, rutubet içeriği çok yakın olan ve yoğunluk değeri birbirine eşit olan kestane ile sarıçam odunun eğilme direnci, basınç direnci, makaslama direnci ve çekme direnci birbirinden önemli derecede farklılık göstermiştir. Elastikiyet modülü, makaslama direnci, eğilme direnci ve çekme direnci sarıçam odununda daha yüksek belirlenmiş ancak, basınç direncinde kestane odunu daha yüksek belirlenmiştir. Ayrıca, Efe ve Kasal (2007) tarafından yapılan çalışmada, kayın ve sarıçam odunu ve ayrıca bazı odun esaslı kompozit malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Yapılan testler sonucu elde edilen verilere göre; kayın odununun yoğunluk değeri, basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü değeri, makaslama direnci ve liflere paralel çekme direncinin sarıçam odununun değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada ise; basınç direnci iğne yapraklı bir ağaç olan göknar

odununda  $44.5 \text{ N/mm}^2$  ve geniş yapraklı bir ağaç olan gürgen odununda ise  $72,2 \text{ N/mm}^2$  olarak belirlenmiştir.

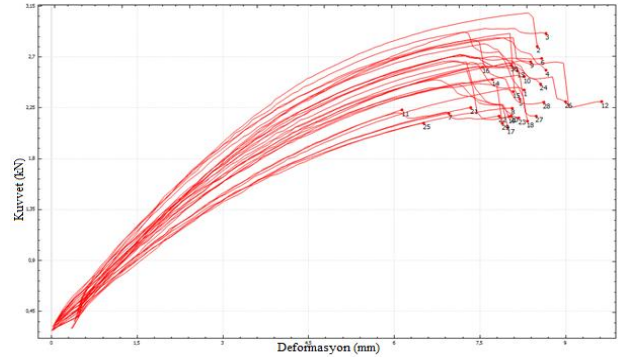
Efe ve Çağatay (2011) tarafından yapılan çalışmada, şok direnci testi yapılmamıştır. Bu nedenle şok direnci karşılaştırması yapılamamıştır. Diğer yapılan testler göz önünde bulundurularak şu sonuca varılabilir. İğne yapraklı ağaçlar ile geniş yapraklı ağaçların odunlarının mekanik özelliklerinin karşılaştırılmasında rutubet ve yoğunluk değerleri benzer olsa bile farklılık gösterebilmektedir. Bu durum, mekanik özellikleri etkileyen diğer odun özellikleri olan lif morfolojisi, yıllık halka yapısı ve odunun kimyasal içeriği ile ve ayrıca test ile ilgili olarak odun heterojenliği ile açıklanabilir. Geniş yapraklı ağaç odunları ile iğne yapraklı ağaç odunları lif morfolojisi bakımından önemli farklılıklar göstermektedir. İğne yapraklı ağaç odunları daha basit yapıdadır ve traheidler ile öz ışınları çok fazla oranda bulunur. Geniş yapraklı ağaç odunlarında ise odun lifleri, traheler, paraşim hücreleri ve öz ışınları bulunmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Hücre tiplerinin farklı olması mekanik özellikleri etkilemektedir. Odunun kimyasal içeriğinin farklı olması statik mekanik testler ile dinamik mekanik testler arasında farklılıklara neden olabilmektedir. Odunun selüloz içeriği eğilme direnci ve çekme direncini, lignin içeriği ise çekme ve şok direncini etkilemektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001). Ayrıca, yapılan bir çalışmada, iğne yapraklı bir ağaç olan sedir odununda ekstraktif maddelerin yoğunluğu artırdığı ancak mekanik özellikleri artıran bir etki yapmadığı rapor edilmiştir (Bal vd., 2012). Odunun heterojen bir yapıda olması da yapılan testleri önemli derecede etkilemektedir

(Garcia vd., 2012). Test örneklerinin ağacın, genç odun-olgun odun veya öz odun-diri odun gibi farklı yerlerinden alınması genel sonucu etkilemektedir (Bal, 2011; Bal vd., 2012; Bal ve Bektaş, 2013). Yapılan bazı önceki çalışmalarda, ağaç türü aynı olsa bile, farklı yörelerde yetişen ağaçların odunlarının farklı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Örneğin Bektaş (1997) tarafından yapılan çalışmada; Kızılcım (*Pinus Brutia* ten.) odununun teknolojik özellikleri ve yörelere göre değişimi incelenmiştir. Yapılan testler sonunda elde edilen verilere göre yoğunluk, daralma-genişleme gibi fiziksel özelliklerin yanında, eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci ve şok direnci gibi mekanik özelliklerin yöreler arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada ise; Kayın odununun toprak ve yetişme yeri ile ilgili değişkenlere göre fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Arazi meyili, rakım, toprağın asitliği, azot içeriği, fosfor ve potasyum gibi faktörlerin odun özellikleri üzerine etkisinin olduğu belirlenmiştir (Bircan, 2008).

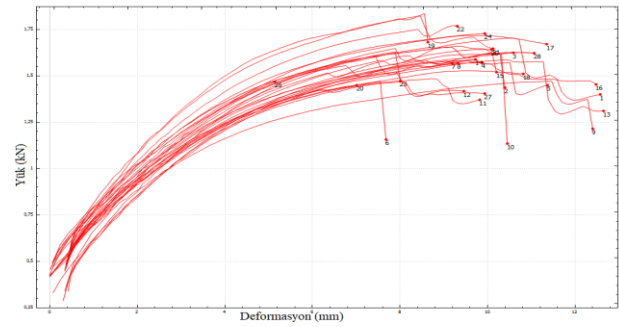
Şekil 3'te karaçam odununun eğilme direnci testi verileri ile oluşturulmuş yük-deformasyon grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, ön yük miktarı 0.250 kN sınırından sonra, deformasyon miktarının mm cinsinden kaydedildiği, elastik bölge sınırının yaklaşık olarak 3 ile 4.5 mm'ye kadar devam ettiği ve testin yaklaşık olarak 7 ile 8 mm'lik bir deformasyon sonunda tamamlandığı görülmektedir.

Şekil 4'te karakavak odununun eğilme direnci testine ait yük-deformasyon grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde ön yük miktarı aşıldıktan sonra, elastik bölge sınırının yaklaşık olarak 2 ile 4 mm aralığında olduğu ve testin yaklaşık olarak 8 ile 11 mm'lik bir deformasyon sonunda tamamlandığı (bazı istisnalar hariç) görülmektedir. Grafikten elde edilen bu veriler ve Çizelge 1'de verilen veriler göz önünde bulundurulduğunda karaçam odunun karakavak odununa göre daha gevrek olduğu söylenebilir.

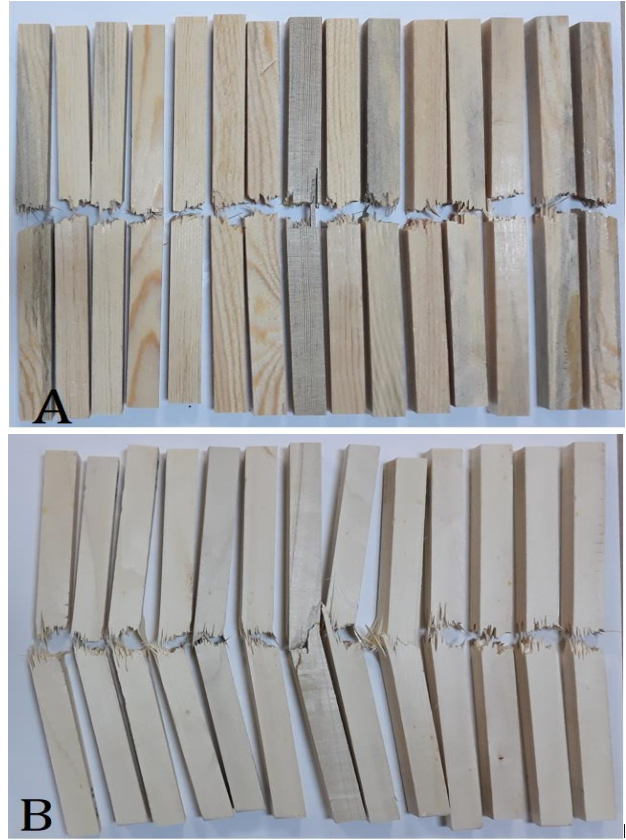
Şekil 5'te şok direnci testi sonrasında, karaçam ve karakavak odunları bazı test örneklerinin kırılma şekilleri görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde karaçam odunu test örneklerinin çoğu genel olarak kıymıksız kırılma şekline sahip oldukları ve karakavak odunu test örneklerinin çoğunun ise kıymıklı kırılma şekline sahip oldukları ve hatta bazı test örneklerinin kırılma sonrası tam olarak iki parçaya ayrıldıkları görülmektedir. Bu durum, şok direnci ile ilgili standartta (TS 2477) açıkça belirtilmiştir. Kıymıklı ve kıymıksız kırılma aslında odunun gevrek veya sünek olmasının göstergesidir. Uzun kıymıklı (3 mm'den uzun) kırılmalar kırılma olmayan, sünek (dayanıklı) odunu ve çok kısa kıymıklı (3 mm'den küçük) veya kıymıksız kırılmalar ise gevrek odunu göstermektedir. Şekil 5'e göre ve Çizelge 1'de verilen şok direnci test sonuçlarına göre, bu çalışmada testleri yapılan karaçam odununun karakavak odununa göre daha gevrek yapıda olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 3. Karaçam odununun eğilme direnci testine ait yük-deformasyon grafiği



Şekil 4. Karakavak odununun eğilme direnci testine ait yük-deformasyon grafiği



Şekil 5. Şok direnci testi sonrası test örneklerinin görüntüsü (A: Karaçam, B: Karakavak)

Çizelge 2. Karaçam ve karakavak odununun mekanik özellikleri üzerine yapılan önceki çalışmalar

Ağaç Türü	Hava kuruşu yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> )	Liflere paralel basınç direnci (N/mm <sup>2</sup> )	Dinamik eğilme (Şok) direnci (kgm/cm <sup>2</sup> )	Kaynak
Karaçam ( <i>Pinus nigra</i> Arnold)	508	118.70	9789.00	57.00	0.416	Tespit
	567	72.39	8616.00	44.75	-	Doğan (2018)
	-	112.00	-	60.00	-	Gündüz ve Aydemir (2009)
	-	137.62	7742.03	56.09	-	Karademir (2012)
	-	94.01	2321.32	41.44	-	Genç (2013)
	532	68.12	-	-	-	Doruk vd. (2010)
	460	82.28	-	38.59	-	Çolak (2005)
	-	107.99	7654.90	48.86	-	Yaldız (2017)
	-	71.45	-	47.61	-	Döğdü (2006)
	-	129.80	-	53.89	-	Akman (2018)
	-	99.55	-	44.54	-	Var ve Kardeş (2017)
	-	92.87	-	43.74	0.420	Göker (1977)
	-	107.48	-	46.90	0.560	Göker (1977)
	-	61.85	-	46.48	-	Erten ve Sözen (1997)
	-	63.30	5450.00	-	0.330	Bal (2014)*
	-	75.60	6800.00	-	0.470	Bal (2014)**
	-	119.91	7061.75	56.94	-	Gündüz (1999)
	-	131.76	15276.53	62.29	-	Kamperidou ve Barboutis (2017)
Karakavak ( <i>Populus nigra</i> L.)	396	75.10	5438.00	42.00	0.438	Tespit
	-	62.80	4214.20	-	0.528	Orhan (2017)
	-	75.60	5986.00	-	0.420	Kılavuz (2019)
	-	71.20	-	42.26	-	Şahin vd. (2006)
	380	62.03	-	22.78	-	Çolak (2005)
	-	51.92	7190.80	48.03	-	Taghiyari (2011)
	404	61.04	7088.00	32.64	-	Yorulmaz (2019)
	-	-	5449.00	-	-	Örs vd. (2006)
	-	64.30	5460.50	45.20	-	Taghiyari vd. (2013)
	441	82.86	8694.85	40.84	-	Dağlıoğlu (2010)
<i>Populus tomentosa</i> Carrière	-	122.83	10520.00	-	-	Li vd. (2019)
<i>Populus tomentosa</i> Carr.	-	72.75	4355.83	-	-	Yan vd. (2015)
<i>Populus tremula</i> L.	-	47.00	4566.70	-	-	Aydemir vd. (2010)
<i>Populus tremula</i> L.	370	57.88	5321.00	34.12	-	Emiroğlu (2018)
<i>Populus alba</i>	-	83.80	6987.20	-	-	Aydemir vd. (2010)
<i>Populus cathayana</i> Rehd.	-	74.80	5722.00	-	-	Wang vd. (2012)
<i>Populus canadensis</i>	-	74.22	4886.24	45.59	-	Karademir (2012)
<i>Populus canadensis</i>	-	76.69	9302.99	-	-	Zhang vd. (2017)
<i>Populus alba x glandulosa</i>	-	64.43	-	34.61	-	Kyu ve Kyo (1987)
<i>Populus deltoides</i> R.89 (Lena)	385	64.76	-	27.19	-	Tunçtaner vd. (2004)
<i>Populus deltoides</i> S.307-26	405	57.22	-	26.72	-	Tunçtaner vd. (2004)
<i>Populus deltoides</i> Samsun	400	83.99	-	29.15	-	Tunçtaner vd. (2004)
<i>Populus x euramericana</i> 10/62	380	62.17	-	21.11	-	Tunçtaner vd. (2004)
<i>Populus x euramericana</i> Cima	400	73.91	-	27.88	-	Tunçtaner vd. (2004)
<i>Populus x euramericana</i> L. Avanzo	385	71.11	-	26.88	-	Tunçtaner vd. (2004)
<i>Populus euroamericana</i>	-	63.09	4724.42	35.16	-	Gökmen (2017)
<i>Populus x euramericana</i> I-214***	351	45.80	4357.00	31.60	0.300	Bal (2011)
<i>Populus x euramericana</i> I-214****	337	64.10	5882.00	37.80	0.459	Bal (2011)
<i>Populus euramericana</i> cv. I-214	320	53.89	-	28.88	-	Tunçtaner vd. (2004)

\* Genç odun, \*\* Olgun odun, \*\*\* Öz odun, \*\*\*\* Diri odun

Karaçam ve karakavak odununun mekanik özellikleri üzerine yapılan önceki çalışmalar Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, yapılan bu çalışma ile önceki çalışmalarda tespit edilen yoğunluk, eğilme direnci ve basınç direnci gibi fiziksel ve mekanik özelliklerde hem çam odunu ve hem de kavak odunu için önemli veya önemsiz farklar içerdiği görülmektedir. Bu farklılıkların temel nedenlerinin ağaç türü varyetesi, yetiştirme yeri, coğrafi bölge, test örneklerinin ağaçtan alındığı yer, odun rutubeti, odun kusurları, test metodu olduğu söylenebilir (Bozkurt ve Göker, 1996; Bozkurt ve Erdin, 1997; Örs ve Keskin, 2001).

#### 4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada iğne yapraklı ağaçlardan karaçam odunu ile geniş yapraklı ağaçlardan karakavak odununun bazı mekanik özellikleri benzer rutubet içeriğine sahip test örnekleri üzerinde karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Yapılan testler sonunda elde edilen veriler doğrultusunda şu sonuçlar söylenebilir;

- Karaçam odununun hava kuruşu yoğunluk değeri karakavak odunundan daha yüksektir. Önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlarda dikkate alındığında, yoğunluğun, farklı ağaçlardan elde edilen odun örnekleri üzerinde yapılan testleri etkileyen en önemli odun özelliği olduğu söylenebilir.

- Karaçam odununun eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci test sonuçları karakavak odununkinden daha yüksektir. Bu sonuçlar üzerine odun yoğunluğunun etkisi büyüktür. Ayrıca, önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, odun lif yapısı, kimyasal içeriği, reçine miktarı gibi faktörlerde mekanik özellikler üzerinde etkilidir.
- Karaçam odununun şok direnci karakavak odunundan daha düşüktür. Şok direnci kırılma şekillerine göre karaçam odunu karakavak odununa göre daha gevreklerdir. Eğilme direnci testlerine ait yük-deformasyon grafikleri de bu sonucu doğrulamaktadır.
- Karaçam ve karakavak odunlarının bu çalışmada yapılamayan, çekme testleri, makaslama testleri, sertlik testleri ve çivi-vida tutma testleri gibi testlerinin yapılarak karşılaştırılması olarak çalışılması önerilir.

### Kaynaklar

- Akman, M., 2018. Isıl işlem uygulanmış ebe karaçamının bazı mekanik özellikleri ve yetiştirme muhiti için toprak özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Akyürek, Ş., 2019. Isıl işlemin karaçam (*Pinus nigra* J. F. var. *şeneriana*) odunu hücre çeperi bileşenleri ve çözünürlükleri üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Aydemir, D., Zor, M., Özden, S., Gündüz, G., 2010. Isıl işlem görmüş titre kavağı (*Populus tremula*) ve ak kavağı (*Populus alba*) odunlarının eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine muamele süresinin etkisi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, s. 1810-1818.
- Bal, B.C., 2011. Okaliptüs grandis (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex maiden) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri ve lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Bal, B.C., 2014. Some physical and mechanical properties of thermally modified juvenile and mature black pine wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72: 61-66. DOI 10.1007/s00107-013-0753-9.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., 2013. The mechanical properties of heartwood and sapwood of *E. Grandis* grown in Karabucak, Turkey. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 9(1): 71-77.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., 2018a. Kayın ve kavak odunlarında bazı fiziksel özelliklerle yoğunluk ilişkisinin belirlenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(1): 1-10. DOI: 10.33725/mamad.420917.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., 2018b. Odunun yoğunluğu ile bazı mekanik özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(2): 51-61. DOI: 10.33725/mamad.467353.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., Kaymakçı, A. 2012. Toros sedirinde genç odun ve olgun odunun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2): 17-27.
- Bektaş, İ., 1997. Kızıldağ (*Pinus Brutia* ten.) odununun teknolojik özellikleri ve yörelere göre değişimi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bircan, Ş., 2008. Batı Karadeniz kıyı bölgesinde yetişen kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin yetiştirme ortamı değişkenleriyle ilişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Çavuş, V., 2020. Koku lu ardıç odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bir araştırma. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 3(1): 1-9. DOI: 10.33725/mamad.717060.
- Çavuş, V., Sahin, S., Esteves, B., Ayata, U., 2019. Determination of thermal conductivity properties in some wood species obtained from Turkey. *Bioresources*, 14(3): 6709-6715. DOI: 10.15376/biores.14.3.6709-6715.
- Çolak, A.M., 2005. Ahşap konstrüksiyonlarda zarar yapan böceklerin ahşabın mekanik ve fiziksel özelliklerine etkileri üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Dağlıoğlu, N., 2010. Tanalith-e ile emprenye etmenin ağaç malzemelerin bazı teknolojik özelliklerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Diñel, K., Çelebi, N., Şanıvar, N., 1970. Ağaç Teknolojisi, Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu Yayınları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, Genel: No: 292, Seri C, 270 sayfa, No: 15.
- Doğan, B., 2018. Boraks ve borik asit ile emprenye edilmiş ve ısı işlem görmüş karaçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Doruk, Ş., Altınok, M., Perçin, O., 2010. Isıl işlemin ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(3): 262-270.
- Döğdü, Y.C., 2006. Camiyanı karaçam'ın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) bazı teknolojik özellikleri ve kurutma cetvelerinin oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Efe H., Kasal, A., 2007. Çeşitli masif ve kompozit ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 10(3): 303-311.
- Efe, H., Çağatay, K., 2011. Çeşitli masif ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14(1): 55-61.
- Emiroğlu, F., 2018. Termo-mekanik yoğunlaştırılmış ahşap malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine su itici maddelerin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Erten, P., Sözen, R.M. 1997. Fıstık çamı (*Pinus pinea*), Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Amold) ve çınar yapraklı akçağaç (*Acer platanoides*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 266, Ankara.
- Garcia, R.A., Carvalho, A.M., Latorraca, J.V.F., Matos, J.L.M., Santos, W.A., Silva, R.F.M. 2012. Nondestructive evaluation of heat-treated *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden wood using stress wave method. *Wood Science and Technology*, 46: 41-52.
- Genç, A. 2013. Afyonkarahisar Ömer-Gecek jeotermal kaynaklarında emprenye maddelerinin ve bu kaynaklarla işlem görmüş ahşabın bazı özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Göker, Y., 1977. Deneme Ağaçlarının Alındığı Dursunbey ve Elekdağ ormanlarının tanıtımı ve karaçam hakkında genel bilgiler, T.C. Orman Bakanlığı Yayınları, Sıra No: 613, Seri No: 22.
- Gökmen, K., 2017. Tall yağı emprenyesi ile ısı işlemin ağaç malzemenin özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Gündüz, G., 1999. Camiyanı Karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) bazı anatomik, teknolojik ve kimyasal özellikleri. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Gündüz, G., Aydemir, D. 2009. The influence of mass loss on the mechanical properties of heat-treated black pine wood. *Wood Research*, 54(4): 33-42.
- Hashemi, S.K.H., Latibari, A.J., Eslam, H.K., Alamuti, R.F., 2010. Effect of boric acid treatment on decay resistance and mechanical properties of poplar wood. *BioResources*, 5(2): 690-698.
- Kamperidou, V., Barboutis, I., 2017. Mechanical performance of thermally modified black pine (*Pinus nigra* L.) wood. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 20(1): #02. DOI:10.30825/5.ejpau.20.2017.20.1.
- Kantay, R., As, N., Ünsal, Ö., 2000. Ceviz (*Juglans regia* L.) odununun yoğunluğu ve bazı mekanik özellikleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24(6): 751-756.
- Karademir, E., 2012. Jeotermal akışkanlarla emprenye edilen ahşabın performansı: Uşak yöresi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Kardaş, İ., 2014. Kütahya-Simav yöresi jeotermal kaynaklarının emprenye maddeleri açısından incelenmesi ve bu kaynakların ahşabın bazı özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Karimi, A., Taghiyari, H.R., Fattahi, A., Karimi, S., Ebrahimi, G., Tarmian, A., 2013. Effects of wollastonite nanofibers on biological durability of poplar wood (*Populus nigra*) against *Trametes versicolor*. *BioResources*, 8(3): 4134-4141.
- Kılavuz, M., 2019. Vakum atmosferinde yapılan ısıtılma işlemi kavak odununun teknolojik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Kollmann, F., Cote, W.A., 1968. Principles of Wood Science and Technology. Springer Verlag, New York.
- Küçükosmanoğlu, F., 2009. Türkiye'deki bazı karakavak (*Populus nigra* L.) klonlarının morfolojik çeşitliliği üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Kyu, P.Y., Kyo, C.D., 1987. A study on the physical and mechanical properties of hot-compressed wood. *Wood Science and Technology*, 15(4): 45-58.
- Li, L.M., Feng, L.C., Long, L.Y., 2019. Physical and mechanical properties of modified poplar wood by heat treatment and impregnation of sodium silicate solution. *Wood Research*, 64(1): 145-154.
- Lykidis, C., Mantanis, G., Adamopoulos, S., Kalafata, K., Arabatzis, I., 2013. Effects of nano-sized zinc oxide and zinc borate impregnation on brown rot resistance of black pine (*Pinus nigra* L.) wood. *Wood Material Science & Engineering*, 8(4): 242-244. DOI: 10.1080/17480272.2013.834969.
- Malkoçoğlu, A., 1994. Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odununun teknolojik özellikleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Narlıoğlu, N., 2012. Kimyasal kâğıt hamuru üretiminde sodyum borhidrür'ün verim ve kristalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Orhan, H., 2017. Kavak odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine azot gazı varlığında yapılan ısıtılma işlemi etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Örs, Y., Atar, M., Keskin, H., Yavuzcan, G.H., 2006. Impacts of impregnation with imersol-aqua on the modulus of elasticity in bending. *Journal of Applied Polymer Science*, 99(6): 3210-3217. DOI: 10.1002/app.22035.
- Örs, Y., Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi Ders Kitabı. Gazi Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Şahin, S., Karaman, S., Özüng, İ., 2006. Tokat-Niksar yöresinde yetiştirilen ve yöredeki tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan kavak ağacının önemli fiziksel ve mekanik özellikleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 61-66.
- Şarıvar, N., Zorlu, İ., 1980. Ağaççileri Gereç Bilgisi Temel Ders Kitabı, Mesleki Ve Teknik Öğretim Kitapları, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.
- Taghiyari, H.R., 2011. Study on the effect of nano-silver impregnation on mechanical properties of heat-treated *Populus nigra*. *Wood Science and Technology*, 45: 399-404. DOI: 10.1007/s00226-010-0343-5.
- Taghiyari, H.R., Enayati, A., Gholamiyan, H., 2013. Effects of nano-silver impregnation on brittleness, physical and mechanical properties of heat-treated hardwoods. *Wood Science and Technology*, 47: 467-480.
- TS 2471, 1976. Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini. TSE, Ankara.
- TS 2472, 1976. Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara.
- TS 2474, 1976. Odunun statik eğilme dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS 2477, 1976. Odunun çarpmada eğilme dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS 2478, 1976. Odunun statik eğilmede elastiklik modülünün tayini. TSE, Ankara.
- TS 2595, 1977. Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- Tunçtaner, K., As, N., Özden, Ö., 2004. Bazı Kavak Klonlarının Büyüme Performansları, Odunlarının Bazı Teknolojik Özellikleri ve Kâğıt Üretimine Uygunlukları Üzerine Araştırmalar. Çevre ve Orman Bakanlığı, Teknik Bülten Serisi, No: 196, Ankara.
- Var, A.A., Kardaş, İ., 2017. Simav yöresi jeotermal sularıyla muamele edilen çam odunlarının eğilme direnci, liflere paralel basınç direnci ve statik kalite değeri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1): 93-101. DOI: 10.24011/barofd.295682.
- Wang, W., Cao, J., Cui, F., Wang, X., 2012. Effect of pH on chemical components and mechanical properties of thermally modified wood. *Wood and Fiber Science*, 44(1): 1-8.
- Yaldız, M.Y., 2017. Derişimi yükselttilen jeotermal sularla emprenyeli ağaç malzeme bazı özelliklerin incelenmesi: Aydın-Germencik yöresi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Yan, Y., Dong, Y., Li, J., Zhang, S., Xia, C., Shi, S.Q., Cai, L., 2015. Enhancement of mechanical and thermal properties of poplar through the treatment of glyoxal-urea/nano-SiO<sub>2</sub>. *Royal Society of Chemistry Advances*, 5(67): 54148-54155. DOI: 10.1039/C5RA07294H.
- Yorulmaz, R., 2019. Isıl işlemler ve termo-mekanik yoğunlaştırılmış doğu ladini (*Picea orientalis*) ve karakavak (*Populus nigra*) odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Zhang, Y., Feng, D., Dou, Y., 2017. Wood physical and mechanical properties of *Populus x canadensis* Moench and *Populus x euramericana* (Dode) Guinier cv. Gelrica. *Agricultural Science & Technology*, 18(12): 2532-2535.

## Hızlandırılmış yaşlandırmanın ısı işlem uygulanmış Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odunun bazı yüzey özelliklerine etkisi

Hikmet Yazıcı<sup>a,\*</sup>, İsmail Özlüsoylu<sup>b</sup>

**Özet:** Bu çalışmada hızlandırılmış yaşlandırma işleminin, ısı işlem görmüş Akdeniz defnesi odununda bazı yüzey özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Odun örnekleri, 160 °C, 180 °C, 200 °C ve 210 °C sıcaklıkta, 2 saat ısı işlemine tabi tutulmuştur. Isıl işlem sonrasında örneklerin ağırlık kayıpları, renk, parlaklık ve yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma 8 saat UV, 15 dakika su spreyi ve 3 saat 45 dakika kondisyonlama olacak şekilde uygulanmıştır. Yaşlandırma öncesi (0 saat) ve yaşlandırma sonrası (100, 250 ve 500 saat) alınan ölçümlerle yüzey özelliklerinde meydana gelen değişim belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ısı işlem sıcaklığının 210 °C'ye çıkması ile ağırlık kaybında ciddi artışlar olduğunu göstermiştir. Isıl işlem etkisi ile parlaklık ve pürüzlülük değerlerinde azalma görülmüş, artan ısı işlem sıcaklığı ile toplam renk değişimi ve yüzey pürüzlülüğü artış göstermiştir. Yaşlandırma süresinin artması ile yüzeylerdeki grileşme artmış, ayrıca 60°'de parlaklık değerinde %25 oranında artış görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Akdeniz defnesi, Isıl işlem, Hızlandırılmış yaşlandırma, Renk, Parlaklık, Pürüzlülük

## The effect of accelerated weathering on some surface properties of heat-treated sweet bay wood (*Laurus nobilis* L.)

**Abstract:** In this study, the effect of the accelerated weathering process on some surface properties of heat-treated sweet bay wood (*Laurus nobilis* L.) was investigated. Wood samples were heat-treated at 160 °C, 180 °C, 200 °C and 210 °C for 2 hours. After heat treatment, weight loss, color, glossiness, and surface roughness values of the samples were determined. Accelerated weathering was applied for 8 hours UV, 15 minutes water spray and 3 hours and 45 minutes conditioning. The changes in surface properties were determined by measurements taken before weathering (0 hours) and after weathering (100, 250 and 500 hours). The results obtained showed that there was a significant increase in weight loss by increasing the heat treatment temperature to 210 °C. With the effect of heat treatment, there was a decrease in the glossiness and roughness values, and the total color change and surface roughness increased with the increased heat treatment temperature. As the weathering time increased, the graying on the surfaces increased, and a 25% increase was observed in the 60° glossiness value.

**Keywords:** Sweet bay wood, Heat treatment, Accelerated weathering, Color, Glossiness, Roughness

### 1. Giriş

Ağaç malzeme geçmişten günümüze sahip olduğu bazı avantajlardan dolayı farklı kullanım yerlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte rutubet etkisi ile boyutsal değişim göstermesi, mantar ve böcekler tarafından biyolojik saldırılara karşı açık olması gibi kullanım alanını sınırlayan bazı dezavantajlara da sahiptir (Aydemir ve Gündüz, 2009; Doruk vd., 2010; İstek vd., 2017). Bu dezavantajlara karşı önlem olarak farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başında emprenye işlemi, yoğunlaştırma ile reçine muamelesi, hücre çeperi bileşenlerinin kimyasal modifikasyonu ve ısı işlem gelmektedir (Korkut ve Kocaefe, 2009). Son yıllarda insan ve çevre sağlığına verilen önemin artması ile emprenye işlemlerinde kullanılan bazı kimyasal maddeler yasaklanmıştır. Bu durum çevreci koruma yöntemlerine olan ilgiyi arttırmış, biyolojik bozunma ve boyutsal değişime

karşı çevreyle dost koruma yöntemleri araştırılmaya başlanmıştır (Aydemir ve Gündüz, 2009).

Isıl işlem, ağacın kimyasal bileşenleri üzerinde kalıcı değişiklikler meydana getiren bir uygulamadır. Bu uygulamanın temelinde kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesi gelmektedir. (Cooper ve Wang, 2005; Boonstra, 2008). Isıl işlem uygulaması ile mantar ve böcek tahribatına karşı biyolojik dayanım, denge rutubetinin düşmesi, odunun çalışmasındaki azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite, termal izolasyonun artması, boya adezyonu, dış ortam koşullarına karşı dayanıklılıkta artış, dekoratif renk çeşitliliği ve hizmet süresinin uzaması gibi olumlu özellikler kazandırılması amaçlanmaktadır (Yıldız, 2002; Korkut ve Kocaefe, 2009; Pelit ve Sönmez, 2015). Isıl işlemin ahşap malzemenin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri konusunda birçok çalışma yapılmıştır (Chotikhun ve Hızıroğlu 2016; Kesik vd., 2014; Kaygın vd., 2009a; 2009b; Esteves ve Pereira

✉ <sup>a</sup> Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Meslek Yüksek Okulu, Tasarım Bölümü, Zonguldak

<sup>b</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): h\_yazici@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 12.10.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 05.12.2020



**Citation** (Atıf): Yazıcı, H., Özlüsoylu, İ., 2020. Hızlandırılmış yaşlandırmanın ısı işlem uygulanmış Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odunun bazı yüzey özelliklerine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 468-474. DOI: [10.18182/tjf.809139](https://doi.org/10.18182/tjf.809139)

2009). Korkut vd. (2009) ısıtma işleminin farklı kullanım amaçları için önem arz ettiğini ve planyalama işleminde kayıpları azaltarak yüksek kaliteli yüzeyler sağladığını belirtmiştir. Aytin vd. (2015) ısıtma işlemi sonrası yabani kiraz (*Cerasus avium* (L.) Monench) odununda rengin koyulaştığını, parlaklığın azaldığını ve yüzey kalitesinin iyileştiğini vurgulamıştır. Farklı çalışmalarda da odunun ısı ile muamelesinin pürüzlülük miktarını azaltarak yüzey kalitesinde iyileşme sağladığı bildirilmiştir (Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Ayrılmış ve Winandy, 2009).

