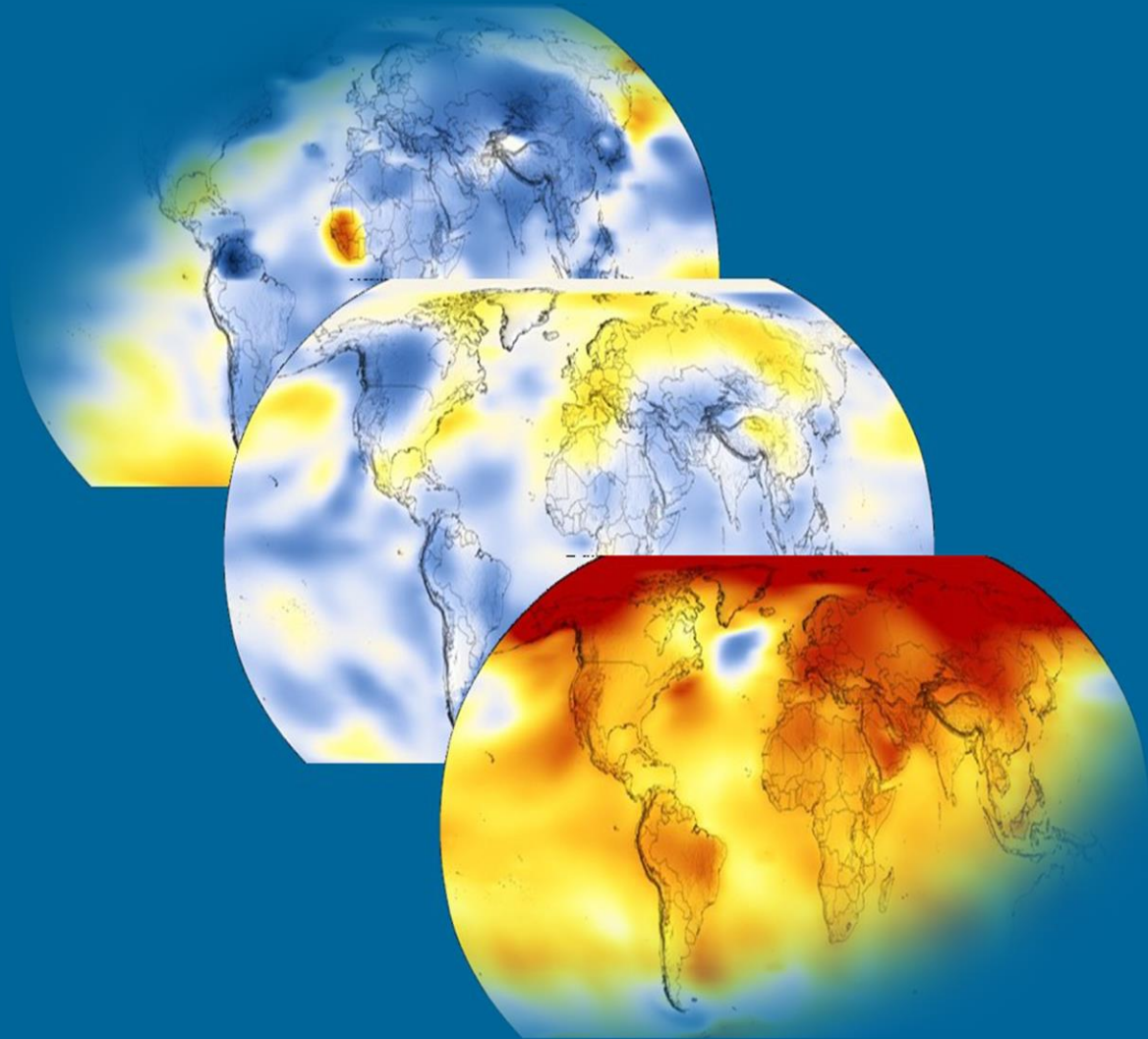


Yıl
Year 2019

Cilt
Volume 3

Sayı
Number 2

p-ISSN: 2651-401X
e-ISSN: 2651-4028



Climate is changing.
What can we do about climate changing?

Owner:

Dr. Hamza KANDEMİR

Editor in Chief:

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Co-Editor:

Asst. Prof. Dr. Mustafa KARABOYACI

Technical Editors:

Res. Asst. Abdullah BERAM
Instructor Serkan ÖZDEMİR

Technical Assistant:

Instructor Doğan AKDEMİR

Office Work:

Tunahan ÇINAR

Cover designer:

Instructor Serkan ÖZDEMİR

Press:

Kutbilge Association of Academicians
Distribution, Sales, Publisher;
Certificate No: 42086
32040, Isparta, TURKEY

Contact:

Kutbilge Association of Academicians,
32040, Isparta, TURKEY

Web : dergipark.gov.tr/bilgesci

E-mail : kutbilgescience@gmail.com

Editorial Advisory Board:

Ahmet AKSOY, Prof. Dr.
Akdeniz University, Turkey

Amer KANAN, Prof. Dr.
Al-Quds University, Palestine

Cüneyt ÇIRAK, Prof. Dr.
Ondokuz Mayıs University, Turkey

Ender MAKİNECİ, Prof. Dr.
İstanbul University, Turkey

Gülcan ÖZKAN, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

İbrahim ÖZDEMİR, Prof. Dr.
Isparta University of Applied Sciences, Turkey

Kari HELİÖVAARA, Prof. Dr.
University of Helsinki, Finland

Kıralı MÜRTEZAOĞLU, Prof. Dr.
Gazi University, Turkey

Mehmet KILIÇ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Mehmet KİTİŞ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Mohamed Lahbib BEN JAMAA, Prof. Dr.
INRGREF, Tunisia

Rene van den HOVEN, Prof. Dr.
University of Vet. Med. Vienna, Austria

Semra KILIÇ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Steve WOODWARD, Prof. Dr.
University of Aberdeen, United Kingdom

Editorial Board:

Ali Cesur ONMAZ, Assoc. Prof. Dr.
Erciyes University, Turkey

Asko Tapio LEHTIJÄRVİ, Assoc. Prof. Dr.
Bursa Technical University, Turkey

Halil GÖKÇE, Assoc. Prof. Dr.
Giresun University, Turkey

Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Assoc. Prof. Dr.
Niğde Ömer Halisdemir University, Turkey

Şule Sultan UĞUR, Assoc. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Ahmet MERT, Assoc. Prof. Dr.
Isparta University of Applied Sciences, Turkey

Ayşe KOCABIYIK, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Aziz ŞENCAN, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Fecir DURAN, Asst. Prof. Dr.
Gazi University, Turkey

Kubilay TAŞDELEN, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

Nuri ÖZTÜRK, Asst. Prof. Dr.
Giresun University, Turkey

Ramazan ŞENOL, Asst. Prof. Dr.
Isparta University of Applied Sciences, Turkey

İmtiyaz Sahibi:
Dr. Hamza KANDEMİR

Editör:
Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Yardımcı Editörler:

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KARABOYACI

Teknik Editörler:

Arş. Gör. Abdullah BERAM
Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR

Teknik Yardımcılar:

Öğr. Gör. Doğan AKDEMİR

Büro İşleri:

Tunahan ÇINAR

Kapak Tasarım:

Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR

Baskı:

Kutbilge Akademisyenler Derneği,
Dağıtım, Satış, Yayınevi
Sertifika No: 42086
32040, Isparta, TÜRKİYE

İletişim:

Kutbilge Akademisyenler Derneği,
32040, Isparta, TÜRKİYE

Web : dergipark.gov.tr/bilgesci

E-mail : kutbilgescience@gmail.com

Danışma Kurulu:

Ahmet AKSOY, Prof. Dr.
Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

Amer KANAN, Prof. Dr.
Al-Quds Üniversitesi, Filistin

Cüneyt ÇIRAK, Prof. Dr.
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

Ender MAKİNECİ, Prof. Dr.
İstanbul Üniversitesi, Türkiye

Gülcan ÖZKAN, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

İbrahim ÖZDEMİR, Prof. Dr.
Isparta Uyg. Bilimler Üniversitesi, Türkiye

Kari HELİÖVAARA, Prof. Dr.
Helsinki Üniversitesi, Finlandiya

Kırali MÜRTEZAOĞLU, Prof. Dr.
Gazi Üniversitesi, Türkiye

Mehmet KILIÇ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Mehmet KİTİŞ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Mohamed Lahbib BEN JAMAA, Prof. Dr.
INRGREF, Tunus

Rene van den HOVEN, Prof. Dr.
Viyana Veterinerlik Üniversitesi, Avusturya

Semra KILIÇ, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Steve WOODWARD, Prof. Dr.
Aberdeen Üniversitesi, Birleşik Krallık

Editör Kurulu:

Ali Cesur ONMAZ, Doç. Dr.
Erciyes Üniversitesi, Türkiye

Asko Tapio LEHTIJÄRVİ, Doç. Dr.
Bursa Teknik Üniversitesi, Türkiye

Halil GÖKÇE, Doç. Dr.
Giresun Üniversitesi, Türkiye

Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Doç. Dr.
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Türkiye

Şule Sultan UĞUR, Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Ahmet MERT, Doç. Dr.
Isparta Uyg. Bilimler Üniversitesi, Türkiye

Ayşe KOCABIYIK, Dr. Öğr. Üyesi
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Aziz ŞENCAN, Dr. Öğr. Üyesi
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Fecir DURAN, Dr. Öğr. Üyesi
Gazi Üniversitesi, Türkiye

Kubilay TAŞDELEN, Dr. Öğr. Üyesi
Isparta Uyg. Bilimler Üniversitesi, Türkiye

Nuri ÖZTÜRK, Dr. Öğr. Üyesi
Giresun Üniversitesi, Türkiye

Ramazan ŞENOL, Dr. Öğr. Üyesi
Isparta Uyg. Bilimler Üniversitesi, Türkiye

BİLGE INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH

ISSN: 2651-401X
e-ISSN: 2651-4028

A peer reviewed journal, published biannually by
Kutbilge Association of Academicians.

Yılda iki sayı olarak yayımlanan hakemli bir dergidir.
Kutbilge Akademisyenler Derneği tarafından
yayımlanmaktadır.

Year/Yıl: 2019, Volume/Cilt: 3, Issue/Sayı: 2

The journal is indexed in Researchbib, AcademicKey, International Institute of Organized Research (I2OR),
Cosmos Index, Google Scholar, Journal Factor, Index Copernicus, JIFACTOR, Science Library Index,
Sindex, Rootindexing, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), Directory of Research Journals Indexing
(DRJI), ROAD, Araştırmaz and BASE.

Dergimiz Researchbib, AcademicKey, International Institute of Organized Research (I2OR), Cosmos Index,
Google Scholar, Journal Factor, Index Copernicus, JIFACTOR, Science Library Index, Sindex,
Rootindexing, Eurasian Scientific Journal Index (ESJI), Directory of Research Journals Indexing (DRJI)
ROAD, Araştırmaz ve BASE'de taranmaktadır.



CONTENTS

Research

- Improving Efficiency for Furniture Manufacturing Processes by using 5S Applications: Case study
Osman Karşiyaka, Abdullah Sütçü87-101
- Study of Stability and Drug-Excipient Compatibility of Estriol
Hale Seçilmiş Canbay, Mümin Polat, Mahmut Doğanürk102- 107
- Improving The Rotating Mechanism Facilitating The Model Change In The Production Process Of The Refrigerator Body Plastics
Abdurrahim Arslan, Şenol Erkul, Yunus Özkan, Alaattin Kaçal 108-113
- Thermal, Burning and Surface Roughness Properties of Particleboards Produced from Canola (*Brassica napus* L.) Stalks
Gürcan Güler 114-120
- Investigation of Dinoflagellate Cyst Community Structure in North Aegean Sea and Mediterranean Sea
Buse Bağatur, Hilal Aydın 121-134
- Air Traffic Security against Cyber Threats
Ahmet Efe, Ahmet Can Cavlan, Büşra Tuzlupınar 135-143
- Prediction Of Air Pollution Using Markov Chain
Gamze Özel..... 144-151
- Experimental Analysis of Producing Electrical Energy from The Radiator Using Thermoelectric Generator
Yakup Yağmur, Kubilay Taşdelen 152-160
- Electrochemical Production of ZnO and ZnO@Ag Core-Shell Nanorods on ITO Substrate and Their Photocatalytic and Photoelectrochemical Performance
Handan Kamyş, Nadiye Duyar Karakuş, Bircan Haspulat Taymaz 161-177
- Alpha Species Diversity and Ecological Site Factor Relations in Brutian Pine Forests: A Case Study From Gölhisar District
Özdemir Şentürk, Mehmet Güvenç Negiz, Serkan Gülsoy 178-188
- Ecological Evaluations on The Productivity and Distribution Characteristics of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) Species: Example of Isparta-Yenişarbademli
Mehmet Güvenç Negiz, Kadir Çınar, Esra Özge Aygül..... 189-200
- Habitat Preferences of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) in Akdağ (Afyon) District
Halil Süel, Murat Ercan 201-212
- Potential Plant Species for Honey Production Forests: Isparta Keçiborlu Güneykent Honey Production Forest Case
Süleyman Yıldız, Hüseyin Fakir..... 213-222

- Interaction of Wild Boar (*Sus scrofa*) with Some Mammal Species in Sütçüler Distinct
Halil Süel 223-230

Review

- Effects of Consumption of Meat and Processed Meat on Public Health
Fulya Taşçı231-245
- An Investigation of the Studies on the Conservation of Biodiversity in Turkey
Ali Küçükosmanoğlu, Çağdan Uyar246- 255

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Mobilya Üretim Süreçlerinde Verimliliği Artırmaya Yönelik 5S Uygulamaları
Osman Karşiyaka, Abdullah Sütçü87-101
- Study of Stability and Drug-Excipient Compatibility of Estriol
Hale Seçilmiş Canbay, Mümin Polat, Mahmut Doğanürk 102-107
- Buzdolabı Gövde İç Plastiklerinin Üretim Prosesinde Model Değişimini
Kolaylaştıran Döner Mekanizma Geliştirilmesi
Abdurrahim Arslan, Şenol Erkul, Yunus Özkan, Alaattin Kaçal 108-113
- Kanola (*Brassica napus* L.) Saplarından Üretilen Yongalevhaların
Termal, Yanma ve Yüzeysel Pürüzlülük Özellikleri
Gürcan Güler 114-120
- Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz’de Dinoflagellat Kist Komünite Yapısının Araştırılması
Buse Bağatur, Hilal Aydın 121-134
- Air Traffic Security against Cyber Threats
Ahmet Efe, Ahmet Can Cavlan, Büşra Tuzlupınar 135-143
- Markov Zinciri Kullanarak Ankara İli İçin Hava Kirliliği Tahmini
Gamze Özel..... 144-151
- Termoelektrik Üreteç ile Kalorifer Radyatörlerinden Elektrik Üretiminin Deneysel İncelenmesi
Yakup Yağmur, Kubilay Taşdelen 152-160
- Electrochemical Production of ZnO and ZnO@Ag Core-Shell Nanorods on ITO
Substrate and Their Photocatalytic and Photoelectrochemical Performance
Handan Kamış, Nadiye Duyar Karakuş, Bircan Haspulat Taymaz..... 161-177
- Kızılçam Meşcerelerinde Alfa Tür Çeşitliliği – Yetiştirme Ortamı İlişkileri: Gölhisar Yöresi Örneği
Özdemir Şentürk, Mehmet Güvenç Negiz, Serkan Gülsoy 178-188
- Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Türünün Verimlilik ve Dağılım Özellikleri Üzerine
Ekolojik Değerlendirmeler: Isparta-Yenişarbademli Örneği
Mehmet Güvenç Negiz, Kadir Çınar, Esra Özge Aygül..... 189-200
- Akdağ (Afyon) Yöresinde Kızıl Geyik (*Cervus elaphus* L.)’ in Habitat Tercihleri
Halil Süel, Murat Ercan 201-212
- Bal Üretim Ormanları İçin Potansiyel Bitki Türleri:
Isparta Keçiborlu Güneykent Bal Üretim Ormanı Örneği
Süleyman Yıldız, Hüseyin Fakir 213-222

- Yaban Domuzu (*Sus scrofa*)'nun Sütçüler Yöresindeki Bazı Memeli Türler İle Etkileşimi
Halil Süel 223-230

Derleme

- Et ve İşlenmiş Et Tüketiminin Halk Sağlığına Etkileri
Fulya Taşçı231-245
- An Investigation of the Studies on the Conservation of Biodiversity in Turkey
Ali Küçükosmanoğlu, Çağdan Uyar246- 255

Mobilya Üretim Süreçlerinde Verimliliği Artırmaya Yönelik 5S Uygulamaları

Osman Karşiyaka¹, Abdullah Sütçü^{2*}

Özet: Türkiye mobilya endüstrisinde, son 20 yıla kadar küçük atölyelerde kısıtlı üretim hacimlerinde sadece yöresel pazarlara yönelik ve yoğun insan gücü kullanılarak üretim yapan aile işletmeleri varken, günümüzde daha yoğun bir teknoloji kullanan, markalaşmış, özgün tasarımlar üretebilen, uluslararası piyasalarda rekabet edebilen, kitlesel üretim yapma imkânlarına sahip hatlardan oluşan birçok kurumsal tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin küresel piyasalarda rekabet ederken hayatiyetlerini devam ettirebilmeleri için maliyetleri düşürmekle birlikte verimliliği ve kaliteyi yükselten sürekli iyileştirme tekniklerini de kullanmaları zorunlu hale gelmektedir. Bir tür yalın üretim aracı olan 5S tekniği ile mobilya üretim süreçleri için verimliliğin ve etkinliğin artırılmasının amaçlandığı bu çalışmada imalat sürecinin etkinliğini düşüren başlıca sorunlar büyük ölçekli bir mobilya üretim işletmesinde kitlesel üretimi yapılan bir ürüne ait üretim süreci temel alınarak irdelenmiş ve süreç iyileştirilmiştir.

Toyota Üretim Sistemi olarak da anılan Yalın Üretim felsefesinin ana teması, mevcut iş süreçlerinde müşterilere israftan arınmış değerler sunmaktır. İzmir’de faaliyet gösteren büyük ölçekli bir mobilya firmasında, aksesuar hazırlık bölümünden koltuk-kanepe montaj hattına kadar tüm imalat ve montaj bölümlerinde gerçekleştirilen 5S uygulamalarına ait öncesi-sonrası durumların fotoğraflanmasıyla sektör için örneklendirme yapılmıştır. Bu kapsamda; Montaj hatlarında esnek üretim mantığına uygun, farklı ürün tasarımları için değişken iş akışlarına kolaylıkla uyum sağlayabilen iş istasyonları tasarlanmış, böylece hat verimliliğinde önemli zaman kazancı sağlanmış ve yarı mamullerin ara stok alanlarında muhafazasının zorluğu nedeniyle oluşan kalite kayıpları düşürülmüştür. Katma değersiz faaliyetlerin ortadan kaldırılması ve iş zenginleştirme gibi uygulamalar ile konfeksiyon bölümüne ait ilgili iş istasyonlarında yaklaşık %38 etkinlik artışı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Verimlilik, Süreç İyileştirme, Yalın Üretim, Orman Endüstri Mühendisliği

Improving Efficiency for Furniture Manufacturing Processes by using 5S Applications: Case study

Abstract: Up to the last two decades, there were limited number of family firms operating in the regional markets with low technology and small workshops in the Turkish furniture industry. At present, however there is number of companies have become utilized better technological approaches to manufacture unique design products with self-brand marks in international markets. But for competition with global firms, these facilities must be continuously improved their efficiency and effectiveness as well as reducing their manufacturing costs.

¹Konfor Dayanıklılı Tüketim Malları Mobilya Deri Tekstil İnşaat Turizm San.ve Tic.A.Ş., İzmir, Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

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

Citation (Atıf): Karşiyaka, O., Sütçü, A., (2019). Mobilya Üretim Süreçlerinde Verimliliği Artırmaya Yönelik 5S Uygulamaları. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3(2): 87-101.

It is well known that Lean production also called Toyota production system is a manufacturing philosophy that is based on customer-focused process improvements. The main theme is to increase value to customers while reducing the number of resources consumed. In this study, it is aimed to increase the efficiency and effectiveness of furniture manufacturing processes by means of 5S technique that as a kind of lean tool. In this way, it is possible to improve chosen workflow with solving problems that reduce the efficiency of the process. In this sense, the present study deals with the implementation of 5S methodology in a large scale furniture plant operating in İzmir, Turkey. First, the plant environments were analyzed by photographing the after-before, cases of 5S applications performed in all manufacturing and assembly departments from accessory preparation to armchair-couch assembly line. Then, workstations that designed to adapt to the flexible production logic in the assembly lines and to easily adapt to variable workflows for different furniture parts have been analyzed. It has found that this approach could be provided significant time savings in line efficiency with reducing imperfections that caused by maintaining problems in-process inventory area. It is clear that elimination of non-value activities and job enrichment have been resulted approximately 38% an increase in efficiency at selected workstations of the garment department.

Keywords: Productivity, Process improvement, Lean Manufacturing, Forest Products Engineering

1. Giriş

Mobilya sektörü modern tasarım çalışmaları ve her geçen gün gelişen teknoloji nedeniyle yeni alternatifler ve pazar arayışı içerisinde (Yazıcı ve Karayılmazlar, 2001). Mevcut piyasa şartlarında üretim işletmeleri, ürün ve süreç tasarımından yönetim standartlarına kadar tüm sistemi iyileştirmeye zorlayan köklü değişikliklerle karşı karşıyadırlar. Yüksek esneklik, dinamik pazar talebi, artan kişiselleştirme, yüksek kaliteli ürünler, esnek, seri üretim ve kısa ürün ömrü, geleneksel üretim sistemlerinden yeni nesil üretim sistemlerine geçişi sağlayan ana faktörler arasındadır (Bortolini ve ark., 2018). Küresel pazarlarda yer edinebilmek ve hayatiyetini devam ettirebilmek isteyen işletmeler, verimlilik artırıcı teknikleri etkin ve yaygın olarak kullanırken çevre değerlerine uyumlu, pazara entegre olabilen ve rekabet koşullarını yaratabilme açısından insan odaklı bir yönetim anlayışını benimseyen yeni paradigmalarda çevresinde odaklanmaktadır. Bu kapsamda Yalın Düşünce-Toyota üretim sistemi, toplam kalite yönetimi ve 6 Sigma gibi insan odaklı yeni yaklaşımların gündeme gelmesiyle verimlilik, üretkenlik, etkinlik kavramları da daha geniş yelpazede karşılığını bulmaktadır.

Yalın üretim felsefesinin ana teması, mevcut iş süreçlerinde müşterilere israftan arınmış değerler sunmaktır. Üretim süreçlerinde katma değer yaratmayan çok sayıda faaliyet büyük oranda maliyete ve israfa neden olabilmektedir. Burada israftan kasıt sadece malzeme-hammaddenin israfı değil aynı zamanda emek, zaman ve bilgi gibi karşılığı ekonomik açıdan zorlukla ifade edilebilen değerlerin de israfıdır.

Yalın düşünce Japonca'sı *muda* olan israfı ortadan kaldırmak için 5 aşamalı bir süreçten bahseder. İlk olarak, *değer*'i tanımlar. Değer, belirli bir fiyat için belirli yeteneklere sahip belirli ürünler açısından müşteri tarafından tanımlanmalıdır. İkincisi, *değer akışı*'dir. Değer akışı, ürünü müşteriye ulaştırmak için gerekli olan: detaylı tasarım, mühendislik, üretim, sipariş alma, üretim çizelgeleme ve teslimat dahil tüm eylemleri içerir. Bu aşama, faaliyetleri; (1) değer katan, (2) değer katmayan ancak mevcut koşullarda kaçınılmaz olan ve (3) değer katmayan ve kaçınılabilecek olan şekilde üç kategoride tanımlar. Üçüncü kategorideki faaliyetler elimine edilmelidir. Sonraki aşama ise *sürekli akış*'in nasıl sağlanacağıdır. Burada geleneksel parti tipi üretimde köklü bir değişiklik yapılması gerektiği ifade edilmektedir. Böyle bir değişimin, ürün geliştirme süresini yarı yarıya, sipariş işleme süresini %75 ve fiziksel üretim zamanını %90 oranında azaltacağı iddia edilmektedir. Dördüncü aşama, müşterinin ürünü gerektiğinde çekme'sine izin vermektir. Beşinci aşama ise *mükemmeliyet* olarak tanımlanır (Womack ve Jones, 1997).

Bu kapsamda özellikle mobilya ve diğer orman ürünleri endüstrisi alt sektörlerinde temelde verimlilik-etkinlik ve etkililik odaklı bilimsel ve uygulamalı birçok çalışma günümüze kadar yapılmış ve halen yapılmaya da devam etmektedir. Örneğin; Tanrıtanır (1994), sürekli akış prensibini uygulamak üzere hücreli imalat sistemini uyguladığı bir mobilya fabrikasında makine gruplarından oluşan hücrelerde parça ailelerini imal ederek iş akışını basitleştirmiş, makineler arası taşıma mesafesinden ve fabrika alanından tasarruf sağlamayı amaçlamış ve taşıma

mesafelerinden %44,3 oranında, fabrika alanından ise %36 oranında tasarruf sağlamıştır. Yine benzer bir çalışmada; Sütçü vd. (2011), atölye yerleşimi ve bölümsel organizasyonu benzetim yöntemi ile bütünlük bir yapı içerisinde değerlendiren bir yol haritası ortaya koymuştur. Kurgulanan yöntem masif sandalye üretim tesisinde vaka çalışması olarak uygulanmış, karma hücreli düzenleme, müşteri-sipariş-ürün ve görev odaklı organizasyonel yapıların performans ölçütleri üzerinde etkisi araştırılmıştır. Özellikle kapasite kullanım oranı açısından yaklaşık %40'lık iyileşme sağlandığı bildirilmektedir. Hacıhasanoğlu (2014), kaizen maliyetleme yöntemini mobilya sektöründe uygulayarak üretim miktarında %29'luk bir artış sağlanmış, çalışma koşulları ve üretim maliyetleri ile ilgili önemli iyileştirmeler gerçekleştirmiştir.

Gören (2017), orman endüstri sektöründe faaliyet gösteren bir mobilya işletmesinde süreç verimliliğini artırmak için çalışmada yalın üretim araçlarından Değer Akış Haritalandırma tekniğini kullanmıştır. Değer Akış Haritalama metodunun tek ürün yerine tüm ürün gruplarında veya hatlarda uygulanarak, üretim sisteminin genel verimliliğini artırmaya yardımcı olacağını savunmuştur. Bununla beraber, Türkiye Orman Ürünleri sanayisinde de en fazla kullanılan yalın üretim aracı olarak 5S tekniği bildirilmektedir (Binici, 2017).

5S, Japonca'da baş harfleri S ile başlayan 5 kelimenin sistematik uygulamasını ifade eden bir kısaltmadır. İşyerlerinde verimliliğin artırılmasına yönelik, düzenin sağlanmasının, gereksiz malzeme stokunun engellenmesinin, düzgün ve kolay ulaşılır arşivleme yapılmasının, malzeme ve işgücü israfının azaltılmasının sağlanması amacıyla takip edilen bir dizi faaliyetler bütünüdür (Keleş vd., 2013). 5S'in uygulama sürecinde takip edilen faaliyetler aşağıda ki şekilde kısaca ifade edilebilir:

1.S Seiri (Ayıklama), proseste ihtiyaç ile ihtiyaç olmayan (gerekli-gereksiz) tüm varlıkların ayrılmasıdır. Malzemelerin tasnifi, kullanım sıklıklarına ve yerlerine bakılarak gerçekleştirilir (Gökçe, 2006).

2.S Seiton (Düzen), Çalışma alanındaki ekipmanların ve aletlerin düzgün şekilde düzenlenmesiyle ilgilidir. Ana hedef: malzemeleri ararken hem zaman hem de hata kaybından kaçınarak düzenli bir çalışma ortamı oluşturmaktır (Rojasra ve Qureshi, 2013).

3.S Seiso (Temizlik). Çöp, pislik ve yabancı maddeleri bertaraf ederek, her zaman teftişe hazırlanmış gibi çalışma sahasının temiz tutulmasının sağlanması ve sorumluluk tanımlamaların yapılmasıdır (Ahmetoğlu, 2007).

4.S Seiketsu (Standartlaştırma). İyileştirme amacıyla gerçekleştirilen faaliyetlerin sürekliliğinin sağlanması için standartlar oluşturulur. İlk üç adımda gerçekleştirilen uygulamaların bir kurum kültürü haline gelmesi amacıyla çalışanlara kurum içi eğitimler verilir (Çakan, 2017).

5.S Shitsuke (Disiplin), ilk dört adımı birbirine kenetleyen, süreçlerin tamamını kapsayan çalışmalar bütünüdür. Tüm süreçlerde gerekliliğin tedarik edilmesi haricinde çalışanların eğitimi, kurum bağlılığının oluşturulması, iyileştirmelerin duyurulması, kampanyalar yapılması ve ilgili grupların ödüllendirilmesi gibi adımları da kapsamaktadır.

Genel itibariyle 5S, gereksiz olan her şeyi uzaklaştırarak sadeleştirilmesini, çalışma alanının düzenlenmesini, malzeme ve diğer ekipmanlara ulaşmada yaşanan aksaklıkların minimize edilmesini sağlayan ve imalat süreçlerinin etkinliğini artıran bir tekniktir. Bu teknik, çalışma ortamının etkin biçimde organizasyonuna imkan sağladığından son yıllarda, özellikle kurumsal işletmelerde sıklıkla uygulanır hâle gelmiştir (Çelik vd. 2013).

Bu çalışmada da yöntem olarak "yalın üretim sistemine ait bazı tekniklerin kullanımı hedeflenmiştir. Ancak, uygulama çalışmasının yapıldığı işletmede yalın üretim sistemi bir bütün halinde uygulanmamakla birlikte 5S uygulamaları farklı imalat birimlerinde başarı ile uygulanmaktadır. Çalışmada, ilgili iş istasyonları ve örnek uygulamalar kısıtlı içerik dahilinde bulgular kısmında alt başlıklar hâlinde verilmiştir. Kapsamlı içeriğe SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde hazırlanan yüksek lisans tezinden ulaşılabilir (Karşıyaka, 2018).

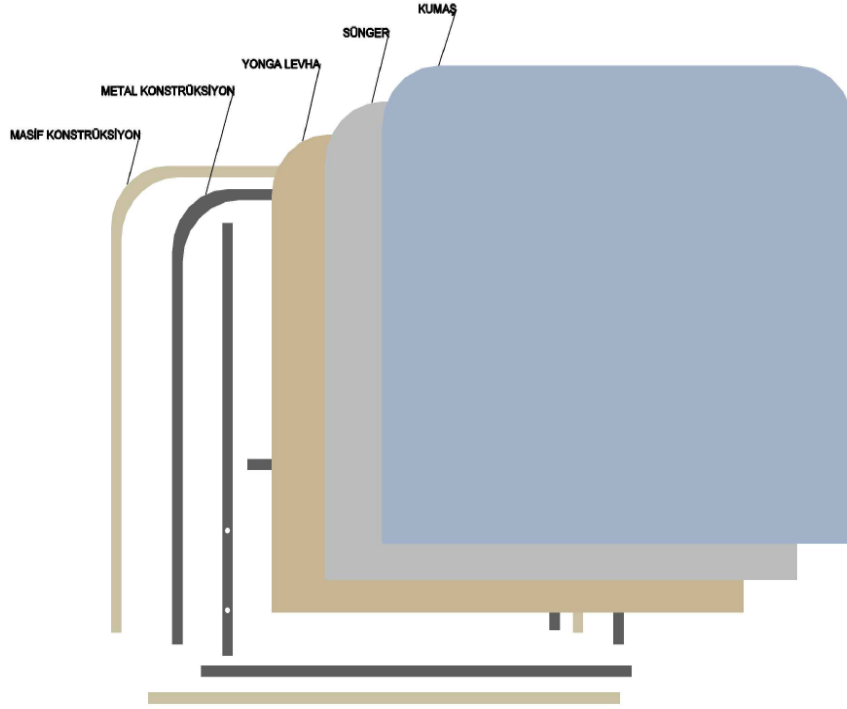
2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada materyal olarak İzmir'de faaliyet gösteren yatak, baza, başlık ve oturma grubu mobilyaları üreten bir mobilya üretim tesisinin baza-başlık üretim sürecine ait verileri kullanılmıştır. Firma, Dünya mobilya perakendecilerinin lider tedarikçilerinden biri ve

Türk mobilya endüstrisinde yüksek üretim kapasitesine sahip sayılı firmalardandır. 2017 rakamlarına göre yaklaşık 700 personel ile yıllık 10 milyon dolarlık ihracat hacmine ulaşmaktadır. Firma gelecek 5 yıl için 500 milyon TL yatırım planını belirlemiştir (Anonim, 2018). Firma, ürün çeşitliliğinin müşteri talepleri doğrultusunda eğilim gösterdiği siparişe göre üretimin öne çıktığı,

kesikli üretim sistemiyle parti tipi üretim yapmaktadır.

Çalışmada üretim sürecine ait farklı birçok model arasından mevsimsel dalgalanmalar gösteren ancak yüksek parti büyüklüklerinde üretilen bir ürün (baza başlığı-başlık) seçilmiştir. Ürünün teknik resmi Şekil 1 'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Üretim süreci analiz edilen ürün-başlık

Şekil 1' de gösterildiği gibi ürün, metal-masif konstrüksiyon üzerine sünger ve kumaş katmanlarından oluşmaktadır. Kullanılan tüm yarı mamul ihtiyaçları yurt içinden tedarik edilirken hammadde stok seviyeleri ve dinamik müşteri talepleri MRP planları ile takip edilmektedir. Dış sipariş temin süreleri yarı mamuller arası değişiklik göstermektedir. Bazı dönemlerde kumaş ve sünger gibi ürünlerde termin süreleri 35 güne kadar çıkabilmektedir. Bu durum yüksek hammadde stoğu ile çalışılmasını gerekli kılmaktadır.

Üretim planlama departmanı, ana üretim çizelgesini haftalık üretim planı şeklinde yapmaktadır. Planın sonlanmasıyla her bölüme haftalık üretim planı ve günlük iş emirleri (iş takip formları) gönderilmektedir. Mamul başlık üretimi

için metal, mobilya iskelet, sünger, modüler panel ve konfeksiyon bölümlerindeki gerçekleştirilen faaliyetler neticesinde döşeme montaj hattı ile mamul başlık üretimi sonuçlanır.

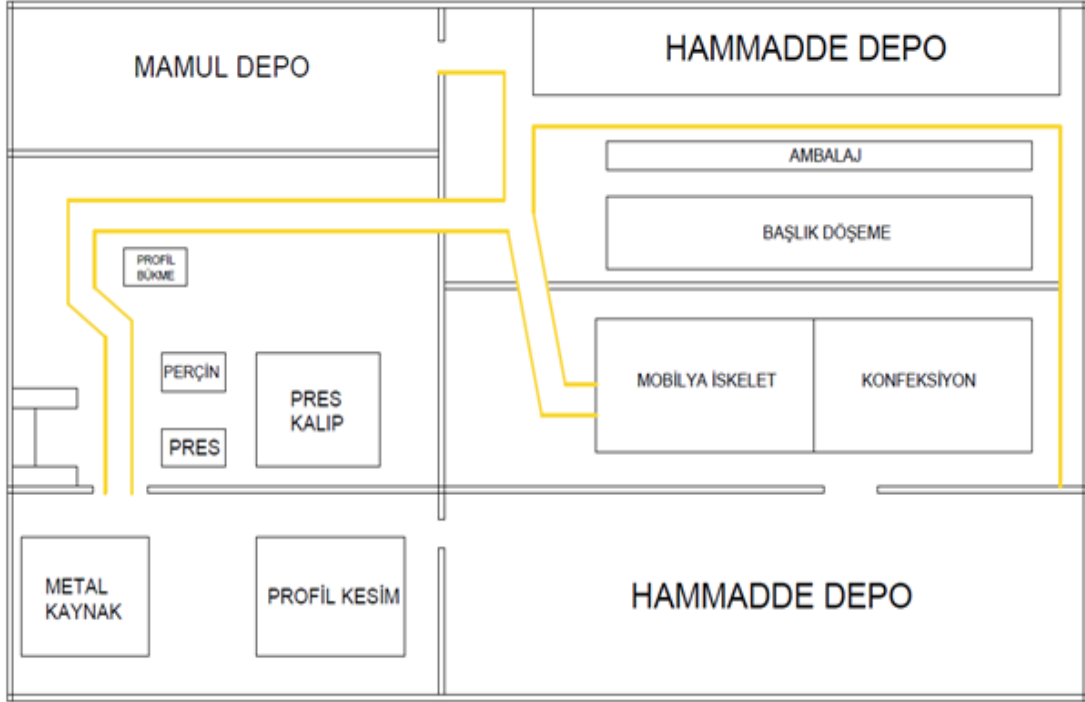
Üretim süreci dört aşamada ve ayrı imalat birimlerinde gerçekleşmektedir:

- Konfeksiyon (Kumaş kesim, dikim)
- Metal iskelet
- Mobilya iskelet (metal-masif konstrüksiyon montajı)
- Döşeme (Montaj hattı)

Başlıkla ilgili mevcut imalat atölyesi yerleşim düzeni Şekil 2'de verilmiştir. Konfeksiyon bölümünde, üretimi gerçekleştirilecek baza, başlık, koltuk takımı ve kanepelerde yapılması gereken tüm kumaş kesim, dikim ve türev işlemleri yapılır.

Metal iskelet bölümünde ise, mobilyaların metal konstrüksiyonunun oluşturulması için metal profil kesme, profil bükme, pres delik, perçin, kaynak ve boya işlemleri yapılmaktadır. Mobilya iskelet bölümünde başlık, baza, kanepeler, koltuk takımlarının ana iskelet (metal-masif konstrüksiyon veya masif konstrüksiyon) tamamlama işlemleri yapılmaktadır. Bu sürecin tamamlanması için, masif parçalar, yonga levha, lif levhaların kesimi, delinmesi gibi işlemler

gerçekleştirilir. Belirtilen işlemlerin tamamı, döşeme işlemi öncesi gerçekleşen yarı mamullerin imalatı statüsündeki süreçlerdir. Belirtilen işlemlerin tamamlanması sonucu döşeme (montaj) süreci başlar ve mamuller üretilir. İmalat süreci sonrasında sevkiyat süreci başlar.



Şekil 2. Mevcut imalat atölyesi yerleşim düzeni

Bu çalışma kapsamında, “başlık” ürünü için sevkiyat sürecine kadar tüm imalat süreci ele alınmıştır. Emek yoğun olarak gerçekleştirilen işlemlerin her biri farklı iş istasyonlarında farklı operatörlerle gerçekleştirilir. Firma mahremiyeti gereği firmaya ve üretim süreçlerine ait ayrıntılı bilgiler çalışma içeriğinde paylaşıldığı kadarıyla sınırlandırılmıştır.

2.2. Verimlilik Kavramı ve Verimliliği Artırmaya Yönelik Uygulamalar

Verimlilik çalışmalarının en temel amacı, en az girdi ile en yüksek faydayı elde etmeye çalışmaktır. Bu amaçla kıt kaynakların etkin kullanımını en yüksek seviyeye taşırken aynı zamanda maliyetleri en aza indirerek verimlilikte artış sağlanabilir.

Kıt kaynakların ön plana çıktığı “Gelişmekte olan ülkeler” de, özellikle de Türkiye’de finansal kaynakların yüksek maliyetli olduğu varsayıldığında, önceliğin kaynakların daha etkin kullanımına verilmesinin gerektiği anlaşılmaktadır. Kaynakların daha etkin kullanılması, aynı zamanda maliyetleri düşürerek dünya pazarlarında rekabet edebilme şansımızı da yükseltecektir (Top, 2002). Bu amaçla gerçekleştirilen faaliyetler sadece mikro ölçekteki işletmelerin kârlılıklarını artırmayacak bununla birlikte ülke gelirini, refahını ve işletmelerin uluslararası pazarlardaki rekabet edebilme gücünü de arttıracaktır.

Günümüzde verimlilik ile etkinlik kavramlarına aynı anlamlar yüklenerek kullanım yanlışlığı

yapılmaktadır. Çoban (2007)'a göre; verimlilik girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyle ilgilenirken, etkinlik çıktıların sonuçları ve bu sonuçlara neden olan etmenleriyle ilgilenmektedir. Yani verimlilik, üretim kaynaklarının ne derecede iyi kullanıldığını belirlerken etkinlik, hedeflerin hangi oranda gerçekleştiğini saptamaktadır. Etkililik ise, gerçekleşen faaliyetlerin sonucunda hedeflere ulaşma derecesinin performans boyutudur (Yüküçü ve Atağan, 2009).

Çalışma kapsamında yöntem olarak verimliliği artırmaya yönelik çabalardan literatürde ve uygulamada yoğun kullanım alanı bulan “yalın üretim sistemi”ne ait bazı tekniklerin kullanımı hedeflenmiştir. Ancak, işletmede yalın üretim sistemi bir bütün halinde uygulanmamakla birlikte yalın üretim sistemi araçları özellikle 5S uygulamaları farklı iş istasyonlarında uygulanmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3. Aksesuar hazırlama bölümünde uygulanan 5S faaliyetleri. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)

3.2. Konfeksiyon bölümünde gerçekleştirilen uygulamalar

Satış sonrası garanti süresi içerisinde müşteri talebi doğrultusunda üretimi yapılan yedek parçalar, ambalajlama işlemi sonucunda ara stok alanlarında düzensiz stoklanmakta ve ürünlerin barkodları kontrol edilip paletler üzerinde istiflenerek sevk

3. Bulgular

3.1. Aksesuar hazırlık bölümünde yapılan uygulamalar

Üretim hazırlık evrelerinden aksesuar hazırlık bölümünde yapılan işlemlerden biri ambalaj paketlerine montaj talimatlarının eklenmesidir. Montaj talimatlarının düzensiz karmaşık hâlde durması ve çeşit sayısının fazla olması nedeniyle, aranan talimata erişebilmek için önemli düzeyde zaman israfı oluşmaktadır. İlgili iş istasyonunda 5S faaliyetleri uygulanarak, montaj talimatlarının sınıflandırılabilceği özel raf AutoCAD programı üzerinde tasarlanmış ve firma imkânlarıyla 8 mm Melamin kaplı Yonga Levha (MYL) kullanılarak üretilmiştir. Raf yükseklikleri ve genişlikleri amaç doğrultusunda belirlenmiş, raf ön yüzlerine montaj talimatlarını tanımlayıcı etiketler eklenmiştir. Böylece 5S faaliyetlerinden tasnif, düzen, temizlik ve standartlaştırma aşamaları gerçekleştirilmiştir. Rafların iş istasyonundaki yerleşiminde personelin aradığı belgeye 30 saniyede ulaşabilme kuralını da gözeterek düzenleme yapılmıştır (Şekil 3).

edilmektedir. Bu uygulama hem zaman kaybına hem de paletin üzerinde istifin düzensiz olması nedeniyle ambalaj paketlerinin düşmesine ve taşıma esnasında kalite kayıplarına/hatalarına sebebiyet vermektedir. Bu problemlerin çözümü ve sistem verimliliğini artırmak amacıyla paketleme masasına uygun istif arabaları tasarlanmış böylece paketlenen ürünlerin

barkodları kontrol edilerek doğrudan arabada istiflenmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak, sevkiyat esnasında fark edilen kalite kayıpları/hataları minimize edilmiştir (Şekil 4).

Mevcut durumda, satış sonrası kumaş yedek parça istekleri ve üretim esnasında kaynaklanan süreç içi kumaş hatalarının kesimi yapılan parçalar, düzensiz ve iç içe karışmış hâlde stoklandığı için aranan parçaya ulaşmak çok zaman almakta ve katma değersiz işler yapılmaktadır. Çalışma

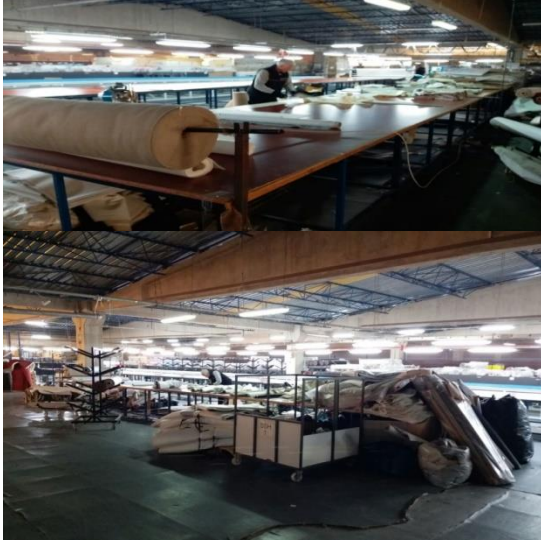
kapsamında ilgili iş istasyonunda 5S faaliyetleri gerçekleştirilmiş, kumaş parçalarının sınıflandırılabilceği özel raflar, AutoCAD programı üzerinde tasarlanarak ve firma imkânlarıyla 8mm MYL ve kare metal profil kullanılarak üretilmiştir (Şekil 5). Böylece, kesimi yapılan parçanın 30 saniye içinde kolaylıkla bulunabilmesi sağlanırken ilgili iş istasyonunda ortalama %38 ile önemli düzeyde verimlilik artışı elde edilebilmiştir



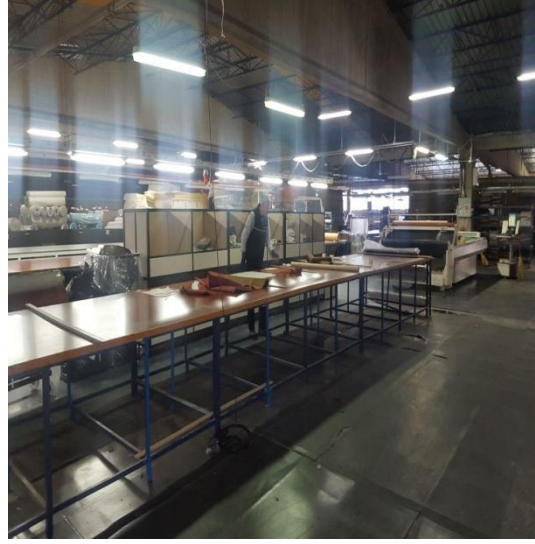
(a)

(b)

Şekil 4. Satış sonrası garanti süresi içerisinde üretilen kumaş yedek parçaların gönderimi faaliyetine ait 5S uygulaması. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)



(a)



(b)

Şekil 5. Konfeksiyon tamir bölümünde uygulanan 5S faaliyeti. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)

3.3. Mobilya iskelet bölümünde yapılan uygulamalar

Mobilya iskelet atölyesinde yapılan gözlemlere göre; tedarikçi firmadan temin edilen veya ilgili üretim hattında imalatı yapılan masif ürünler, ara stok alanının düzensizliği nedeniyle stoklanamazken, ürünlerin bir kısmı dış ortam koşullarında istiflenmektedir. Üretim planına göre, yüzey işlemi uygulanacak ürünler tek tek kalite kontrol işleminden geçirilmektedir. Bu esnada dış ortam şartlarının uygunsuzluğu nedeniyle kalıcı deformasyonlar olduğu tespit edilen ürünler ıskartaya ayrılmaktadır. Kusurlu ürünlerin artması hem üretim planını olumsuz etkilenmekte hem de deformasyonlar sonucu hammadde zayıf maliyetlerini artırmaktadır.

Yapılan incelemeler ve ilgili birimde çalışan personelle yapılan sorun analizi toplantıları sonucunda 5S faaliyetinin uygulanmasıyla yeterli stok alanının oluşturulabileceği kararı alınmıştır. Öncelikle üretim planından kaldırılan ürünlerle, üretimine devam edilen ürünler ayrılmıştır. Stok alanının yerleşim düzeni AutoCAD programı ile çizilmiş, ürünlerin stok devir hızlarına göre yerleşimdeki konumları planlanarak alanın düzenlenmesi yapılmıştır (Şekil 6). Denetlemeler sonucunda gözlemlenen yanlışlıkları, ilgili personellere anlatarak döngünün standartlaştırılması sağlanmıştır. Böylelikle hem stok alanından yer kazanımı sağlanmış hem de kalite kayıpları minimize edilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 6. Mobilya iskelet depo bölümünde uygulanan 5S faaliyeti. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)

3.4. Kanepeler üretim hattında yapılan uygulamalar

Mevcut durumda berjer koltuk üretim hattının düzensiz yerleşimi nedeniyle, kanepeler hattı üretim alanı kısıtlanmakta ve prosesdeki faaliyetlere engel

oluşturmaktadır. İken gerekli iyileştirmeler sonucunda berjer hattı taşınarak, kanepeler hattı üretim alanına yer kazanılmıştır (Şekil 7).



(a)



(b)

Şekil 7. Kanepeler üretim hattında uygulanan 5S faaliyeti. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)

Kanepeler üretim hattında yapılan ikinci uygulama, yarı mamullerin ara stok alanlarında daha düzenli stoklanmaları ve taşıma işlemlerinin daha kolay yapılabilmesi için gerçekleştirilen 5S faaliyetleri olmuştur. Bu kapsamda yarı mamullere uygun istif arabaları tasarlanmış, metal ve 8 mm MYL kullanılarak fabrika imkânları ile el arabası gibi

mobil üniteler imal edilmiştir. Böylece esnek üretim mantığına da uygun olarak farklı ürün tasarımları için değişken iş akışlarında kolaylıkla konum değişikliği yapılması mümkün olmuş, hat verimliliğinde önemli zaman kazancı sağlanmış ve yarı mamullerin ara stok alanlarında

muhafazasının zorluğu nedeniyle oluşan kalite kayıpları en alt düzeye düşürülmüştür (Şekil 8). Kanepe üretim hattında tela ara stok alanı için de benzer iyileştirmeler yapılmış, mobil ünitelerin

yerlerini sabitlemek için alan çizgileri ile sınırlılıkları belirlenmiştir (Şekil 9).



(a)



(b)

Şekil 8. Kanepe üretim hattındaki yarı mamuller için uygulanan 5S faaliyeti Öncesi durum (a), sonrası durum (b)



(a)



(b)

Şekil 9. Kanepe üretim hattındaki tela kullanımı için uygulanan 5S faaliyeti. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)

İlgili üretim hattının kırilent, sırt minderi, oturma minderleri vb. ürünlerin iç dolgu hazırlama bölümünde de yukarıda ifade edilen iyileştirme çalışmaları benzer şekilde uygulanmış, iş organizasyonunda da değişiklikler yapılarak

personel eğitimi faaliyetleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 10).

Mevcut durumda, iş akışına göre kumaş giydirme faaliyetleri tamamlanan ürünler, etiketlenerek

büyük poşetler içerisinde düzensiz halde depolanmaktadır. İmalat sırasında, büyük poşetlerin içinden istenilen ürünü bulmak ve oradan çıkartmak zaman alıcı olduğu gibi aynı zamanda ürünlerin kirlenmesine-zarar görmesine sebep olmaktadır. Yapılan düzenleme faaliyetleri sonrası dört tarafı çevrili kafes şeklinde ara stok havuzları oluşturulmuştur. Böylelikle istenilen

etiketli ürünlerin kolaylıkla bulunabilmesi ile hiç de azımsanmayacak düzeyde verimlilik artışı sağlanmıştır. Kırılent hazırlama bölümünde gerçekleştirilen uygulamalar kanepenin hazırlık bölümünde masif parçaların ara stok alanlarında da uygulanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 10. İç dolgu hazırlama bölümü için uygulanan 5S faaliyeti. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)

Haftalık üretim planına göre günlük ihtiyaç dağılımında, farklı ölçüdeki masif parçalar için katlanılan değersiz faaliyetler (taşımalar) ve malzemeyi bulabilmek için yaşanan zaman israfı ortadan kaldırılmıştır. Gerçekleştirilen ayıklama faaliyetleri ile kullanım sirkülasyonu az olan parçaları ve diğer ara stok malzemeleri sınıflandırılmış, gereksiz malzemeler belirlenerek hammadde depoya gönderilmiştir. Bunlarla

birlikte, günlük talep doğrultusunda iş planları ve iş emirleri oluşturulmuş, ara stok alanlarının gereksiz malzeme ile dolması engellenmiştir. Yine diğer birimlerde uygulanan mobil taşıma üniteleri ve alan belirtici çizgileri burada da uygulanmış, personel eğitimleri gerçekleştirilmiş, böylece önemli düzeyde verimlilik kazancı elde edilmiştir (Şekil 11).



(a)



(b)

Şekil 11. Kol iskelet hazırlama bölümü için uygulanan 5S faaliyeti. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)



(a)



(b)

Şekil 12. Grup döşeme montaj bölümü için uygulanan 5S faaliyeti. Öncesi durum (a), sonrası durum (b)

Grup döşeme hattında da önemli düzeyde iyileştirme yapılmıştır. Öncesi durumla ilgili iş istasyonunda, el aletlerinin yerlerinin düzensizliği ile yarı mamullerin zeminde ve dağınık bir şekilde durması nedeniyle çalışma alanlarında karmaşıklık ve kirlilik oluşmaktadır. Düzenleme faaliyetleri için öncelikle sık kullanılan yarı mamul ve el aletleri belirlenerek ayıklanmış, bunlar için çalışma alanına yakın ve düzenli depolanmalarını sağlayan ara stok alanları tasarlanmıştır. Bunlarla birlikte, gereksiz hareketleri ortadan kaldırmak ve iş basitleştirme faaliyetleri olarak tanımlayabileceğimiz şekilde ölçü ve astarların hızlı kesilebilmesi amacıyla rafa askı aparatı tasarlanmış ve uygulanmıştır. Döşeme işlemleri

esnasında oluşan artıkların kolaylıkla toplanması, muhafazası ve taşınabilmesi için özel oluşturulan artık toplama üniteleri işletmenin mevcut kaynaklarıyla imal edilmiş, yerleri belirlenerek montajı yapılmıştır. Çalışma alanı revize edilerek yeniden çizgileri çizilmiş, çalışma tezgâhlarının bakımları yapılmış, gün sonu çalışma alanı temizliğinin gerekliliği çalışanlara anlatılarak tertip ve düzenin sürekliliği sağlanmıştır (Şekil 12).