Güneş ışığı, sıcak/soğuk, nem, kimyasallar, rüzgar, aşınma ve biyolojik faktörlerin kombinasyonu, literatürde yaşlanma (weathering) olarak bilinmektedir. Bu etkiler sonucunda ağaç malzemenin renginde, kimyasal ve fiziksel yapısında bazı değişimler meydana gelmektedir (Williams, 2005; Feist, 1989; Türkoğlu vd., 2019; Arpacı ve Dizman Tomak, 2020). Weathering etkisinin ağaç malzemenin özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişimleri belirlemek için yaşlandırma işlemi doğal ve yapay (hızlandırılmış) olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilir. Baysal vd. (2014) ısıtma işlemi görmüş sarıçam odununun hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sonrasında bazı üst yüzey özelliklerini incelemiş, ısıtma işlemi görmüş örneklerin, ısıtma işlemi görmeyenlere göre daha iyi yüzey özellikleri gösterdiğini belirtmiştir. Fidan vd. (2018) hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine maruz bırakılan kayın ve ladin odunlarının yüzey pürüzlülüğünün arttığını, ağaç türüne göre anatomik özelliklerin de renk ve pürüzlülük üzerinde etkili olabileceğini belirtmiştir. Başka bir çalışmada ısıtma işlemi görmüş odunun hızlı yaşlandırma sonrası renginin işlem görmemiş odundan daha stabil olduğu belirtilmiştir (Şahin Kol vd., 2017). Huang vd. (2012) yapay yaşlandırmanın erken dönemlerinde renk stabilitesinin daha iyi olduğunu, süre ilerledikçe ısıtma işlemi görmüş ve görmemiş örneklerin renk değişimleri arasındaki farkın azaldığını belirtmiştir. Diğer bir çalışmada ise ısıtma işlemi uygulamasının renk stabilitesi sağladığı, örneklerin kısa süreli dış ortam koşullarına karşı direnç gösterdiği ve sert ağaç türlerinin yumuşak ağaç türlerine göre daha iyi performans sağladığı vurgulanmıştır (Yıldız vd., 2013).

Odun dışı orman ürünü olarak özellikle yaprağından fayda sağlanan Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.), yurdumuzda Ege, Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinin sahil kesimlerinde doğal olarak yetişir (Anonim, 2004; Şafak ve Okan, 2004). Genellikle ağaççık, bazen de 10 m'ye kadar boylanabilen yuvarlak tepeli, sık dallı bir ağaçtır. Defne odunu ise; yakacak odun olarak, ayrıca çeşitli tarım ve inşaat aletlerinde saplık yapımında kullanılmaktadır (Cengiz, 1979). Ayrıca yapılan bir çalışmada yaprağı alınmış atık defne odunlarından elde edilen yonga levhaların genel amaçlı yonga levha üretimine uygun olduğu belirtilmiştir (Yazıcı, 2020).

Bu çalışmada, değişik sıcaklıklarda ısıtma işlemi görmüş Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odununda yüzey pürüzlülüğü, renk ve parlaklık gibi özellikler üzerine farklı sürelerle uygulanan yapay yaşlandırma işleminin etkisi araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Yapılan çalışmada Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.) odun örnekleri kullanılmıştır. Örneklerin ortalama yıllık halka genişlikleri 0,2 cm olup Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmişlerdir. Örnekler yaşlandırma test boyutu olan 150 (Lif)x75 (Teğet)x15 (Radyal) mm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Örneklerin budaksız, düzgün lifli olmasına ve küf mantarı tahribatına maruz kalmaması için dikkat edilmiştir.

### 2.2. Yöntem

#### 2.2.1. Isıtma işlemi

Isıtma işleminden önce, tüm örnekler 103 °C'de %0 nem içeriğinde fırında kurutulmuştur ( $m_1$ ). Hedef sıcaklığa ulaşıldığında numuneler fırına yerleştirilmiştir. Örnekler, 160 °C, 180 °C, 200 °C ve 210 °C'lerde 2 saat ısıtma işlemlere tabi tutulmuşlardır. Isıtma işlemi sonrasında örneklerin ağırlıkları tartılarak  $m_2$  olarak kaydedilmiştir. Isıtma işlemi sonrası örneklerde oluşan kütle kaybı formül 1 yardımıyla hesaplanmıştır. Isıtma işlemi sonrası tüm örnekler test öncesi 20 °C'de ve %65 bağıl nemde (RH) iki hafta süreyle kondisyonlanmıştır.

$$\text{Kütle kaybı} = ((m_1 - m_2) / m_1) * 100 \quad (1)$$

#### 2.2.2. Hızlandırılmış yaşlandırma testi (QUV)

Yaşlandırma testi, Amerika menşeli Q-LAB LU-0819 – QUV cihazı ile, 8 saat UV, 15 dakika su spreyi ve 3 saat 45 dakika kondisyonlama olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (ASTM G154, 1998). Ortalama ışınma seviyesi 340 nm'de 0.85 W/m<sup>2</sup> ve ortam sıcaklığı 50 °C olarak ayarlanmıştır. Her varyasyonda dört örnek olacak şekilde örnekler 100, 250 ve 500 saat hızlandırılmış yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır.

#### 2.2.3. Renk ölçümü

Deney örneklerine ait renk ölçümleri, Konica Minolta CD-600 marka renk ölçüm cihazında ASTM D 2244-3 (2007) standardına göre yapılmıştır. CIEL\*a\*b\* renk sisteminde, renklerdeki farklılıklar ve bunların yerleri  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk koordinatlarına göre tespit edilmektedir. Burada,  $L^*$  siyah-beyaz (siyah için  $L^*= 0$ , beyaz için  $L^*= 100$ ) ekseninde,  $a^*$  kırmızı- yeşil (pozitif değeri kırmızı, negatif değeri yeşil) ekseninde,  $b^*$  ise sarı- mavi (pozitif değeri sarı, negatif değeri mavi) ekseninde bulunmaktadır. Aşağıda verilen formüller yardımıyla gerek ısıtma işleminden dolayı meydana gelen renk farklılıkları, gerekse yaşlandırmadan dolayı meydana gelen renk farklılıkları hesaplanmıştır (2, 3, 4 ve 5 no'lu formüller).

$$\Delta L^* = L^*_{\text{işlemlili}} - L^*_{\text{işlemsiz}} \quad (2)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{işlemlili}} - b^*_{\text{işlemsiz}} \quad (3)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{işlemlili}} - a^*_{\text{işlemsiz}} \quad (4)$$

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (5)$$

#### 2.2.4. Parlaklık ölçümü

Isıl işlem öncesi ve sonrası örneklerle, yaşlandırma öncesi ve sonrası örneklerin parlaklık ölçümleri 20°, 60° ve 80°'de liflere paralel parlaklık olacak şekilde Konica Minolta cihazında ISO 2813 (1994) standardına göre yapılmıştır.

#### 2.2.5. Yüzey pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri Mitutoyo SurfTest SJ-310 cihazı (Fries Research & Technology GmbH, Bergisch Gladbach, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirilen profilin ( $R_a$ ) aritmetik ortalama sapması,  $R_z$  ve  $R_q$  pürüzlülük parametreleri hesaplanmıştır. Tüm parametreler için 2D profilde ölçümler yapılmıştır. Bu nedenle örnekleme uzunluğu 2,5 mm, ölçüm çözünürlüğü 5 µm ve tarama hızı 750 µm/s olarak gerçekleştirilmiştir.

#### 2.3. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada, testlerden elde edilen veriler kullanılarak SPSS 16 programında ortalama sonuçlar belirlenmiştir. Sonuçlar çizelgeler ve şekiller halinde verilmiştir.

### 3. Bulgular ve tartışma

#### 3.1. Ağırlık kaybı (%)

Isıl işlem uygulanmış defne odununa ait ağırlık kaybı değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Grafikte yer alan veri etiketleri standart sapma değerlerini göstermektedir. Isıl işlem sonrası ağırlık kaybı değerleri %4,97-17,02 arasında değişiklik göstermektedir. 160 °C, 180 °C ve 200 °C'de benzer ağırlık kaybı değerleri elde edilirken, 210 °C'de ağırlık kaybı artarak %17,02 olarak gerçekleşmiştir. Ağırlık kaybı, ısıl işlem sırasında değişen en önemli özelliklerden biridir. Isıl işlem sonrası oluşan ağırlık kayıpları odun türü, ısıl işlem ortamına, sıcaklığına ve süresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Can, 2011; Sivrikaya vd., 2015; Can ve Sivrikaya, 2017; Can, 2020). MacLean (1951) su, buhar ve hava ortamlarında ısıl işlemde sonra yapraklı ağaç odunlarındaki ağırlık kaybının iğne yapraklı ağaçlara göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Ancak yapraklı ağaç odunlarının kuru ortamda ısıl işleme daha dayanıksız olduğu ortaya çıkmıştır.

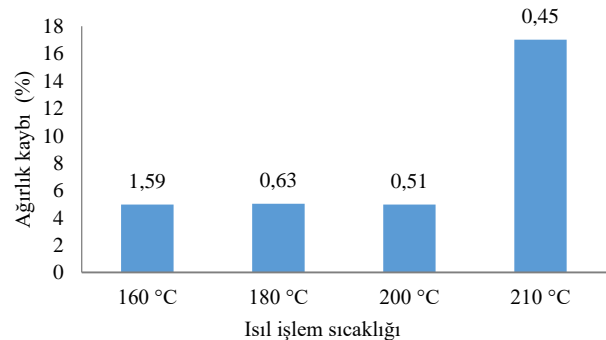
#### 3.2. Renk değişimi

$L^*$  (ışık kararlılığı) ve  $a^*$  ve  $b^*$  kromotografik koordinatlar (kırmızı için  $+a^*$ , yeşil için  $-a^*$ , sarı için  $+b^*$  ve mavi için  $-b^*$ ). Ek olarak,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  ve  $\Delta b^*$  başlangıçta (i) ve farklı zaman aralıklarında (f) meydana gelen renk değişikliklerini gösterirken  $\Delta E^*$  toplam renk değişimini ifade eder. Düşük bir  $\Delta E^*$  değeri, çok az renk değişikliği veya renk kararlılığı olduğunu gösterir. Isıl işlem uygulanmış tüm varyasyonlarda negatif  $\Delta L^*$ , pozitif  $\Delta a^*$  elde edilmiştir.  $\Delta b^*$  değerinde ise ısıl işlem sıcaklığı ile farklı davranışlar sergilenmiştir (Çizelge 1). Literatürde, ısıl

işlem uygulaması ile ahşap malzemelere ait rengin değiştiği rapor edilmiştir (Esteves vd., 2019; Gürleyen vd., 2017a; 2017b; Gurleyen vd., 2018; Şahin ve Ayata, 2018; Ayata ve Çavuş, 2018, Çavuş vd., 2018a; 2018b, Ayata vd., 2018).

Isıl işlem sonrası örnek yüzeylerinden meydana gelen renk değişimlerinin nedenleri yapılan literatür çalışmalarında belirtilmektedir (Can ve Sivrikaya, 2016; Sivrikaya vd., 2017; Tjeerdma vd. 1998; Mitsui vd. 2001; Bekhta ve Niemez, 2003; Ahajji vd., 2009; Gunduz vd., 2010; Kamperidou vd., 2013; Sivrikaya vd., 2019).

Hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi ve sonrası örneklerin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri Çizelge 2'de görülmektedir. Hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası kontrol örneklerine ait  $L^*$  değerleri düşüş gösterirken, artan yaşlandırma süresine paralel olarak  $L^*$  değerleri artış göstermiştir. Bu durum yaşlandırma süresine paralel olarak örnek yüzeylerinde grileşme olduğunu göstermektedir. Isıl işlem uygulanmış defne odun örneklerinde ise yaşlandırma işlemi ile  $L^*$  değerleri artış göstermiştir. Isıl işlem sonrası koyu renk oluşan yüzeylerde (Çizelge 1) yaşlandırma ile renk açılmalarının olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar literatür çalışmalarında desteklenmektedir (Can ve Sivrikaya, 2019; Can, 2020). Kırmızı- yeşil kromotografik koordinatları ifade eden  $a^*$  ve sarı-mavi kromotografik koordinatları ifade eden  $b^*$  değerleri kontrol ve 160 °C ısıl işlem uygulanan defne odununda yaşlandırma işleminin ilk aşamalarında artış göstermiştir. Yaşlandırma süresinin artmasına paralel olarak tüm varyasyonlarda  $a^*$  ve  $b^*$  değeri azalma göstermiştir. Maksimum  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri 100 saat yaşlandırma işlemi uygulanmış kontrol ( $a^*=12,48$  ve  $b^*=27,65$ ) örneklerinde elde edilmiştir. Şekil 2'de farklı sıcaklıklarda uygulanan ısı işlem öncesi ve sonrasında örneklerde meydana gelen renk değişimleri görülmektedir.



Şekil 1. Isıl işlem sonrası örneklerde meydana gelen ağırlık kaybı (%) değerleri

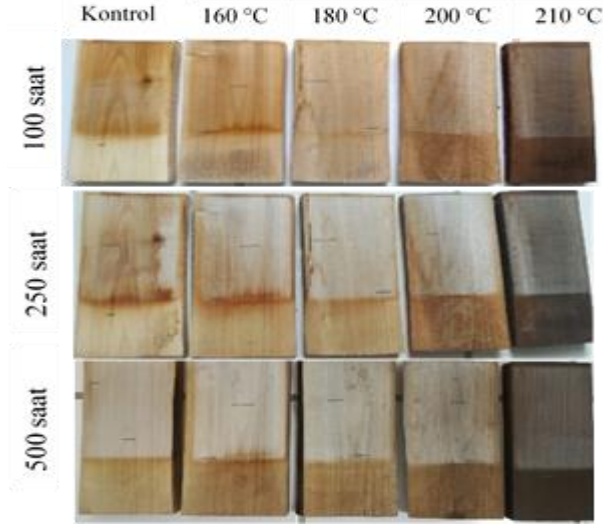
Çizelge 1. Isıl işlem sonlarında deney örneklerinde meydana toplam renk farkı değerlerine ait sonuçlar

Isıl işlem sıcaklığı (°C)	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
160	-7,78	1,17	2,29	8,65
180	-21,67	1,94	-1,37	21,81
200	-17,37	5,08	1,91	34,37
210	-44,71	2,50	-7,81	45,49



Çizelge 2. Hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi ve sonrası örneklerin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri

Isıl işlem	Yaşlandırma süreleri											
	0 saat			100 saat			250 saat			500 saat		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Kontrol	75,74	5,00	18,78	59,00	12,48	27,65	64,97	8,04	18,29	67,63	7,04	16,90
160 °C	67,82	5,63	20,07	62,17	9,18	22,87	69,71	4,88	12,10	71,75	4,18	10,85
180 °C	57,14	6,90	18,47	60,43	6,09	17,96	66,70	3,68	10,20	68,12	3,30	10,01
200 °C	41,67	9,14	17,59	52,82	5,92	15,61	61,89	3,09	8,73	64,11	2,76	8,75
210 °C	31,39	6,01	9,44	39,04	4,94	8,89	45,72	3,44	6,55	48,09	3,19	6,43



Şekil 2. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısı işlem öncesi ve sonrasında örnekler üzerinde meydana gelen renk değişimleri

### 3.3. Parlaklık değişimi

Isıl işlem uygulanmış defne odunu örneklerine ait (%) değişim parlaklık değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'e göre sıcaklığın artması ile yüzde değişim parlaklık değerlerinin arttığı görülmektedir.

Isıl işlem uygulamasıyla defne odun örneklerinin parlaklık değerlerinin azaldığı görülmektedir (Çizelge 3). Ayrıca ısı işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak parlaklık değerleri azalma göstermiştir. Elde edilen sonuçlar farklı literatür çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir (Korkut vd., 2013; Krystofiak vd., 2014; Ayata vd., 2017; Can, 2020).

Şekil 3'te hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi (0 saat) ve sonrası (100, 250 ve 500 saat) örneklerin 20°, 60°, 85° parlaklık değerleri görülmektedir. Uygulanan yaşlandırma işlemi ile kontrol örneklerin parlaklık değerlerinde hafif azalmalar gözlenmiştir. Isıl işlem uygulanmış defne odun örneklerinde ise yaşlandırma süresinin artmasına paralel olarak parlaklık değerleri artış göstermiştir. Test örneklerinde maksimum parlaklık değerleri 500 saat yaşlandırma testi uygulanmış örneklerde elde edilmiştir. Kontrol örneklerinde 500 saat hızlandırılmış yaşlandırma testi sonrası 60° parlaklık değeri %25 oranında artış göstermiştir. Yapılan çalışmalarda; odun örneklerinin su ve UV ışınlarına maruz kalması sonucu ilk zaman dilimlerinde parlaklık değerlerinin düştüğü, sürenin ilerlemesiyle parlaklık değerlerinin artış gösterdiği bildirilmiştir. Bu durum fotodegradasyon sürecinin ilk safhalarında ligninin parçalanmasıyla oluşan koyu yüzeylerin parlaklık değerlerini düşürdüğü, sürenin ilerlemesiyle parçalanmış

lignin bileşenlerinin suyun etkisiyle odundan uzaklaşması olarak açıklanmıştır. Odun yüzeyinde lignin oranının azalması selüloz içeriğinin artış göstermesine neden olmaktadır. Beyaz ve parlak yapıya sahip olan selüloz odun yüzeylerinin parlaklık değerlerini arttırmaktadır (Feist, 1990; Ormondroyd vd., 2015). Şahin vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, limon odununda 144, 288 ve 432 saatlik yaşlandırma sonrasında parlaklık değerlerinin değiştiği bildirilmiştir.

### 3.4. Yüzey pürüzlülüğü

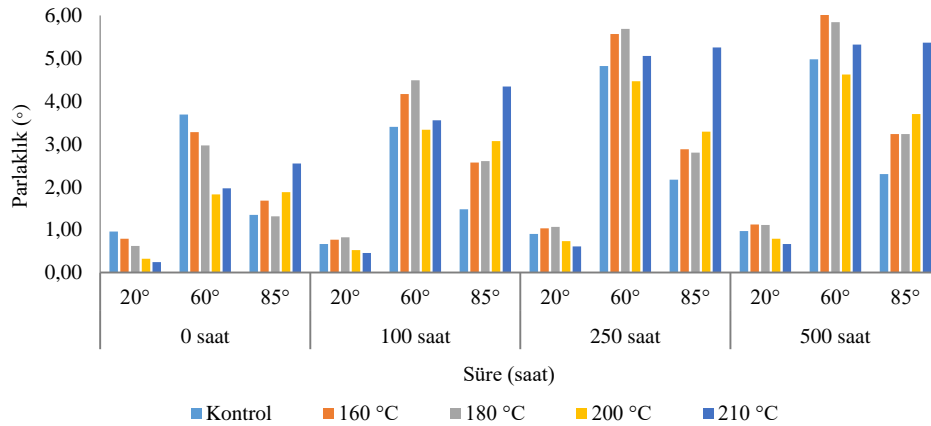
Isıl işlem uygulanmış defne odunu örneklerine ait pürüzlülük değişim değerleri Şekil 4'te verilmiştir. Değerlerin tamamı pozitif olup, ısı işlem ile pürüzlülüğün azaldığını göstermektedir.

Pürüzlülük değerleri  $R_q$ ,  $R_z$  ve  $R_a$  incelendiğinde ısı işlem uygulaması ile defne odun örneklerinin pürüzlülük değerlerinin azalmış, fakat artan ısı işlem sıcaklığı ile pürüzlülük değerleri artış göstermiştir. Bakar vd. (2013), ısı işlem ile yüzey kalitesinin iyileşmesinin yüksek sıcaklıklarda hücre duvarındaki bio-kimyasal değişimlerden kaynaklanmış olabileceğini belirtmiştir. Yapılan literatür çalışmalarında ısı işlem sonrası örneklerin yüzey kalitelerinin arttığı belirtilmektedir (Kasemsiri vd., 2012; Korkut vd., 2013; Aytin vd., 2015). Ayrıca farklı çalışmalarda ısı işlem sıcaklığının artışıyla pürüzlülük değerlerinin azaldığı vurgulanmaktadır (Kvietkova vd., 2015; Aytin ve Korkut, 2016). 190 °C ve 212 °C'de yapılan ısı işlem sonrası yüzey pürüzlülüğünün %10 ila %25 oranında azaldığı belirtilmektedir (Kasemsiri vd., 2012; Korkut vd., 2013). Kontrol ve test örneklerine ait pürüzlülük değerleri ( $R_q$ ,  $R_z$ ,  $R_a$ ) Çizelge 4'te verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre kontrol örneklerinde yaşlandırma süresinin artmasına paralel olarak pürüzlülük değerleri artış göstermiştir. Isıl işlem uygulanmış test örneklerinde pürüzlülük değişimi kontrole kıyasla daha fazla olmuştur. UV ışınlarına maruz kalan defne odun örnek yüzeylerinde yarıklar ve çatlaklar oluştuğu gözlemlenmiştir. Hızlandırılmış yaşlandırma işlemi sırasında su kullanılması, çözülmüş bozunma ürünlerinin ahşap yüzeyden uzaklaştırılmasına ve yıkanmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir. (Kamdem ve Grelier, 2002).

Çizelge 3. Isıl işlem sonrası örneklerde meydana parlaklık değişimi (%) değerleri

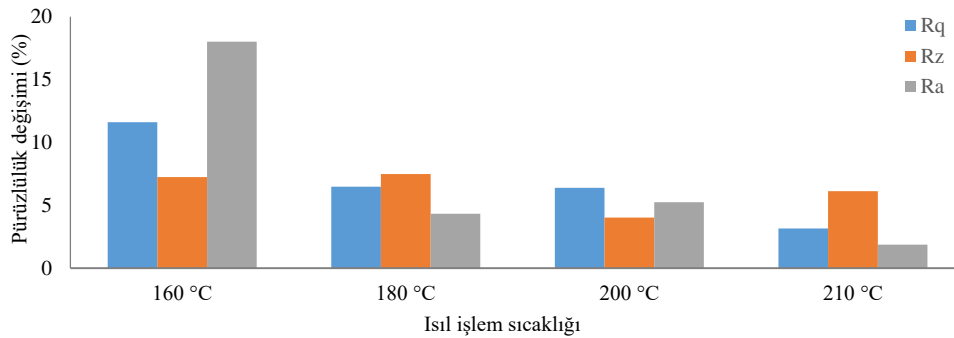
Isıl işlem	20°'de parlaklık	60°'de parlaklık	80°'de parlaklık
160 °C	11,46	0,00	-28,26
180 °C	44,48	26,99	32,54
200 °C	64,32	41,35	16,37
210 °C	75,44	52,01	3,35



Şekil 3. Hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi ve sonrası örneklerin 20°, 60° ve 85°'de parlaklık değerleri

Çizelge 4. Hızlandırılmış yaşlandırma testi öncesi ve sonrası örneklerin R<sub>q</sub>, R<sub>z</sub>, R<sub>a</sub> pürüzlülük değerleri

Isıl işlem sıcaklığı	Yaşlandırma süresi											
	0 saat			100 saat			250 saat			500 saat		
	R <sub>q</sub>	R <sub>z</sub>	R <sub>a</sub>	R <sub>q</sub>	R <sub>z</sub>	R <sub>a</sub>	R <sub>q</sub>	R <sub>z</sub>	R <sub>a</sub>	R <sub>q</sub>	R <sub>z</sub>	R <sub>a</sub>
Kontrol	11,62	60,72	9,51	11,64	64,39	9,20	13,64	70,87	10,84	14,03	72,17	11,85
160 °C	12,54	65,07	10,18	12,30	61,67	10,15	14,18	71,06	11,59	11,47	57,63	9,16
180 °C	13,16	74,93	10,41	12,00	62,34	9,71	12,08	59,25	9,89	11,12	60,60	8,70
200 °C	11,32	66,57	9,15	14,66	79,85	11,70	15,22	73,30	12,05	15,74	71,74	12,88
210 °C	13,78	65,98	11,18	14,64	64,77	10,37	11,02	55,80	8,70	13,67	70,43	10,77



Şekil 4. Isıl işlem sonrası örneklerde meydana gelen pürüzlülük değişimi (%) değerleri

#### 4. Sonuç

Uygulanan ısıl işlem yöntemine göre defne odun örneklerinde 160°C, 180°C ve 200°C'de yapılan ısıl işlemde benzer ağırlık kayıpları elde edilmiştir. Fakat ısıl işlem sıcaklığının 210°C'ye yükselmesi ile ağırlık kaybında ciddi artışlar görülmüştür. Isıl işlem sıcaklığının artışına paralel olarak toplam renk değişimi, hızlandırılmış yaşlandırma süresinin artışı ile de örnek yüzeylerindeki grileşme artış göstermiştir. Isıl işlem uygulanmış defne odun örneklerinde parlaklık önemli oranda düşmüş, yaşlandırma süresinin artışıyla da daha parlak yüzeyler elde edilmiştir. Isıl işlem uygulaması ile örneklerin pürüzlülük değerleri azalma gösterirken, artan ısıl işlem sıcaklığı ile pürüzlülük değerleri artış göstermiştir.

#### Kaynaklar

- Ahajji, A., Diouf, P.N., Aloui, F., Elbakali, I., Perrin, D., Merlin, A., George, B., 2009. Influence of heat treatment on antioxidant properties and colour stability of beech and spruce wood and their extractives. *Wood Science and Technology*, 43(1-2): 69-83. DOI: 10.1007/s00226-008-0208-3.
- Anonim, 2004. Türkiye ormanlarında odun dışı ürünler. TC. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Arpacı, Ş.S., Dizman Tomak, E., 2020. Yaşlandırma testlerinin ahşap malzemenin özelliklerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(2): 654-673. DOI: 10.24011/barofed.658875.
- ASTM D 2244-3, 2007. Standard practice for calculation or color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates, ASTM Standards, A.B.D., 1-13.
- ASTM-G154, 1998. Standard practice for operating fluorescent ultraviolet (UV) lamp apparatus for exposure of nonmetallic materials. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Ayata, U., Gurleyen, T., Gurleyen, L., 2018. Effect of heat treatment on color and glossiness properties of zebrano, sapeli and merbau woods. *Furniture and Wooden Material Research Journal*, 1(1): 11-20. DOI: 10.33725/mamad.428913.

- Ayata, Ü., Çavuş, V., 2018. Amerikan ceviz, Amerikan meşesi ve kırmızı Amerikan meşesi odunlarında renk ve parlaklık üzerine ısıtma işlemi (ThermoWood Metot) etkisi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(4): 546-553. DOI: 10.21923/jesd.383624.
- Ayata, Ü., Gurleyen, L., Esteves, B., 2017. Effect of heat treatment on the surface of selected exotic wood species. Drenwo, 60(199): 105-116. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.198.08.
- Aydemir, D., Gündüz, G., 2009. Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelelenin etkisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 11(15): 61-70.
- Ayrılmış, N., Winandy, J.E., 2009. Effects of post heat-treatments on surface characteristics and adhesive bonding performance of medium density fiberboard. Materials and Manufacturing Processes, 24(5): 594-599. DOI: 10.1080/10426910902748032.
- Aytin, A., Korkut, S., 2016. Effect of thermal treatment on the swelling and surface roughness of common alder and wych elm wood. Journal of Forestry Research, 27(1): 225-229. DOI: 10.1007/s11676-015-0136-7.
- Aytin, A., Korkut, S., Çakicier, N., 2015. Effect of heat treatment with thermowood method on some surface characteristic of wild cherry wood. Journal of Selcuk-Technic, 14(2): 539-554.
- Bakar, B.F.A., Hiziroğlu, S., Tahir, P.M., 2013. Properties of some thermally modified wood species. Materials & Design, 43:348-355.
- Baysal, E., Kart, S., Toker, H., Degirmentepe, S., 2014. Some physical characteristics of thermally modified oriental-beech wood. Maderas. Ciencia tecnología, 16(3): 291-298.
- Bekhta P., Niemz, P., 2003. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. Holzforschung 57(5): 539-546.
- Boonstra, M., 2008. A two-stage thermal modification of wood, PhD Dissertation, Université Henri Poincaré-Nancy, France.
- Can, A., 2011. Endüstriyel ölçekli ısıtma işlem ve borlu bileşiklerle empenyenin odunun bazı fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Can, A., 2020. Effects of heat treatment in open and closed systems of wood on physical properties after coating. Bioresources, 15(2): 2708-2720.
- Can, A., Sivrikaya, H., 2019. Surface characterization of wood treated with boron compounds combined with water repellents. Color Research & Application, 44(3): 462-472.
- Can, A., Sivrikaya, H., 2016. Accelerated weathering performance of impregnated wood samples coated with zinc by means of plasma-assisted particle deposition. International Research Group on Wood Preservation 47. IRG Annual Conference, Lisbon, Portugal, 15-19 May, IRG/WP16-30682, pp.12-19
- Can, A., Sivrikaya, H., 2017. Effect of water repellents on the surface characterisation of scots pine (*Pinus sylvestris*) exposed to accelerated and outdoor weathering. 28th International Conference on Wood Science and Technology Implementation of Wood Science in Woodworking Sector, Zagreb, Croatia, 7-9 December, pp.125-133.
- Can, A., Sivrikaya, H., 2019. Surface characterization of wood treated with boron compounds combined with water repellents. Color Research & Application, 44(3): 462-472.
- Cavus, V., Ayata, U., Sahin, S., 2018a. The Effects of heat treatment (Silvapro®) on colour and glossiness in abura, amarante, baboen, burkea, imbuia, mukarati, pear, rengas, sali and sepetir wood types. 3. The International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC 2018), September 17-18-19, Nevsehir, Turkey, 154-161.
- Cavus, V., Ayata, U., Sahin, S., 2018b. Determination of color and glossiness in heat-treated (Silvapro®) alep, awoura, bubinga, andiroba, gutambu, lime european, mersawa, nyatoh, punah and timborana wood types. 3. The International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC 2018), September 17-18-19, Nevsehir, Turkey, 96-104.
- Cengiz, Y., 1979. Akdeniz Defnesi (*Laurus nobilis* L.) Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Raporlar Serisi, No: 5, Ankara.
- Chotikhun, A., Hiziroglu, S., 2016. Measurement of dimensional stability of heat treated southern red oak (*Quercus falcata* Michx.). Measurement, 87: 99-103.
- Cooper, P., Wang, J., 2005. Enhanced value of moderate grade wood through high temperature modification in oil. Value-to-wood Research Report, Project UT1.
- Doruk, Ş., Altınok, M., Perçin, O., 2010. Isıtma işlemi ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14(3): 262-270.
- Esteves, B., Ayata, U., Gurleyen, L., 2019. Effect of heat treatment on the colour and glossiness of black locust, wild pear, linden, alder and willow wood. Drenwo, 62(203): 39-52. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.267.10.
- Esteves, B.M., Pereira, H.M., 2009. Wood modification by heat treatment A review. BioResources, 4(1): 370-404
- Feist, W.C., 1989. Archaeological Wood: Properties, Chemistry, and Preservation. USA: American Chemical Society.
- Feist, W.C., 1990. Weathering performance of painting wood pretreated with water repellent preservatives, Forest Products Journal, 40(7-8): 21-26.
- Fidan, M.S., Ertaş, M., Kaya, S., Karademir, A., 2018. Hızlandırılmış UV yaşlandırma etkisine maruz bırakılan kayın ve ladin odunlarının yüzey pürüzlülüğü ve renk ölçümü üzerine etkileri. İklim Değişikliği ve Çevre, 4(2): 1-9.
- Gunduz, G., Aydemir, S., Korkut, S., 2010. The effect of heat treatment on some mechanical properties and color changes of Uludag fir wood. Drying Technology, 28(2): 249-255.
- Gurleyen, L., Esteves, B., Ayata, U., Gurleyen, T., Cinar, H., 2018. The effects of heat treatment on colour and glossiness of some commercial woods in Turkey. Drenwo, 61(201): 81-90. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.227.03.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., 2017a. Isıtma işlemi (ThermoWood method) görmüş akçağaç, kayın, kızılçam ve dişbudak odunlarında renk ve parlaklık değerlerinin belirlenmesi, 1. Uluslararası İleri Araştırmalar ve Mühendislik Kongresi, 16-18 Kasım, (IAREC2017), Osmaniye, Türkiye, pp. 752-759.
- Gürleyen, T., Ayata, Ü., Gürleyen, L., Esteves, B., Sivrikaya, H., Can, A., 2017b. ThermoWood metoduna göre ısıtma işlemi görmüş santos, gül ve üvez odunlarında renk ve parlaklık özelliklerinin belirlenmesi, 2. Uluslararası Malzeme Bilimi ve Teknolojisi Konferansı Kapadokya (IMSTEC 2017), 11-13 Ekim, Nevşehir, Türkiye, pp. 401-407.
- Huang, X., Kocaefe, D., Kocaefe, Y., Boluk, Y., Pichette, A., 2012. A spectrophotometric and chemical study on color modification of heat-treated wood during artificial weathering. Applied Surface Science, 258(14): 5360-5369.
- ISO 2813, 1994. Paints and varnishes - Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees, International Organization for Standardization.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Çelik, S., Gönül, Ş., 2017. Ahşap esaslı levha sektöründe kullanılan yanma geciktiriciler. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(3): 389-399.
- Kamdem, D.P., Grelier S., 2002. Surface roughness and color change of copper amine and UV absorber-treated red maple (*Acer rubrum*) exposed to artificial ultraviolet light. Holzforshung, 56(5): 473-478.
- Kamperidou, V., Barboutis, I., Vasileiou, V., 2013. Response of colour and hygroscopic properties of Scots pine wood to thermal treatment. Journal of Forestry Research, 24(3): 571-575.
- Kasemsiri, P., Hiziroglu, S., Rimduist, S., 2012. Characterization of heat treated eastern redcedar (*Juniperus virginiana* L.). Journal of Materials Processing Technology, 212(6): 1324-1330.
- Kaygın, B., Gündüz, G., Aydemir, D., 2009a. Some physical properties of heat-treated paulownia (*Paulownia elongata*) wood. Drying Technology, 27(1): 89-93.