4. Sonuç ve Öneriler

Türkiye mobilya endüstrisi ulusal imalat sanayisi içerisinde dış ticaret fazlası veren ender sektörlerden biridir. Ulusal kalkınma için, bu özelliği ile birlikte, imalat sanayi içerisindeki faaliyet gösteren ülke sathına yayılmış 20.867 işletme ile dördüncü, oluşturduğu 165.118 kişilik istihdam ile yedinci sırada yer almaktadır (Sakarya ve Doğan, 2016). Mobilya Sektörü, bölgeler arası eşitsizliği gidermeye yönelik en önemli sektörlerden biri olması nedeniyle her geçen gün daha da önem kazanmaktadır.

Ancak küresel oyuncular özellikle Çin ve diğer Uzak Asya ülkelerinin tüm dünyada ve hatta ulusal ve yerel piyasalarda dahi tercih edilir olmaları, Türkiye mobilya endüstrisi açısından önemli bir tehdit unsuru olmaktadır. Millî ekonomik değerler açısından işletmelerin küresel rakiplerle rekabet edebilmeleri, rakiplerde var olan, özellikle hammadde ve işçilik maliyetlerindeki avantajlarına karşılık ancak verimlilik ve yüksek katma değerli üretimler yaparak mümkün olabilecektir.

Ulusal mobilya endüstrisinde, son 20 yıla kadar küçük atölyelerde kısıtlı üretim hacimlerinde sadece yöresel pazarlara yönelik yoğun insan gücü kullanılarak üretim yapılırken günümüzde ise daha yoğun bir teknoloji kullanan, markalaşmış, özgün tasarımlar üretebilen, uluslararası piyasalarda rekabet edebilen, kitlesel üretim yapma imkânlarına sahip hatlardan oluşan birçok tesis bulunmaktadır. Bu tesisler ile küresel piyasalarda rekabet avantajı elde edebilmek için, maliyetleri düşürürken verimliliği ve kaliteyi yükselten sürekli iyileştirme tekniklerinin kullanılması zorunlu hale gelmektedir.

Bu çalışma ile büyük ölçekli bir mobilya tesisinde verimliliği arttırmaya yönelik uygulamalar gerçekleştirilmiş, öncesi-sonrası durumlar fotoğraflanarak paylaşılmıştır. Bununla birlikte mobilya sektöründeki ürün çeşitliliğinin fazla olması, zaman kısıtlılığı ve maliyetler de önemli kısıtlardır. Bu kısıtlara rağmen çalışma kapsamında döşemeli üretim tesisi; metalhane, mobilya iskelet imalathanesi, süngerhane, konfeksiyon ve ürün döşeme süreçleri kapsamlı bir şekilde incelenmiş, verimlilik artırımına yönelik öneriler uygulamaya geçirilerek verimlilik artışı atölye ortamında doğrudan tecrübe edilmiştir.

Çalışmada verimliliği arttırmaya yönelik uygulanan yöntemlerden en önemlisi yalın üretim sistemi araçlarının etkin bir şekilde kullanılması olmuştur. Literatürde de belirtildiği gibi ülkemiz orman endüstri işletmeleri için yalın üretim uygulamaları henüz çok yeni bulunmaktadır (Binici, 2017). Yalın üretim sisteminin temel amacı üretimdeki tüm aşamalarda oluşabilecek israfların ortadan kaldırılmasıdır. Bu israflar, müşterinin karşılığını ödemek istemeyeceği katma değer üretmeyen tüm faaliyetlerdir. Ele alınan işletmede farklı iş istasyonlarında gerçekleştirilen 5S uygulamaları ile zaman, mekân-yer, personel ve teknoloji kullanımlarındaki israflar azaltılmış, süreç içi kalite hatalarını en aza indirerek önemli kazanımlar sağlanmıştır.

Yalın üretim sistemini bir bütün olarak ele alıp tüm teknikleri ve tedarikçilerle birlikte sistemi etkileyen tüm süreçleri kapsayan faaliyetlerini uygulayamıyor olmak, bu sisteme ait herhangi bir tekniğin de uygulanmamasını gerektirmez. Bu çalışma kapsamında sadece 5S tekniklerinin uygulanması ile konfeksiyon bölümünde ortalama %38 verimlilik artışı elde edilmiştir. Diğer yalın üretim araçları da kullanılarak daha iyiye ulaşmak mümkündür.

Literatürde bu içerikte benzer birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak üretim ortamlarının kendine has özellikler taşıması her bir işletmenin özelinde farklı uygulamaların ortaya çıkmasına sebep olmakta, bu da çalışmanın orijinalliğini oluşturmaktadır. Bu çalışma ile verimliliğin artırılması ve rekabetin öncelik edinebilmesi adına gerçekleştirilen uygulamalar, örnek teşkil etmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Çalışmada örneklendirilen verimliliği arttırmaya yönelik faaliyetler, ülkemiz mobilya endüstrisinde doğrudan ve benzer diğer sektörlerde adaptasyon yöntemiyle uygulanarak önemli kazanımlar elde edilebilecektir.

Kurumsallaşma faaliyetlerine devam eden işletmede gerçekleştirilen bu iyileştirmeler, bütünü görebilen eğitilmiş kalifiye personeller vasıtasıyla olabilmektedir. Ancak incelenen işletme ve sektördeki birçok firmada yapılan gözlemler neticesinde denilebilir ki, mobilya sektörü makine ve imalat teknolojilerinde son teknolojiyi önemli mali yatırımları da göze alarak takip ederken, yöntem geliştirme, verimlilik artımı, personel eğitimi, nitelikli beyaz yaka personel istihdamı gibi kurumsallaşma ile birlikte düşünülen diğer fonksiyonlar için pek de hevesli görünmemektedir.

Bundan dolayı da yapılan çalışmalar genellikle bireysel müdahaleler ve iyileştirmeler olarak kalmakta, kurum kültürü oluşturulamamaktadır. Aynı zamanda işletmelerin tüm üretim süreçlerinde nitelikli ve gerekli yetkinliğe sahip eğitilmiş personele ihtiyaç vardır. Bu kapsamda orman endüstri mühendisleri ile birlikte, endüstri mühendisleri, ağaç işleri endüstri mühendisleri, makine mühendisleri, iç mimarlar, endüstriyel ürün tasarımcıları ve pazarlama-satış uzmanları gibi beşeri sermayenin de istihdamı verimlilik artışına ve dolayısıyla küresel pazarlarda sektörel rekabet avantajına önemli katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Ahmetoğlu, F., (2007). Değer Akış Haritalandırma ve Geleneksel Kanban Sisteminin Kurulması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 174s, İstanbul.
- Anonim, (2018). 200 Mağazayla Büyüme Hedefliyor. Hürriyet Gazetesi, Ekonomi sayfası, www.hurriyet.com.tr/ekonomi/200-magazayla-buyume-hedefliyor-40898606 (Erişim tarihi: 01.09.2018)
- Binici, S., (2017). Ahşap Sektöründe Yalın Üretim Tekniklerinin Etkinliğinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 115s., Isparta.
- Bortolinia M., Galizia F.G., Mora C., (2018). Reconfigurable manufacturing systems: Literature review and research trend, Journal of Manufacturing Systems 49 (2018): 93–106
- Çakan, O., (2017). Kalite Yönetiminde 5s Uygulaması, <http://labakademi.com/kalite-yonetiminde-5s-uygulamasi> (Erişim tarihi:18.03.2018).
- Çelik, G.T., Gürsoy, G., Keleş, A. E., (2013). 5S Sistematiği Aşamaları ve Bir Uygulama. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28 (2):51-60
- Çoban, O., (2007). Türk Otomotiv Sanayiinde Endüstriyel Verimlilik ve Etkinlik. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 29: 17-36.
- Gökçe, K., (2006). Mevcut Üretim Sürecinin Yalın Üretim Yaklaşımıyla Yeniden Yapılandırılması ve Bir Uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94s, İzmir.
- Gören, H. G., (2017). Value Stream Mapping and Simulation for Lean Manufacturing: A Case Study. In Furniture Industry. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23 (4):462-469.
- Hacıhasanoğlu, T., (2014). Üretim Maliyetlerinin Düşürülmesinde Kazien Maliyetleme Yöntemi ve Mobilya Sektöründe Bir Uygulama. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10:47-63.
- Karşıyaka O., (2018). Bir mobilya fabrikasının verimliliğini artırmaya yönelik uygulamalar: Üretim sisteminin yeniden organizasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s., Isparta
- Keleş A.E., Gürsoy G., Çelik G.T., (2013). 5S Sistematiği Aşamaları ve Örnek Bir Uygulama. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(2): 51-60
- Rojasra, P.M., Qureshi, M.N., (2013). Performance Improvement Through 5S In Small Scale Industry: A Case Study. International Journal of Modern Engineering Research, 3:1654-1660
- Sakarya S., Doğan Ö., (2016). Mobilya sektör raporu / 2016. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği www.turkishfurniture.org (Erişim Tarihi: 11.06.2019)
- Sutcu, A., Tanrıtanır, E., Durmusoglu, B., Koruca, H.I., (2011). An Integrated Methodology for Layout Design and Work Organisation in a Furniture Manufacturing Plant. South African Journal of Industrial Engineering, 22(1):183-197
- Tanrıtanır E., (1994). Hücresel İmalat Sistemi ve Bir Mobilya Fabrikasında Bilgisayar Destekli Uygulaması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 44:80-92.
- Top, A., (2002). Verimlilik ve Üretkenlik Üzerine Düşünceler. Öneri, 5(17): 31- 34.
- Womack J.P., Jones D.T., (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation, Journal of the Operational Research Society, 48(11): 1148-1148,

Yazıcı, H., Karayılmazlar, S., (2001). Türkiye Ahşap Mobilya Sektörü ve Ekonomik Gelişimi. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi 3(3):3-17.

Yükçü, S., Atağan, G., (2009). Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23(4):1-13

Received: 25.06.2019

Accepted: 12.09.2019

DOI: 10.30516/bilgesci.582054

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3(2), 102-107, 2019

Study of Stability and Drug-Excipient Compatibility of Estriol

Hale Seçilmiş Canbay^{1*}, Mümin Polat², Mahmut Doğantürk³

Abstract: Estriol, is a major urinary estrogen hormone. Differential scanning calorimetry (DSC) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) were used to assess the compatibility between estriol and drug excipients (1:1; w/w). In this study, thermodynamic and spectroscopic data obtained from pure estriol and mixtures of pure estriol with pharmaceutical excipients were compared. Preliminary studies using thermal and spectroscopic technique implied the compatibility of mannitol, calcium phosphate dibasic, sucrose, butylated hydroxyanisole, cellulose, lactose, magnesium stearate, talc and sodium carboxymethyl cellulose with the drug estriol. As a result of the experimental study, there is incompatibility of estriol-mannitol, estriol-sucrose, estriol-lactose and estriol-magnesium stearate.

Keywords: Estriol, Stability Compatibility, DSC, FTIR

1. Introduction

Estrogens are natural endogenous hormones with various physiological effects. Estriol (E3; **1,3,5(10)-Estratriene-3,16 α ,17 β -triol**) is the main estrogen in pregnancy. However, it attracted less attention except pregnancy. Estriol appears to have both estrogenic, antagonistic and agonistic effects. It is mainly secreted by the placenta (Falah et al., 2015). The chemical structure of estradiol is given in Figure 1. Investigation of drug-excipient compatibility is an important step in pre-formulation studies during drug development. Indeed, interactions between potential physical and chemical drugs and excipients increase the chemical structure, stability and bioavailability of the drug. This may affect the efficacy of the drug (Oliveira et al., 2010, Soares et al., 2011, Soares-Sobrinho et al., 2010, Tita et al., 2011, Verma et al., 2005, Viana et al., 2008).

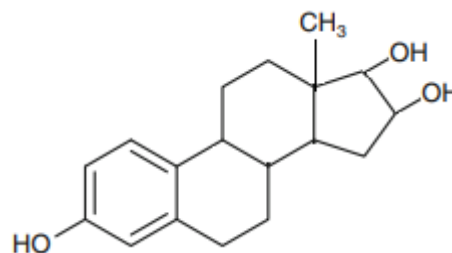


Figure 1. The chemical structure of estriol

There are two types of chemical incompatibilities in the literature. First, excipient-induced structural degradation of the drug, such as oxidation or hydrolysis; the second is a covalent reaction between the drug and the excipient (Brown et al., 1998, Pyramides et al. 1995, Giordano et al. 1988, Bruni et al. 2002, Mura et al. 1995, Cunha-Filho et al. 2002).

Differential scanning calorimetry (DSC) is widely used to evaluate the physical properties of drugs, including melting and evaporation temperatures, to

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Bioengineering, Istiklal Campus, Burdur, Turkey

²Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Health Science, Department of Emergency and Disaster Management, Istiklal Campus, Burdur, Turkey ³Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, 32260, Isparta, Türkiye

³Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Research and Practice Center, Istiklal Campus, Burdur, Turkey

*Corresponding author: cihanozgur@sdu.edu.tr

Citation (Atıf): Canbay Seçilmiş, H., Polat, M., Özgür, C., Doğantürk, M., (2019). Study of Stability and Drug-Excipient Compatibility of Estriol. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3 (2): 102-107.

determine glass transition temperatures and to examine stability. DSC is a technique that allows rapid assessment of possible discrepancies by revealing changes in the corresponding reaction enthalpies in appearance, shifting or disappearance of melting or other exothermic processes (Brown et al., 1998, Pyramides et al. 1995, Giordano et al. 1988, Bruni et al. 2002, Mura et al. 1995, Cunha-Filho et al. 2002, Wesolowski et al. 1992, Joshi et al. 2002, Monajjemzadeh et al 2009).

FTIR is another effective analytical technique used in the assessment of compatibility based on the same functional group change during the interaction between the drug and the drug excipients (Joshi et al. 2002, Monajjemzadeh et al 2009). The location and structure of the functional groups in the spectra of pure drug and drug-excipient mixtures are compared. If there is band shift and widening in the spectra, there is an interaction between active drug and excipients (Swathi et al. 2017).

In the present study, the possible interactions between estriol and excipients (mannitol, calcium phosphate dibasic, sucrose, butylated hydroxyanisole, cellulose, lactose, magnesium stearate, talk and sodium carboxymethyl cellulose) have been evaluated. For this purpose, DSC and FTIR measurements were carried out on each of the components, both in the pure form, in some of the corresponding solid binary mixtures estriol/excipient.

2. Material and Method

2.1. Chemicals and reagents

Estriol was purchased from Sigma Aldrich. Mannitol (M, Merck), calcium phosphate dibasic (CP, Sigma), sucrose (S, Merck), butylated hydroxyanisole (BHA, Sigma Aldrich), cellulose (C, Aldrich), lactose (L, Sigma Aldrich), magnesium stearate (MS, Sigma Aldrich), talc (T, Sigma Aldrich), and sodium carboxymethyl cellulose (SCC, Aldrich) were used for the excipients.

2.2. Methods

A differential scanning calorimeter (DSC, Perkin Elmer DSC 4000, Waltham, MA, USA) was used for the thermal analysis of the drug and mixtures of the drug and the excipients in a 1:1 w/w ratio. Individual samples of the drug and the selected

excipients were weighed to approximately 10 mg in a DSC aluminum pan and scanned in the temperature range of -20–400°C under an atmosphere of nitrogen. The heating rate was 10°C min⁻¹, and the obtained curves were observed for any type of interaction. Enthalpy calculations were completed using Pyris software (Monajjemzadeh et al 2009, Swathi et al. 2017, Bozdağ-Pehlivan et al. 2011, Wakasawa et al 2008, Pani et al. 2011).

FT-IR spectroscopy using KBr-pressed disk technique was conducted on a Frontier spectrometer (Perkin Elmer Frontier spectrometer, Waltham, MA, USA). 10 mg of drug and drug-excipient mixture samples and 100 mg of potassium bromide were weighted, ground in an agate mortar, and pressed for 10 minutes at approximately 10 tones/cm² to form a semitransparent pellet which lets light to be transmitted to the detector (Monajjemzadeh et al 2009, Bozdağ-Pehlivan et al. 2011, Pani et al. 2011).

3. Results and Discussion

3.1. Differential Scanning Calorimetry

The compatibility of Estriol with the different excipient used M, CP, S, BHA, C, L, MS, T, and SCC were studied using DSC. DSC curve showed an endothermic peak at 288.97°C for Estriol corresponding to the melting temperature point. Similar melting endotherm peak was observed for the other active drug–excipient physical mixtures (287.19°C to 285.29°C for Estriol-CP, Estriol-BHA, Estriol-C, Estriol-T, and Estriol-SCC (Table 1). The low impurities of each component in the mixture caused a slight change in the melting endothermic peak of estriol (287.19°C to 285.29°C) (Table 1).

Table 1. Peak temperature values of estriol-excipient physical mixtures

Sample	Drug-excipient ratio	T _{peak} (°C)
Estriol	-	288.97
Estriol-M	1:1	170.96
Estriol-CP	1:1	285.36
Estriol-S	1:1	192.94
Estriol-BHA	1:1	285.29
Estriol-C	1:1	287.19
Estriol-L	1:1	215.21
Estriol-MS	1:1	277.93
Estriol-T	1:1	286.83
Estriol-SCC	1:1	285.67

This result confirms that there is no interaction between the Estriol and CP, BHA, C, T, and SCC, The endotherm of Estriol-M at 170.96°C; Estriol-S at 192.94°C; Estriol-L at 215.21°C and Estriol-MS at 277.93°C. This is indicative of a possible drug-excipient interaction.

3.2. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

In the second stage of the study, the compatibility between estriol and the excipients used was examined using FTIR spectroscopy. In the FTIR spectroscopy technique, significant changes in the shape and position of the absorbance bands are analyzed. The FTIR spectrum of pure estriol is shown in Figure 2.

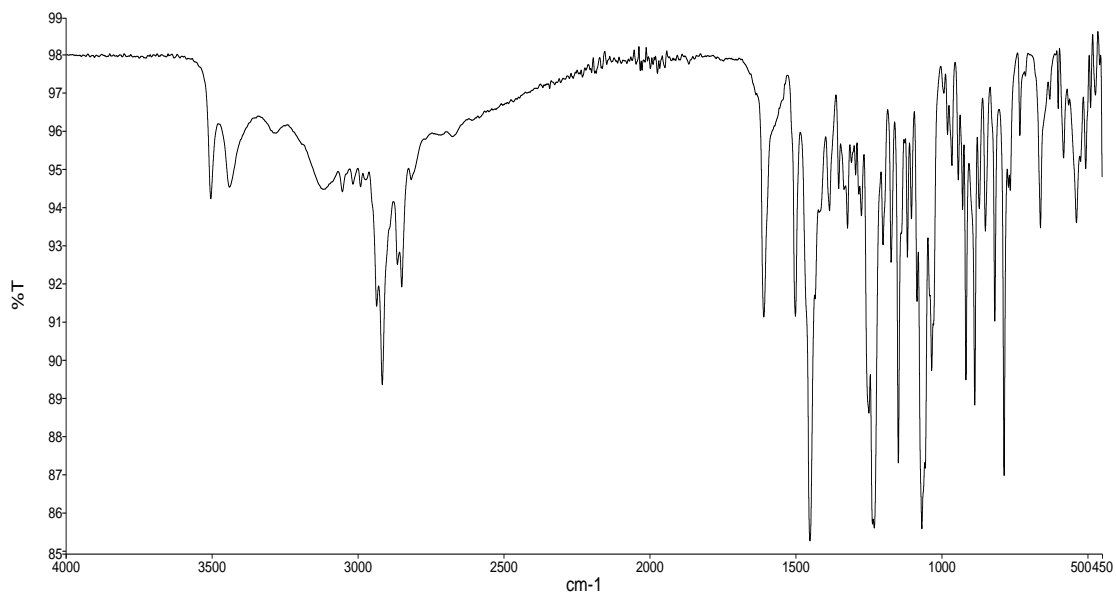


Figure 2. Infrared spectrum of estriol in KBr
The description of the peaks is given in Table 2.

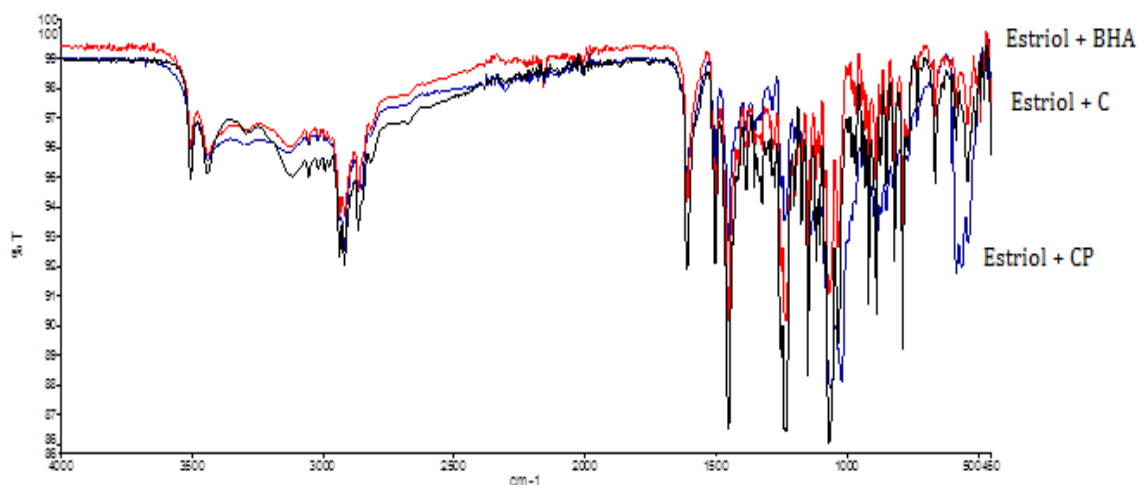
Table 2. The FTIR description of estriol

Group	Wavenumber (cm ⁻¹)
Symmetric and asymmetric CH ₂ peak	3505 nm and 3440 (Fioravanti et al. 2016)
C–H stretching	3000–3100 (Minaeva et al, 2008)
Stretching C-H vibrations in CH ₃ , CH ₂ and CH groups	2936-2818 (Minaeva et al, 2008)
Skeletal vibrations of the aromatic C–C bonds	1609-1501 (Minaeva et al, 2008)
Polar C–O bond in phenols	1231-1148 (Minaeva et al, 2008)
C–O stretching vibrations of secondary alcohols	1125–1030 (Minaeva et al, 2008)

In our study, FTIR spectroscopy was used as the second technique to see the interaction between

estriol and excipients. It analyzes significant changes in the shape and position of the absorbance bands to show the assumption of different functional groups of present and subsequent molecules.

FTIR spectrum of of the active drug-excipient physical mixture, for estriol-CP, estriol-BHA, estriol-C, estriol-T, and estriol-SCC retained all the characteristic peaks of estriol (Figure 3).

**Figure 3.** FTIR spectrum of estriol+BHA, estriol+C and estriol+CP in KBr

It can be seen that in the FTIR spectrum of the estriol and M, S, C, L, and MS binary active drug-excipient mix, the estriol characteristic peaks either have decreased their intensity along with shifting

to varied wavenumbers or have disappeared (Figure 4).

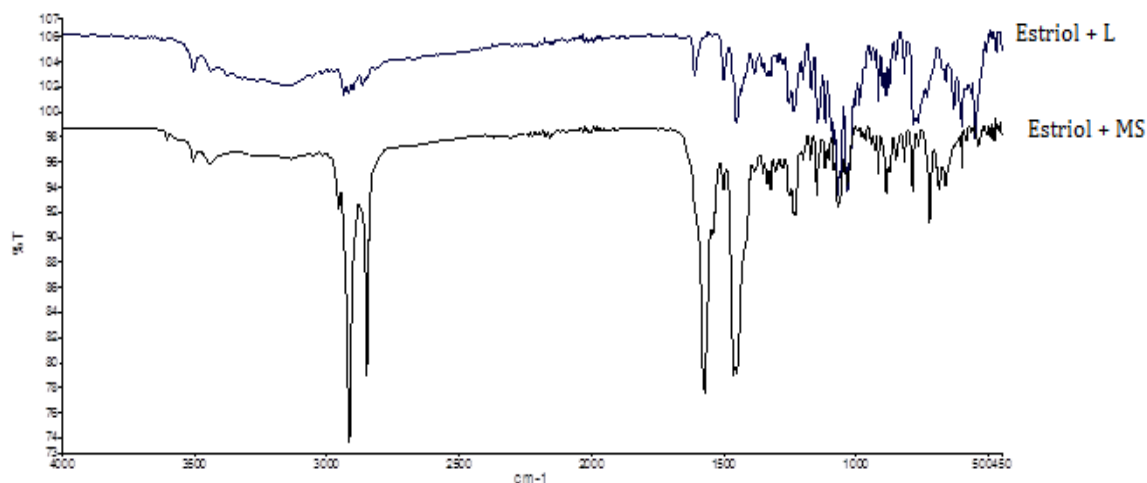


Figure 4. FTIR of estriol+L, and estriol + MS in KBr

4. Conclusion

In our study, estriol-excipient compatibility studies were performed using different thermal and spectroscopic methods. The most commonly used techniques in such studies are DSC and FTIR. These two techniques provide useful information about drug-excipient compatibility. The results of DSC and FTIR studies were suspected to be an interaction between estriol and M, S, C, L, and MS.

Kaynaklar

Bozdağ-Pehlivan, S., Subaşı, B., Vural, I., Ünlü, N., Capan, Y. 2011. Evaluation of drug-excipient interaction in the formulation of celecoxib tablets. *Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research*, 68(3), 423-33. Retrieved from http://www.ptfarm.pl/pub/File/Acta_Poloniae/2011/3/423.pdf.

Brown, M.E., Antunes, E.M., Glass, B.D., Lebet, M., Walker, R.B. 1999. DSC Screening of potential prochlorperazine-excipient interactions in preformulation studies. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 56, 1317–1322.

Bruni, G., Amici, L., Berbenni, V., Marini, A., Orlandi, A. 2002. Drug-Excipient Compatibility Studies. Search of interaction indicators. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 68, 561–573.

Cunha-Filho M.S.S., Martínez-Pacheco, R., Landin, M. 2007. Compatibility of the antitumoral b-lapachone with different

solid dosage from excipients. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 45, 590–598. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2007.08.016>.

Falah, N., Torday, J., Quinney, S.K., Haas, D.M. 2015. Estriol review: Clinical applications and potential biomedical importance. *Clinical Research and Trials*, 1(2), 29-33. <https://doi.org/10.15761/CRT.1000109>.

Fioravanti, V., Brandhoff, L., van den Driesche, S., Breiteneder, H., Kitzwögerer, M., Hafner, C., Vellekoop, M.J. 2016. An Infrared absorbance sensor for the detection of melanoma in skin biopsies. *Sensors* 16 (1659), 1-12. <https://doi.org/10.3390/s16101659>.

Giordano, F., Bettinelli, G.P. 1988. An experimental and theoretical approach to the analysis of pharmaceutical binary systems. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 6, 951–955. [https://doi.org/10.1016/0731-7085\(88\)80115-8](https://doi.org/10.1016/0731-7085(88)80115-8).

Joshi, B.V., Patil, V.B., Pokharkar, VB. 2002. Compatibility studies between carbamazepine and tablet excipients using thermal and nonthermal methods. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 28, 687–694. <https://doi.org/10.1081/DDC-120003860>.

Minaeva, V.A., Minaev, B.F., Hovorun, D.M. 2008. Vibrational spectra of the steroid hormones, estradiol and estriol, calculated by density functional theory. The role of

- low-frequency vibrations. *Ukrains'kyi Biokhimichnyi Zhurnal*, 80(4), 82-95.
- Monajjemzadeh, F., Hassanzadeh, D., Valizadeh, H., Siah-Shadbad, M.R., Mojarrad, J.S., Robertson, T.A., Roberts, MS. 2009. Compatibility studies of acyclovir and lactose in physical mixtures and commercial tablets. *The European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutic*, 73, 404-413. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2009.06.012>.
- Mura, P., Manderioli, A., Bramanti, G., Furlanetto, S., Pinzauti, S. 1995. Utilization of differential scanning calorimetry as a screening technique to determine the compatibility of ketoprofen with excipients. *International Journal of Pharmaceutics*, 119, 71-79. [https://doi.org/10.1016/0378-5173\(94\)00374-E](https://doi.org/10.1016/0378-5173(94)00374-E).
- Oliveira, P.R., Stulzer, H.K., Bernardi, L.S., Borgmann, S.H.M, Cardoso, S.G., Silva, M.A.S. 2010. Sibutramine hydrochloride monohydrate thermal behavior, decomposition kinetics and compatibility studies. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 100, 277-282. <https://doi.org/10.1007/s10973-009-0200-7>.
- Pani, N.R., Nath, L.K., Acharya, S. 2011. Compatibility studies of nateglinide with excipients in immediate release tablets. *Acta Pharmaceutica*, 61, 237-247. <https://doi.org/10.2478/v10007-011-0016-4>.
- Pyramides, G., Robinson, J.W., Zito, S.W. The combined use of DSC and TGA for the thermal analysis of atenolol tablets. 1995. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 13, 103-110. [https://doi.org/10.1016/0731-7085\(94\)00112-F](https://doi.org/10.1016/0731-7085(94)00112-F).
- Soares, M.F.R., Soares-Sobrinho, J.L., Silva, K.E.R, Alves, L.D.S, Lopes, P.Q., Correia, L.P., Souza, F.S., Macedo, R.O., Rolim-Neto, P.J. 2011. Thermal characterization of antimicrobial drug ornidazole and its compatibility in a solid pharmaceutical product. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 104, 307-313. <https://doi.org/10.1007/s10973-010-1185-y>.
- Soares-Sobrinho, J.L., Soares, M.F.R., Lopes, P.Q., Correia, L.P., Souza, F.S., Macedo, R.O., Rolim-Neto, P.J.A. 2010. Preformulation study of a new medicine for chagas treatment: physico-chemical characterization, thermal stability and compatibility of benznidazole. *The American Association of Pharmaceutical Scientists*, 11(3), 1391-1396. <https://doi.org/10.1208/s12249-010-9495-8>.
- Swathi, R., Sunitha Reddy, M. 2017. UV-Visible spectrometric method and validation, compatibility studies of nevirapine cubosome formulation. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(01), 111-1121.
- Tita, B., Fuias, A., Bandur, G., Marian, E., Tita, D. 2011. Compatibility study between ketoprofen and pharmaceutical excipients used in solid dosage forms. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 56, 221-227. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.05.017>.
- Verma, R.K., Garg, S. 2005. Selection of excipients for extended release formulations of glipizide through drug-excipient compatibility testing. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 38, 633-644. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2005.02.026>.
- Viana, O.S., Araujo, A.A.S., Simoes, R.A., Matos, C.R.S, GrangeiroJúnior, S., Lima, C.M., Rolim-Neto P.J. 2008. Kinetic analysis of the thermal decomposition of efavirenz and compatibility studies with selected excipients. *Latin American Journal of Pharmacy*, 27(2), 211-216.
- Wakasawa, T., Sano, K., Hirakura, Y., Toyooka, T., Kitamura, S. 2008. Solid-state compatibility studies using a high-throughput and automated forced degradation system. *International Journal of Pharmaceutics*, 355, 164-173. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2007.12.002>.
- Wesolowski, M. 1992. Analysis of drug formulations by thermal decomposition. *Thermochimica Acta* 209, 223-251. [https://doi.org/10.1016/0040-6031\(92\)80201-7](https://doi.org/10.1016/0040-6031(92)80201-7).

Received: 02.04.2019

Accepted: 23.07.2019

DOI: 10.30516/ bilgesci.548241

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3(2), 108-113, 2019

Buzdolabı Gövde İç Plastiklerinin Üretim Prosesinde Model Değişimini Kolaylaştıran Döner Mekanizma Geliştirilmesi

Abdurrahim Arslan¹, Şenol Erkul¹, Yunus Özkan¹, Alaattin Kaçal^{2*}

Özet: Bu çalışmada; trim yapılacak farklı gövdelerin modellerine göre operatör müdahalesi olmadan tam otomatik şekilde değişmesine imkân sağlayan mekanizmanın modellenmesi ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın tamamlanmasıyla zaman kaybı yaşanmadan ve operatör müdahalesi olmadan değişime imkân sağlanmıştır. Hata ve zaman kaybı ortadan kaldırılmıştır. Otomasyonlu sistemle programlanan modele uygun dişi plaka ve erkek zımbaların operatör müdahalesi olmaksızın değişmesi, yanlış model dişi erkek eşleşmelerini ortadan kaldırmaktadır. Birim sürede işlenen gövde iç plastiği adedinin sayısı ve kalitesi artırılmıştır. Proses sırasında kalıp değişimi işlemi için gerekli olan personelin iş sağlığı ve güvenliğinin tehdit edecek dezavantajlı durumu en düşük seviyeye indirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buzdolabı iç gövdesi, boşaltma işlemi, döner mekanizma

Improving The Rotating Mechanism Facilitating The Model Change In The Production Process Of The Refrigerator Body Plastics

Abstract: In this study; the mechanism is modeled and manufactured to allow different bodies to be trimmed in a fully automatic manner without operator intervention according to the models. With the completion of the study, it was possible to change without any loss of time and without operator intervention. Errors and time loss are eliminated. Modified stripper plate and punches according to the model programmed with the automated system, without operator intervention, the wrong model eliminates female male matches. The number and quality of the number of internal plastic body machined in the unit period has been increased. The disadvantageous situation that threatens the health and safety of the personnel required for the mold change process during the process has been minimized.

Keywords: Refrigerator cabinet, trim process, rotary mechanism

1. Giriş

Günümüzde beyaz ve kahverengi eşyalar her evin vazgeçilmezleri kullanım araçları arasındadır. Bu ürünler, müşteri beklentileri ve rekabet koşulları dikkate alınarak ulusal ve/veya küresel ölçekte üretim yapabilen çok sayı da firma tarafından “beyaz eşya sektörü” başlığı altında sunulmaktadır. Ülkemiz beyaz eşya sektörü;

yüksek katma değeri, güçlü ihracat hacmi, rekabet gücü ve önemli markalarıyla ekonominin önemli sektörlerindedir. Ülkemizin de önemli bir aktör olarak kabul edildiği bu sektörde Çin küresel ihracatın lideri konumundadır. Türkiye bu sıralamada Almanya ve Polonya'nın ardından dördüncü sırada yer almaktadır. Ülkemiz ihracat 2017 yılında şekil 1'den de anlaşılacağı üzere yaklaşık olarak 2.8 milyar ABD doları civarında

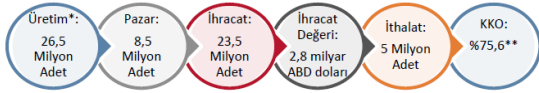
¹Dizayn Optimum Mühendislik, Manisa, Türkiye

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, 43500, Simav, Kütahya, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): alaattin.kacal@dpu.edu.tr

Citation (Atf): Arslan, A., Erkul, Ş., Özkan, Y., Kaçal, A. (2019). Buzdolabı Gövde İç Plastiklerinin Üretim Prosesinde Model Değişimini Kolaylaştıran Döner Mekanizma Geliştirilmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 108-113.

olmuştur (TSKB, 2018). 2019 yılı ocak ayı rakamlarına göre toplam üretim miktarında 2018 yılına göre % 14 oranında bir gerileme görülmüştür (URKBESD, 2019). Küresel ve ülke ekonomik şartları temelli bir azalma olarak değerlendirilmektedir. Beyaz eşya sektörü rekabetçi konumunu koruyabilmek için Ar-Ge yatırımlarını arttırmak ve bu alandaki yeteneklerini geliştirmek eğilimindedir. Ülkemizde bu sektör yaklaşık 60000 kişilik doğrudan istihdam sağlamaktadır.



Şekil 1. Türkiye beyaz eşya sektörünün genel görünümü (TSKB, 2018).

Beyaz eşya sanayii istatistikleri daha önce temel beyaz eşya ürünleri ve küçük ev aletleri olarak iki değişik sınıf içinde takip edilirken, 1997 yılından itibaren yeni bir faaliyet sınıflaması olan ISIC-Rev3.de, dördüncü ayrıntı düzeyinde, 2930 sınıfı kapsamı içinde izlenmektedir (Demir, 2001). Ülkemizde faaliyet gösteren beyaz eşya üreticilerinin 2016 yılı ISO ilk 500 listesindeki konumları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. ISO 500 listesindeki beyaz eşya firmaları (TSKB, 2018).

Sıra	Firma Adı		Menşei	Net satışları (milyon TL)	
	2015	2016		2015	2016
3	5	Arçelik	Türkiye	11 691	13209
18	16	BSH	Almanya	5077	5966
26	24	Vestel	Türkiye	2943	5826
129	96	Indesit	İtalya-ABD	846	1100
366	376	Kumtel	Türkiye	356	357
454	427	Sersim	Türkiye	268	301

Bu sektörde üretilen ürünlerin öncelikli girdi hammaddeleri çelik sac, polimer ürünleri, bakır ve alüminyum alaşımlarıdır. Bu hammaddelerin ulusal ve uluslararası fiyatlarındaki yükselmeler üreticilerin maliyetlerini yönetmelerini zorlaştırmaktadır. Örneğin 2017 yılında bir önceki yıla göre polimer ürünlerinde % 19 artış göstermiştir (TSKB, 2018). Kullanıcılar tarafından beyaz eşya ürünlerinin ortalama kullanım sürelerinde değişme eğilimi de üreticilerin rekabet şartları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Çizelge 2 ‘de ortalama kullanım ömürleri verilmiştir.

Çizelge 2. Kullanıcıların ortalama beyaz eşya değiştirme zaman aralıkları (Milne,1999)

Ürün	Yıl Aralığı
Buzdolabı	14-15
Çamaşır Makinası	10
Kurutucu	10
Ocak	18-20

Sektörde sahip olunan ürünler açısından en güvenilir ürünün, en az arıza yapan buzdolabı olduğu görülmektedir. 1994 Hane Halkı Tüketim Harcamaları Anketinin yayımlanmamış verilerine göre, buzdolabında doygunluk oranı, 1994 yılı için yüzde 89,5, çamaşır makinasında otomatik ve merdaneli olanlar dahil toplam yüzde 58,8, fırınlı ocakta yüzde 42,9 ve bulaşık makinasında ise yüzde 8,3 olarak bulunmuştur. Buna göre buzdolabında, Türkiye’nin doygunluk oranına çok yakın olduğu ve talebin daha çok yenileme ağırlıklı olarak gerçekleştiği görülmektedir (Demir, 2001). Üretim teknolojilerinde meydana gelen hızlı gelişmeler pek çok imalat sektörünü etkilemektedir. Bu gelişmeler maliyeti azaltıcı ya da kaliteyi geliştirici yönde olabilmektedir. Ürün gelişiminin değişik safhalarında nitelik itibariyle farklı şekillerde etkilere maruz kalmaktadır. Bu safhalar kısaca şöyle özetlenebilir: Yeni bir ürünün ortaya çıkış aşamasında hem ürün hem de üretim süreci değişebilir. Dolayısıyla rekabetçiler arasında ürünün özellikleri ve üretim süreci büyük oranda değişiklik gösterebilir.

Böyle durumlarda, rekabet gücü aynı zamanda üreticinin esnekliğine; piyasada meydana gelen değişikliklere cevap verme hızına bağlıdır. Ürün gelişip olgunlaştıkça, ürün özellikleri de piyasada geniş oranda kabul gören bir mal haline gelir ve fiyat rekabeti artar. Çünkü rekabetçi firmaların ürünleri birbiri ile kolayca karşılaştırılabilmektedir. Bu da üreticiye maliyetlerini düşürmesi için baskı oluşturur. Bu aşamada üretim süreci de ihtisaslaşarak esnekliğini kaybeder. Böyle bir üretim teknolojisi büyük oranda entegre yatırımlar gerektirmektedir (Blois, 1986) . Küreselleşen dünyada uluslararası firmaların rekabet gücünü belirlemede etkin olduğunu savunmaktadır. Yine buna göre, firmalara rekabet gücü sağlayan temel unsur ise ürün ve/veya üretim sistemlerinde yeniliktir (Porter,1990).

Yukarıda belirtilen şartlar değerlendirildiğinde rekabet şartlarında kan kaybetmemek için, uygunluk oranları da dikkate alındığında, üreticilerin model ve kullanım özelliklerinin değişimi konusunda daha girişken davranmalarını gündeme getirmektedir. Sektörde yer alan üreticiler ve tedarikçiler özellikle sezon denilen üretim aralıklarında üretimde kullanılan makinaların birim sürede maksimum üretim yapması hedeflemektedir. Pazar ve müşteri tercihlerine göre oluşan ürün modelleri üretim hatlarında belirli aralıklarla değiştirilerek tüm müşteri siparişlerinin en hızlı şekilde karşılanması amaçlanır. Makalenin konusu olan gövde iç plastiklerinin her bir modelinde farklı boşaltma detayı olduğundan, modele göre değiştirilmesi gereken erkek zımba ve dişi plakaların değiştirilmesi esnasında bazı sıkıntılar (pim ve civata sökülüp takılması) yaşanabilmektedir. Bunun yanı sıra, erkek zımba ve dişi plakalar ayarlanırken zaman kaybı ve kalite sorunları oluşmaktadır. Burada boşaltma bölgeleri yer yer çok ince detaylar içerdiğinden insan kaynaklı hatalar olmaktadır. Üretim hattındaki ürün değişimine bağlı olarak ortaya çıkan model değişimi manuel olarak yapıldığında önemli bir demonte/monte süresi harcanmaktadır. Sektörde üretim yapan önemli firmaların fabrikalarında bu süre 2 saat civarında olmasına müsaade edilmektedir. Bu sürenin sık model değişimi şartları ile bir araya gelmesi çok fazla zaman kaybı ve ekstra olarak işçilik ücreti çıkartmaktadır. Bunun yanında olası iş kazası riskleri de artmaktadır. Bu olumsuz durumların piyasa rekabet koşullarında oluşturacağı negatif etki de göz ardı edilmemelidir. Bu çalışmada, beyaz ve eşya sektöründe üretilen buzdolabı gövde iç plastiklerinin boşaltma detaylarının model değişimine uygun olarak esneklik sağlayabildiği döner bir mekanik sistemin tasarımı ve imalatı amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma iki aşamada oluşturulmuştur. İlk olarak model değişimini kolaylaştıran döner mekanizma tasarımı, ikinci aşamada ise tasarımın üretimi yapılmıştır. Tasarım parametreleri ve müşteri beklentilerinin ayrıntılı olarak belirlenmesinin ardından prototip tasarımı aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada bilgisayar destekli tasarım programlarından kullanılmış ve mekanizmanın katı modeli ve teknik resimleri çıkarılmıştır. Söz konusu olan mekanizma beyaz ve eşya sektöründe üretilen buzdolabı gövde iç plastiklerinin boşaltma

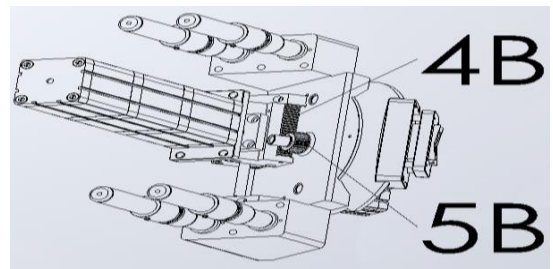
detaylarının model değişimine uygun olarak esneklik sağlayabildiği bir sistem üzerine geliştirildi. Ayrıca, model değişimi esnasında, kesim detayları değişen boşaltmaların operatör müdahalesi olmadan otomasyon aracılığı ile hızlı ve ayar gerektirmeden sorunsuz bir şekilde dönüşümü planlanarak geliştirilmiş bir sistemdir.

3. Mekanizmanın Parçaları ve Çalışma Prensipleri

Mekanizmayı oluşturan kısımlar Çizelge 3'deki gibi kodlanmıştır. Mekanizmanın tasarımı açıklanırken ve şekiller oluşturulurken bu referans numaraları kullanılmıştır. Sistemde hazır satın alınan standart parçalar dışındaki parçalar mukavemet şartlarının sağlanabilmesi için St 52 çelik malzemeden üretilmişlerdir.

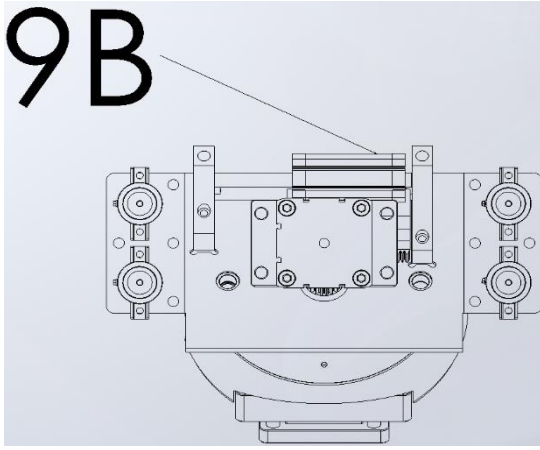
Çizelge 3. Mekanizma tasarımında kullanılan referans numaraları

Referans Numaraları	
1	Erkek grubu
2	Dişi grubu
3	Erkek zımba
4	Kremayer
5	Pinyon
6	Kilit silindiri
7	Kuvvet silindiri
8	Dişi plaka
9	Hareket silindiri
NOT:	Kremayer (4), pinyon (5), kilit silindiri (6) ve hareket silindiri (9) hem dişi hem erkek grubunda bulunmaktadır. Şekillerde dişi grubunda bulunanlar referans numarasının yanına (A) harfi eklenerek, erkek grubunda bulunanlar referans numarasının yanına (B) harfi eklenerek gösterilmiştir.

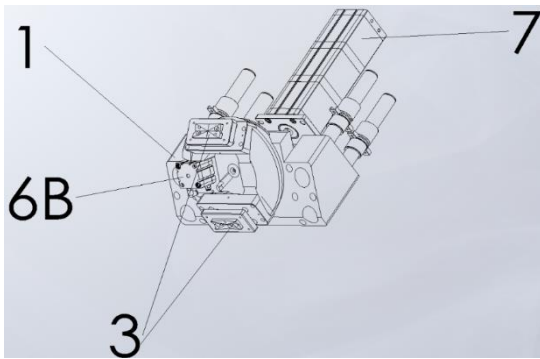


Şekil 2. Erkek grubunda hareketin yönünü belirleyen bölüm

Şekil 2’de erkek grubundaki (1) kremayer (4B), pinyon (5B) ve kuvvet silindiri (7) gösterilmektedir. Yukarıda anlatıldığı gibi kuvvet silindiri(7) sayesinde bu trimleme işlemi yapılabilir. Şekil 3’de erkek grubundaki hareket silindiri (9B) gösterilmektedir. Bu silindir sayesinde kremayer (4B) ve pinyon (5B) çalışır, doğrusal hareket dairesel hareket çevrilir. Şekil 4’de ise erkek grubunun üst çaprazdan perspektif görüntüsü vardır. Buradaki iki erkek zımba (3) trimleme işlemi sırasında Şekil 5’teki 8 numaralı dişi plakalara girer. Kilit silindirleri (6) model değişirken kilidi açar, trimleme işleminden önce yine sistemi kilitler. Kuvvet silindiri de (7) sisteme trimleme için gerekli gücü verir.



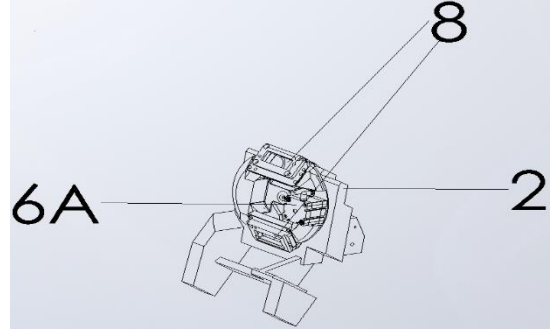
Şekil 3. Erkek grubuna hayat veren hareketli silindir



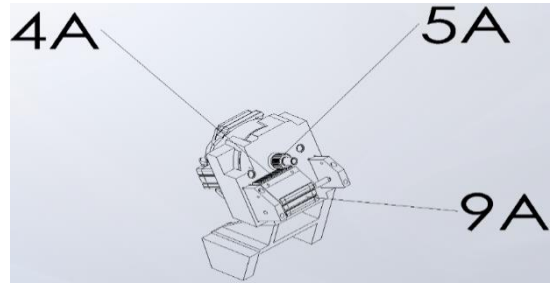
Şekil 4. Erkek grubun genel görünümü

Şekil 5’de dişi grubunun (2) önden görünümü gösterilmektedir. Şekilde yine yukarıda mekanizması anlatılan kilit silindiri (6A) ve dişi plakalar (8) vardır. Trimleme işlemi esnasında erkek zımbaların kusursuz şekilde dişi plakalara oturması gerekmektedir. Şekil 6’da dişi grubunun

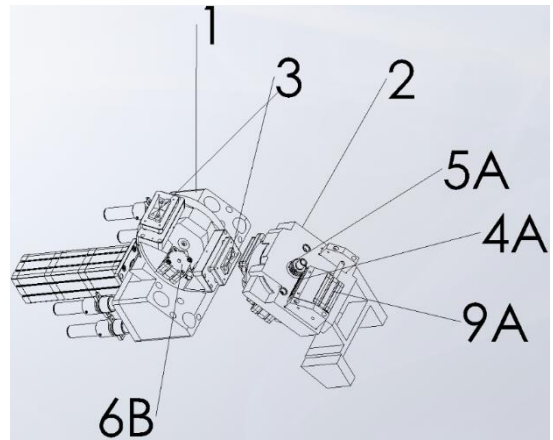
(2) arkadan görünümü gösterilmektedir. Erkek grubundaki mantıkla aynı olarak burada da kremayer (4A), pinyon (5A) ve hareket silindiri (6A) aynı işlemleri yapmaktadır. Şekil 7’de mekanizmanın üst çaprazdan perspektif görünümü verilmiştir. Sistemin en net anlaşılabilceği bakış açısı Şekil 7’dir.



Şekil 5. Dişi grubun önden görünüm

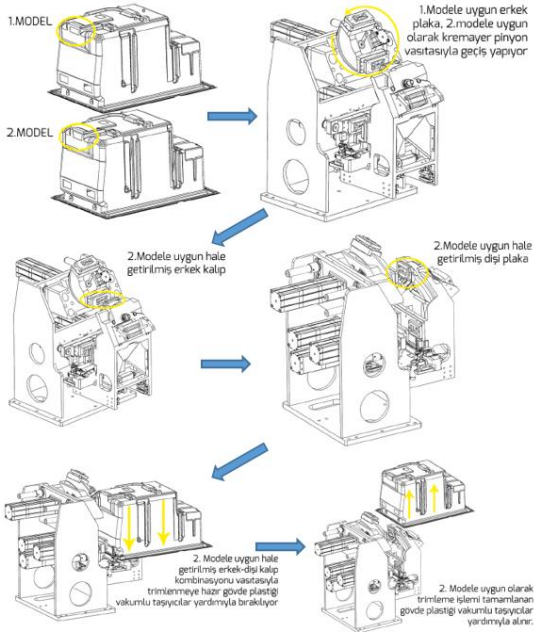


Şekil 6. Dişi grubunda hareketin yönünü belirleyen bölüm

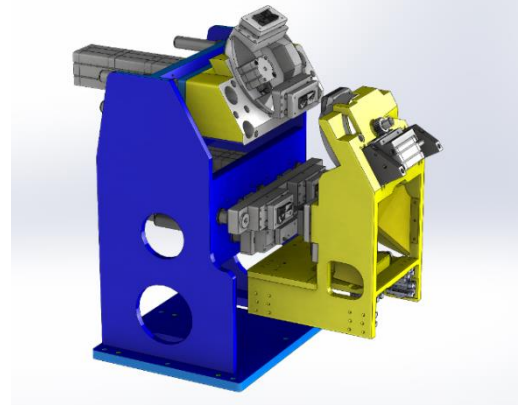


Şekil 7. Tüm sistemin üst çapraz perspektiften görünümü

Şekil 7 kullanılarak süreci anlatmak gerekirse, ilk olarak gövde plastiği manipülatör eşliğinde dişi (2) ve erkek grubun (1) arasına yerleştiriliyor. Tabii bu model değişimi olamazsa iki gruptaki kilit silindirleri(6A/B) açılıyor. İki gruptaki hareket silindirleri (9A/B), kremayerler (4A/B) ve pinyonlar (5A/B); bunların sayesinde hareket olur ve model değişir. Sistem kilitlenir ve erkek grubundaki (1) kuvvet silindiri (7) sayesinde trimleme işlemi başlar. Şekil 8’de tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen mekanizmanın işletme sürecindeki çalışması şematik olarak verilmiştir. Şekil 9-a’da döner trim mekanizmasının bilgisayar ortamında oluşturulan son katı modeli, Şekil 9-b’de ise mekanizmanın üretimi tamamlandıktan sonra çekilen fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 8. Mekanizmanın çalışmasının şematik gösterimi



a)



b)

Şekil 9. Tasarımı ve üretimi yapılan döner trim mekanizmasının a) Katı model görüntüsü, b) Üretim sonrası tamamlanmış görüntüsü

4. Sonuçlar

Bu çalışmada; trim yapılacak farklı gövdelerin modellerine göre operatör müdahalesi olmadan tam otomatik şekilde değişmesine imkân sağlayan sistemin modellenmesi ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın tamamlanmasıyla elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

- Zaman kaybı yaşanmadan ve operatör müdahalesi olmadan değişime imkân sağlanmıştır. Hata ve zaman kaybı ortadan kaldırılmıştır.
- Otomasyonlu sistemle programlanan modele uygun dişi plaka ve erkek zımbaların operatör müdahalesi olmaksızın değişmesi, yanlış model dişi erkek eşleşme kombinasyonlarını ortadan kaldırılabilmektedir.
- Birim sürede işlenen gövde iç plastiği adedinin sayısının artırılmasının sağlanmıştır.
- Üretim sırasında ürün kalitesinin proses etkilerinden olumsuz etkilenmesinin minimuma indirilmesinin sağlanmaktadır.

- Proses üzerinde kalıp değişimi işlemleri sırasında gerekli olan personelin iş sağlığı ve güvenliğini tehdit edecek dezavantajlı durumu en düşük seviyeye indirmektir.

Kaynaklar

- Blois, K.J. (1986). Manufacturing Technology as a Competitive Weapon, Long Range Planning, Vol.19, No:4, 63-70, GB
- Demir, İ. (2001). Türkiye Beyaz Eşya Sanayisinin Rekabet Gücü ve Geleceği; <http://ekutup.dpt.gov.tr/imalatsa/34makina/demiribr/beyazesy.pdf>
- Milne, S. (1991). The UK White ware Industry: Fordism, Flexibility or Somewhere in Between?, Regional Studies, Vol.25.3, 239-53
- Porter, M. (1990), The Competitive Advantage of Nations, Harvard Business Review.
- TSKB, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, (2018). Beyaz Eşya Sektörü raporu; www.tskb.com.tr.
- TURKBESD, Türkiye beyaz eşya sanayicileri derneği, (2019). Beyaz Dünya Aylık Özet Bülten.

Kanola (*Brassica napus* L.) Saplarından Üretilen Yongalevhaların Termal, Yanma ve Yüzey Pürüzlülük Özellikleri

Gürcan GÜLER^{1*}

Özet: Bu çalışmada, yağlı tohumlu bir otsu bir bitki olan kanola (*Brassica napus* L.) bitkisinin saplarından elde edilen yongalevhaların termal, yanma ve yüzey pürüzlülüğü özellikleri araştırılmıştır. Levhaların deneysel tasarımını, kanola ile kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) yongalarının %0, 25, 50, 75 ve 100 oranındaki karışımları oluşturmuştur. Termal analiz bulguları, kanola yongalarının katılım oranı yükseldikçe üretilen levhaların termal dayanıklılığının artacağını ortaya koymuştur. Ayrıca tek kaynaklı alev testinin sonuçları termal analiz bulgularını desteklemiştir. Levhalardaki yanma izi kanola yonga oranı arttıkça azalmıştır. Levhaların üretiminde kanola yongalarının oranı arttıkça yüzey pürüzlülük değerleri düşüş göstermiştir. Çalışma sonucunda, kanola bitkisine ait sapların kuru şartlarda kullanılacak termal dayanımlı levha üretiminde hammadde olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kanola, yongalevha, TGA, tek kaynaklı alev testi, yüzey pürüzlülüğü

Thermal, Burning and Surface Roughness Properties of Particleboards Produced from Canola (*Brassica napus* L.) Stalks

Abstract: In this study, thermal, burning and surface roughness properties of particleboards obtained from the stalks of canola (*Brassica napus* L.), an herbaceous plant with oil seeds, were investigated. The experimental design of the boards consisted of 0, 25, 50, 75 and 100% mixtures of canola and pine (*Pinus brutia* Ten.) particles. Thermal analysis findings showed that the higher participation rate of canola particles offered the higher thermal stability of the produced boards. In addition, the results of the single source flame test supported the findings of thermal analysis. The burning trace on the boards decreased as the canola particles rate increased. As the ratio of canola particles increased in the production of the boards, surface roughness values decreased. As a result of the study, it was found that the stalks of canola plant have the potential to be used as raw material in the production of thermal resistant boards to be used in dry conditions.

Keywords: Canola, particleboard, TGA, single source flame test, surface roughness

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260 Merkez, Isparta
*Corresponding author (İletişim yazarı) gurcanguler@isparta.edu.tr

Gürcan Güler, S. Güler, S. Güler, (2019), Kanola (*Brassica napus* L.) Saplarından Üretilen Yongalevhaların Termal, Yanma ve Yüzey Pürüzlülük Özellikleri. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 114-120.

1. Giriş

Odun hammaddesine olan talep, son yıllarda dünya nüfusundaki hızlı büyüme ve dolayısıyla gelişen sanayileşme nedeniyle artmıştır. Bu nedenle, odun hammaddesine ek olarak tarımsal ve diğer alternatif hammadde kaynaklarının kullanımı gün geçtikçe daha fazla önem arz etmektedir (Öner ve Aslan, 2002; Yaşar vd., 2010a; Yaşar ve İçel, 2016).

Odun dışı lignoselülozik kaynaklar, doğada farklı şekillerde bulunmaktadır. Odunsu bitkiler (Güler, 2015a; Yaşar vd., 2016a, b; Yaşar vd., 2017; Yaşar ve Kılınç, 2018; Yaşar, 2018a, b), otsu bitkiler (Çömlekçioğlu vd., 2016; Gülsoy ve Şimşir, 2018) ve tarımsal atıklar (Bektaş vd., 2002; Güler vd., 2006; Güntekin vd., 2009; Yaşar vd., 2009; Yaşar vd., 2010a, b; Güler, 2015b; Taş ve Sevinçli, 2015; Yaşar ve İçel, 2016; Güler ve Beram, 2018) bu kaynakların temelini oluşturmaktadır.

Kanola, ilk olarak Kanada'da geliştirilmiş yağlı tohumlu bir bitkidir. 1960'lı yılların başında ülkemizde ekilmeye başlanmıştır. Tohumlarının yağı insan besini, küspesi hayvan besini ve sapları özellikle Avrupa'da biyodizel üretiminde kullanılmaktadır (Alpaslan ve Özer, 2017). Türkiye'de Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi dışındaki tüm bölgelerde kanola üretimi yapılmaktadır. Kanola bitkisi Ülkemizde 378.456 da üretim alanı ve 125.000 ton yıllık üretim ile önemli bir yer tutmakta (TUİK, 2019) ve hasattan sonra elde edilen bitki sapları üretim atığı olarak önemli miktar teşkil etmektedir.

Kanola sapları ve odun yongaları karışımdan üretilen levhalarda kanola oranı arttıkça su alma ve kalınlığına şişme değerlerinin sürekli arttığı görülmüştür. Levhaların mekanik özelliklerinin ise genel olarak standartları karşıladığı belirlenmiş ve elde edilen levhaların kuru ortamlarda mobilya elemanı, yalıtım ve genel amaçlı olarak kullanılabilecekleri ortaya konmuştur (Yousefi, 2009; Nikvash vd., 2010; Kord vd., 2016; Rangavar vd., 2016).

Bu çalışmada, kızılçam odunu yongaları (*Pinus brutia* Ten.) ile kanola bitkisinin saplarına ait yongalar farklı oranlarda karıştırıldıktan sonra levhalar üretilmiş, devamında üretilen levhaların termal, yangın yalıtım ve yüzey pürüzlülük özellikleri değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Kanola bitkisine ait saplar, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi deneme alanından 2019 yılı Temmuz ayının ikinci haftası, hasattan hemen sonra toplanmıştır. Çekiçli değirmende 1-3 mm kalınlığında yongalanan bitki sapları serilerek hava kurusu oluncaya kadar kurutulmuştur.

Çalışmada kullanılan kızılçama ait yongalar, tutkal (Üre formaldehit) ve sertleştirici (Amonyum klorür) ORMA A.Ş.-Isparta firması tarafınca sağlanmıştır. Üre formaldehit (ÜF) tutkalının özellikleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Üre formaldehit tutkalının özellikleri

Özellikler	UF
Katı madde oranı (%)	65 ± 1
Yoğunluk (g/cm ³)	1.27 - 1.29
pH (25°C)	7.5 - 8.5
Viskozite, Din/cPs 25°	150 - 200
Jelleşme süresi (s, 100 °C)	25 - 30
Kullanma süresi (gün)	60
Akışkanlık süresi (s, 25 °C)	20 - 30
Serbest CH ₂ O (Maks.) %	0.19

2.2. Yöntem

Termogravimetrik analiz (TGA)

Kanola ve kızılçama ait yongalar öncelikle Retsch SK1 değirmeninde 40-100 mesh aralığında öğütülmüştür. Daha sonra örnekler moulinex değirmen kullanılarak homojen odun unu haline getirilmiş ve TGA analizinde kullanılmıştır. TGA analizi, 5mg odun unu ile azot ortamında dakikada 10 °C sıcaklık artışıyla 25 ile 800 °C aralığında Perkin Elmer SII Diamond termal analiz cihazında gerçekleştirilmiştir.

Yongalevha üretimi

Çalışmada tek tabakalı yongalevhalar üretilmiştir. Üretimden önce yongalar kurutma dolabında 102±5°C sıcaklıkta %3 rutubet derecesine getirilmiştir. Üretilen levhaların yonga karışım oranları Çizelge 2'de sunulmuştur. Yongalevhalarda hedeflenen yoğunluk 0.65 g/cm³ şeklindedir. Kullanılan yongalar tam kuru ağırlıklarının %10'u oranında üre formaldehit tutkalı ve %1'i oranında sertleştirici (%35 NH₄Cl)

ile karıştırılmıştır. Yongaların 31 x 35 x 1.2 cm ebatlarındaki metal çerçeveye elle serilmiş ve hazırlanan taslak, $150\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'deki sıcak preste 2.5-3 N/mm² basınç altında 5 dakika bekletilerek levha üretimi tamamlanmıştır. Üretilen levhalar iklimlendirme odasında 20°C sıcaklık ve %65 rutubet derecesinde 30 gün klimatize edilerek kondisyonlanmıştır.

Çizelge 2. Yongalevhaların deneysel tasarımı

Levha Tipi	Yonga (%)	
	Kanola	Kızılçam
A	100	0
B	75	25
C	50	50
D	25	75
E	0	100

Tek kaynaklı alev testi

Levhaların tek kaynaklı alev testi, TS EN-ISO 11925-2 (2011) standardına uygun olarak yapılmıştır. Levhalar 90x250 mm boyutlarda ebatlandırılarak dikey konumdaki test düzeneğine mandallar ile sabitlenmiştir. Tek kaynaklı alev testi levhanın alt orta kenarından 45° eğimle 20 mm mesafede 30 saniye süresince yapılmıştır. Testin sonucunda levhaların yanma izleri ImageJ görüntü analiz programı yardımıyla ölçülmüştür.

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri DIN 4768 (1990) standardında belirtilen şekilde yapılmıştır.

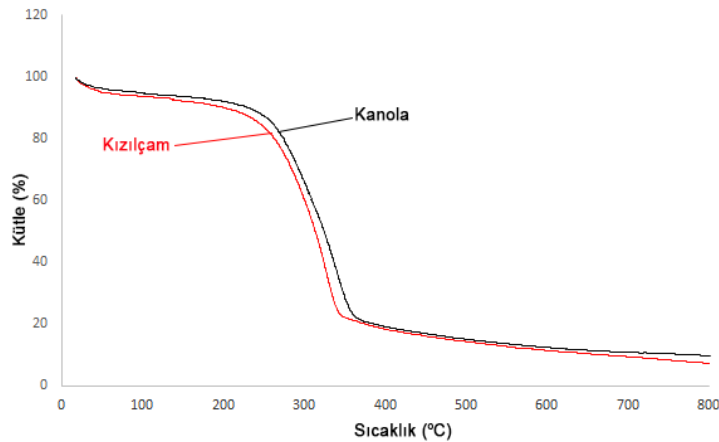
Numuneler 100x40 mm ölçülerinde ebatlandırılmış ve iğne taramalı pürüzlülük aleti (Mitutoyo SJ 201) ile yüzey pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Pürüzlülük aletinin iğne uç yarıçapı 0.5 mm², iğne uç açısı 90° derece, dalga boyu (λ) 2.5 mm ve ölçme hızı 0.5 mm/sn olarak seçilmiştir.

İstatistiksel analiz

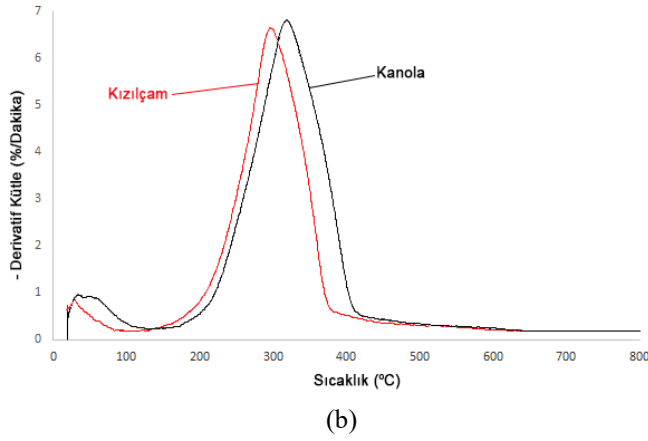
Testlerden elde edilen veriler MiniTab 16 istatistik programında değerlendirilmiştir. Basit varyans analizinde (Anova Testi) istatistiksel açıdan farklılığın ortaya çıkması durumunda Duncan testi uygulanarak farklı gruplar tespit edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Kanola ve kızılçam yongalarına ait TGA ve DTG (diferansiyel termogravimetrik analiz) sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Kızılçam yongalarında 129°C 'de, kanola yongalarında ise 163°C 'ye kadar su ve bir kısım ekstraktifler (Thurner ve Mann 1981) örneklerden uzaklaşmıştır. Esas bozunma, yani hemiselülozlar, ekstraktiflerin devamı, lignin ve selülozun termal bozunması (Thurner ve Mann 1981; Meszaros vd. 2007), kızılçamda 129 ile 482°C , kanolada ise 163 ile 527°C aralığında gerçekleşmiştir. Maksimum bozunma kızılçamda 298°C 'de, kanolada ise 314°C 'de oluşmuştur. Termogravimetrik analiz, kanola yongalarının termal dayanıklılığının kızılçama göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu durum, kanola yongalarının katılım oranı yükseldikçe üretilecek levhalarda termal dayanıklılığın artacağını ortaya koymaktadır.



(a)



Şekil 1. Kanola ve kızılcam yongalarının TGA (a) ve DTG (b) termogramları

Kanola ve kızılcam yongalarından üretilen levhaların tek kaynaklı alev testi sonuçları Şekil 2’de verilmiştir. Sadece kızılcam yongalarından üretilen levhalardaki yanma izi standartlarda belirtilen 15 cm eşik değerini geçtiği, diğer levhalarda ise eşik değerinin altında kaldığı görülmüştür.



Şekil 2. Levhaların tek kaynaklı alev testi sonuçları

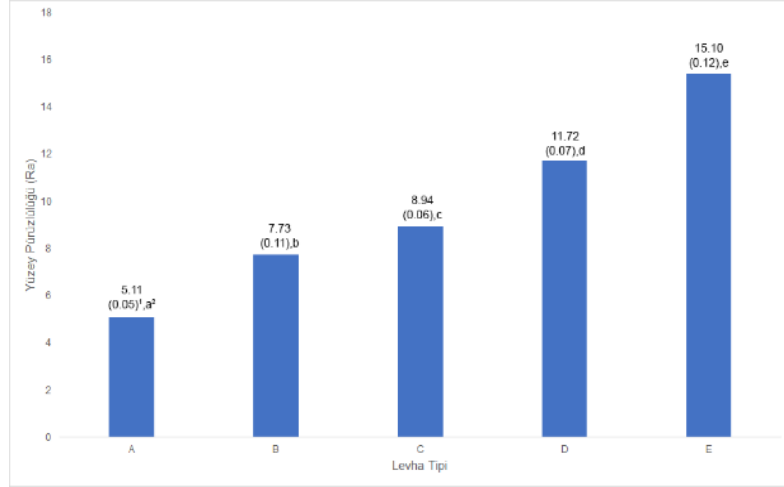
Yanma izi değerlerinde $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel açıdan farklılık bulunmuş ve Duncan testi levhaları 4 ayrı homojen gruba ayırmıştır. Yanma izinde A tipi levhalara göre B tipi levhalarda %7,

C tipi levhalarda %20, D tipi levhalarda %42 ve E tipi levhalarda %72 artış meydana gelmiştir (Çizelge 3). Elde edilen tek kaynaklı alev testi sonuçları TGA analizi sonuçları ile uyumluluk göstermiştir.

Çizelge 3. Levhaların tek kaynaklı alev testi değerleri

Levha Tipi	Yanma İzi (cm)		Duncan Testine Göre Homojen Gruplar
	Ortalama	Standart Sapma	
A	9.67	0.16	a
B	10.32	0.38	a, b
C	11.56	0.54	b
D	13.75	0.97	c
E	16.60	1.00	d

Kanola ve kızılcam yongalarından üretilen levhaların yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 3’de verilmiştir. Ra değerlerinde $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel açıdan farklılık tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre levhalara ait Ra değerleri 5 ayrı homojen grup oluşturmuştur. Yüzey pürüzlülük değerleri A tipi levhalara göre B, C, D ve E tipi levhalarda sırasıyla %51, %75, %129 ve %195 artmıştır.



Şekil 3. Kanola ve Kızılçam yongalarından üretilen levhaların yüzey pürüzlülük değerleri (1: Standart sapma, 2: Duncan testine göre gruplar)

Üretilen levhalarda kanola yongalarının katılım oranı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerlerinde düşüş görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde pek çok faktörün rol oynadığı daha önceki çalışmalarda ortaya konmuştur. Keza, materyalin anatomik yapısı, yetiştirme ortamı, kesim, yongalama tipi, yonga yönü ve boyutları yüzey özelliklerini değiştirebilmektedir (Liu vd., 1998; Aydın ve Çolakoğlu, 2005; Temiz vd., 2005; Karagöz vd., 2011; İstek vd., 2012; Baysal vd., 2014, Güler ve Beram, 2018).

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada, alternatif hammadde niteliği taşıyan kanola bitkisinin saplarından elde edilen yongalarından üretilen levhaların termal, yanma ve yüzey pürüzlülüğü özellikleri değerlendirilmiştir. Bu amaçla, kanola yongaları kızılçam yongalarıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında karıştırılarak levha üretimi yapılmıştır. Termal analiz bulguları, kanola yongalarının katılım oranı yükseldikçe üretilen levhaların termal dayanıklılığının artacağını ortaya koymuştur. Ayrıca tek kaynaklı alev testinin sonuçları termal analiz bulgularını desteklemiştir. Keza levhalardaki yanma izi kanola yonga oranı arttıkça azalmıştır. Levhaların üretiminde kanola yongalarının oranı arttıkça yüzey pürüzlülük değerleri düşüş göstermiştir. Çalışma, kanola bitkisine ait sapların kuru şartlarda kullanılacak termal dayanımlı levha üretiminde hammadde olarak kullanılabilir niteliklere sahip olduğunu göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan hammaddenin temini konusunda yardımcı olan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Hasan BAYDAR ve Doç. Dr. Sabri ERBAŞ'a teşekkürler ederim.

Kaynaklar

- Alpaslan, D., Özer, N. (2017). Trakya Bölgesi'nde hasat edilmiş kanola (*Brassica napus* L.) tohumlarında tohum kökenli fungal etmenlerin tespiti. Bitki Koruma Bülteni, 57(3), 263-277.
- Aydın, I., Çolakoğlu, G. (2005). Effects of Surface Inactivation, High Temperature Drying And Preservative Treatment on Surface Roughness and Colour of Alder and Beech Wood. Applied Surface Science, 252 (2): 430-440.
- Baysal, E., Kart, S., Toker, H., Değirmençtepe, S. (2014). Some Physical Characteristics of Thermally Modified Oriental-Beech Wood. Maderas Ciencia y Tecnología, 16(3): 291-298.
- Bektaş, İ., Güler, C., Kalaycıoğlu, H. (2002). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Saplarından Üre-formaldehit Tutkalı ile Yongalevha Üretimi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2): 49-56.

- Çömlekçiöğlü, N., Tutuş, A., Çiçekler, M., Çanak, A., Zengin, G. (2016). Investigation of *Isatis tinctoria* and *Isatis buschiana* Stalks as Raw Materials for Pulp and Paper Production. *Drvna Industrija*, 67(3): 249-255.
- DIN 4768 (1990). Determination of Roughness Parameters Ra, Rz, Rmax by Means of Stylus Instruments, Terms, Measuring Conditions. Berlin, Germany.
- Güler, C., Bektaş, I., Kalaycıoğlu, H. (2006). The Experimental Particleboard Manufacture from Sunflower Stalks (*Helianthus annuus* L.) and Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.). *Forest Products Journal*, 56(4), 56-60.
- Güler, C. (2015a). Production of Particleboards from Licorice (*Glycyrrhiza glabra*) and European Black Pine (*Pinus Nigra* Arnold) Wood Particles. *Scientific Research and Essays*, 10(7): 273-278.
- Güler, C. (2015b). Odun Esaslı Kompozit Malzeme Üretiminde Bazı Yıllık Bitkilerin Değerlendirilmesi. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2): 70-78.
- Güler, G., Beram, A. (2018). Yabani Hindiba (*Cichorium intybus* L.) Saplarından Üretilen Yongalevhaların Fiziksel, Mekanik ve Yüzey Pürüzlülük Özelliklerinin İncelenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 216-222.
- Gülsoy, S.K., Şimşir, S. (2018). Chemical Composition, Fiber Morphology, and Kraft Pulping of Bracken Stalks (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). *Drvna Industrija*, 69(1): 23-33.
- Güntekin, E., Yaşar, S., Karakuş, B., Arslan, M.B. (2009). Bazı Kimyasal Ön İşlemlerin Asma Budama Atıklarından Üretilen Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15): 45-49.
- İstek, A., Kara, M.E., Karakaya, B. (2012). Lif Levhaların Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Bazı Zımpara Faktörlerinin Etkisi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14(22): 41-45.
- Karagöz, U., Akyıldız, M.H., İşleyen, O. (2011). Effect of Heat Treatment on Surface Roughness of Thermal Wood Machined by CNC. *Pro Ligno*, 7(4): 50-58.
- Kord, B., Zare, H., Hosseinzadeh, A. (2016). Evaluation of the mechanical and physical properties of particleboard manufactured from canola (*Brassica napus*) straws. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(1), 09-18.
- Liu, F.P., Rials, T.G., Simonsen, J. (1998). Relationship of Wood Surface Energy to Surface Composition. *Langmuir*, 14(2): 536-541.
- Meszaros, E., Jakab, E., Varhegyi, G. (2007). TG/MS, Py-GC/MS and THMGC/MS Study of the Composition and Thermal Behavior of Extractive Components of *Robinia pseudoacacia*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 79(1): 61-70.
- Nikvash, N., Kraft, R., Kharazipour, A., Euring, M. (2010). Comparative properties of bagasse, canola and hemp particle boards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(3), 323-327.
- Öner, N., Aslan, S. (2002). Technological Properties and Possible Uses of Trembling Poplar (*Populus tremula* L.) Wood. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 1(1):135-146.
- Rangavar, H., Taghiyari, H.R., Ghofrani, M., Khojaste-Khosro, S. (2016). Improving physical and mechanical properties in particleboard by recycled polyethylene and canola residues. *International journal of environmental science and technology*, 13(3), 857-864.
- Taş, H.H., Sevinçli, Y. (2015). Properties of Particleboard Produced from Red Pine (*Pinus brutia*) Chips and Lavender Stems. *BioResources*, 10(4): 7865-7876.
- Temiz, A., Yıldız, U.C., Aydın, I., Eikenes, M., Alfredsen, G., Çolakoğlu, G. (2005). Surface Roughness and Colour Characteristics of Wood Treated With Preservatives After Accelerated Weathering Test. *Applied Surface Science*, 250 (1-4): 35-42.
- Thurner, F., Mann, U. (1981). Kinetic Investigation of Wood Pyrolysis. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development*, 20(3): 482-488.
- TS EN-ISO 11925-2 (2011). Yangın dayanımı deneyleri- Aleve doğrudan maruz kaldığında tutuşabilirlik - Bölüm 2: Tek alev kaynağıyla deney, TSE, Ankara.

- TÜİK, (2019). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do> (Erişim Tarihi: 12.08.2019).
- Yaşar, S., Güller, B., Baydar, H. (2010b). Studies on Carbohydrate, Lignin Contents and Some Fiber Properties of Sesame (*Sesamum indicum* L.), Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and Poppy (*Papaver somniferum* L.) Stalks. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 1(1): 56-66.
- Yaşar, S., Güntekin, E., Cengiz, M., Tanriverdi, H. (2010a). The Correlation of Chemical Characteristics and UF-Resin Ratios to Physical and Mechanical Properties of Particleboard Manufactured from Vine Prunings. Scientific Research and Essays, 5(8): 737-741.
- Yaşar, S. (2018a). Ilgın (*Tamarix parviflora*) Hemiselülozlarının Oktanoil, Dekanoil ve Lauroil Klorür ile Esterlenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1): 91-97.
- Yaşar, S. (2018b). Volatile Acid Content of Some Maquis Species, Journal of Bartın Faculty of Forestry, 20(1): 67-72
- Yaşar, S., Beram, A., Güler, G. (2017). Kermes Meşesi (*Quercus coccifera* L.) Odunu Fenolik Ekstraktifleri. MAKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(Özel Sayı 1): 73-78.
- Yaşar, S., Ceviz, A.U., Karatepe, Y. (2016a). *Laurus nobilis*, *Vitex agnus-castus* ve *Tamarix parviflora* Türlerinin Kimyasal İçeriği ve Fenolik Ekstraktiflerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(2): 182-187.
- Yaşar, S., Demir, F., Karatepe, Y. (2016b). Bazı Maki Türlerinin Kimyasal İçeriği ve Fenolik Ekstraktifleri Üzerine Araştırmalar. Turkish Journal of Forestry, 17(2): 187-193.
- Yaşar, S., Güller, B., Göktürk Baydar, N. (2009). Farklı Asma (*Vitis vinifera* L.) Çeşitlerinin Budama Atıklarındaki Lignin, Karbonhidrat Miktarları ve Lif Özellikleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 11(16):71-79.
- Yaşar, S., İçel, B. (2016). Alkali Modification of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Stalks and its Effect on Properties of Produced Particleboards. BioResources, 11(3): 7191-7204.
- Yaşar, S., Kılınc, G. (2018). Palmitoil, Stearoil ve Oleoil Klorür ile Esterlenmiş Kermes Meşesi (*Quercus coccifera* L.) Hemiselülozlarının Kimyasal Karakterizasyonu. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 98-102.
- Yousefi, H. (2009). Canola straw as a bio-waste resource for medium density fiberboard (MDF) manufacture. Waste management, 29(10), 2644-2648.

Received: 09.08.2019

Accepted: 30.09.2019

DOI: 10.30516/ bilgesci.604535

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3(2), 121-134, 2019

Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz’de Dinoflagellat Kist Komünite Yapısının Araştırılması

Buse Bağatur^{1*}, Hilal Aydın²

Özet: Dinoflagellatlar yaygın olarak bilinen çok sayıda tür ile ifade edilen fitoplanktonun önemli bir sınıfıdır. Bazı dinoflagellat türleri hayat döngülerinin bir parçası olarak olumsuz çevre koşullarına uyum sağlamak için kalıcı kist üretirler. Dinoflagellatlar, okyanus ve denizlerde sıcaklık, tuzluluk, besleyici element gibi birçok çevresel faktörlere duyarlı olduklarından biyoidikatör özellikleri bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmada Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz’den seçilen 8 yüzey sediment örneğinde dinoflagellat kistlerinin dağılımı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda toplam 24 dinoflagellat kist tipi tanımlanmış (1 kist tipi literatürde daha önce tanımlanmamış), ve toplam kist konsantrasyonu 14-354 kist g⁻¹ kuru ağırlık sediment olarak kaydedilmiştir. Ayrıca çalışmada ilk kez Marmara Denizi’nden kayıt edilmiş olan potansiyel toksik *Cochlodinium sp.*, kistinin güneye doğru dağılım gösterdiği saptanmıştır. *Protoperidinium parthenopes* dinoflagellat kisti de Türkiye kıyı suları için ilk kez tespit edilmiştir. Aynı zamanda Kuzey Ege ve Akdeniz’de olası toksik dinoflagellat kistleri *Alexandrium affine* tip, *A. catanella/tamarense* kompleksi, *A. minutum*, *Cochlodinium sp.*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum* olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz’deki daha önce araştırma yapılmamış bölgelerdeki dinoflagellat kist topluluğunun yayılım haritalarının çıkarılmasıyla gelecekte olabilecek aşırı üreme olaylarını önceden tahmin edilmesi sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dinoflagellat kisti, Fitoplankton, Kuzey Ege Denizi, Akdeniz

Investigation of Dinoflagellate Cyst Community Structure in North Aegean Sea and Mediterranean Sea

Abstract: Dinoflagellates are an important class of phytoplankton expressed by a large number of widely known species. Some species of dinoflagellate produce resting cysts to adapt to adverse environmental conditions as part of their life cycle. Dinoflagellates have bioindicator specialities because they are sensitive to many environmental factors such as temperature, salinity, nutrients in the oceans and seas. In this study, the distribution of dinoflagellate cysts was investigated in 8 surface sediment samples selected from North Aegean Sea and Mediterranean Sea.. At the end of the study, a total of 24 dinoflagellate cyst types were identified (1 cyst type was unidentified in literature the before), and total cyst concentration was recorded as 14-354 kist g⁻¹ dry weight sediment. In addition, it was found that the potential toxic *Cochlodinium sp.* Cyst, which was recorded from Marmara Sea for the first time, was distributed to the south. *Protoperidinium parthenopes* dinoflagellate cyst for Turkey coasts have been detected for the first time in this study. At the same time potential toxic dinoflagellate cyst species were observed in the North Aegean Sea and Mediterranean Sea such as *Alexandrium affine* type, *A. catanella/tamarense* complex, *A. minutum*, *Cochlodinium sp.*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum*. As a result of this study, the propagation maps of the dinoflagellat cyst community in the previously unreported

¹ Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Manisa, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): busesatir16@gmail.com

Citation (Atıf): Bağatur, B., Aydın, H., (2019). Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz’de Dinoflagellat Kist Komünite Yapısının Araştırılması. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3(2): 121-134.

regions of the North Aegean Sea and the Mediterranean Sea will be predicted to predict future over-reproduction events.

Keywords: Dinoflagellate cyst, Phytoplankton, North Aegean Sea, Mediterranean Sea

1. Giriş

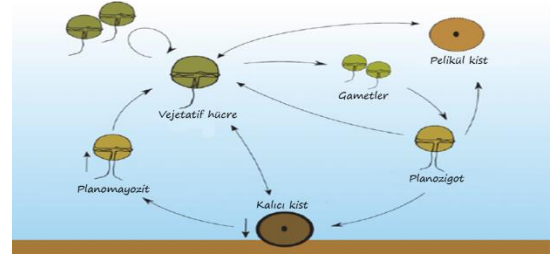
Dinoflagellatlar deniz ekosistemlerinin önemli bileşenlerinden olup fitoplankton grubuna dahildir. Dinoflagellat türlerinin %90'ı denizel olup tatlı sularda yaşayan türleri de mevcuttur. İlkbahar aylarını takiben yaz aylarında maksimum artışa ulaşan dinoflagellatların çoğu ılıman sularda bulunur. Ototrofik türleriyle fotosentez yapıp birincil üretime katkı sağlayan dinoflagellatların çoğu heterotroftir. Bazı türleri aşırı üreyip yapılarındaki pigment maddelerinden dolayı suda renk değişimine yani red-tide olayına sebep olurken bazı türleri toksiktir. Aşırı üremeye sebep olan dinoflagellat türleri aynı zamanda besin ağında birikebilen güçlü nörotoksin üretir (Hallegraeff, 1993; Polat ve Koray, 2007).

Red-tide terimi renk değişimine sebep olan türlerin içerisinde zarara neden olmayan türlerin de bulunmasından dolayı yanıltıcı olmuştur. Bunun sonucunda kıyı turizmüne ve deniz ürünleri tüketimine yani ekonomiye etkisinden dolayı red-tide terimi UNESCO/IOC-HAB (Birleşmiş Milletler Uluslararası Deniz ve Okyanuslar Topluluğu Zararlı Üremeleri Bürosu) kararı ile “Zararlı Alg Aşırı Üremeleri ” genel adı ile kullanılmaktadır (Aydm ve Uzar, 2009).

Dinoflagellatlar yaklaşık 2000 türdür ve toplam sayının %10 'u aşırı alg artışı ve zararlı alg üremesi ile ilişkilidir. Bunlardan yaklaşık %3'ünün toksik olduğu bildirilmiştir. Diğer gruplar arasında dinoflagellatlar grubu toksik olan fitoplankton türlerinin %75'ini oluşturur (Smayda ve Reynolds, 2003).

Dinoflagellatlar aynı zamanda yaşam döngüsünün belli bir kısmında dayanıklı-kalıcı kist üretirler. Kist üretmelerinin sebebinin çeşitli ekstrem koşullara dayanma, geniş çevresel koşullarda farklı habitatlara uyum sağlamak amacıyla olduğu bilinmektedir. Karmaşık yaşam döngüleri olan dinoflagellatların 2000 türü içerisinde %10'undan fazlası kist üretmektedir. Bu bentik evre, türlerin ekolojisinde önemli rol oynar. Pelajik-bentik bağlantının bir parçası olarak kistlerin, vejetatif büyüme için elverişsiz koşullar altında sediman tabakasında kist oluşturarak kaldığı, uygun koşullar tekrar oluştuğunda pelajik bölgeye

yeniden geçtiği araştırmalarla kanıtlanmıştır (Bravo ve Figueroa, 2014; Uzar, 2015).



Şekil 1. Dinoflagellat yaşam döngüsünün şematik diyagramı (Kremp, 2013).

Dinoflagellat kistlerinin tanınması, fosil dinoflagellat kistlerinin biyostratigrafik çalışmalarıyla başlamış olup 20. yüzyılın başlarına kadar uzanmaktadır. Reinsch (1905) kistleri fosilleşmiş dinoflagellat kalıntıları olarak tanımlayan ilk kişi olmuştur. Ne yazık ki önceki gözlemler gözden kaçırılmış olup 1940 ve 1950'lerde yaşayan (güncel) dinoflagellatların zırhları tanımlandığında, ilk bildirimler yayınlanmıştır. Daha sonra gamet birleşiminde kistlerin oluştuğu bildirildi ve araştırmacılar, eşeyli üreme ile ilişkili olduğu sonucuna vardılar. Bununla birlikte 1960-1970'lerde kist üreten dinoflagellatların çevresel değişimlere duyarlı oldukları için aslında yaşam döngüsünde üremenin bir sonucu olarak kist oluşturduğu kanısına varmışlardır (Bravo ve Figueroa, 2014).

Dinoflagellat kistlerinin vejetatif evre ve kalıcı kist olarak adlandırılan iki yaşam evresinin bulunması, ayrı biyolojik ve paleontolojik sınıflandırma sisteminin oluşturulmasına neden olmuştur. Algler, mantarlar ve bitkiler için Uluslararası Adlandırma Kodunun (ICN) son açıklamalarında, fosil (veya kist aşamaları) ve yaşayan dinoflagellatlar için ayrı isimlendirme yapılmasını öngörmektedir (Penaud vd., 2018). Türkiye denizlerinde araştırmalar belirli bölgelerle sınırlı kalmaktadır. Uzar vd., (2010) İzmir Körfezi, Ege ve Doğu Akdeniz Bölgesinden alınan 20 istasyonda dinoflagellat tür kompozisyonu ve bolluğunu araştırmıştır. Araştırma sonucunda 9 cins'e ait 28 kist tipi tanımlanmıştır. Baskın olan türler, *Quinquecuspis concreta*, *Lingulodinium machaerophorum* ve *Dubridinium caperatum*. Aynı zamanda çalışılan

bölgede potansiyel toksik türlerin de var olduğu bildirilmiştir.

Aydın vd., (2011) İzmir Körfezi yüzey sediment örneklerinde dinoflagellat tür kompozisyonu ve dağılımını incelemişlerdir. 36 kist tipi tespit edilmiş olup bu topluluklar çoğunlukla *Polykrikos kofoidii*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Quinquecupis concreta*, *Gymnodinium cf. nolleri* ve *Operculodinium centrocarpum* olarak bildirilmiştir Körfezin iç ve orta kısımlarında kistlerin daha yoğun bulunduğu. Tek Yönlü Varyans Analizi testine göre ise istasyonlar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. ($p < 0.05$) Dinoflagellat kist türleri arasında *Gymnodinium cf. nolleri* ve *Oblea acanthocysta* Ege Denizi için ilk kez tespit edilmiştir. *Alexandrium minutum* ve *Alexandrium affine* tip gibi zararlı toksik kistler hemen hemen tüm örnekleme alanlarında gözlemlenmiş olup *Alexandrium tamarense/catenella* kistine ise sadece dış körfezde rastlandığı belirtilmiştir.

Aydın ve Uzar (2013) İzmir Körfezi'nde 2003-2011 yılları arasında potansiyel toksik dinoflagellat kistlerinin dağılımını incelemiştir. Potansiyel toksik kistler olarak bulunan türler; *Operculodinium centrocarpum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Alexandrium affine* tip ve *Alexandrium tamarense/catenella* olarak tespit edilmiştir.

Aydın ve Uzar (2014) Marmara, Ege ve Ege Denizi'nin doğusundan alınan örnekler de dinoflagellat kist dağılımı ve bolluğunu araştırmıştır. Çalışma bölgelerinde baskın olan *Quinquecupis concreta*, *Polykrikos kofoidii*, *Lingulodinium machaerophorum* *Dubridinium caperatum* ve *Spiniferites bulloideus* türleridir. Marmara Denizi ve Fethiye Körfezi'nde bulunan potansiyel toksik olan türler; *Operculodinium centrocarpum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Alexandrium minutum* tip olup İzmir Körfezi'nde bulunan toksik türler ise *Alexandrium affine* tip ve *Alexandrium tamarense/catenella* kompleks olarak tespit edilmiştir.

Aydın vd., (2014) Homa Lagünü'nde ilk kez dinoflagellat kist tür kompozisyonu ve dağılımını araştırmış olup 12 kist tipi tespit etmişlerdir. Bölgede baskın olan türler *Spiniferites delicatus*, *Spiniferites bulloideus* ve *Alexandrium minutum* kistleri olarak bildirmişlerdir. Ayrıca Homa Lagünü sediment tipi kil ve siltli kum olup örnekleme sonucunda dinoflagellat kistleri

özellikle kil ve alüvyon çökeltilerinde dağılım yaptığı vurgulanmıştır.

Mertens vd., (2015) İzmir Körfezi'nde *Spiniferites pachydermus* kistine ait kültür çalışması yapmış ve vejetatif hücrelerini üretmişlerdir. Vejetatif hücrelerin morfolojisi *Gonyaulax spinifera* türüne benzemektedir. Benzeyen vejetatif hücrelerin moleküler filogenetik analizleri sonucunda bu kist tipinin *G. spinifera* kompleksine ait olmadığı ve dünya denizleri için yeni bir tür kaydı olan *Gonyaulax ellegaardia* ismi verilmiştir.

Aydın vd., (2015a) endüstriyel kirliliğin indikatörü olan dinoflagellat kistlerini Aliğa ve Nemrut Körfezi'nde sekiz yüzey sediment örneğinde analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda 42 kist tipi belirlenmiş olup Aliğa Körfezi'nde kist konsantrasyonu Nemrut Körfezi'ne göre daha yüksek, Nemrut Körfezi'nde ise kist tür çeşitliliği Aliğa Körfezi'ne göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Toplam kist konsantrasyonu ve ototrofik kist konsantrasyonu metal kirliliğini işaret ederken toplam kist sayısı Cr (Krom) hariç herhangi bir metalle bağlantılı olmadığı vurgulanmıştır.

Aydın vd., (2015b) Güneybatı Karadeniz ve Çanakkale Boğazı'nda dinoflagellat kist topluluklarını araştırmış olup toplamda 25 kist tipi tanımlamışlardır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada istatistiksel analizler sonucu ototrofik dinoflagellat kist konsantrasyonunu daha yüksek ve korelasyonu anlamlı bulmuşlardır ($p < 0.01$). *Alexandrium minutum* tip, *Lingulodinium machaerophorum* ve *Spiniferites bulloideus* türleri baskın türler olarak tespit edilmiştir. Karadeniz Bölgesi'ndeki tür çeşitliliğinin sediment tipinden kaynaklandığı ve Karadeniz'in Çanakkale Boğazı'na oranla sediment tipinin kum-alüvyon içeriğini belirtmişlerdir.

Aydın vd., (2015c) Endüstriyel kirliliğin İzmir Körfezi'nde dinoflagellat kistleri üzerindeki etkisini araştırmışlar ve. örnekleme alanından 12 cinse ait 42 kist tipi tespit etmişlerdir. *Gymnodinium nolleri*, *Lingulodinium machaerophorum* ve *Spiniferites bulloideus* kisti körfezde baskın olarak bulmuşlardır. En yüksek kist konsantrasyonu iç körfezde kaydedilmiş ve iç körfezde ağır metal seviyeleri orta ve dış körfeze oranla daha yüksek olarak kayıt edilmiştir. *Polykrikos kofoidii*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Dubridinium caperatum* türleri

bazı metallerle (Cd, Pb, Cu, Zn) ve organik karbon içeriğiyle pozitif korelasyon gösterdiği bildirilmiştir.

Balkıs vd., (2016) Gemlik Körfezi'nde mevsimsel aşırı alg artışı döneminde dinoflagellat kistlerini araştırmışlardır. Örneklem alanında 34 dinoflagellat kist tipi tespit edilmiş olup baskın olan türler *Selenopemphix quanta*, *Operculodinium centrocarpum* ve *Lingulodinium machaerophorum* olarak kayıt edilmiştir. Toksik olan dinoflagellat kistleri ise *Alexandrium* sp., *Scrippsella trochoidea* ve *L. machaerophorum* ise sayıca fazla bulunmuştur. Toksik türler arasında bulunan *Cochlodinium* sp. kisti ise ilk kez Türkiye sularından rapor edilmiştir. Çalışma alanında bulunan zararlı alg aşırı üremesine sebep olan türler ise *A. tamarense*, *Protoceratium reticulatum*, *Heterocapsa triquetra* ve *Gymnodinium catenatum/nolleri* olarak bildirilmiştir. Dinoflagellat kistlerinin dağılımını etkileyen parametreler yüzey sıcaklığı, çözünmüş oksijen ve toplam su derinliği olsa da tuzluluk en önemli etkenlerden biri olarak bulunmuştur.

Uzar vd., (2018) Türkiye kıyılarında yapılan dinoflagellat kist çalışmalarını derlemiş ve dinoflagellat kist çalışmalarının amaçlarını gözden geçirip sonuçlarını özetlemişlerdir.

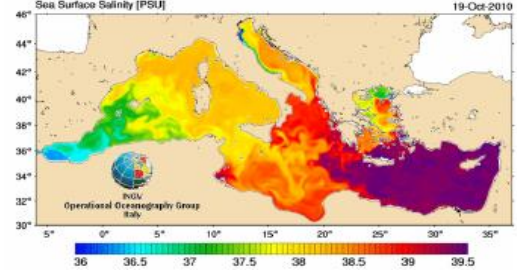
Yukarıda görüldüğü üzere Türkiye kıyılarında yapılan dinoflagellat kist çalışmaları oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada amaç Türkiye kıyı sularında Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz'den seçilen istasyonlarda dinoflagellat kist kompozisyonunu ve dağılımını belirlemek, daha önce araştırma yapılmamış alanların kist dağılım haritalarını çıkarmak ve potansiyel toksik dinoflagellat kistlerinin yayılım alanlarını belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

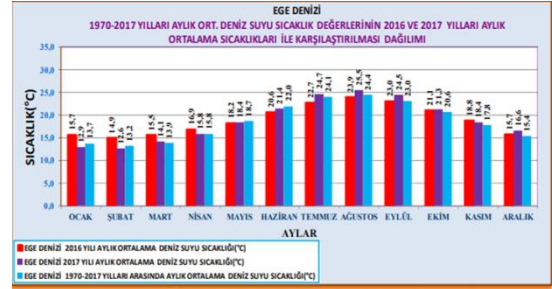
2.1. Çalışma bölgesinin özellikleri

Ege Denizi Türkiye ve Yunanistan kıyıları arasında yer almaktadır. Ege Denizi, Çanakkale Boğazı tarafından Marmara Denizi'ne bağlanırken, İstanbul Boğazı tarafından Karadeniz'e bağlanmıştır (Yüce, 1995). Bu nedenle, Doğu Akdeniz'in geri kalanı ile ilişkili olarak daha yüksek besin konsantrasyonları ile karakterizedir ve dünyanın en oligotrofik deniz bölgeleri arasındadır. Çevresel parametreler (sıcaklık, tuzluluk) 200 m altındaki eğiminde

(sırasıyla 13,5-14 °C ve ‰ 38,0-39,0) oldukça sabitken, çamurlu sediment genellikle 100 ile 1000 m derinliğindeki eğiminde sıklık bölgelerde baskındır (Şekil 2) (Labropoulou ve Papaconstantinou, 2000).



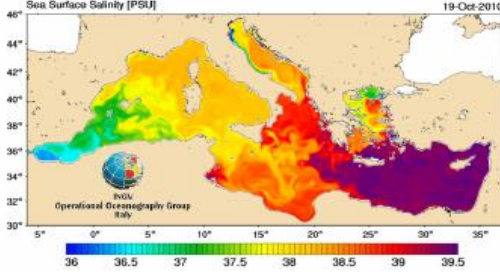
Şekil 2. Ege Denizi deniz suyu tuzluluğu haritası (Papadopoulou vd., 2011)



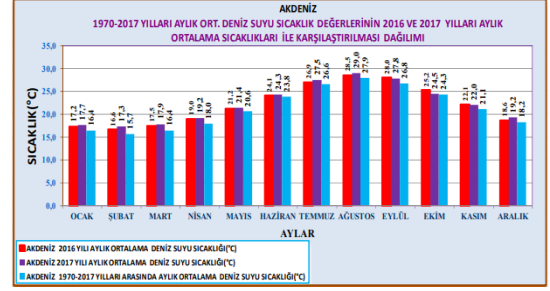
Şekil 3. Ege Denizi 1970-2017 yılları arasında aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerleri (MGM, 2018)

Akdeniz, Avrupa, Asya ve Afrika arasında neredeyse tamamen karaya oturmuş yarı kapalı bir denizdir. Akdeniz Cebelitarık Boğazı (600 m derinlik, 14 km genişlik) ile Atlas Okyanusu'na, Çanakkale Boğazı ile Marmara Denizi'ne bağlanır. Süveyş Kanalı ile Kızıldeniz'e oradan da Hint Okyanusu'na açılır. Deniz yüzey sıcaklığı ise kuzeyden güneye, batıdan doğuya doğru artış göstermektedir. Akdeniz sularının ortalama yüzey sıcaklığı 21 °C (doğu havzası) ile 15,5 °C (batı havzasındaki Lion Körfezi kıyısı) arasında değişmektedir. 1980'lerin başında Akdeniz'in en sıcak bölgesi, ortalama deniz yüzey sıcaklığı 21,8 °C olan Levant Havzası'ydı. En soğuk bölgeler ise 16,9 °C olan ortalama deniz yüzey suyu sıcaklığı ile Lion ve Ligurya Körfezi'dir. 18 °C izotermal hat Cebelitarık'tan Sardunya'nın kuzeyinde, Messina Boğazı'ndan Korint Körfezi'ne kadar uzanmaktadır. 200-500 m'nin altında sıcaklık, doğu havzasında 13,5-15,5 °C arasında, batı havzasında 12,7-13,5 °C arasında,

dipte hemen hemen eşit olarak kalmaktadır. Bu yüksek eş sıcaklık nispeten yüksek asgari sıcaklık (~ 13 °C) ve yüksek tuzluluklar (37,5-39,5 psu), Akdeniz'in derin denizi için karakteristikdir (Şekil 4) (Papadopoulou vd., 2011).



Şekil 4. Akdeniz deniz suyu tuzluluğu haritası (Papadopoulou vd., 2011)



Şekil 5. Akdeniz 1970-2017 yılları arasında aylık ortalama deniz suyu sıcaklık değerleri (MGM, 2018)

2.2. Örneklem yöntemi

Bu çalışma Kuzey Ege ve Akdeniz bölgesinden seçilen 8 istasyondan 2015 yılı yaz mevsiminde örneklem yapılmıştır. Bu istasyonlardan örnekler TFO (Tokyo Üniversitesi Balıkçılık Oşinografi Laboratuvarı) kor aleti kullanılarak sediment örnekleri alınmıştır. Çalışmada istasyonların belirlenmesi rastgele örneklem olup daha çok sediment tipi çamurlu bölgeler olmasına özen gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışma bölgesi istasyonların konumları, derinlikleri ve sediment tipleri

No	İstasyon	Enlem	Boylam	Derinlik	Sediment Tipi
1	Dalaman Çayı	36°45'41.66"	28°34'45.39"	2	Çamur
2	Dalaman	36°41'32.98"	28°44'8.70"	3	Çamur
3	Edremit Akçay	39°34'40.16"	26°55'4.04"	7	Çamur
4	Fethiye 2	36°38'29.56"	29° 7'8.82"	3	Çamur
5	Fethiye Çalış Kanalı	36°39'33.26"	29° 6'13.43"	3	Çamur
6	Fethiye 1	36°38'58.28"	29° 6'54.81"	3	Çamur
7	Güllük	37°13'55.09"	27°34'59.04"	7	Kum+Çamur
8	Kaş	36°11'48.49"	29°38'17.92"	8	Çamur



Şekil 6. Örnekleme istasyonlarının konumu

2.3. Sediment örneklerinin işlenmesi

TFO kor aleti ile alınan sediment örnekleri hızlı bir şekilde laboratuvara getirilerek +4 °C 'de karanlık ortamda kimyasal işlemler başlayıncaya kadar buzdolabında bekletildi. Aldığımız örnekler Matsuoka ve Fukuyo (2000) tarafından önerilen palinolojik yöntem basamaklarına göre işlemden geçirildi. Örneklerin en üst 2 cm'deki sediment örneğinden spatül yardımıyla 1 gr alınarak aside dayanıklı kauçuk beherlerin içerisine kalsiyum karbonat ve silikat gibi materyalleri uzaklaştırmak amacıyla %10'luk HCl (hidroklorik asit) ve %47'lik HF (hidroflorik asit) eklendi. Asitliğin azaltılması için pH derecesi 5-7 olana kadar yıkama işlemi yapıldı. Kistlere yapışmış partiküllerin uzaklaştırılması amacıyla 30 sn ultrasonik banyoya tabi tutulup önce 125 µm'den daha sonra 20 µm aralıklı eleklerden geçirildi. Final konsantrasyonu 10 ml olacak şekilde plastik tüplere aktararak sayım ve tayin işlemleri yapıncaya kadar bekletildi. Her bir istasyona ait örneklerden 5'er defa mikropipet yardımıyla 1'er ml örnek alınarak Sedgwick-Rafter sayım kamarasına konulan örnekler Olympus IX71-DIC ataçmanlı inverted mikroskopta kist tipleri tespit edilip sayım işlemi yapılmıştır. Kistlere ait fotoğraf çekimleri mikroskoba bağlı Olympus DP25 numaralı dijital kamera ile 100x, 200x ve 400x büyütmede gerçekleştirilmiştir. Kistlere ait boy ölçümleri ise mikroskoba bağlı Olympus DP2- BSW programı ile yapıldı. Tek bir türe ait kist konsantrasyonu aşağıdaki formül kullanarak hesaplanmıştır:

Kist konsantrasyonu = (Türün bir istasyondaki kist sayısının toplamı/5) X 10/(Yaş ağırlık X (1- (Sediment su oranı- /100))

2.4. İstatiksel analizler

Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz'den kistlerin tür zenginliğini hesaplamak için her istasyona ait Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi hesaplandı (Özkan, 2016).

3. Bulgular

Bu çalışma sonucunda Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz'den 2015 yılında toplanan 8 yüzey sediment örneğinde toplam 24 kist tipi tespit edilmiştir (15 ototrofik, 8 heterotrofik). Toplam kist konsantrasyonu 14-354 kist g⁻¹ kuru ağırlık sediment olarak kaydedilmiştir. Bu kistlerden 1 tanesi literatürde tür seviyesinde tanımlanmamış kist tipi olup bazı kistler morfolojik karakterleri tam tanımlanamadığı için sadece cins seviyesinde belirtilmiştir.

Alexandrium affine tip örnekleme istasyonlarının hepsinde çeşitli konsantrasyonlarda tespit edilmiş kozmopolit dağılım gösteren bir türdür.

Alexandrium catanella/tamarensense kompleks, *A.minutum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum*, *O. israelianum*, *Spiniferites bulloideus* ve *Spiniferites sp.* istasyonların büyük bir kısmında tespit edilmiş, geniş dağılım gösteren türlerdir.

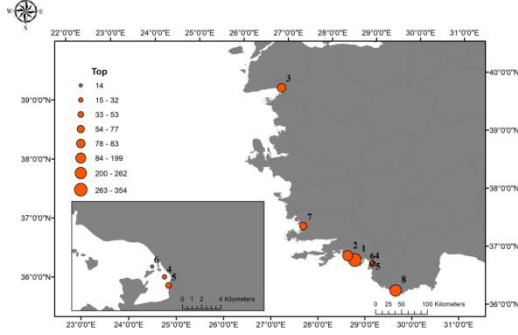
Spiniferites mirabilis, *Cochlodinium sp.*, *Gymnodinium sp.*, *Polykrikos schwartzii*, *Quinquecuspis concreta* ve A kist tipi, istasyonlarda diğer türlere göre daha sınırlı dağılım gösteren türlerdir.

Spiniferites delicatus, *S. ramosus*, *Gymnodinium nolleri*, *Scrippsiella sp.*, *Polykrikos kofoidii*, *Brigantedinium irregulare*, *Protopteridinium parthenopes*, *Protopteridinium sp.* *Selenopemphix quanta* ve *Votadinium spinosum* belirli istasyonlarda sınırlı dağılımı olan kist türleridir.

Çalışma alanlarında ototrofik kist tür çeşitliliği, heterotrofik kist çeşitliliğine oranla daha fazla olduğu saptanmıştır. Toplam kist sayısı en fazla 2. ve 3. istasyonda bulunurken en az tür sayısına sahip istasyon 6. istasyon olarak saptanmıştır (Şekil 7).

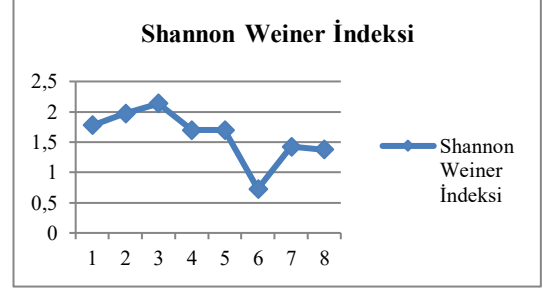
Çalışma bölgesinde toplam kist konsantrasyonu 14-354 kist g⁻¹ kuru ağırlık sediment aralığında hesaplanmıştır. Toplam kist konsantrasyonu Dalaman istasyonlarında daha yüksek olup Fethiye istasyonlarında daha az olduğu

saptanmıştır. Ototrofik kist konsantrasyonunun, heterotrofik kist konsantrasyonuna oranla daha baskın olduğu tabloda görülmektedir (Tablo 2.). Toplam ototrofik kist konsantrasyonu 14-354 kist g^{-1} kuru ağırlık olarak, heterotrofik kist konsantrasyonu 0-17 kist g^{-1} kuru ağırlık olarak saptanmıştır.