- Kaygın, B., Gündüz, G., Aydemir, D., 2009b. The effect of mass loss on mechanic properties of heat-treated paulownia wood. *Wood Research*, 54(2): 101-108.
- Kesik, H.I., Korkut, S., Hiziroglu, S., Sevik, H., 2014. An evaluation of properties of four heat treated wood species. *Industrial Crops and Products*, 60: 60-65.
- Korkut, D.S., Hiziroglu, S., Aytin, A., 2013. Effect of heat treatment on surface characteristics of wild cherry wood. *BioResources*, 8(2): 1582-1590.
- Korkut, S., Alma, M.H., Elyıldırım, Y.K., 2009. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood. *African Journal of Biotechnology*, 8(20): 5316-5327.
- Korkut, S., Kocaefe, D., 2009. Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(2): 11-34.
- Krystofiak, T., Bekhta, P., Muszynska, M., 2014. Effect of temperature of thermo-mechanical treatment of pine wood (*Pinus sylvestris* L.) veneers upon gloss and wettability. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology*, pp. 88.
- Kvietkova, M., Gaff, M., Gašparik, M., Kaplan, L., Barcik, Š., 2015. Surface quality of milled birch wood after thermal treatment at various temperatures. *BioResources*, 10(4): 6512-6521. DOI: 10.15376/biores.10.4.6512-6521.
- MacLean, J.D., 1951. Rate of disintegration of wood under different heating conditions. *Proceeding of American Wood Preservers Association*, 47: 155-168.
- Mitsui, K., Takada, H., Sugiyama, M., Hasegawa, R., (2001). Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment. Part 1. Effect of treatment conditions on the change in color. *Holzforchung*, 55(6): 601-605.
- Ormondroyd, G.A., Spear, M., Curling, S.F., 2015. Modified wood: review of efficacy and service life testing. *Proceedings of the ICE - Construction Materials*, 4: 1-18.
- Pelit, H., Sönmez, A., 2015. Termo-mekanik yoğunlaştırma ve ısıl işlemin doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odununun bazı fiziksel özelliklerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1): 1-14.
- Sivrikaya H., Tesařová, D., Jeřábková, E., Can, A., 2019. Color change and emission of volatile organic compounds from *Scots pine* exposed to heat and vacuum-heat treatment. *Journal of Building Engineering*, 26: 100918.
- Sivrikaya, H., Can, A., de Troya, T., Conde, M., 2015. Comparative biological resistance of differently thermal modified wood species against decay fungi, *Reticulitermes grassei* and *Hylotrupes bajulus*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(3): 559-570.
- Sivrikaya, H., Can, A., Tümen, İ., Aydemir, D., 2017. Weathering performance of wood treated with copper azole and water repellents. *Wood Research*, 62(3): 437-450.
- Şafak, İ., Okan, T., 2004. Kekik, Defne ve Çam Fıstığının Üretimi ve Pazarlaması. *Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü Yayınları, Dergi Serisi, No:10, Tarsus*.
- Şahin Kol, H., Aysal Keskin, S., Gündüz Vaydoğan, K., 2017. Hızlı yaşlandırılmış ısıl işlem görmüş odunun bazı yüzey karakteristikleri. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3): 831-838.
- Şahin, S., Ayata, Ü., 2018. Teak, Black Ebony ve Wenge Ağaç Türlerinde Renk ve Parlaklık Özellikleri Üzerine Isıl İşlemin (Thermowood Metot) Etkisi, *Multidisipliner Çalışmalar-3 (Sağlık ve Fen Bilimleri)*, (Ed: Karapınar, R., Kuş, M.A.), Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara, s: 323-334. ISBN: 978-605-288-223-8.
- Şahin, S., Ayata, Ü., Bal, B.C., Esteves, B., Can, A., Sivrikaya, H., 2020. Determination of some wood properties and response to weathering of *Citrus limon* (L.) Burm wood. *Bioresources*, 15(3): 6840-6850. DOI: 10.15376/biores.15.3.6840-6850.
- Tjeerdsmas, B., Boonstra, M., Pizzi, A., Tekely, P., Militz, H., 1998. Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. *Holz Roh-Werkst*, 56(3): 149-153.
- Türkoğlu, T., Baysal, E., Tokar, H., Altay, Ç., 2019. Isıl işleme tabi tutulan ve vernik/sıvıcam ile kaplanan doğu kayını odununun doğal yaşlandırma sonrası renk kararlılığının belirlenmesi. *Proceeding of International European Conference on Mathematics -Engineering - Natural & Medical Sciences - X*, December 14-15, İzmir, Turkey, pp. 448-456.
- Ünsal, Ö., Ayrılmış, N., 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. *Journal of Wood Science*, 5(4): 405-409.
- Williams, R.S., 2005. Weathering of wood. *Handbook of wood chemistry and wood composites*, 7: 139-185.
- Yazici, H., 2020. Feasibility of using waste sweet bay wood (*Laurus nobilis* L.) in particleboard production. *BioResources*, 15(4): 8175-8190. DOI: 10.15376/biores.15.4.8175-8190.
- Yıldız, S., 2002. Physical, mechanical, technological and chemical properties of beech and spruce wood treated by heating, Ph.D. Thesis, Black Sea Technical University, Trabzon, Turkey.
- Yıldız, S., Tomak, E.D., Yıldız, U.C., Ustaomer, D., 2013. Effect of artificial weathering on the properties of heat treated wood. *Polymer Degradation and Stability*, 98(8): 1419-1427.

## Doğu kayını ve sarıçam odunlarında renk açma ve vernikleme işleminin yanmada yıkılma sürelerine etkileri

Ahmet Cihangir Yalınkılıç<sup>a,\*</sup>, Hakan Keskin<sup>b</sup>, Musa Atar<sup>b</sup>, Eyüp Aksoy<sup>c</sup>

**Özet:** Bu çalışma, renk açma ve vernikleme işleminin bazı ağaç malzemelerde yanmada yıkılma sürelerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla; Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) odunlarından ASTM D 358'e göre hazırlanan örneklere Sodyum hidroksit (NaOH), Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Kalsiyum hidroksit (Ca(OH)<sub>2</sub>) ve Sodyum silikat (NaSiO<sub>3</sub>)'ın %18'lik çözeltisi ile renk açma işlemi yapıldıktan sonra ASTM D 3023' e göre su bazlı (Sb), sentetik (Sn), poliüretan (Pü) ve akrilik vernikler (Av) ile kaplanmıştır. Hazırlanan örneklerin yanmada yıkılma süreleri ASTM E 160-50'ye göre belirlenmiştir. Sonuç olarak yıkılma süresi (sn) ağaç türü düzeyinde en yüksek Doğu kayınında (877.6 sn), en düşük sarıçamda (570 sn), vernik düzeyinde en yüksek poliüretan (776.7 sn)'de, en düşük su bazlı (563.1 sn), renk açma maddesi düzeyinde en yüksek R<sub>5</sub> (800.3 sn)'de, en düşük R<sub>2</sub> (645 sn)'de bulunmuştur. Yanmada yıkılma süresi, ağaç türü, vernik çeşidi ve renk açma çözeltisi etkileşimine göre en uzun süre I+R<sub>4</sub>+Sb (1260 sn)'de, en kısa süreler ise I+R<sub>3</sub>+St (630 sn) kombinasyonunda elde edilmiştir. Buna göre yangın riski söz konusu olan kullanım yerlerinde Doğu kayını odunu R<sub>4</sub> renk açma çözeltisi + Su bazlı vernik kombinasyonu önerilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Renk açma, Vernikleme, Yıkılma süresi, Ağaç malzeme

## Impacts of the bleaching and varnishing process on the collapse time in combustion of oriental beech and scots pine woods

**Abstract:** This study aims to determine the effects of the bleaching and varnishing process on the collapse time in combustion of some wood materials. For this purpose, samples prepared from wood of Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) according to ASTM D 358, were covered with waterbased (Sb), synthetic (Sn), polyurethane (Pu) and acrylic (Av) varnishes in accordance with ASTM D 3023 after bleaching with 18 % solution of sodium hydroxide (NaOH), hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), calcium hydroxide (Ca(OH)<sub>2</sub>) and sodium silicate (NaSiO<sub>3</sub>). The collapse time on combustion of prepared samples were determined according to ASTM E 160-50. According to the result of reseach, collapse time according to interaction of wood types was gained the highest time Oriental beech (877.6 sn), the lowest time Scotch pine (570 sn), according to varnish types was gained the highest time polyurethane (776.7 sn), the lowest time waterbased (563.1 sn), according to bleacher types was gained the highest time R<sub>5</sub> (800.3 sn), the lowest time R<sub>2</sub> (645 sn). According to the interaction of wood type, varnish type and decolouring solution, longest collapse time was obtained in I+R<sub>4</sub>+Sb (1260 sec) and the shortest in the combination of I+R<sub>3</sub>+St (630 sec). Accordingly, in places where there is a risk of fire, Oriental beech wood R<sub>4</sub> bleaching solution + water based varnish combination can be recommended.

**Keywords:** Bleaching, Varnishing, Collapse time, Wood material

### 1. Giriş

Ahşap malzeme; higroskopik, heterojen ve anizotropik yapıda olması dolayısıyla diğer endüstriyel malzemelere göre üstün özelliklere sahiptir. Ahşabın bu üstün teknolojik özellikleri geniş kullanım alanına sahip olmasını sağlamaktadır. Tüketim miktarındaki artış ve orman alanlarındaki azalış ahşabın uzun süre kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bitkisel (mantar) ve hayvansal (böcek, kurt, termit vb.) zararlılar ile ateşe ve boyut değiştirmelerine karşı odunu korumak için iç yapısındaki boşluklara kimyasal madde yerleştirilerek ağaç malzemenin ömrünün uzatılması işleminin yapılması zorunlu hale getirmiştir. Ahşap malzemeyi biyotik ve abiyotik etkilere karşı korumak

için, kurutma, emprenye ve üst yüzey işlemlerinin uygulanması gerekmektedir (Örs ve Keskin, 2008).

Ağaç türlerinin içerisindeki uçucu maddelerden dolayı odunun kendine has bir kokusu ve tadı, yoğunluk farklılığı nedeni ile ışınların farklı yansımaları ile farklı rengi ve parlaklığı, lif yapısı vb. gibi fiziksel (estetik) karakteristik özellikleri farklıdır. Ahşap malzemede renk bozulmaları canlı odunda yaralanma, ölü budak oluşumu, mikroorganizma ve mantar hastalıkları vb. biyotik sebepler yanında odundaki kimyasal maddelerin oksidasyonu ve tanen içeren odunların metallerle teması ile olmaktadır (Banks ve Miller, 1982).

Ağaçlarında renk, ölçü, biçim, form, fonksiyon vb. kadar önemlidir. Doğal halde iken ahşabın rengi çoğu zaman bu tür ihtiyaçlara cevap vermeyebilir. Üstüzyüz

✉ <sup>a</sup> Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Kütahya

<sup>b</sup> Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ankara

<sup>c</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Afyon

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): acihangir.yalinkilic@dpu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 31.08.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 07.10.2020



**Citation** (Atıf): Yalınkılıç, A.C., Keskin, H., Atar, M., Aksoy, E., 2020. Doğu kayını ve sarıçam odunlarında renk açma ve vernikleme işleminin yanmada yıkılma sürelerine etkileri. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 475-480. DOI: [10.18182/tjf.788326](https://doi.org/10.18182/tjf.788326)

işlemleri yapmadan önce ahşap yüzeylerde renk açma ile renk uyumu sağlanabilir. Renk açma ve empenyeleme ahşap malzeme yapısına, sertlik, parlaklık, renk vb. özelliklerine tesir etmektedir. Renk açma, kimyasal çözelti ile ahşabın yüzeyinin daha açık hale getirilmesidir. Ahşap ürünleri sektöründe meşe, maun ve kestane gibi bazı ahşaplara üstyüzey işlemleri ve renk açma yapılmaktadır (Edwin ve Carter, 1983).

Tanalith-E ve Wolmanit-CB ile empenye edilip su bazlı ve sentetik vernikle kaplanan kestane (*Castanea sativa* Mill.) odunları bir yıl dış hava şartlarında bekletilmiştir. Deneysel örneklerin yanma özelliklerinde CO<sub>2</sub> miktarı (ppm) yanma çeşidi bakımından en yüksek kendi kendine yanmada (19.18), en düşük kor hali yanmada (10.89), vernik çeşidi bakımından en yüksek sentetik vernikte kendi kendine yanmada (19.82) en düşük su bazlı vernikte alev kaynaklı yanmada (8.66) bulunduğu bildirilmiştir (Fidan vd., 2016).

Oksalik asit (C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>H<sub>2</sub>), Sodyum hidroksit (NaOH), Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Amonyak (NH<sub>3</sub>), Hidroklorik asit (HCl) ile rengi açılan Doğu kayını yanma özelliğinde en fazla CO<sub>2</sub> değişim miktarı (C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>H<sub>2</sub>)' de elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, CO<sub>2</sub> değişimi bakımından renk açma maddesi çeşidinin etkili olduğu ifade edilmiştir (Uysal ve Özçifçi, 2000).

Tanalith-E ve Wolmanit-CB ile empenye edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) sentetik ve su bazlı vernik ile kaplandıktan sonra yanma testlerine tabi tutulmuştur. Örneklerin yanma özelliklerinde CO<sub>2</sub> miktarı (ppm) yanma çeşidi bakımından en yüksek kendi kendine yanmada (16.4), en düşük kendi kendine yanmada (1.4), sentetik vernikte en yüksek kendi kendine yanmada (17.5) en düşük su bazlı vernikte alev kaynaklı yanmada (5.4) bulunduğu bildirilmiştir (Yaşar ve Atar, 2017).

Tanalith-CBC, boraks, borik asit, borik asit+boraks, vacsol-WR, imersol-WR 2000, polietilenglikol-400, stiren empenye maddelerinin kokarağacın yanma özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Empenye maddelerinin yanmada yıkılma süresi, en fazla %30 rutubete sahip kontrol numunesinde (1080 sn), en az borik asit+boraks (600 sn) çıkmıştır. Düşük retensiyon miktarına sahip borlu bileşikler yanmayı önleyici etkiyi azaltmışlardır. Sonuç olarak, farklı konsantrasyonda hazırlanmış borlu bileşiklerin sulu çözeltileri ve su iticiler ile ikili işlemler şeklinde uygulanması yanma önleyici etkiyi artırabilir (Örs vd., 2002).

Bu çalışmada, renk açıcı maddelerin ve verniklerin ağaç malzemenin yanmada yıkılma süreleri üzerinde etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Ülkemizde mobilya endüstrisinde yaygın kullanılan ağaç türleri, vernikler ve renk açma maddelerinin etkileşiminin incelenmesi ve bunların imalatçının ve tasarımcının kullanımı için uygun hale getirilmesi araştırmamızın özgün değerini oluşturmaktadır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Ahşap endüstrisinde yaygın kullanıma sahip sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunları deneme materyali olarak belirlenmiştir. Deneysel örnekleri Ankara-Siteler bölgesindeki kereste işletmelerinden temin edilmiştir.

### 2.1.1. Vernikler

Numunelerin verniklenmesinde tek bileşenli su bazlı, sentetik, akrilik ve poliüretan vernik kullanılmıştır (Bankowsky ve Eichletoer, 1993).

*Su bazlı vernik*; kokusuz, renksiz ve ahşabın doğal rengini değiştirmeyen özelliktedir. Kuruması kimyasal olup, dönüşümsüz katmanlar verir. Temizlik maddeleri, yağlar, hardal, şarap ve sirkeye karşı dayanıklıdır.

*Sentetik vernik*, oluşumunu tamamlamış ve polimerleşmesi yarım bırakılmış olarak iki tipte üretilmektedir. Oluşumunu tamamlamış sentetik reçineler nitroselüloza benzer ve fiziksel kuruma yaparlar. Polimerleşmesi yarım bırakılmış sentetik reçinelerde yağlı bir alkid kullanılmaktadır. Strenal alkid ve üretan alkid bu amaçla kullanılır. Bunlarda, polimerizasyona ya da oksidasyona dayalı bir kuruma şekli görülür ve dönüşümsüzdür. Sentetik vernikte çözücü olarak terebentin kullanılmaktadır. Kurumayı hızlandırmak için oksijen verme yeteneğindeki metal sabunları, katalizör olarak kullanılır (Sönmez, 1989).

*Akrilik vernik*, akrilik reçineden üretilen çift komponentli bir verniktir. Ağaçışlerinde her çeşit masif ve kaplama ile özellikle renk değişikliği ve sararmanın istenmediği kaplamalarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ayrıca yaşlanma sonucu bozulmaya dayanıklı, su beyazı orijinal rengi, yüksek sıcaklığa dayanıklı, elektrik akımına karşı dirençli olup, pigment ilavesi yapıldığında dayanıklı ve esnek filmler verir (Budakçı, 2003).

*Poliüretan vernik*, İki komponentli vernik olup kimyasal tepkimeli vernik gruplarındandır. Eritici inceltici sıvısı buharlaşır, elemanları kimyasal tepkimeye girer. Bunlar alkollenmiş kuruyan yağlar, polieterler ve poliester ile kastor yağı türevleri gibi bünyesinde (OH) bulunduran bileşenlerin izosiyanatlarla reaksiyonu sonucu meydana gelen ve yapısında N-C-O bulunduran bileşiklerdir (Sönmez, 1989).

### 2.1.2. Renk açma çözeltileri

Renk açma işleminde kullanılan çözeltilerin teknik özellikleri aşağıda verilmiştir (Atar vd., 2010).

*Sodyum hidroksit* (NaOH); higroskopik madde olup su ve alkolde kolayca çözünür. Beyaz kristal haldedir ve çözelti reaksiyonu kuvvetlidir. 18°C' ta, %52 oranda çözünür, bu esnada ısı verir. Çözünme ısısı: 9.9 kcal/mol, erime noktası: 322 °C, yoğunluğu: 1.2 g/cm<sup>3</sup>, normal çözelti pH derecesi: 14'tür.

*Hidrojen peroksit* (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>); piyasada perhidrol olarak bilinen çözelti, renksizdir ve molekül ağırlığı: 34g/mol, erime noktası: -26 °C, kaynama noktası: 107 °C, bir litredeki ağırlığı: 1.12 kg'dır.

*Sodyum silikat* (NaSiO<sub>3</sub>); genellikle alkasil olarak bilinen bu çözelti, suda çözünür ve ince toz halindeki kuvarsın soda ile eritilmesiyle elde edilir. Molekül ağırlığı: 22.9 g/mol, erime noktası: 1088 °C' dir.

*Kalsiyum hidroksit* (Ca(OH)<sub>2</sub>); Sönmüş kireç olarak bilinen kalsiyum hidroksit, ince beyaz bir tozdur. Molekül ağırlığı, 74 g/mol, 20°C'de 1 litre suda 1.7g çözünebilmektedir.

*Asetik asit* (CH<sub>3</sub>COOH); piyasada etenoik asit olarak bilinir ve beyaz, renksiz sıvı halinde satılır. Molekül ağırlığı, 60 g/mol, erime noktası 16.5°C, yoğunluğu ise, 1.04 g/mol

olup renk açma işleminde hem renk açıcı hem de nötrleştirme gereci olarak kullanılır.

*Sodyum disülfid* ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ); higroskopik bir madde olup beyaz renkli toz halinde piyasada bulmak mümkündür. Yoğunluğu  $1.5\text{g/cm}^3$ , %40'lık  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  çözeltisi hafif asidik reaksiyon gösterir, molekül ağırlığı  $190\text{g/mol}$ , erime noktası  $170^\circ\text{C}$  olup  $20^\circ\text{C}$  sıcaklıkta  $54\text{g}/100\text{ml}$  çözünür.

*Oksalik asit* ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ); renksiz prizmalar halinde olup,  $100\text{g}$  suda  $20^\circ\text{C}$  de  $10\text{g}$  çözünür. Sudaki çözeltisinin reaksiyonu kuvvetli asittir. Molekül ağırlığı:  $126.07\text{g/mol}$ , erime noktası:  $101^\circ\text{C}$ , kaynama noktası:  $150^\circ\text{C}$ , yoğunluğu:  $1.65\text{gr/mol}$  olup, orta derecede kuvvetli asit özelliğindedir.

*Potasyum permanganat* ( $\text{KMnO}_4$ ); piyasada katı ve sıvı halde bulunur, oksitlenebilir özelliği yanında zehirli olup ucuz ve kolay temin edilebilmektedir. Molekül ağırlığı  $158\text{g/mol}$ , erime noktası  $50^\circ\text{C}$  olup,  $20^\circ\text{C}$  sıcaklıkta bir litre suda  $65\text{g}$  çözünür.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Deney numunelerinin hazırlanışı

Denemelerde kullanılan ağaç malzemeler tamamen tesadüfi metotla birinci sınıf ağaç malzemedeki düzgün lifli, ardaksız, budaksız, çatlaksız, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlılarına maruz kalmamış ve yıllık halkalar yüzeye dik olarak ve diri odundan ASTM D 358 esaslarına göre hazırlanmıştır (ASTM D 358, 1998). Deney örnekleri,  $20\pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklık, %65±3 bağıl nemde %12 rutubete gelinceye kadar bekletilmiştir (TS 2471, 1976). Hava kurusu rutubetteki örnekler ASTM E 160-50'ye göre  $13\times 13\times 76\text{mm}$  (radyal x teğet x boy) ölçülerinde yanma deney örnekleri hazırlanmıştır (ASTM E 160-50, 1975). Araştırmada, 2 ağaç türü, 4 vernik çeşidi + 1 kontrol, 5 renk açma çözeltisi + 1 kontrol, 3 grup ve her grupta 24 tane olmak üzere ( $2\times 4\times 6\times 3\times 24$ ) toplam 3456 tane deney numunesi kullanılmıştır.

### 2.2.2. Renk açma işlemi

Renk açma işlemi için hazırlanan deney örnekleri %18'lik  $\text{NaOH}+\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{NaOH}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{NaSiO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{KMnO}_4+\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{H}_2\text{O}_2$  çözelti grupları ile renk açma işlemine tabi tutulmuştur. Renk açma için, yedi farklı kimyasal madde ile 5 çözelti grubu yapılmıştır (Çizelge 1).

Renk açıcı kimyasallar, özelliklerine göre, ağırlıkça (Mg) ve ya hacimce (Vml) % 18'lik hazırlanmıştır. Bu amaçla, katılarda;

$$M_g = \frac{M_c \cdot \%M/M}{\%S}$$

$M_g$  = İstenen çözelti miktarı (g),

$M_c$  = Hazırlanması istenen çözelti miktarı (g)

$\%M/M$  = İstenen çözeltinin ağırlıkça yüzdesi,

$\%S$  = Kimyasalın safsızlık oranı (%)

Sıvılarda;

$$V_{ml} = \frac{V_c \cdot \%V/V}{\%S \cdot d}$$

$V_{ml}$  = İstenen çözelti miktarı (ml),

$V_c$  = Hazırlanması istenen çözelti miktarı (ml)

$\%V/V$  = İstenen çözeltinin hacimce yüzdesi,

$d$  = Çözeltinin yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ), formülleri kullanılmıştır (Atar vd., 2010).

Renk açma çözeltileri, deney örnekleri yüzeylerine süngerle ilk, lifler yönünde sonra liflere dik ve tekrar lifler yönünde sürülmüştür. Çözeltideki maddeler ayrı ayrı sürülmüş, ilk sürülenin etkisinin artması için yaklaşık 2 dakika bekledikten sonra ikinci çözelti uygulanmıştır. Deneylerde kullanılan 7 renk açıcı kimyasalın pH değerleri pH kâğıdı ile ölçülerek Çizelge 2'de verilmiştir.

### 2.2.3. Vernikleme işlemi

Deney örneklerine renk açma işlemi uygulandıktan sonra üst yüzey işlemlerine hazır hale getirilebilmesi için iklimlendirme dolabında  $20\pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklık, % 65±3 bağıl nemde ağırlığı değişmez olana kadar bekletilmiştir. Numunelerin verniklenmesi ASTM D 3023 standardı esaslarına göre yapılmıştır (ASTM D 3023, 1998). Su bazlı vernik uygulaması, %10 su karıştırılarak yüksek basınçlı tabanca ile 3 kat olarak uygulanıp %10 rutubet için  $20\pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklık %65±3 bağıl nemde 3 hafta süreyle kurumaya bırakılmıştır. Sentetik vernik uygulaması, deney örneklerine fırça ile 3 kat olarak uygulanmıştır. Örnekler, vernik sürme işleminden sonra  $20\pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklık, %65±3 bağıl nemde kurumaya bırakılmıştır. Örnek yüzeylerine akrilik ve poliüretan vernik uygulaması fırça ile 3 kat uygulanmıştır.

### 2.2.4. Yanma deneyi

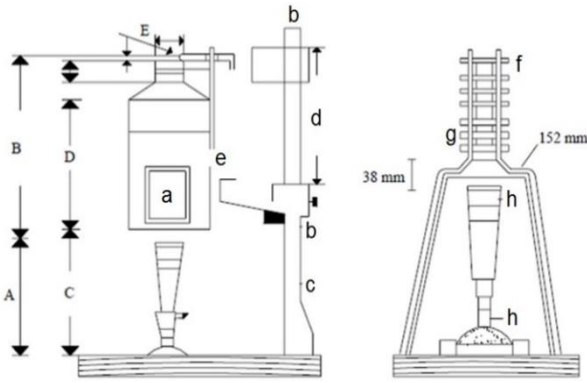
Yanma deneyi için, ASTM E 160-50 esaslarına uyularak tasarlanmış yanma test cihazı kullanılmıştır (Şekil 1).

Çizelge 1. Renk açma çözeltisi grupları

Kimyasal madde	Nötrleştirme maddesi
$\text{NaOH}+\text{H}_2\text{O}_2$ (R <sub>1</sub> )	
$\text{NaOH}+\text{Ca}(\text{OH})_2+\text{H}_2\text{O}_2$ (R <sub>2</sub> )	Destile su
$\text{NaSiO}_3+\text{H}_2\text{O}_2$ (R <sub>3</sub> )	asetik asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (R <sub>4</sub> )	
$\text{KMnO}_4+\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5+\text{H}_2\text{O}_2$ (R <sub>5</sub> )	

Çizelge 2. Renk açıcı kimyasalların pH değerleri

Renk Açıcı Kimyasal	pH (25 °C)
NaOH	14
$\text{H}_2\text{O}_2$	4
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	5
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	10
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	2
$\text{NaSiO}_3$	12
$\text{KMnO}_4$	12



Şekil 1. Yanma test cihazı. a. Mika cam, b. Kızak sonu, c. Bek rehberi, d. Kızak, e. Potansiyometre veya milivoltmetre girişi, f. Odun örnekleri, g. Tel kafes h. Bek (maker tipi), A. 270 mm. B. 430 mm. C. 295 mm. D. 305 mm. E. 38 mm.

Deney öncesi her örnek grubu tartılarak cihazdaki tel sehpaye istiflenmiştir. Deneyde 24 tane numune, 12 kat ve üstüde kare prizma şeklinde dizilip yakılmıştır. Altta bulunan maker tipi çıkış ağzından alev yüksekliği cihaz boşken  $25 \pm 1.3$  cm, manometredeki gaz basıncı ise  $0.5$  kg/cm<sup>2</sup> olmak üzere sabit tutulmuştur. Gaz yandığında termokuplun monte edildiği baca kısmında  $315 \pm 8^\circ\text{C}$  sıcaklık oluşacak şekilde sürekli kontrol edilmiştir. Alev kaynağı istifin altına merkezlenerek 3 dakika alev kaynaklı yanma sürdürülmüştür. Alev kaynağının söndürülmesini takiben, kendi kendine yanma ile kor hali yanma aşamaları olmuştur. Yanma aşamalarında ölçümler sırasıyla 15sn, 30sn ve 30sn sürelerde yapılarak; sıcaklık değişimleri ( $^\circ\text{C}$ ) termometreden ve yanmada yıkılma süreleri saniye (Sn) olarak belirlenmiştir (Aşçı ve Keskin, 2019).

### 2.3. Verilerin analizi

İstatistiksel değerlendirmelerde MSTAT-C istatistik programı ile çalışılmıştır. Çoklu varyans analizinde F testine göre gruplar arasında fark anlamlı çıktığında, Duncan testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır.

## 3. Bulgular ve tartışma

### 3.1. Yanmada yıkılma süresi (Sn)

Ağaç türü, renk açma çözeltileri ve vernik bazında yıkılma sürelerine ilişkin tekli karşılaştırma ortalama değerleri Çizelge 3’de gösterilmiştir.

Yanmada yıkılma süreleri; ağaç türü düzeyinde en yüksek Doğu kayınında, en düşük sarıçamda, renk açma çözeltileri düzeyinde en yüksek R<sub>5</sub>’de, en düşük R<sub>2</sub>’de ve vernik çeşidi düzeyinde en yüksek poliüretan vernikte, en düşük su bazlı vernikte bulunmuştur.

Ağaç türü, renk açma çözeltileri ve vernik çeşidinin yıkılma süresine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4’de gösterilmiştir.

Ağaç türü, renk açma çözeltileri ve vernik çeşidinin yanmada yıkılma sürelerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır ( $\alpha=0.05$ ). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek için yapılan DUNCAN testi değerleri Çizelge 5’de gösterilmiştir.

Yanma deneylerinde yıkılma göstermeyen örneklerin yıkılma süreleri sıfır “0” olarak girilmiştir. Yanmada yıkılma süreleri; ağaç türü, renk açma çözeltileri ve vernik çeşidi etkileşimine göre, en yüksek I+R<sub>4</sub>+Sb (1260sn), en düşük I+R<sub>3</sub>+St’ de (630sn) elde edilmiştir. Buna göre; yıkılma süresi artışı veya azalışında, renk açma çözeltilerinin yanı sıra vernik çeşidi ve ağaç türünün de etkili olduğu söylenebilir. Buna ait grafik Şekil 2’de verilmiştir.

Çizelge 3. Yanmada yıkılma süresi (Sn)

Ağaç türü	$\bar{X}$	HG <sub>1</sub>
Doğu kayını (I)	877.56	a*
Sarıçam (II)	570.00	b
Renk açma çözeltileri	$\bar{X}$	HG <sub>2</sub>
Kontrol (K)	748.00	abc
NaOH+H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>1</sub> )	698.70	bcd
NaOH+Ca(OH) <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>2</sub> )	645.00	d
NaSiO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>3</sub> )	678.00	cd
NaHSO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (R <sub>4</sub> )	772.70	ab
KMnO <sub>4</sub> +NaHSO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (R <sub>5</sub> )	800.33	a*
Vernikler	$\bar{X}$	HG <sub>3</sub>
Kontrol (K)	819.70	a
Su bazlı vernik (Sb)	563.10	c
Sentetik vernik (St)	700.30	b
Poliüretan vernik (Pü)	776.70	a*
Akrilik vernik (Av)	759.20	ab

\*: En yüksek yıkılma süresi,  $\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, LSD: En düşük anlamlı fark, (LSD<sub>1</sub>:  $\pm 14.94$ ), (LSD<sub>2</sub>:  $\pm 72.53$ ), (LSD<sub>3</sub>:  $\pm 23.65$ )

Çizelge 4. Yanmada yıkılma sürelerine ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	SD	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F Değeri	P<0,05
Faktör A	1	4256568.8	4256568.8	211.44	0.0000*
Faktör B	4	1426997.7	356749.44	17.721	0.0000*
AB	4	8511631.1	2127907.7	105.70	0.0000*
Faktör C	5	533091.11	106618.22	5.2962	0.0002*
AC	5	412171.11	82434.222	4.0949	0.0018*
BC	20	7527375.5	376368.77	18.695	0.0000*
ABC	20	8244662.2	412233.11	20.477	0.0000*
Hata	120	2415733.3	20131.111		

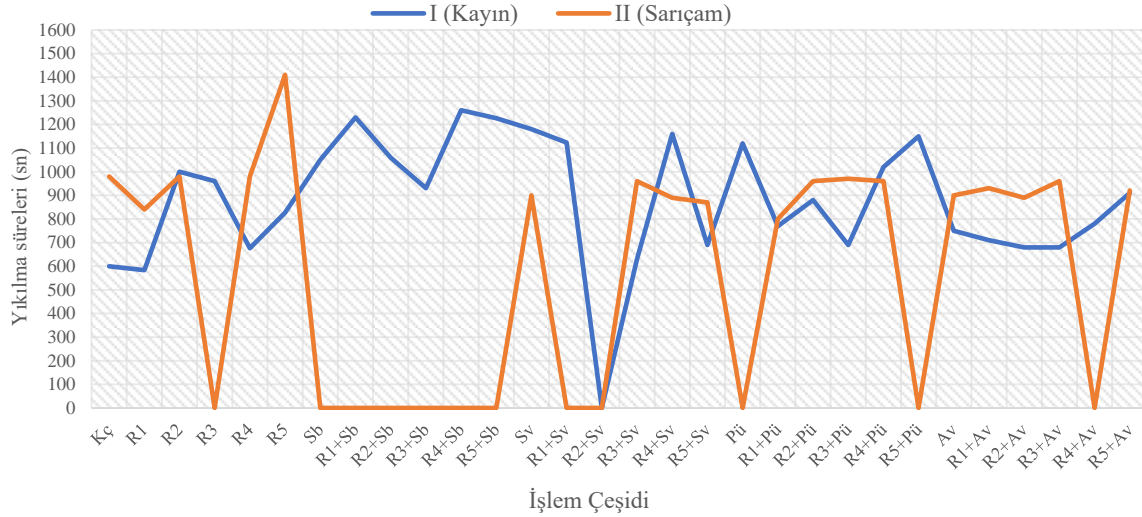
\*: Fark, 0.05’ e göre anlamlı, SD: Serbestlik Derecesi



Çizelge 5. Yanmada yıkılma sürelerine ilişkin duncan testi

İşlem	$\bar{X}$	HG	İşlem	$\bar{X}$	HG
I+K	600	op	II+K	980	cdefghijk
I+R <sub>1</sub>	583.3	p	II+R <sub>1</sub>	840	ghijklmn
I+R <sub>2</sub>	1000	bcdefghij	II+R <sub>2</sub>	980	cdefghijk
I+R <sub>3</sub>	960	cdefghijk	II+R <sub>3</sub>	0.00	q
I+R <sub>4</sub>	676.7	mnp	II+R <sub>4</sub>	980	cdefghijk
I+R <sub>5</sub>	826.7	hijklmno	II+R <sub>5</sub>	141	a
I+Sb	1050	bcdefghi	II+Sb	0.00	q
I+R <sub>1</sub> +Sb	1230	abc	II+R <sub>1</sub> +Sb	0.00	q
I+R <sub>2</sub> +Sb	1060	bcdefgh	II+R <sub>2</sub> +Sb	0.00	q
I+R <sub>3</sub> +Sb	930	defghijk	II+R <sub>3</sub> +Sb	0.00	q
I+R <sub>4</sub> +Sb	1260	ab*	II+R <sub>4</sub> +Sb	0.00	q
I+R <sub>5</sub> +Sb	1227	abc	II+R <sub>5</sub> +Sb	0.00	q
I+St	1180	abcd	II+St	900	defghijkl
I+R <sub>1</sub> +St	1123	bcdefg	II+R <sub>1</sub> +St	0.00	q
I+R <sub>2</sub> +St	0.000	q	II+R <sub>2</sub> +St	0.00	q
I+R <sub>3</sub> +St	630	nop**	II+R <sub>3</sub> +St	960	cdefghijk
I+R <sub>4</sub> +St	1160	abcde	II+R <sub>4</sub> +St	890	efghijklm
I+R <sub>5</sub> +St	690	lmnop	II+R <sub>5</sub> +St	870	fghijklmn
I+Pü	1120	bcdefg	II+Pü	0.00	q
I+R <sub>1</sub> +Pü	770	ijklmnop	II+R <sub>1</sub> +Pü	800	hijklmnop
I+R <sub>2</sub> +Pü	880	efghijkl	II+R <sub>2</sub> +Pü	960	cdefghijkl
I+R <sub>3</sub> +Pü	690	lmnop	II+R <sub>3</sub> +Pü	970	cdefghijkl
I+R <sub>4</sub> +Pü	1020	bcdefghi	II+R <sub>4</sub> +Pü	960	cdefghijkl
I+R <sub>5</sub> +Pü	1150	abcdef	II+R <sub>5</sub> +Pü	0.00	q
I+Av	750	ijklmnop	II+Av	900	defghijkl
I+R <sub>1</sub> +Av	710	klmnop	II+R <sub>1</sub> +Av	930	defghijkl
I+R <sub>2</sub> +Av	680	mnp	II+R <sub>2</sub> +Av	890	efghijklm
I+R <sub>3</sub> +Av	680	mnp	II+R <sub>3</sub> +Av	960	cdefghijk
I+R <sub>4</sub> +Av	780	hijklmno	II+R <sub>4</sub> +Av	0.00	q
I+R <sub>5</sub> +Av	910	defghijk	II+R <sub>5</sub> +Av	920	defghijkl

LSD (En düşük anlamlı fark): 229.4 \*: En yüksek yıkılma süresi, \*\*: En düşük yıkılma süresi  
 $\bar{x}$ : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu



Şekil 2. Ahşap malzemelerde işlem çeşidine göre yanmada yıkılma süreleri etkileşimleri

#### 4. Sonuçlar ve öneriler

Yanmada yıkılma süresi bakımından genel olarak sarıçamda su bazlı ve bazı sentetik vernikli örneklerde yanmanın tamamlanmasına rağmen yıkılmanın gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Buna göre, ağaç türü etkisinin, renk açma gereci ve yanında su bazlı verniğin anlamlı dayanım oluşturduğu söylenebilir. Bu durum bu tür risk taşıyan kullanım alanları için önemli bir parametre olabilir.

Verniklerde katman kalınlığı ( $\mu\text{m}$ ); sentetik vernikte 92, poliüretan vernikte 120, su bazlı vernikte 66, akrilik vernikte 128 ölçülmüştür. Vernik katman kalınlıkları arasında oluşan farklılık, verniklerin katı madde miktarından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca katman kalınlığı yüzey düzgünlüğü arttıkça daha yüksek çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur.

Ağaç türü düzeyinde yanmada yıkılma süreleri; en yüksek Doğu kayınında (877.6sn), en düşük sarıçamda (570sn) bulunmuştur. Doğu kayını odunu yanmada yıkılma

süresi bakımından sarıçama göre daha başarılı olduğu söylenebilir. Nitekim Doğu kayınında yıkılma süresi sarıçama göre %35 oranında daha uzun sürmüştür.

Vernik çeşidi düzeyinde en yüksek poliüretanda (776.7sn) en düşük su bazlıda (563.1sn) elde edilmiştir. Poliüretan vernik yanmada yıkılma süresi bakımından diğer verniklere göre daha başarılı olduğu söylenebilir. Nitekim, poliüretan vernikte yıkılma süresi su bazlı verniğe göre %27, sentetik verniğe göre %10, akrilik verniğe göre %2 oranında daha uzun sürmüştür.

Renk açma çözeltisi düzeyinde yanmada yıkılma süreleri en yüksek R<sub>5</sub>'te (800.3sn) en düşük değerler R<sub>2</sub>'de (645sn) elde edilmiştir. Kontrol örneğine göre, R<sub>4</sub> ve R<sub>5</sub> çözeltisi hariç diğer çözeltiler yıkılma süresini kısaltıcı etki göstermiştir. Nitekim, kontrol örneklerine göre yaklaşık olarak R<sub>1</sub> %6.6, R<sub>2</sub> %14, R<sub>3</sub> %9 oranında yıkılma süresini kısaltıcı, R<sub>4</sub>'te %3 ve R<sub>5</sub>'te %6 oranında yıkılma süresinde artırıcı etki göstermiştir.

Yanmada yıkılma süresi, ağaç türü, vernik çeşidi ve renk açma çözeltisi etkileşimine göre en yüksek süre I + R<sub>4</sub> + Sb (1260sn)'de, en düşük süreler ise I + R<sub>3</sub> + St (630sn) kombinasyonunda elde edilmiştir. Buna göre yangın riski söz konusu olan kullanım yerlerinde R<sub>4</sub> renk açma çözeltisi ile rengi açılmış, su bazlı vernikle kaplanmış Doğu kayını odununun kullanılması önerilebilir.

#### Açıklama

Bu araştırma, 2010 / 1090043 nolu TÜBİTAK Projesi ile desteklenmiştir.

#### Etik standartların beyanı

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

#### Kaynaklar

- ASTM D 358, 1998. Standard specification for wood to be used as panels in weathering tests of coatings. ASTM Standards, USA.
- ASTM E 160-50, 1975. Standard test method for combustible properties of treated wood by the crib test. ASTM Standards, USA.
- ASTM D-3023, 1998. Standard practice for resistance of factory applied coatings on wood products of stain and reagents. ASTM Standards, USA.
- Aşçı, T., Keskin, H., 2019. Combustion properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) wood impregnated with boron compound doped colophony. Furniture and Wooden Material Research Journal, 2(1): 11-22.
- Atar, M., Yalınkılıç, A.C., Aksoy, E., 2010. Renk açma işleminin ağaç malzemenin yanma özelliklerine etkileri. TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 1090043, Ankara.
- Bankowsky, B., Eichletoer, N., 1993. Raw materials for environment friendly wood lacquers, WKI-Bench. Holzer Working Party for Wood Research, Brunswick, 31: 145-157.
- Banks, W.B., Miller, E.R., 1982. Chemical aspects of wood technology Sweden. Forest Products Journal, 11(4): 57-64.
- Budakçı, M., 2003. Pnömatik adezyon deney cihazı tasarımı, üretimi ve ahşap verniklerinde denemesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Edwin, P.B., Carter, M., 1983. Wood bleaches and bleaching methods, finishing eastern, hard woods. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Madison, 29-39, USA.
- Fidan, M.S., Yaşar, Ş., Yaşar, M., Atar, M., Alkan, E., 2016. Combustion characteristics of impregnated and surface-treated chestnut (*Castanea sativa* mill.) wood left outdoors for one year. BioResources, 11(1): 2083-2095.
- Örs, Y., Atar, M., Özcifci, A., Peker, H., 2002. Çeşitli maddelerle emprenye edilmiş kokarağaç (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) odununun yanma özellikleri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Teknoloji Dergisi, 1(2): 61-70.
- Örs, Y., Keskin, H., 2008. Ağaç Malzeme Teknolojisi. Ders Kitabı, Gazi Yayıncılık, Ankara.
- Sönmez, A., 1989. Ağaçtan yapılmış mobilya üst yüzeylerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- TS 2471, 1976. Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini. TSE, Ankara.
- Uysal, B., Özçifçi, A., 2000. Rengi açılan doğu kayını odununun (*Fagus orientalis* Lipsky) yanma özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1): 363-371.
- Yaşar, Ş., Atar, M., 2017. Ahşap koruyucularla muamele edilmiş bazı ağaç malzemelerin yanmasıyla ortaya çıkan gaz emisyon miktarları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(3): 503-514.

## Assessment of public perception on urban environmental problems by using Q methodology

Neslihan Doygun<sup>a,\*</sup> 

**Abstract:** This study aimed to determine perception of urban environmental problems in İzmir and İstanbul, two big cities of Turkey. Q methodology, which enables classifying human subjectivity through different perspectives bringing together the strong aspects of both qualitative and quantitative research methods, has been used as the research methodology. As a result of analysis of the participants' views on urban environmental problems, which were sorted according to a certain guideline, two factors, in other words, two points of views were determined. Discrepancy correlation values of the factors were low, therefore, results states that the discrepancy of the two factors shows the represented point of views are clearly distinct. Significant majority of the participants from both cities agreed on factor 1 that "air pollution" is the primary environmental problem due to urbanization regardless of education background and gender. The other group forming factor 2 agreed on "smell pollution" as the primary environmental problem due to urbanization. The issues forwarded by the participants in this study significantly overlapped with the previously determined environmental problems of the two cities. As a conclusion, it has been pointed out in this study that Q methodology is an important tool in determining social opinions and priorities; guiding or supporting research; enlighten managers and planners in improving the effectiveness of their works.

**Keywords:** Urban environment, Environmental problems, Q methodology

## Q metodoloji kullanılarak halkın kentsel çevre sorunlarına yönelik algısının belirlenmesi

**Özet:** Bu çalışmada, Türkiye'nin iki büyük kenti olan İstanbul ve İzmir örneğinde, kentsel çevre sorunlarına yönelik algının belirlenmesi amaçlanmıştır. Nitel ve nicel araştırma yöntemlerinin güçlü yönlerini bir araya getirerek insan öznelliğini farklı bakış açıları doğrultusunda gruplandırmaya olanak tanıyan Q metodoloji bu çalışmada yöntem olarak kullanılmıştır. Katılımcıların belirli bir yönerge doğrultusunda sıraladığı konuyla ilgili ifadelerin analiz edilmesi sonucunda, kentsel çevre sorunlarına yönelik iki faktörün yani iki bakış açısının olduğu belirlenmiştir. Faktörler arasındaki görüş farklılıklarını yansıtan korelasyon değerleri düşük çıkmış olup, bu durum her iki faktörü temsil eden bakış açılarının net bir şekilde birbirinden ayrıldığını işaret etmektedir. Araştırmaya her iki şehirden katılanların önemli bir çoğunluğu, eğitim veya cinsiyet farkı gözetmeksizin 1 nolu faktörde buluşmuşlar ve hava kirliliği kentleşmeye bağlı öncelikli çevre sorunu olarak belirtilmiştir. Diğer grubun meydana getirdiği 2 nolu faktörde ise koku kirliliği öncelikli çevre sorunu olarak belirlenmiştir. Katılımcılar tarafından belirtilen konular, bu kentler için varlığı daha önceden tespit edilen çevre sorunları ile önemli ölçüde örtüşmüştür. Sonuç olarak bu çalışmada, Q metodolojisinin sosyal görüşlerin ve önceliklerin belirlenmesine yönelik araştırmaların desteklenmesinde ve geliştirilmesinde, yöneticilerin ve planlamacıların çalışmalarının etkinliğini artırmada önemli bir araç olduğu vurgulanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Kentsel çevre, Çevre sorunları, Q metodoloji

### 1. Introduction

Urbanization is a complex socio-economic process that transforms the built environment, converting formerly rural into urban settlements. In practice, urbanization refers both to the increase in the percentage of population residing in urban areas and to the associated growth in the number of urban dwellers, in the size of cities and in the total area occupied by urban settlements (United Nations, 2019). On the other hand, creating dramatic and rapid changes globally, rapid urbanization growth has led to the need to understand urbanization as a major contributor to not only socio-economic transformation but also resource consumption and environmental damage (Zhang, 2016). Land uses are changing because of urbanization that has significant impacts on environment (Limin et al., 2019),

agricultural lands and forests are diminishing (Kara and Keçeli, 2017), wetlands losses are experienced (Rojas et al., 2019), coastal ecosystems are harmed (Zhai et al., 2020) and water flow systems are changing (White and Greer, 2006). In addition, urbanization causes environmental pollutions that have the potential of negative effects on human health such as air (Liu et al., 2017), water (Gao et al., 2016), noise (Doygun and Gurun, 2007), soil (Peng et al., 2013) and smell (Müezzinoğlu et al., 2000). At the same time, due to urbanization and related land use changes, heat island effect and climate changes in terms of warming emerge (Gao and Liu, 2011; Dihkan et al., 2015; Sun et al., 2016).

Globally, more people live in urban areas than in rural areas, with 55% of the world's population residing in urban areas in 2018. In 1950, 30% of the world's population was urban, and by 2050, 68% of the world's population is

<sup>a</sup> İzmir Democracy University, Higher Vocational School, Department of Landscape and Ornamental Plants, İzmir, Turkey

\* **Corresponding author** (İletişim yazarı): neslihan.doygun@idu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 24.09.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 18.11.2020



**Citation** (Atf): Doygun, N., 2020. Assessment of public perception on urban environmental problems by using Q methodology. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 481-488. DOI: [10.18182/tjf.799763](https://doi.org/10.18182/tjf.799763)

projected to be urban (United Nations, 2019). This trend being experienced on world demographics gives important clues that effects of urbanization on environment and humans will constantly increase. Ironically, although urbanization emerged as a result of efforts to improve the quality of life of the mankind, the possible negative effects on the environment during the process will eventually hit back human life. In fact, many researchers have hypothesized that individual well-being may be considerably affected by the physical, social, and economic environment in which the individuals are situated (Winters and Li, 2015). Since human welfare is directly related to environmental conditions, it can be interpreted that environmental qualities of the cities where people intensely inhabit will be more and more effective on a lot more people's welfare. Humans interact with the environment through their perceptions and this indicates that the way humans perceive the environment also play an important role on their welfare.

The main objective of this study is to determine perceptions of the residents on environmental problems related to urbanization in two big sample cities, İstanbul and İzmir, of Turkey where 93% of the population live in cities (TSI, 2020). In order to determine the perceptions of the people on environmental issues in two cities, Q methodology, which currently has a widespread fields of use, was benefited from. Q is a methodology that determines the subjectivity of human perceptions bringing together the strong tools of qualitative and quantitative research methods to study similarities and differences of people's perceptions on a certain issue (Brown 1980 and 1996). Q methodology provides the researcher with an opportunity to investigate the variety of accounts participants construct around a research question and is particularly good at identifying the complex interplay between these constructs (Pike et al., 2015).

The objectives of this study are *i*) to put forward public perception on urban environmental problems in two big cities of Turkey, *ii*) to realise a sample study on the use of Q methodology, and *iii*) to develop proposals which can help researchers, policy-makers and planners to design effective policies in terms of building more liveable cities and societies.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Study area

Two developed cities in Turkey were selected as the study area to conduct this study, İstanbul and İzmir (Figure 1).



Figure 1. The study area

İstanbul, the most crowded and the biggest city in the country, is located in the north-western part of Turkey. Population of the city increased by 25% in the past 12 years. It was 12.5 million in 2007, but reached up to 15.5 million in 2019 (TSI, 2020). Depending on the population increase, number of motor vehicles also increased rapidly in the same period. The number of motor vehicles in İstanbul was 2.6 million in 2007, but increased to 4.2 million in 2019 (TSI, 2020). Also, great land use changes occurred in the province between the years 2003 and 2015. During that period, land use types in 57,391 ha area were converted to others (Kara and Keçeli, 2017). Urban built up land expanded by 27,277 ha, while forests and agricultural areas decreased by 9920 and 4603 ha, respectively. In parallel with this information, Dihkan et al. (2015) displayed that the extent of surface urban heat island is obvious with increasing magnitude in İstanbul for the period of 1984-2011.

Especially due to rapid population growth and urbanization, increasing amounts of pollutants caused some environmental problems in the city of İstanbul. Kuzu (2019) has specified that in spite of the fact that air pollution levels decreased gradually after the shift of coal with natural gas, sometimes, air pollution episodes are observed during winter time in İstanbul. In a recent report of NASA, NO<sub>x</sub> concentrations were decreased around the globe. But there was an increasing trend in some specific cities such as İstanbul. This shows that combustion sources affect the air pollution levels but sources were unclear. Çapraz et al (2016) found that short-term exposure to air pollution was associated with increased cardiovascular, respiratory and total non-accidental mortality in İstanbul during 2007-2012. On the other hand, according to noise map of İstanbul prepared by The Ministry of Environment and Urbanisation, 70% of the urban population are exposed to <55 dBA noise level, while 20% and 10% of the population are exposed to 55-64 dBA and >65 dBA, respectively (Köse, 2019).

Located in the western part of Turkey, the city of İzmir experienced 14% population increase, from 2.6 million in 2007 to 3 million in 2019. With 50%, the number of motor vehicles showed great increase in the same period. It was 0.7 million in 2007 but reached to 1.4 million in 2019 (TSI, 2020). Land use types also changed drastically between the years 1984 and 2009 in the city (Nurlu et al., 2013). Artificial surfaces grew by 17904 ha during that period, while agricultural lands and scrub and herbaceous vegetation decreased by 3059 ha and 3318 ha, respectively. Forest areas increased by 1993 ha depending on the afforestation efforts. It was indicated that there was considerable difference of land surface temperatures between the urban and non-urban areas in İzmir (Yavasli, 2017). In the city, urban surface temperature increased in surroundings of industrial areas contrary to those in suburban areas. The heat island and hot spots were concentrated right in industrial areas and their adjacent nearby urban regions (Çorumluoğlu and Asri, 2015). Rapid population increase and urbanization also caused some environmental problems in İzmir. Sari and Bayram (2014) pointed out that air pollution has become a problem due to rapid urbanization in the city, and residential emissions decreases air quality in winter season. According to another study realised in six districts of İzmir for the period of 2007 and 2010, there was a statistically significant relation between the number of asthma cases and the level of urban air pollution (Ozcan and Cubukcu, 2015). In addition to the

problems mentioned for Izmir, there was smell pollution in Izmir until recently. Regarding this pollution, which has largely been eliminated today, Muezzinoğlu et al. (2000) indicated that the city was suffering from rotten odours emitted by anoxic river mouths. Anaerobic conditions in the shallowest portion of İzmir Bay due to industrial and domestic wastewaters as well as eutrophication products in this very calm part of the Bay were responsible for this.

## 2.2. An overview of Q methodology

Developed by Stephenson (1953) as an alternative measurement technique to existing scales and tests which provides assessment of human subjectivity (Davies and Hodge, 2007; Klooster et al., 2008), Q methodology uses viewpoints to construct typologies of different perspectives (Steelman and Maguire, 1999). Q methodology which contains factor analysis to extract patterns of similarities and differences between the responses of a small respondent sample (Davies and Hodge, 2007; Buchel and Frantzeskaki, 2015), has become a popular approach from the viewpoint of reflecting perceptions in a wide range such as education (Paro et al., 2009), politics (Lobinger and Brantner, 2016), administrative ethics (Graaf and Exel, 2008), health psychology (Collins et al., 2002), air pollution (Sala et al., 2015), climate change adaptation (Zivojinovic and Wolfslehner, 2015), ecosystem services valuation (Scholte vd., 2015), effects of land use change (Swaffield and Fairweather, 1996), rural research (Hermans et al., 2011), sustainable development (Doody et al., 2009), tourism studies (Jacobsen, 2007), and human geography (Eden et al., 2005).

A Q methodology study consists of mainly four stages: *i*) selection of Q statements, *ii*) determination of participants, *iii*) Q sorting, and *iv*) factor interpretation (Brown, 1993; Watts and Stenner, 2005; Webler et al., 2009). *i*) Q study begins with identifying a research question, and then a discourse of text that contains expressions of all the perspectives on that question is prepared. Whatever the research question is, the Q statements must always be broadly representative of the opinion domain at issue. Q statements can be elicited from academic literature, from both literary and popular texts (magazines, television programmes, etc.), from formal interviews, informal discussions and pilot studies. The issue which should be considered in the preparation of the statements is that each statement should have both positive and negative connotations. Because, as normal as it is for a statement to be accepted by some people, there may be people who can accept the opposite of it as true (Amin, 2000; Demir and Kul, 2011; Yıldırım, 2017). *ii*) Large numbers of participants are not required for a Q methodological study. Participants should be selected to represent the breadth of opinion in a target population, not the distribution of beliefs across the population. Q methodology aims to reveal some of the main viewpoints that are favoured by a particular group of participants. On the other hand, people who have well-formed opinions will

find it easier to do the Q sort and are likely to produce a more robust sort. *iii*) At this stage, the participants are asked to rank order the statements on a chart which is designed considering the number of statements. In this process, the statements are administered in the form of a pack of randomly numbered cards (one statement to a card). The design model of the chart depends on the researcher. Forced or free distribution model can be chosen considering researcher's preference depending on whether he/she wants to crystallize the views of the participants or to give the participants opportunity to make the desired distribution. And then, the participants rank the statements (numbered cards) along a continuum from most agree at one end to most disagree at the other. *iv*) Q methodology employs a by-person correlation and factor analytic procedure. Once the factor is described in the language of the Q statements it becomes a social perspective and the product of the Q study. The individuals' Q sorts are individual perspectives, the factor analysis solutions reflect deeper organizing principles, hence they are called social narratives (Stephenson, 1965).

## 2.3. Design of the study procedure

The statements which are used to put forward the public perception on urban environmental problems in the cities of Istanbul and Izmir were formulated based on literature review, expert and public opinions, respectively. To start with, 22 statements under two main headings were determined by reviewing related literature. The 22 statements were sent to PhD and MSc degree experts to examine them from the viewpoint of repetition, incoherency, deficiency, and redundancy. As a result of the control procedure, the number of statements were decreased to 15. Finally, statements were voted by five different people considering meaningfulness, and the number of statements were decreased to 14 under two main groups (Table 1). After concretizing the statements, an opposite meaning statement was prepared for each, thus, a total of 28 statements were achieved.

As stated before, there is no need for a large number of participants for the Q methodology study, and 40-60 participants can effectively reveal the views on the subject (Stainton Rogers, 1995). On the other hand, it is possible to say that effective Q methodology studies can be conducted with less number of participants (Watts and Stenner, 2005). Within this study, in the implementation of the methodology, a total of 40 participants, 20 from each city, were determined. Special attention was paid to the participants that they have been living in that city for at least 10 years. Thus, the prediction was that the participants who have sufficient opinion about study area could do the sorting process more consciously (Wabler et al., 2009). 67% of all participants were female, and 33% were male. 62% of the total has university degree, while 38% has high school degree. Distribution of gender and graduation degree according to the cities are given in Figure 2.

Table 1. Statement groups used in the study

Main statement groups	
Pollution	Constructional development
Urbanization causes soil pollution	Urbanization increases irregular constructional development
Urbanization causes water pollution	Urbanization causes decrease in agricultural areas
Urbanization causes air pollution	Green areas become inadequate due to population growth in cities
Urbanization causes noise pollution	Increasing constructional development, traffic, industry etc. causes cities to get warmer
Urbanization causes smell pollution	Urban buildings block sunlight
Urbanization causes visual pollution	Urban buildings block air flows
	Urbanization increases global warming
	Urbanization causes decrease in natural habitats

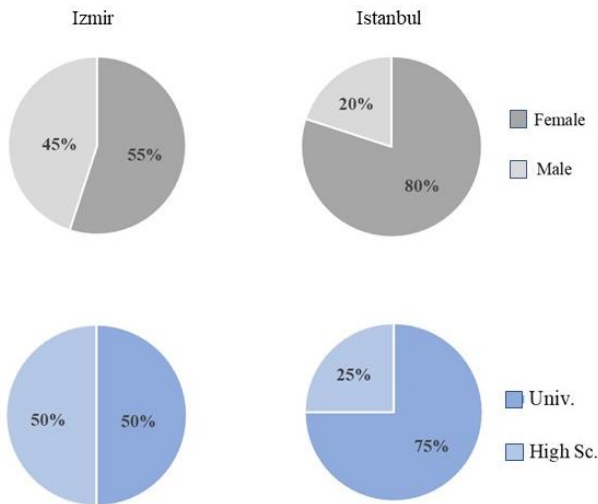


Figure 2. Distribution of gender and graduation among participants according to cities

The statements and the chart were prepared by using Microsoft Office 2016 program. First, 28 standard squares were prepared on PowerPoint, and the statements were written into squares randomly. Then, the statement page is converted to picture format, and every square were clipped onto a single statement card. The chart also was prepared using PowerPoint and converted to picture format. For the chart design, forced distribution model was chosen to crystallize the views of the participants. After preparation of statement cards and the chart, all of them were transferred onto a word page. On this page, it was possible to move the statement cards on the chart by using mouse and cursor (Figure 3). The files were sent to the participants via email and they were asked to place statements on the chart. After respondents sorted the statements, the resulting patterns were analysed through PQ Method 2.35 (Schmolck, 2014) which provides a simplified approach to data input and analysis.

Some criteria were taken into account in the creation of factors. Attention was paid to ensure that at least two people were involved in each factor (Brown, 1980; Watts and Stenner, 2005). To explain the perspectives with fewer factors (simplicity), that majority of the participants agreed on only one factor (clarity), lower correlations between factors (distinctness), and that intensity of participants doesn't change in trials on different factor numbers (stability) were also considered while revealing factors (Webler et al., 2009).

### 3. Results

When Q sorts done by the participants were analysed, two different factors, depending on the problems due to urbanization, in other words two different perspectives were identified. Correlation values representing the distinctions between factors were low in the study and this indicates that each perspective is clearly distinct from each other (Table 2).

In factor 1, which includes 88.5 % of the total participants, all participants from İstanbul and 75 % of the participants from İzmir take place. This result shows that most of the participants from both cities agree on one common perspective. 10 % of the participants from Izmir agreed on factor 2 which represents another perspective. On the other hand, 15 % of the participants from İzmir did not put forward a clear point in terms of urbanization related problems, therefore, they didn't take part in any of the factors. When educational backgrounds of the participants were concerned, it can be stated that almost all of the university graduates and 75 % of high school graduates agreed on factor 1. Similarly, almost all of the male and female participants agreed on factor 1. When these evaluations on point of views of participants on urban environmental problems were analysed, results revealed that participants from two different big cities of Turkey can agree on the same perspective regardless of educational background and gender.

When the factors were investigated based on the statements agreed on, it is possible to make an evaluation by looking at the z-scores of the expressions, and it is understood that the expressions with a value of 1 and above are the most accepted by the participants. In this study, statements based on pollution were in the foreground in factor 1, where the majority of the participants took part, while constructional development oriented statements were predominant in factor 2 (Table 3). In factor 1, the most important urban environmental problem agreed on for İzmir and İstanbul is air pollution. Loss of natural habitats due to urbanization was stated as the second most important environmental problem. Other urban environmental problems in factor 1 are smell, water, visual and noise pollutions respectively.

Table 2. Correlations between factor scores

	Factor 1	Factor 2
Factor 1	1.0000	0.3775
Factor 2	0.3775	1.0000

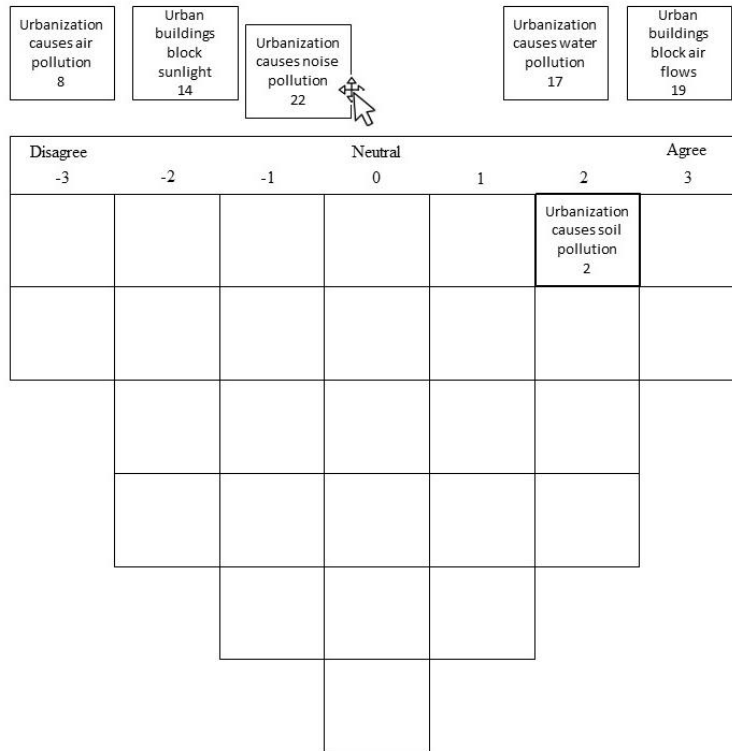


Figure 3. The chart used in this study, and some statements

Table 3. Factor based perspectives and main problems agreed on

Z-score	Perspectives	
	Factor 1: Pollution	Factor 2: Constructional development
1.481	Air pollution	Smell pollution
1.398	Loss of natural habitats	Regular urbanization
1.265	Smell pollution	Loss of natural habitats
1.158	Water pollution	Global warming
1.128	Visual pollution	Soil pollution
1.096	Noise pollution	

When statements with z-scores 1 and above in factor 2 were investigated, it was observed that problems which were agreed on, formed a constructional development focused perception perspective. In this perspective, the primarily considered urban environmental problem was smell pollution. It was followed by constructional development problems in the next three places with an eye-catching statement saying urbanization is taking place according to a plan. Having had the second most important place in factor 2 this statement was not included in the preliminary statement set but later added as the opposite of the statement “urbanization increases irregular constructional development”. As observed, the importance of including the opposites of the determined statements in the study is revealed once more. Because at the preparation phase of the Q statements they are expected to represent the related point of views comprehensively.

As explained in the methodology section as well, participants marked Q statements on the chart as “I don’t agree” (-3), “I am undecided” (0) and “I agree” (3) (Figure 3). In table 4, approximate information regarding how 28 statements, offered to the participants, were placed on the chart can be seen. Also, point of views which were either agreed or disagreed can be understood from table 4. When table 4 is examined, it is seen that there is an agreement on

factor 1 and 2 in terms of the existence of smell pollution in cities. Participants placed the statement “there is no bad smell in cities” to the edges of the chart, in other words, they disagreed with the statement. On the other hand, they placed the statement “urbanization causes smell pollution” on positive ends saying that they agree. In another example the statement “urban areas are quiet enough” was disagreed by -2 in both factors while the statement “urbanization causes noise pollution” was agreed it was prioritized differently as 2 and 1 respectively in factors. In addition, participants did not agree with the statement “natural habitats are not harmed by urbanization” by -1 and -2 respectively. They agreed with the statement “urbanization causes natural habitats to diminish” by 3 and 2 respectively. There is also an agreement in terms of indecisiveness of the participants, ranking the statements “Urban areas receive enough sunlight” and “visual quality is high in cities” as 0, meaning they were neutral. Participants’ views contradict for some statements. For example, the statement “urban constructions block the sunlight” had different rankings in factor 1 and 2 as 0 and -3 respectively. Similarly, the statements “urban green areas are adequate” and “urban constructional development is progressing in a planned fashion” were among contradicting point of views within factors.

Table 4. Factor Q sort values for each statement

No	Q Statements	Factor 1	Factor 2
1	No bad smell is sensed in cities	-2	-3
2	Urban areas get proper amount of sunshine	0	0
3	Green areas become insufficient in cities due to population growth	1	-1
4	Urban areas are properly quiet	-2	-2
5	Urban constructions block sunshine	0	-3
6	Urbanization causes agricultural lands to be opened to constructions	0	-2
7	There is no relation between water pollution and urbanization	-2	-1
8	The process of global warming is not related to urbanization	-2	0
9	The air is clean in cities	-3	0
10	Urbanization increases irregular constructional development	1	-1
11	Air flows are blocked by constructional development	0	-2
12	Cities grow without harming agricultural lands	-1	-1
13	Urbanization increases global warming	1	2
14	Urban constructional development is progressing within a plan	-1	2
15	Urbanization causes air pollution	3	1
16	Visual quality is high in cities	0	0
17	Urbanization causes noise pollution	2	1
18	The amount of urban green areas is sufficient	-3	1
19	Urbanization causes water pollution	2	0
20	Natural habitats are nor harmed by urbanization	-1	-2
21	Temperature levels in cities are same as other places	-1	1
22	Urbanization causes soil pollution	1	2
23	Air flow is sufficient in cities	-1	-1
24	Urbanization causes smell pollution	2	3
25	Urbanization causes visual pollution	2	1
26	Soil pollution and urbanization are non-related issues	0	0
27	Increasing constructional development, traffic, industry etc. causes cities to get warmer	1	1
28	Urbanization causes natural habitats to diminish	3	2

#### 4. Discussion and conclusion

This study was conducted to determine the perceptions of the participants from two different big cities on urbanization related environmental problems. The main objective was to reveal how people perceive environmental pollution and how they prioritize these problems and find out different point of views, when there is. In the study, carried out in İstanbul and İzmir, first the pollution types determined in prior studies in these cities were investigated. Then, making use of those pollution types and similar studies conducted on the issue, a series of statements to help participants state their point of views. When Q sorts formed individually by each participant using the pre-determined statements, were examined it was observed that two factors, in other words, two opinions emerged in terms of urbanization related environmental problems. On factor 1, where the opinion urbanization causes more pollution intensified, most participants agreed. This is important because it shows that participants from two different cities can agree on one issue regardless of their educational background and gender. In factor 2 formed by participants from İzmir, effects of urbanization due to constructional development was focused on more. An important feature of this factor is that among the agreed issues the statement “urban constructional development is progressing in a planned fashion” took the second place. This statement is noticeable because of being the only positive statement on urbanization among 11 statements with z-scores higher than 1 in both factors.