Şekil 7. Çalışma bölgesinde toplam kist konsantrasyonunun (kist g^{-1} kuru ağırlık sediment) örnekleme alanlarına göre dağılımı

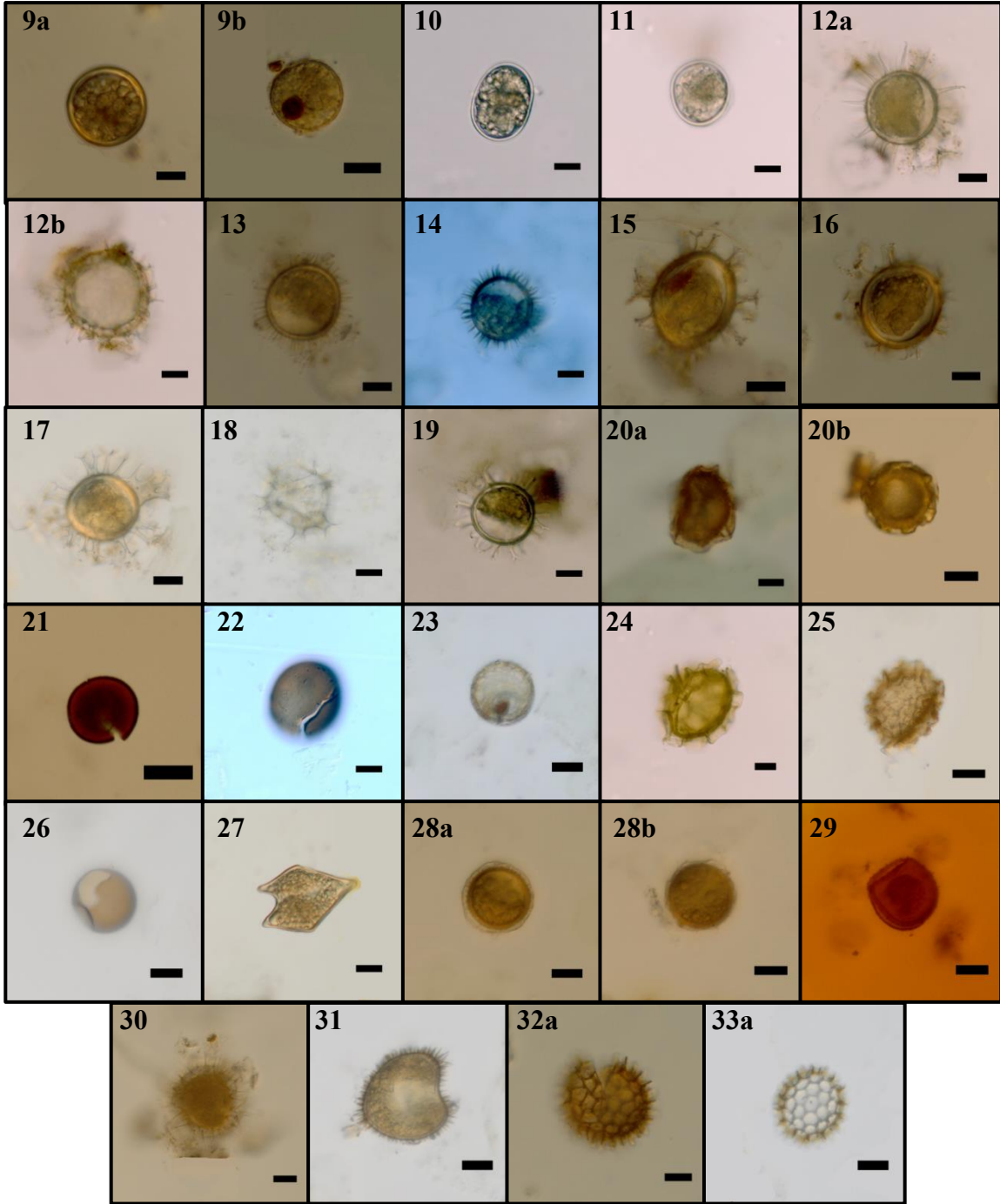
Shannon- Weiner çeşitlilik indisine göre kist tür çeşitliliği 0,72-2,13 değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Tür çeşitliliği 1 ve 2. istasyonda artış gösterirken 3.istasyonda en fazladır. En düşük tür çeşitliliği ise 6.istasyonda bulunmuştur (Şekil 8.)



Şekil 8. Shannon- Weiner çeşitlilik indisinin istasyonlara göre değer dağılımı

Tablo 2. Çalışma bölgesindeki kist tür konsantrasyonlarının (kist g⁻¹ kuru ağırlık sediment) istasyonlara göre dağılımı

İstasyonlar								
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ototrofik Türler								
<i>Alexandrium affine</i> tip	108	56	21	4	22	6	8	132
<i>Alexandrium catanella/tamarense</i> kompleks	76	52	4	0	4	0	2	33
<i>Alexandrium minutum</i> tip	83	12	0	4	4	8	0	68
<i>Lingulodinium machaerophorum</i>	0	0	8	7	0	0	47	8
<i>Operculodinium centrocarpum</i>	7	8	4	0	0	0	0	10
<i>Operculodinium israelianum</i>	7	0	8	0	4	0	4	0
<i>Spiniferites bulloideus</i>	40	24	0	7	4	0	0	2
<i>Spiniferites delicatus</i>	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Spiniferites mirabilis</i>	4	4	0	0	0	0	6	0
<i>Spiniferites ramosus</i>	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Spiniferites sp.1</i>	11	0	0	0	9	0	2	2
<i>Cochlodinium sp.</i>	11	20	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium nolleri</i>	0	0	4	0	0	0	0	0
<i>Gymnodinium sp.</i>	7	0	17	11	0	0	0	0
<i>Scrippsiella sp.1</i>	0	4	0	0	0	0	0	0
Heterotrofik Türler								
<i>Polykrikos kofoidii</i>	0	12	0	0	0	0	0	0
<i>Polykrikos schwartzii</i>	0	4	0	0	0	0	2	0
<i>Brigantedinium irregulare</i>	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Quinquecuspis concreta</i>	0	0	8	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium parthenopes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Protoperidinium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Selenopemphix quanta</i>	0	0	0	0	0	0	6	0
<i>Votadinium spinosum</i>	0	0	8	0	0	0	0	0
Tanımlanamayan tür	0	0	0	4	0	4	0	0
Ototrofik Kist Konsantrasyonu	354	183	67	32	53	14	68	256
Heterotrofik Kist Konsantrasyonu	0	16	17	0	0	0	9	6
Toplam Kist Konsantrasyonu	354	199	83	32	53	14	77	262
Ototrofik Kist Sayısı	10	9	8	5	7	2	5	7
Heterotrofik Kist Sayısı	0	2	3	1	0	1	3	2
Toplam Kist Sayısı	10	11	11	6	7	3	8	9



Şekil 9-33. Kuzey Ege ve Akdeniz yüzey sedimentinde bulunan dinoflagellat kistleri, (9a-b) *Alexandrium affine* tip, (10) *Alexandrium catanella/tamarense* kompleks, (11) *Alexandrium minutum* tip, (12a-b) *Lingulodinium machaerophorum*, (13) *Operculodinium centrocarpum*, (14) *Operculodinium israelianum*, (15) *Spiniferites bulloideus*, (16) *Spiniferites delicatus*, (17) *Spiniferites mirabilis*, (18) *Spiniferites ramosus* (19) *Spiniferites sp*, (20a-b) *Cochlodinium sp*, (21) *Gymnodinium nolleri*, (22) *Gymnodinium sp*, (23) *Scrippsiella sp*, (24) *Polykrikos kofoidii*, (25) *Polykrikos schwartzii*, (26) *Brigantedinium irregulare*, (27) *Quinquecuspis concreta*, (28a-b) *Protopteridinium parthenopes*, (29) *Protopteridinium sp*, (30) *Selenopemphix quanta*, (31) *Votadinium spinosum*, (32a-b) Tanımlanamayan tür, Bar=20 µm

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada dinoflagellat kistlerinin kominite yapısı ve dağılım alanlarını belirlemek ve Türkiye denizleri için yeni veri sağlamak amacıyla seçilen 8 istasyondaki yüzey sediment örneğinden kist dağılımları rapor edilmiştir. Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz’de dinoflagellat kist dağılımını inceleyen diğer çalışmalarla kıyaslandığında kist türleri benzer özellik göstermesine rağmen, çalıştığımız bazı alanların çevresel faktörler açısından kendine has özellikleri nedeniyle farklı türlerin de bulunması dikkat çekmektedir. Toplam 24 kist tipi tespit edilmiş olup türlerin istasyonlardaki kist bolluğu en az 14 (istasyon 4) ve en fazla 354 (istasyon 1) kist g⁻¹ kuru ağırlık sediment arasında değişmektedir. Çalışmamızda toplam ototrofik kist konsantrasyonu (1027 kist g⁻¹ kuru ağırlık sediment) olup toplam heterotrofik kist konsantrasyonuna (48 kist g⁻¹ kuru ağırlık sediment) göre baskındır. Bu durumun çalışma alanlarındaki primer prodüktivite ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir (Uzar ve Aydın, 2019).

Çalışmamızda Türkiye kıyı suları için Fethiye istasyonları hariç diğer istasyonlar dinoflagellat kist çalışmaları için ilk kez örnekleme yapılan bölgelerdir. Türkiye’ye kıyısı olan Akdeniz’de yapılan fitoplankton araştırmalarında Gmez (2003) 673 dinoflagellat türünü rapor etmiştir. Bu türler içerisinde pelajik bölgede *Cochlodinium sp.* cinsine ait türler de bulunmaktadır. Balkıs vd., (2016) Gemlik Körfezi’nden alınan yüzey sediment örneklemlerinde dinoflagellat kist topluluğunu araştırmıştır. *Cochlodinium sp* kist tipi ilk kez Gemlik Körfezi’nde tespit edilmiştir. Yaptığımız alışma yukarıda bahsedilen çalışmalar ile benzerlik göstermiş olup 1., 2. ve 3. istasyonlarda *Cochlodinium sp.* kist tipi tespit edilmiştir. Böylece Kuzey Ege ve Akdeniz bölgeleri için ilk kez rapor edilen bu tür aynı zamanda toksik bir tür olması ile dikkat çekmektedir. *Cochlodinium sp.* ihtiyotoksik olup balık ve deniz organizmaları için öldürücü olduğundan önemli bir HAB türüdür (Kudela ve Gobler, 2012).

Gmez (2003) Akdeniz dinoflagellat tür listesinde Tiren Deniz’inden *Protoperidinium parthenopes* dinoflagellat türünü bildirmiştir. Doğu Akdeniz Hayfa Limanı’nda yapılan araştırmada *P. parthenopes* kisti rapor edilmiştir (Rubino vd., 2017). Bu çalışmada 8. istasyon olan Kaş istasyonundan aldığımız yüzey sediment

rneğinde *P. parthenopes* kisti Türkiye kıyı sularında ilk kez rapor edilmiştir.

Türkiye denizlerinde daha önce yapılış kist çalışmalarında tespit edilen toplam kist konsantrasyonları ile karşılaştırdığımızda bu çalışma sonucunda belirlenen toplam kist konsantrasyonu (14-354 kist g⁻¹ kuru sediment) daha düşük değerlerdedir. Aydın vd., (2011) İzmir Körfezi’nde 13 istasyonda 41-3292 kist g⁻¹ kuru sediment, Aydın ve Uzar (2014) Marmara, Ege ve Doğu Ege’de 21 istasyondan 34-31352 kist g⁻¹ kuru sediment, Aydın vd., (2014) Homa Lagünü’nde 11 istasyonda 15-71 kist g⁻¹ kuru sediment, Aydın vd., (2015a) Aliağa ve Nemrut Körfezi’nden 8 istasyonda 11-2543 kist g⁻¹ kuru sediment, Aydın vd.,(2015b) Karadeniz ve Çanakkale Boğazı’ndan 8 istasyonda 8-346 kist g⁻¹ kuru sediment ve Aydın vd.,(2015c) İzmir Körfezi’nden yapılan başka bir çalışmada 12 istasyonda 384-9444 kist g⁻¹ kuru sediment olarak kist konsantrasyonu olarak rapor etmişlerdir. Yapılan alışmalar Aydın ve Uzar (2014) yaptığımız çalışma ile kist konsantrasyonu açısından benzerlik benzerlik göstermekte olup Fethiye Körfezi’nden aldıkları yüzey sediment rneği çalışmadaki en düşük kist konsantrasyonu (34 kist g⁻¹ kuru sediment) olarak tespit etmişlerdir. Bu alışmada Fethiye Bölgesinden seçilen 3 istasyonda (4,5 ve 6.) toplam kist konsantrasyonu 14-53 kist g⁻¹ kuru sediment olarak bulunmuştur. Kist konsantrasyonunun düşük olması, bölgenin jeolojik özelliği, fizikokimyasal parametreler, nehir ağzı yakınlığı, kirletici kaynak etkileri gibi birçok faktöre bağlı olabilir.

Çalışmada Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz ’den 24 kist tipi tespit edilmiş olup *Alexandrium* cinsine ait bireyler baskın türlerdir. Tür zenginliği istasyonlar arasında çeşitlilik göstermektedir. Shannon-Weiner indis değerleri 0,72-2,13 arasında olup 3. istasyonda en yüksek değerdeyken 6. İstasyonda en düşük değerdedir (şekil 8.). 3. istasyonun 6. istasyona göre daha yüksek tür çeşitliliğine sahip olmasının sebebi ve türlerin alandaki varlığını sürdürebilmesi yüzey suyu tuzluluğu, sıcaklık gibi diğer birçok fizikokimyasal parametrelerin etkisine bağlı olabilir.

Yaptığımız çalışmada ototrofik kist konsantrasyonun heterotrofik kist konsantrasyonuna baskın olduğu tespit edilmiştir. Aydın vd., (2015a, b) yaptıkları çalışma ile

benzerlik göstermiştir. Aydın vd., (2015a) ototrofik kist konsantrasyonu baskın olmasını besleyici element ve metal kirliliğinin indikatörü olacağını savunmuştur. Yalnız metal kirliliği ve ötrofikasyonu birbirinden ayırmak çok zor olacağı için bu tarz ekolojik çalışmaların daha fazla yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Kuzey Adriyatik Denizi'nde yapılan başka bir çalışmada heterotrofik kist oranının ototrofik kist oranından daha yüksek olmasının sebebini, *Brigantedinium spp.* ve *Selenopemphix quanta* türlerinin ortamdaki baskınlığını nütrient bakımından zengin sularda ve upwelling bölgelerde ötrofikasyona işaret ettiğini etmişlerdir. Ayrıca bu türlerin sanayileşmeden kaynaklı ağır metallere (Zn, Pb) pozitif korelasyon gösterdiğini bu nedenle sedimentte indikatör olduğunu bildirmişlerdir (Sangıorgı ve Donders, 2004). Radi vd., (2007) İngiliz Kolombiyası'nda yaptığı çalışmada tatlı su girişlerinde daha baskın ototrofik kist taksonlarını belirlemiş ve bunun sebebini de Fraser Nehri'nden gelen sulardaki besleyici elementlerle ilişkilendirmiştir. Yaptığımız çalışmada bu iki tür sadece 7.istasyonda (Güllük) karşımıza çıkmaktadır. Ancak 2014-2016 örnekleme dönemi Ege Denizi kıyı ve açık deniz yüzey sularında TRIX değerleri İzmir İç Körfezi hariç “ Ötrofikasyon riski yok:<4” sınıfına girmiş olduğunu bildirmişlerdir. Balık çiftliklerinin baskısında olan Güllük Körfezi'nde 2007 yılında TRIX 1.0-3.5, 2008 yılında ise 1.6-4.8 aralığında bulunurken, 2009 yılında 2.4-4.4 olarak hesaplamışlardır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED Raporu, 2017). Örnekleme alanlarının kıyıda ve derinliği az bölgelerde bulunması sanayileşme ve antropojenik etkinin de var olması Kuzey Adriyatik Denizi'nde yapılan çalışmayla benzerlik gösterir niteliktedir. Tahminlerden ziyade yapılan çalışmalarda ağır metal ve besleyici element analizleri yapılacak olursa daha güvenilir ve anlamlı sonuçlar verecektir.

Alexandrium affine tip, *A. catanella/tamarensis* kompleksi, *A. minutum*, *Lingulodinium machaerophorum* ve *Spiniferites bulloideus* türlerinin kist konsantrasyonu bakımından diğer türlerden baskın olduğu yaptığımız çalışmada görülmektedir. *Alexandrium sp.* cinsine ait kist tipleri Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz'deki istasyonların birçoğunda görülmüştür. Zonneveld vd., (2013) *Alexandrium tamarensis* kistinin dünyada dağılım haritasını vermiş, bu türün Kuzey Yarım Kürede ılıman bölgelerde bulunduğunu bildirmiştir. Türkiye ılıman ve subtropikal kuşakta yer almasından dolayı bu olgu

çalışmamız ile benzerlik göstermiştir. *Lingulodinium machaerophorum* kisti Zonneveld vd., (2013) ve Mertens vd., (2009) dünya dağılım haritasında Kuzey Yarım Kürede ekvatorial ve subtropikal bölgelerde, kıyı yerleşim alanlarında bulunduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz'deki istasyonlarda *L. machaerophorum* kisti rapor edilmiştir.

Lingulodinium machaerophorum kisti kıyısız ve neritik bölgelerde bulunması ile birlikte bu tür aşırı üremeye red-tide sebebi olmaktadır. Smayda ve Reynolds (2003) dinoflagellat türlerini hayatta kalma stratejilerinde *Lingulodinium polyedrum* kistinin fiziksel olarak değişen su kolonunda upwelling bölgeleri temsil ettiği ve bu değişimlere karşı toleranslı olduğunu savunmuştur. Yaptığımız çalışmada *L. machaerophorum* toplam 71 kist g⁻¹ kuru sediment olarak tespit edilip Güllük istasyonunda en bol bulunan türdür. Deniz ekosisteminde çevresel parametrelerin türler üzerinde etkili olabildiğini bildirmişlerdir (Aydın vd., 2014). Balkıs vd., (2016). *L. machaerophorum* türünü düşük tuzluluk, ötrofik su ve red-tide ile ilişkilendirmişlerdir. Mertens vd., (2009) yaptıkları çalışmada *L. machaerophorum* kistinin sıcaklığa ve tuzluluğa bağlı olarak değişen proses boylarını incelemişler ve çalışma sonucunda proses boyları tuzluluk ile pozitif ilişkili sıcaklık ile negatif ilişkili bulunmuşlardır. Vink vd., (2000) Amazon Nehri bölgesinde *L. machaerophorum* kistinin düşük tuzluluktan etkilendiğini rapor etmiştir. Bu türün sıcaklık ve tuzluluk aralığı olarak en az 12.5 ila 42 psu ve sıcaklık 9 ila 31 °C'dir. Çalışmamızda ise Akdeniz %37,5-39,5 ve Ege Denizi % 38,0-39,0 tuzlulukta (Labropoulou ve Papaconstantinou, 2000; Papadopoulou vd., 2011), Akdeniz 15,7-27,9 °C ve Ege Denizi 13,2-24,4 °C sıcaklık aralığında bulunmaktadır. Bunun sonucunda *L. machaerophorum* proses boyu tuzluluğun yüksek olduğu bölgelerde daha uzun proses boyuna sahiptir. 3 istasyon Edremit Akçay'da tespit edilen bu tür daha kısa proses boyuna sahip olduğu saptanmıştır. Tuzluluk oranları ve proses boyu yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz'den yaptığımız çalışmada olası toksik dinoflagellat kist türleri *Alexandrium affine* tip, *A. catanella/tamarensis* kompleksi, *A. minutum*, *Cochlodinium sp.*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum* olarak belirlenmiştir. Aydın ve Uzar (2013) İzmir

Körfezi'nde potansiyel toksik dinoflagellat kistlerinin dağılımını ve bolluğunu incelendiğinde *Alexandrium affine* tip, *A. catanella/tamarense* kompleksi, *A. minutum*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Operculodinium centrocarpum* türlerini potansiyel toksik kist olarak rapor etmiştir. Çalışmamızda da tespit edilen çok benzerlik gösteren bu türlerden; *A. minutum*, *A. catanella/ tamarense* kompleksi, *L. machaerophorum*, parolitik kabuklu zehirlenmesine (PSP) sebep olduğunu, besin ağındaki akümülyasyona bağlı olarak sucul canlılarda ölümlere ve insan sağlığının negatif etkilenmesine sebep olabileceği savunulmuştur (Aydın ve Uzar, 2009). Wang vd., (2004) *Alexandrium* cinsinin Çin kıyısulularında PSP'ye neden olduğunu bildirmiştir. Koray ve Sabancı (2001) yüzey suyu örneklerinden *A.minutum* ve *Lingulodinium polyedrum* toksik türler olarak rapor etmiş ve balık kırılmalarına sebep olduğunu bildirmiştir. *Operculodinium centrocarpum* yessotoksin salgıladığı aynı zamanda kozmopolit bir tür olduğu, sıcaklık ve tuzluluk aralığının geniş olduğu saptanmıştır (Sangıorgı ve Donders, 2004; Uzar vd., 2010). Joyce vd., (2005) Saldanha Körfezi'nde yaptığı çalışmada *O. centrocarpum* türünün büyük midye ölümlerinden sorumlu olduğunu bildirmişlerdir. Saldanha Körfezi'nde midye endüstrisine bir bakıma destek olan fitoplankton aşırı artışı aynı zamanda bu ortamda toksik türlerin bulunmasından kaynaklı bazı önemli risk faktörlerini arttırdığı da savunulmuştur. Çalışmamızda diğer bir toksik dinoflagellat türü olan *Cochlodinium sp.* Japonya ve Kuzey Kore'de balık ölümlerine kıyısularda sebep olmaktadır. Bunun gibi birçok ülkede kaydedilmiş raporlar vardır. Aynı zamanda deniz ekosisteminde mercan resiflerinin ölümüne ve deniz ekosisteminin doğal olarak bozunumuna yol açmış, Kore'de yıllık 100 milyon ABD dolarını aşan balıkçılık kayıplarına neden olmuştur. *Cochlodinium sp.* türünün aşırı üremesinin insan kaynaklı nütrient girdisi ve gemilerin balast sularıyla bir bölgeden başka bir bölgeye taşındığı düşünülmektedir (Kudela ve Gobler, 2012).

Kuzey Ege Denizi ve Akdeniz bölgesinde sediment dinoflagellat kist çeşitliliğinin ve konsantrasyonunun diğer çalışmalarla kıyaslandığında daha düşük olmasına rağmen, bu bölgelerde zengin sediment kist çeşitliliğinin olduğunu tahmin etmekteyiz. Bu çalışmada dinoflagellat kist konsantrasyonunun düşük çıkmasının sebebi nehir ağız yakınlığı ve

örnekleme alan derinliğinin düşük değerde bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmaya ek olarak gelecek araştırmalarda suyun tuzluk ve sıcaklık değerlerinin yanı sıra, besleyici elementler, ağır metal konsantrasyonları ve diğer kirleticilerin birlikte çalışması kist türlerinin dağılımını etkileyen faktörlerin daha detaylı anlaşılmasını sağlayacaktır. Dinoflagellat kist türlerinin sedimentin yanı sıra pelajik bölgedeki vejetatif formları ve tür sayımları ile desteklenmesi tür tayinindeki belirsizlikleri ortadan kaldırması açısından fayda sağlayacaktır. Yeni tür kayıtlarının verilmesi, potansiyel toksik dinoflagellat kistlerinin dağılımlarının bu ve benzeri çalışmalarla ortaya konması izleme çalışmalarına büyük katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

İstatiksel verilerinin hesaplanmasında TÜBİTAK ve Süleyman Demirel Üniversitesi İş birliği ile gerçekleştirilen TÜBİTAK 2229-BİDEB 1059B291700039 No'lu projeye teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Aydın, H., Uzar, S. (2009). Denizel mikroalg biyotoksinleri ve etkileri. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 5,(1), 87-100.
- Aydın, H., Matsuoka, K., Minareci, E. (2011). Distribution of dinoflagellate cysts in recent sediments from Izmir Bay (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). Marine Micropaleontology, 80, 44-52.
- Aydın, H., Uzar, S. (2013). Some potentially toxic dinoflagellate cysts in recent sediments from İzmir Bay. Su Ürünleri Dergisi, 30(3), 109-114.
- Aydın, H., Uzar, S. (2014). Distribution and abundance of modern dinoflagellate cysts from Marmara, Aegean and Eastern Seas of Turkey. Journal Of Environmental Biology, 35, 413-419.
- Aydın, H., Yürür, E. E., Uzar, S. (2014). Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments from Homa Lagoon (Izmir Bay, eastern Aegean Sea, the Mediterranean). Fresenius Environmental Bulletin, 23(8), 1795-1801.
- Aydın, H., Yürür, E. E., Uzar, S., Küçüksezgin, F. (2015). Modern dinoflagellate cyst assemblages of Aliağa and Nemrut Bay: influence of industrial pollution. Turkish

- Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15, 549-560.
- Aydin, H., Balci, M., Uzar, S., Balkis, N. (2015). Dinoflagellate cyst assemblages in surface sediments of southwestern Black Sea and Çanakkale Strait (Dardanelles). *Fresenius Environmental Bulletin*, 24, 4789-4798.
- Aydin, H., Yürür, E. E., Uzar, S., Küçüksezgin, F. (2015). Impact of industrial pollution on recent dinoflagellate cysts in İzmir Bay (Eastern Aegean). *Marine Pollution Bulletin*, 94, 144-152.
- Balkis, N., Balci, M., Giannakourou, A., Venetsanopoulou, A., Mudie, P. (2016). Dinoflagellate resting cysts in recent marine sediments from the Gulf of Gemlik (Marmara Sea, Turkey) and seasonal harmful algal blooms. *Phycologia*, 55(2), 187-209.
- Bravo, I., Figueroa, R.I. (2014). Towards an ecological understanding of dinoflagellate cyst functions. *Microorganisms*, 2, 11-32.
- Gómez, F. (2003). Checklist of Mediterranean free-living dinoflagellates. *Botanica Marina*, 46(3), 215-242.
- Hallegraeff, G.M., (1993). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32 (2), 79-99.
- Joyce, L.B., Pitcher, G.C., Du Randt, A., Monteiro, P.M.S. (2005). Dinoflagellate cysts from surface sediments of Saldanha Bay, South Africa: an indication of the potential risk of harmful algal blooms. *Harmful algae*, 4(2), 309-318.
- Koray, T., Çolak Sabancı, F. (2001). Türkiye Denizlerinin toksik planktonik mikroalgleri. *Su Ürünleri Dergisi*. 18/1, 293-298.
- Kremp, A. (2013). Diversity of dinoflagellate life cycles: facets and implications of complex strategies. *Biological and Geological Perspectives of Dinoflagellates*, 5, 197-205.
- Kudela, R.M., Gobler, C.J. (2012). Harmful dinoflagellate blooms caused by *Cochlodinium* sp.: global expansion and ecological strategies facilitating bloom formation. *Harmful Algae*, 14, 71-86.
- Labropoulou, M., Papaconstantinou, C. (2000). Community structure of deep-sea demersal fish in the North Aegean Sea (northeastern Mediterranean). *Island. Ocean and Deep-Sea Biology*, 440, 281-296.
- Matsuoka, K., Fukuyo, Y., (2000). Technical guide for modern dinoflagellate cyst study. WESTPAC-HAB, Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo, Japan, 47.
- Mertens, K.N., Ribeiro, S., Bouimetarhan, I., Caner, H., Nebout, N.C., Dale, B., Vernal, A.D., Ellegaard, M., Filipova, M., Godhe, A., Goubert, E., Grosfeld, K., Holzwarth, Kotthoff, U., Leroy, S.A.G., Londeix, L., Marret, F., Matsuoka, K., Mudie, P.J., Naudts, L., Pena-Manjarrez, J.L., Persson, A., Popescu, S.M., Pospelova, V., Sangiorgi, F., Van Der Meer, M.T.J., Vink, A., Zonneveld K.A.F., Vencauteren, D., Vlassenbroeck, J., Louwye, S. (2009). Process length variation in cysts of a dinoflagellate, *Lingulodinium machaerophorum*, in surface sediments: investigating its potential as salinity proxy. *Marine Micropaleontology*, 70, 54-69.
- Mertens, K.N., Aydin, H., Uzar, S., Takano, Y., Yamaguchi, A., & Matsuoka, K. (2015). Relationship between the dinoflagellate cyst *Spiniferites pachydermus* and *Gonyaulax ellegaardiae* sp. nov. from İzmir Bay, Turkey, and molecular characterization. *Journal Of Phycology*, 51(3), 560-573.
- MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/denizSuyu/Akdeniz-DenizSuyu-Sicakligi-Analizi.pdf> (erişim 05.09.2018)
- MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/denizSuyu/Ege-DenizSuyu-Sicakligi-Analizi.pdf> (erişim 05.09.2018)
- Özkan, K. (2016). Biyolojik çeşitlilik bileşenleri nasıl ölçülür?. *SDÜ Basımevi*, Isparta, Türkiye, 142 s.
- Papadopoulou, K.N., Markantonatou, V., Smith, C.J. (2011). The Mediterranean Sea: Additional information on status of threatened ecological characteristics relevant to the Marine Strategy Framework Directive. *ODEMM*.
- Penaud, A., Hardy, W., Lambert, C., Marret, F., Masure, E., Servais, T., Siano, R., Wary,

- M., Mertens, K.N. (2018). Dinoflagellate fossils: geological and biological applications. *Revue de micropaleontologie*, 61, 235-254.
- Polat, S., Koray, T. (2007). Planktonic dinoflagellates of the northern Levantine Basin, northeastern Mediterranean Sea. *European Journal of Protistology*, 43, 193-204.
- Reinsch, P.F., (1905). Die palinospharien, ein mikroskopischer vegetabile organismus in der mukronatenkreide. *Cent. Miner. Geol. Palaeontol*, 402-407.
- Radi, T., Pospelova, V., de Vernal, A., Barrie, J. V. (2007). Dinoflagellate cysts as indicators of water quality and productivity in British Columbia estuarine environments. *Marine Micropaleontology*, 62, 269-297.
- Rubino, F., Belmonte, M., Galil, B.S. (2017). Plankton resting stages in recent sediments of Haifa port, Israel (Eastern Mediterranean)-Distribution, viability and potential environmental consequences. *Marine pollution bulletin*, 116, 258-269.
- Sangiorgi, F., Donders, T.H. (2004). Reconstructing 150 years of eutrophication in the north-western Adriatic Sea (Italy) using dinoflagellate cysts, pollen and spores. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60, 69-79.
- Smayda, T.J., Reynolds, C.S. (2003). Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal of Sea Research*, 49, 95-106.
- T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Çed, İzin Ve Denetim Genel Müdürlüğü. (2017). Denizlerde bütünleşik kirlilik izleme işi 2014-2016 Ege Denizi özet raporu(Baskı No.5148704). Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/2014-2016%20YILI%20EgeDenizi_Ozet_Raporu.pdf
- Uzar, S., Aydın, H., Minareci, E. (2010). Dinoflagellate cyst assemblages in the surface sediments from İzmir Bay, Aegean Sea, Eastern Mediterranean. *Scientific Research and Essays*, 5(3), 285-295.
- Uzar, S. (2015). İzmir Körfezi'nde modern dinoflagellat kistlerinin dağılımını etkileyen çevresel faktörlerin incelenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Manisa, 215 s. (Doktora Tezi).
- Uzar, S., Aydın, H., Yürür, E. E. (2018). Dinoflagellate cyst studies in the sediments of Turkish coastal waters and future aspects. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27, 2800-2808.
- Uzar, S., Aydın, H. (2019). Dinoflagellat Kistlerinin Deniz YüzeY Suyu Hidrografik Koşulları İle İlişkisi ve İndikatör Olarak Kullanımı. *Acta Aquatica Turcica*, 15(1), 99-107.
- Vink, A., Zonneveld, K.A.F., Willems, H. (2000). Organic-walled dinoflagellate cysts in western equatorial Atlantic surface sediments: distributions and their relation to environment. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 112, 247-286.
- Wang, Z., Matsuoka, K., Qi, Y., Chen, J. (2004). Dinoflagellate cysts in recent sediments from Chinese coastal waters. *Marine Ecology*, 25(4), 289-311.
- Yüce, H. (1995). Northern Aegean Water Masses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 41:325-343.
- Zonneveld, K.A.F. vd., (2013) Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 191, 1-197.

Air Traffic Security against Cyber Threats

Ahmet Efe^{1*}, Ahmet Can Cavlan², Büşra Tuzlupınar²

Abstract: Air Traffic Management security is amongst major topics of safety of critical systems and issues of both civil aviation and military defense units. The dramatic increase in the number of the aircrafts and the innovative technology that provides smaller and sustainable air vehicles make the air communication protocols and methods as a high profile potential target for black hat hackers. There are lots of communication protocols and different systems between air to ground station and air to air. These include set of information such as aircraft communication data, voice information and flight planning which works on some protocols. All of radar detection and chasing systems are also using similar techniques including air defense and army elements. The Data Distribution Service is a protocol for data transfer to each node. Since there is not any full assurance, the communication systems can be protected from third party system or hackers to some extent. The security is coming from that point. Each components have own security using valid and standard methods. Our approach and objective in this study, is to provide reasonable and applicable security concepts and techniques for robust and resilient air traffic via a literature survey and analysis.

Keywords: Information security, DDS, ATM security, ATC, ADS-B.

1. Introduction

Hacking of aircrafts is becoming one of the most important challenges that cyber security experts are trying to find additional remedies for vulnerabilities. Portable RF transmitters used by hackers can only be operated with an easily accessible license. However, using the credit card in the online market can be purchased for as little as \$ 450 cost. Even to hack into conversation between air controller and airplane is very easy with a small fix inside of a portable radio transmitter (Arbukle, 2009) . In the event of a real test, white hackers experts were able to create a radio capable of broadcasting signals from fake virtual aircraft. They were also able to connect a radio signal to a free online flight simulator game called Flight-Gear. Hackers used this game to create a ghost plane using ADS-B, an airplane that seemed to be real to air traffic controllers,

and later astonished San Francisco International Airport systems (Henn 2012). EURECOM security researcher Andrei Costin says; in a very short time, these attacks have become laughably cheap, and of kindergarten-level technical complexity (Loo, 2013). A review by the US Government Accountability Office (GAO) in 2015 found that many points were available to jump from networked computers to National Airport (NAS) systems. The review also showed that air traffic systems were terrible in patch updates and were not great at detecting network vulnerabilities and intrusions. All this makes things really much easier for hackers (Brandom, 2017).

We found it worth to mention three of many examples of aircraft hacking incidents corroborating this argument; On October 8, 2015, Patrick, director of the European Aviation Safety

¹ Ankara Development Agency, Internal Auditing, PhD, CISA, CRISC, PMP, Ankara, Turkey

² Yildirim Beyazıt University, Faculty of Natural Sciences, Ankara, Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı) icsiacag@gmail.com

Citation (Atıf): Efe, A., Caylan, A. C., Tuzlupınar B. (2019). Siber Tehditlere Karşı Hava Trafik Güvenliği. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 135-143.

Agency, announced that he had provided critical information about the system vulnerability. The issue is that a cyber security consultant can capture aircraft by exploiting security vulnerabilities in the Aircraft Communication Addressing and Reporting System (ACARS). The ACARS system is used in the aerospace industry as a digital data link system for the exchange of short messages between airplanes and ground stations via Airband radio or satellite mechanisms. The shocking information was that the consultant only needed 5 minutes to break ACARS and a few days to access the ground-based aircraft control system.

A group of terrorists is no longer needed to take control of an airplane. Even a hacker with relatively limited tools and techniques can take control over the entire control system. Such attacks may include aircraft navigation and cockpit systems. Hackers were able to send navigation commands using radio signals to control aircraft systems using the public Flight Management System (FMS). Tools such as FMS hardware that contain some or all of the same code as systems on real planes can be purchased from eBay. Hacking seems to be very effective in two technologies: Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) and Aircraft Communication Addressing and Reporting System (ACARS) (Paganini, 2013, 2015).

Another white hat researcher stated that he hacked aircraft software and successfully commanded climbing while flying into engines. It is also stated that it is possible to overwrite the code in the Thrust Management Computer on the plane while flying. A white hat pirate has shown that he can successfully command the system he has accessed to command climbing. FBI agent Hurley, who conducted the investigation on this, reported: The pirate, with the codes he wrote, caused one of the aircraft engines to move to the side of the plane. Hacker used the Vortex software to monitor traffic from the cockpit system after compromising and exploiting the aircraft's networks. The hacker was said to use Kali Linux to test the penetration of the IFE system using default IDs and passwords to compromise IFE systems. The hacker used VBox, a virtualized environment to create its own version of the aircraft network ” (Kovacs, 2015).

These kind of hacking risks are stemming from insider information that is developed by practicing with ACARS as part of their

professional responsibilities. But these tacit knowledge and strategic information related with vulnerabilities can always be revealed to third parties or black hat hackers. There are lots of retired pilots and engineers that have worked in the most critical air traffic systems. Even the pilots or engineers that are working in military air forces can collide with hackers or their knowledge and expertise related with critical and sensitive information of systems be exploited or traded. These kinds of risks and threats that are associated with national defense, military and air forces, missile and radar characteristics are outside of the concept boundary of our work. Here, we will work on risks and controls related with vulnerabilities of civil air traffic systems.

2. Air Traffic Control (ATC) Systems

Air Traffic Control (ATC) is to prevent aircrafts from colliding with each other or any other obstacles on the landing, departure or flight part; Air Traffic Service (ATS) type to provide fast and regular air traffic flow. The system is responsible for tracking, detecting, and descending a flight. ATM security is related with illegal access and attack. It deals with attacks that target the ATM system directly. In addition, it prevents and responds to attacks on other parts of the aviation system. The part of ATM System that matters to us is an ATM Security. It is a subset of Aviation Security which consists of Airspace Security, Airport Security and Aircraft Security. Risk assessments of Aircraft system security are required in combination with network security. Aircraft network security includes the data link, internal aircraft data bus connections, switches, and routers. The Federal Aviation Administration (FAA) faces at least three basic issues of cyber threats. These are;

- The safety of ATC System
- Safety of aircraft flight systems

Determining the distribution of tasks and responsibilities among the various FAA cyber security units.

3. Security Attributes of ATC

This paper describes essential attributes of ATC. These are used on critical and safety system. Therefore, we need to discuss security of these attributes.

3.1. Aircraft Communication Data

The communication between autopilot, flight computer, display panels, and ATC System work through a centralized, integrated communication system produces the aircraft communication data. ATC Systems perform the communication between aircraft thanks to flight computer. All necessary flight information is included in this light computer. Autopilot makes movements of the aircrafts according to flight plan. For this reason, this flight plans information is very important for security. Flight plan must not be reachable by any authorization access. In here, the risk is that if an ATC System is hacked, it starts to send incorrect information to the pilot to an extent that can cause catastrophic results (Gilbert, 2003). The aircraft are equipped with a wireless maintenance system. Attackers can access the information of the aircraft by accessing this wireless system. On this side, a maintenance-requiring aircraft can turn it into a plane threat, causing the problem to not be shown or maintained. They may have trouble on the other side of the plane without problems on the system. For this reason, such attacks can be dangerous because of the maintenance and flight cancellation on the maintenance free aircraft.

3.2. DDS Technology

The DDS is a middleware protocol and also standard of API for data-centric connectedness by the Object Management Group (OMG). It combines the system attributes which are a system together, providing low-latency data connectivity, extreme reliability, and a scalable architecture. The DDS application contains publishers and subscribers. Publishers use the data generating people to generate data, and subscriptions generate data using data readers.

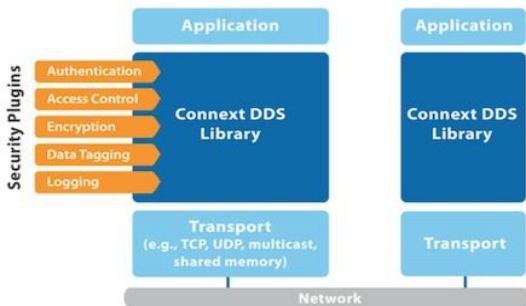


Figure 1. This figure represents layers in DDS technology (Corsaro, 2018)

For example, the reliable operation of the ATC and the Management System is depending on the lives of many people who fly over the area they manage. For this reason, these systems should ensure that critical data is delivered reliably, independently of experienced failures, by providing of 99.999 certain percentage of usability (Corsaro, 2018) . According these reasons, the system is critical which means that it does not approve any failures. Therefore, it must be taken precaution on ATC using security solutions.

3.3. Voice Information

Day by day, security needs is increasing in communication system of ATC System due to new technological abilities and knowledge advances on systems interference. Communication with the aircraft is providing by Very High Frequency (VHF) radio system. This radio system uses analogue Dual Side Band-Amplitude Modulated (DSB-AM) transmission technique which is completely open to being attacked or masked. The security threats in this area are in the mobile voice and data link communication. In the ATC System, voice change is widely used. All the pilots in a specific area must listen to the audio channel jointly. This is provided by the Medium Access Control (MAC) protocol. Not just pilots, but anyone else can listen to the voice communication channel using the same tools. This situation poses a risk of air traffic control system.

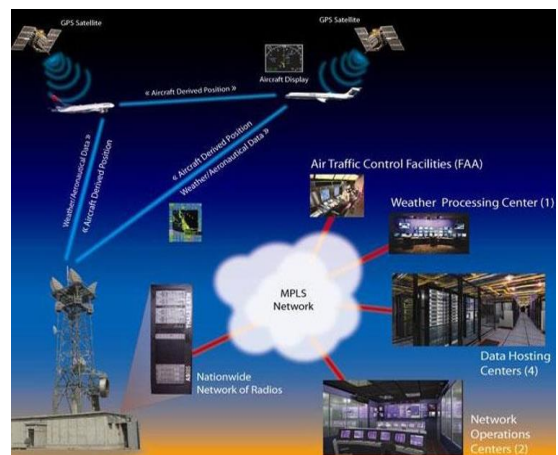


Figure 2. Air Craft Voice Communication

In Fig.2, to simulate the voice communication between air craft and ground station (Gilbert *et al.*, 2003). Considering other systems that an aircraft is communicating such as with weather processing center, data hosting centers nationwide networks of radios and network operations centers as is demonstrated in the Fig.3, interaction between the nodes must be secure for external attacks.

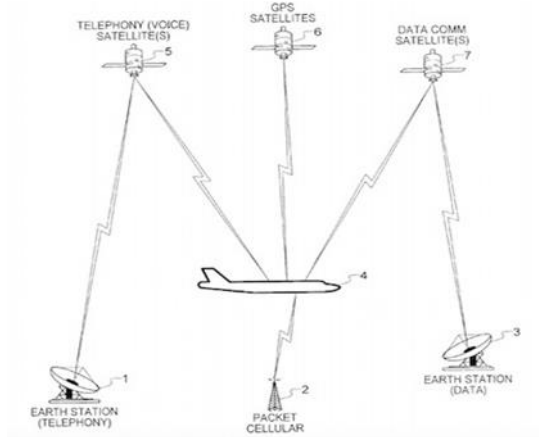


Figure 3. Depiction of Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) operations (Mc.Callie, 2011)

We argue that it is related about Air Traffic Control (ATC) Centers, Communications systems, Surveillance Systems, Navigations Systems that need to be protected for security of information in air traffic system that includes operational information, such as flight plans, surveillance data, communication data (voice information, unique aircraft information, radar information etc.), and administrative information.

Goals of the ATM security as follows:

- To avoid an attack from succeeding
- To be able to respond effectively to a successful attack

4. Related Works

Academic works conducted in the area enhance our understanding of Air Traffic Management security. The content of the research follows sequence from general to specific topics. The featured topics focus of recent researches are category of information security, DDS protocol security and Air Traffic Communication Security that it is subset of cyber security literature.

John Hird and Martin Hawley describe what can be done in the SESAR project to make the ATM system safer, more flexible and more sophisticated [1]. The Single European Sky ATM Research (SESAR) is a joint project designed to completely modernize the European airspace and Air Traffic Management (ATM) with the modernization and harmonization of ATM systems through the identification, development, validation and implementation of innovative technological and operational ATM solutions.

SESAR consists of a number of different key features and concepts. One of these is System-Wide Information Management (SWIM). This defines how information shall be managed, maintained and distributed. SWIM is being developed based on a set of principles including:

- Separation of information provision and consumption
- Loose system coupling
- Use of open standards
- Use of service-oriented architecture

AIMSL is being developed in accordance with these principles. The intention is that through AIMSL, the EAD will be able to act as an Aeronautical Information Management System within the SESAR target concept and exchange information with other systems through SWIM.

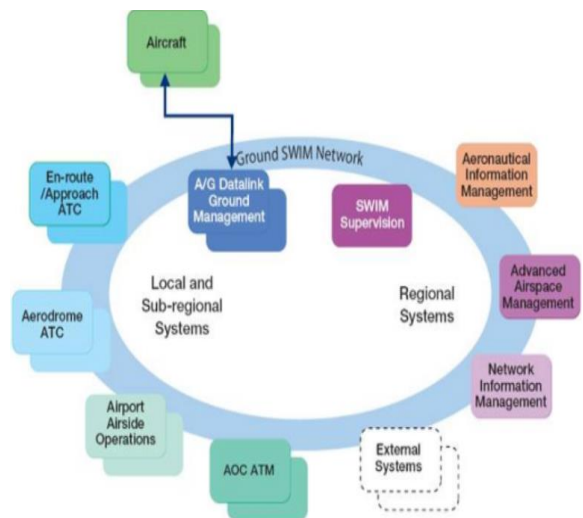


Figure 4. Communications, networks and surveillance in SESAR (Sesar, 2018)

As is demonstrated in the Fig.4, SWIM is developed in SESAR as a result of some projects

which have three basic categories (SESAR, 2018):

- Information-Data Modelling
- Information-Service Modelling
- Technical Architecture of SWIM

The safety of ATMs in SESAR is examined in two ways. Self-protection/resilience: It is the resistance of the ATM system to self-protection. Collaborative support: Illegal intervention, exchange information with the necessary units such as military units from ATM. The distinction between security and safety is important. Safety concerns the undesirable causes; it causes a security event. But, security related to illegal causes that could lead to a security occurrence. The scope of security is personnel, capacity, performance, economic, branding, regulatory, environment. For example, impact of the economic can be financial loss and impact of the capacity can be reduction, loss. According to risk environment, as the dependency increases, the impact level of the attack increases. Also, using of open standard is increase likelihood of the attacks. These two terms impact and likelihood are main terms of the risk.

Skaves (2015) gives an overview about the Federal Aviation Administration aircraft systems information security protection. This paper mentions about electronic Aircraft Systems Information Security Protection. FAA can be examined in four lines of business. These are airports, air traffic organization, aviation system and commercial space transportation. In public network, increasing aircraft connectivity to aircraft systems and networks may require additional security risks. Because of the increasing risk, it should supply improved safety, security, and the environment. There are several elements in aircraft network security which are the data link, internal aircraft data bus connections, switches, and routers.



Figure 5. Aviation Control System (Kravets, 2013)

As is demonstrated in the Fig.5, the aviation control system in the US is said to have significant weaknesses against possible cyber-attacks. United States Government Accountability Office (GAO) said in 2015 information security report: “The Federal Aviation Administration (FAA) is taking steps to protect air traffic control systems from cyber-based and other threats. Despite such measurements, some significant security control weaknesses remain. These vulnerabilities also seriously threaten the agency's ability to ensure the safe and uninterrupted operation of the national airspace system (NAS). In addition to control weaknesses or inadequacies, some shortcomings in border protection controls between less secure systems and the operational NAS environment also increase the risks associated with these weaknesses” (GAO, 2015). After comprehensive analysis and assessments over ATM of FAA, the GAO recommended 168 precautions be taken. Amongst the recommendations for improvement of security we have found those items to be the most important that need to be mentioned:

- Providing NCO with full network packet capture capability for analyzing network traffic and detecting anomalies at major network interface points at FAA operational facilities.
- Integrating network traffic flow data into NCO’s ad-hoc query systems.

- Providing NCO with access to network sensors on key network gateways for reviewing intrusion detection, network traffic, and network session data.
- Providing NCO with security event log data for all IP-connected NAS systems (GAO, 2015).

Rusko and Finke (2016) describe how to build an air traffic control system safely and how to verify that this system is safe. They used speech analysis methods to create this system. The system provides voice communication between the pilot and the air traffic controller and at the same time shows the current traffic flow. The aim of this system is to remove security vulnerabilities in the system with multimodal technique. Moreover, a system called SACom (secure air traffic control communication) is used to describe layers of security in air traffic control communications. This system has four basic particles that are independent of each other. These parts as follows:

- Speaker verification (voice communication analysis),
- Stress detection (voice communication analysis),
- Conformance monitoring (non-vocal analysis),
- Conflict detection (non-vocal analysis).

It has a disadvantage which is for threat indicator because the fact that in general, it has an important influence.

Monteiro et al, (2016) presents determining effect of cyber-attack and network system failures using open source tools in Air Traffic Control. The authors aim has several parts which are cyber and traffic control simulations, a framework depending on open source tools to combine both missions and cyber directions on ATC simulations, and a basic simulation with a fake target injection and a cyber-attack. This paper's main concept is providing semantic diagram which has five modules. These modules include such things as physical and data link emulation, network emulation, flight dynamics, surveillance protocols and pilot-controller communications. The advantage of the system is easy to simulate and test complicated infrastructure.

There some efficient schemes which are attribute-based encryption, searchable encryption, hidden vector encryption and inner product encryption. Thus, we research these schemes. In addition, one of them is most popular and has information

about the others and it is most suited for cloud storage systems with huge amount of data.

Dongyoung et al, (Koo, 2013) proposed an efficient data retrieval scheme using attribute-based encryption. They embrace cryptographic background which has several attributes. These are access structure, bi-linear maps, bilinear Diffie-Hellman assumption, and anonymous key agreement scheme. They are to provide an efficient technic for rich meaningfulness as regards access control and fast searches with simple comparisons of searching entities. It is important carrying for ATC security information one station to another.

Pradhan et al. (2014) proposed an approach that the system has to make a strict information partition. This division of information is provided by the strong abstraction of communication between the publisher and the subscriber. Furthermore, DDS does not support partitioning of information based on security classifications. There are address restrictions, and there are also two contributions that provide safe access that uses a tag cage to represent security classifications. It also implements Multilevel Security (MLS) policies to perform strict information distribution. It implements an existing DDS implementation with an existing dedicated transport mechanism to perform a publish/subscribe layer with information classification based on security classifications of applications.

5. Analysis of ATC Security

For the analysis of ATC security, there should be a basis on the main concepts of security.

5.1. Security Concepts of DDS

The DDS security has several concepts which are authentication, confidentiality, integrity, non-repudiation and availability.

5.1.1. Authentication

Authentication is to verify the identities of the Authentication is to verify the identities of the principles that access the information, to limit access to information to competent authorities, using a security model in which authorization rules are expressed.

The authentication problem is being solved with certificates signed by a recognized authority. This case is essential part of security concepts. The ATC System must use certificate signs each network for preventing outside of the coverage area.

5.1.2. Confidentiality

This is to protect the information so that it can only be viewed by targeted audiences, and prevent information from being monitored or blocked. Confidentiality can be assured by hiding the content of messages from third-party observers. The preventive practices are encryption and key-exchange algorithms. These are hiding the information of flight planning, voice information, coordinating of the aircraft data (Hird, 2016).

5.1.3. Integrity

This is to prevent modification/alteration of data by a third party. The system protection must be used with integrity check and control functions or hash functions. These functions switch real data to encrypted data.

5.1.4. Non-repudiation

This is to prove it is undeniably the creator of the message. A solution is using digital signatures, system audit and log dossiers. It is guaranteed who did which operations.

5.1.5. Availability

This is to protect system and infrastructure from interruption of services and be able to use pertinent information when required. Some precautions are boundary protection and use of challenges to Limit Denial of Service Attacks which use a central machine. It checks and controls the system legitimate users. The DDS system has several advantages of distributing data. It is not enough for safety critical system. Thus, these security concepts must be added on the system in order that it is fully equipped (CSFI, 2015).

5.2. Measurements for Effective Voice Information Security

In order to protect illegal access to information systems, user accounts and access control lists

(ACL) should be periodically controlled. The user must be identified and authenticated before the system is reached. Identity verification can be resolved by going to match user identity and password information.

Border protection controls are used to limit connections to and from networks, and to control connections between networked devices. Multiple security layers can be applied to protect the internal and external boundaries of an information system to decrease the risk of a successful cyber-attack. For instance, multiple firewalls can be used to prevent unauthorized access of people to systems.

The encryption method can be used to prevent the necessary information from being accessed by everyone. This method makes important information incomprehensible to unauthorized persons. Thus, system integrity is ensured and secured. Cryptographic algorithms can be applied by mathematical operations during the encryption process.

5.3. Prevention of Aircraft Communication Data

Prevention of aircraft communication data requires testing to communication and data system between airborne platform and the ground system. This testing shows that the weakness of the system. Detected weakness must be mitigated before the aircraft goes to trouble.

Data transmission in aircraft should be done by encryption and encoding in end-to-end transmission. Also, two-steps authentication mechanism can be implemented for login by thin client and ensured that not any attacks may be occurring to maintenance system. Before any of attack performed to aircraft, patch management must be planned.

5.4. Assessment and Futuristic Perspectives

We have mentioned about ATC System security in this paper. The safety critical system does not have any error on the system. Consequently, it breeds each components which have own security using valid and standard methods. That is a major and important idea on our approach and ATC System security.

In future, the system components have unique encryption and decryption. It is not enough for our approach. At the same time, they support security concepts and improvable new methods.