In both factors, those statements ranked on top of the list of statements considerably overlapped the preliminary statements made based on previous studies. For instance, air pollution, effective in both cities and that it has been reported effective on some fatalities and health problems, became the primary statement in factor 1 where most

participants agreed on intensively. The statement “urbanization causes natural habitats to diminish” was agreed on and placed in both factors. In fact, it has been reported for both İstanbul and İzmir that land uses have changed in vast areas and caused forests, scrub and herbaceous vegetation areas to shrink. Also, the statement “urbanization causes smell pollution” ranked high in both factors. The fact that this statement is ranked in the first place in factor 2 is considered to be due to the smell pollution once among the primary environmental problems emerging from the bay in İzmir. In factor one where participants from İstanbul took place, the statement “urbanization causes noise pollution” had a higher ranking. In fact, previous studies on the issue shows that 10 % of the people, 1.5 million, in İstanbul are exposed to over 65 dBA noise. The opinions revealed as results of Q sorting not only confirm the existing problems in cities but also and more importantly, gives clues about other problems people suffer from.

It is obvious that urbanization itself is a primary reason of stress in human lives. Studies show that psychiatric problems are observed more in urban areas than rural areas and these problems, depending on the environmental stress factors, occur more in number and also more complex in areas with intense urbanization. (Peen et al., 2007; Dekker et al., 2008). Environmental pollution has an important role on people’s bad feelings. Air pollution is effective on developing anxiety and depression on humans (Pun et al., 2017). Bad environmental smell causes people to get stressed (Horton et al., 2009). When investigated, studies report that in developing countries, urbanization increases general health expenses (Çetin and Bakırtaş, 2019).

Introduced by William Stephenson, psychiatrics and physician, for the first time in 1935, the methodology was discussed in detail in 1953 (Stephenson 1935; 1953), and now it is being used more and more today to determine



similar and contradicting opinions on any given subject in various disciplines. Q methodology provides researchers with diverse perspectives through enabling crystallization of opinions from limited number of participants who can forward opinions. The main requirement for the Q methodology to be able to conduct is to predetermine the statements that enable participants to reflect their opinions from a broad perspective. Balance and representation of the statements are important factors that play key roles in identifying similar and contradicting opinions. If only positive statements are gathered from the literature, experts or pilot studies, it is necessary to create an opposite of each statement in order to establish the balance and that different opinions are expressed as well. This approach has another capacity in that different opinions can be gathered in terms of different factors in the analysis of Q sorting. These advantages provided by the union of positive and negative statements have important effects on Q methodology to gain more disciplines to be used in.

Moving onwards from the results of this study and evaluations made, it is possible to develop a series of recommendations to researchers, planners and managers. From scientific research aspect, a more detailed research on the environmental issues that came front in this study can be considered. For instance, another study using Q methodology on air pollution, which was the primary problem forwarded by the participants, can be conducted on its causes, social effects and eradication of these effects investigating participant opinions. There is no doubt that the data to be gathered this way will be guiding or supporting the studies to detect pollution on site. Also, in contrast to this approach, on other environmental pollutions with no previous research but forwarded by the participants of this study projects can be developed. For instance, pollutions with no sufficient previous studies such as smell pollution for İstanbul and noise pollution for İzmir are among the potential study subjects. The data provided with this study accommodates important clues for planners and managers to be able to work more effectively and establish more liveable environments. For example, results of studies with Q methodology can be used to identify which priorities are to be considered in eradicating environmental problems. Projects to study pollutions, which were not investigated previously, but forwarded by the participants as disturbing in this study can be supported. In addition, studies with Q methodology can be generalized and can be used to gather different opinions and complaints in different parts of cities. This will also be an important guidance for the managers to identify their priorities. Efforts on eradicating disturbing environmental problems for individuals and the society will contribute to protecting public health and pulling down health expenses.



As a conclusion, it has been pointed out in this study that studies conducted with Q methodology is an important tool in determining social opinions and priorities; guiding or supporting research; enlighten managers and planners in improving the effectiveness of their works. The necessity of using Q methodology effectively not only limited to urban environmental problems but also on urban and rural landscape planning, nature preservation and coastal area preservation, is among other recommendations of this study.

## References

- Amin, Z., 2000. Q methodology – A journey into the subjectivity of human mind. *Singapore Medical Journal*, 41(8): 410-414.
- Brown, S.R., 1980. *Political subjectivity: Applications of Q methodology in political science*. Yale University Press, New Haven, CT.
- Brown, S.R., 1993. A primer on Q methodology. *Operant Subjectivity*, 16(3/4): 91-138.
- Brown, S.R., 1996. Q methodology and qualitative research. *Qualitative Health Research*, 6(4): 561-567.
- Buchel, S., Frantzeskaki, N., 2015. Citizens' voice: A case study about perceived ecosystem services by urban park users in Rotterdam, the Netherlands. *Ecosystem Services*, 12: 169-177.
- Çapraz, Ö., Efe, B., Deniz, A., 2016. Study on the association between air pollution and mortality in İstanbul, 2007-2012. *Atmospheric Pollution Research*, 7:147-154.
- Çetin, M.A., Bakırtaş, İ., 2019. Does urbanization induce the health expenditures? A dynamic macro-panel analysis for developing countries. *Dumlupınar University Journal of Social Sciences*, 61: 208-222.
- Collins, P., Maguire, M., O'dell, L., 2002. Smokers' representations of their own smoking: A Q-methodological study. *Journal of Health Psychology*, 7(6): 641-652.
- Çorumluoğlu, O., Asri, I., 2015. The effect of urban heat island on İzmir's city ecosystem and climate. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(5): 3202-3211.
- Davies, B.B., Hodge, I.D., 2007. Exploring environmental perspectives in lowland agriculture: A Q methodology study in East Anglia, UK. *Ecological Economics*, 61(2-3): 323-333.
- Dekker, J., Peen, J., Koelen, J., Smit, F., Schoevers, R., 2008. Psychiatric disorders and urbanization in Germany. *BMC Public Health*, 8(1): 17.
- Demir, F., Kul, M., 2011. *Q Method, A Modern Research Method*. Adalet Yayınevi, Ankara.
- Dihkan, M., Karlı, F., Güneroğlu, A., Güneroğlu, B., 2015. Evaluation of surface urban heat island (SUHI) effect on coastal zone: The case of İstanbul Megacity. *Ocean & Coastal Management*, 118: 309-316.
- Doody, D.G., Kearney, P., Barry, J., Moles, R., O'Regan, B., 2009. Evaluation of the Q-method as a method of public participation in the selection of sustainable development indicators. *Ecological Indicators*, 9(6): 1129-1137.
- Doygün, H., Gurun, D.K., 2007. Analysing and mapping spatial and temporal dynamics of urban traffic noise pollution: a case study in Kahramanmaraş, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142(1-3): 65-72.
- Eden, S., Donaldson, A., Walker, G., 2005. Structuring subjectivities? Using Q methodology in human geography. *Area*, 37(4): 413-422.
- Gao, J., Liu, Y., 2011. Climate warming and land use change in Heilongjiang Province, Northeast China. *Applied Geography*, 31(2): 476-482.
- Gao, Y., Liu, G., Hao, Y., Zhang, Y., 2016. Ecological network based urban pollution transfer effect analysis at a river basin scale. *Energy Procedia*, 104: 135-140.
- Graaf, G., Exel, J., 2008. Using Q methodology in administrative ethics. *Public Integrity*, 11(1): 63-78.
- Hermans, F., Kok, K., Beers, P.J., Veldkamp, T., 2011. Assessing sustainability perspectives in rural innovation projects using Q-Methodology. *Sociologia Ruralis*, 52(1): 70-90.
- Horton, R.A., Wing, S., Marshall, S.W., Brownley, K.A., 2009. Malodor as a trigger of stress and negative mood in neighbors of industrial hog operations. *The American Journal of Public Health*, 3(99): 610-615.
- Jacobsen, J.K.S., 2007. Use of landscape perception methods in tourism studies: A review of photo - based research approaches. *Tourism Geography*, 9(3): 234-253.
- Kara, F., Keçeli, A., 2017. Impact of rapid urbanisation on land cover in İstanbul Province. *Int International Journal of Environmental Research*, 25(2): 293-302.

- Klooster, P.M., Visser, M., Jong, M.D.T., 2008. Comparing two image research instruments: The Q methodology method versus the Likert attitude questionnaire. *Food Quality and Preference*, 19(5): 511-518.
- Köse, S., 2019. Determination of hotspots and development of solution methods for different noise sources within the scope of noise action plans in Istanbul. MSc Dissertation, Yıldız Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Istanbul.
- Kuzu, S.L., 2019. Source identification of combustion-related air pollution during an episode and afterwards in winter-time in Istanbul. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(17): 16815-16824.
- Limin, B., Chunliang, X., Xinghua, F., Daqian, L., 2019. Influence of urbanization on regional habitat quality: A case study of Changchun City. *Habitat International*, 93: 1-13.
- Liu, M., Huang, Y., Jin, Z., Ma, Z., Liu, X., Zhang, B., Liu, Y., Yu, Y., Wang, J., Bi, J., Kinney, P., 2017. The nexus between urbanization and PM2.5 related mortality in China. *Environmental Pollution*, 227: 15-23.
- Lobinger, K., Brantner, C., 2016. Different ways of seeing political depictions: A qualitative-quantitative analysis using Q methodology. *Communications*, 41(1): 47-69.
- Müezzinoğlu, A., Sponza, D., Köken, I., Alparslan, N., Akyarlı, A., Öztüre, N., 2000. Hydrogen sulfide and odor control in Izmir Bay. *Water, Air and Soil Pollution*, 123(1-4): 245-257.
- Nurlu, E., Erdem, U., Doygun, H., Oğuz, H., Atak, B.K., Doygun, N., Barut, L., Malkoç, E., 2013. The effects of land cover change on natural ecosystems: The case of Izmir, Turkey. *Proceedings of ICOEST 2013: International Conference on Environmental Science and Technology* 18-21 June, Ürgüp, Turkey, pp. 371-378.
- Ozcan, N.S., Cubukcu, K.M., 2015. Evaluation of air pollution effects on asthma disease: The case of Izmir. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 202: 448-455.
- Paro, K.M., Siepak, K., Scott-Little, C., 2009. Assessing beliefs of preservice early childhood education teachers using Q-Sort methodology. *Journal of Early Childhood Teacher Education*, 30(1): 22-36.
- Peen, J., Dekker, J., Schoevers, R.A., Have, M., Graaf, R., Beekman, A.T., 2007. Is the prevalence of psychiatric disorders associated with urbanization? *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 42(12): 984-989.
- Peng, C., Ouyang, Z., Wang, M., Chen, W., Li, X., Ctrittenden, J.C., 2013. Assessing the combined risks of PAHs and metals in urban soils byurbanization indicators. *Environmental Pollution*, 178: 426-432.
- Pike, K., Wright, P., Wink, B., Fletcher, S., 2015. The assessment of cultural ecosystem services in the marine environment using Q methodology. *Journal of Coastal Conservation*, 19(5): 667-675.
- Pun, V.C., Manjourides, J., Suh, H., 2017. Association of ambient air pollution with depressive and anxiety symptoms in older adults: Results from the NSHAP study. *Environmental Health Perspectives*, 125(3): 342-348.
- Rojas, C., Munizaga, J., Rojas, O., Martinez, C., Pino, J., 2019. Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: Lessons for sustainable land use planning. *Land Use Policy*, 80: 47-56.
- Sala, R., Oltra, C., Gonçalves, L., 2015. Attitudes towards urban air pollution: A Q methodology. *Psychology*, 6(3): 359-385.
- Sari, D., Bayram, A., 2014. Quantification of emissions from domestic heating in residential areas of İzmir, Turkey and assessment of the impact on local/regional air-quality. *Science of the Total Environment*, 488-489: 429-436.
- Schmolck, P., 2014. PQ Method Software, <http://schmolck.org/qmethod/> Erişim: 02.05.2020.
- Scholte, S., Teeffelen, A.J.A., Verburg, P.H., 2015. Integrating socio-cultural perspectives into ecosystem service valuation: A review of concepts and methods. *Ecological Economics*, 114: 67-78.
- Stainton Rogers, R., 1995. Q methodology. J.A. Smith, R. Harre, L. Van Langenhove, (Eds.), *Rethinking methods in psychology*. Sage, London, s: 178-192.
- Steelman, T.A., Maguire, L.A., 1999. Understanding participant perspectives: Q-Methodology in national forest management. *Journal of Policy Analysis and Management*, 18(3): 361-388.
- Stephenson, W., 1935. Technique of factor analysis. *Nature*, 136:297.
- Stephenson, W., 1953. *The Study of Behaviour: Q-Technique and Its Methodology*. University of Chicago Press, Chicago.
- Stephenson, W., 1965. Definition of opinion, attitude and belief. *Psychological Record*, 15(2): 281-288.
- Sun, Y., Zhang, X., Ren, G., Zwiers, F.W., Hu, T., 2016. Contribution of urbanization to warming in China. *Nature Climate Change*, 6(7): 706-709.
- Swaffield, S.R., Fairweather, J.R., 1996. Investigation of attitudes towards the effects of land use change using image editing and Q sort method. *Landscape and Urban Planning*, 35(4): 213-230.
- TSI, 2020. Dynamic Statistical Query and Databases, Turkish Statistical Institute. <http://www.turkstat.gov.tr/>, Erişim: 22.04.2020.
- United Nations, 2019. *World Urbanization Prospects 2018: Highlights* <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>, Accessed: 09.05.2020.
- Watts, S., Stenner, P., 2005. Doing Q methodology: Theory, method and interpretation. *Qualitative Research in Psychology*, 2(1): 67-91.
- Webler, T., Danielson, S., Tuler, S., 2009. *Using Q Method to Reveal Social Perspectives in Environmental Research*. Greenfield MA: Social and Environmental Research Institute. [https://www.researchgate.net/publication/273697977\\_Using\\_Q\\_Method\\_to\\_Reveal\\_Social\\_Perspectives\\_in\\_Environmental\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/273697977_Using_Q_Method_to_Reveal_Social_Perspectives_in_Environmental_Research), Accessed: 01.05.2020.
- White, M.D., Greer, K.A., 2006. The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Penasquitos Creek, California. *Landscape and Urban Planning*, 74(2): 125-138.
- Winters, J.V., Li, Y., 2015. Urbanization, Natural Amenities, and Subjective Well-Being: Evidence from U.S. Counties. <http://ftp.iza.org/dp8966.pdf>, Accessed: 09.05.2020.
- Yavaşlı, D.D., 2017. Spatio-temporal trends of urban heat island and surface temperature in Izmir, Turkey. *American Journal of Remote Sensing*, 5(3): 24-29.
- Yıldırım, I., 2017. Eğitimin oyunlaştırılmasına ilişkin öğrenci algıları: Bir Q metodu analizi. *Eğitim ve Bilim*, 42(191): 235-246.
- Zhai, T., Wang, J., Fang, Y., Quin, Y., Huang, L., Chen, Y., 2020. Assessing ecological risks caused by human activities in rapid urbanization coastal areas: Towards an integrated approach to determining key areas of terrestrial-oceanic ecosystems preservation and restoration. *Science of the Total Environment*, 708: 1-14.
- Zhang, X., 2016. Sustainable urbanization: A bi-dimensional matrix model. *Journal of Cleaner Production*, 134: 425-433.
- Zivojinovic, I., Wolfslehner, B., 2015. Perceptions of urban forestry stakeholders about climate changeadaptation – A Q-method application in Serbia. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(4): 1079-1087.

## Alan kullanım/arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği

Birsen Kesgin Atak<sup>a,\*</sup> , Ebru Ersoy Tonyaloğlu<sup>a</sup> 

**Özet:** Dünya genelinde nüfusun artması, kentsel alanlarda bina, yol vb. gibi geçirimsiz yüzeylerin artmasını tetikleyerek iklim değişikliğinin yansısı ekosistemler, çevre ve insanlar üzerinde birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Bu nedenle kentsel iklim araştırmaları önemli araştırma konularından biri olmaya başlamıştır. Buna bağlı olarak, farklı alan kullanımı / arazi örtüsü (AKAÖ) türlerinin ve bitki örtüsünün kentsel ısı adası (KIA) oluşumu üzerindeki etkilerinin nicel analizleri, kentsel planlama çalışmalarında büyük önem taşımaktadır. KIA oluşumu genel olarak arazi yüzey sıcaklığı (AYS) ile ölçülmektedir, bitki örtüsü ise havadan veya uydudan termal kızılötesi uzaktan algılama kullanılarak normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) ile karakterize edilmektedir. Bu bağlamda, bu araştırma Aydın ilinde 1990-2017 yılları arasında AKAÖ, NDVI ve AYS'deki değişikliklerin etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu makalede, AKAÖ ve NDVI'nin AYS üzerindeki etkilerini ölçmek için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi tabanlı çeşitli nicel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bu bağlamda, Aydın ilinde yaz dönemi için 1990 (Landsat 5) ve 2017 (Landsat 8) yıllama ait toplam on bulutsuz görüntü ile CORINE arazi örtüsü veri seti analizlerin ana materyallerini oluşturulmuştur. Araştırma sonucu, AKAÖ'deki bitki örtüsü yoğunluğunun/varlığının AYS üzerinde en güçlü etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Öte yandan, bitki örtüsü ve suyun varlığının (örneğin orman ve su ve sulak alanlar) hava sıcaklığının en yüksek olduğu durumda bile bu etkiyi azalttığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kentsel ısı adası, Arazi yüzey sıcaklığı, Landsat, NDVI, AKAÖ

## Evaluation of the effect of land use / land cover and vegetation cover change on land surface temperature: The case of Aydın province

**Abstract:** Rising population in the world triggered the increase of artificial surfaces like buildings, roads, etc in urban areas and has many negative impacts on climate change, ecosystems, environment, and people. Accordingly urban climatological research has been a significant research topic. Therefore, quantitative analyses of the impact of different land use / land cover (LULC) types and vegetation cover on the urban heat island (UHI) is very essential for urban planning. The UHI formation is generally measured by land surface temperature (LST), vegetation cover is characterized by Normalized Different Vegetation Index (NDVI) through the use of airborne or satellite thermal infrared remote sensing. In this context, this research aims to analyse the effects of changes in LULC, NDVI and LST between the years of 1990 and 2017 in Aydın, Turkey. In this paper, various quantitative analysis methods based on remote sensing and geographic information system have been used to measure the effects of LULC and NDVI on AYS. In this respect, the main materials of the analyses are composed of ten cloud free Landsat 5 in 1990 and Landsat 8 images in 2017 for the summer period in Aydın as well as the CORINE land cover data set. The results showed that decreasing vegetation cover in LULC had the strongest influence on the LST. On the other hand, the presence of vegetation and water especially woody patches (e.g. forest and water and wetlands) reduced this effect even the air temperature was highest.

**Keywords:** Urban heat island, Land surface temperature, Landsat, NDVI, LULC

### 1. Giriş

Küresel iklim değişikliği günümüzün en önemli sorunlarından biridir. Bu değişimin en önemli nedenleri, atmosferdeki karbon salınımının artması ve kırsal / kentsel alanlarda geçirimsiz yüzeylerin artmasıdır. Kentsel ve kırsal alanlarda artan nüfus, alan kullanımı / arazi örtüsünde (AKAÖ) önemli değişikliklere neden olmakta ve kent merkezi ile çevresinde çeşitli olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Bu olumsuz etkilerden en önemlilerinden birisi, kentsel ısı adası (KIA) olarak tanımlanan kentsel alanlardaki sıcaklığın, çevredeki kırsal alanlara göre daha

sıcak olmasıdır (Oke, 1973; Voogt, 2004; Weng vd., 2004). Kentleşme, ormanların yok edilmesi, sanayileşme gibi değişimler nedeniyle atmosferde sera gazlarının birikimi hızla artmakta ve bu da doğal sera etkisinin güçlenmesine neden olmaktadır (Türkeş, 2008). Temel olarak, doğal sera etkisi, dünyanın sıcaklık dengesinin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır (Türkeş, 2008; Doğan ve Tüzer, 2011). Kentsel ortamlardaki atmosfer ve yüzey sıcaklıkları kırsal alanlara oranla genellikle daha sıcaktır. Bunun temel nedeni ise kentsel alanlardaki yüzey malzemelerinin, beton kütleler, asfalt yollar ve metal yüzeyler gibi yüksek ısı kapasitesi olan güneşten gelen ısıyı yansıtma özelliğine sahip,

✉ <sup>a</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 28.08.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 05.12.2020



**Citation** (Atıf): Kesgin Atak, B., Ersoy Tonyaloğlu, E., 2020. Alan kullanım/arazi örtüsü ve bitki örtüsündeki değişimin arazi yüzey sıcaklığına etkisinin değerlendirilmesi: Aydın ili örneği. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 489-497.

DOI: [10.18182/tjf.786827](https://doi.org/10.18182/tjf.786827)

buharlaşmayan ve gözeneksiz kentsel malzemelerle kaplı olmasıdır (Stone ve Norman, 2006; Pal ve Ziaul, 2017). Diğer yandan bitki örtüsü ile kaplı veya doğal geçirgen malzemelerle kaplı olan yüzeyler güneş radyasyonunun büyük kısmını absorbe ettiği için kentsel alanlara oranla daha serindir (Pal ve Ziaul, 2017; Xiao vd., 2018).

Kentsel ısı adalarının modellenmesi ve kentlerdeki karakteristik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler temel olarak iki grup altında incelenmektedir. Birinci grup çalışmalar kent veya kırsal alanlarda hava sıcaklığı ölçümlerine dayanırken, ikinci grup çalışmalar arazi yüzey sıcaklığı (AYS) ölçümlerine dayanmaktadır (Streutker, 2003). Atmosferik KIA etkileri, yer temelli hava sıcaklığı ölçümleriyle tespit edilebilirken, yüzeysel KIA ise tipik olarak, termal uzaktan algılamanın kullanımına dayalı bir Arazi Yüzey Sıcaklığı (AYS) ölçümü olarak karakterize edilmektedir (Chudnovsky vd., 2004; Yuan ve Bauer, 2007). Yer temelli hava sıcaklığı ölçümlerine dayalı çalışmalar genellikle meteorolojik gözlemlere dayalı olup, meteoroloji istasyonu verileri veya kurulan gezici ölçüm aletleri ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen iklim verilerinin modellenmesine dayanmaktadır (Magee vd., 1999; Unger vd., 2011). Diğer yandan AYS ölçümlerine dayalı çalışmalar uydu görüntüleri kullanılarak termal uzaktan algılama verileri ile sağlanmaktadır (Chudnovsky vd., 2004; Yuan ve Bauer, 2007; Oguz, 2013). AYS verileri, daha büyük alanlar için bir arazi yüzeyinden elde edilen ışınimsal sıcaklığına ilişkin eşzamanlı ve sürekli veri sağlamaktadır (Du vd., 2016).

Bölgesel iklim değişiminin anlaşılmasında büyük ölçüde geleneksel meteorolojik veriler kullanılmaktadır. Fakat son zamanlarda teknolojik gelişmelerle birlikte, meteorolojik verilerin veri ölçümünde ve teminindeki güçlük, maliyetin yüksek olması gibi nedenlerle araştırmacılar daha büyük avantajlara sahip kısa sürede veri temini ve analizine olanak sağlayan uzaktan algılamaya dayalı yüzey sıcaklığı analizlerine yoğunlaşmışlardır. Yüzeyle yayılan termal enerjinin atmosfere aktarılması nedeniyle genellikle AYS ile bitki örtüsü kanopi katmanındaki hava sıcaklıkları arasında önemli ölçüde ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle, AYS ölçümleri KIA kavramının güvenilir bir göstergesi olarak kabul edilmekte ve son yıllarda KIA çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. AYS'de yaşanan değişimler küresel iklim değişikliğini anlamak için sıklıkla kullanılan önemli bir bölgesel iklim göstergesidir ve bu nedenle tarım, hidroloji, ekoloji, çevre, iklim ve biyojeokimya araştırmalarında büyük bir öneme sahiptir. AYS ve KIA kavramlarına ilişkin birçok çalışma; AYS ve AKAÖ (Saaroni ve Ziv, 2003; Du vd., 2016), AYS ile parklar, bahçeler ve yeşil çatılar gibi belirli açık yeşil alan tipleri (Cao vd., 2010; Klein ve Coffman, 2015) arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Kentlerde AYS etkisi güneş yoğunluğu, AKAÖ özellikleri ve bitki örtüsünün yoğunluğundan etkilenmektedir. Voogt ve Oke (2003) yaptıkları çalışmada kentsel ve kırsal alanlar arasındaki gündüz yüzey sıcaklıklarındaki farklarının ortalama olarak 10 ila 15 °C'dir, ancak geceleri ikisi arasındaki yüzey sıcaklıklarındaki fark, yalnızca yaklaşık 5 ila 10°C arasında ortalama olma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. AKAÖ, madde ve enerji alışverişi için atmosfer ve biyosfer arasındaki bir ara yüzü temsil etmektedir ve AYS üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu pek çok araştırmada vurgulanmıştır. Bu nedenle, AKAÖ değişimleri ile bölgesel iklim değişimlerinin birbiri ile ilişkisinin araştırılması en yaygın

araştırma konularının başında yer almaktadır. AKAÖ değişimi, doğrudan arazi yüzeyinin fiziksel özelliklerinde değişikliklere neden olarak bölgesel iklimi belirleyen radyasyon, ısı ve su buharı değişimi gibi çeşitli faktörleri etkilemektedir. Ayrıca, AKAÖ değişimi, demografik değişimler ve bölgesel-kimyasal bileşimdeki değişimler gibi birbirine bağlı olan ve birbirini etkileyen etkilere sahiptir. Örneğin, AKAÖ'nde yaşanan değişimler zamanla karasal karbon stoklarında ve bunların döngülerindeki değişikliklere yol açarak, atmosferdeki sera gazı seviyelerindeki değişiklikler de dahil olmak üzere çeşitli sonuçlara yol açmışlardır. Bu nedenle, AYS alan kullanım değişimi arasındaki ilişkinin bölgesel olarak tespit edilmesi ve bu doğrultuda bölgesel planlama önerileri geliştirilmesi küresel iklim değişiminin önüne geçilmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra, AYS ve KIA üzerine yapılan çalışmalarda, bitki örtüsü varlığı, bolluğu ve yoğunluğunun kentsel ısı adalarının olumsuz etkilerinin azaltılmasında / giderilmesinde en önemli etmenlerden biri olduğu vurgulanmaktadır (Weng vd., 2004; Chen vd., 2006; Yuan vd. 2017). Bu kapsamda, uzaktan algılama teknikleri kullanılarak çeşitli bitki örtüsü indeksleri elde edilmekte ve bitki örtüsünün değerlendirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu indekslerden birisi olan normalize edilmiş farksal bitki indeksi (NDVI) uydu görüntülerinden bitki örtüsünün tanımlanması için yaygın olarak kullanılmaktadır. NDVI sağlıklı bitki örtüsünden yansıyan radyasyonun, diğer farklı yüzey örtüsünden yansıyan radyasyona oranını ifade etmektedir (Aygün vd., 2016). NDVI değeri bir alandaki bitki örtüsünün yakın kızılötesi ve kırmızı bantlardaki farklı yansıtma değerlerine göre +1 ile -1 arasında değişir. NDVI sağlıklı bitki örtüsü varlığı için +1, hiç bitki örtüsü olmayan alanlar için -1 değerlerine sahip bir indekstir. Yaz aylarında yüksek NDVI değerleri (kış aylarına göre daha yüksek sağlıklı bitki örtüsü varlığı ve transpirasyona bağlı soğutma etkisine bağlı olarak) daha düşük arazi yüzey sıcaklıklarına karşılık gelmektedir (Julien vd., 2006; Karnieli vd., 2010). Diğer yandan geçirimsiz yüzeyler genellikle ulaşım ağları (caddeler, otoyollar, vb.) ile bina çatıları ile ilişkilendirilmekte olup bir alandaki kentleşme oranı olarak değerlendirilmektedir (Jennings vd., 2004; Xian ve Crane, 2006). Zhang vd. (2009), geçirimsiz yüzey oranının peyzajdaki mevsimsel değişimlerden daha az etkilendiğini belirterek; AYS, kentsel ve termal çevre arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde kullanılabilir önemli bir indeks olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca, özellikle yaz aylarında, geçirimsizlik derecesi / yapı yoğunluğunun yüksek (veya fazla) olduğu kentsel alanlarda AYS değerlerinin kırsal alanlara oranla daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Kaplan vd., 2018).

Çalışma alanı olarak seçilen Aydın ili, özellikle son yıllarda nüfusun artmasına bağlı olarak yoğun kentleşme hareketlerinin yaşandığı; sanayi, tarım ve turizm gibi sosyo-ekonomik gelişmelerin ön planda tutulduğu önemli ve değerli kıyı illerimizden birisidir. Tüm bu gelişmelerin Aydın ilinin kentsel ve kırsal alanlardaki yüzey sıcaklığına etkisi, alan kullanımının veya bitki örtüsü yoğunluğunun ısı adası üzerindeki etkisi kent merkezinde olan etkileri ile ilgili çalışmalar yapılmış olsa da (Ersoy Tonyaloğlu, 2019), kent bütünündeki etkilerin birlikte değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda bu çalışmanın amacı, Aydın ili genelinde 1990 ve 2017 yılları arasında AKAÖ ve bitki örtüsündeki (NDVI) değişimlerin yüzey sıcaklığına

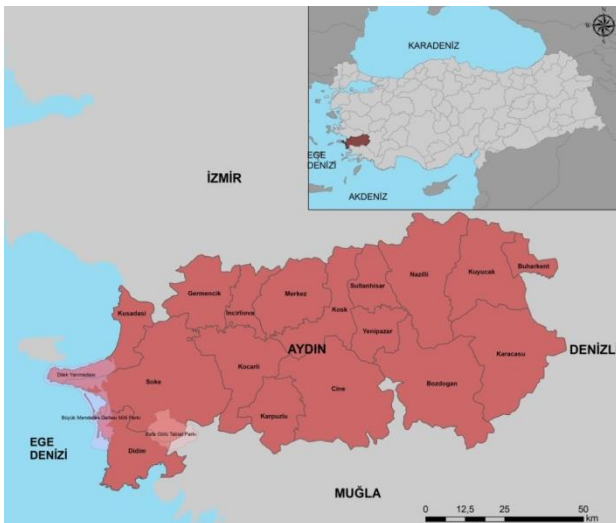
olan etkisinin değerlendirilerek kentsel ve kırsal planlama açısından çözüm önerileri geliştirilmesidir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1 Materyal

Ege bölgesi'ne kıyaslı olan illerden biri olan ve 37.8380 kuzey enlem ve 27.8456 doğu boylamları arasında yer alan Aydın ili 150 km kıyı şeridiyle yaklaşık 8000 km<sup>2</sup> alana yayılmıştır ve 27 ilçeye sahiptir (Şekil 1). Aydın ilinin 1990' lı yıllardan 2017 yılına kadar geçen süreçte nüfusu 824816 kişiden 1080839 kişiye çıkarak hızla artan yerleşim yerleri arasında yer almaktadır. Nüfusun bu oranda artmış olması beraberinde çarpık kentleşme, tarım arazilerinin yok edilmesi ya da yanlış yönetilmesine bağlı olarak pek çok çevre sorununu da beraberinde getirmiştir (TÜİK, 2019). Nitelikli tarım arazileri ile kuşatılan Aydın ili, akdeniz iklim kuşağında yer alması nedeniyle yazlar sıcak ve kurak kışlar ılık ve yağışlıdır. Aydın ilinin ortalama sıcaklığı 17.7 °C olup, en yüksek sıcaklığı 44.8°C, en düşük sıcaklık ise kış aylarında yaşanmış olup -11°C dir. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması ise 664.9 mm'dir. Özellikle yaz aylarında sıcaklık değerlerinin yüksek olmasına karşın, çarpık yapılaşma ve geçirimsiz yüzeylerin artışı ile beraber hissedilen sıcaklık değerini tespit edilen değerin daha üstünde olmaktadır.

Çalışmada arazi yüzeyi sıcaklığı (AYS) değerlerinin ve bitki örtüsüne yönelik NDVI değerlerinin hesaplanmasında USGS web sitesinden ücretsiz olarak indirilen 1990 ve 2017 yıllarına ait Landsat 5 (TM) ve Landsat 8 uydu görüntülerinden yararlanılmıştır (Çizelge1) (USGS, 2019). Bitkilerin vejetatif olarak yoğun oldukları ve sıcaklığın daha yüksek olduğu aylara ait olan görüntüler NDVI analizinde kullanılmıştır. Copernicus Arazi Gözlem Hizmetleri web sitesinden indirilen diğer analiz veri setleriyle en yakın tarihlerde olan 1990 ve 2018 yılına ait CORINE arazi örtüsü (CORINE Land Cover) verileri çalışma alanında bulunan alan kullanım/razi örtüsü tiplerinin belirlenmesi amacıyla yararlanılmıştır (CLMS, 2020). NDVI ve AYS haritalarının hazırlanması, değerlendirilmesi ve alan kullanımları/razi örtüsündeki değişimler ve NDVI ile AYS arasındaki ilişkilerin saptanması için istatistiki hesaplamalar ArcGIS 10.5.1 yazılımından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı, Aydın ili ve ilçeleri

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan uydu görüntüleri

Yıllar	Uydu görüntüsü	Tarih
1990	Landsat 5 TM	13 Haziran 1990
		31 Temmuz 1990
		1 Eylül 1990
		17 Eylül 1990
		3 Ekim 1990
2017	Landsat 8	7 Haziran 2017
		25 Temmuz 2017
		26 Ağustos 2017
		11 Eylül 2017
		13 Ekim 2017

### 2.2 Yöntem

#### 2.2.1 Uydu görüntülerinin analizler için hazırlanması

Araştırmada, araştırma alanına yönelik bitki örtüsüne ilişkin değerlendirmelerin yapılabilmesi ve AYS analizinde kullanmak üzere NDVI değerinin hesaplanmasında Landsat 5 (TM) ve Landsat 8 uydu görüntülerinin kırmızı ve yakın kızılötesi bantları, AYS analizi için ise termal bantlar kullanılmıştır. Analiz öncesinde kullanılacak bantların radyometrik düzeltmeleri yapılmıştır. Tüm bantlar en yakın komşuluk (Nearest neighbor) algoritması kullanılarak aynı çözünürlük (30 m) derecesinde olacak şekilde mekansal çözünürlüğü birbiri ile uyumlu hale getirilmiştir.

#### 2.2.2 NDVI ve AYS değerinin hesaplanması

Aydın ilinde kentsel ısı adası etkisini anlamak için Chen vd. (2014) ve Du vd. (2017)'nin geliştirdikleri yöntem ile AYS değerleri hesaplanmıştır. Bu yöntem beş aşamadan oluşmaktadır.

1. En yüksek atmosferik parlaklık değerinin hesaplanması (Top of atmospheric radiance- TOA): Termal kızılötesi bantlar (TIR) kullanılarak, aşağıdaki formül ile parlaklık değerleri (0-255) spektral parlaklık (SR) değerlerine dönüştürülmüştür (Eşitlik 1).

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{CALMAX} - Q_{CALMIN}} \right) (DN - Q_{CALMIN}) + L_{MIN\lambda} \quad (1)$$

$L_{\lambda}$  = Sensördeki en yüksek atmosferik parlaklık değeri Watt/(m<sup>2</sup> sr  $\mu$ m),  $Q_{CALmax}$ =(255) en yüksek parlaklık değeri ve  $Q_{CALmin}$ =(0) en düşük parlaklık değerinin dijital sayısı,  $L_{min}$  ve  $L_{max}$  değeri= en yüksek atmosferik parlaklık değerinin  $Q_{CALmin}$  ve  $Q_{CALmax}$  değerine göre yeniden ölçeklendirilmesi W/(m<sup>2</sup> sr  $\mu$ m).

2. Daha sonra, aşağıdaki formül uygulanarak, termal bölgedeki atmosferin etkileri kaldırılmış ve TOA parlaklık değeri yüzeyden ayrılan ışımaya dönüştürülmüştür (Eşitlik 2) (Barsi vd., 2005):

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

$L_{\lambda}$  = sensördeki Spektral parlaklık değeri,  $M_L$ = hesaplanan bant için parlaklık ölçeklendirme faktörü,  $Q_{cal}$ =parlaklık değeri,  $A_L$ = hesaplanan bant için parlaklık ölçeklendirme faktörü.

3. Spektral parlaklığın kara cisim sıcaklığına dönüşümü (Blackbody Temperature- BT): Her bir bantın spektral ışıma değerleri yansıtma değerlerine dönüştürülmüştür. Parlaklık değerleri daha sonra Planck eğrisinin Landsat'a özgü tahmini kullanılarak °C cinsinden uydu parlaklık

sıcaklığına dönüştürülmüştür (Chander ve Markham, 2003; USGS, 2018a,b). Uygulanan formül aşağıdaki gibidir (Eşitlik 3).

$$B_T = \left( \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}\right)} + 1 \right) - 273,15 \quad (3)$$

BT= sensördeki parlaklık sıcaklığı (°C), K1= birinci kalibrasyon sabiti, K2= ikinci kalibrasyon sabiti, Lλ: sensördeki spectral parlaklık değerleri.

4. Arazi yüzey emiliminin belirlenmesi (Land Surface Emmisivity- LSE): Arazi yüzey emiliminin (ε) diğer bir ifade ile yer yüzey yayınlık derecesinin belirlenmesinde Landsat uydu görüntülerinin kırmızı ve yakın kızılötesi bantları kullanılarak hesaplanan Normalize edilmiş farksal bitki örtüsü indeksi (NDVI) kullanılmıştır (Sobrinno vd., 2004) (Eşitlik 4 ve 5).

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (4)$$

NIR= yakın kızıl ötesi bant, R= kırmızı bant.

Daha sonra NDVI değerleri kullanılarak her bir görüntü için vejetasyon oranı hesaplanmıştır.

$$P_v = \left( \frac{NDVI-NDVI_{min}}{NDVI_{max}-NDVI_{min}} \right)^2 \quad (5)$$

Pv= vejetasyon oranı.

5. Arazi yüzey sıcaklığının belirlenmesi: Bu aşamada aşağıdaki formüller kullanılarak AYS değeri hesaplanmıştır (Eşitlik 6 ve 7).

$$\varepsilon = 0,004 * P_v + 0,986 \quad (6)$$

$$LST = \frac{BT}{1 + \left( \frac{w * BT}{p} \right) * \ln(\varepsilon)} \quad (7)$$

ε=yer yüzeyi emilim değeri, LST (AYS)= Arazi yüzey sıcaklık değeri (°C), w= yayılan ışığın dalga boyu, p= h\*c/s (p= 14380, h=Planck sabiti (6,626\*10<sup>-34</sup> Js), c= Boltzmann sabiti (1.38\*10<sup>-23</sup> J/K) ve c= ışık hızı (2,998\*10<sup>8</sup> m/s).

Hesaplamalarda Çizelge 1' de yer alan veri setlerinin termal bandlarının (Landsat TM verilerinde 6. band, Landsat 8 verisinde 10 ve 11. bandlar) her biri ayrı ayrı kullanılmış, daha sonra yapılan değerlendirmelerde her bir tarih için yaz aylarının ortalama (ort) AYS değeri hesaplanmıştır.

### 2.2.3 Alan Kullanım/Arazi örtüsü haritalarının analiz için hazırlanması

AKAÖ haritası, CORINE arazi örtüsü verilerinden elde edilmiştir (CLMS, 2020). 3. düzeyde 44 alt sınıfa sahip corine arazi örtüleri verileri bu çalışma kapsamında 2. düzeyde toplamda 13 alt sınıf göz önünde bulundurularak değerlendirilmeye alınmıştır (Çizelge 2, Şekil 2).

### 2.2.4 Zonal istatistik

Aydın ilinde AKAÖ ve NDVI ile AYS arasındaki ilişkinin analizinde ArcGIS zonal istatistik aracı kullanılmış ve AKAÖ ile NDVI ve AKAÖ ile AYS arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir.

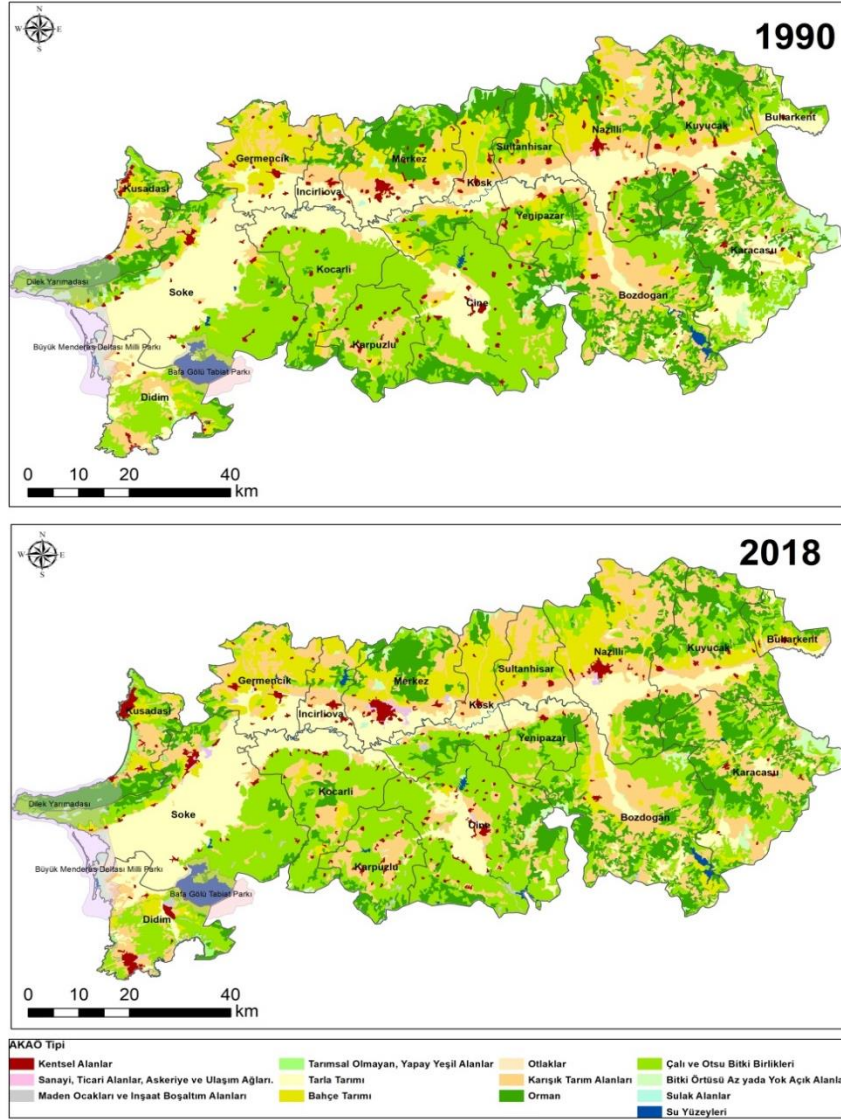
Çizelge 2. Araştırmada kullanılan AKAÖ sınıfları

Kod	AKAÖ sınıfları
1	Kentsel alanlar
2	Sanayi, ticari alanlar, askeriye ve ulaşım ağları
3	Maden ocakları ve inşaat boşaltım alanları
4	Tarımsal olmayan, yapay yeşil alanlar
5	Tarla tarımı
6	Bahçe tarımı
7	Otlaklar
8	Karışık tarım arazileri
9	Ormanlar
10	Çalı ve otsu bitki birlikleri
11	Bitki örtüsü az ya da hiç olmayan açık alanlar
12	Sulak alanlar
13	Su yüzeyleri

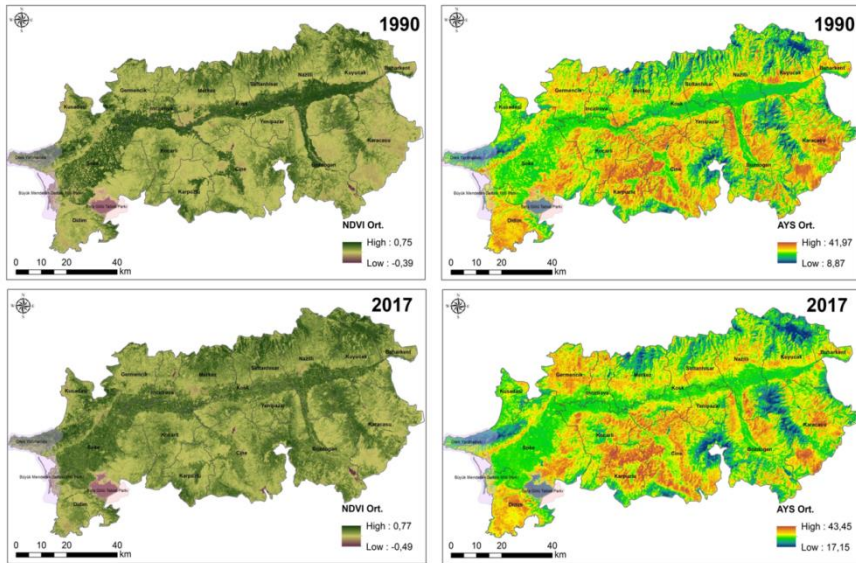
## 3. Bulgular

Aydın ilinde 1990 ve 2017 yılları arasında AKAÖ de vejetasyon dinamiğindeki değişimin AYS üzerine etkilerini daha iyi anlamak için, her bir AKAÖ tipinin termal ve yeşil alan yansıma karakteristikleri (imzası) incelenmiştir. AKAÖ, NDVI ve AYS değerleri arasındaki ilişki CBS ortamında zonal istatistik aracıyla ortaya koyularak Çizelge 3 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

Çalışma alanı içinde AYS ve NDVI' in mekansal dağılımı Şekil 3'te gösterilmektedir. Elde edilen haritalar görsel olarak değerlendirildiğinde AYS ile NDVI arasında negatif bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Haritalar incelendiğinde Dilek Yarımadası Milli Parkı'nın güney bölgelerinde yerleşim, sanayi ve maden ocaklarının yer aldığı lokasyonlarda, Karpuzlu ve Germencik ilçelerinin dağlık kısımlarında bitki örtüsü olmayan veya zayıf olan bölgelerinde, Koçarlı ve Didim ilçesinin kuzey doğusunda doğal bir maki karakteristiği taşıyan bölgenin yeni yerleşim alanlarına açılan kısımlarında yüzey sıcaklığının yüksek olduğu noktalar olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın 2017 yılında Kuyucak ilçesinde yerleşim alanlarında AYS'nin azaldığı görülmektedir. Bu durumun nedeninin kent içi ağaçlandırma çalışmalarının olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2. Aydın ili CORINE Arazi Örtüsü verilerine göre hazırlanan 1990 ve 2018 yılına ait AKAÖ haritaları



Şekil 3. Aydın ilinde AYS ve NDVI ortalama değerlerinin mekansal dağılımı

Her iki dönemde de en düşük bitki örtüsüne sahip alanlar daha çok “Kentsel Alanlar”, “Sanayi, Ticari Alanlar, Askeriye ve Ulaşım Ağları”, “Maden Ocakları ve İnşaat Boşaltım Alanları” gibi AKAÖ’ler olup çalışma alanının Merkez ilçesinde yoğunlaşmıştır. Buna karşın yeşil bitki örtüsünün varlığını gösteren yüksek seviyelerde NDVI özellikle "Ormanlar", "Tarla tarımı" ve "Karışık tarım alanları gibi AKAÖ tiplerinde yer almaktadır. 1990 yılından 2017 yılına gelindiğinde maximum NDVI değeri değişmezken minimum NDVI değerinin giderek azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 3, Çizelge 3). Her ne kadar Karacasu, Bozdoğan ve Didim ilçelerinin dağlık kesimlerinde vejetasyon miktarında artış görünse de, NDVI minimum değerinin bu kadar azalmış olması, bitki örtüsü ile kaplı alanların giderek daha da seyrek ve cılız bitki örtüsüne ya da çıplak yüzeylere dönüştüğünü göstermektedir. Özellikle Nazilli, Yenipazar, Kuyucak ilçelerindeki “Tarla tarımı” yapılan alanlarda vejetasyondaki azalma dikkat çekmektedir (Şekil 3). 1990 ve 2017 yılına ait AYS haritaları incelendiğinde NDVI değeri yani vejetasyondaki azalma ve artışın AYS değerine etkileri de çok net şekilde gözlenmektedir. Vejetasyonun arttığı bölgelerde (Karacasu, Bozdoğan ve Didim ilçesinin dağlık kesimleri) AYS değerinin azaldığı, azaldığı durumlarda ise AYS nin arttığı net şekilde görülmektedir. Bu durum aynı zamanda NDVI minimum değerinin düşük ve AYS minimum değerinin yüksek oluşunu da açıklamaktadır. Buna karşın 1990 yılında Aydın merkez ilçesi ve İncirliova ilçesinde yer alan tarım alanındaki NDVI değeri çevrelerindeki tarım alanlarından toprak yapısı, nem içeriği ya da ürün farklılığı gibi özellikleri nedeniyle farklı bir özellik göstermektedir (Şekil 3, Çizelge 3).

Çizelge 3’ te AKAÖ tipine göre AYS ve NDVI’nin ortalama değerleri verilmiştir. 1990 yılında AKAÖ tipi içinde “Tarla tarımı” yapılan alanlar ile “Ormanlar” bitki örtüsünün baskın olması nedeniyle en yüksek ortalama NDVI değerini (sırasıyla 0,38 ve 0,39) sergilemiştir. 2017

yılında da NDVI değeri bu AKAÖ tipleri için aynı eğilimi sergilemiştir. NDVI değeri yüksek olan bu alanlardaki ortalama AYS değerinin de en düşük olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. “Orman” alanlarında yaşanan azalma ve 2017 yılı Temmuz ayında yaşanan ekstrem hava sıcaklığı nedeniyle AYS değerinde artış görülmüştür (MGM, 2020). Her iki yıl için “Su Yüzeylerinin” yanısıra “Sanayi, Ticari Alanlar, Askeriye ve Ulaşım Ağları”, “Maden Ocakları” ve “İnşaat Boşaltım Alanları” gibi AKAÖ tipleri en düşük ortalama NDVI değerini göstermiştir. Fakat 1990 ve 2017 yılları arasında “kentsel alanlarda”, Sanayi, Ticari Alanlar, Askeriye ve Ulaşım Ağları” olan bölgelerde NDVI değerinin oldukça azalmış olduğu AYS değerinin ise arttığı gözlemlenmiştir. Yine aynı şekilde “Tarımsal Olmayan, Yapay Yeşil Alanlar” da NDVI değeri azalırken AYS değeri artmıştır.

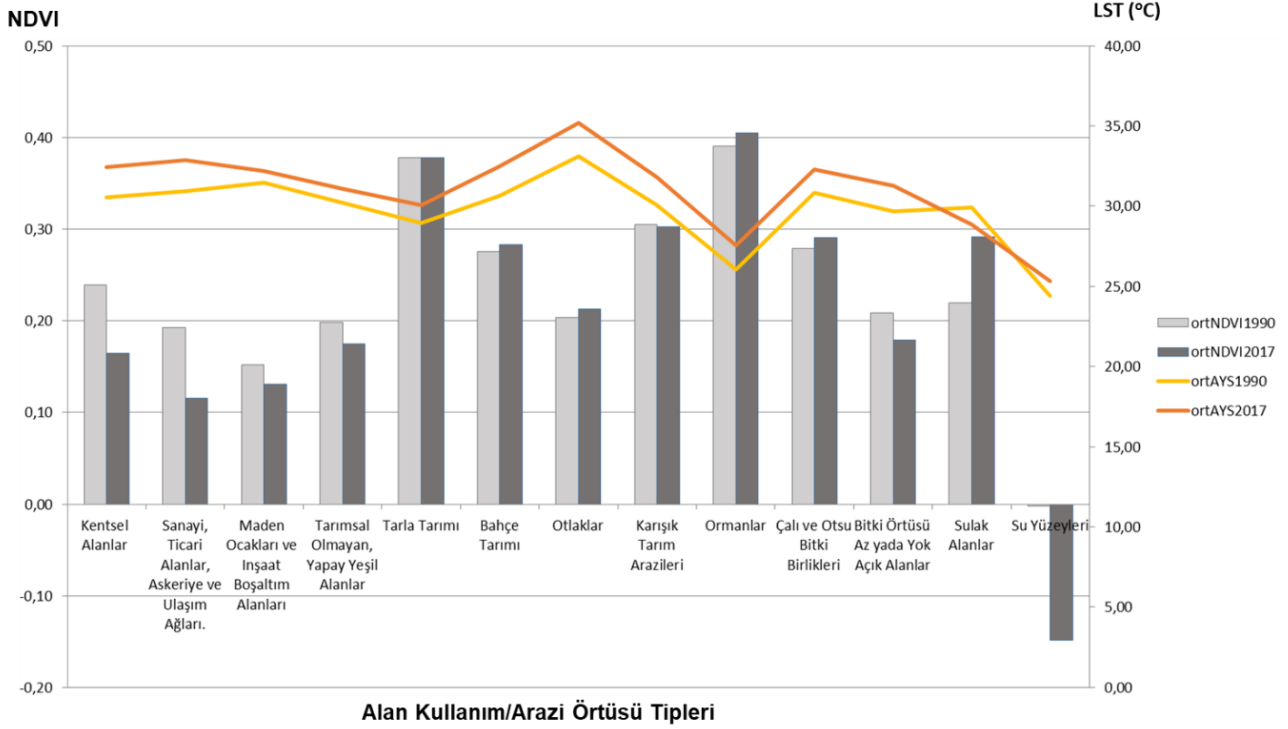
Şekil 4’te verilen grafik incelendiğinde 1990 yılında kentsel alanlardaki ortalama NDVI değeri yani kentsel alanlar içinde bulunan yeşil alan miktarı 2017 yılına gelindiğinde azalmıştır. Buna paralel olarak aynı periyotta ortalama AYS değerinde yaklaşık 2°C bir artış meydana gelmiştir. Bunun yanısıra sanayi alanları, maden ocakları ve tarımsal olmayan yapay yeşil alan miktarındaki NDVI değeri azalmış, AYS değeri artmıştır.

“Otlak” alanlar ile diğer AKAÖ’lerde AYS değeri karşılaştırıldığında, “Otlak” alanlardaki AYS değeri her iki yıl içinde en yüksek değere sahiptir. NDVI değerinde çok az bir artış olmasına karşın AYS değerinin artışı da dikkat çekmektedir. Bu artışın sebebinin, otlakların bulunduğu bölgelerdeki yüzey örtüsü (toprak veya jeolojik özellikleri) ile bağlantılı olabileceği düşünülmektedir. Su yüzeylerinde negatif NDVI olması ve AYS değerinin bu bölgelerde düşük çıkması beklenen bir sonuç olmasına karşın, bu alanların yüzey sıcaklığını düşürmede bitki örtüsü ile kaplı olan alanlara göre serinletici etkisinin daha çok olduğu (ormanlara göre yaklaşık 2°C daha düşük) belirlenmiştir.

Çizelge 3. AKAÖ tipine göre AYS ve NDVI’nin ortalama değerleri

Kod	AKAÖ	ortNDVI1990	ortNDVI2017	ortAYS1990(°C)	ortAYS2017(°C)
1	Kentsel alanlar	0,24	0,16	30,56	32,42
2	Sanayi, ticari alanlar, askeriye ve ulaşım ağları	0,19	0,12	30,92	32,87
3	Maden ocakları ve inşaat boşaltım alanları	0,15	0,13	31,49	32,19
4	Tarımsal olmayan, yapay yeşil alanlar	0,2	0,17	30,24	31,06
5	Tarla tarımı	0,38	0,38	28,97	30,09
6	Bahçe tarımı	0,28	0,28	30,63	32,48
7	Otlaklar	0,2	0,21	33,1	35,2
8	Karışık tarım arazileri	0,31	0,3	30,05	31,82
9	Ormanlar	0,39	0,41	26,08	27,57
10	Çalı ve otsu bitki birlikleri	0,28	0,29	30,86	32,31
11	Bitki örtüsü az ya da hiç olmayan açık alanlar	0,21	0,18	29,66	31,29
12	Sulak alanlar	0,22	0,29	29,9	28,87
13	Su yüzeyleri	0	-0,15	24,43	25,32





Şekil 4. AKAÖ, NDVI ve AYS arasındaki ilişki grafiği

#### 4. Tartışma ve sonuç

AYS'ler yüzey sıcaklıklarının bir yansıması olması nedeniyle kentsel ısı adası olgusunun en temel göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bitki örtüsünün yoğunluğunun veya sağlıklı olmasının evapotranspirasyona bağlı olarak yine yüzey sıcaklığını ve kentsel ısı adası oluşumunu etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle AYS ve NDVI arasındaki ilişkinin belirlenmesi, kentsel ısı adası etkisinin en yoğun yaşandığı bölgelerin tespit edilmesi ve bu etkinin azaltılmasına yönelik önlemler alınmasında büyük önem taşımaktadır.

Kentsel ısı adası etkisini azaltmanın ve kentsel iklim değişikliğinin kötü etkilerinin önüne geçilmesinde bitki örtüsünün artırılmasının basit ve etkili bir yol olduğu yaygın şekilde kabul edilmektedir (Fortuniak, 2009; EPA, 2012). Bu nedenle, son zamanlarda kentsel bitki örtüsünün sağladığı işlevsellik konusunda daha fazla farkındalığı arttırmaya yönelik önemli araştırmalar yapılmaktadır (Weng vd., 2004; Amiri vd., 2009; Huang vd., 2008). Örneğin, son zamanlarda yapılan bir araştırma, Manchester'daki kentsel alanlarda bitki örtüsü miktarındaki güncel iklim değişikliği modelleri ile % 10'luk bir artışın, sıcaklıkları muhtemelen 4 °C'ye kadar düşürebileceğini ortaya koymuştur (Farina, 2012). İklim değişikliğiyle ilişkili olarak kentsel bitki örtüsünün sağladığı bir diğer önemli yararı ise iklimlendirme için kullanılan toplam enerji tüketiminin azaltılmasıdır ve bu da sera gazı emisyonlarını ve buna bağlı hava kirliliğini azaltacaktır (Yue vd., 2007; Farina, 2012).

Bu araştırmanın sonucunda Aydın ilinde, AKAÖ ve NDVI birlikte değerlendirildiğinde "Yapı yüzeyleri" ile "Bitki Örtüsü Az ya da Hiç Olmayan Açık Alanlar" ın hava sıcaklığının en yüksek olduğu yaz aylarında ısı adası oluşumunu tetiklediği, bitki yüzeyi ile su ve sulak alanların ise bu etkiyi azalttığı saptanmıştır. Çalışma alanında AYS

değerleri mekansal olarak incelendiğinde kentsel yerleşim alanları içinde bulunan bitki yüzeylerinin ısı adası etkisini azalttığı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, kentsel alanlarda ısı adası etkisinin azaltılması için refüj bitkilendirilmesi, yol ağaçlandırması ve açık yeşil alan miktarının artırılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Önder ve Akay, 2014). Bu çözümlerin gerçekleştirilemediği durumlar da ise yeşil çatı ve duvar sistemleri yoluyla mevcut bitki varlığının artırılması kentlerde ısı adası etkisinin azaltılmasında önemli bir rol oynayacaktır (Alexandri ve Jones, 2008). Diğer taraftan, Aydın ilinde özellikle turizm sektörünün ve sanayi sektörünün ön planda olduğu kırsal bölgelerde ikinci konutların, maden ocaklarının giderek artmasının, tarımcı zengin potansiye sahip söke ovasında yanlış tarım uygulamalarına bağlı olarak toprak veriminin azalmasının da yüzey ısısındaki artışı tetiklediği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda sadece kentsel alanlarda üretilen çözümlerin yeterli olmayacağı, kırsal alanlarda da gerekli ölçümler yapılarak sıcak noktaların tespit edilmesi ve bu doğrultuda çözüm öneri geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmada Aydın il genelinde 1990 ve 2017 yılları arasında AKAÖ, NDVI ve AYS sonuçları birlikte değerlendirildiğinde AKAÖ tipleri içinde yer alan bitki örtüsü ile yer yüzey sıcaklığı arasında ters orantı bulunmaktadır. AYS değerlerindeki artış, herhangi bir AKAÖ tipindeki bitki örtüsünün kapladığı alanın azaldığı ya da geçirimsiz yüzeylerin arttığı bölgeleri işaret etmektedir. Dolayısıyla belirlenen bu bölgelerde yüzey sıcaklığını ve ısı adası etkisi oluşumu azaltabilecek önerilerin geliştirilmesinde peyzaj planlama ve tasarım çalışmalarında planıcı, tasarımcı ve karar verici mekanizmalara yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

**Kaynaklar**

- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., Alavipanah, S.K., 2009. Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. *Remote Sensing of Environment*, 113(12): 2606-2617.
- Alexandri, E., Jones, P., 2008. Temperature decrease in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43: 480-493.
- Aygün, C., Sever, A.L., Kara, İ., Erdoğan, İ., Atalay, A.K., 2016. Eskişehir meralarında otlatmanın planlamasında NDVI verilerinin kullanılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1): 66-77.
- Barsi J.A., Schott J.R., Palluconi F.D., Hook S.J., 2005. Validation of a web-based atmospheric correction tool for single thermal band instruments. *International Society for Optics and Photonics*, 2005, San Diego, California, United States, pp. 58820.
- Cao, X., Onishi, A., Chen, J., Imura, H., 2010. Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape and Urban Planning*, 96(4): 224-231.
- Chander, G., Markham, B., 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11): 2674-2677.
- Chen, A., Yao, X.A., Sun, R., Chen, L., 2014. Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. *Urban Forestry and Urban Greening*, 13: 646-654.
- Chen, X.L., Zhao, H.M., Li, P.X., Yin, Z.Y., 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2): 133-146.
- Chudnovsky, A., Ben-Dor, E., Saaroni, H., 2004. Diurnal thermal behavior of selected urban objects using remote sensing measurements. *Energy and Buildings*, 36(11): 1063-1074.
- CLMS, 2020. Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) Corine Land cover 2020. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, Accessed: 15 June 2020.
- Doğan, S., Tüzer, M., 2011. Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1): 21-34.
- Du, H., Wang, D., Wang, Y., Zhao, X., Qin, F., Jiang, H., Cai, Y., 2016. Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *Science of the Total Environment*, 571: 461-470.
- Du, H., Cai, W., Xu, Y., Wang, Z., Wang, Y., Cai, Y., 2017. Quantifying the cool island effects of urban green spaces using remote sensing Data. *Urban Forestry and Urban Greening*, 27: 24-31.
- EPA, 2012. Measuring Heat Islands, State and Local Climate and Energy Program, Heat Island Notes. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/heatislands/measuring-heat-islands>. Accessed: 22.06.2019.
- Ersoy Tonyaloğlu, E., 2019. Kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, efeler ve İncirliova (Ayдын) örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 2(1): 1-13.
- Farina, A., 2012. Exploring the relationship between land surface temperature and vegetation abundance for urban heat island mitigation in Seville, Spain. Luma-Gis Thesis. Department of Physical Geography and Ecosystem Analysis Centre for Geographical Information Systems of Lund University, Lund, Sweden.
- Fortuniak, K., 2009. Global environmental change and urban climate in central European cities. *International Conference on Climate Change The environmental and socio-economic response in the southern Baltic region*, 25 - 28 May 2009, University of Szczecin, Poland, pp 65-67.
- Huang, L., Zhao, D., Wang, J., Zhu, J., Li, J., 2008. Scale impacts of land cover and vegetation corridors on urban thermal behavior in Nanjing, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 94(3-4): 241-257.
- Jennings, D.B., Jarnagin, S.T., Ebert, D.W., 2004. A modeling approach for estimating watershed impervious surface area from National Land Cover Data 92. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70(11): 1295-1307.
- Julien, Y., Sobrino, J.A., Verhoef, W., 2006. Changes in land surface temperatures and NDVI values over Europe between 1982 and 1999. *Remote Sensing of Environment*, 103(1): 43-55.
- Kaplan, G., Avdan, U., Avdan, Z.Y., 2018. Urban Heat Island Analysis Using the Landsat 8 Satellite Data: A Case Study in Skopje, Macedonia. In: *Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Proceedings*, 2 (7): 358.
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R.T., Anderson, M., Imhoff, M.L., Gutman, G.G., Goldberg, A., 2010. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. *Journal of Climate*, 23(3): 618-633.
- Klein, P.M., Coffman, R., 2015. Establishment and performance of an experimental green roof under extreme climatic conditions. *Science of the Total Environment*, 512: 82-93.
- Magee, N., Curtis, J., Wendler, G., 1999. The urban heat island effect at Fairbanks, Alaska. *Theoretical and Applied Climatology*, 64(1-2): 39-47.
- MGM, 2020. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2020. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=AYDIN>, Erişim: 10.08.2020.
- Oguz, H., 2013. LST Calculator: a program retrieving land surface temperature from Landsat TM/ ETM+ Imagery. *Environmental Engineering and Management Journal*, 12(3): 549-555
- Oke, T.R., 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7(8): 769-779.
- Önder, S., Akay, A., 2014. The roles of plants on mitigating the urban heat islands' negative effects. *International Journal of Agriculture and Economic Development*, 2(2): 18.
- Pal, S., Ziaul, S.K., 2017. Detection of land use and land cover change and land surface temperature in English Bazar urban centre. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1): 125-145.
- Saaroni, H., Ziv, B., 2003. The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: The case of Tel Aviv, Israel. *International journal of Biometeorology*, 47(3): 156-165.
- Sobrino, J.A., Jimenez-Munoz, J.C., Paolini, L., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4): 434-440.
- Stone, B., Norman, J.M., 2006. Land use planning and surface heat island formation: A parcel-based radiation flux approach. *Atmospheric Environment*, 40(19): 3561-3573.
- Streutker, D.R., 2003. A study of the urban heat island of Houston, Texas. PhD dissertation, Rice University, Houston, Texas, USA.
- TÜİK, 2019. Turkish Statistical Institute. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1047](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1047), Accessed: 15 February 2019.
- Türkeş, M., 2008. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1): 26-37.
- Unger, J., Savić, S., Gál, T., 2011. Modelling of the annual mean urban heat island pattern for planning of representative urban climate station network. *Advances in meteorology*, 398613: 9.
- USGS, 2018a. The United States Geological Survey. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. [https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/L5\\_TM\\_Cal\\_2003.pdf](https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/L5_TM_Cal_2003.pdf), Accessed: 7 July 2018.
- USGS, 2018b. The United States Geological Survey. Landsat 8 Data Users Handbook - Section 5. <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-18-data-users-handbook-section-5>, Accessed: 7 July 2018.