6. Conclusion

This paper presented our work on security of ATC Systems. It was mentioned that vulnerabilities of the ATC System are aircraft communication data, DDS protocol and voice information. Our proposed approach is improving security issues on vulnerabilities. Our inference is finding best configuration of the system which means that understanding the system properties, then using secure algorithms, techniques and methods. In our research, we collected interrelations of different elements of vulnerabilities, risks and threats on the topic. Then, we analyzed and divided to subtopics. Consequently, we selected best appropriates on the literature of ATC Security. Following recommendations can be inferred from our analysis:

1. ADS-B information which involves the two dimensional position information, the level information and the time information of the aircraft; it is possible to ensure encoding this information so that this information is invisible to the hackers.
2. The aircraft data from ADS-B may be randomly blurred within the allowed error limits for the ATC purpose. By fuzzy data, the threat cannot be completely remedied, but it can be difficult for malicious unmanned aerial vehicles (UAV) to monitor and interfere with aircraft information using ADS-B data.
3. In case of malicious unmanned aerial vehicles that provide position information control with GPS, GPS data is distorted and false position information is sent so that they can be prevented from interfering with flights.
4. Implementing robust internal network security measures on a micro-segmented infrastructure is of crucial importance for prevention.
5. Implementing real-time cyber threat detection and response capability will be very important for effective deterrence.
6. Implementing robust remote access controls will provide required safe authentication and prevention.
7. Regularly evaluating third-party and supply chain security risks will guide and help security teams with necessary consultancy.

References

- Arbuckle, A. C. (2009) , <https://mods-n-hacks.gadgethacks.com/how-to/hack-transistor-radio-hear-air-traffic-control-232754/> accessed February 15, 2018.
- Brandom, R. (2017), <https://www.theverge.com/2017/11/23/16694118/mr-robot-hack-report-s3e7-fredrick-tanya> accessed February 15, 2018.
- CSFI (2015), "CSFI ATC (Air Traffic Control) Cyber security Project", July 16, , https://scadahacker.com/library/Documents/Case_Studies/CSFI%20-%20ATC%20Cyber%20Security%20Project.pdf
- Corsaro, A. (2018) "The DDS Tutorial" http://download.primtech.com/docs/Vortex/pdfs/OpenSplice_DDSTutorial.pdf accessed February 15,.
- GAO, (2015), <http://www.gao.gov/assets/670/668169.pdf> accessed February 15, 2018.
- Gilbert, J., Boden, S., Atkinson, R., (2003) "Aircraft data and voice communications system and method", February 13,.
- Henn, S. (2012), <https://www.npr.org/sections/alltechconsidered/2012/08/16/158758161/could-the-new-air-traffic-control-system-be-hacked> accessed February 15, 2018.
- Hird, J. Hawley M. and Machin, C. (2016) "Air Traffic Management Security Research in SESAR," 2016 11th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES), Salzburg, , pp. 486-492.
- Kovacs, E. (2015), <http://www.securityweek.com/fbi-says-researcher-admitted-hacking-airplane-mid-flight> accessed February 15, 2018.

- Kravets, D. , (2015), <https://arstechnica.com/tech-policy/2015/03/us-air-traffic-control-computer-system-vulnerable-to-terrorist-hackers/> accessed February 15, 2018.
- Koo, D. Hur, J. Yoon, H. (2013), "Secure and efficient data retrieval over encrypted data using attribute-based encryption in cloud storage", *Computers and Electrical Engineering*, Volume 39, Issue 1, January, Pages 34-46.
- Lo, C. (2013), <https://www.airport-technology.com/features/featureair-traffic-control-easy-target-hackers/> accessed February 15, 2018.
- McCallie, D.L. 2011, <https://ecfsapi.fcc.gov/file/7021694523.pdf> accessed February 15, 2018.
- Monteiro, M., Sarmiento, T., Barreto, A., Costa, P. and Hieb, M., (2016), "An integrated mission and cyber simulation for Air Traffic Control," 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Rio de Janeiro, , pp. 2687-2692.
- Paganini, P. (2015), <http://securityaffairs.co/wordpress/40975/hacking/easa-airplane-hacking.html> accessed February 15, 2018.
- Paganini, P. (2013), <http://securityaffairs.co/wordpress/13625/hacking/hijacking-planes-navigation-system-with-android-reality-or-unnecessary-alarm.html> accessed February 15, 2018.
- Pradhan S. et al., (2014), "Establishing Secure Interactions across Distributed Applications in Satellite Clusters," 2014 IEEE International Conference on Space Mission Challenges for Information Technology, Laurel MD, , pp. 67-74.
- Rusko M. and Finke, M. (2016), "Using speech analysis in voice communication: A new approach to improve air traffic management security," 2016 7th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom), Wroclaw, , pp. 000181-000186.
- SESAR, (2018), <https://www.ead.eurocontrol.int/eadcms/eadsite/evolutions/aimsl.html>, accessed February 15,
- Skaves, P. (2015), "FAA Aircraft Systems Information Security Protection overview," 2015 Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), Herndon, VA, pp. A1-1-A1-17.

Received: 28.03.2019

Accepted: 26.09.2019

DOI: 10.30516/ bilgesci.546317

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3(2), 144-151, 2019

Markov Zinciri Kullanarak Ankara İli İçin Hava Kirliliği Tahmini

Gamze Özel^{1*}

Özet: Nüfus artışı, plansız yapılaşma, gelişen endüstri ve kentler sonucunda hava kirliliği önemli bir sorun haline gelmiştir. Son yıllarda Ankara’da hava kirliliği partiküler madde ve kükürt dioksit gibi kirleticilerin değerleri standartların üzerindedir. Bu çalışmada, öncelikle Ankara şehir merkezinde bulunan Ocak ile Aralık 2017 tarihleri arasındaki Bahçelievler istasyonuna ait günlük hava kirleticileri PM10, SO₂, NO, NO₂, NOX, CO değerleri ile sıcaklık, rüzgâr hızı ve nemlilik gibi meteorolojik faktörlerin değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Daha sonra PM10 hava kalitesi indeksi değerlerinden yararlanarak Markov zincirleri ile uzun döneme ait hava kirliliği değerlerinin tahmini amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, meteorolojik faktörler, Markov zinciri, korelasyon

Prediction Of Air Pollution Using Markov Chain

Abstract: Due to the population growth, unplanned construction, international industry and cities, air pollution become a big problem. Recently, air pollution in Ankara is the values of air pollutants such as particulate matter and sulfur dioxide is above of the standards. In this study, the relationship between daily air pollutants PM10, SO₂, NO, NO₂, NOX, CO and meteorological factors such as temperature, wind speed and humidity are investigated for the Bahcelievler station for the time period of January and December 2017. Then, by using PM10 air quality index values, it is aimed to predite long term air pollution values with Markov chains.

Keywords: Air pollution, meteorological factors, Markov chain, correlation

1. Giriş

Hava kirliliği, çeşitli nedenler ile doğal olarak havanın bileşiminde bulunmayan bazı maddelerin havaya katılması veya havanın bileşimindeki bazı maddelerin yüksek miktarlara erişmesi sonucunda canlıların yaşamlarını olumsuz yönde etkileyen hava durumu olarak tanımlanmaktadır. Hava kirliliği, insan ve çevreye zarar verebilecek miktardaki kirleticilerin atmosfere karışması ile ortaya çıkmaktadır. En önemli hava kirleticileri Partikül Madde (PM), Kükürt dioksit (SO₂), Karbon monoksit (CO), Karbondioksit (CO₂), Azotoksitler (NO_x)’dir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından bir bölgeye ait hava kirliliğinin düzeyine karar

verebilmek için havanın doğal bileşimini değiştirip, kirliliği kazandıran kirleticilerden kükürt dioksit (SO₂) ve partikül madde (PM) değerlerinin belirlenmesi yeterli bulunmuş ve her ülkede ölçülmesi önerilmiştir.

SO₂, renksiz, boğucu ve asidik bir gaz olup kömür ve fuel-oil’in doğal olarak yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin yanması ile açığa çıkmaktadır. SO₂ değerleri genellikle evsel ısıtma amacıyla kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerin merkezi bölgelerinde ve endüstriyel alanların çevrelerinde yüksek değerlerdedir. PM, atmosferdeki ağırlıklarının nedeniyle hızla çökebilene büyük partiküllerin

¹ Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Ankara, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): gamzeozl@hacettepe.edu.tr

Citation (Atıf): Özel Kadılar, G., (2019). Markov Zinciri Kullanarak Ankara İli İçin Hava Kirliliği Tahmini. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 144-151

dışında, atmosferde yayılan çok küçük tanecikli katı veya sıvı partiküllerdir. Partiküler madde, yakıtların yanması, dizel motorlar, inşaat ve endüstriyel faaliyetler, bitki polenleri ve yerden kalkan tozlar gibi birçok doğal kaynaktan oluşabilir. Partiküler madde, nitelik ve niceliği bakımından; tanecik boyutları, yoğunluğu, kimyasal bileşimi ve sağlık etkileri potansiyeline bağlı olarak geniş çapta değişim gösterir.

Modern yaşamın getirdiği şehirleşmenin bir sonucu olan hava kirliliği, yerel ve bölgesel olduğu kadar küresel ölçekte de etki alanına sahiptir. Hava kirliliği problemlerini çözmek ve strateji belirlemek için, araştırmacılar atmosferik kirletici konsantrasyonlarını izlemek ve analiz etmek konusuna odaklanmışlardır (Kyrkilis vd., 2007). Ancak farklı kirleticilere ait ölçümleri anlamak araştırmacılar açısından mümkün olsa bile halk ve yerel otoriteler için oldukça zor olmaktadır. Bu nedenle, hava kirliliğinin/hava kalitesinin durumunu kamuoyuna açıklarken anlaşılabilir bir sınıflama sistemi kullanılmaktadır. Hava Kalitesi İndeksi (HKİ, Air Quality Index/AQI) denilen bu sınıflama sistemi ile havadaki kirleticilerin konsantrasyonlarına göre hava kalitesini iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. şekilde derecelendirme yapılmaktadır. İndeks belirli kategorilerde farklı tanım ve renkler kullanılarak ifade edilmekte ve ölçümü yapılan her kirletici için ayrı ayrı düzenlenmektedir.

DSÖ (Devlet Sağlık Örgütü), Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye Hava Kalitesini Kontrol Yönetmeliği (HKKY), hava kirliliğinin başladığı düzeyi tanımlayan standartlar ile kirleticilere yönelik hedef sınır değerler belirlemiştir (Doğan ve Kitapçoğlu, 2007). 2017 yılı hava kirliliği raporuna göre PM ve SO₂ değerleri açısından Türkiye’de en kirli iller arasında İstanbul, Ankara, Adana, Amasya ve Manisa yer almaktadır. Ankara’daki hava kirliliğinin incelenmesi üzerinde literatürde yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır. Durmaz vd. (1993), çalışmalarında Ankara’daki hava kirliliği sorununu ele alarak, teknik ve tekno-ekonomik yönden değerlendirerek ileriye dönük olarak uygun yakıt ve yakma sistemlerinin belirlenmesine yönelik kıstaslar üzerinde durmuşlardır. Sungur (1997), çalışmasında Ankara’da hava kirliliğinin en önemli nedeninin şehrin üzerinde oluşan ısı evirmesi olduğunu vurgulamıştır. Turgut ve Temiz (2015), PM₁₀ verilerine Box-Jenkins yöntemini uygulayarak zaman serileri analizi yapılmış ve Ankara’da PM₁₀ kirleticisinin gelecekte alacağı değerler tahmin edilmiştir. Son olarak, yapay sinir

ağları ile Ankara ilinde hava kalitesi sağlık indeksi tahmini Bozkurt vd. (2015) tarafından yapılmıştır. Ancak bu çalışmalarda Ankara’daki hava kirliliği analizi için Markov zinciri analizi kullanılmamıştır. Bu çalışmanın bir amacı, Ankara’daki hava kirliliği düzey tahmini için Markov zincirlerinden faydalanabileceğini göstermektir.

Hava kirliliği, rüzgar hızı, yönü, sıcaklık, basınç, nem gibi meteorolojik faktörlerden de etkilenmektedir. Atmosferik hava kirliliğinde meteorolojinin en önemli rolü, dağılım, taşınım ve atmosferden ayrılma aşamalarında etkili olmasıdır. Çiçek vd. (2004) tarafından Ankara’da hava kirliliğine neden olan elemanlar ile sıcaklık, rüzgar hızı ve nemlilik gibi iklim elemanları arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada, meteorolojik faktörlerin de Ankara’daki hava kirliliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Daha sonra Markov zincirleri ile ileri yönelik olarak hava kirliliği tahmini ve kirlilik indeksi değerleri arasındaki geçiş olasılıkları elde edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Yerleşim alanları ve çevresinin coğrafi koşulları ile hava kirliliği arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Ankara’da gözlenen hava kirliliği de bu koşullarla bağlantılıdır. Ankara şehir alanı, 39° 50’ ve 40° 00’ kuzey enlemleri ile 32° 35’ ve 33° 00’ boylamları arasında yer almaktadır. Ankara şehri, Ankara Çayı ve yan kollarının oluşturduğu 800 - 850 metre yükseklikteki Ankara Ovası’nda yer almaktadır. Ova çevresinde, ortalama yükseltisi 1250 - 1500 metreler arasında değişen dağlık, tepelik saha yer almaktadır. Ankara Ovası kuzeyden Mire, doğudan İdris Dağı’nın batı uzantıları, güneyden ise Çal Dağı ve Elmadağ tarafından çevrelenmektedir. Ova, batı yönünde açık olup, Mürdet Ovası’na bağlanmaktadır. Buna göre, özellikle şehir merkezi çanak görünümü bir alanda bulunmaktadır. Bu topografik özellikler bir yandan Ankara’da yerleşme alanlarının dağılımını belirlerken, diğer yandan hüküm süren karasal iklimin üzerinde etkili olmaktadır.

Ankara’da hava kirliliğinin ana kaynağı ısınmada kullanılan fosil yakıtlar ve egzoz gazlarıdır. Kent, topografik özellikleri ve yapılaşma sorunları nedeniyle fazla rüzgar alamamaktadır. Dolayısıyla hava kirliliğini gidermede rüzgardan ziyade kirleticilerin kontrol altına alınması daha büyük önem taşımaktadır. Son dönemlerde Ankara’da

doğalgaz kullanımı ile birlikte kirlilik azalma eğilimine girmiştir. Bu çalışmada kullanılan Ankara

şehir merkezinde bulunan Bahçeli istasyonuna ait hava kirleticileri Tablo 1’de verilmiştir:

Tablo 1. Bahçeli istasyonuna ait koordinatlar ve ölçülen hava kirleticileri

Koordinatları		Ölçülen Hava Kirleticileri					
Enlem	Boylam	PM ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO
39.918546°	32.822268°	+	+	+	+	+	-

Bu çalışmada kullanılan meteorolojik değişkenler ve hava kirleticileri T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın kayıtlarına dayanarak elde edilmiştir. Ankara ilinin Bahçelievler istasyonuna ait Ocak-Aralık 2017 aylarına ait günlük hava kirlilik verileri

ve meteoroloji verilerinden faydalanılmıştır. Çalışmanın Markov zinciri oluşturma aşamasında kullanılacak olan Hava kirliliği indeks değerleri ve bu değerlerin açıklaması Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Hava Kirliliği İndeksi Değerleri

HKİ	İndeks	Açıklama
0-50	İyi	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya risk teşkil etmiyor
51-100	Orta	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir
101-150	Hassas	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151-200	Sağlıksız	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201-300	Kötü	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301-500	Tehlikeli	Sağlık alarmı: Herkes ciddi şekilde sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Hava kirliliği indeks değerlerinin farklı hava kirleticileri için sınıflandırmaları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları

		SO ₂ (mg/m ³)	NO ₂ (mg/m ³)	CO(mg/m ³)	O ₃ (mg/m ³)	PM ₁₀ (mg/m ³)
HKİ	İndeks	1 Saat Ort.	1 Saat Ort.	8 Saat Ort.	8 Saat Ort.	24 Saat Ort.
0-50	İyi	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
51-100	Orta	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
101-150	Hassas	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
151-200	Sağlıksız	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
201-300	Kötü	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
301-500	Tehlikeli	>1101	>2001	>32001	>701	>521

2.2. Yöntem

Markov süreçleri ve zincirleri mevcut olasılıkları kullanarak, gelecekteki durum olasılıklarını hesaplamada kullanılan bir yöntemdir (Önalın, 2010). Markov sürecini simgeleyen modellerin kurulabilmesi için, incelenen sistemin içinde bulunabileceği farklı durumların ve bu durumlardan birinden diğerine geçiş olasılıklarının bilinmesi gerekir.. Bu nedenle, Markov süreci için bir önceki durum hariç, sistemin daha önceki durumların ne olduğunun bilinmesine gerek yoktur. Bu özelliği Markov özelliği adı verilir.

$$P(X_{t_{n+1}} = x_{n+1} | X_{t_1} = x_1, \dots, X_{t_n} = x_n) = P(X_{t_{n+1}} = x_{n+1} | X_{t_n} = x_n) \quad (1)$$

olur. Bu eşitliğe Markov özelliği adı verilir. Eşitlik (1)'de verilen Markov özelliğine sahip bir stokastik sürecin durum uzayında $S = \{0, 1, \dots, m\}$ biçiminde sonlu sayıda ya da $S = \{0, 1, 2, \dots\}$ biçiminde sayılabilir sonsuzlukta kesikli durum varsa,

$$p_{ij} = p_{ij}(1) = p_{ij}^{(1)} = P(X_{m+1} = j | X_{m+1} = i) \quad (2)$$

biçiminde gösterilir. Bu olasılığa **bir-adım geçiş olasılığı** adı verilir. $\forall i \in S$ için $\sum_j p_{ij} = 1$ ve

$\forall i, j \in S$ için $p_{ij} \geq 0$ koşullarını da sağlaması gerekmektedir.

Durum uzayı $S = \{0, 1, \dots, N\}$ şeklinde sonlu olduğunda, Markov zinciri için bir-adım geçiş matrisi aşağıdaki gibidir.

$$0 \quad 1 \quad \dots \quad m$$

$$p_{ij} = p_{ij}(1) = p_{ij}^{(1)} = P(X_{m+1} = j | X_{m+1} = i) \quad (4)$$

biçimindedir.

Uzun dönem sonunda Markov zincirinde süreç denge durumuna ulaşır. Bu durumda sürecin geleceği ile ilgili etkili yorumlar yapılabilir. **P** geçiş matrisinin n. kuvveti alındığında elde edilen n-adım geçiş matrisi **Pⁿ** 'de, n değeri büyüdükçe **P_{ij}⁽ⁿ⁾** olasılık değerleri sabit bir değere veya limite yaklaşıyorsa, n-adım geçiş olasılıkları kararlı bir yapıya, diğer bir deyişle denge durumuna, ulaşır. Denge dağılımı aşağıdaki gibi elde edilir.

T parametre uzayındaki n sayıda zaman noktasının herhangi bir $t_1 < \dots < t_n$ kümesi için, $X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_n}$ 'nin aldığı değerlerler biliniyorken, $X_{t_{n+1}}$ 'nin koşullu dağılımı yalnızca X_{t_n} 'in değerlerine bağlı ise, $\{X_t, t \in T\}$ sürecine Markov süreci adı verilir. Buna göre, herhangi gerçel $x_1 < \dots < x_n$ sayıları için,

$\{X_t, t \in T\}$ Markov sürecine Markov zinciri adı verilir.

Bir Markov zincirinde m. adımda i durumunda bulunan sürecin bir adım sonra j durumunda bulunması olasılığı,

$$P = \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ m \end{matrix} \begin{bmatrix} p_{00} & p_{01} & \dots & p_{0m} \\ p_{10} & p_{11} & \dots & p_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{m0} & p_{m1} & \dots & p_{mm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Homojen bir Markov zincirinde n-adım geçiş olasılığı,

$$\pi = \pi P \quad (5)$$

Burada π , denge olasılıklarını veren vektördür. Denge durumu, sürecin çok sayıda geçiş yaptıktan sonra hangi durumda olacağına ilişkin olasılık yapısının sürecin başlangıç durumundan bağımsız hale gelmesidir (Hillier ve Lieberman, 2001). Diğer bir ifadeyle, geçiş matrislerinin kuvvetleri alındığında denge durumuna ulaştıktan sonra

satırlarda değişim olmamakta ve geçiş matrisinin her satırı aynı olan bir satır vektörüne dönüşmektedir.

3. Bulgular

Çalışma kapsamında öncelikle hava kirleticileri ile meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçlarına yer verilmiştir. Tablo 4'te, PM₁₀ ve meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 4. PM₁₀ ve meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları

		PM ₁₀	Hava Sıcaklığı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
PM ₁₀	Korelasyon	1	0.313**	-0.377**	-0.097**
	Sig. (2-tailed)	-	0.000	0.000	0.010
Hava Sıcaklığı	Korelasyon	0.313**	1	-0.888**	-0.459**
	Sig. (2-tailed)	0.000	-	0.000	0.000
Bağıl Nem	Korelasyon	-0.377**	-0.888**	1	0.369**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	-	0.000
Hava Basıncı	Korelasyon	-0.097	-0.459**	0.369**	1
	Sig. (2-tailed)	0.010	0.000	0.000	-

** Korelasyon 0.01 anlamlılık düzeyine önemlidir (2-yanlı test)

Buna göre, PM₁₀ ile hava sıcaklığı arasında pozitif yönlü, düşük ancak PM₁₀ ile bağıl nem ve hava basıncı arasında negatif yönlü, düşük yönde anlamlı bir ilişki olduğu 0.01 anlamlılık düzeyinde

söylenbilir. Tablo 5'te SO₂ ve meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. SO₂ ve meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları

		SO ₂	Hava Sıcaklığı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
SO ₂	Korelasyon	1	0.095*	-0.191**	-0.143*
	Sig. (2-tailed)	-	0.011	0.000	0.010
Hava Sıcaklığı	Korelasyon	0.095**	1	-0.888**	-0.459**
	Sig. (2-tailed)	0.011	-	0.000	0.000
Bağıl Nem	Korelasyon	-0.191**	-0.888**	1	0.369**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	-	0.000
Hava Basıncı	Korelasyon	-0.143*	-0.459**	0.369**	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	-

* Korelasyon 0.05 anlamlılık düzeyine önemlidir (2-yanlı test)

** Korelasyon 0.01 anlamlılık düzeyine önemlidir (2-yanlı test)

Tablo 5 incelendiğinde, SO₂ ile hava sıcaklığı arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde pozitif yönde zayıf bir ilişki varken, SO₂ ile bağıl nem arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde negatif yönde zayıf bir

ilişki vardır. Ayrıca, SO₂ ile hava basıncı arasında 0,05 anlamlılık düzeyinde zayıf yönde negatif bir ilişki vardır. SO₂ arttıkça hava basıncı azalır veya tam tersi söz konudur.

Tablo 6. NO₂ ve diğer meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları

		NO ₂	Hava Sıcaklığı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
NO ₂	Korelasyon	1	0.012	-0.171**	-0.001
	Sig. (2-tailed)	-	0.755	0.000	0.968
Hava Sıcaklığı	Korelasyon	0.012	1	-0.888**	-0.459**
	Sig. (2-tailed)	0.755	-	0.000	0.000
Bağıl Nem	Korelasyon	-0.171**	-0.888**	1	0.369**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	-	0.000
Hava Basıncı	Korelasyon	-0.001	-0.459**	0.369**	1
	Sig. (2-tailed)	0.968	0.000	0.000	-

** Korelasyon 0.01 anlamlılık düzeyine önemlidir (2-yanlı test)

Tablo 6'ya göre, NO₂ ile bağıl nem arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde negatif yönde zayıf bir ilişki

vardır. NO₂ ile hava basıncı ve hava sıcaklığı arasındaki ilişki ise önemsizdir.

Tablo 7. NO_x ve diğer meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları

		NO _x	Hava Sıcaklığı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
NO _x	Korelasyon	1	-0.001	-0.160**	0.015
	Sig. (2-tailed)	-	0.984	0.000	0.682
Hava Sıcaklığı	Korelasyon	-0.001	1	-0.888**	-0.459**
	Sig. (2-tailed)	0.984	-	0.000	0.000
Bağıl Nem	Korelasyon	-0.160**	-0.888**	1	0.369**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	-	0.000
Hava Basıncı	Korelasyon	0.015	-0.459**	0.369**	1
	Sig. (2-tailed)	0.682	0.000	0.000	-

** Korelasyon 0.01 anlamlılık düzeyine önemlidir (2-yanlı test)

Tablo 7 incelendiğinde, NO_x ile hava sıcaklığı arasında ilişki olmadığı görülmektedir. NO_x ile bağıl nem arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde negatif yönde zayıf bir ilişki vardır. NO_x ile hava

basıncı arasındaki ilişki önemsizdir. Tablo 8'de NO ve diğer meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 8. NO ve diğer meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları

		NO	Hava Sıcaklığı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
NO	Korelasyon	1	-0.009	-0.136**	0.025
	Sig. (2-tailed)	-	0.817	0.000	0.503
Hava Sıcaklığı	Korelasyon	-0.009	1	-0.888**	-0.459**
	Sig. (2-tailed)	0.817	-	0.000	0.000
Bağıl Nem	Korelasyon	-0.136**	-0.888**	1	0.369**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	-	0.000
Hava Basıncı	Korelasyon	0.025	-0.459**	0.369**	1
	Sig. (2-tailed)	0.682	0.000	0.000	-

** Korelasyon 0.01 anlamlılık düzeyine önemlidir (2-yanlı test)

Tablo 8 incelendiğinde, NO ile hava sıcaklığı arasındaki ilişkinin önemsiz olduğu görülmektedir. NO ile bağıl nem arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde negatif yönde zayıf bir ilişki olduğu

0.01 anlamlılık düzeyinde söylenebilir. Tablo 9'da CO ile meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 9. CO ve meteorolojik değişkenler arasındaki Pearson korelasyon testi sonuçları

		CO	Hava Sıcaklığı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
CO	Korelasyon	1	0.245**	-0.327**	-0.149**
	Sig. (2-tailed)	-	0.000	0.000	0.000
Hava Sıcaklığı	Korelasyon	0.245**	1	-0.888**	-0.459**
	Sig. (2-tailed)	0.000	-	0.000	0.000
Bağıl Nem	Korelasyon	-0.327**	-0.888**	1	0.369**
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	-	0.000
Hava Basıncı	Korelasyon	-0.149**	-0.459**	0.369**	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	0.000	0.000	-

Tablo 9'a göre CO ile hava sıcaklığı arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde pozitif yönde zayıf bir ilişki varken CO ile bağıl nem arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde negatif yönde zayıf bir ilişki mevcuttur. CO ile hava basıncı arasında 0,01 anlamlılık düzeyinde zayıf yönde negatif bir ilişki olduğu 0.01 anlamlılık düzeyinde söylenebilir.

Çalışmanın ikinci aşamasında hava kirleticilerinden biri olan PM₁₀ değerlerinden yararlanarak Markov zinciri analizi yapılmıştır. Bu amaçla Markov zincirine ait durumlar S1'den S6'ya kadar olan sembollerle gösterilmiş ve Tablo 10'daki gibi hava kalitesi indeksi değerlerine dayanarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 10. Hava Kalitesi İndeks Değerleri ve PM₁₀ Markov Zinciri Durum Uzayı

Hava Kalitesi İndeksi	Sınıf	Durum
0-50	İyi	S1
51-100	Orta	S2
101-150	Hassas	S3
151-200	Sağlıksız	S4
201-300	Kötü	S5
301-500	Tehlikeli	S6

Buna göre, Eşitlik (3)'ten yararlanarak bir-adım geçiş matrisi Tablo 11'deki elde edilmiştir. Tablo 11'de verilen olasılıkların elde edilmesi için günlük olarak yapılan ölçümler sonucu hava kalitesi durumu belirlenmiş ve günlük değişimler kayıt edilmiştir. www.havaizleme.gov.tr adresinden elde edilen Ocak-Aralık 2017 tarihleri arasındaki günlük veriler yardımıyla bu değişimlerin sayısından yararlanılarak olasılıkları veren geçiş matrisine ulaşılmıştır.

Tablo 11. PM₁₀ değerleri için bir-adım geçiş matrisi olasılıkları

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	0.40	0.40	0.17	0.03	0	0
S2	0.76	0.24	0	0	0	0
S3	0.76	0.12	0.07	0.03	0.02	0
S4	0.35	0.41	0.12	0.15	0	0
S5	0.44	0.22	0.14	0.08	0.09	0.03
S6	0.02	0.10	0.20	0.10	0.10	0.93

Tablo 11'e göre, Ankara'da hava kalitesi iyi iken ertesi gün havanın iyi olması olasılığı %40, orta sınıf olması olasılığı %40, hassas olması olasılığı %17 ve sağlıksız olması olasılığı %3'tür. Hava kalitesinin orta sınıf olduğu bir günden sonra iyi olması olasılığı %76, orta sınıf olması olasılığı %24'tür. Hava kalitesinin hassas olduğu bir günden sonra iyi olması olasılığı %76'dır. Hava kalitesinin sağlıksız olduğu bir günden sonra orta sınıf olması olasılığı %41 iken havanın kötü olduğu bir günden sonra iyi olması olasılığı %44'tür. Ancak hava kalitesinin tehlikeli olduğu bir günden sonra %93 olasılıkla hava kalitesi tehlikelidir.

Tablo 11'de verilen bir-adım geçiş matrisi incelendiğinde, yutucu ya da kapalı küme oluşturan durumların olmadığı görülmektedir. Bu nedenle, bu Markov zincirinin indirgenemez bir Markov zinciri olduğu ve bir limit ya da denge dağılımı olduğu söylenebilir. Diğer bir deyişle, Ankara şehir merkezindeki PM₁₀ hava kirlilik indeksi değerlerinin belirli zaman sonraki durumu elde edilebilir. Limit dağılımı başlangıç olasılıklarından bağımsız olduğu için başlangıçta ki durum ne olursa olsun değişmemektedir. Markov zincirinin uzun dönem sonrasındaki yapısını gösterecek olan limit dağılımını elde edilebilmek için Eşitlik (5)'ten yararlanılmış ve MATLAB programından yararlanarak denge dağılımına aşağıdaki gibi ulaşılmıştır.

$$p = \begin{matrix} \hat{e} \\ \hat{e} \end{matrix} \begin{matrix} 0.466 & 0.191 & 0.138 & 0.045 & 0.021 & 0.149 \end{matrix} \begin{matrix} \hat{u} \\ \hat{u} \end{matrix}$$

Buna göre, Ankara'da hava kalitesinin uzun dönemde iyi olması olasılığı %46, orta düzeyde olması olasılığı %19, hassas olması olasılığı %14, sağlıksız olması olasılığı %4,5, kötü olması olasılığı %2,1 ve tehlikeli olması olasılığı %15'tir.

4. Sonuç ve Tartışma

Tüm büyük şehirlerde olduğu gibi Ankara'da da hava kirliliği artış göstermektedir. Hava kirleticileri ile iklim elemanları arasındaki ilişkiler değerlendirildiğinde, düşük düzeyde ancak istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler saptanmıştır. Ankara'da hava kirliliğinin ana kaynağı ısınmada kullanılan fosil yakıtlar ve egzoz gazlarıdır. Kent, topografik özellikleri ve yapılaşma sorunları nedeniyle fazla rüzgâr alamamaktadır. Dolayısıyla hava kirliliğini gidermede iklim değişkenlerinden ziyade kirleticilerin kontrol altına alınması daha büyük önem taşıdığı Çiçek vd. (2004) tarafından da belirlenmiştir. Markov analizi sonuçlarına göre, Ankara'da günlük hava kirletici seviyesinin tehlikeli olacak derecede olmadığı, uzun dönemde dengede olduğu saptanmıştır. Benzer sonuçlar, Toros vd. (2018) tarafından Ankara iline ait hava kirliliğinin mekânsal dağılımının incelendiği çalışmada; Akyürek vd. (2013) tarafından Kocaeli ili için yapılan çalışmada ve Söyleyici vd. (2001) Konya ili için yapılan çalışmada elde edilmiştir.

Kaynaklar

- Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A. (2013). SO₂ ve PM₁₀ hava kirliliği parametrelerinin CBS ile konumsal analizi: Kocaeli örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafya Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara.
- Bozkurt, F., Altay, Ş.Y., Yaganoğlu, M., (2015). Yapay Sinir Ağları İle Ankara İlinde Hava Kalitesi Sağlık İndeksi Tahmini, 2. Ulusal Yönetim Bilişim Sistemleri Kongresi, Erzurum.
- Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Gürgen, G. (2004). Ankara'da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14, 2, 1-18.
- Doğan F., Kitapçıoğlu G., (2007). Comparing Air Pollution In Izmir According to Years, Ege Journal of Medicine 46(3): 129- 133, 2007.

Durmaz, A., Doğu, G., Ercan, Y., Sivrioğlu, M. (1993). Ankara'da Hava Kirliliğinin Nedenlerinin Araştırılması ve Azaltılmasına Yönelik Önlemler, Nato Scientific Affairs Division, Ankara.

Hillier, F. S., Lieberman, G. J. (2001). Introduction to Operation Research, McGraw-Hill.

Kyrkilis, G., Chaloulakou, A., Kassomenos, P.A. (2007). Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration: relation to potential health effects. Environ Int. 33(5), 670-676.

Önalın, Ö. (2010). Stokastik Süreçler, Avcıol Basım Yayın, İstanbul.

Söyleyici, F.D, Dursun, Ş. (2001). Konya İl Merkezinde Havada Bulunan Kükürtdioksit, Amonyak ve Duman Konsantrasyonlarının Meteorolojik Faktörlerle İlişkisinin Araştırılması, Ulusal Sanayi Çevre Sempozyumu ve Sergisi, Mersin Ün. Müh. Fak. Çev. Müh. Bl, Mersin.

Sungur, K., Gönençgil, B. (1997). Çeşitli İklim Elemanlarının Hava Kirliliği Üzerine Etkileri, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 6, 337- 345.

Temiz, İ., Turgut, D. (2015). Time Series Analysis And Forecasting For Air Pollution In Ankara: A Box-Jenkins Approach. Alphanumeric Journal, 3, 131-138.

Toros, H., Bağış, S., Gemici, Z. (2018). Ankara'da Hava Kirliliği Mekânsal Dağılımının Modellenmesi, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1(1), 20-53.

Termoelektrik Üreteç ile Kalorifer Radyatörlerinden Elektrik Üretiminin Deneysel İncelenmesi

Yakup Yağmur¹, Kubilay Taşdelen^{1*}

Özet: Termoelektrik teknolojisi 19. yüzyıl ortalarından beri biliniyor olmasına karşılık yeterince işlevsel bir kullanım alanına ulaşamamıştır. En yoğun kullanım alanı elektrik üretim alanı değil soğutma alanı olmuştur. Otomobillerde kullanılan küçük buzdolaplarının yapımında, bilgisayar işlemcilerinin soğutulmasında, otomobil egzozlarında oluşan ısıyı elektrik enerjisine dönüştürme amacıyla kullanılmaktadır. Termoelektrik üreteç veya termoelektrik jeneratör ısı enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren cihazdır. Bu dönüşüme Seebeck etki veya daha genel bir ifade ile termoelektrik etki denir. Yapılan bu çalışmada, termoelektrik dönüştürme elemanlarından oluşan bir termoelektrik jeneratör modül kullanımıyla elektrik enerjisinin elde edilmesi ve bu enerji ile ısı konfor hedeflenmiştir. Kalorifer radyatörünün ve duvarın yüzey sıcaklığını kullanarak sıcaklık farkı elde edilmiş ve bu sıcaklık farkını elektrik enerjisine dönüştüren termoelektrik jeneratörler ile harici bir kaynağa ihtiyaç kalmadan elektrik enerjisi elde edilmiştir. Üretilen enerjiyi faydalı kullanmak için radyatör kanallarındaki fanlar beslenmiştir. Üretilen enerji ile beslenen fanlar kanallardaki sıcak havayı odaya daha hızlı yayarak oda sıcaklığını daha etkin hale getirmiştir. Sıcaklık farkından, termoelektrik jeneratörler ile oda sıcaklığında 3,24 W güce sahip elektrik enerjisi elde edilmiştir. Üretilen enerjiyi faydalı kullanmak için radyatör kanallarındaki fanlar beslenerek normal oda sıcaklığı 8°C artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Peltier, Termoelektrik jeneratör, Enerji verimliliği, Isıl konfor

Experimental Analysis of Producing Electrical Energy From The Radiator Using Thermoelectric Generator

Abstract: Although thermoelectric technology has been known since the middle of 19th century, it has not reached its a functional area. The most intensive use area is not the electricity production area but the cooling area. It is used in the invention of small refrigerators used in automobiles, cooling of computer processors, heat generated in automobile exhausts, and converting it into electrical energy. Thermoelectric generator is the device that converts heat energy directly to electrical energy. This formation is called Seebeck effect or, more generally, thermoelectric effect. In this study, it is aimed to obtain electrical energy by using thermoelectric generator modules and thermal comfort with this energy. Temperature difference is obtained by using the surface temperature of the heating radiator and wall, and with the thermoelectric generators that convert this temperature difference into electrical energy, electrical energy is obtained without the need of an external source. The fans in the radiator ducts were supply in order to utilize the energy generated. The fans supply the energy generated ced make room temperature more efficient by spreading the hot air in the ducts to the room faster. From the temperature difference, the electrical energy with thermoelectric generators at room temperature of 3.24 W was obtained. In order to use the generated energy useful, the fans in the radiator channels are supply and the normal room temperature is increased by 8 ° C.

Keywords: Peltier, thermoelectric generator, Energy efficiency, Thermal comfort

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

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

Citation (Atıf): Yağmur, Y., Taşdelen, K., 2019. Termoelektrik Üreteç ile Kalorifer Radyatörlerinden Elektrik Üretiminin Deneysel İncelenmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 152-160.

1. Giriş

Yenilenebilir ve temiz enerji teknolojileri arasında belki de en fazla dikkat çekenlerden bir tanesi, termal enerjiyi kullanarak elektrik enerjisi üretilmesini sağlayan termoelektrik teknolojisidir. Enerji kaynakları içinde elektrik enerjisi üretimi, büyük ölçüde elektromanyetik induksiyona dayalı jeneratörlerin etkisinde olduğunu söyleyebiliriz. Söz konusu etki dışında günümüzde termoelektrik olarak adlandırılan teknoloji 19. yüzyıl ortalarından beri biliniyor olmasına karşılık yeterince işlevsel bir kullanım alanına ulaşamamıştır.

Isı enerjisi ile elektrik enerjisinin birbirlerine doğrudan dönüşümünü tanımlayan termoelektrik yapıların temelleri 1821 yılında Alman fizikçi Thomas Johann Seebeck tarafından atılmıştır. Termoelektrik Seebeck iki farklı metalin uçları arasında sıcaklık farkı oluşturulduğunda pusula iğnesinin saptığını keşfetmiştir. Seebeck etkisi olarak bilinen ve Seebeck'in ölümünden sonra gerçek anlamıyla tanımlanan bu etki sıcaklık farkı ile yaratılan elektriksel potansiyel sonucunda oluşan devreye bağlanan bir yük direncinden akım akmasıyla sonuçlanmaktadır (Dikmen, 2002). Bu buluştan on üç yıl sonra Fransız fizikçi Jean Charles Athanase Peltier tarafından Peltier etkisi bulunmuştur. Peltier iki farklı iletkenin ara yüzeyinden akım geçirilmesi sırasında ısının ya absorplandığı veya dışarı verildiğini bulmuştur. Son olarak William Thomson (Lord Kelvin) tarafından bu iki etki termodinamik yasaları çerçevesinde incelenip bütünleştirilmiştir. Thomson kendi adıyla yayınladığı bu etkiyi şu şekilde tanımlamıştır; iki farklı iletken hem ısıtılıp hem de üzerlerinden akım akması sağlandığında, bütün yapı boyunca ısı ya absorplanır veya dışarı verilir (Özgün, 2009).

Termoelektrik malzemelerin önemli teorik ifadeleri Edmund Altenkirch tarafından ortaya konmuştur. Altenkirch iyi bir termoelektrik malzemenin karakteristiğini belirlerken Seebeck katsayısı ve elektriksel iletkenliği yüksek, fakat termal iletkenliğin kötü olması gerektiğini ortaya koymuştur. Yarı iletken malzemelerin gelişimleri ile verimleri %5-6 seviyesine çıkan termoelektrik yapıların gelişimi hızla devam etmektedir. Kuantum kuyu biçiminde yapılandırılmış malzemelerle verimler bugün laboratuvar ölçeğinde %20 değerlerine ulaşmıştır (Chavez vd., 2011).

Termal konfor kişinin termal çevre ile olan memnuniyetini ifade edip değerlendirmesini sağlayan nesnel bir değerlendirme değildir. Isıl konforu etkileyen parametreler kişisel ve çevresel olarak sınıflandırılabilir. Çevresel parametreler olarak ortam sıcaklığı, ortam bağıl nemi, ortam hava hızı ve ortalama ışınım sıcaklığıdır. Kişisel parametreler ise kişinin metabolik aktivite düzeyi ve giyinme durumudur (Atmaca ve Yiğit, 2009).

Canlılar ve özellikle de insanların yaşadığı ortamlarda ısı konfor şartlarının sağlanması iş verimi açısından önemlidir. İnsan vücudu enerji üreten ve tüketen bir sistemdir. İnsan ancak ürettiği ve tükettiği enerji arasında enerji dengesi kurabilir ve vücut sıcaklığını 37°C de sabitleyebilirse kendisini rahat hisseder ve ısı konfora ulaşır. Isıl denge sağlanıncaya kadar vücut ve ortam arasında farklı ısı transferi mekanizmaları oluşmaktadır.

Oplustil ve Zalesak (2013), termal enerji jeneratörü kullanarak iletim sistemleri için güç seçeneği oluşturulmasını araştırmışlardır. Çalışmada kablosuz iletim sistemleri için elektrik jeneratörünün olması gereken yapısı tanımlanmıştır. Bu elektrik jeneratörlerini kullanılmadaki ana hedef, insanın avuç içindeki sıcaklık ve duvar yüzü sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak küçük bir ısı fark, ΔT , sağlanarak bu sıcaklık farkını kullanabilmektedir. Ölçülen bir bilgi göstermiştir ki, çok küçük sıcaklık farkları bile binalardaki kablosuz iletim sistemleri için yeterli enerji elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Çalışmada kullanılan termal jeneratör 1ms'lik sürede 40mA'lik akım sağlayabilmektedir. Bu zamanlama basit bir telegramı iletmek için yeterli verimliliktedir. Böylelikle çalışma gelecekteki kablosuz iletim sistemlerinin termoelektrik jeneratör kullanarak tasarlanabileceğine ve telegramların iletilebileceğine kapı açmaktadır (Oplustil ve Zalesak, 2013).

Baş (2014), Bu çalışmada ise termoelektrik modüllerin uygulama alanlarına göre çalışma prensibi ve karakteristik özelliklerine yönelik araştırmalar yapılmış, termoelektrik jeneratör sistemi ile elektrik üretimi için prototip deney sistemi oluşturulmuş, oluşturulan bu deney sisteminde termoelektrik jeneratörün sıcak olması gereken kısmının atık gaz tarafından ısıtılması ve soğutulan kısım ise farklı su debilerinde soğutulması sağlanmıştır. Çalışma esnasında gerilim değerlerinin 5,11V ile 8,69 V arasında değiştiği görülmüştür. Debi 0,083 lt/s olduğu anda 8,69 Volt ve 1,45 Amper'lik maksimum

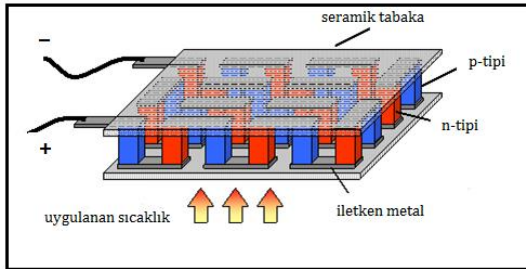
performans elde edilmiştir. Soğutma suyu debisi değiştirilerek yapılan deneylerde artan soğuk su debisi ile elektrik üretiminin doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir (Baş, 2013).

Yapılan bu çalışmada, termoelektrik dönüştürme elemanlarından oluşan termoelektrik jeneratör modül kullanımıyla elektrik enerjisinin elde edilmesi ve bu üretilen elektrik enerjisi ile ısı konfor sağlamak hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Termoelektrik yapısı

Termoelektrik yapılar, termoelektrik jeneratörler ve soğutucular olmak üzere iki başlık altında incelenebilir. Termoelektrik jeneratörler ve soğutucular termodinamik kanunlarına bağlı olarak doğrudan enerji dönüşümlerini gerçekleştiren yapılardır. Termoelektrik jeneratörler ısı enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren yapılardır. Termoelektrik soğutucular ise ısının soğuk bölgeden sıcak bölgeye elektrik enerjisini kullanarak taşınmasını sağlayan ısı pompalarıdır. Termoelektrik jeneratörlerde ve soğutucularda yarı iletken malzemeler kullanılmakta ve kullanılan N ve P tipi yarı iletkenlerin ısı transferinde gösterdikleri tepkiler değişiklik göstermektedir. N tipi yarı iletkenlerde ısı serbest olan elektronlar ile taşınırken P tipi yarı iletkenlerde boşluklar ile taşınır. N ve P tipi bu iki yarı iletkenin birbirlerine iletken bir malzeme ile bağlanması ile tek bir hücre oluşturulmuş olur. Bu hücrelerin iki seramik tabaka arasında birleştirilmesiyle termoelektrik modül oluşturulur. Şekil 3.1’de termoelektrik modül yapısına ait şekil verilmiştir (Doğdu, 2013).



Şekil 1. Termoelektrik modüllerin yapısı

2.2. Termoelektrik etkiler

İki farklı yarı iletken malzemelerin kimyasal yöntemlerle birbirine birleştirilerek, oluşturulan devre üzerinden elektrik akımı geçirilmesiyle meydana gelen farklı sıcaklıklarda devrede aynı anda üç çeşit termoelektrik etki oluşur. Bu üç etki, bu etkileri bulan araştırmacıların isimlerini taşır (Rowe ve Bhandari, 1983).

2.2.1. Seebeck etkisi

İletken bir çubuğun iki ucuna sıcaklık farkı uygulandığı zaman soğuk ve sıcak tarafları arasında elektrik akımı meydana gelmesi olayıdır. İki farklı yarı iletken malzemenin (P-N çifti) birbirine seri olarak birleştirilmesiyle oluşturulan devrede (peltier modül), yüzeylere farklı sıcaklıklar uygulanmak suretiyle bir elektrik gerilimi elde edilir. Bu gerilim "Seebeck voltajı" olarak da isimlendirilir. Devreden ölçülen gerilim, malzemelerin yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır (Li vd., 2011).

2.2.2. Peltier etkisi

Bir iletkenin elektrik enerjisi geçirildiğinde iki uç arasında sıcaklık farkı meydana gelmesi prensibine dayanır. Peltier etkisinden meydana gelen ısınma ya da soğuma olayını gözlemleyebilmek için iki farklı metalden meydana gelen bir modül kullanılması gerekmektedir. Bu devre üzerinden doğru akım geçtiğinde, joule ısısı ile birlikte birleşme noktasından ısı emilirken, diğer birleşme noktasından ısı açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan ısı miktarı, devreden geçirilen akımla doğru orantılıdır.

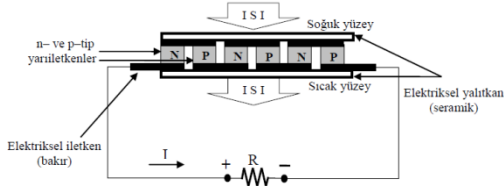
2.2.3. Thomson etkisi

Bir iletkenin iki ucunun farklı sıcaklıklarda tutuluyor olduğu durumda uygulanan akımın yönüne bağlı olarak enerjinin iletken üzerinde soğurulması ya da birikmesi olayıdır. Diğer bir ifadeyle, Thomson etkisi, ısıtmada ya da soğutmada homojen bir iletken üzerinden akım geçtiği sürece sıcaklık gradyanının meydana geldiğini ifade eder. Thomson ısısı akım şiddeti, sıcaklık farkı ve zamanla doğru orantılıdır ve kullanılan metallerin cinsine bağlıdır.

2.3. Termoelektrik jeneratör

Çok sayıda termoelektriğin birleşmesinden termoelektrik modül oluşturulur. Termoelektrik

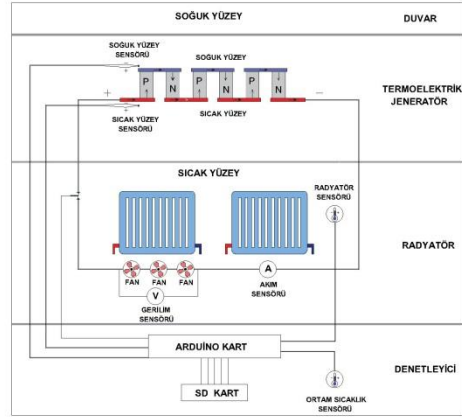
modüller, Seebeck etkisinin kullanılmasıyla jeneratör olarak çalışabilmektedirler. Şekil 3.9'da termoelektrik modülün termoelektrik jeneratör modunda kullanıldığı termoelektrik devre görülmektedir. Bir termoelektrik jeneratör sistemi temelde üç parçadan meydana gelir; (1) ısıtıcı blok, (2) soğutucu blok ve (3) termoelektrik modül. Termoelektrik modülün yüzeyleri arasında bir sıcaklık farkı oluşturulduğunda ısı sıcak yüzeyden soğuk yüzeye doğru transfer edilecek ve bu durumda termoelektrik jeneratör uçlarında bir DC gerilim düşümü olacaktır. Termoelektrik jeneratör uçlarına harici bir yük bağlanırsa, yük üzerinden bir I akımı geçişi olur. Termoelektrik jeneratörden elde edilen P gücü veya I akımı; ΔT sıcaklık farkına, yarıiletken materyallerin özelliklerine ve harici R_L yük direncinin değerlerine bağlıdır. Elektrik enerjisi, ısı transferine bağlı olarak Termoelektrik yarıiletkenler boyunca elektriksel yük taşıyıcıların hareketinden üretilmektedir (Mamur, 2013).



Şekil 2. Termoelektrik jeneratör çalışması

2.4. Termoelektrik Jeneratör ile Kalorifer Radyatöründen Elektrik Üretimi

Termoelektrik jeneratör kullanarak, kalorifer radyatörü (sıcak yüzey) ve duvar (soğuk yüzey) arasındaki sıcaklık farkından elektrik enerjisi üretilmiştir. Üretilen bu elektrik enerjisi ile ısıyı odaya daha iyi yayması için kalorifer radyatörlerine bağlanan fanları besleyecek bir sistem tasarlanmıştır. Geliştirilen bu sistem donanım bölümü ve yazılım bölümü olmak üzere temelde iki ana bölümden oluşmaktadır.



Şekil 3. Sistemin çalışma şeması

Şekil 3.20'den anlaşıldığı gibi duvardaki soğuk TEJ'in bir yüzünü soğuturken kalorifer radyatörünün sıcak yüzü de TEJ'in diğer yüzünü ısıtır ve oluşan sıcaklık farkı ΔT 'ye oranla elektrik enerjisi üretilmiştir. Üretilen elektrik enerjisi ile fanlar beslenerek fanların gönderdiği havayla radyatör kanallarındaki ısının odaya daha etkin yayılması sağlanmıştır. 15m² lik iki odada yaptığımız bu deneyde üretilen enerji ile ısı konfor sağlanmıştır.

Deney süresince TEJ'in sıcak ve soğuk yüzeyinde sıcaklık verileri ve fanlı ve fansız ortam sıcaklık verileri sıcaklık sensörleri yardımıyla ölçülerek denetleyici vasıtasıyla SD kart hafızasına aktarılmaktadır. Bunun yanında termoelektrik jeneratörler tarafından üretilen anlık akım değeri ile anlık voltaj değeri de hassas akım/gerilim sensörü yardımıyla ölçülerek denetleyici vasıtasıyla SD kart hafızasına aktarılmaktadır. Termoelektrik jeneratörlerden üretilen enerjinin fanları döndürmeye yetecek güce eriştiğinde fanları çalıştırarak radyatör fanlarını kontrol işlemini gerçekleştirir.

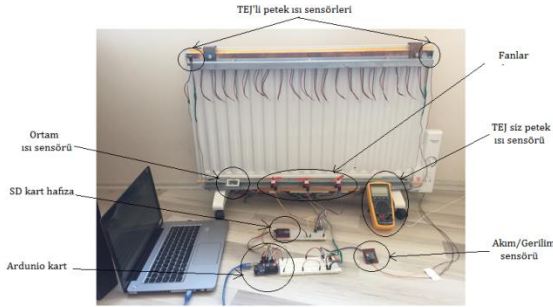
Ölçüm ve deney için TEJ'li kalorifer radyatöründe TEJ'in soğuk ve sıcak yüzey sıcaklığı MAX6675 termokupl modülü ve radyatörlerin bulunduğu ortam sıcaklığı MCP9808 sıcaklık sensörleri tarafından ölçülmüştür. Üretilen enerjinin akım ve gerilim değerleri INA219 akım/gerilim sensörüyle ölçülmüştür. Sensörler tarafından ölçülen sıcaklık ve akım/gerilim değerleri arduino kart tarafından okunarak veriler SD karta kaydedilmiştir.

3. Bulgular

Kalorifer radyatöründen termoelektrik jeneratörler ile elektrik üretiminin yapıldığı deney düzeneğinin çalıştırılması neticesinde, radyatör kanallarına bağladığımız 100 mA 1,5V değerlerine sahip 3 adet motor beslenerek radyatör kanallarındaki ısı, fan sistemi ile odaya yayılmıştır. Kış aylarında farklı hava sıcaklıklarında sistem incelenmiştir.

Deney düzeneği Ocak, şubat ve mart aylarında 15 m²'lik iki oda da bulunan tek kalorifer radyatörleri üzerlerinde gerçekleştirilmiştir. Odanın birinde fanlı oda sıcaklığı diğerinde fansız oda sıcaklığı gözlemlenmiştir.