- USGS, 2019. The United States Geological Survey. EarthExplorer – Home. <https://earthexplorer.usgs.gov/>, Accessed: 10 June 2019.
- Voogt, J.A., Oke, T.R., 2003. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86(3): 370-384.
- Voogt, J.A., 2004. Urban Heat Island: Hotter Cities. America Institute of Biological Sciences. Action Bioscience, North Port, FL, USA.
- Weng, Q., Lu, D., Schubring, J., 2004. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4): 467-483.
- Xian, G., Crane, M., 2006. An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using Landsat satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 104(2): 147-156.
- Xiao, H., Kopecká, M., Guo, S., Guan, Y., Cai, D., Zhang, C., Yao, W., 2018. Responses of urban land surface temperature on land cover: A comparative study of Vienna and Madrid. *Sustainability*, 10(2): 260.
- Yuan, F., Bauer, M.E., 2007. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 106(3): 375-386.
- Yuan, X., Wang, W., Cui, J., Meng, F., Kurban, A., De Maeyer, P., 2017. Vegetation changes and land surface feedbacks drive shifts in local temperatures over Central Asia. *Scientific Reports*, 7(1): 1-8.
- Yue, W., Xu, J., Tan, W., Xu, L., 2007. The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: Application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 28(15): 3205-3226.
- Zhang, Y., Odeh, I.O., Han, C., 2009. Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(4): 256-264.

## *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türünün iklim değişkenlerine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının tahmini

Almira Uzun<sup>a,\*</sup> , Ömer K. Örucü<sup>b</sup> 

**Özet:** Ülkemize ait ve Peyzaj Mimarlığı meslek disiplininin en önemli tasarım elemanı olan bitkisel materyalin iklim değişikliğinden nasıl etkileeneceğinin analiz edilmesi, bu türlerin bitkilendirme çalışmalarında gelecek kullanımının planlanabilmesi açısından önemlidir. Çalışmada ilk olarak *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay'e ait var verileri (presence data) ve WorldClim 2.1 versiyonu 2.5 dakika (yaklaşık 20 km<sup>2</sup>) konumsal çözünürlükteki 19 adet biyoiklimsel değişken kullanılarak türün günümüz koşullarındaki potansiyel yayılış alanı tahmin edilmiştir. İkinci aşamada ise türün yayılış alanlarının iklim değişiminden nasıl etkileeneceğini belirlemek için 6. IPCC raporu temel alınarak oluşturulmuş ve eşleştirilmiş model karşılaştırma projesi (CMIP6) modellerinden olan IPSL-CM6A-LR iklim değişim modeli kullanılarak türün SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına ait potansiyel yayılış alanı modellenmiştir. Ayrıca türlere ait üretilen günümüz ve gelecekteki yayılış alanları arasındaki alansal ve konumsal farklar değişim analizi ile ortaya konulmuştur. Bulgulara göre günümüz yayılış alanı uygun ve çok uygun olarak değerlendirilen alanlar 63.695 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Sonuçta türün yayılış alanlarının yıllara göre giderek azalacağı, özellikle SSP5 8.5 senaryosuna göre ~2090 yılında Türkiye koşullarında türe rastlanılamayacağı tahmin edilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** MaxEnt, Sıyrğı, İklim değişikliği, Tür dağılım modeli, CMIP6, SSP2 4.5, SSP5 8.5, Türkiye

## Prediction of present and future spread of *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay species according to climate variables

**Abstract:** Analyzing how the vegetative material, which is the most important design element of Turkey and the most important design element of the Landscape Architecture profession, will be affected by climate change, is of great importance in order to plan the future use of these species in planting studies. The article consists of two main sections. Firstly, the presence data of *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay and WorldClim 2.1 version of 19 bioclimatic variables at 2.5 minutes (approximately 20 km<sup>2</sup>) spatial resolution were used to estimate the potential distribution area of the species in today's conditions. In the next stage, in order to determine how the range of the species will be affected by climate change, the 6th IPCC report was created based on the IPSL-CM6A-LR climate change model, which is one of the paired model comparison Project (CMIP6) models. The potential distribution area of the species for the periods 2041-2060 and 2081-2100 was modeled according to the SSP2 4.5 and SSP5 8.5 scenarios. In addition, the spatial and spatial differences between the present and future distribution areas of the species were revealed by analysis of change. According to the findings, the areas that are considered suitable and very suitable in the current distribution area are calculated as 63.695 km<sup>2</sup>. The spread of the species will decrease according to the model results. According to SSP5 8.5 scenario ~2090, it will predicted not seen the kind in Turkey.

**Keywords:** MaxEnt, *Adenocarpus complicatus*, Climate change, Species distribution model, CMIP6, SSP2 4.5, SSP5 8.5, Turkey

### 1. Giriş

Hızla değişen iklim, habitat parçalanması, yabancı türlerin istilası, su, toprak ve hava kirliliği, kaynakların aşırı kullanımı ve artan insan nüfusu, ekosistemlerin yapısal ve işlevsel bütünlüğünü bozan en önemli faktörlerdir (Barnosky vd., 2011; Adhikari vd., 2012). İklimi oluşturan parametreler (sıcaklık, yağış, nem vd.) önemli ölçüde bitkilerin büyümesini ve gelişmesini etkiler ve bu nedenle bitki türlerinin coğrafi dağılımını belirleyen değişkenlerdir (Lenoir vd., 2008; Bertrand vd., 2011). İklim sistemi, yerkürenin yaklaşık 4.5 milyar yıllık tarihi boyunca

milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal olarak değişme eğilimi göstermiştir (Türkeş, 2008). Son yıllarda bitki toplumlarının iklim değişikliğine verdiği tepkiler oldukça hassas bir hale gelmiştir (Liu vd., 2015; Wang vd., 2020). İklim özelliklerinde dar alanlarda oluşan değişiklikler, jeomorfolojik özelliklerinden kaynaklanan çeşitlilikler, toprak tiplerinin farklılıkları gibi birçok coğrafi etken, bitki formasyonlarının da farklılaşmasına ve tür olarak çeşitlenmesine vesile olmaktadır (Avcı, 2014). Günümüzde küresel iklim değişikliği daha önce görülmemiş bir oranda gerçekleşmekte ve geçtiğimiz yüzyılda ortalama sıcaklık 0.85°C artarak 2100 yılına kadar min. 0.3–1.7 °C

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Isparta

<sup>b</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): almirauzun0@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 12.08.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 21.12.2020



**Citation** (Atf): Uzun, A., Örucü, Ö.K., 2020. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türünün iklim değişkenlerine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının tahmini. Turkish Journal of Forestry, 21(4): 498-508. DOI: [10.18182/tjf.779776](https://doi.org/10.18182/tjf.779776)

ila max. 2.6–4.8°C arasında artmaya devam etmesi beklenmektedir (IPCC, 2014). Özellikle dar habitatları olan bitki türlerinin yaşam alanları iklimin değişmesi ile birlikte tehdit altında kalmaktadır (Thuiller vd., 2005; Fitzpatrick vd., 2008; Lawler vd., 2009; Cobben vd., 2015; Ashraf vd., 2016; Yi vd., 2016; Zhang vd., 2018). Bu bakımdan nesli tükenmekte olan türlerin kalıcı olarak kaybedilmemesi için gereken önlemler alınmalıdır. Bu bağlamda habitat tahmini ve haritalama tehdit altındaki ve nesli tükenmekte olan türler ile azalan yerli toplulukların izlenmesi için kritik öneme sahiptir (Gaston, 1996).

Karasal ekosistemlerde tehdit altındaki türleri yeniden tanıtmak ve rehabilite etmek için, potansiyel yayılış alanlarının dağılımı hakkında ayrıntılı bilgi gereklidir. Türlerin var olduğu noktasal alan kayıtları ile bu alanlara ait sayısal biyoiklim verileri kullanılarak oluşturulmuş katmanlar sayesinde, türün mevcut potansiyel yayılışı ve farklı iklim senaryolarına göre gelecekteki potansiyel yayılışı makine öğrenme yöntemleri ile ortaya konulabilmektedir (Sérgio vd., 2007; Wang vd., 2007; Ward, 2007; Phillips ve Dudík, 2008; Wollan vd., 2008; Tittensor vd., 2009; Williams vd., 2009; Yuan vd., 2015; Sarıkaya vd., 2018; Arslan, 2019).

Çalışmanın amacı, Türkiye’de Sıyırğı adıyla bilinen *Fabaceae* familyasına ait, insan ve hayvan beslenmesinde yaygın olarak kullanılmakta olan *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türünün günümüz potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek, IPSL-CM6A-LR iklim değişim modeline

bağlı SSP2 4.5 ve SSP5 8.5’e senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına ait gelecek potansiyel yayılış alanlarını tahmin etmek, günümüz için tahmin edilen potansiyel yayılış alanı ile gelecek senaryolarına göre tahmin edilen alanların nasıl değişim gösterdiğini zamansal ve mekânsal olarak ortaya koymaktır.

## 2. Materyal ve yöntem

Yaklaşık 4 m’ye kadar boylanabilen, sürgünleri neredeyse tüysüzden yoğun tüylüye doğru değişkenlik gösteren, seyrek ya da yoğun yapraklı olan çalılardır. Yaprakları trifoliat, sık sık demetler halinde, yaprak sapı 1-10 mm; yaprakçıkları 5-25 x 2-6 mm, ters mızraksı, alt yüzü seyrek ya da sık tüylü, üst yüzü pürüzsüzdür. Çiçekleri sık denebilecek terminal rasemoz kurullar oluşturur. Brahte yaklaşık 5 mm, basit, kalıcı ya da çabuk dökülen; brahtecikler yaklaşık 2 mm, genellikle çabuk dökülürler. Çanak 5-7 mm, pürüzsüz ya da tüylü, bayrakçık 10-15 mm, yayvan ovalimsi, kısa basık tüylü; kanatlar ve omurga hemen hemen bayrakçığa eşittir ve pürüzsüzdür. Omurga orak şeklindedir. Bakla olan meyvesi 20-30 x 5 mm, dar bir şekilde dikdörtgenseldir. Üzerinde çıkıntılı bezeleri vardır (Davis, 1972; Akkemik, 2018) (Şekil 1). Çiçeklenmesi Mayıs-agustos ayları aralığındadır (Gibbs, 1970; Akkemik, 2018; Ok, 2018). Genellikle dağ zirvelerine yakın açık çayırılık alanlarda, çam korulukları, çalılık, nehir ve göl kıyılarında görülürler (Meyer, 1959; TUBIVES, 2004).



Şekil 1. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay’in genel (a), çiçek (b), yaprak (c) ve meyve (d) görüntüsü

Çalışmada türün Türkiye’de coğrafi yayılışını temsil eden örnek noktaların koordinatları (var verileri) kapsamlı bir literatür ve açık veri kaynağı taraması ile toplanmış ve QGIS (Quantum GIS)’in güncel versiyonu olan 3.10.4 QGIS (2019) programında hazır olarak erişimi sağlanan 5m yüksek konumsal çözünürlüklü Google Satellite Hybrid altlık haritaları kullanılarak WGS 84 koordinat sisteminde işaretlenmiştir. Örnek noktalara ait tanımlayıcı bilgiler (yükseklik, bakı, eğim, sıcaklık, yağış, nem ve güneşlenme durumu) WorldClim (2019) veri tabanından elde edilen haritalar yardımı ile belirlenmiştir.

Günümüzdeki potansiyel yayılış alanı ve gelecek yayılış alanlarının tahmini modellenmesi için WorldClim veri tabanından faydalanılmıştır. Ocak 2020’de kullanıma sunulan WorldClim version 2.1, 1970 ile 2000 yılları arasında minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık, yağış, güneş radyasyonu, rüzgar hızı, su buharı basıncı ve toplam yağış için aylık iklim verileri içermektedir. Güncel dağılımı belirlemek için kullanılan ve 2.5 dakika uzamsal çözünürlükteki (yaklaşık 20 km<sup>2</sup>) biyoklimatik değişkenler WorldClim version 2.1’deki gözlemlenen verilerden türetilmiş ve Çizelge 1’de verilmiştir (Hijmans vd., 2005; Fick ve Hijmans, 2017; WorldClim, 2019).

Çalışmada türün geleceğe dönük yayılış alanını tahmin etmek amacıyla iklim modeli olarak IPSL CM6A-LR iklim modeli kullanılmıştır. IPSL CM6A-LR, IPSL iklim modellerinin en son sürümüdür. Bu model aynı zamanda, karbon döngüsünün bir temsilini içermektedir. Çalışmada senaryo olarak Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli’nin altıncı Değerlendirme Raporunda’ki (IPCC6) daha geniş bir gelecek tahmini sağlamak amacıyla CMIP6 için geliştirilen bir dizi yeni senaryo kullanılmıştır. IPCC AR5, gelecekteki olası farklı sera gazı emisyonlarını inceleyen dört Temsili Konsantrasyon Yolu (RCP) içermektedir. Bu senaryolar RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 olarak isimlendirilmektedir. CMIP6’da ise bu senaryolar güncellenerek Shared Socio-economic Pathways olarak (SSPs) SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP4-6.0 ve SSP5-8.5 şeklinde ifade edilmektedir. Çalışmada SSP2 4.5 ile SSP5 8.5 senaryolarına ait 2041-2060 ile 2081-2100 periyodları kullanılmıştır.

Çizelge 1. Biyoklimatik değişkenler

Kodlar	Tanımlar
Bio 1	Yıllık ortalama sıcaklık
Bio 2	Günlük ortalama değişim aralığı (ortalama aylık sıcaklık (en yüksek–en düşük))
Bio 3	İzotermallik
Bio 4	Mevsimsel sıcaklık
Bio 5	En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı
Bio 6	En soğuk ayın en az sıcaklığı
Bio 7	Yıllık sıcaklık değişim aralığı
Bio 8	En nemli mevsimin ortalama sıcaklığı
Bio 9	En kurak mevsimin ortalama sıcaklığı
Bio 10	En sıcak mevsimin ortalama sıcaklığı
Bio 11	En soğuk mevsimin ortalama sıcaklığı
Bio 12	Yıllık yağış miktarı
Bio 13	En nemli ayın yağış miktarı
Bio 14	En kurak ayın yağış miktarı
Bio 15	Mevsimsel yağış miktarı
Bio 16	En nemli mevsimin yağış miktarı
Bio 17	En kurak mevsimin yağış miktarı
Bio 18	En sıcak mevsimin yağış miktarı
Bio 19	En soğuk mevsimin yağış miktarı

Modelin tahmin gücünü artırmak ve örnek noktalara ait birbirine çok benzeyen verileri sadeleştirmek amacıyla temel bileşen analizinin (PCA) uygulanmasına karar verilmiştir. Ancak bunun öncesinde Kaiser Meyer Olkin (KMO) istatistiği uygulanarak veri grubunun faktör analitik modeli ile modellenip modellenemeyeceği ölçülmüştür. Field (2013) veri kümesinin faktörlenebilmesi için KMO alt sınırının 0.5 olması gerektiğini belirtmiştir. Bartlett testi ise veri matrisinin birim matris olup olmadığına, değişkenler arasındaki korelasyonun yeterli olup olmadığına karar veren bir testtir. SPSS 25.0 istatistik programı kullanılarak türün var (presence data) noktalarına ait 19 bioiklim verisi ile yapılan analiz sonuçlarına göre KMO ve Bartlett testi sonucu hesaplanamamıştır. Dolayısıyla veri grubunun faktörleşmediği ve değişkenler arasındaki korelasyonun yetersiz olduğu bulgusuna ulaşılmış ve tüm değişkenler tahmin için modelde kullanılmıştır. Türün günümüz ve gelecekteki tahmini yayılış alanlarını belirlemek amacıyla ekolojik niş modellerinden biri olan MaxEnt modeli kullanılmıştır. MaxEnt algoritması, mevcut bilgi durumunu en iyi temsil eden olasılık dağılımının, kesin olarak belirtilen önceki veriler bağlamında en büyük entropiye sahip olduğunu belirten maksimum entropi ilkesine dayanmaktadır (Jaynes, 1957; Usta Baykal, 2019).

Modelin performansını belirlemek için Receiver Operating Characteristic (ROC) analizinden elde edilen Area Under the ROC Curve (AUC) değerinden faydalanılmıştır (Wang vd., 2007; Phillips vd., 2017). Elde edilen AUC değeri, doğru ayarlanmış bir modelde rastgele seçilen grid hücresinin varlığının tahmini olasılığı olarak yorumlanabilir. AUC tüm olası eşiklerle modelin başarısını tanımlamaktadır. Eğer bu değer  $AUC > 0.5$  ise modelin rastgele bir tahminden daha iyi performans gösterdiğini ifade eder (Phillips ve Elith, 2010). AUC test değeri 1’e ne kadar yakınsa ayırım o kadar iyi, model hassas ve tanımlayıcıdır (Phillips vd., 2006). AUC değerini yorumlamak için  $AUC \geq 0.9 = \text{çok iyi}$ ,  $0.9 > AUC \geq 0.8 = \text{iyi}$  ve  $AUC < 0.8 = \text{zayıf}$  şeklinde eşik değerleri tanımlanmıştır (Gassó vd., 2012; Hosmer Jr vd., 2013). Son olarak çevresel değişkenlerin katkı derecesini belirlemek amacıyla, MaxEnt modelleme programında Jackknife testi seçeneği kullanılmıştır (Pearson vd., 2007; Shcheglovitova ve Anderson, 2013). Bu seçenek her bir bağımsız değişkenin modelin oluşturulmasındaki önem derecelerini belirlemeye olanak tanımaktadır.

Model sonuçları QGIS 3.10.4 programı ile raster/vektör dönüşümü fonksiyonu kullanılarak dağılım haritalarına dönüştürülmüştür. MaxEnt modelinde bir türün alanda bulunma durumu 0-1 arasında bir değer ile belirlenmektedir. Değerler 1’e yaklaştıkça türün potansiyel olarak alanda bulunma durumu artmaktadır. Güncel ve gelecek için oluşturulan potansiyel dağılım haritalarında yayılış alanı için uygunluk değerleri “0” uygun değil, “0-0.25” çok az uygun, “0.25-0.50” az uygun, “0.50-0.75” uygun ve “0.75-1” çok uygun alanlar olacak şekilde sınıflandırılmış ve bu sınıflandırmaya göre günümüz ve gelecek senaryolarına göre tahmini yayılış alanları km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır (Çoban vd., 2020).

En son aşamada ise güncel potansiyel yayılış alanı ile SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 senaryolarında 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına dönük tahmini yayılış alanları arasında karşılaştırma yapmak amacıyla değişim analizi yapılmıştır. Değişimlerin belirlenmesi için uygunluk değerleri  $0=0$ ,  $0-0.25=1$ ,  $0.25-0.50=2$ ,  $0.50-0.75=3$  ve  $0.75-1=4$  şeklinde

kodlanarak sınıflandırılmış ve bu verilere kesişim (intersection) fonksiyonu uygulanmıştır. Uygunluk değerlerine göre 0-0 olan alanlar uygun değil, aynı sınıfta olan alanlar değişim yok, bir üst sınıfa geçen alanlar kazanç, bir alt sınıfa geçen alanlar kayıp olarak isimlendirilmiş ve kapladıkları alanlar km<sup>2</sup> olarak hesaplanarak değişim haritaları oluşturulmuştur.

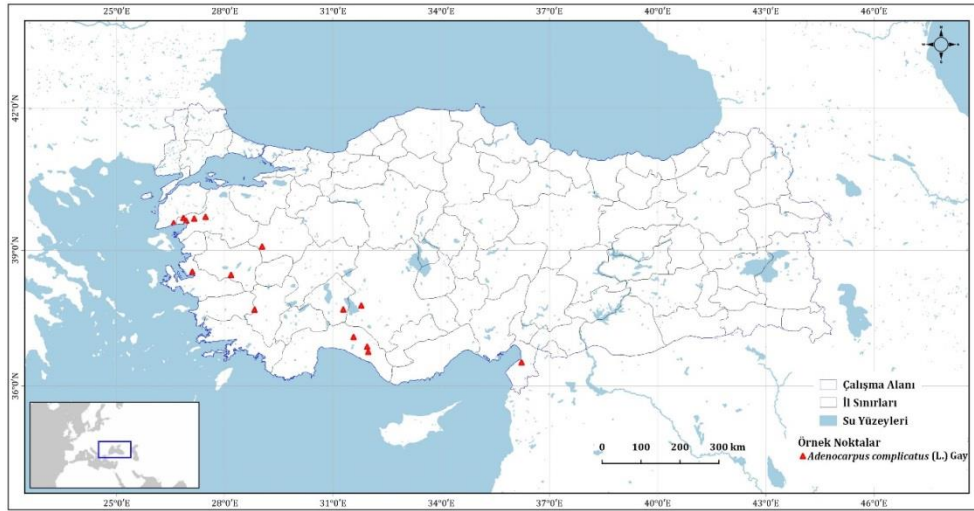
Böylece günümüzdeki uygunluk sınıflarının kodları ve gelecek senaryolarına göre belirlenen haritalardaki kodlar karşılaştırılarak tahmini yayılış alanlarına göre değişimlerin yönü ve büyüklüğü hesaplanmıştır.

### 3. Bulgular

*Adenocarpus complicatus* (L.) Gay'in yayılış gösterdiği alanlardaki (nokta) point formatındaki 15 var verisi, mevcut literatür ve açık erişimli veri tabanından elde edilen veriler kullanılarak (Yaltırık, 1984; Duman vd., 2000; Yılmaz ve Tuttu, 2008; Özkan vd., 2009; Satıl ve Polat, 2010; Güner ve Akçiçek, 2013; Sağlam, 2014; Akkemik, 2018; GBIF, 2019) belirlenmiştir. Bu noktaların koordinatları QGIS programının güncel versiyonunda, altlık veri olarak Google Earth Satellite 5m çözünürlükteki altlık haritalar

kullanılarak WGS84 koordinat sisteminde işaretlenmiştir (Şekil 2). Örnek noktalara ait tanımlayıcı bilgiler Çizelge 2'de görülmektedir.

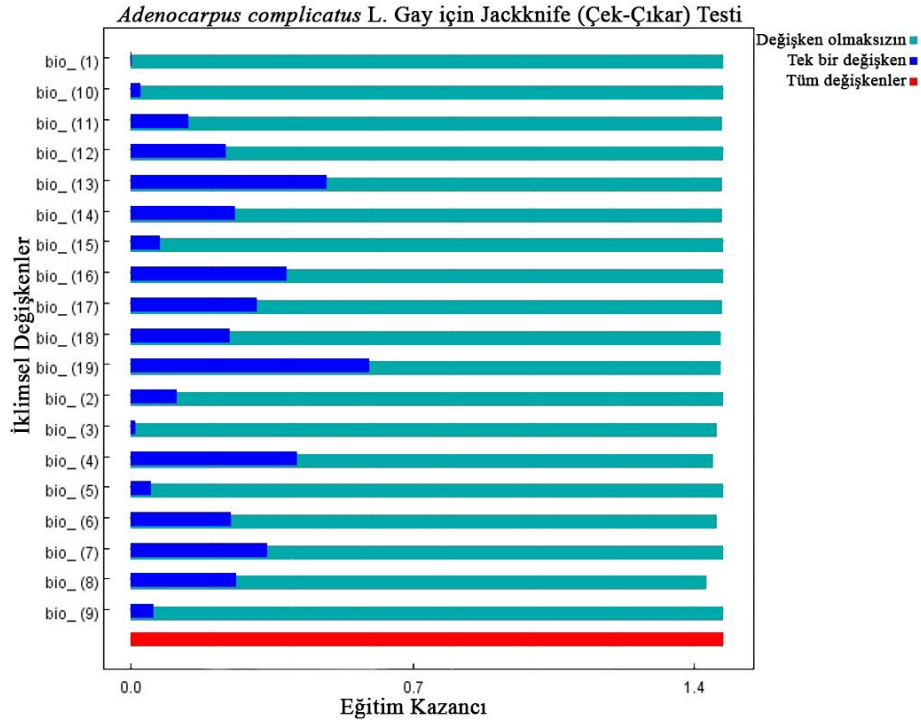
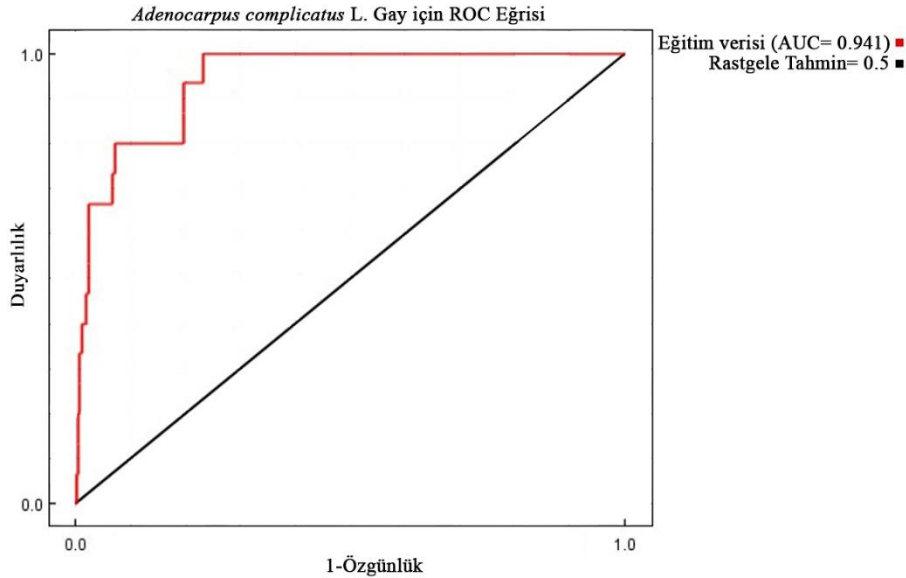
Günümüz ve gelecekteki dağılımının modellenmesinde örnek nokta sayısı 20'nin altında olduğu için test verisi ayrılmamış ve MaxEnt prosedürü olarak sadece Linear ve Quadratic Features özelliği seçili olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen modelin çıktılarına göre AUC değeri 0.941 olduğundan (çok iyi seviyede) modelin hassas ve tanımlayıcı bir yapıda olduğu kanaatine varılmıştır. Biyoiklimsel değişkenlerin katkı derecesini belirlemek amacıyla, MaxEnt modelleme programında Jackknife (Çek-Çıkar) testi seçeneği kullanılmıştır (Şekil 3). Jackknife testi sonuçlarına göre izolasyonda kullanıldığında en yüksek kazançta sahip çevresel değişken "En soğuk mevsimin yağış miktarı (BIO19)" olduğu görülmektedir. Bu nedenle model için kendi başına en faydalı bilgilere sahip olduğu düşünülmektedir. Çıkarıldığında (atlandığında) ise en fazla kazancı azaltan çevresel değişken "En nemli ilk üç ayın sıcaklığı (BIO8)"dir. Bu nedenle diğer değişkenlerde bulunmayan fazla bilgiye sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay ROC eğrisi).



Şekil 2. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay örnek noktaları

Çizelge 2. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay'e ait öznitelik bilgileri

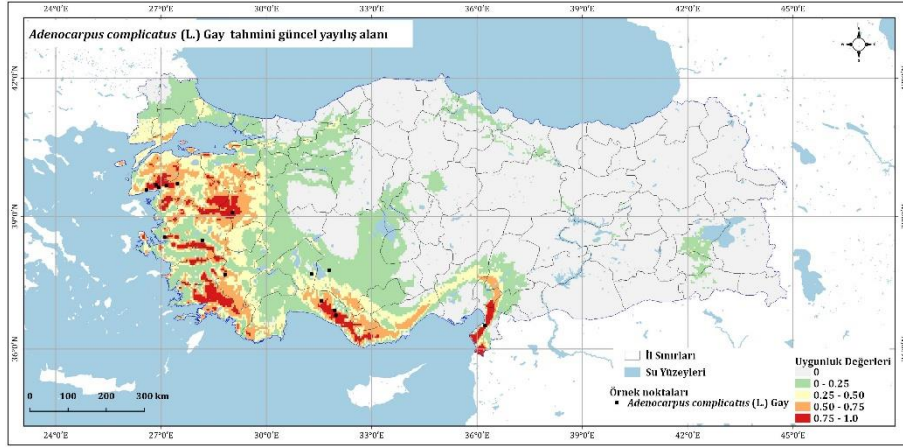
Örnek	X° (Enlem)	Y° (Boylam)	İl	İlçe	Yük. Sınıfı (m)	Rakım (m)	Eğim (%)	Bakı (°)	Sıcaklık ort. (°C)	Yağış ort. (mm, aylık)
1	26.85258	39.6971	Balıkesir	Edremit	1400 - 1600	1738	5.88	339.40	8.03	69.75
2	27.15073	39.68279	Balıkesir	Havran	600 - 800	720	4.99	178.91	12.16	62.42
3	26.92988	39.63907	Balıkesir	Edremit	200 - 400	385	20.84	185.62	14.56	58.17
4	27.46653	39.72272	Balıkesir	Balya	200 - 400	335	3.90	51.40	13.43	59.75
5	29.03333	39.08333	Kütahya	Simav	800 - 1000	840	4.18	336.17	11.63	65.00
6	36.22845	36.53752	Hatay	İskenderun	600 - 800	721	7.29	300.89	15.28	78.17
7	31.97688	36.77323	Antalya	Gündoğmuş	200 - 400	560	3.90	223.03	16.42	76.58
8	31.94613	36.88812	Antalya	Akseki	1400 - 1600	1628	38.49	207.13	10.33	61.42
9	31.57005	37.10302	Antalya	İbradı	1200 - 1400	1474	20.64	191.06	10.96	57.17
10	31.78385	37.79715	Konya	Beyşehir	1200 - 1400	1242	1.71	230.77	10.97	47.75
11	31.28469	37.71057	Isparta	Aksu	1600 - 1800	1591	5.49	221.61	7.62	51.25
12	28.82206	37.70327	Aydın	Karacasu	800 - 1000	796	17.75	197.91	13.56	58.33
13	28.17264	38.4672	Manisa	Salihli	0 - 200	128	7.78	359.01	16.37	46.75
14	27.09857	38.53775	Izmir	Karşıyaka	400 - 600	481	10.92	293.55	15.63	59.08
15	26.58314	39.58578	Çanakkale	Ayvacık	200 - 400	314	13.20	129.02	13.73	57.83

Şekil 3. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay için Jackknife testiŞekil 4. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay ROC eğrisi

MaxEnt modeline göre; *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay'in tahmini güncel ve gelecek yayılış haritaları Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de, bu haritalardaki uygunluk sınıflarına göre türün günümüz ve gelecekteki alansal dağılımı Çizelge 3'te verilmiştir. MaxEnt modelinde bir türün alanda bulunma oranı 0-1 arasında bir değer ile belirlenmektedir. Üretilen model uygunluk seviyelerine göre beş farklı seviyede sınıflandırılmış ve haritalandırılmıştır. Elde edilen haritalarda *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay'in günümüz konumsal dağılımı izlenebilmektedir. Tahmini güncel yayılış alanı incelendiğinde genel olarak Ege ve Akdeniz bölgelerinde yayılış gösteren *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay'i temsil eden noktalarla yüksek bir korelasyon gösterdiği, alansal olarak ise çok uygun alanların (0.75-1)

18.134 km<sup>2</sup>, Uygun (0.5-0.75) olan alanların 45.561 km<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Ayrıca, Türkiye Bitkileri (2019) kaynağına göre türün 2019 yılında Muğla Göktepe ve İzmir mevkiinde doğal yayılışında çekilmiş fotoğraflarının olduğu görülmüştür. Bu kaynak ile de o bölge için modelimizde herhangi bir var verisi olmamasına rağmen türün yayılışının olduğu kanıtlanmış ve modelin hassasiyeti ve tahmin gücünün yüksek olduğu görülmektedir.





Şekil 5. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay'in tahmini güncel yayılış alanı

Çizelge 3. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay'in günümüz, SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 yıllarındaki potansiyel coğrafi yayılışının alansal dağılımı (km<sup>2</sup>)

<i>Adenocarpus complicatus</i> (L.) Gay	Günümüz	SSP2		SSP5	
		2041-2060	2081-2100	2041-2060	2081-2100
Uyg. Değerleri	474.818	559.122	657.531	629.24	767.884
Çok Az Uygun	165.775	165.457	101.444	120.558	12.242
Az Uygun	76.167	41.572	17.826	24.923	0.329
Uygun	45.561	12.037	3.504	5.397	0
Çok Uygun	18.134	2.267	0.15	0.337	0

SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türünün doğal yayılış alanı olan Ege ve Akdeniz bölgesinde bulunma olasılığının azalacağı, uygun ve çok uygun olarak değerlendirilen alanların 14.304 km<sup>2</sup> ile günümüz yayılış alanına göre %75 oranında kayıp yaşanacağı öngörülmektedir. SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyodun ise türün yayılış alanında uygun ve çok uygun olarak değerlendirilen alanların 3.654 km<sup>2</sup> ye kadar düşeceği tahmin edilmektedir.