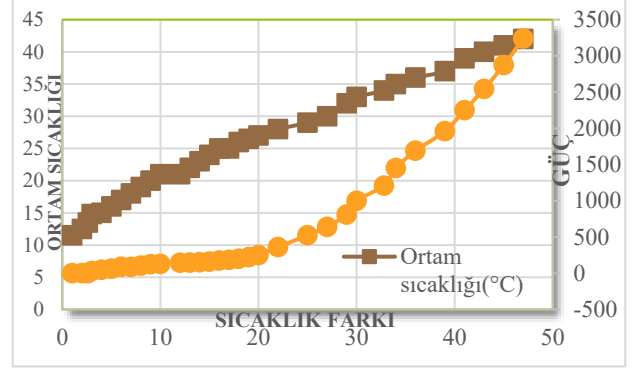
Isıyı daha hızlı bir şekilde duvara aktarmak için termoelektrik jeneratörlerin dış kısımları bakır ile kaplanarak duvar teması sağlanmıştır. Isı transferini daha etkin yapabilmesi ve yüzey temasını artırmak için termoelektrik jeneratörlerin yüzeylerinde termal macun kullanılmıştır. Deney düzeneğinin genel görünüşü Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 4. Deney düzeneğinin genel görünüşü

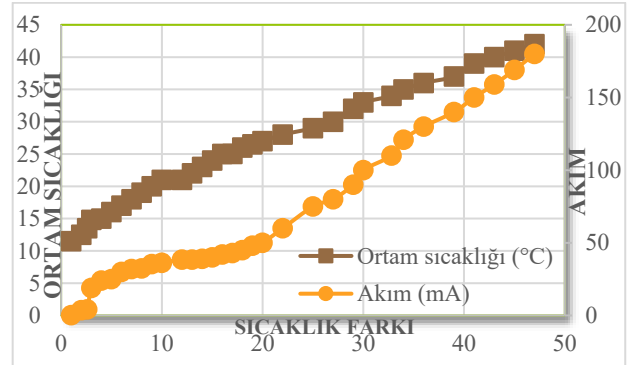
Tablo 1'de evlerde ısınmak amacıyla kullandığımız kalorifer radyatörlerinin sıcak yüzeyi ve duvarın soğukluğundan faydalanarak termoelektrik jeneratör modüllerimizin ürettiği güç, gerilim ve akım parametrelerinin sıcaklık farkına göre değişimi izlenmiştir. Bu aşamada kalorifer radyatörü sıcaklığına, duvar sıcaklığına ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişen sıcaklık farkının, akım ve gerilim parametrelerine bağlı olarak değişen güç değerleri sıcaklık sensörleri ve akım/gerilim sensörleri ile ölçülerek kaydedilmiştir. Ocak, şubat ve mart aylarında her gün toplanan verilerin ortalama değerleri hesaplanarak tablo 1'de oluşturulmuştur.

Şekil 5'de görüldüğü gibi, Ortam sıcaklığı 42°C'de iken TEJ'lerin sıcak yüzeyi ve soğuk yüzeyi arasında maksimum 47°C'lik bir fark oluşmaktadır. TEJ'ler tarafından üretilen elektriksel güç ise maksimum 3,24W'tır.



Şekil 5. Sıcaklık farkına ve ortam sıcaklığına göre değişen güç eğrisi

Şekil 4.6.'da sıcaklık farkına göre ve ortam sıcaklığına göre değişen akım değerleri gösterilmiştir. Ortam sıcaklığı 42°C'de ve sıcaklık farkı 47°C'de iken en yüksek akım değeri 180mA olmuştur.

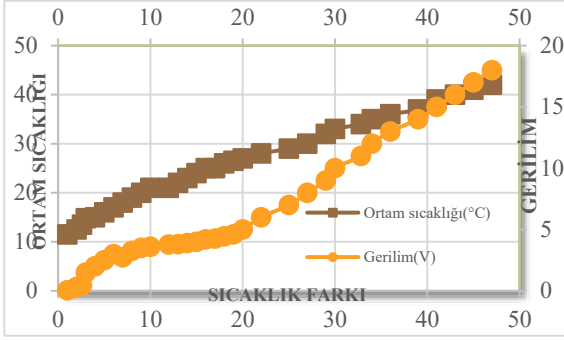


Şekil 6. Sıcaklık farkına ve ortam sıcaklığına göre değişen akım eğrisi

Şekil 7'de sıcaklık farkına göre ve ortam sıcaklığına göre değişen gerilim değerleri gösterilmiştir. Ortam sıcaklığı 42°C'de ve sıcaklık farkı 47°C'de iken en yüksek gerilim değeri 18V olmuştur.

Tablo 1. Değişen oda sıcaklığında duvar ve radyatör yüzey sıcaklık farkına göre üretilen elektriksel değerler

TH Sıcak yüzey °C	TC Soğuk yüzey °C	I Akım mA	V Gerilim V	P Güç mW	ΔT Sıcaklık Farkı °C	Tort Ortam sıcaklığı C
12	11	0,2	0,05	0,01	1	11,5
13	11	3,6	0,32	1,152	2	12,5
14	11,4	4,2	0,43	1,806	2,6	13,5
16	13	19	1,5	28,5	3	14,8
18	14	24	2	48	4	15
20	15	25	2,5	62,5	5	16
21	15	30	3	90	6	17
23	16	32	2,74	87,68	7	18
25	17	32,4	3,25	105,3	8	19
27	18	35,4	3,5	123,9	9	20
30	20	36,2	3,59	129,958	10	21
32	20	38,5	3,78	145,53	12	21
33	22	38,5	3,8	146,3	13	22
35	23	39	3,9	152,1	14	23
37	25	40	4	160	15	24
39	26	42	4,2	176,4	16	25
41	23	43	4,26	183,18	17	25
43	24	45	4,45	200,25	18	26
45	26	48	4,6	220,8	19	26,5
46	26	50	5	250	20	27
49	27	60	6	360	22	28
52	27	75	7	525	25	29
55	28	80	8	640	27	30
57	28	90	9	810	29	32
59	29	100	10	1000	30	33
62,8	30	110	11	1210	32,8	34
65	31	121	12	1452	34	35
67	32	130	13	1690	36	36
72	33	140	14	1960	39	37
75	34	150	15	2250	41	39
78	35	159	16	2544	43	40
81	36	169	17	2873	45	41
84	37	180	18	3240	47	42



Şekil 7. Sıcaklık farkına ve ortam sıcaklığına göre değişen gerilim eğrisi

Şekil 4.5, şekil 4.6 ve şekil 4.7'deki eğriler incelendiğinde, ortam sıcaklığı $T_{ort}=21^{\circ}\text{C}$ 'ye ve TEJ yüzeyler arası sıcaklık farkı $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$ 'ye getirildiğinde, TEJ'den elde edilen gerilim $V = 3,59\text{ V}$, TEJ akımı $I = 36,2\text{ mA}$ ve TEJ gücü $P = 129,958\text{ mW}$ olmuştur.

Ortam sıcaklığı $T_{ort}=27^{\circ}\text{C}$ 'ye ve TEJ yüzeyler arası sıcaklık farkı $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ 'ye getirildiğinde, TEJ'den elde edilen gerilim $V = 5\text{ V}$, TEJ akımı $I = 50\text{ mA}$ ve TEJ gücü $P = 250\text{ mW}$ olmuştur.

Ortam sıcaklığı $T_{ort}=33^{\circ}\text{C}$ 'ye ve TEJ yüzeyler arası sıcaklık farkı $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$ 'ye getirildiğinde, TEJ'den elde edilen gerilim $V = 10\text{ V}$, TEJ akımı $I = 100\text{ mA}$ ve TEJ gücü $P = 1\text{ W}$ olmuştur.

Ortam sıcaklığı $T_{ort}=42^{\circ}\text{C}$ 'de iken deneyde maksimum sıcaklık farkına çıkılabildiği $\Delta T = 47^{\circ}\text{C}$ değerinde, TEJ sıcak tarafının sıcaklığı $T_h = 80^{\circ}\text{C}$ ve TEJ soğuk tarafının sıcaklığı $T_c = 37^{\circ}\text{C}$ değerindedir. Bu durumda, TEJ'den elde edilen gerilim $V = 18\text{ V}$, TEJ akımı $I = 180\text{ mA}$ ve TEJ gücü $P_{max} = 3,24\text{ W}$ olmuştur. Ölçüm sonuçlarına göre ortam sıcaklığı, sıcaklık farkına göre değişen güç grafiğinde sıcaklık farkı ve ortam sıcaklığı arttıkça gerilim, akım ve güç değerleri de orantılı olarak artmaktadır.

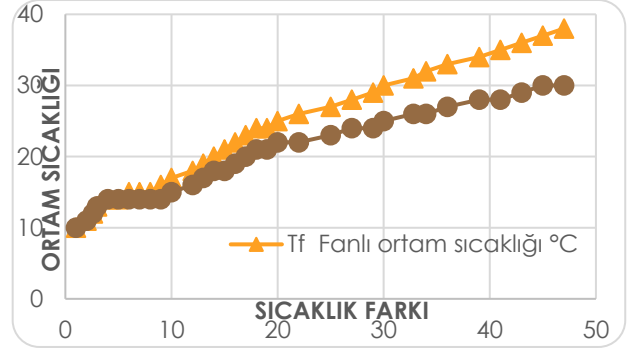
Çizelge 4.3'de Aynı şartlara ve ortam sıcaklığına sahip iki oda da gerçekleştirilen bu deneyde, fanlı radyatörün bulunduğu oda sıcaklığını ölçen T_f , fansız oda sıcaklığını ölçen T_o sensörleri kullanılarak farklı günlerde aynı zaman diliminde iki odadan sıcaklık verileri alınarak kaydedilmiştir. Üretilen enerjiyi faydalı kullanmak adına TEJ'lerden üretilen elektrik enerjisinin fanları beslemesi ile fanların radyatör kanallarındaki ısıyı odaya yayması sonucu ortam sıcaklığındaki değişimler gözlemlenmiş ve fansız ortam

sıcaklığıyla karşılaştırılmıştır. Ocak, şubat ve mart aylarında hergün toplanan verilerin ortalama değerleri hesaplanarak çizelge 4.3 oluşturulmuştur

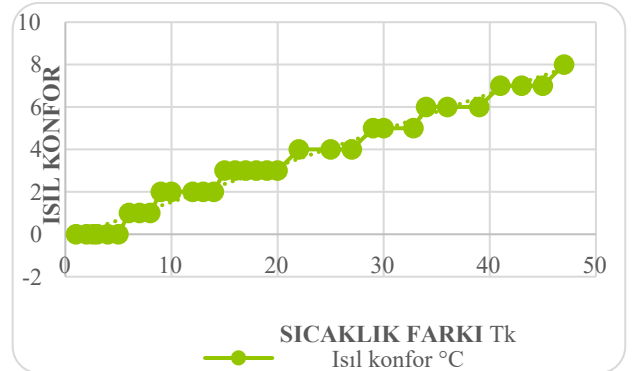
Çizelge 4.3 incelendiğinde TEJ yüzeyler arası sıcaklık farkı $\Delta T = 7^{\circ}\text{C}$ olduğunda, TEJ'den elde edilen gerilim $V = 2,74\text{ V}$, TEJ akımı $I = 32\text{ mA}$, TEJ gücü $P = 87,68\text{ mW}$ ve fanlı ortam sıcaklığı $T_f=15^{\circ}\text{C}$ olmuştur. Fansız ortam sıcaklığı $T_o=14^{\circ}\text{C}$ ve ısı konfor katkısı $T_k=1^{\circ}\text{C}$ olmuştur.

TEJ yüzeyler arası sıcaklık farkı $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$ olduğunda, TEJ'den elde edilen gerilim $V = 10\text{ V}$, TEJ akımı $I = 100\text{ mA}$, TEJ gücü $P = 1\text{ W}$ ve fanlı ortam sıcaklığı $T_f=30^{\circ}\text{C}$ olmuştur. Fansız ortam sıcaklığı $T_o=25^{\circ}\text{C}$ Isıl konfor katkısı $T_k=5^{\circ}\text{C}$ olmuştur.

TEJ yüzeyler arası sıcaklık farkı $\Delta T = 47^{\circ}\text{C}$ olduğunda, TEJ'den elde edilen gerilim $V = 18\text{ V}$, TEJ akımı $I = 180\text{ mA}$, TEJ gücü $P = 3,24\text{ W}$ ve fanlı ortam sıcaklığı $T_f=38^{\circ}\text{C}$ olmuştur. Fansız ortam sıcaklığı $T_o=30^{\circ}\text{C}$ Isıl konfor katkısı $T_k=8^{\circ}\text{C}$ olmuştur.



Şekil 8. Sıcaklık farkına göre değişen fanlı ortam sıcaklığı ve fansız ortam sıcaklığı



Şekil 9. Isıl Konfor

Tablo 2. Değişen oda sıcaklığında duvar ve radyatör yüzey sıcaklık farkına göre üretilen elektriksel değerler

I Akım mA	V Gerilim V	P Güç mW	ΔT Sıcaklık Farkı °C	Tf Fanlı Ortam sıcaklığı °C	To Fansız ortam sıcaklığı °C	Tk Isıl konfor sıcaklığı °C
0,2	0,05	0,01	1	10	10	0
3,6	0,32	1,152	2	11	11	0
4,2	0,43	1,806	2,6	12	12	0
19	1,5	28,5	3	13	13	0
24	2	48	4	14	14	0
25	2,5	62,5	5	14	14	0
30	3	90	6	15	14	1
32	2,74	87,68	7	15	14	1
32,4	3,25	105,3	8	15	14	1
35,4	3,5	123,9	9	16	14	2
36,2	3,59	129,958	10	17	15	2
38,5	3,78	145,53	12	18	16	2
38,5	3,8	146,3	13	19	17	2
39	3,9	152,1	14	20	18	2
40	4	160	15	21	18	3
42	4,2	176,4	16	22	19	3
43	4,26	183,18	17	23	20	3
45	4,45	200,25	18	24	21	3
48	4,6	220,8	19	24	21	3
50	5	250	20	25	22	3
60	6	360	22	26	22	4
75	7	525	25	27	23	4
80	8	640	27	28	24	4
90	9	810	29	29	24	5
100	10	1000	30	30	25	5
110	11	1210	32,8	31	26	5
121	12	1452	34	32	26	6
130	13	1690	36	33	27	6
140	14	1960	39	34	28	6
150	15	2250	41	35	28	7
159	16	2544	43	36	29	7
169	17	2873	45	37	30	7
180	18	3240	47	38	30	8

4. Tartışma ve Sonuçlar

Değişen oda sıcaklığında duvar ve radyatörden oluşturduğumuz sıcaklık farkını kullanarak TEJ'lerden ürettiğimiz elektriksel parametrelerin izlenmesi ve analizi yapılmıştır. 1°C ile 47°C arasında elde edilen sıcaklık farkına göre akım gerilim ve güç değerlerini incelediğimizde sıcaklık farkı ile elektriksel parametrelerin doğru orantılı olduğu görülmüştür. Harici bir kaynak kullanmadan duvar ve radyatör yüzey sıcaklık farkından faydalanarak ürettiğimiz elektrik enerjisi ısı konfora çevrilmiştir. Üretilen elektrik enerjisi ile beslediğimiz fanların radyatör kanallarındaki sıcaklığı odaya yayması sonucu ısı konfor $T_k=8$ °C' ye kadar ulaşmıştır. Gözlemlediğimiz maksimum sıcaklık farkı $\Delta T = 47$ °C olduğunda yani TEJ'den elde edilen gerilim $V = 18$ V, TEJ akımı $I = 180$ mA ve TEJ gücü $P = 3,24W$ lık değerlere sahip elektrik enerji üretilmiş ve bu enerji ile çalışan fanlar tam üfleme yaparak ısı konforu $T_k=8$ °C'ye taşımıştır.

TEJ'lerden üretilen enerji fanları döndürme gücüne erişinceye kadar üretilen enerji harici bir aküye depolanarak faydalı kullanılabilir veya fanlar akü tarafından beslenerek sistemin verimliliği artırılabilir. TEJ'lerin sıcak yüzeyinin ısı kaybının düşürülmesi ve soğuk yüzeyin daha iyi soğutulması gibi iyileştirmelerle verimleri daha da artırılabilir. Çalışmalarda sıcaklık farkının artırılmasına yönelik çalışmalar. Baş (2014), çalışmasında termoelektrik jeneratörün soğuk yüzeyine farklı su debileri uygulayarak daha iyi soğutma sağlamış ve sıcaklık farkını artırmıştır. Fettah (2010), Soğutucu akışkan olarak kullanılan havanın yüksek hava akış hızında verildiğinde üretilen elektrik enerjisinin su soğutmalı sisteme göre daha fazla olduğu görülmüştür (Fettah, 2010).

Teşekkür

1130-YL-05 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Kaynaklar

Atmaca, Y., Yiğit, A., 2009. Isıl Konfor İle İlgili Mevcut Standartlar Ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller İle İncelenmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs, İzmir, 543-555.

- Baş, Ş., 2014. Atık Baca Gazı Kullanımı İle Termoelektrik Jeneratörlerde Elektrik Üretiminin Faydalı kullanımının Deneysel İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Karabük.
- Chavez, R., Angst, S., Hall, J., Stoetzel, J., Kessler, V., Bitzer, L., Schiering, G., 2014. High temperature thermoelectric device concept using large area pn junctions. Journal of Electronic Materials, 43(6), 2376-2383.
- Dikmen, E., 2002. Fixing of Factors What Affects Thermoelectric Coolers' working criteria and fields of use in industry. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 158s, Isparta.
- Doğdu, M.F., 2013. Termoelektrik Soğutucuların Performansına Doğrudan Temaslı Isı Değiştiricilerin Etkilerinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s, İstanbul.
- Fettah, S., 2010. Katı Oksit Yakıt Pilinin Isısından Elektrik Enerjisi Üretim Sisteminin Deneysel Analizi. Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105s, Ankara.
- Li, M., Xu, S., Chen, Q., Zheng, L. R. 2011. Thermoelectric-Generator-Based DC-DC Conversion Networks for Automotive Applications. Journal of electronic materials, 40(5), 1136-1143.
- Mamur, H., 2013. Termoelektrik Jeneratörün Elektriksel, Termoelektriksel ve Isıl Parametrelerinin İncelenmesi İçin Bilgisayarlı Bir Veri Edinim Ve Test Sisteminin Gerçekleştirilmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 145s, Ankara.
- Oplustil, M. and Zalesak, M., 2013. The power options for transmitting systems using thermal energy generator, International Conference on Environment, Energy, Ecosystems and Development, Czech Republic, 212-215.
- Özgün, H., 2009. Termoelektrik Jeneratörlerin Çok Düşük Sıcaklıklarda Teorik ve Deneysel Karakterizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 158s, İstanbul.
- Rowe D.M., Bhandari C. M., 1983. Modern Thermoelectrics. Holt-Technology, 168s, London.

Electrochemical Production of ZnO and ZnO@Ag Core-Shell Nanorods on ITO Substrate and Their Photocatalytic and Photoelectrochemical Performance

Handan Kamaş, Nadiye Duyar Karakuş, Bircan Haspulat Taymaz^{1*}

Abstract: Zinc oxide (ZnO) and Ag deposited ZnO (ZnO@Ag) core-shell nanorods produced electrochemically on indium tin oxide coated glass (ITO) substrate for the first time without any organic surfactants or high annealing temperature. Nanorod films were synthesized two-step synthesis procedure. Firstly, ZnO nanorods electrodeposited at low temperature, in second step, in situ electrochemically etching of deposited ZnO nanorod was carried out. Characterizations of electrochemically produced films have been carried by using morphologic, spectroscopic and structural analysis methods by using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), atomic force microscope (AFM), fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), Elemental mapping, UV-visible diffuse absorption spectra and photoluminescence spectroscopy (PL). The photocatalytic performance of the obtained films was determined by degradation of methylene blue and malachite green dyes under UV light illumination. Methylene blue and malachite green dyes completely degraded under UV light irradiation after 150 and 180 min, respectively. Also, photoelectrochemical (PEC; water splitting) performances of the produced films were investigated under dark conditions and UV light irradiation. The ZnO@Ag core-shell nanorods exhibited higher photocatalytic and photoelectrochemical performance in comparison with unmodified ZnO nanorods film. The nanorods grown on the ITO substrates showed very good photocatalytic activity and became reusable without significant loss of activity.

Keywords: Electrodeposition, core-shell nanorods, ZnO, photocatalysis, photoelectrochemical.

1. Introduction

chemicals produced by industrial processes are discharged into the environment on a daily basis. As the use of synthetic dyes increases, paint removal becomes an important but challenging area of research in wastewater treatment, since most dyes and their degradation products may be carcinogenic and toxic to mammals (Udom et al. 2013). Therefore, decolorization and detoxification of dye-containing wastewater need to be conducted before discharging wastewater into natural water. Certain physical, chemical, and biological treatments are currently being used for dye wastewater treatment. Although, the complete

degradation of the dyes is not possible by conventional methods such as precipitation, adsorption, flocculation, flotation, oxidation, reduction, electrochemical, aerobic, anaerobic, and biological treatment methods. Recently, heterogeneous photocatalysis has emerged as a major degradation technology that leads to total mineralization of organic pollutants, especially synthetic dyes. There are a number of semiconductor metal oxides, such as TiO₂, ZnO, SnO, NiO, Cu₂O, Fe₃O₄, and WO₃, that could be used as photocatalysts due to their nontoxic nature, high photosensitivity, wide band gap and high stability (Skompska and Zarebska 2014; Udom et al. 2013). ZnO is one of the most

Konya Technical University, Department of Chemical Engineering, Konya, Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı) bhaspulat@ktun.edu.tr

Citation (Atıf): Kamaş, H., Duyar Karakuş, N., Haspulat Taymaz, B. (2019). Electrochemical Production of ZnO and ZnO@Ag Core-Shell Nanorods on ITO Substrate and Their Photocatalytic and Photoelectrochemical Performance Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 161-.177.

noticeable metal oxide semiconductors. The excellent properties of the material are produced by oxygen vacancy and zinc intervals. ZnO is also biocompatible, biodegradable and includes biosecurity for medical and environmental applications (Fabbri et al. 2016).

Up to now, in most photocatalytic work, sludge-like mixtures of semiconductor material particles and paint solution were used; these were difficult to remove from the treated water. Alternatively, the photocatalyst may be grown or immobilized on a suitable solid inert support which removes the need for photocatalyst removal. Due to their good the photocatalytic and photoelectrochemical properties, the highly porous and nanocrystalline semiconductor thin films are remarkable in recent years. The high surface area also provides more adsorbing area for film contaminants. The ZnO nanostructures/films have been used in different application areas such as, Sensor (Fabbri et al. 2016; Öztürk et al. 2016; Yoo et al. 2015; Vanalakar et al. 2015), UV Detector (Shewale and Yu 2016), UV Laser (Wang and Su 2016), Light-Emitting Diode (Wang and Su 2016), Dye-Sensitized Solar Cells (Rahman et al. 2015), Field Effect Transistor (Zulkifli, Kalita, Tanemura 2015), Photoelectrochemical application (Ge et al. 2015), Electrocatalysis (Li et al 2015), Photocatalysis (Bechambi et al. 2015; Bu 2015; Kaneva, Dimitrov, and Dushkin 2011; Khataee et al. 2015; Li et al 2015; Xu et al. 2012; Zhang et al. 2012) due to the unique electrical, optical, and mechanical properties. Although ZnO has a wide range of application areas, its photocatalytic performance is has drawn much attention for wastewater treatment and clean energy production.

ZnO films has been grown by using various synthesis methods, such as a chemical vapor deposition (Ge et al. 2015; Wang and Su 2016), chemical bath deposition (Wang and Su 2016), pulsed laser deposition (Kang et al. 2006; Shewale and Yu 2016), sol-gel route (Bu 2015; Fabbri et al. 2016; Kaneva, Dimitrov, and Dushkin 2011; Li et al 2015a; Tang et al. 2015), hydrothermal synthesis (Bechambi et al. 2015; Ge et al. 2015; Rahman et al. 2015; Yoo et al. 2015), wet chemical method (Vanalakar et al. 2015), spray pyrolysis technique (Amiri et al. 2016), metal organic chemical vapor deposition (Chikoidze et al. 2008; Habibi and Shojaee 2015; Nam, Kim, and Leem 2015), sole gel spin-coating method (Habibi and Shojaee 2015), chemical

vapor deposition (Li et al 2015a), electrochemical deposition techniques (Chen et al. 2013; Kim, Moon, and Lee 2012; Li et al. 2015b; Orhan and Baykul 2012; Öztürk et al. 2016; Xu et al. 2012). The electrochemical deposition has been accepted as an effective method for preparing nanomaterials because it is a simple, economical, non-vacuuming and low temperature process and can be easily scaled to industrial level.

Several groups have investigated the production of ZnO films by electrochemical deposition method. Öztürk et al (Öztürk et al. 2016) synthesized ZnO nanorods on the quartz crystal microbalance for volatile organic compound sensors by using galvanostatic deposition method and they have annealed the ZnO thin film at 200°C. A ZnO thin film has been prepared by a potentiostatic deposition method on Zn/Si substrates and the produced materials were calcined at 300°C (Kim, Moon, and Lee 2012). Grafted oxide-ZnO nanocomposite films were fabricated by electrochemical deposition on a Fluorine doped Tin Oxide coated glass substrate. Nanocomposite films were produced in three stages: preparation of suspensions, electrochemical deposition of composites and heat treatment while using monoethanolamine as a stabilizer (Li et al. 2015b). ZnO nanorods were grown on indium-tin oxide (ITO) coated glass substrates in two steps consisting of the galvanostatic and the potentiostatic process, and morphological, structural and optical properties of synthesized films were investigated (Orhan and Baykul 2012). ZnO film was electrodeposited potentiostatically on ITO substrate potentiostatically and calcined in air at 400 °C. ZnO films with different modifications of Au and Ag have been investigated to investigate the morphology, optical properties and effect of photocatalytic activity of Ag and Au nanoparticles (Chen et al. 2013).

The electrical and optical properties of ZnO nanostructures can be easily changed to controlled with controlled size, morphology and doping level. ZnO nanomaterial metal doping includes Mg (Shewale and Yu 2016), In (Nam, Kim, and Leem 2015; Tang et al. 2015), Ce Li et al 2015a, Pd (Öztürk et al. 2016), Eu (Chandrasekhar et al. 2015; Khataee et al. 2015), Co (Habibi and Shojaee 2015), Er (Bu 2015), Al (Bu 2015; Yoo et al. 2015), Ni (Kaneva, Dimitrov, and Dushkin 2011), Cu (Li et al 2015a; Wang and Su 2016), Fe (Amiri et al. 2016), Ag (Ansari et al. 2014; Braiek

et al. 2015; Hsu et al. 2014; Kumari et al. 2015; Mosquera et al. 2015; Patil et al. 2016; Sahu et al. 2012) and nonmetal doping includes F (Li et al. 2015a), C (Ge et al. 2015; Li et al. 2015b), N (Bu 2015), and Cl (Chikoidze et al. 2008). To produce p-type conductivity and enhance luminescence yield of ZnO doped with silver where it acts as an electron acceptor in the material (Bechambi et al. 2015; Kang et al. 2006). Also, it has been shown that the photocatalytic and photoelectrochemical activity of the ZnO nanostructure is enhanced by the addition of silver attributed to doping-induced modification of surface properties (Ansari et al. 2014; Braiek et al. 2015; Hsu et al. 2014; Kumari et al. 2015; Patil et al. 2016; Sahu et al. 2012).

In this study, ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorods were rapidly synthesized on ITO coated glass substrate for the first time using electrodeposition method without any organic surfactants or annealing at high temperature. The two-stage synthesis strategy is based on firstly aqueous electrodeposition of ZnO nanorods at low temperature and secondly in situ electrochemical etching of electrochemically deposited ZnO nanorods. Spectrochemical characterizations of the produced films have been done by using UV-vis absorption spectroscopy, UV-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS), photoluminescence spectroscopy (PL), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and FT-IR spectroscopy (FTIR) analyses. The structural properties of the films have been investigated by using x-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), energy-dispersive X-ray (EDX), transmission electron microscopy (TEM) and atomic force microscopy (AFM). The produced films applied in the photocatalytic degradation of methylene blue and malachite green dyes as a model organic pollutant. Furthermore, photoelectrochemical (PEC; water splitting) performance of the produced films was investigated. The effects of production and operational parameters on the photocatalytic activity of the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films were investigated. The ZnO@Ag core-shell nanorods were found to exhibit improved photocatalytic performance in comparison with unmodified ZnO nanorods. The prepared nanorods grown on ITO substrates showed good photocatalytic activity and became reusable in the present studies because they did not show significant loss of activity related to

degradation of the dyes or splitting of photoelectrochemical water.

2. Material and Method

2.1. Materials

Zinc nitrate [Zn(NO₃)₂, Merck, min 99%], sodium nitrate [NaNO₃, Carlo Erba Reagenti, min 99.5%], silver nitrate [AgNO₃, Nalgene, min 99.5%], ethanol [C₂H₅OH, Merck, min %99], acetone [C₃H₆O, Merck, min %99.8], malachite green [MG, Merck], methylene blue [MB, Merck] were purchased and were used without further purification. Millipore Milli-Q deionized water was used for preparation of all aqueous solutions.

2.2. Instrumentation

All electrochemical experiments were performed on a computer-controlled CHI660A electrochemical analyzer. The electrodeposition experiments were carried out in a three electrodes cell using a Pt wire (BAS-1033) as counter electrode, an Ag/AgCl (BAS-2052) as reference and an ITO coated glass (4-8 Ω, Delta Technologies) as working electrode. ITO substrates cleaned by using acetone, ethanol and deionized water in an ultrasonic bath for 10 min, respectively, before use. The spectroscopic experiments were carried out in a quartz cuvette (1 cm path length) using an Ocean Optics HR 4000 fiber optic UV-vis spectrophotometer in the wavelength range of 300–1000 nm. The UV-C tube lamp (15 W, length 41 cm, diameter 2.5 cm), model G15T8 (Philips, Holland) was used as the irradiation source ($\lambda = 254$ nm) located in a light infiltrated chamber. FT-IR measurements were carried out on a Perkin Elmer Spectrum 100 Fourier-Transform infrared (FTIR) spectrophotometer by using reflectance FTIR measurements system. The morphology and of the films was observed by SEM-ZEISS LS-10 scanning electron microscope (SEM) and NT-MDT atomic force microscope (AFM). The crystallinity of the deposited films was investigated by Shimadzu XRD-6000 X-Ray Diffraction (XRD). Photoluminescence (PL) spectroscopy of synthesized products was taken at room temperature on a HITACHI F-2700 fluorescence spectrophotometer using a Xe lamp with an excitation wavelength of 350 nm. UV-Visible Diffuse Reflectance spectra of the produced films were recorded in the range from

300 to 800 nm using a HITACHI U 3900 UV-visible diffuse reflectance spectrophotometer.

2.3. Preparation of the photocatalytic thin films

Two-step experimental methods consist of a low-temperature aqueous electrodeposition and an electrochemically etching has been applied to obtain electrodeposited ZnO nanorods on ITO coated glass substrate. In the first step, ZnO was electrodeposited on ITO substrates in an aqueous electrolyte containing 10 mM Zn(NO₃)₂ and 0.1 M NaNO₃ with a three-electrode electrochemical cell with ITO as the working electrode, a platinum wire counter electrode, and a Ag/AgCl reference electrode using an electrochemical Workstation. The electrodeposition was done by using constant potential electrolysis at -1.1 V and 80°C for 30 min under O₂ atmosphere. In the second step, electrochemically etching of electrodeposited ZnO nanorods was carried out by potentiostatically at 1.45 V in an aqueous electrolyte containing 0.1 M NaNO₃ for 3 min at 80 °C under O₂ atmosphere.

The fabrication strategy for the ZnO and ZnO@Ag core-shell arrays is shown in Fig1.

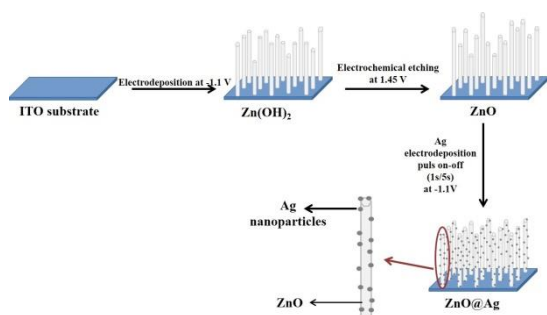


Figure 1. The fabrication strategy for the ZnO and ZnO@Ag core-shell arrays.

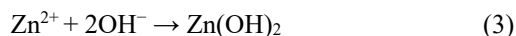
Usually, for the electrosynthesis of metal oxides, it is essential that the OH⁻ ions or O⁻ radicals should be produced around of the working electrode surface. Eg. 2 shows electrosynthesis of ZnO thin film is formed on the generation of hydroxide (OH⁻) ions at the face of working electrode by electrochemical reduction of NO₃³⁻ in Zn²⁺ aqueous solution, as shown in Eq. (1) (Skompska and Zarebska 2014; Pradhan and Leung 2008; Udom et al. 2013).



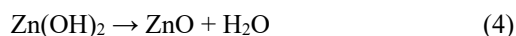
The reduction of oxygen precursor at the interface of electrode was also occur to production of OH⁻ ions (Eq 2).



When the Zn²⁺ ions in the aqueous solution react with OH⁻ ions around of working electrode surface, Zn(OH)₂ is formed at the surface of electrode (hydroxylation) (Eq 3),

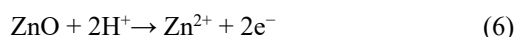
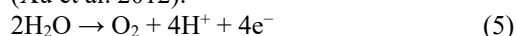


Finally, ZnO is spontaneously formed by dehydration of Zn(OH)₂ (Eq 4) when the temperature is controlled at 34°C and above (Lu et al. 2015).



The size and morphology of ZnO nanostructures extremely adhere to on the experimental terms, especially the concentration of zinc nitrate, temperature and applied potential, which might change the reaction rate of the hydroxylation and dehydration.

By virtue of electrochemically generated acid (H⁺) from anodic splitting of water the ZnO nanorod arrays were etched (Eq 5, 6) into the high surface-to-volume ratio of ZnO nanorod arrays (Xu et al. 2012).



Finally, Ag was electrodeposited (Eq 7) onto the produced ZnO thin film for acquire Ag decorated ZnO film, using pulsing plating method in a solution including 10 mM AgNO₃, the chosen running voltage was -1.0 V and pulse on-off was 1 s/5 s.



The applied potential and potential application time during electrodeposition of ZnO nanorods, potential application time during electrochemical etching and ratio of pulse on-off during Ag electrodeposition on ZnO nanorods were optimized to obtain maximum photocatalytic activity.

2.4. Measurements of photocatalytic activity

After the electrodeposition, the film was rinsed with deionized water several times and dried under air atmosphere. The photocatalytic decolorization of the dyes was performed in a quartz reactor. In the photocatalytic treatment of the dyes, a known concentration (samples were prepared in molar concentration) of the dye solution was taken in a quartz reactor. The photocatalytic thin film coated ITO coated glass substrate immersed to this dye solution. Then the reaction vessel was placed in a closed chamber with a UV source, so the solution could be illuminated from the side. The distance between the UV light source and the dye solution was 15 cm. The UV light intensity was measured 704 lux by using Smart Sensor Digital Lux Meter. Before irradiation, the photocatalytic thin film coated substrate immersed solution was stored for 60 min in dark conditions until adsorption-desorption equilibrium was established without stirring. The lamp was switched on to initiate the photocatalytic decolorization reaction. The photocatalytic decolorization of organic dyes was investigated at room temperature in the presence/absence of different catalysts under irradiation/dark for given times. To check the photocatalytic activity of the films, the decomposed dye solution was measured after regular time intervals of 15 min using UV-vis absorption spectra. A calibration graph based on Beer-Lambert's law was obtained by plotting the absorbance against the concentration of dye in solution. The concentrations of the dyes were calculated by calibration curves.

2.5. Photoelectrochemical measurements

To investigate the photoelectrochemical reply of the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films on ITO coated glass linear sweep voltammetry (LSV) and chronoamperometry experiments were done under atmospheric conditions in the dark and under UV light irradiation in a 0.5 M NaNO₃ aqueous solution at room temperature. Photoelectrochemical measurements were performed in an electrochemistry workstation (CH Instruments 660A) with a three-electrode system. The ZnO and ZnO@Ag nanorod arrays were used as the working electrode, an Ag/AgCl rod was the reference electrode, and a platinum wire was the counter electrode. The total effective area of the working electrode was 0.25 cm². The water splitting photoelectrode was illuminated by using UV-C tube lamp. Current-voltage (I-V)

curves were measured under dark and visible light irradiation at a scan rate of 10 mV/s over a potential range of -0.9 to 0.9 V. Amperometric I-t curves of ZnO and ZnO@Ag nanorod arrays were recorded under chopped light irradiation (light on or off cycle: 100 s) at an applied potential of 0.6 V vs. Ag/AgCl.

3. Results

3.1. Characterization of the produced films

3.1.1. Crystallographic properties

XRD analysis was performed to investigate the crystal structure of the produced photocatalytic films. Fig 2 shows the XRD pattern of the electrochemically synthesized ZnO (before and after electrochemical etching) and Ag decorated ZnO films.

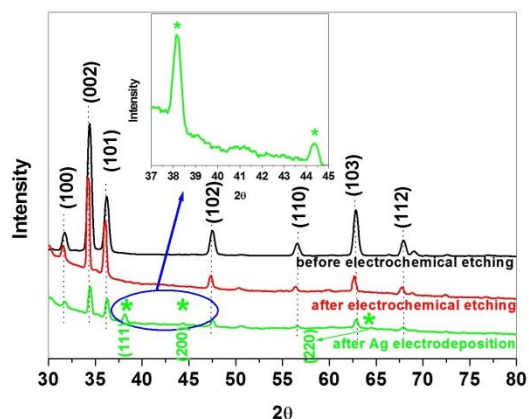


Figure 2. XRD patterns of the produced films on ITO coated glass substrate.

The strong and sharp peaks seen on the XRD patterns confirm that the prepared samples have a complete crystalline structure. The structure of ZnO nanorods was not affected by the accumulating of Ag onto ZnO/ITO electrode. The characteristic peaks of the (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112), and (201) planes of hexagonal wurtzite ZnO are clear at 2θ values of 31.74°, 34.38°, 36.22°, 47.48°, 56.54°, 62.78°, 67.87°, 69.01°, 72.47° respectively (JCPDS 36-1451) (Ansari et al. 2014). As can be shown in this figure, some new peaks marked with "*" after electrodeposition Ag on to ZnO/ITO electrode were obtained, which indicates the Ag electrodeposition on the ZnO structure. Furthermore, comparing the peak intensity of the

diffraction patterns of ZnO and the ZnO@Ag nanorods, it is evident that the peak intensity of the ZnO nanorods has been reduced in the ZnO@Ag nanorods's XRD spectrum. This can indicate that the ZnO NPs are covered with another material. After Ag accumulation to ZnO nanorods, crystalline metallic Ag is observed by XRD. Ag decorated ZnO nanorods shows that the characteristic peaks of the (111), (200) and (220) planes of cubic Ag are clear at 2θ values of 38.117° , 44.30° and 64.45° respectively (JCPDS 04-0783) (Ansari et al. 2013). The Ag XRD peak is relatively weak and broad, as shown in the inset in Fig 2, indicating a small size and well dispersed Ag at the surface of ZnO nanorods. XRD patterns showed a hexagonal wurtzite structure both for ZnO and Ag electrodeposited ZnO films. Since the XRD pattern of the Ag decorated ZnO catalyst shows no significant shifting the 2θ values of the characteristic peaks as a result of the accumulating process, the introduction of Ag does not alter the crystal structure. These demonstrate that cubic structured Ag is produced after the second electrodeposition steps and shows the stability of the two compounds during the synthesis process. These findings confirm the successful production of ZnO @ Ag core-shell nanorods. To verify the ZnO@Ag structure, the morphology and chemical composition of the produced samples was examined by SEM, AFM and EDX analyzes.örnek alanlardaki dağılımı(%)

3.1.2. Morphological properties

The morphology-controlled synthesis of ZnO nanostructure is of great interest for future ZnO nanomaterial applications. The morphologies of as electrochemically grown films were characterized using SEM and the representative SEM images of the films (before electrochemical etching, after electrochemical etching, and after Ag electrodeposition) are shown in Fig3. The insets in Fig 3 show high magnification SEM images of the morphology.

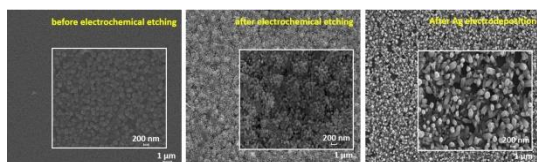


Figure 3. SEM image of the produced films on ITO coated glass substrate.

It can be seen this figure, three of the thin films have the rough surfaces and consisted of the compact, uniform and nanorod arrays. The obtained nanorod arrays produced on ITO substrate in the first-step electrodeposition were mainly 160–110 nm in diameter and showed high orientation perpendicular to the substrates. After electrochemical etching for 3 min by generated acid (H^+) from anodic splitting of water, the surface-to-volume ratio of ZnO nanorod arrays was increased, as shown in Fig 3. Although the morphology of thin films was not significantly affected by Ag deposition, it caused an increase in the size of ZnO @ Ag nanorods compared to pure ZnO nanorods (Fig3). The diameters of ZnO nanorods were about 52-84 nm in ZnO film after electrochemical etching and the diameters of the rods increased about 74-148 nm with the Ag decorating.

Change in the surface morphology of the ZnO thin films after Ag deposition was also investigated using an AFM analysis. Fig4 show the AFM 2D- and 3D-images of the ZnO films before and after Ag deposition (scan area $20\ \mu m \times 20\ \mu m$), respectively.

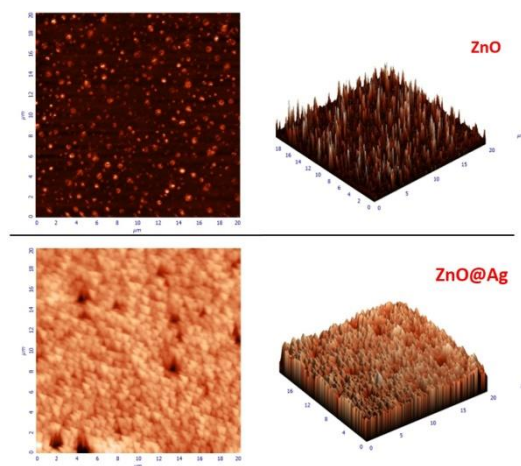


Figure 4. AFM image of the ZnO and ZnO@Ag films on ITO coated glass substrate.

AFM images also confirm that the ZnO and ZnO@Ag films are nanorod array. Furthermore, after Ag deposition, the surface roughness of the film significantly changed.

3.1.3. Spectroscopic properties

Film composition and spectroscopic properties plays a major role in the photocatalytic and

photoelectrochemical activity of the produced films. To verify the chemical composition and spectroscopic properties of the ZnO and ZnO@Ag films, FTIR, EDX, PL and DRS measurements were carried out. Fig.5 shows the FTIR spectra of the ZnO and ZnO@Ag films.

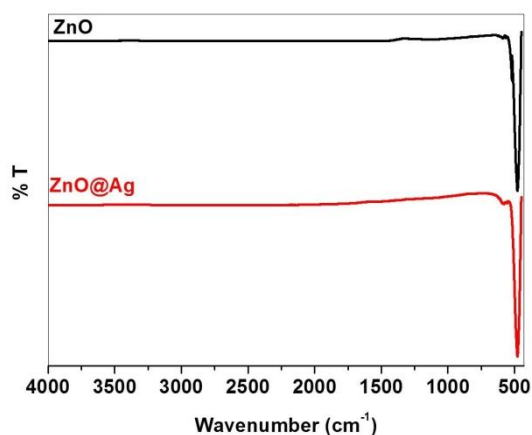


Figure 5. FTIR spectra of the ZnO and ZnO@Ag films on ITO coated glass substrate.

Both of the films, one strong absorption bands correspond to the characteristic stretching mode of Zn-O was observed at 479 cm^{-1} (Braiek et al. 2015; Zhang et al. 2012). After Ag deposition, a new absorption peak was observed at 583 cm^{-1} which indicates the presence of the Ag nanoparticles in the ZnO@Ag nanorod arrays.

The energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) mapping of the grain of the ZnO and ZnO@Ag nanorods are shown in Fig6. Elemental zinc, oxygen, and silver are detected, and the corresponding weight and atomic percentages of the produced photocatalysts were also given in insets of Fig6.

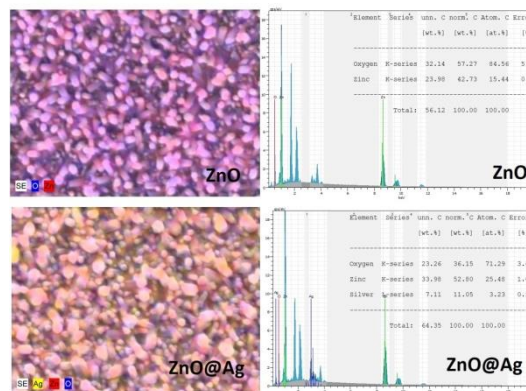


Figure 6. SEM-EDX mapping, EDX spectra and chemical composition of the ZnO and ZnO@Ag nanorod films

Zn, O, and Ag elements have been found in the ZnO@Ag nanorods while Zn and O elements have been found by EDX measurements. Quantitative analysis shows that the ZnO nanorods is not stoichiometric ratio of Zn and O because the oxygen element has two sources that ZnO film and oxygen in the ITO coating under nanorods. Furthermore, In and Sn elements also found EDX spectra of three films due to the ITO substrate. The homogeneous distributions of Zn, Ag and O shown in Fig6, indicating that the ZnO core nanorods are fully covered with Ag shell. The Ag content of the ZnO@Ag nanorods arrays shown in inset of Fig6 is about 3.23 atom % revealed by EDX. Chemical atomic wt. % compositional analyses for zinc, oxygen and silver estimated from EDX spectrum were well supported the formation of Ag over ZnO nanorods. The FTIR and EDX results were in good alignment with the XRD result. These results indicate that ZnO@Ag nanorods have highly crystalline structure with a tiny and uniform dispersion of Ag nanoparticles at the ZnO nanorod surface, which is beneficial for the photocatalytic activities. The result confirms again that the ZnO@Ag core-shell nanorod arrays has been successfully fabricated by the two step electrochemical method.

The optical performance and band gap energy perform a significant role in the photocatalytic process. The optical performance of ZnO and the ZnO@Ag nanorod arrays was determined by the UV-vis diffuse absorption spectra, which are displayed in Fig7.

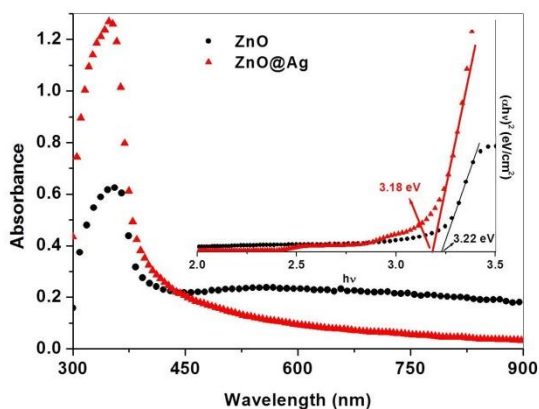


Figure 7. UV-visible diffuse absorption spectra of the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films. The inset shows the plots of $(\alpha hv)^2$ versus $h\nu$ of these films

As shown in Fig7, the absorption of the films mainly focusing on the UV zone and the absorption of the Ag@ZnO nanorods was higher than that of pure ZnO nanorods. A hard peak centered at about 350 nm corresponding to the ground excitonic state of ZnO (Li et al. 2011). This exciton peak comply to the highly crystalline nature of the nanorods with surface defects. The insets in Fig7 shows the plot of $(\alpha hv)^2$ versus $h\nu$ for the ZnO and the ZnO@Ag nanorod arrays and demonstrates that the optical band gap of the ZnO nanorods is 3.22 eV which is smaller than the theoretical value of bulk ZnO (3.37 eV) (Bu 2015; Rahman et al. 2015; Yoo et al. 2015; Zhang et al. 2012; Zulkifli et al. 2015). The possible reason could be due to structural defects arising during the preparation of the material. As it can be seen from inset of Fig7, the band gap of the ZnO@Ag nanorods is slightly smaller than that of pure ZnO nanorods. This is attributed to the no significant interfacial electron coupling between ZnO and Ag during the electrochemical deposition process.

ZnO has been extensively studied as a photocatalyst for environmental remediation due to its low cost, excellent electrochemical stability and high electron mobility. But, the quick recombination of photoexcited electrons and holes decreases its photocatalytic performance. Thus, achieving effective charge separation and blocking electron-hole recombination of these nanostructures is a key factor in maintaining the high photoactivity of nanoscale photocatalysts (Braiek et al. 2015). In a photocatalytic process, the separation and recombination of photoinduced

charge carriers are competitive routes and the photocatalytic performance is effective when the recombination between them is prevented. The efficiency of the recombination can be measured by the luminescence intensity. The PL evaluations were performed to determine the charge recombination and migration efficiency of the produced films because the photocatalytic activity is related closely to the PL intensity and the recombination rate of photo excited electrons and holes. Fig8 shows the PL spectra of the ZnO and the ZnO@Ag core-shell nanorod arrays measured at an excitation wavelength of 350 nm.

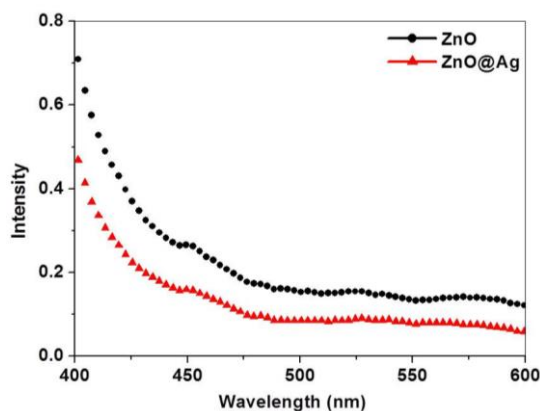


Figure 8. PL spectra of the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films

The emission intensity of the PL spectrum of the ZnO@Ag core-shell nanorod arrays was lower than that of ZnO nanorod arrays suggesting that the anchoring of Ag decoration could quench the fluorescence from the ZnO nanorods and prolong electron-hole pair lifetime (Ansari et al. 2013). This decrease can be attributed to the electron trapping effect of Ag, which acts as an acceptor species and inhibits the recombination of charge carriers on ZnO (Bechambi et al. 2015). A lower density of photoluminescence means a lower electron-hole recombination rate and thus a longer lifetime of the photogenerated carriers. Effective charge separation and inhibition electron-hole recombination with the Ag nanostructure is generally favorable to enhance the photocatalytic activity of ZnO (Chen et al. 2013). The PL spectra showed that the decoration of the Ag nanostructures to the ZnO nanorods could effectively inhibit the recombination of electrons and holes during the photocatalytic reaction under UV light irradiation.

3.2. Photocatalytic activity of the produced films

Methylene blue and malachite green are organic dyes used in the various industries like printing, textile and photographic. When discharged into environment they are dangerous to aquatic life and, in many cases, shows carcinogenic effect on humans and animals (Gülce et al. 2013). So, degradation of these organic dyes is of great importance to water purification and conservation. These dyes are selected as model compound for investigation of photocatalytic activity of produced ZnO and ZnO@Ag core-

shell nanorod arrays. The photocatalytic activity of the produced films were evaluated by monitoring the change in concentration of the dyes as a function of UV irradiation time. The control experiment exposes aqueous solution of MB and MG to UV light without photocatalyst, in which no detectable degradation in the dye solution was observed.

Fig9 shows the change in UV-vis optical absorption spectra of MB and MG dyes by ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films on ITO coated glass substrates under UV irradiation for different time intervals.

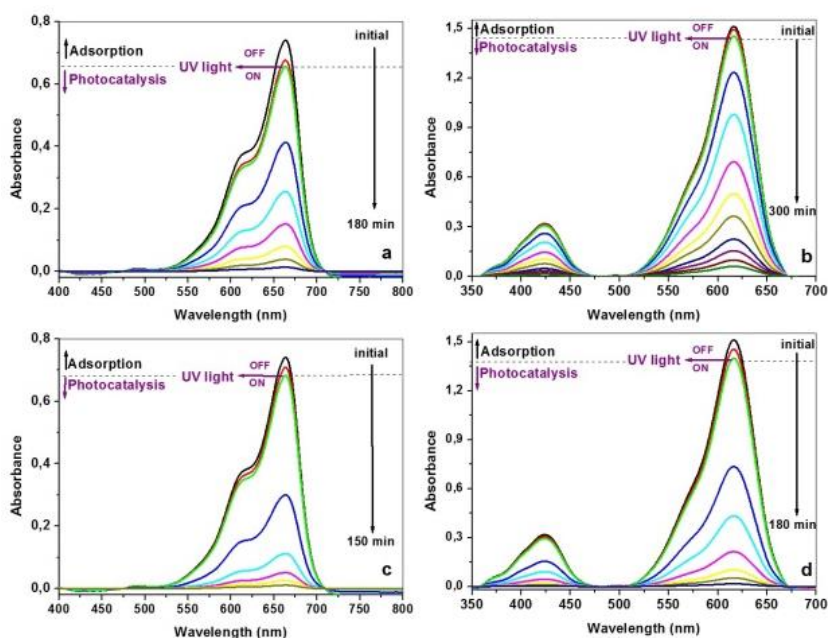


Figure 9. The change in UV-vis absorption spectra in the presence ZnO nanorod film of a) MB, b) MG and in the presence the ZnO@Ag core-shell nanorod film (c) MY, (d) MG under UV light irradiation (initial concentration of dyes: 1×10^{-5} M).

The decrease of the absorption band intensities of the dyes indicated that dyes have been degraded by the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod photocatalyst. As can be seen this figure, the disappearance of the characteristic band of MB and MG dyes after 150 min. and 180 min. respectively, under UV light irradiation indicates that MB and MG dyes have been degraded completely by ZnO@Ag core-shell nanorod film (Fig9c and 9d). It can be seen Fig9a and 9b, the

disappearance of the characteristic band of the dyes not occur for same time intervals when ZnO film was used as photocatalyst.

The concentrations ratio (C/C_0) is calculated in order to evaluate the degradation efficiency of the dyes. Fig10 shows the concentrations ratio versus irradiation time for the MB and MG dyes solutions in the presence of the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films.

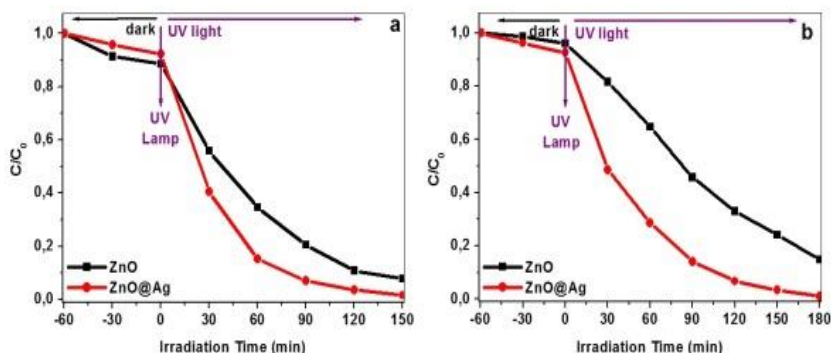


Figure10. The concentrations ratio versus irradiation time for the a) MB, b)MG dyes solutions in the presence of the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films under UV light irradiation.

Before irradiation, the photocatalytic thin film coated substrate immersed solution was stored for 60 min in dark conditions to understand the effect of UV illumination. As seen Fig10a and 10b, the decolorization efficiencies are 9.34% and 5.24% for MB and MG dyes respectively under dark conditions in the presence of the ZnO nanorod film due to adsorption mechanism. The decolorization efficiencies of MB and MG dyes are 7.18% and 6.91% respectively under dark conditions when the ZnO@Ag core-shell nanorod film used as catalyst. The lamp was switched to study the effect of UV irradiation on the catalyst-dye interaction. As shown in Fig10a-b, the degradation of MB using the ZnO@Ag core-shell nanorod film is 100%, while the ZnO nanorod film 83%, for 150 min irradiations. The decolorization efficiency of MG are 100% and

84% for the ZnO@Ag core-shell and ZnO nanorod films respectively, for 180 min irradiations (Fig10b). It is clearly seen that the presence of Ag the ZnO matrix accelerates the photocatalytic process.

In general, the kinetics of photocatalytic degradation of organic pollutants on the semiconducting materials has been established and can be described well by the apparent first order reaction $\ln(C_0/C_t) = k_{app}t$, where k_{app} is the apparent rate constant, C_0 is the concentrations of dyes after darkness adsorption for 60 min and C_t is the concentration of dyes at time t . Fig11 shows the relationship between UV illumination time and the degradation rate of dyes.

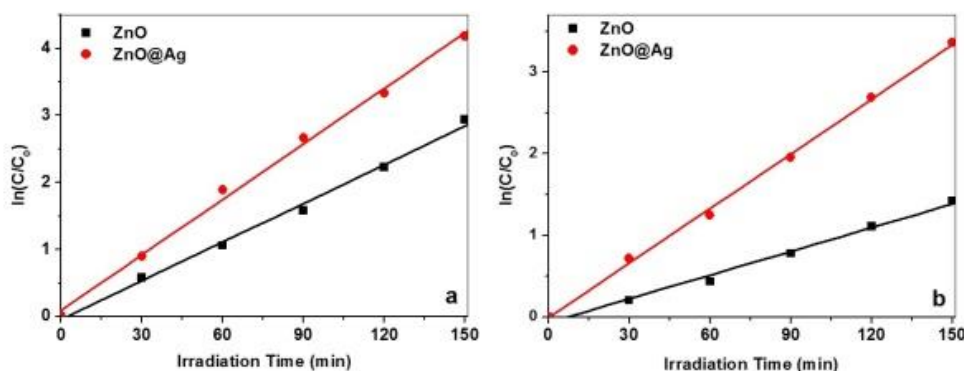


Figure 11. The relationship between UV illumination time and the degradation rate of a)MB, b)MG.

The linear correlation of the plots of $\ln(C_0/C_t)$ versus time suggested a pseudo first-order reaction for the both dyes. The appeared reaction

rate constants calculated using the linear extrapolations. The activity of synthesized film photocatalysts under UV light can be evaluated by

comparing the apparent rate constants (k_{app}) listed in Table 1.

	Methylene Blue				Malachite Green			
	ZnO		ZnO@Ag		ZnO		ZnO@Ag	
	k_{app} (min^{-1})	R^2	k_{app} (min^{-1})	R^2	k_{app} (min^{-1})	R^2	k_{app} (min^{-1})	R^2
1. usage	0.5764	0.9949	0.8283	0.9963	0.2909	0.9911	0.6693	0.9983
2. usage	0.5558	0.9891	0.7874	0.6916	0.2891	0.9900	0.6591	0.9979
3. usage	0.5513	0.9881	0.7652	0.9949	0.2875	0.9894	0.6492	0.9973
4. usage	0.5445	0.9881	0.7459	0.9987	0.2798	0.9829	0.6419	0.9959
5. usage	0.5264	0.9897	0.7432	0.9959	0.2729	0.9826	0.6369	0.9952

As can be seen in Table 1, the photocatalytic activity of the ZnO@Ag core-shell nanorod arrays is higher than that of ZnO nanorod arrays for both dyes. The enhanced photocatalytic activity of the ZnO@Ag core-shell nanorod film compared to the pure ZnO nanorod film indicates that the Ag decoration improve the photocatalytic activity of the ZnO nanorods for the effective degradation of dyes and organic compounds when exposed to UV light. The degradation rate of MB and MG is 1.4 and 2.3 times greater on the ZnO@Ag core-shell nanorods compared to the rate with pure ZnO nanorods, respectively.

To evaluate the photocatalytic stability of the ZnO@Ag core-shell and ZnO nanorod films, it was used for several photocatalytic runs using in each measurement a new dye solution with the same initial concentration under UV light irradiations for the both dyes. After the first run, the film coated ITO substrate was separated and used immediately for further runs without any treatment. Fig12 represent the cyclic usage of the produced photocatalyst films for degradation of the MB and MG dye solutions under UV light irradiation.

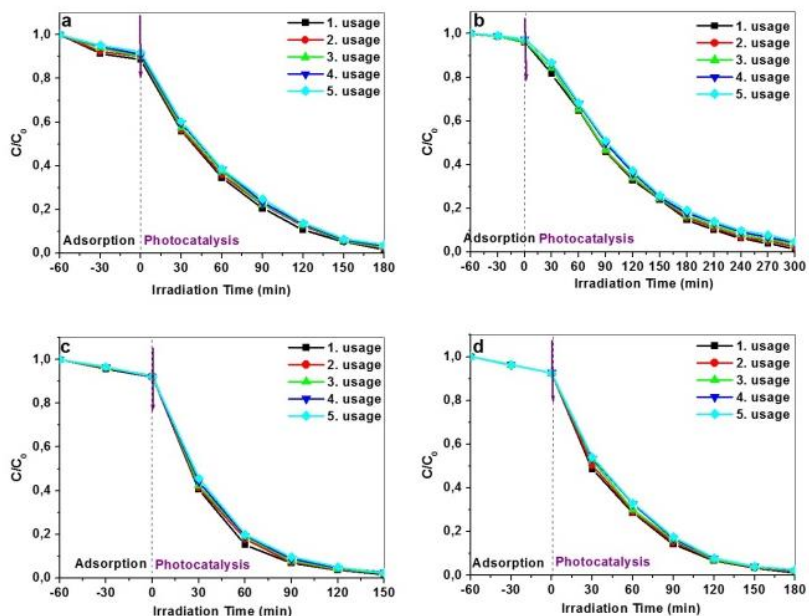


Figure 12. Effect of number of runs on the degradation of dyes in the presence ZnO nanorod film (a) MY, (b) MB and in the presence the ZnO@Ag core-shell nanorod film (c) MY, (d) MG (initial concentration of dyes: 1×10^{-5} M).

It has been confirmed that the both films maintains its good photocatalytic activity even after five cycles. Furthermore, Ag deposition has significantly increased the photocatalytic stability of the produced nanorod film.

The photocatalytic stability of the produced films is confirmed by comparing the apparent rate constants (k_{app}). The results in Table 1 show that the film photocatalyst is reusable and that it can also maintain relatively high activity after several experimental runs. After five recycles for the photodegradation of the dyes, the photocatalyst did not exhibit any significant loss of activity, as shown in Fig12 and Table 1, confirming the ZnO@Ag core-shell and ZnO nanorod films are not photocorroded during the photocatalytic oxidation of the pollutant molecules.

3. 3. Photoelectrochemical performance of the produced films

To investigate the photoelectrochemical performance of the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films on ITO coated glass in water splitting, we also performed LSV in dark and under UV light illumination as shown in Fig13a.

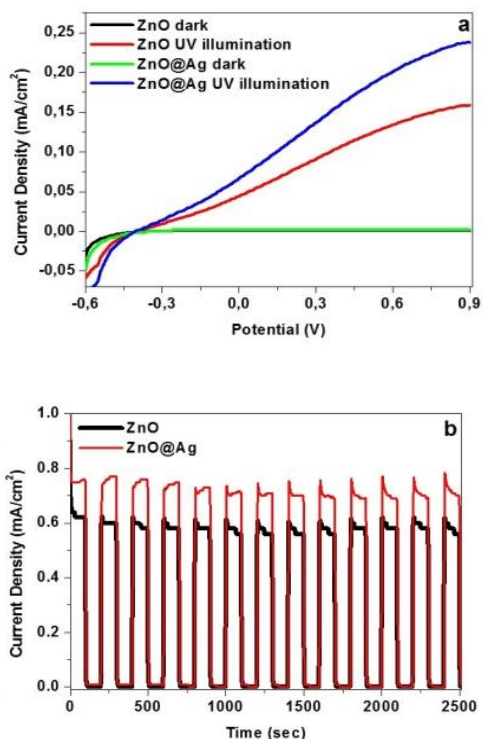


Figure 13. Photoelectrochemical performance of the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films on ITO coated glass in water splitting a) LSV in dark and under UV light illumination b) current density response to on-off cycling with total test duration of 2500 s

A negligible current was observed on both of the produced electrodes under dark conditions. Under illumination, the current densities of the electrodes increased with the applied potential. The ZnO nanorod film electrode exhibited a photocurrent of only $0.1560 \text{ mA cm}^{-2}$ at 0.8 V versus Ag/AgCl. In the presence of ZnO@Ag core-shell nanorod film electrode, the current density indicates a significant increasing up to $0.2396 \text{ mA cm}^{-2}$ at the same potential. The photocurrent of ZnO@Ag core-shell nanorods enhanced as compared to ZnO nanorods which showed that the Ag decoration on ZnO can effectively increase the photo conversion efficiency. The increment of photocurrent also indicates the enhance of photoinduced carriers transport rate and the improvement of photogenerated electron-hole pair separation. Also, the extent of electron-hole recombination in the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films on ITO coated glass were also supported by PL results (Fig8). This result clearly shows that the Ag decoration can efficiently depress the recombination of photogenerated electron-hole pairs and increased the photocatalytic performance of the ZnO@Ag core-shell nanorods (Ansari et al. 2013). According to these results, we concluded that the ZnO@Ag core-shell nanorods could serve as efficient materials for the enhancement of photocurrent. The excellent photoelectrochemical properties can be attributed to the Ag/ZnO heterojunction function to reduce the recombination of photo-generated electrons and holes.

Both photoelectrodes (the ZnO and ZnO@Ag core-shell nanorod films on ITO coated glass) were illuminated at intervals ($+0.6 \text{ V}$ vs. Ag/AgCl) in several cycles to assess the repeatability of the reproducibility of their photoresponses as well as the stability of the device to oxidation. The current density response, which corresponds to the on-off cycle with a total test duration of 2500 s , is presented in Fig13b. From this figure, we can observe that both photoelectrodes cause an instantaneous change of current in the illumination. After the light turned off, the current was almost instantly attracted to the original values. These results showed the stability of both thin films. Besides, we can note from Fig13b that the photocurrent density produced by ZnO@Ag core-shell nanorod film electrode is higher than that measured on ZnO nanorod film.

These results demonstrate that ZnO@Ag core-shell nanorods have better photo-electrochemical activity than pure ZnO nanorods under UV illumination. In this case, the coupling of Ag and ZnO nanorods could transfer electrons from Ag into ZnO for their suitable conduction of band potentials. The improved ZnO photocurrent density after the addition of the Ag nanoparticles can be ascribed to the enhanced separation of electron-hole pairs in the ZnO@Ag core-shell nanorod arrays (Hsu and Chang 2014). This result is in good agreement with that obtained in the photocatalytic activity. It has been reported that surface properties are modified by decorating the surface of ZnO with Ag or different nanostructure. This decoration also enhances the interfacial charge-transfer kinetics between the metal and semiconductor (Ansari et al. 2013; Patil et al. 2016). This improves the separation of the photogenerated electron-hole pairs and transport to their respective electrodes. The successful transport of charge carriers has resulted in the enhanced photoelectrochemical activity of the ZnO photoanode.

3.4. Possible Mechanisms in Enhancing Photocatalytic Activity

Photocatalysis is the acceleration of a photoreaction by the action of a catalyst; the catalyst interacts with a substrate in its ground state or excited state and/or with a primary photoproduct. A photocatalyst uses the characteristics of semiconductors in a photochemical reaction to decompose organic pollutants (Ansari et al.2013; Chen et al. 2013; Hsu and Chang 2014). The semiconductor possesses a band gap which separates the top of the electron-filled valence band (VB) from the vacant conduction band (CB). When ZnO is irradiated with light that is greater than the band gap energy, electrons in the valence band (VB) moves to the conduction band (CB) leading to the producing an electron(e) and a positive hole (h^+), in the CB and VB, respectively. The electron (e) and hole (h^+) both migrate to the catalyst surface to recombine or preferably facilitate a redox reaction with compounds absorbed on the catalyst. The combination of the positive hole(h^+) with water and/or hydrogen peroxide (H_2O_2) produces hydroxyl radicals ($\text{OH}\cdot$), powerful oxidants that oxidize the organic compounds in the photocatalytic system. Simultaneously, oxygen molecules absorbed on the photocatalyst

are reduced by the electrons in the conduction band. During the photocatalytic process, reactions with oxygen (O_2) causes superoxide radicals ($O_2^{\cdot-}$) and other reactive oxygen species to form. Superoxide and H_2O_2 act as electron acceptors, or, for H_2O_2 , a direct source of hydroxyl radicals due to hemolytic scission, and help the oxidation of organic and inorganic electron donors (Bechambi et al. 2015; Skompska and Zarebska 2014; Xu et al. 2012). The modification of photocatalyst with several materials increased photocatalytic activity. The mechanisms of the enhanced photocatalytic activity of the photocatalyst modified with noble metal have been proposed by several researchers (Ansari et al. 2014; Ansari et al. 2015; Chen et al. 2013). In the case of metal modification in nanomaterials, metal modifier can change the photophysical properties. From the study, it can be seen that the decoration of Ag on ZnO nanorod arrays enhances the photocatalytic activity in photodegradation of the dyes and photoelectrochemical performance in water splitting of the ZnO nanorod film. It is assumed that decorated Ag on the ZnO nanorods can act as electron-hole separation centers. The photocatalysis test results demonstrate that the separation of photogenerated electron-hole pairs is enhanced by Ag/ZnO interfaces present in the ZnO@Ag nanorod arrays and thus the photocatalytic activity improves. The high photoactivity of ZnO@Ag core-shell nanorod arrays was also attributed to the higher UV light absorbance. These comments also confirmed the UV-visible diffuse reflectance and PL spectroscopy results. The photocatalytic reaction process of the novel ZnO@Ag nanorod arrays is proposed as follows and shown in Fig14.

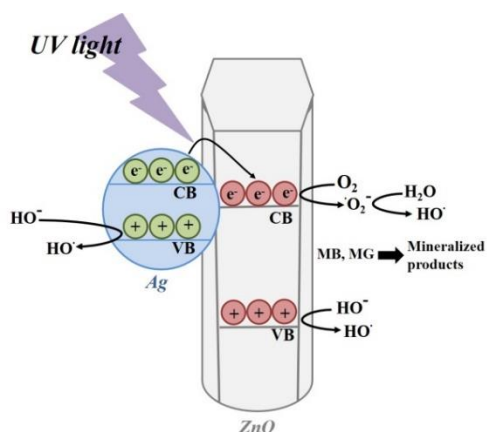


Figure 14. The photocatalytic reaction process of the ZnO@Ag nanorod

(1) Both the ZnO nanorods and the Ag nanoparticles act as electron and hole sources. When the Ag nanoparticles absorb photons of energy greater than or equal to the band gap, photoelectrons may be promoted from the valence band (VB) to the conduction band (CB), leaving behind same amount of electron vacancies or holes in the VB.

(2) Since the energy level of the bottom of the CB of Ag nanoparticles is higher than the energy level of the ZnO nanorods, the photoelectrons could transfer from Ag to ZnO driven by the energy difference. The Ag nanostructures act as mediator for transferring the photoelectrons. Thus, the recombination of photoelectrons and holes prior to the superoxide activation process is avoided and the photoinduced generation of electron-hole pairs will continue. The Ag nanoparticles on ZnO nanorods which acts as electron sinks can trap the photogenerated electrons from the semiconductor. Therefore, the photogenerated charge carriers can be separated effectively and improve the photocatalytic activity of Ag-deposited ZnO under UV irradiation (Ansari et al. 2015; Bechambi et al. 2015; Chen et al. 2013; Xu et al. 2012).

(3) The photoinduced holes may react with surface-bound H_2O or OH^- to produce the hydroxyl radical species ($\cdot OH$), which is an extremely strong oxidant to most organic chemicals. Free electrons may be picked up by oxygen molecules dissolved in the solution to generate superoxide radical anions ($\cdot O_2^-$), which are the active species for the overall photocatalytic oxidation (Hsu and Chang 2014; Xu et al. 2012).

4. Discussion and Conclusions

ZnO nanomaterials has several advantages such as low cost, excellent electrochemical stability and high electron mobility for photocatalytical applications. However, its main disadvantage is that its photocatalytic activity is hindered by rapid recombination of photoexcited electrons and holes. Hence, ensuring the efficient charge separation and inhibition of electron-hole recombination of the ZnO nanostructures is the key factor for preserving its high photocatalytic activity. In this study, Ag deposited ZnO core-shell nanorod films synthesized by using electrodeposition method on ITO coated glass

substrate and their photocatalytic activity and photoelectrochemical performance were evaluated. The characteristic properties of pure and Ag doped ZnO were investigated by using XRD, SEM, AFM, EDX, FTIR, PL and UV-vis diffuse reflectance. The photocatalytic activity was investigated by degradation of MB and MG dyes under UV light irradiation. The modification of Ag was importantly increased the photocatalytic activity and stability. The UV-visible diffuse reflectance, PL spectroscopy, photocatalytic and photoelectrochemical experiments showed that decoration Ag nanostructures to the surface of ZnO nanorods has significantly increased the photocatalytic activity and photostability of the produced nanorod films. The Ag nanostructures at the surface of ZnO act as mediator for transferring the photoelectrons and effectively inhibit electron-hole recombination during the photocatalytic reaction under UV light irradiation. The photocurrent of ZnO@Ag core-shell nanorods enhanced as compared to ZnO nanorods which indicated that the Ag decoration on ZnO could effectively improve the photoconversion efficiency. Increase of photoinduced carriers transport rate and the improvement of photogenerated electron-hole pair separation can also be observed with the enhancement of photocurrent.

In conventional photocatalytic processes, suspended semiconductor materials are used in the wastewater treatment. The most important disadvantage of such applications is the necessity of using additional separation procedures to remove the entrails used as photocatalysts again after the photocatalytic reaction. If the appropriate films are used as photocatalyst no further separation and purification process is required. The photocatalysts produced in this work are films on the surface, these film photocatalyst is produced no secondary pollution and no further separation and purification process is required. The same photocatalytic film can be used numerous times which leads to a reduction in cost for sustained wastewater treatment.

The results we present suggest that the production of ZnO@Ag nanorod films without any organic surfactants or high annealing temperature is an economical and effective process for the production of efficient photocatalytic film on an appropriate conducting surface, at larger scale, that is suitable for degrading dyes in wastewaters.

Acknowledgements

The authors thank Selcuk University Council of Scientific Research Projects for their financial support (Project no: 15401120).

References

- Ansari, S.A., Khan, M.M., Ansari, M.O., Lee, J., Cho. M.H. (2013). Biogenic Synthesis, Photocatalytic, and Photoelectrochemical Performance of Ag-Zno Nanocomposite. *The Journal of Physical Chemistry C* 117(51), 27023-30.
- Ansari, S. A., Khan, M.M., Lee, J., Cho, M.H. (2004). Highly Visible Light Active Ag@Zno Nanocomposites Synthesized by Gel-Combustion Route. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20 (4), 1602-1607.
- Bechambi, O., Chalbi, M., Najjar, W., Sayadi, S. (2015). Photocatalytic Activity of Zno Doped with Ag on the Degradation of Endocrine Disrupting under Uv Irradiation and the Investigation of Its Antibacterial Activity. *Applied Surface Science*, 347, 414–20.
- Braiek, Z., Brayek, A., Ghoul, M., Taieb, S. B., Gannouni, M., Ben Assaker, I., Souissi, A., Chtourou. R. (2015). Electrochemical Synthesis of Zno/In₂s₃ Core-Shell Nanowires for Enhanced Photoelectrochemical Properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 653, 395-401.
- Bu, I.Y. (2015). Enhanced Photocatalytic Activity of Sol-Gel Derived Zno Via the Co-Doping Process. *Superlattices and Microstructures*, 86, 36–42.
- Chandrasekhar, M., Nagabhushana, H., Vidya, Y.S., Anantharaju, K.S., Sharma, S.C., Premkumar, H.B., Prashantha, S.C. et al. (2015). Synthesis of Eu³⁺-Activated Zno Superstructures: Photoluminescence, Judd-Ofelt Analysis and Sunlight Photocatalytic Properties. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 409, 26-41.
- Chen, L., Tran. T., Huang, T.C., Li, J., Yuan, L., Cai. Q. (2013). Synthesis and Photocatalytic Application of Au/Ag Nanoparticle-Sensitized Zno Films. *Applied Surface Science*, 273, 82-88

- Chikoidze, E., Nolan, M., Modreanu, M., Sallet, V., Galtier, P. (2008). Effect of Chlorine Doping on Electrical and Optical Properties of ZnO Thin Films. *Thin Solid Films* 516(22), 8146-49.
- El Amiri, A., Moubah, R., Lmai, F., Abid, M., Hassanain, N., Hlil, E.K., Lassri, H. (2016). Probing Magnetism and Electronic Structure of Fe-Doped ZnO Thin Films. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 398, 86-89.
- Fabrizi, B., Gaiardo, A., Giberti, A., Guidi, V., Malagù, C., Martucci, A., Sturaro, M., et al. (2016). Chemoresistive Properties of Photo-Activated Thin and Thick ZnO Film. *Sensors and Actuators B: Chemical* 222, 1251–56.
- Ge, C., Li, H., Li, M., Li, C., Wu, X., Yang, B. (2015). Synthesis of a ZnO Nanorod/Cvd Graphene Composite for Simultaneous Sensing of Dihydroxybenzene Isomers. *Carbon*, 95, 1-9.
- Gülce, H., Eskizeybek, V., Haspulat, B., Sarı, F., Gülce, A., Avcı, A. (2013). Preparation of a New Polyaniline/CdO Nanocomposite and Investigation of Its Photocatalytic Activity: Comparative Study under UV Light and Natural Sunlight Irradiation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52(32), 10924-34.
- Habibi, M.H., Shojaei, E. (2015). Fabrication and Characterization of Cobalt Sensitized Nanostructure Zinc Oxide Thin Film Coated on Glass by Sol-Gel Spin Coating Using Trans-Bis(Acetylacetonato)-Bis(4-Methylpyridine)Cobalt(II). *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 45 (11), 1642-46.
- Hsu, M.H., Chang, C.J. (2014). Ag-Doped ZnO Nanorods Coated Metal Wire Meshes as Hierarchical Photocatalysts with High Visible-Light Driven Photoactivity and Photostability. *Journal of Hazardous Materials* 278, 444-53.
- Kaneva, N.V., Dimitrov, D.T., Dushkin, C.D. (2011). Effect of Nickel Doping on the Photocatalytic Activity of ZnO Thin Films under UV and Visible Light. *Applied Surface Science* 257, 8113–20.
- Kang, S.H., Ahn, D.B., Kim, H.J., Kim, H.G., Lim, H.S., Chang, W.H., Lee, Y.S. (2006). Structural, Electrical, and Optical Properties of P-Type ZnO Thin Films with Ag Dopant. *Applied Physics Letters*, 202,108-3.
- Khataee, A., Saadi, S., Safarpour, M., Joo, S.W. (2015). Sonocatalytic Performance of Er-Doped ZnO for Degradation of a Textile Dye. *Ultrasonics Sonochemistry* 27, 379–88.
- Hyunghoon, K., Moon, J.Y., Lee, H.S. (2012). Effect of ZnCl₂ Concentration on the Growth of ZnO by Electrochemical Deposition. *Current Applied Physics*, 12, 35-S38.
- Kumari, B., Sharma, S., Satsangi, V.R., Dass, S., Shrivastav, R. (2015). Surface Deposition of Ag and Au Nano-Isles on ZnO Thin Films Yields Enhanced Photoelectrochemical Splitting of Water. *Journal of Applied Electrochemistry*, 45(4), 299-312.
- Li, H., Zhang, W., Guan, L., Li, F., Yao, M. (2015). Visible Light Active TiO₂-ZnO Composite Films by Cerium and Fluorine Codoping for Photocatalytic Decontamination. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 40, 310–18.
- Li, P., Wei, Z., Wu, T., Peng, Q., Li, Y. (2011). Au-ZnO Hybrid Nanopyramids and Their Photocatalytic Properties. *Journal of American Chemical Society*, 133(15), 5660-5663.
- Li, Y., Wang, D., Li, W., He, Y. (2015). Photoelectric Conversion Properties of Electrochemically Codeposited Graphene Oxide-ZnO Nanocomposite Films. *Journal of Alloys and Compounds*, 648, 942-50.
- Lu, H., Zhai, X., Liu, W., Zhang, M., Guo, M. (2015). Electrodeposition of Hierarchical ZnO Nanorod Arrays on Flexible Stainless Steel Mesh for Dye-Sensitized Solar Cell. *Thin Solid Films*, 586, 46-53.
- Mosquera, E., Rojas-Michea, C., Morel, M., Gracia, F., Fuenzalida, V., Zárate, R.A. (2015). Zinc Oxide Nanoparticles with Incorporated Silver: Structural, Morphological, Optical and Vibrational Properties. *Applied Surface Science*, 347, 561-68.

- Nam, G., Kim, B., Leem, J. (2015), Facile Synthesis and an Effective Doping Method for Zn:In³⁺ Nanorods with Improved Optical Properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 651, 1-7.
- Orhan, N., Baykul, M.C. (2012). Characterization of Size-Controlled Zn Nanorods Produced by Electrochemical Deposition Technique." *Solid-State Electronics*, 78, 147-50.
- Öztürk, S., Kösemen, A., Alpaslan Kösemen, Z., Kılm, N., Öztürk, Z.Z., Penza, M. (2016), Electrochemically Growth of Pd Doped Zn Nanorods on QCM for Room Temperature Voc Sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 222, 280–89.
- Patil, S.S., Mali, M.G., Tamboli, M.S., Patil, D.R., Kulkarni, M.V., Yoon, H., Kim, H., et al. (2016). Green Approach for Hierarchical Nanostructured Ag-Zn and Their Photocatalytic Performance under Sunlight. *Catalysis Today*, 260 126-34.
- Pradhan, D., Leung, K.T. (2008). Controlled Growth of Two-Dimensional and One-Dimensional Zn Nanostructures on Indium Tin Oxide Coated Glass by Direct Electrodeposition. *Langmuir*, 24, 9707-9716.
- Rahman, M.Y.A., Roza, L., Umar, A.A., Salleh, M.M. (2015). Effect of Boric Acid Composition on the Properties of Zn Thin Film Nanotubes and the Performance of Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Journal of Alloys and Compounds*, 648, 86-91.
- Sahu, R.K., Ganguly, K., Mishra, T., Mishra, M., Ningthoujam, R.S., Roy, S.K., Pathak, L.C. (2012). Stabilization of Intrinsic Defects at High Temperatures in Zn Nanoparticles by Ag Modification. *Journal of Colloid and Interface Science*, 366(1), 8-15.
- Shewale, P.S., Yu. Y.S. (2016). Structural, Surface Morphological and UV Photodetection Properties of Pulsed Laser Deposited Mg-Doped Zn Nanorods: Effect of Growth Time. *Journal of Alloys and Compounds*, 654, 79-86.
- Skompska, M., Zarebska, K. (2014). Electrodeposition of Zn Nanorod Arrays on Transparent Conducting Substrates—A Review. *Electrochimica Acta*, 127, 467-488.
- Tang, K., Gu, S., Liu, J., Ye, J., Zhu, S., Zheng, Y. (2015). Effects of Indium Doping on the Crystallographic, Morphological, Electrical, and Optical Properties of Highly Crystalline Zn Film. *Journal of Alloys and Compounds*, 653, 643-648.
- Udom, I., Ram, M.K., Stefanakos, E.K., Hepp, A.F., Goswami, D.Y. (2013). One Dimensional-Zn Nanostructures: Synthesis, Properties and Environmental Applications. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 16, 2070-2083.
- Vanalakar, S.A., Patil, V.L., Harale, N.S., Vhanalakar, S.A., Gang, M.G., Kim, J.Y., Patil, P.S., Kim, J.H. (2015). Controlled Growth of Zn Nanorod Arrays Via Wet Chemical Route for NO₂ Gas Sensor Applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 221, 1195–1201.
- Wang, R., Su. W. (2016). Valence Control and Periodic Structures in Cu-Doped Zn Nanowires. *Journal of Alloys and Compounds*, 654, 1-7.
- Xu, F., Chen, J., Guo, L., Lei, S., Ni. Y. (2012). In Situ Electrochemically Etching-Derived Zn Nanotube Arrays for Highly Efficient and Facilely Recyclable Photocatalyst. *Applied Surface Science* 258, 8160–8165.
- Yoo, R., Cho, S., Song, M., Lee, W. (2015). Highly Sensitive Gas Sensor Based on Al-Doped Zn Nanoparticles for Detection of Dimethyl Methylphosphonate as a Chemical Warfare Agent Simulant. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 221, 217–223.
- Zhang, Y., Ram, M.K., Stefanakos, E.K., Goswami, D.Y. (2012). Synthesis, Characterization, and Applications of Zn Nanowires. *Journal of Nanomaterials* 2012, 1-22.
- Zulkifli, Z., Kalita, G., Tanemura, M. (2015). Fabrication of Transparent and Flexible Carbon-Doped Zn Field Emission Display on Plastic Substrate. *Physica Status Solidi* 9,145-148.

Received: 23.08.2019

Accepted: 29.09.2019

DOI: 10.30516/bilgesci.609986

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3 (2), 178-188, 2019

Kızılçam Meşcerelerinde Alfa Tür Çeşitliliği – Yetiştirme Ortamı İlişkileri: Gölhisar Yöresi Örneği

Özdemir Şentürk^{1*}, Mehmet Güvenç Negiz², Serkan Gülsoy³

Özet: Türkiye’de özellikle yayılış alanları itibarıyla önemli bir asli orman ağacı olan Kızılçam türünü konu alan birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Ancak kızılçam meşcerelerinde yetiştirme ortamı özelliklerine bağlı olarak alfa tür çeşitliliği üzerine yapılmış çalışmalar yok denecek kadar az sayıdadır. Bu çalışma Gölhisar yöresinde bulunan doğal Kızılçam meşcerelerinde alfa bitki tür çeşitliliği ve yetiştirme ortamı ilişkilerini ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmada Gölhisar yöresinde doğal kızılçam meşcerelerinde çalışılmış ve 20x20 m boyutlarında 42 örnekleme alanından elde edilen veriler kullanılmıştır. Örnekleme alanlarında bitki türlerinin kaplama alanı değerleri Braun-Blaquet yöntemine göre kaydedilmiştir. Daha sonra bu değerler Fontein vd, (2007) tarafından önerildiği şekilde 0-1 aralığında sayısallaştırılmıştır. Yetiştirme ortamı özelliklerinden yükselti, eğim, bakı, radyasyon indeksi, sıcaklık indeksi, gölgelenme indeksi, topografik pozisyon indeksi, arazi formu ve anakaya formasyonları tespit edilmiştir. Her örnekleme alanında alfa bitki tür çeşitliliği Shannon-Wiener çeşitlilik indisine göre PAST programı yardımıyla hesaplandıktan sonra, bu değerler ile yetiştirme ortamı özelliklerine ait veriler ilk aşamada SPPS paket programında Pearson korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Bir sonraki aşamada örnekleme alanlarına ait Shannon-Wiener çeşitlilik indis değerleri ile çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler yine PAST paket programında Temel Bileşenler Analizi ile çok değişkenli bir analiz ile test edilmiştir. 42 örnek alandan elde edilen sonuçlara göre, Shannon-Wiener çeşitlilik indis değerleri 1,466 ile 2,834 aralığında değişim göstermiştir. Pearson korelasyon analizi sonucunda Shannon-Wiener alfa çeşitliliği ile kireçtaşı anakayasası arasında pozitif yönde ilişki olduğu tespit edilmiştir. Temel Bileşenler Analizi sonucunda, Shannon-Wiener alfa çeşitliliği ile eğim ve kireçtaşı anakayasası arasında pozitif, sıcaklık indeksi ve kumtaşı anakayasası ile ise negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alfa tür çeşitliliği, biyolojik çeşitlilik, çevresel faktörler, Gölhisar yöresi, kızılçam

Alpha Species Diversity and Ecological Site Factor Relations in Brutian Pine Forests: A Case Study From Gölhisar District

Abstract: Many studies have been conducted about Brutian pine which is a primary forest tree species in Turkey. However, the studies on the relationships between alpha diversity of species and ecological site factors are very few. From this point of view, in this study, it is aimed to reveal the relationship between the plant species diversity and environmental factors in Brutian pine forests of Gölhisar district. The study was carried out in natural Brutian pine forests and the data were obtained from 42 plots in 20x20 m dimensions. Coverage values (%) of plant species in sampling areas were recorded using by Braun-Banquet method. These values were then subjected to a second transformation process as suggested by

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Gölhisar-Burdur

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, Sütçüler-Isparta

³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Isparta

*Corresponding author (İletişim yazarı) osenturk@mehmetakif.edu.tr

Citation (Atıf): Şentürk, Ö., Negiz M. G., Gülsoy, S. (2019). Kızılçam Meşcerelerinde Alfa Tür Çeşitliliği – Yetiştirme Ortamı İlişkileri: Gölhisar Yöresi Örneği. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 178-188.

Fontaine et al, (2007). In the study, altitude, slope, radiation index, heat index, hillshade index, topographic position index, landform index and bedrock formation are included as environmental factors. After the alpha plant species diversity according to the Shannon index was calculated by the PAST software and site factors-diversity relations were determined by Pearson Correlation Analysis in SPSS package program at the first stage. In the second stage, Principal Component Analysis which is one of the multivariate analysis methods, was applied in PAST software. The Shannon diversity index values ranged from 1,466 to 2,834 according to the data obtained from 42 plots. Pearson correlation analysis showed that there was a positive correlation between the alpha species diversity and the limestone bedrock. As a result of Principal Component Analysis, alpha species diversity is negatively associated with mean temperature and sandstone in a positive relationship with the slope and limestone bedrock.

Keywords: Alpha species diversity, biodiversity, environmental factors, Gölhisar district, brutian pine

1. Giriş

Genel anlamda biyolojik çeşitlilik, belirli bir ekosistem, biyom veya tüm dünyada bulunan genlerin, türlerin, ekosistemlerin ve ekolojik olayların oluşturduğu bir bütün olarak tanımlanmakta olup (Thompson vd., 2009; Negiz, 2013; Kurt,2017), son yıllarda gerçekleştirilen araştırma konuları içerisinde, en önemlilerinden biri haline gelmeye başlamıştır. Tür çeşitliliği alfa çeşitliliği (α), beta çeşitliliği (β) ve gama çeşitliliği (γ) olmak üzere 3 farklı düzeyde hesaplanabilmektedir. Bunlardan alfa çeşitliliği belli bir alan yada toplum içerisindeki çeşitliliği ifade ederken, beta çeşitliliği en az iki toplum arasındaki çeşitlilik düzeyi olarak tanımlanmakta, gama çeşitliliği ise tüm alanları içine alan söz konusu ekosistemin toplam çeşitlilik düzeyi anlamına gelmektedir (Zhao vd., 2005; Mareno & Hashemi, 2006; Hashemi,

Tamamlanan pek çok çalışmada bahsi geçen 3 farklı çeşitlilik düzeyinin doğrudan hesaplaması yapılarak toplumlar için birtakım yorumlara gidilirken, bazı çalışmalarda ise çeşitlilik hesabı gerçekleştirilen toplumlarda ekolojik ortam koşulları ile ilişkiler ele alınmıştır (Negiz ve Özkan, 2017; Negiz ve Kurt, 2017). Tür çeşitliliği ile ekolojik ortam koşulları arasındaki ilişkilere yönelik yapılan çalışmalara bakıldığında, genel olarak alfa çeşitliliği ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere daha fazla odaklanıldığını görmek mümkündür (Hunter, 1996; Işık, 2014; Özkan, 2006; Özkan ve Gülsoy, 2010). Diğer yandan ekolojik ortam koşulları ile çeşitliliğin bir arada ele alınarak konu edinildiği çalışmaların büyük bölümünün orman ekosistemleri hakkında olduğunu söylemek mümkündür (Linder, 2001; Özkan, 2006). Zira ormanlar biyolojik çeşitliliğin merkezindedir ve orman alanlarındaki tür çeşitliliğinin yüksek olması çok önemlidir. Nitekim bir orman ekosisteminin sürekliliğinde

tür çeşitliliği anahtar görevi görmekte olup, tür çeşitliliği bakımından zengin olan ekosistemler her türlü olumsuz etkilere (yangın, heyelan, böcek ve mantar zararı, istilacı türler vb.) karşı daha dayanıklı olabilmektedir (Linder, 2001; Negiz, 2013).

Konunun öneminin yakın geçmişte daha iyi anlaşılmasıyla birlikte biyolojik çeşitlilik sözleşmesinin imzalanmasının ardından, sözleşmeye taraf olan ülkelerin tümü orman alanlarında tür çeşitliliğinin tespiti için envanter çalışmaları gerçekleştirmeye başlamıştır. Sözleşmeye taraf olan ülkelerden birisi olan Türkiye için de aynı durum söz konusu olup, tıpkı diğer ülkeler gibi konu hakkında politika ve uygulamaları belirlemek amacıyla özellikle bilimsel araştırmalara önem verilmiştir. Dolayısıyla son zamanlarda pek çok doğal ekosistemlerde olduğu gibi orman alanlarında da biyolojik çeşitlilik üzerine çok sayıda önemli çalışma yapılmaya başlamıştır (Özkan ve Gülsoy, 2010; Negiz ve Kurt, 2017). Fakat bir yandan konunun önemi ve hassasiyeti, diğer yandan genetik, tür yada ekosistem çeşitliliği yönünden Türkiye'nin mevcut konumu düşünüldüğünde, yapılan bu çalışmaların halen yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir. Diğer bir ifade ile başta orman alanları olmak üzere ülkemizin sahip olduğu tüm sucul yada karasal ekosistemlerde biyolojik çeşitlilik konusu üzerine yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.

Pinaceae familyasında yer alan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), tipik bir Doğu Akdeniz ağacı türüdür ve dünyadaki en geniş yayılışını Türkiye'de gerçekleştirmektedir. Türkiye'deki mevcut yayılış alanı ve odun özellikleri itibarıyla önemli bir asli orman ağacı olan Kızılçam türünü konu alan birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Anşin, 1994; Genç, 2004; Özkan ve Kuzugüdenli, 2010). Fakat bu çalışmalar içerisinde kızılçam meşcerelerinde

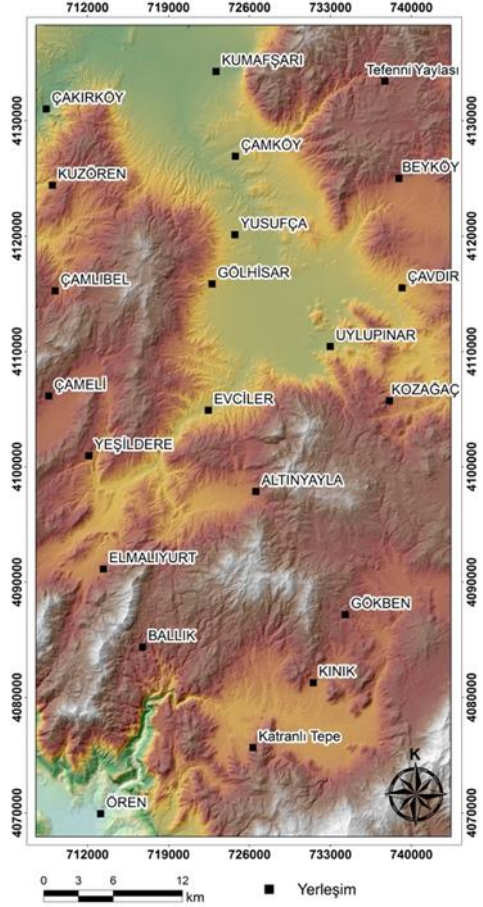
yetiştirme ortamı-çeşitlilik konusu üzerine yapılmış çalışmaların yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Bu bağlamda gerçekleştirilen bu çalışmada kızılçam ormanlarındaki alfa tür çeşitliliği ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece ülkemiz için oldukça önemli olan bu türün hakim olduğu orman alanlarında, tür çeşitliliği açısından potansiyel olarak yüksek olan sahaların tespit edilmesi ve konuya ilişkin belirlenecek stratejilerde altlık bilgilerin oluşturulması hedeflenmiştir.

Çalışma alanımız olan Göllhisar (Burdur) yöresinde oldukça yüksek orman varlığı söz konusudur. Özellikle dünyadaki en geniş yayılışını Anadolu'da yapan kızılçam ormanları yörede hakim orman alanlarını oluşturmaktadır. Diğer yandan yöredeki söz konusu kızılçam meşcerelerinde insanlar tarafından tahrip edilmiş orman alanlarının miktarı, verimli orman alanı miktarına oldukça yakındır. Bu konuların haricinde yörede yükselti, anakaya, iklim gibi ekolojik ortam koşullarının farklılık gösterdiği alanları görmek mümkündür. Tüm bu bilgiler doğrultusunda hazırlanan bu çalışmada Göllhisar yöresinde bulunan doğal kızılçam meşcerelerinde alfa bitki tür çeşitliliği ve yetiştirme ortamı ilişkilerinin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Bu çalışma 35° 44' 54" - 35° 19' 27" doğu boylamları ile 36° 44' 03"- 37° 21' 33" kuzey enlemleri arasında konumlanan Göllhisar yöresinde gerçekleştirilmiştir. Yöre, Burdur' a bağlı Göllhisar, Çavdır, Tefenni, Altınyayla ilçeleri ile Denizli'ye bağlı Çameli ve Muğla iline bağlı Fethiye ilçeleri ile sınırlanmıştır (Şekil 1). Çalışma alanı sınırları 24 adet 1/25000 ölçekli topoğrafik haritanın (N22b4 - N22b3 - N22c1 - N22c2 - N22c3 - N22c4 - O22b1 - O22b2 - O22b3 - O22b4 - O22c1 - O22c2 - N23a4 - N23a3 - N23d1 - N23d2 - N23d3 - N23d4 - O23a1 - O23a2 - O23a3 - O23a4 - O23d1 - O23d2) içerisinde kalmaktadır. Yörenin yükseltisi 540 - 2300 m arasında değişmekte ve güneybatısında Boncuk dağları (2197 m), batısında Akdağ (2303) ve güneyinde Eren dağları (2290 m) bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yerbuldur

Çalışma alanının vejetasyon çeşitliliği anlamında oldukça zengin olduğu daha önce yörenin yakın çevresinde gerçekleştirilen çalışmalarda ifade edilmiştir (Çetin ve Seçmen 2008). Yöre, 136.743 hektar ormanlık alan, 115.937 hektar açıklık alan olmak üzere toplam 252.680 hektar büyüklüğünde bir alanı kaplamaktadır. Boylu ardıç, karaçam, meşe (saçlı meşe, kermes meşesi), kızılçam ve Toros sediri yöredeki en fazla yayılışa sahip ağaç türleridir (OBM, 2010).

Çalışma alanı ve çevresi genel olarak Göller yöresinde yer almakta ve genellikle Akdeniz iklim kuşağının özelliklerini yansıtmaktadır. Fakat yöre yer yer asıl Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş kuşağında yer aldığı için geçiş iklimi özellikleri de çok görülmektedir. Çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık 12,6 °C, en sıcak ay 23,4 °C ile temmuz ayı ve en soğuk ay 2,4 °C ile ocak ayı olarak tespit edilmiştir. Yıllık yağış miktarı 634,9 mm olup, en fazla yağış 127,9 mm aylık yağış miktarı ile aralık ayıdır (DMİ, 2010; Negiz, 2013).

Çalışma alanının yakın çevresine ait jeolojik yapıda; Mesozoyik'ten günümüze kadarki yaş aralığında Likya, Orta-Üst Miyosen ve Gölhisar formasyonlarına ait üç adet birim bulunduğu ve bu formasyonlar genel olarak kireçtaşı, kumtaşı, iri taneli konglomera, marn ve ofiyolit anakayalarını içermektedir (DPT, 1996; Elitez, 2010; Varol, 2011). En yaygın toprak tipleri kahverengi orman toprağı ve kırmızı Akdeniz toprağıdır. Çalışma alanının büyük kısmı eğimli ve engebeli olmasından dolayı toprak özellikleri bakımından zayıf bir özellik göstermektedir. Söz konusu bu topraklar taşlılık özellikleri bakımından genel olarak orta derecede taşlı ve taşlı sınıflarının içerisinde bulunmaktadır.

2.2. Verilerin elde edilmesi

Araştırmada Gölhisar yöresinde doğal kızılçam meşcerelerinde çalışılmış ve 20x20 m boyutlarında 42 örnekleme alanından elde edilen veriler kullanılmıştır. Örnekleme alanlarında tespit edilen toplam 100 bitki türüne ait kaplama alanı değerleri Braun-Blaquet yöntemine göre Microsoft Excel ortamında kaydedilmiştir. Daha sonra bu değerler Fontein vd. (2007) tarafından önerildiği şekilde 0-1 aralığında sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Bu işlemlerin ardından Shannon-Wiener çeşitlilik indisi olarak bilinen;

$$\alpha_{H'} = -\sum \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \times \left(\frac{\ln n_i}{N} \right) \right] \quad (1)$$

denklemi ile her bir örnek alan için alfa tür çeşitliliği hesaplanmıştır (Shannon, 1948).

Denklemden, $\alpha_{H'}$: Shannon-Wiener çeşitlilik indisini, n_i : türün Fontein vd. (2007) skalasına göre çevrilmiş değerini, N : çevrilmiş değerlerin toplamını ifade etmektedir.

Verilerin elde edilmesinin ikinci aşamasında açıklayıcı değişkenlerin oluşturulması aşamasına geçilmiş olup, ilk olarak çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli kullanılarak bakı, eğim ve yükselti basamakları haritaları raster formatında elde edilmiştir. Yörenin arazi yapısını belirlemek amacıyla Jenness (2006), tarafından kullanıma sunulan "Topographic Tools" eklentisi aracılığıyla topografik pozisyon indeksi haritası raster formatında oluşturulmuştur. Oluşturulan bu indeks haritasında, pozitif yönlü değerler tepe, dağ ve dağ zirveleri gibi yüksek yerleri, negatif

yönlü değerler vadi ve kanyon gibi yerleri temsil etmektedir. Sıfıra yakın değerler ise düzlükler, sırtlar ve hafif eğimli alanları temsil etmektedir. Ayrıca yine çalışmada "Topographic Tools" sekmesi üzerinden 6 sınıf halinde ayrımı gerçekleştirilen arazi formu ile örnek alanlara ait gölgeleme indeksi haritaları elde edilmiştir. Çalışma alanı için elde edilen eğim ve bakı haritalarına ait hücresel değerler aşağıda verilen 2 ve 3 numaralı denklemlerde yerine koyularak Radyasyon İndeksi ve Sıcaklık İndeksi değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan yeni hücresel değerler kullanılarak ArcMap 10.2 yazılımında noktadan harita oluştur seçeneği yardımıyla Radyasyon İndeksi ve Sıcaklık İndeksi değişkenleri raster formatında oluşturulmuştur.

$$\text{Radyasyon indeksi} = [1 - \cos(\frac{\theta}{180}) \times (\theta - 30)] / 2 \quad (2)$$

Burada, θ bakı değerlerini temsil etmektedir. Bu formül sonucunda elde edilen değerler 0 – 1 aralığında değişim göstermektedir. "0" değeri kuzey-kuzeydoğu yönündeki arazilerde, "1" değeri daha sıcak ve kuru güney-güneybatı yamaçlardaki arazileri temsil etmektedir (Moisen ve Frescino, 2002; Aertsen vd., 2010).

$$\text{Sıcaklık indeksi} = \cos(\text{radyan}(\theta) - \theta \text{ maks}) * (\tan(\text{radyan}(\Delta))) \quad (3)$$

Burada; θ bakı ve Δ eğim değerlerini, θ maks = 202,5 ° ifade etmektedir. θ maks değeri olan 202,5° sıcak güney yönü temsil etmektedir (Parker, 1988; Olsson vd., 2009). Bu formül ile elde edilen değerler -1 – +1 aralığında değişmektedir.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'den çalışma alanına ait anakaya haritası resim formatında temin edilmiştir. Ardından, ArcMap 10.2 yazılımında her bir anakaya tipi poligon olarak çizilmiştir. Elde edilen her farklı anakaya tipine ait özellikler göz önünde bulundurularak birleştirilmiş ve öznelik tablosuna kaydedilmiştir. Vektör özelliğindeki anakaya tipleri dışı aktarma seçenekleri kullanılarak raster formatına dönüştürülmüştür. Sonuç olarak toplam 16 farklı çevresel değişken tanımlayıcı değişkenler olarak çalışmaya dahil olmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. İstatistiksel analizlerde kullanılacak yetişme ortamı değişkenleri ve ortalama değerleri

Değişken	Ortalama
Yükselti	1183,22
Eğim	13,911
Radyasyon İndeksi	0,440
Topografik Pozisyon İndeksi	0,065
Sıcaklık İndeksi	0,856
Gölgelenme İndeksi	179,357
Kumtaşı	%74
Kireçtaşı	%17
Serpantin	%7
Çört	%2
Vadi Tabanı, Kanyon	%10
U Şeklinde Vadiler	%19
Düzlük, Ovalık	%7
Alt Yamaçlar	%14
Üst Yamaçlar	%31
Dağ Zirvesi, Sırtlar	%19

3. Bulgular

Göhlisar yöresi ölçeğinde toplam 42 örnek alanda gerçekleştirilen bu çalışma neticesinde 100 farklı bitki türü tespit edilmiştir. Örnekleme alanlarında tespit edilen bitki türlerinin 0-1 aralığında sayısallaştırılmış değerlerinden yararlanarak alfa tür çeşitliliği hesaplanmıştır. Alfa tür çeşitliliğinin

hesabı için birçok biyolojik çeşitlilik ile ilgili yapılan çalışmada olduğu gibi Shannon-Wiener çeşitlilik indisi tercih edilmiştir (Gorelick, 2006; Ohsawa ve Nagaike, 2006; Liang vd., 2007; Gülsoy ve Özkan, 2008; Aslan ve Ayvaz, 2009). Örnekleme alanlarında Shannon-Wiener çeşitlilik indisi değerleri 1,466 ile 2,834 aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Örnek Alanlarda hesaplanan Shannon-Wiener çeşitlilik indis değerleri

Örnek Alan No	Shannon-Wiener Çeşitlilik İndisi	Örnek Alan No	Shannon-Wiener Çeşitlilik İndisi	Örnek Alan No	Shannon-Wiener Çeşitlilik İndisi	Örnek Alan No	Shannon-Wiener Çeşitlilik İndisi
1	2,395	12	2,064	23	2,064	34	2,142
2	2,594	13	1,776	24	1,764	35	2,108
3	2,119	14	2,834	25	1,885	36	1,886
4	1,703	15	2,101	26	2,265	37	1,466
5	2,169	16	2,449	27	2,214	38	1,782
6	1,838	17	1,960	28	1,850	39	2,024
7	2,090	18	2,501	29	1,910	40	1,578
8	1,597	19	2,193	30	2,235	41	1,574
9	1,690	20	2,326	31	2,224	42	1,662
10	1,620	21	2,312	32	1,825		
11	1,785	22	2,356	33	2,166		

42 örnek alanda hesabı yapılan bu Shannon-Wiener çeşitlilik indis değerleri, 16 farklı tanımlayıcı yetişme ortamı özelliklerine ait değerler ile ikili doğrusal test yöntemlerinden Pearson korelasyon analizi kullanarak ilişkilendirilmiştir (Çizelge 3). Uygulanan analiz neticesinde alfa tür çeşitliliği ile yetişme ortamı

özelliklerinden kireçtaşı ($r_s=0,349$ ve $p<0,05$) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki tespit edilirken, diğer tanımlayıcı çevresel değişkenlerin alfa tür çeşitliliği ile istatistiki olarak anlamlı düzeyde bir ilişkisi belirlenmemiştir. n olarak görülmektedir.