SSP2 4.5 senaryosuna göre daha katı bir senaryoya sahip olan SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 periyodunda *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türünün uygun ve çok uygun olarak değerlendirilen yayılış alanlarının 5.734 km<sup>2</sup> ile günümüz tahmini yayılış alanının yaklaşık %8' ine düştüğü 2081-2100 periyodunda ise uygun ve çok uygun alanlarının hiç kalmadığı ve dolayısıyla neslin ülkemiz koşullarında tükenmeyle karşı karşıya kaldığı görülmektedir.

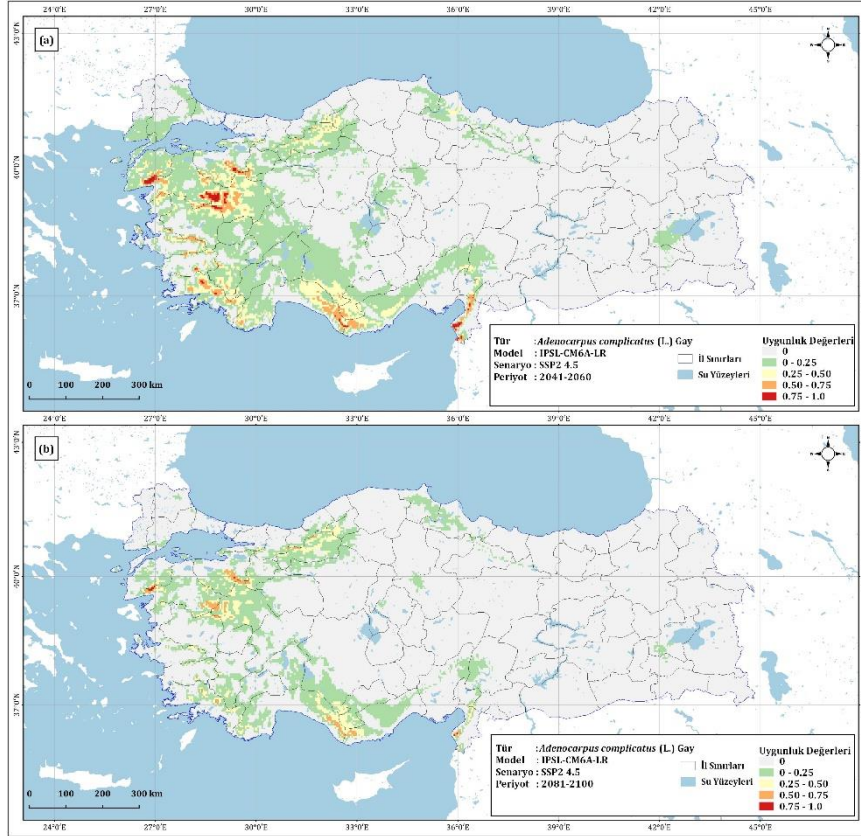
Yayılış alanlarında iklim senaryolarına bağlı olarak gerçekleşmesi beklenen değişimlerin tespiti için *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türüne ait güncel yayılış alanı ile SSP2 4.5 ile SSP5 8.5 senaryolarında 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına ait tahmini yayılış alanları karşılaştırılarak uygunluk sınıflarının nasıl bir değişim

gösterdiği Şekil 8 ve Şekil 9'da alansal büyüklükler ise Çizelge 4'te görülmektedir.

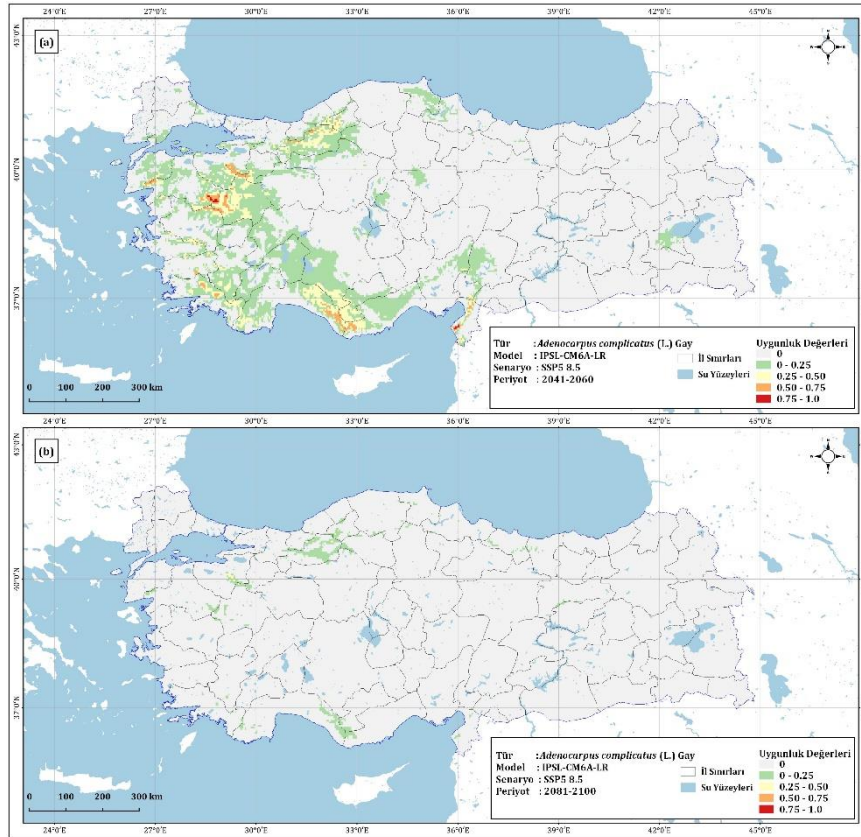
Buna göre günümüz ile SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 periyodunda 217.904 km<sup>2</sup>lik yayılış alanında azalma olduğu görülmektedir. Günümüzle SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu alanlar 267.513 km<sup>2</sup> olmuştur. Günümüz ile SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 periyodundaki değişim analizi değerlendirildiğinde 253.043 km<sup>2</sup>lik kayıp alana karşılık 15.418 km<sup>2</sup>lik bir kazanç alan görülmektedir. Günümüzle SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 302.335 km<sup>2</sup> lik alan kapsamaktadır.

Çizelge 4 *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay değişim analizi (km<sup>2</sup>)

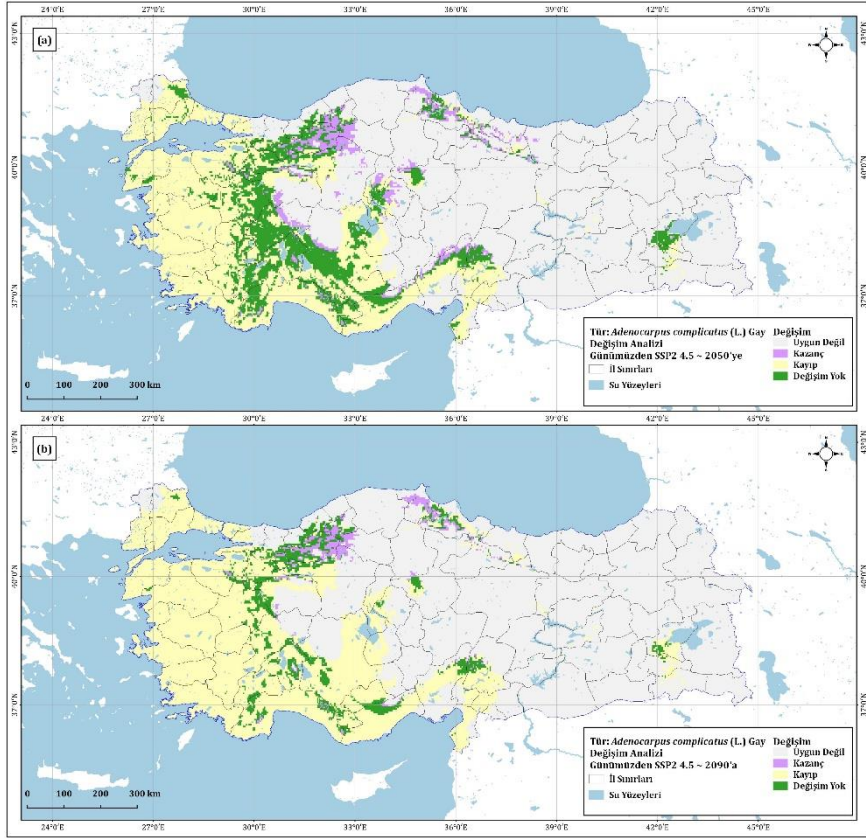
<i>Adenocarpus complicatus</i> (L.) Gay	SSP2		SSP5	
	2041-2060	2081-2100	2041-2060	2081-2100
Değişim	453.198	465.341	462.962	471.082
Uygun Değil	453.198	465.341	462.962	471.082
Kayıp	217.904	267.513	253.043	302.335
Kazanç	25.885	12.386	15.418	3.85
Değişim Yok	83.466	35.215	49.031	3.187



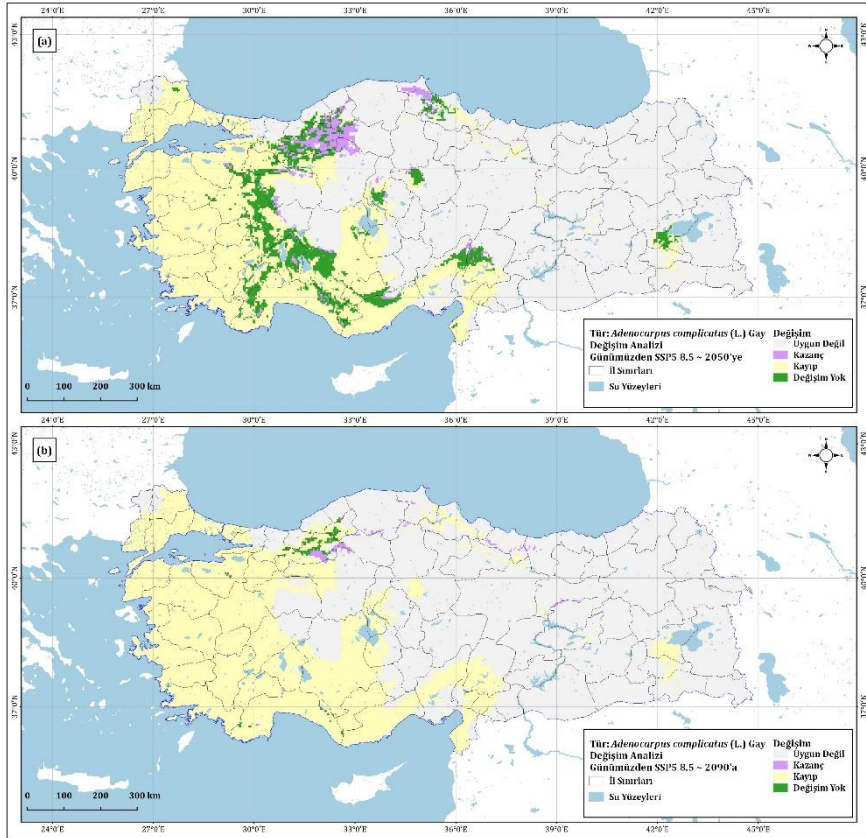
Şekil 6. IPSL-CM6A-LR modeli SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2061 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları



Şekil 7. IPSL-CM6A-LR modeli SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2061 periyodu (b) 2081-2100 periyoduna göre tahmini yayılış alanları



Şekil 8. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay tahmini güncel yayılış alanı ile SSP2 4.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim



Şekil 9. *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay tahmini güncel yayılış alanı ile SSP5 8.5 senaryosu (a) 2041-2060 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim (b) 2081-2100 periyodunda tahmini yayılış alanı arasındaki değişim

#### 4. Tartışma ve sonuç

*Adenocarpus complicatus* (L.) Gay için oluşturulan modelde yıllar içerisinde değişen iklim ve küresel ısınma seviyesinin zorlayıcı etkilerinden dolayı türün SSP2 4.5 senaryolarında yayılışının giderek azalacağı, SSP5 8.5 ~2090'da ise Türkiye koşullarında tamamen ortadan kalkacağı, türe rastlanılamayacağı tahmin edilmektedir. Bu türün yayılışının azalması gıda ve ilaç sanayisinin (Berber vd., 2014) etkileneceği ve aynı zamanda hayvan besini olarak kullanımının da sınırlanacağı anlamına gelmektedir.

Model çıktıları açısından Dülgeroğlu ve Aksoy (2018)'un yürüttüğü ülkemiz için önemli bir tür olan *Origanum minutiflorum*'un MIROC5 2070 yılı RCP8.5 senaryosu çıktısı ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bugünkü habitatındaki mevcut iklim koşulları 2070 yılında bu türün yaşayabilmesi için uygun olmayacaktır. *O. minutiflorum*'un endemik bir tür olduğu göz önünde bulundurulursa iklim değişimi ile birlikte yeni habitat bulamadığı takdirde bölgesel yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalacağı belirlenmiştir. Yine Remya vd. (2015) de Hindistan'da *Myristica dactyloides*'in yayılışı üzerine bir çalışma yapmış ve 22 noktadan %70'i model eğitimi için ve %30'u test verisi olarak kullanılmıştır. AUC eğitim verisi 0.896, test verisi ise 0.924'tür ve Jackknife BIO1 yani yıllık sıcaklık olduğu görülmüştür. Tür için yayılışın 2050 ve 2070 yılı için ılıman iklim değişikliği senaryosuna göre azalacağı sonucuna varmaktadır. Bir diğer çalışmada Örcü (2019) *Phoenix theophrasti* Gr. için 16 örnek noktadan faydalanmış, RCP 4.5 ve RCP 8.5'e göre 2050 ve 2070 yıllarındaki potansiyel yayılış alanını modellenmiştir. 0,998 AUC, izolasyonda en yüksek kazancı olan çevresel değişken en soğuk mevsimin yağış miktarını gösteren BIO19'dur. İhmal edildiğinde kazancı en çok azaltan çevresel değişken ise en sıcak mevsimin yağış miktarını gösteren BIO18'dir. Çalışma sonucunda *Phoenix theophrasti* Gr.'nin günümüz yayılış alanı olarak uygun alanlar 8.248 km<sup>2</sup> çok uygun alanlar ise 23.330 km<sup>2</sup>, toplamda ise 31.578 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Ayrıca CCSM4 iklim değişikliği senaryosuna göre gelecekte türün potansiyel yayılış alanlarında kayıplar yaşandığı görülmektedir.

*Adenocarpus complicatus* (L.) Gay türünün gelecekte yok olmaması için korumaya dönük çeşitli planlama ve arazi çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu amaçla Muğla Yatağan, Gökova ve Fethiye çevresinde türe ait herhangi bir koordinat olmamasına rağmen bu yörenin türün yayılış göstereceği en uygun olanlar arasında olduğu tahmin edilmektedir. Ancak tür ile ilgili yapılacak diğer araştırma ve tez çalışmalarında, arazi çalışması ile bu tahminin doğruluğu kontrol edilmelidir. İklim değişikliğini büyük ölçüde engellemek mümkün olmayacağından yapılması gereken en önemli çalışma türü kültüre almak ve gerekli bölgelerde türlerin devamlılığını sağlamak için in-situ ve ex-situ koruma alanları belirlemektir. Bu yaklaşım ile model sonuçları ve mevcut yayılışa bakılarak Hatay Amanos dağları, Antalya Manavgat ve Akseki, Kütahya Simav, Balıkesir Edremit ve Erdek, Muğla, Fethiye, Babadağ ve Yatağan Akdağ, Bencik Dağı, Çanakkale Kazdağları çevresinde seçilecek alanlarda bitkilendirme ve koruma planları hayata geçirilmelidir. Ayrıca günümüzden farklı olarak gelecek senaryolarda Bolu ile Düzce illeri arasında kalan yörede uygun alanlar olacağı tahmin edilmektedir. Bu bulgular neticesinde bu alanlarda da benzer olarak

bitkilendirme ve sonrasında koruma planlarının yapılması türün devamlılığını sağlamaya yardımcı olacaktır.

#### Açıklama

Bu çalışma Almira UZUN tarafından Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda hazırlanan "İklim Değişimi Senaryolarına Göre Peyzaj Tasarımında Kullanılan *Fabaceae* Familyasına Ait Bazı Odunsu Türlerin Günümüz ve Gelecekteki Yayılış Alanlarının Tahmini" adlı Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir.

#### Kaynakça

- Adhikari, D., Barik, S., Upadhaya, K., 2012. Habitat distribution modelling for reintroduction of *Ilex khasiana* Purk., a critically endangered tree species of northeastern India. *Ecological Engineering*, 40: 37-43.
- Akkemik, Ü., 2018. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Arslan, E.S., 2019. İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: *Robinia pseudoacacia* L. örneği. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 20: 142-148.
- Ashraf, U., Ali, H., Chaudry, M.N., Ashraf, I., Batool, A., Saqib, Z., 2016. Predicting the potential distribution of *Olea Ferruginea* in Pakistan incorporating climate change by using MaxEnt model. *Sustainability*, 8(8): 722.
- Avcı, M., 2014. Türkiye'nin bitki çeşitliliği ve coğrafi açıdan değerlendirmesi. *türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları* (Ed: Akkemik, Ü.), Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s. 28-53.
- Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., 2011. Has the earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471: 51-57.
- Berber, A., Zengin, G., Aktumsek, A., Sanda, M.A., Uysal, T., 2014. Antioxidant capacity and fatty acid composition of different parts of *Adenocarpus complicatus* (*Fabaceae*) from Turkey. *Revista de Biología Tropical*, 62: 349-358.
- Bertrand, R., Lenoir, J., Piedallu, C., Riofrío-Dillon, G., de Ruffray, P., Vidal, C., Pierrat, J.C., Gégout, J.C. J.N., 2011. Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. *Nature*, 479(7374): 517-520.
- Cobben, M., Van Treuren, R., Castañeda-Álvarez, N.P., Khoury, C. K., Kik, C., van Hintum, T.J., 2015. Robustness and accuracy of maxent niche modelling for lactuca species distributions in light of collecting expeditions. *Plant Genetic Resources*, 13: 153-161.
- Çoban, H.O., Örcü, Ö.K., Arslan, E.S., 2020. MaxEnt modeling for predicting the current and future potential geographical distribution of *Quercus libani* olivier. *Sustainability*, 12: 2671.
- Davis, P.H., 1972. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 3, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Duman, H., Aytaç, Z., Karavelioğulları, U.F., 2000. *Gevne Vadisi Florası*. Kırsal Çevre ve Ormanlık Sorunları Araştırma Derneği, Ankara.
- Dülgeroğlu, C., Aksoy, A., 2018. Küresel iklim değişikliğinin *Origanum minutiflorum* Schwarz & PH Davis'in coğrafi dağılımına etkisinin maximum entropi algoritması ile tahmini. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11: 182-190.
- Fick, S.E., Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37: 4302-4315.
- Field, A., 2013. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. SAGE Publications Ltd, London.

- Fitzpatrick, M.C., Gove, A.D., Sanders, N.J., Dunn, R.R., 2008. Climate change, plant migration and range collapse in a global biodiversity hotspot: The banksia (Proteaceae) of western Australia. *Global Change Biology*, 14: 1337-1352.
- Gassó, N., Thuiller, W., Pino, J., Vilà, M., 2012. Potential distribution range of invasive plant species in Spain. *NeoBiota*, 12: 25-40.
- Gaston, K.J., 1996. *Species Richness: Measure and Measurement*. Blackwell Science Ltd, London.
- GBIF, 2019. Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/>, Erişim: 01.02.2020.
- Gibbs, P., 1970. *Adenocarpus* DC. Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Ed: Davis, P.H.), Vol. 3, Edinburg Press, Edinburg.
- Güner, Ö., Akçiçek, E., 2013. Ulus Dağı'nın florası Balıkesir/Türkiye. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 6: 101-113.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.
- Hosmer, Jr, D.W., Lemeshow, S., Sturdivant, R.X., 2013. *Applied Logistic Regression*. Vol. 392, John Wiley & Sons, New York.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* P. R.K.veM. A.L., Geneva, Switzerland, 151 p. Jaynes, E.T., 1957. Information Theory and Statistical Mechanics. II. *Physical review*, 108(2): 171-190.
- Lawler, J.J., Shafer, S.L., White, D., Kareiva, P., Maurer, E.P., Blaustein, A.R., Bartlein, P.J., 2009. Projected climate-induced faunal change in the western Hemisphere. *Ecology*, 90: 588-597.
- Lenoir, J., Gégout, J.C., Marquet, P., De Ruffray, P., Brisse, H.J.S., 2008. A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Science*, 320: 1768-1771.
- Liu, X., Zhu, X., Li, S., Liu, Y., Pan, Y., 2015. Changes in growing season vegetation and their associated driving forces in China during 2001–2012. *Remote sensing*, 7: 15517-15535.
- Meyer, F.G., 1959. *Plant Explorations: Ornamentals in Italy, Southern France, Spain, Portugal, England, and Scotland*. Forgotten Books, London.
- Ok, T., 2018. *Adenocarpus* DC. Türkiye'nin Doğal Egzotik Ağaç ve Çalıları (Ed: Akkemik, Ü.), Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Örücü, Ö.K., 2019. *Phoenix theophrasti* Gr.'nin iklim değişimine bağlı günümüz ve gelecekteki yayılış alanlarının MaxEnt modeli ile tahmini ve bitkisel tasarımda kullanımı. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 20: 274-283.
- Özkan, K., Senol, H., Gulsoy, S., Mert, A., Suel, H., Eser, Y., 2009. Vegetation-environment relationships in Mediterranean mountain forests on limeless bedrocks of southern Anatolia, Turkey. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17: 154-163.
- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M., Townsend Peterson, A., 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of biogeography*, 34: 102-117.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E., Blair, M.E., 2017. Opening the black box: An open-source release of MaxEnt. *Ecography*, 40: 887-893.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190: 231-259.
- Phillips, S.J., Dudík, M., 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161-175.
- Phillips, S.J., Elith, J., 2010. POC Plots: Calibrating species distribution models with presence-only data. *Ecology*, 91: 2476-2484.
- QGIS, 2019. QGIS 3.8 Zanzibar - A Free and Open GIS. <https://qgis.org/tr/site/forusers/download.html>, Erişim: 20.08.2019.
- Remya, K., Ramachandran, A., Jayakumar, S., 2015. Predicting the current and future suitable habitat distribution of *Myristica Dactyloides* Gaertn. using MaxEnt model in the eastern Ghats, India. *Ecological engineering*, 82: 184-188.
- Sağlam, C., 2014. Phytosociological features of Cicek Mountain and environs (Isparta, Turkey). *Ekoloji Dergisi*, 23: 19-37.
- Sarıkaya, O., Karaceylan, I.B., Sen, I., 2018. Maximum entropy modeling (Maxent) of current and future distributions of *Ips Mannsfeldi* (Wachtl, 1879) (Curculionidae: Scolytinae) in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16: 2527-2535.
- Satıl, R., Polat, F., 2010. Havran ve Burhaniye'de (Balıkesir) etnobotanik araştırmaları. *Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi*, 8: 65-100.
- Sérgio, C., Figueira, R., Draper, D., Menezes, R., Sousa, A.J., 2007. Modelling bryophyte distribution based on ecological information for extent of occurrence assessment. *Biological conservation*, 135(3): 341-351.
- Shcheglovitova, M., Anderson, R.P., 2013. Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes. *Ecological Modelling*, 269: 9-17.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T., Prentice, I. C., 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 8245-8250.
- Tittensor, D.P., Baco, A.R., Brewin, P.E., Clark, M.R., Conalvey, M., Hall-Spencer, J., Rowden, A.A., Schlacher, T., Stocks, K.I., Rogers, A.D., 2009. Predicting global habitat suitability for stony corals on seamounts. *Journal of Biogeography*, 36(6): 1111-1128.
- TUBIVES, 2004. Turkish Plants Data Service. [http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&tax\\_id=2438](http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&tax_id=2438), Erişim: 14.10.2019.
- Türkeş, M., 2008. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1): 26-37.
- Türkiye Bitkileri, 2019. *Adenocarpus complicatus*, Photo Gallery, <https://www.turkiyebitkileri.com/en/photo-gallery/view-album/2970.html?start=0>, Erişim: 06.09.2020.
- Usta Baykal, N., 2019. Determining potential niche competition regions between Kazdağı fir (*Abies Nordmanniana* Subsp. *Equi-Trojani*) & Anatolian black pine (*Pinus Nigra* Subsp. *Pallasiana*) and conservation priority areas under climate change scenarios by using maxent algorithm. Master Thesis, Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
- Wang, J., He, G., Fang, H., Han, Y., 2020. Climate change impacts on the topography and ecological environment of the wetlands in the middle reaches of the Yarlung Zangbo-Brahmaputra River. *Journal of Hydrology*, 590: 1-13.
- Wang, Y.S., Xie, B.Y., Wan, F.H., Xiao, Q.M., Dai, L.Y., 2007. The potential geographic distribution of *Radopholus similis* in China. *Agricultural Sciences in China*, 6: 1444-1449.
- Ward, D.F., 2007. Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand. *Biological Invasions*, 9: 723-735.
- Williams, J.N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J.K., Erwin, S., O'Brien, J.M., Schwartz, M.W., 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distributions*, 15: 565-576.
- Wollan, A.K., Bakkestuen, V., Kauserud, H., Gulden, G., Halvorsen, R., 2008. Modelling and predicting fungal distribution patterns using herbarium data. *Journal of Biogeography*, 35(12): 2298-2310.
- WorldClim, 2019. WorldClim - Global Climate Data. [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org), Erişim: 20.08.2019.

- Yaltrık, F., 1984. Bazı Yapraklı Ağaç ve Çalıların Kışın Tanınması. İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Yi, Y.J., Cheng, X., Yang, Z.F., Zhang, S.H., 2016. Maxent modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (*H. riparia* Lour) in Yunnan, China. Ecological Engineering, 92: 260-269.
- Yılmaz, H., Tuttu, G., 2008. Flora of Çamucu forest enterprice area (Balya, Balıkesir/Turkey). Biological Diversity and Conservation, 9: 10-24.
- Yuan, H.S., Wei, Y.L., Wang, X.G., 2015. Maxent modeling for predicting the potential distribution of Sanghuang, an important group of medicinal fungi in China. Fungal Ecology, 17: 140-145.
- Zhang, K., Yao, L., Meng, J., Tao, J., 2018. Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change. Science of the Total Environment, 634: 1326-1334.

## Instructions for authors

Manuscript should be prepared in A4 page size, with Times New Roman font and 12 pt font size, as plain text. Unless necessary, no special formatting should be used. Page and line numbers should be included into the manuscript. Please check out the explanations below for other details.

*Cover page:* Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

*Title and abstract (Turkish and English):* Abstract should not exceed 250 words, and briefly explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

*Main text:* Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

*Footnotes:* Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be used below tables and figures.

*Symbols and abbreviations:* Unit symbols should comply with The International System of Units. Abbreviations should be explained briefly within a parenthesis where it appears first.

*References:* In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Oliver et al., 1996; Geray, 1998). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). See Appendix 1 for details on references.

*Tables and figures:* All tables and figures (graphs, photographs, maps etc.) should be numbered in the order of their citation in the text, and they should be given at the end of the manuscript. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. Tables and figures should be simple, and their text, number and symbol components should be easily visible and understandable. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution and 8.15 or 17 cm width. Characters within the figures should be in Times New Roman font type and 8 pt font size.

*Submission of a manuscript:* All review and publishing processes are carried out online in [DergiPark Academic](#). Authors should first “[register](#)” and “[login](#)” to the system and then upload their manuscript with a “[cover letter and copyright transfer form](#)”.

## Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve düz metin şeklinde hazırlanmalıdır. Zorunlu olmadıkça hiçbir özel format kullanılmamalıdır. Makaleye sayfa ve satır numarası eklenmelidir. Diğer hususlar için lütfen aşağıdaki açıklamalara bakınız.

*Kapak sayfası:* Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri yer almalıdır.

*Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce):* Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalı, kısaca araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

*Ana metin:* Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

*Dipnotlar:* Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında kullanılabilir.

*Semboller ve kısaltmalar:* Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) uygun olmalıdır. Kısaltmalar ise metin içerisinde ilk geçtiği yerde parantez içinde açıklanmalıdır.

*Kaynaklar:* Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Oliver vd., 1996; Geray, 1998). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayın yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). Kaynaklar hakkında detaylar için Ek 1'e bakınız.

*Çizelgeler ve şekiller:* Bütün çizelge ve şekiller (grafik, fotoğraf, harita vb.) metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalı ve metnin sonuna eklenmelidir. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller mümkün olduğu kadar sade olmalı, içerilerindeki metin, rakam, sembol vb. unsurlar net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde ve 8.15 ya da 17 cm genişliğinde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde ve 8 punto büyüklüğünde olmalıdır.

*Makalenin gönderilmesi:* Dergimizin tüm hakemlik ve yayıncılık faaliyetleri online olarak [DergiPark Akademik](#) üzerinden yürütülmektedir. Yazarların öncelikle dergimize “[kayıt](#)” olup sisteme “[giris](#)” yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte “[üst yazı ve telif devir](#)” formunu sisteme yüklemelidirler.

## Appendix 1. References

In accordance with generally accepted principles; author, publication year, title, publisher, page numbers and other appropriate information should be given for each reference.

*Electronic references:* Ordinary internet sites sources with limited credibility and permanence should not be used as an electronic reference. If a publication exists in both print and electronic versions, the print version should be preferred as a reference.

If used, electronic sources should be treated as printed sources; author, year of publication, title of the article or web page, publisher's name and place should be given. DOI numbers should be included at the end if an online-only publication is used as reference.

### *Periyodik dergilerde makale / Article in periodical journals*

Binkley, D., Stape, J.L., Ryan, M.G., 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, 193: 5-16.

Acar, H.H., Ünver, S., 2012. Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2): 97-102.

### *Kitap / Book*

Boydak, M., Çalikoğlu, M., 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılık Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.

Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, New York.

### *Kitapta bölüm / Reference to a chapter in an edited book*

Little, C.H.A., Pharis, R.P., 1995. Hormonal control of tree stem growth. In: *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology* (Ed: Gartner, B.L.), Academic Press, New York, pp. 281-319.

Öztekin, M., 2014. *Phlomis L. (Çalbalar)*. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları (Ed., Akkemik, Ü.), Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s: 385-389.

### *Tez / Thesis and dissertation*

Gürlevik, N., 2002. Stand and soil responses of a loblolly pine plantation to midrotation fertilization and vegetation control. PhD Dissertation, North Carolina State University, NC, USA.

Işık, F., 1998. Kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) genetik çeşitlilik, kalıtım derecesi ve genetik kazancın belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

### *Konferans bildirisi / Conference proceedings*

Erdönmez, C., Ok, K., 2009. Özel ağaçlandırmaları etkileyen sosyo-ekonomik etkenler. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat, Isparta, s. 74-80.

Erkan, N., 2002. Growth performance of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in natural forest and plantation in Turkey. Proceedings of IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations, 11-13 September, Izmit, Turkey, pp. 67-74.

### *Elektronik kaynak / Electronic reference*

FAO, 2011. Fact and figures: Forest cover. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/forestry/28808/en/>, Accessed: 22.12.2012.

OGM, 2009. Ormancılık istatistikleri 2009. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, [http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik\\_ist\\_2009.pdf](http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik_ist_2009.pdf), Erişim: 06.02.2013.

## Ek 1. Kaynaklar

Genel kabul görmüş ilkelere uygun olarak, her bir yayının yazarı, yayın yılı, başlığı, yayıncısı, sayfa numarası ve gerekli diğer bilgileri verilmelidir.

*Elektronik kaynaklar:* Sıradan bir internet sitesi gibi güvenilirliği ve devamlılığı şüpheli olan elektronik kaynaklar tercih edilmemelidir. Eğer bir kaynağın hem elektronik hem de basılı hali mevcutsa, basılı olanı referans gösterilmelidir.

Eğer kullanılacaksa, elektronik kaynaklar da basılı kaynaklar gibi düşünülmeli; yazar, yayın yılı, makale veya internet sayfasının başlığı, yayıncı adı ve yeri verilmelidir. Sadece çevrimiçi yayın yapan dergilerde DOI numarası da kaynağın sonuna eklenmelidir.



### *Standartlar/Standarts*

TS 2472, 2005. Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara

ASTM-D 1413-007, 2007. Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures. Annual Book of ASTM Standarts, USA.

### *Çeviri kitap/Translated book*

Eyüboğlu, A.K., 1979. Fidan (Çeviri: Cleary, B.D., Greaves, R.D., Owston, P.W., 1978. Seedlings. Oregon State University, School of Forestry, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Corvallis, Oregon, USA). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2:31-69.

### *Proje raporu/Project report*

Yılmaz, E., Abbak, A., Kırış, R., Sayın, M.A., 2015. Orman Amenajman Planlamasının Sosyal Boyutu: Pozantı Orman İşletme Şefliğinde Örnek Uygulama. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 20.5315/2014–2015, Tarsus.

### *Teknik rapor/Technical report*

Davis, C.T., Kellogg, L.D., 2005. Measuring Machine Productivity with the MultiDAT Datalogger: a Demonstration on Three Forest Machines. USDA Forest Service, General Technical Report, PSWGTR-194.

Keskin, S., 1989. Kokulu Ardıç (*J. foetidissima* Willd.) ve Boylu Ardıç (*J. excelsa* Bieb.) Çeliklerinin Köklendirilmesi Üzerine Çalışmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Raporlar Serisi, No: 36-39, Ankara.

### *Teknik bülten/Technical bulletin*

Eyüboğlu, A.K., Atasoy, H., Küçük, M., 1992. Doğu Karadeniz Bölgesinde Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Orijin Denemelerinin 9 Yıllık Sonuçları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 237, Ankara.