Çizelge 3. Shannon-Wiener alfa tür çeşitliliği ile çevresel faktörler arasındaki ilişkileri belirlemek için yapılan Pearson korelasyon analizi sonuçları

Shannon-Wiener	Korelasyon katsayısı	p
Yükselti	-0,128	0,420
Eğim	0,252	0,107
Radyasyon indeksi	0,083	0,599
Sıcaklık indeksi	0,046	0,774
Topografik Pozisyon İndeksi	-0,188	0,234
Gölgeleme İndeksi	-0,051	0,746
Kireçtaşı	0,349*	0,023
Kumtaşı	-0,262	0,093
Serpantin	-0,430	0,785
Çört	-0,240	0,878
Vadi Tabanı, Kanyon	0,215	0,171
U Şeklinde Vadiler	0,123	0,437
Düzlük, Ovalık	-0,430	0,785
Alt Yamaçlar	-0,640	0,688
Üst Yamaçlar	-0,105	0,510
Dağ Zirvesi, Sırtlar	-0,760	0,633

* %5 önem düzeyinde anlamlı, ** %1 önem düzeyinde anlamlı

İkinci aşamada ise alfa çeşitlilik indisi olarak hesaplanan Shannon-Wiener çeşitlilik indis değerleri ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkileri ortaya koyarak görsel anlamda değerlendirebilmek için çok değişkenli analiz yöntemlerinden Temel Bileşenler Analizi uygulanmıştır. Temel Bileşenler Analizi

neticesinde eksnelere ait özdeğer katsayıları ve varyans açıklama oranları (%) Çizelge 4'de verilmiştir. Buna göre, özdeğer katsayısı 1'den, varyansa katılım değeri %10'dan büyük 3 eksen elde edilmiştir. Bu durum asgari düzeyde yorumların bu 3 eksen üzerinden yapılabileceğini ortaya koymuştur.

Çizelge 4. Temel Bileşenler Analizi eksenlerine ait özdeğer ve varyans açıklama (%) oranları

Eksenler	Özdeğer Katsayısı	Varyans %	Ekllemeli Varyans %
1	3,569	20,999	20,999
2	2,539	14,941	35,940
3	1,791	10,541	46,481
4	1,690	9,943	56,424
5	1,504	8,848	65,272
6	1,262	7,428	72,700
7	1,045	6,148	78,848
8	0,928	5,459	84,307
9	0,744	4,379	88,686
10	0,680	4,004	92,690
11	0,444	2,615	95,308
12	0,434	2,553	97,858
13	0,236	1,390	99,248
14	0,089	0,524	99,772
15	0,038	0,226	100,00
16	0,000	0,000	100,00
17	0,000	0,000	100,00

Ekllemeli varyans toplam değerine bakıldığında 3 eksen üzerinde ilişkilerin yaklaşık olarak %47'si açıklanmakta olup, en yüksek varyans açıklama yüzdesine yaklaşık %20,1'lik oranla Eksen 1 olduğu görülmektedir.

Asgari düzeyde açıklama koşulunu sağlayan bu üç eksen üzerinde Shannon-Wiener alfa çeşitlilik ve tanımlayıcı değişkenleri korelasyon katsayıları Çizelge 5'te verilmiştir. Burada görüleceği üzere bağımlı değişken konumundaki Shannon-Wiener alfa çeşitlilik değerleri en yüksek Eksen 1 (r:

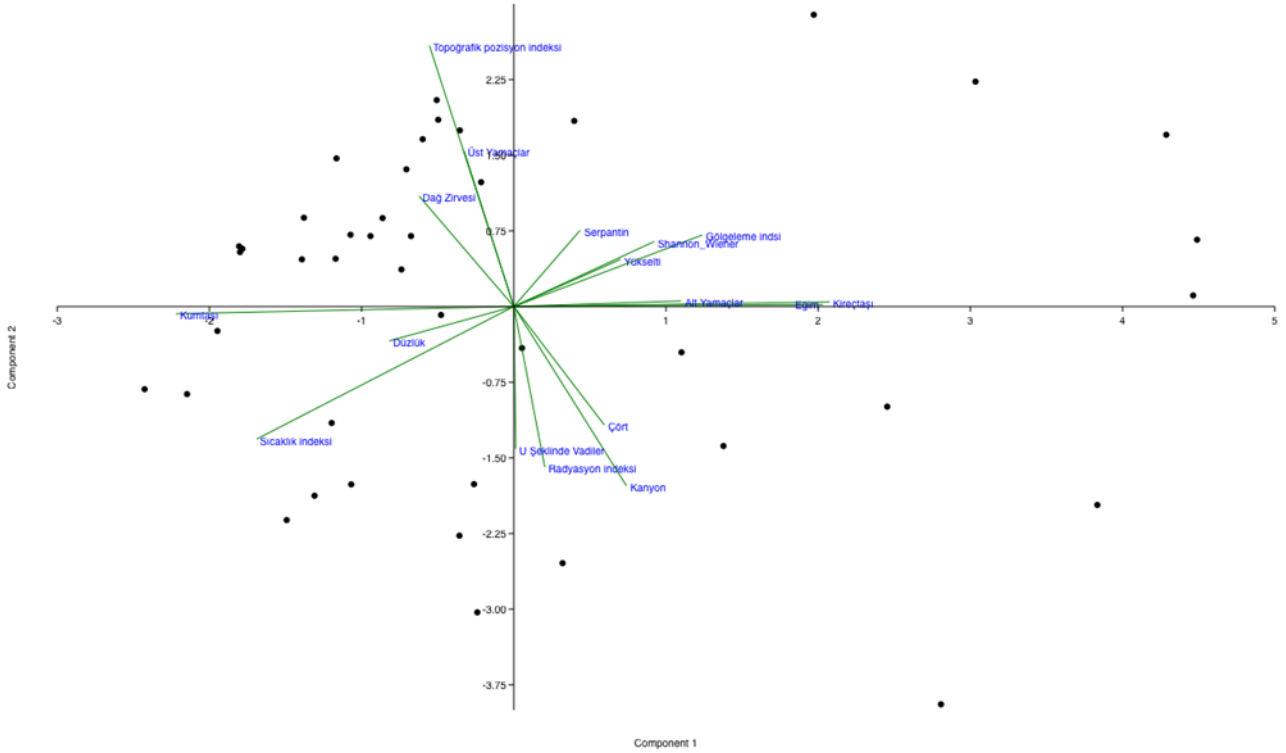
0,365) ile korelasyona sahiptir. Dolayısıyla bu durum yorumların Eksen 1 üzerinden yapılmasının daha doğru olacağını ortaya koymuştur. Eksen 1 ile asgari ilişki katsayısı $r:0,500$ 'ün üstünde olan tanımlayıcı değişkenler ile yoruma gidildiğinde, Shannon-Wiener alfa çeşitliliği ile eğim (0,801) ve kireçtaşı (0,819) değişkenlerinin pozitif, sıcaklık indeksi (-0,667) ve kumtaşı (-0,876) değişkenlerinin ise negatif yönde en açıklayıcı değişkenler olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Tanımlayıcı çevresel değişkenler ile eksenler arasında korelasyon (r) katsayıları

Değişken	Eksen 1	Eksen 2	Eksen 3	Değişken	Eksen 1	Eksen 2	Eksen 3
Shannon-Weiner	0.365	0.215	0.331	Serpantin	0.171	0.251	-0.489
Yükselti	0.277	0.155	-0.214	Çört	0.234	-0.391	-0.271
Eğim	0.801	0.006	0.313	Vadi Tabanı, Kanyon	0.292	-0.591	-0.148
Radyasyon indeksi	0.080	-0.530	0.316	U Şeklinde Vadiler	0.005	-0.470	0.192
Sıcaklık indeksi	-0.667	-0.437	-0.004	Düzlük, Ovalık	-0.322	-0.113	-0.116
Topoğrafik pozisyon indeksi	-0.218	0.861	0.274	Alt Yamaçlar	0.433	0.018	0.051
Gölgelenme indeksi	0.488	0.236	-0.132	Üst Yamaçlar	-0.129	0.514	-0.629
Kireçtaşı	0.819	0.014	0.215	Dağ Zirvesi, Sırtlar	-0.246	0.365	0.689
Kumtaşı	-0.876	-0.023	0.198				

Son olarak çalışmada Eksen 1 ve Eksen 2 üzerinden ilişkilerin görsel olarak yorumlanabilmesini sağlamak amacıyla tüm

değişkenleri Temel Bileşenler Analizi eksenleri üzerindeki konumları ise Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Shannon-Wiener alfa tür çeşitlilik indisi ile yetiştirme ortamı özellikleri arasında uygulanan Temel Bileşenler Analizi grafiği

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada kızılçam meşcerelerindeki alfa tür çeşitliliği ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Gölhisar yöresinde 42 örnekleme alanında gerçekleştirilen bu çalışmada 100 farklı bitki türü tespit edilmiştir. Alfa tür çeşitliliğinin hesaplanmasında en yaygın kullanıma sahip Shannon-Wiener çeşitlilik indisinden faydalanılmıştır. Örnekleme alanları için hesaplanan Shannon-Wiener çeşitlilik indis değerleri 1.244 – 2.834 arasında değişim göstermektedir. Burada en düşük değer 37. örnekleme alanından elde edilirken, en yüksek değer 14. örnekleme alanından elde edilmiştir.

Alfa tür çeşitliliği için hesaplanan Shannon-Wiener çeşitlilik indis değerleri ile çevresel değişkenler arasında uygulanan Pearson korelasyon analizi sonucunda kireçtaşı ile pozitif yönde bir ilişki tespit edilmiştir. Bu durum

özellikle çalışma alanı içerisinde kireçtaşı anakaya tipinin hakim olduğu alanlarda tür çeşitliliğinin arttığını göstermektedir. Öte yandan Shannon – Wiener çeşitlilik indisi ile yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler Temel Bileşenler Analizi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde birinci bileşende alfa çeşitliliği ile eğim ve kireçtaşı arasında pozitif yönlü, sıcaklık indeksi ve kumtaşı arasında negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, kireçtaşının olduğu sahalarda ve eğimli olan arazilerde alfa çeşitliliğinin arttığı, kumtaşı anakaya tipinin hakim olduğu yerlerde ve sıcaklık indeksinin yüksek olduğu alanlarda ise alfa tür çeşitliliğinin azaldığı anlamı çıkmaktadır. Sıcaklık indeksinin artış gösterdiği alanlarda güneşlenme süresinin artması anlamına gelmektedir. Birinci bileşende her ne kadar ilişki düzeyi 0,500 değerinin az altında olsa da, gölgeleme miktarının tür çeşitliliği ile pozitif yönlü ilişkiye sahip olması sonuçların birbirini desteklediğini göstermektedir. Yörede kireçtaşının yer aldığı

alanlarda eğim derecesinin de yüksek olduğu ve bu tip alanlarda alfa çeşitlilik değerlerinin yüksek çıktığı belirlenmiştir. Öte yandan yörede kumtaşı sahalarının daha çok düzlük veya taban araziler ve az eğimli alanlara denk geldiği ve bu alanlarda alfa çeşitlilik değerlerinin düşük olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle farklı eğim derecelerinin oluşturduğu arazi formlarının bitki tür çeşitliliği üzerine önemli etkileri olduğu bilinmektedir (Cowling ve Lombard, 2002; Milchunas ve Noy-Meir, 2002). Bu alanlar yörede kireçtaşının hakim olduğu kısa mesafelerde değişiklik gösteren karstik arazi şekillerini işaret etmektedir. Bu durum toprak derinliğinin ve taşlılığının da kısa mesafelerde değişiklik göstermesine neden olmaktadır. Bu tür sahalarda farklı yetişme ortamı özelliklerinin görülmesi farklı bitki türlerinin var olmasına imkan tanımaktadır. Zira Çarıksaraylar yetişme ortamı yöreler grubunda yapılan bir çalışmada ağaç ve çalı tür çeşitliliğinin kireçtaşı üzerinde diğer anakaya tiplerine nazaran daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Özkan, 2006). Ayrıca aynı çalışmada eğim derecesinin yüksek olduğu kuzey bakılarda diğer bir ifadeyle güneşlenme süresinin daha az olduğu yerlerde ağaç ve çalı tür çeşitliliğinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum Gölhisar yöresinde yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile benzer özellikler göstermektedir.

Sonuç olarak, Gölhisar yöresinde gerçekleştirilen bu çalışmada kızılçam meşcerelerinden alfa tür çeşitliliği ile yetişme ortamı faktörleri arasındaki ilişkilerin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda yapılan istatistiksel analizler sonucunda yöre ölçeğinde alfa tür çeşitliliğinin eğim ve kireçtaşı değişkenlerinin, kumtaşı ve sıcaklık indeksi değişkenleri ile farklı yönlerde ilişkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Yörenin özellikle geçiş iklimi özelliklerini (Akdeniz iklimi ve karasal iklim) yansıtması, farklı arazi şekilleri ve karstik yapıda olması alfa tür çeşitliliği üzerine etkili olduğunu göstermiştir. Bu anlamda yapılan bu çalışma gerek alfa tür çeşitliliği hesaplamalarının yapılması gerekse bu hesapların çevresel değişkenler ile nasıl ilişkiye getirilerek yorumlanacağı konusunda bir örnek teşkil etmiştir. Dolayısıyla konuya ilişkin çalışmaların bundan sonraki süreçte artırılması ile ilişkilerin daha net ortaya konulması ise mümkün olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 0295 – NAP – 16. Bu çalışma Uluslararası Ekoloji 2018 Sempozyumunda (International Ecology 2018 Symposium) sunularak özet metin olarak yayınlanmıştır.

Kaynaklar

- Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B. (2010). Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221, 1119-1130.
- Anşın, R. (1994). Tohumlu Bitkiler Gymnospermae (Açık Tohumlular)-I. Cilt-II. Baskı, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 122/15, Trabzon, 262 s
- Aslan, E., G., Ayvaz, Y. (2009). Diversity of Alticinae (Coleoptera, Chrysomelidae) in Kasnak Oak Forest Nature Reserve, Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Zoology, Tübitak*, 33, 251-262.
- Cowling, R.M. ve Lombard, A.T. (2002). Heterogeneity, speciation/extinction history and climate: explaining regional plant diversity patterns in the Cape Floristic Region. *Diversity and Distributions* 8, 163-179.
- Çetin, E., Seçmen, Ö. (2008). Flora of Boncuk Mountains (Burdur-Muğla, Turkey). *International Journal of Botany*, 4, 2,130-150.
- DMİ. (2010). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TMVAS). 1993-2011 Yılları arası Sinoptik Klima ve Otomatik istasyon verilerini değerlendirme raporu (Sayısal veri), 809s, Ankara.
- DPT. (1996). Bölgesel Gelişme Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Burdur İli Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, Rapor No: 2463, 96s, 1996.
- Elitez, İ. (2010). Çameli ve Gölhisar Havzalarının Miyosen-Kuvaterner Jeodinamiği, Burdur-Fethiye Fay Zonu, Türkiye. İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri

- Enstitüsü, Katı Yer Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 387s, İstanbul.
- Fontaine, M., Aerts, R., Özkan, K., Mert, A., Gulsoy, S., Suel, H., Waelkens, M., Muys, B. (2007). Elevation and exposition rather than soil types determine communities and site suitability in Mediterranean mountain forests of southern Anatolia, Turkey, *Forest Ecology and Management*, 247, 18-25.
- Genç, M. (2004). *Silvikültürün Temel Esasları*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları No:44, Isparta. 341 s.
- Gorelick, R. (2006). Combining Richness And Abundance Into A Single Diversity Index Using Matrix Analogues Of Shannon's And Simpson's Indices. *Eco-graphy*, 29, 525-530.
- Greig-Smith, P., Austin, M.P., Whitmore, T.C. (1967). The Application of Quantitative Methods to Vegetation Survey: I. Association-Analysis and Principal Component Ordination of Rain Forest. *The Journal of Ecology*, 483-503.
- Gülsoy, S., Özkan, K. (2008). Tür Çeşitliliğinin Ekolojik Açıdan Önemi ve Kullanılan Bazı İndisler. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 168-178.
- Hashemi, S. A. (2010). Evaluating Plant Species Diversity and Physiographical Factors in Natural Broad Leaf Forest-American *Journal of Environmental Science*, 6(1), 20-25.
- Hunter, M., J. (1996). Benchmarks for Managing Ecosystems: Are Human Activities Natural. *Conservation Biology*, 10(3), 695-697.
- Işık, K. (2014). *Biyolojik Çeşitlilik*. ANG Vakfı Yayın No: 2, ISBN: 978-975-01176-0-2, İstanbul, 224 sayfa.
- Jenness, J. (2006). *Topographic position index (TPI) v. 1.2*. Flagstaff, AZ: Jenness Enterprises.
- Kurt, E.Ö. (2017). Dedegöl (Yenişarbademli) Yöresinde Alfa Bitkisel Tür Çeşitliliği İle Yetiştirme Ortamı Değişkenleri Arasındaki İlişkiler. *SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı*, 119 s.
- Liang, J., Buongiorno, J., Monserud, R.A., Kruger, E.L., Zhou, M. (2007). Effects of Diversity of Tree Species And Size on Forest Basal Area Growth, Recruitment, And Mortality. *Forest Ecology and Management*, 243, 116-127.
- Linder, H.P. (2001). Plant Diversity And Endemism in Sub-Saharan Tropical Africa. *Journal of Biogeography*, 28, 169-182.
- Mareno, C., Zuria, I., García-Zentono, M., Sánchez-Rojas, G., Castellanos, I., Martínez-Morales, M., Rojas-Martínez, A. (2006). Trends in the Measurement of Alpha Diversity in the Last Two Decades. *Interciencia*, 31(1), 67-71.
- Milchunas D.G. ve Noy-Meir, I. (2002). Grazing refuges external avoidance of herbivory and plant diversity. *OIKOS*, 99, 113-130.
- Moisen, G., G., Frescino, T., S. (2002). Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics, *Ecological Modelling*, 157, 209-225.
- Negiz, M.G. (2013). Gölhisar (Burdur) Yöresinde Odunsu Tür Çeşitliliği İle Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 187s, Isparta.
- Negiz, M.G., Kurt E.Ö. (2017). Orman Yetiştirme Ortamında Alfa Tür Çeşitliliğinin Hesaplanması ve Çevresel Değişkenlerle İlişkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 93-98.
- Negiz, M.G., Özkan. K. (2017). The relationships between beta plant diversity and climatic variables: A case study from Kuyucak mountain district. *Journal of Environmental Biology, Special Issue*, 38, 911-917.
- OBM. (2010). Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Gölhisar Orman İşletme Müdürlüğü Amenajman Planları, Isparta.
- Ohsawa, M., Nagaike, T. (2006). Influence of Forest Types And Effects of Forestry Activities on Species Richness and Composition of Chrysomelidae in the Central Mountainous Region of Japan. *Biodiversity and Conservation*, 15(4), 1179-1191.
- Olsson P. A., Martensson L. M., Bruun H. H. (2009). Acidification of sandy grasslands—consequences for plant diversity. *Applied Vegetation Science*, 12, 3, 350-361.

- Özdamar, K., (2002). Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1. 4. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 686 s.
- Özkan, K. (2006). Beyşehir Gölü Havzası Çarık Saraylar Yetiştirme Ortamı Yörelere Grubunda Fizyografik Yetiştirme Ortamı Faktörleri ile Ağaç ve Çal Tür Çeşitliliği Arasındaki İlişkiler Analizi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(1), 157-166.
- Özkan, K., Gülsoy S. (2010). Ecological Land Classification and Mapping Based on Vegetation-Environment Hierarchical Analysis - A Case Study of Buldan Forest district. Turkey. Polish Journal of Ecology, 58(1), 55-67.
- Özkan, K., Kuzugüdenli, E. (2010). Akdeniz Bölgesi Sütçüler Yöresinde kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) verimliliği ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 1, 16-29.
- Parker, K. C. (1998). Environmental relationships and vegetation associates of columnar cacti in the northern Sonoran Desert. *Vegetation*, 78, 3, 125-140.
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
- Thompson I.D., Mackey B., McNulty S., Mossele, A. (2009). Forest Resilience, Biodiversity and Climate Change. a Synthesis of The Biodiversity/Resilience/Stability Relationships in Forest Ecosystems. Secretariat of The Convention on Biological Diversity, Montreal, 43, 1-67.
- Varol, S. (2011). Tefenni (Burdur) Ovası Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 269s, Isparta.
- Zhao, C.M., Chen W.L., Tian Z.Q., Xie Z.Q. (2005). Altitudinal Pattern of Plant Species Diversity in Shennongjia Mountains, Central China. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47(12), 1431-1449.

Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Türünün Verimlilik ve Dağılım Özellikleri Üzerine Ekolojik Değerlendirmeler: Isparta-Yenişarbademli Örneği

Mehmet Güvenç Negiz^{1*}, Kadir Çınar, Esra Özge Aygül

Özet: Bu çalışma Yenişarbademli Yöresinde önemli bir asli orman ağacı türümüz olan Karaçam'ın verimliliği ve dağılımı ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkileri ekolojik anlamda ortaya koyabilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya ait veriler, yörede karaçam türünün doğal olarak bulunduğu alanlardan seçilen 70 örnek alandan elde edilmiştir. Karaçamın verimliliği ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ikili ilişkiler Pearson ve Spearman korelasyon analizleri ile irdelenmiştir. Türün verimliliğinin modellenmesi aşamasında çoklu regresyon analizinden faydalanılmıştır. Korelasyon analizleri sonucunda yükselti, alt yamaç ve düz arazi değişkenleri ile pozitif, eğim ve engebellik değişkenleri ile negatif yönde ilişkiler belirlenmiştir. Modelleme aşamasında korelasyon analizlerinde olduğu gibi türe ait verimlilik modelini yükselti, alt yamaç ve düz arazi değişkenlerinin oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, başta Yenişarbademli yöresi ormanlık alanları olmak üzere tüm ülke ve dünya ölçeğinde karaçam türüne ait yapılacak ekolojik çalışmalara, gelecekte yapılacak ağaçlandırma ve koruma planlarının uygulanmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Anadolu karaçamı, verimlilik, yetişme ortamı özellikleri, modelleme

Ecological Evaluations on The Productivity and Distribution Characteristics of Black Pine (*Pinus nigra* Arnold) Species: Example of Isparta-Yenişarbademli

Abstract: In this study was carried out in Yenişarbademli region in order to determine the relationship between Black Pine productivity and distribution and the environmental factors. The data of the study were obtained from 70 sample areas selected from the areas where Black Pine species is naturally found in the region. The relationships between the productivity of Black Pine and environmental factors were investigated by Pearson and Spearman Correlation analysis. Multiple regression analysis was used in the modeling of the efficiency of Black Pine species. Correlation analysis showed a positive correlation between elevation, lower slope, and flat ground. A negative correlation was found with slope and ruggedness variables. Similarly, the productivity model of the species, elevation, lower slope, and flat terrain were formed.

The results obtained from the study will contribute to the ecological studies to be carried out in the whole country and in the world-wide Black Pine species, especially in the forest areas of Yenişarbademli, and to

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz, MYO, Sütçüler, Isparta

*Corresponding author (İletişim yazarı) mehmetnegiz@isparta.edu.tr

Citation (Atıf): Negiz, M.G. Çınar, K., Aygül, E.Ö. (2019). Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) Türünün Verimlilik ve Dağılım Özellikleri Üzerine Ekolojik Değerlendirmeler: Isparta-Yenişarbademli Örneği . Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3(2): 189-200.

implement the future plantation and conservation plans.

Keywords: Black pine, productivity, site factors, modelling.

1. Giriş

Ülkemiz coğrafi konumu itibarıyla çok farklı ekosistemlere ev sahipliği yapması sebebiyle biyolojik çeşitlilik bakımından zengin ülkeler arasındadır (OGM, 2012a). Ülkemizin zengin ekosistemleri arasında yer alan orman ekosistemleri, toprak altında ve üstünde yaşayan tüm canlı organizmaların cansız çevreleriyle etkileşimde bulunduğu önemli bir ekolojik sistemdir (OGM, 2012b). Orman ekosistemleri içinde bulunan türlerin korunması önem arz ederken 3.000'den fazla bitki türü de çeşitli derecelerde yok olma tehlikesi altında bulunmaktadır. Bir türün varlığı diğer türlerin var olma sebebi olması nedeniyle türleri korumak tüm yaşamın devamı için gereklidir (Işık, 2014). Biyolojik çeşitlilik açısından bakıldığında, ülkemiz dünyanın kıta özelliği gösteren nadir ülkelerinden biri olması, doğasının zengin ve çeşitli bir yapıya sahip olması sebebiyle birçok farklı yaşam alanını barındırmakta ve birçok canlıya ev sahipliği yapması açısından oldukça iyi bir konumdadır. Ülkemiz ormanlarında yaklaşık 100000 canlı türü olduğu, alt türler ile birlikte çiçekli bitki türü sayısının yaklaşık 11000'i aştığı ve bu çiçekli bitkilerin üçte birinin ise endemik olduğu tahmin edilmektedir (Can, 2013).

Orman ekosistemlerinde kaynak yönetim sürecinde sürdürülebilirlik, ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonların tümü birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Oğuzoğlu, 2015). Bu durum ormancılık çalışmalarının planlanması ve uygulanması açısından önem arz etmektedir.

78 milyon hektar (ha) ile bitki türü bakımından zengin bir çeşitliliğe sahip olan ülkemizin yaklaşık 23 milyon ha ile %28.6'lık kısmını ormanlık alanlar oluşturmaktadır. Ormanlarımızın 19619718 ha (%88) koru ormanı, 2723217 ha (%12) ise baltalık ormanları şeklinde dağılım gösterirken, 13948147 (%62) ha saf meşçere, 8394788 (%38) ha ise karışık meşçeredir. Ülkemizde en fazla bulunan ağaç türü 5886195 (%26,34) hektar ile meşe türü, ardından 5610215 (%25.11) hektar ile kızılçam türü, 4244921 (%19) hektar ile karaçam türü takip etmektedir (OGM, 2015). Dolayısıyla bu türlerin hepsi ülke orman alanlarımızda stratejik öneme sahiptir. Buradan

hareketle bu çalışmada söz konusu türlerden karaçam üzerine araştırmalar yapılmıştır.

Dünyada olduğu gibi ülkemiz ormanlarında da oldukça önemli bir tür olan karaçam Pinaceae familyasına ait iğne yapraklı bir orman ağacı türüdür. Pinaceae familyası içerisinde 13 cins ve 200'den fazla takson bulunmaktadır (Roushfort, 2000). Türkiye'de ise familyanın 4 cinse ait 9 türü ve bu türlere bağlı 22 taksonu bulunmaktadır (Yalıtık ve Akkemik, 2011).

Dünya üzerindeki geniş yayılışı nedeniyle birçok alttür, varyete ve ekotipi bulunmaktadır (Beissner ve Fitschen, 1930; Acatay, 1956). Türkiye'de yayılış gösteren karaçam türü Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Halmboe) 'dır. Anadolu karaçamı Türkiye'de Trakya, Kuzey, Batı ve Güney Anadolu'da yayılış göstermektedir. Tür ülkemizde; kuzeyde Tokat ile güneydoğuda Kahramanmaraş illeri arasından çizilen hattın batısında geniş alanlarda bulunmakta, en geniş yayılışını ise Batı Anadolu'da göstermektedir (Saatçioğlu, 1976; Alptekin, 1986).

Anadolu karaçamı ülkemizde ağaçlandırma çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple Anadolu karaçamının en iyi gelişim göstereceği yerlerin tespit edilerek bu yerlerde ağaçlandırma çalışmaları yapılmalıdır. Türün ayrıca bu alanlarda verimliliğinin modellenmesi ile ağaçlandırma çalışmalarında karaçam için öncelikli alanların tespit edilmesi mümkündür (Özkan ve Gülsoy, 2009).

Bu çalışmada, Yenişarbademli ormanlık alanlarında Karaçam türünün yükselti, eğim, gibi yetişme ortamı özelliklerinin dijital altlıkları kullanılarak boy gelişimi ile ilişkilerinin araştırılması, irdelenmesi ve bu değişkenler aracılığı ile türün verimliliğinin modellenmesi amaçlanmıştır.

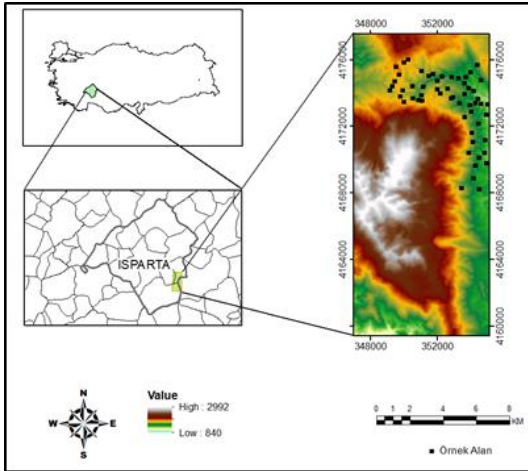
Çalışma sonucunda Karaçam türünün potansiyel anlamda en verimli olabileceği yerlerin tespitine yönelik bir model elde edilmesi ile özellikle endüstriyel amaçlı ağaçlandırmalar için öncelikli ağaçlandırma yapılacak potansiyel alanlara yönelik yöre ölçeğinde önerilerde bulunulacaktır. Ayrıca bu çalışmanın yörede bundan sonra diğer

ağaç türleri ile yapılacak benzer çalışmalara rehberlik edebilecek ve son aşamada ise elde edilen tüm bilgiler ülke ormancılığı adına katkıda bulunabilecektir. Ayrıca çalışmanın Anadolu karaçamı başta olmak üzere diğer tüm asli orman ağaç türlerimiz ile yapılacak ormancılık faaliyetleri ve bilimsel çalışmalara katkı sağlaması beklenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma Yenişarbademli (Isparta) yöresinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı $37^{\circ}39' - 37^{\circ}43'$ kuzey enlemleri ile $31^{\circ}22' - 31^{\circ}17'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Yenişarbademli yöresi Akdeniz bölgesinin Göller yöresinde Kızıldağ milli parkı ve Isparta il sınırları içerisinde bulunmaktadır. Çalışma alanı Türkiye'nin flora açısından illere göre karelediği grid kare sisteminde C3 karesi içerisinde yer almaktadır (Davis, 1965). Yöre, doğusunda Beyşehir, batısında Aksu ve kuzeyinde Şarkikaraağaç ilçeleri ile çevrilidir (Şekil 1). Çalışma alanından alınan örnekleme alanlarının yükseltisi 1239-1825 m arasında değişim göstermektedir. Yörenin en yüksek noktası 2292 m ile Dedegül Tepesidir. Kartal Tepe (2983 m) ve Karaçukur Tepesi ise (2932 m) yörenin diğer yüksek tepeleri arasındadır (Çilgin, 2015).



Şekil 1. Çalışma alanı (Yenişarbademli) haritası üzerinde örnek alanların gösterimi

Çalışma alanımızın yakın çevresi ile içerisinde yer alan Beyşehir ve Dedegöl dağları bölgeleri üzerine yapılan çalışmalarda, Bozburun formasyonu, Karlık formasyonu, Kartoz kireçtaşı,

Dipoyraz formasyonu, Köseköy konglomerası, Kasımlar formasyonu, Menteşe dolomiti, Beydağları formasyonu, Üzümdere formasyonu, Anamasdağ formasyonu ve çökellerden oluşan toplulukların yaygın olduğu belirtilmektedir. Bu birimlerde mezozoik yaşlı kireç taşları yaygındır (Davraz ve Sezer, 2007).

Çalışma alanı, içerisinde yer alan Dedegül Tepe (2932 m), Kartal Tepe (2983 m), Karaçukur Tepe (2932 m) isimleri ile bilinen dağları sayesinde jeomorfolojik arazi şekillerinden "Yüksek Dağlık Arazi" sınıfına girmektedir (Çepel, 1995).

Araştırma alanının büyük bir kısmı, Dedegöl Dağı'nın Beyşehir Gölü'ne bakan doğu yamaçlarında yer alır. Doğal bitki örtüsü açısından çalışma alanı Akdeniz ikliminin özelliklerini yansıtmaktadır. Fakat alan Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında geçiş sahasında yer aldığı için geçiş iklimi özellikleri de görülmektedir (Özkan vd., 2008). Ayrıca Beyşehir Gölü'nün de etkisiyle kısmen nemli bir iklime sahiptir (Özkan, 2004a).

Araştırma alanının iklimini ifade edebilmek amacıyla Yenişarbademli meteoroloji istasyonunun uzun yıllara ait verilerinden faydalanılmıştır. Uzun yıllara ait aylık ortalama sıcaklıklara göre yöredeki en yüksek sıcaklığa sahip ayın 21,1°C ile Temmuz, en düşük sıcaklığa sahip ayın ise -0,9°C ile Ocak ayı olduğu tespit edilmiştir. Yöreye ait yağış ortalamasına bakıldığında ise yıllık ortalama yağış miktarının 727 mm olduğu belirlenmiştir.

Bitki örtüsü açısından Yenişarbademli oldukça zengin olup, yörede Akdeniz ve İran-Turan flora elemanları, Avrupa-Sibiryaya coğrafik bitki bölgesine göre daha fazla bulunmaktadır. Bağcı (2010), yaptığı çalışmada taksonların fitocoğrafik bölgelere göre dağılımlarının, Akdeniz elementleri 93 (% 18.30), İran-Turan elementleri 51 (% 10.03), Avrupa-Sibiryaya elementleri ise 24 (% 4.72) arda kalan 340 (% 66.92) taksonun 108'i (% 21.25) geniş yayılışlı iken 232'si (% 45.66) fitocoğrafik bölgesi bilinmeyen olduğunu ifade etmiştir.

Çalışma alanında familyaların dağılımına bakıldığında ise ilk on familya sırayla *Compositae(Asteraceae)*, *Gramineae (Poaceae)*, *Cruciferae (Brassicaceae)*, *Leguminosae(Fabaceae)*, *Labiatae (Lamiaceae)*, *Rosaceae, Umbelliferae*

(*Apiaceae*), *Caryophyllaceae*, *Scrophulariaceae* ve *Boraginaceae*'dir. Bulunan endemik tür miktarı ise %10.3' dür (Bağcı, 2010).

2.2. Yöntem

Arazi çalışmaları öncesinde, yörenin topoğrafik haritasından faydalanılarak örnekleme yapılması muhtemel yerlerin tespiti için keşif gezileri yapılmış, doğal olarak alana gelmiş karaçam sahalarında örnekleme alanlarının konumları belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında türün yayılış gösterdiği mevcut yükselti aralığında her 100 m'lik yükselti basamağı içerisinde en az 3 örnek alanda çalışma yapılmasına gayret gösterilecek şekilde örnekleme alanları seçilmiştir. Çalışma alanında 20x20m boyutlarında toplam 70 örnekleme alanında çalışılmıştır. Her bir örnek alanda, alanın verimliliğini gösteren 3 adet sağlıklı üstün ağaç (bonitet ağacı) belirlenerek, bonitet endeksinin hesabı için bu ağaçların yaş ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Özkan, 2004b; Özkan ve Gülsoy, 2009; Özkan ve Kuzugüdenli, 2010). Örnekleme alanlarında yaş ölçümleri göğüs seviyesinden ($d_{1,30}$ m) artım burgusu ile alınan artım kalemleri sayesinde gerçekleştirilmiş, boy ölçümü ise Blume Leis boy ölçer yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca örnekleme alanlarında, ağaç ve çalı türleri ile diğer çevresel değişkenler (enlem, boylam, yükselti, eğim, bakı, yamaç konumu vb.) belirlenerek daha önceden hazırlanmış olan envanter karnelerine kaydedilmiştir. Enlem, boylam ve yükselti değerleri GPS, bakı pusula ile, eğim ise klizimetre yardımıyla ölçülmüş, yamaç konumu ise (Vadi Tabanı: 1 Alt Yamaç: 2, Orta Yamaç: 3, Üst Yamaç: 4 Sırt: 5) olarak beş farklı sınıfta belirlenmiş ve arazi envanter karnesine kaydedilmiştir.

Tüm bu arazi çalışmaları sonrasında büro ortamında, örnekleme alanlarda tespiti yapılarak envanter karnelerine kaydedilen veriler Microsoft Office Excel yazılımında oluşturulan şablona aktararak sayısal ortamda depolanmış ve böylece istatistiksel değerlendirme için hazır hale getirilmiştir.

Verimlilik ile yetişme ortamı ilişkisinin ele alındığı çalışmalarda; üst boyda yer alan ağaçların silvikültürel işlemlerden daha az etkilenmesi aynı zamanda büyüme ve gelişmenin göstergesi olması ve alanın verim gücünü temsil etmesi gibi özellikler nedeniyle üst boy değeri kullanılmaktadır. Üst boy değeri meşçere yaşı

faktörüne göre değişiklik gösterebilmektedir (Irmak, 1970; Fırat, 1972; Kalıpsız, 1984). Bu sebeplerden dolayı verimlilik hesabında yaş faktörünü ortadan kaldırılıp çevresel faktörlerin belirlenmesi için örnek alanlarda ölçülen üst boydaki 3 ağaca ait yaş ve boy değerlerin 100 yaşa endekslenmesi ile bonitet endeksi hesabı yapılmıştır. Bonitet endeksi hesabı için (Kalıpsız, 1963) tarafından hazırlanan karaçam hasılat tablosu kullanılmıştır. Her örnek alan için üst boyda yer alan 3 adet ağaç için elde edilen bonitet endeksi değerlerinin ortalaması ile bonitet endeksi değeri elde edilmiştir. Verimliliğin dağılımı modellenmesi için de karaçama ait var-yok verisi ile her bir örnek alan için ölçülen enlem, boylam, yükselti, eğim ve bakı değerleri Microsoft Excel ortamında depolanmıştır.

Çalışmada çeşitlilik indisleri ile çevresel değişkenleri ilişkilendirmek ve istatistiksel olarak değerlendirmesini yapabilmek amacıyla büro ortamında sırayla aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

İlk olarak iklim verileri temin edilmiştir. İklim verileri <http://www.worldclim.org> adresinden 19 farklı bio iklim verileri dünya ölçeğinde indirilmiştir (Hijmans vd., 2005). Ardından bu iklim verileri çalışma alanı ölçeğinde kesilip kullanıma hazır hale getirilmiştir. 19 farklı bio iklim değişkeninden en çok tercih edilen yıllık ortalama sıcaklık (Bio1) ve yıllık yağış (Bio12) değişkenleri istatistiksel değerlendirme aşamasında kullanılmak üzere seçilmiştir.

Çalışma alanına ait altlık haritaların oluşturulması sürecinde ilk olarak alana ait sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılacak diğer çevresel değişkenlere ait altlık haritalar bu yükseklik modeli yardımıyla elde edilmiştir. İlk olarak ArcGIS 10.2 yazılımı yardımıyla eğim ve bakı haritaları elde edilmiş, alana ait topoğrafik pozisyon indeksi (TPI), engebelilik indeksi (EI), pürüzlülük indeksi (PI), gölgelenme indeksi (GI) oluşturulmuştur (Jennes, 2006).

Bu işlemlerin sonrasında sırasıyla aşağıdaki denklemler kullanılarak, Bakı uygunluk indeksi (BUI), Radyasyon indeksi (RI), Sıcaklık indeksi (SI) hesaplanmıştır.

$$BUI = \cos(A_{max} - A) + 1 \quad (2.1)$$

Denklemden, A_{max} 202,50, A ise bakıyı ifade eder. Bakı değerleri radyan cinsinden alınmıştır.

Bu denklem sonucunda elde edilen değerler 0 ile +2 arasında değişmektedir.

$$RI = \frac{[1 - \cos((\pi/180)(Q-30))]}{2} \quad (2.2)$$

Burada, bakı değerini ifade etmektedir. RI değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Kuzey-kuzeydoğu yönündeki alanlarda değerler 0'a doğru yaklaşırken, daha sıcak ve kurak olan güney-güneybatı yönünde ki alanlarda ise 1'e doğru yaklaşmaktadır (Moisen ve Frescino, 2002; Aertsen vd., 2010; Wei vd., 2010; Brown Jr. ve Ahl, 2011).

$$SI = \cos\alpha_1 \times \tan\alpha_2 = (\cos(A_{max}-A)+1) \times \tan(\text{eğim}) \quad (2.3)$$

Burada, Amax 202,50, A ise bakıyı ifade eder. 202,50 sıcak güney yönü temsil etmekte olup güney batıya bakan yamaçlardaki en büyük ısı yükü olarak varsayılmaktadır. alfa2 değeri ise eğimi temsil etmektedir (Parker, 1988; Austrheim vd.,1999; Zeleny ve Chytry, 2007; Olsson vd., 2009). SI değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir.

Tüm bu açıklamaların neticesinde karaçamın verimliliği ile ilişkilendirilecek çevresel değişkenler istatistiksel analizlerde kullanımında kolaylık sağlamak amacıyla Çizelge 1'de verildiği şekilde kodlanmıştır.

Çizelge 1. İstatistiksel analizlerde kullanılan değişkenler ve kodları

Kodlar	Değişkenler	Kodlar	Değişkenler
bonitet	Bonitet Endeksi	buind	Bakı Uygunluk İndeksi
ykslti	Yükselti (m)	vadi	Vadi Yamaç
bio1	Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)	altyam	Alt Yamaç
bio12	Yıllık Yağış (mm)	ortyam	Orta Yamaç
egim	Eğim (°)	ustyam	Üst Yamaç
sicind	Sıcaklık İndeksi	sırt Yam	Sırt Yamaç
tpind	Topografik Pozisyon İndeksi	dışbükey	Dış Bükey
przllk	Pürüzlülük	içbükey	İç Bükey
yuztas	Yüzey Taşlılığı	lineer	Lineer
radind	Radyasyon İndeksi	ondüleli	Ondüleli
golgeind	Gölgelenme İndeksi	düz arazi	Düz Arazi
engebelilik	Engelibellik	capır	Çapır

Çalışmada Yenişarbademli yöresinde yayılış yapan Anadolu karaçamının verimliliğini etkileyen yetiştirme ortamı faktörleri belirlenmesi amacıyla çeşitli istatistiksel analizler uygulanmıştır. Öncelikle birbirlerini güçlü şekilde temsil eden değişkenlerin ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla Pearson korelasyon analizi ve Spearman korelasyon analizi SPSS 20 Paket programında uygulanmıştır. Karaçamın bonitet endeksi ile sürekli çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi, bonitet endeksi ile kategorik çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman korelasyon analizi ile incelenmiştir (Özdamar, 2002; Ural ve Kılıç, 2005). Karaçam verimliliğini (bonitet endeksini) modellemek için çoklu regresyon analizi yine SPSS 20 Paket programında uygulanmıştır (Corona vd., 1998; Field, 2005; Aertsen vd., 2010; Özkan, 2012; Özkan, 2013).

3. Bulgular

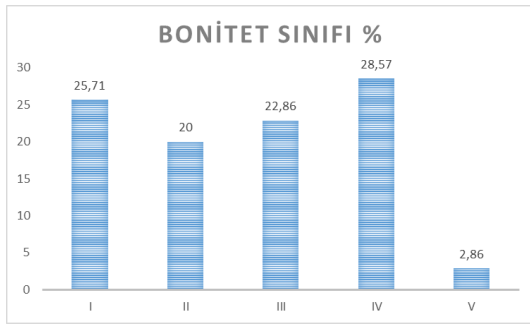
3.1.Ham Bulgular

Gerçekleştirilen bu çalışma Isparta ili Yenişarbademli ilçesi yöresini kapsamaktadır. Yörede toplam 70 örnekleme alanında çalışmamız gerçekleştirilmiştir. Örnekleme alanlarında bitki türleri var- yok şeklinde cins isminin ilk üç harfi ve tür isminin ilk üç harfi alınarak kaydedilmiştir. Her örnekleme alanından elde edilen 3 üstün ağaca ait ise yaş ve boy değerleri kaydedilmiştir. Yetiştirme ortamı faktörlerinin belirlenmesi içinde çeşitli ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda elde edilen değişkenlere ait ortalama değerler Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Örnek alanlara ait çevresel özellikleri tanımlayan değişkenlere ait ortalama değerler

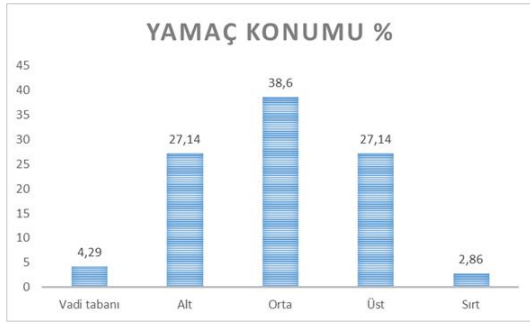
	Ortalama
bonitet	25,33
ykslti	1470,31
bio1	95,71
bio12	610,26
egim	13,41
sicind	1,26
tpind	0,167
przllk	3,01
yuztas	25,34
radind	0,46
golgeind	0,22
engebelilik	0,04
buind	0,902

Elde edilen ortalama değerlere göre örnek alanlardaki bonitet indeksi değerleri en fazla 53,93 ile örnek alan 26'da, en düşük değer ise 13,44 ile örnek alan 9'da hesaplanmıştır. Bonitet indeksi değerlerine bakılarak örnek alanların bonitet sınıflarına bakıldığında ise I, II, III, IV ve V bonitet sınıfları elde edilmiştir. Bu aşamada OA26, OA58, OA17, OA22, OA62, OA10, OA70, OA37, OA21, OA59, OA60, OA16, OA49, OA15, OA53, OA11, OA66, OA25 örnek alanlar en iyi verim gücüne sahip I. Bonitet sınıfında yer alırken, örnek alan OA34 ve OA9 ise en düşük bonitet sınıfında (V) yer almıştır(Şekil 2).



Şekil 2. Örnek alanlarda bulunan bonitet sınıfları (%)

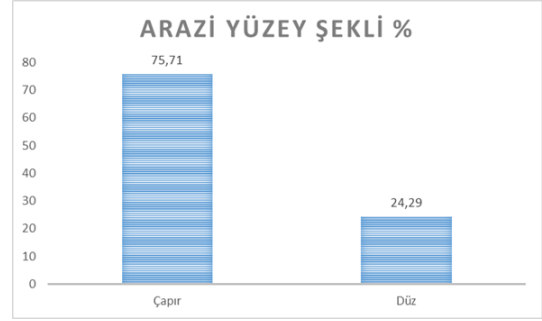
Yetiştirme ortamı özelliklerinden yamaç konumu, vadi tabanı, aşağı alt yamaç, orta yamaç, üst yamaç ve sırt şeklinde sınıflandırılmıştır. Yamaç konumu açısından örnek alanlara bakıldığında örnek alanların çoğu (%38,6) orta yamaç arazilere denk gelmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Örnek alanlara ait yamaç konumu özellikleri(%)

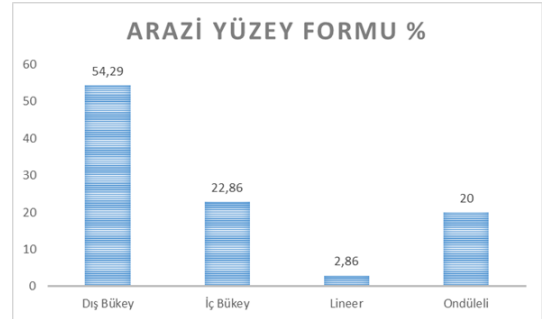
Önemli bir başka yetiştirme ortamı özelliği olan arazi yüzey pürüzlülüğü özelliklerine bakıldığında ise çalışma alanında 2 farklı yüzey formu kaydedilmiş olup, en fazla arazi yüzey şekli çapır

(%75,71), en düşük arazi yüzey şekli ise düz(%24,29) arazilere denk gelmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Arazi yüzey pürüzlülüğü özelliklerinin örnek alanlardaki dağılımı(%)

Diğer bir yetiştirme ortamı özelliği olan arazi yüzey formu özellikleri değerlendirildiğinde çalışma alanında 4 farklı yüzey formu kaydedilmiş olup, en fazla arazi yüzey formu dışbükey (%54,29), en düşük arazi yüzey formu ise lineer (%2,86) olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Arazi yüzey formu özelliklerinin örnek alanlardaki dağılımı(%)

3.2. İstatistiksel Değerlendirme Bulguları

İstatistiksel değerlendirme aşamasında öncelikle 14 adet sürekli veri halindeki bağımsız değişkenler ile bonitet indeksi değerleri arasındaki ilişkileri tespit etmek üzere Pearson korelasyon analizi (Çizelge 3), kategorik veri halindeki 12 adet çevresel değişkenler ile bonitet indeksi arasındaki ilişkileri belirlemek için ise Spearman korelasyon analizi (Çizelge 4) uygulanmıştır.

Çizelge 3. Çevresel değişkenlerle Bonitet İndeksi Değerleri arasında gerçekleştirilen Pearson korelasyon analizi sonuçları

	bonitet	ykslti	bio1	bio12	egim	sicind	tpind	przllk	yuztas	tpi	radind	golgeind	engebellik
bonitet	1												
ykslti	0,325*	1											
bio1	0,224	0,978**	1										
bio12	-0,141	0,966**	0,986**	1									
egim	0,428**	-0,227	0,206	-0,281	1								
sicind	0,091	0,357*	-0,357*	0,386*	0,796**	1							
tpind	-0,160	-0,047	0,103	-0,153	0,078	-0,161	1						
przllk	-0,258	-0,287	0,270	0,337*	0,773**	0,638**	0,236	1					
yuztas	-0,033	-0,131	0,165	-0,133	0,008	-0,191	-0,225	0,041	1				
tpi	-0,129	-0,218	0,182	-0,184	0,118	-0,212	0,428*	0,188	-0,144	1			
radind	-0,156	0,363*	-0,367*	0,349*	-0,321*	0,522**	0,004	-0,223	-0,082	0,041	1		
golgeind	0,001	0,102	-0,118	0,083	-0,089	0,244	0,136	0,082	-0,153	0,217	0,255	1	
engebellik	-0,304*	0,108	0,389*	0,298*	0,438**	0,118	0,128	0,212	0,158	0,216	0,134	0,098	1
buind	0,210	-0,008	0,002	-0,022	-0,079	0,024	0,009	0,041	-0,033*	0,000	0,034	-0,027	-0,116

Çizelge 4. Çevresel değişkenlerle Bonitet İndeksi Değerleri arasında gerçekleştirilen Spearman korelasyon analizi sonuçları

	bonitet	vadi	Alt	orta	Ust	sırt	dışbükey	ıçbükey	lineer	ondüleli	düz	capır
Bonitet	1,000											
Vadi	0,288	1,000										
Altyam	0,316*	-0,266	1,000									
Ortyam	-0,045	-0,447**	-0,357*	1,000								
Ustyam	0,043	-0,289	-0,230	-0,387*	1,000							
Sıryam	-0,020	0,209	-0,051	-0,040	-0,129	1,000						
Dışbükey	-0,137	-0,243	0,175	0,253	-0,210	-0,542**	1,000					
İçbükey	0,009	-0,081	-0,009	-0,181	0,315*	-0,542**	-0,176	1,000				
Lineer	0,049	0,277	-0,074	-0,124	-0,080	-0,207	-0,067	-0,067	1,000			
Ondüleli	0,118	-0,092	-0,074	0,207	-0,080	-0,207	-0,067	-0,067	-0,026	1,000		
Düzarız	0,360*	-0,092	-0,074	-0,124	0,320*	-0,207	-0,067	-0,067	-0,026	-0,026	1,000	
Capır	0,118	-0,144	-0,066	0,258	-0,094	0,000	0,140	-0,210	-0,080	-0,080	0,320*	1,000

* 0,01 < p < 0,05 ** p < 0,01

Çizelge 3.'e bakıldığında bonitet endeksi ile sürekli veriler arasında yapılan Pearson korelasyon analizi sonucuna göre; bonitet endeksinin yükselti ($r=0,325$) ile istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kabul edilebilecek oranda pozitif korelasyon gösterdiği; eğitim ($r=-0,428$) ve engellilik ($r=-0,304$) ile de istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kabul edilebilecek oranda negatif korelasyon gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4. incelendiğinde bonitet endeksi ile kategorik veriler arasında yapılan Spearman korelasyon sonucuna göre; bonitet endeksi altyam ($r=0,316$) ve duzarız ($r=0,360$) ile istatistiksel olarak anlamlı düzeyde kabul edilebilecek oranda

pozitif korelasyon gösterirken, bonitet indeks değerleri ile çevresel değişkenler arasında herhangi bir negatif ilişki tespit edilememiştir.

Bonitet endeks değerleri ile çevresel değişkenler arasında gerçekleştirilen çoklu regresyon analizi sonuçlarında ise ve en iyi modele ait f değerleri ve önem seviyeleri Çizelge 5' de model çıktıları ise Çizelge 6'da verilmiştir. Elde edilen en iyi modele ait R2 değeri 0,214 standart hatası da 1,344 olarak elde edilmiştir. Diğer bir ifadeyle model varyansın % 21,4 'ünü açıklamaktadır ve model $p<0,01$ seviyesinde önemlidir. Bu modeli, YKSLT, ALTYAM, DUZARZ değişkenleri oluşturmuştur. Modele ait varyans şişirme faktör değerleri 5'in altındadır. Tolerans değerleri ise 1'

e yakındır. Model sabitesiyle birlikte bütün değişkenlerin önem seviyeleri % 5' in altındadır. Beta değeri model içerisindeki değişkenlerin

önemlilik paylarını göstermektedir. Bu bağlamda YKSLT değişkeni en önemli değişken olarak görülmektedir.

Çizelge 5. Bonitet endeksine ait f değerleri ve önem seviyeleri

Model	Kareler toplamı	Df	Ortalama kare	F değeri	Önem seviyesi
Regresyon		4.212	4	1,053	5,513
Kalan		12.459	65	0,191	
Toplam		16.671	69		

Çizelge 6. Bonitet endeksi model çıktıları

Model	Standartlaştırılmamış katsayılar				Bağlantı istatistikleri		
	B	Standart hata	Beta	T	Önem seviyesi	Tolerans	Varyans şişirme faktörü
(Sabite)	8.718	1.344		4.164	0		
YKSLT	0.003	0.001	0.386	4.036	0	0.989	1.132
ALTYAM	0.005	0	0.445	0.428	0	0.785	1.264
DUZARZ	0.027	0.008	0.318	0,132	0.001	0.713	1.312

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada, Isparta Yenişarbademli Yöresinde Anadolu karaçamının verimliliği ile eğim, yükselti, radyasyon indeksi, sıcaklık indeksi, topoğrafik pozisyon indeksi, bakı uygunluk indeksi, yamaç konumu, arazi yüzey formu, arazi yüzey taşlılığı ve iklim değişkenleri gibi çevresel faktörler arasındaki ilişkiler incelenmiş ve bu değişkenler aracılığı ile türün verimliliği üzerinde etkin olan çevresel faktörleri belirlenmiştir.

Çalışmamızın gerçekleştirildiği Yenişarbademli yöresinde, toplam 70 örnek alan Karaçam türünün doğal olarak yetiştiği ormanlık alanlardan seçilmiştir. Birçok orman ekolojisi üzerine yapılan çalışmalarda olduğu gibi örnek alanlar 20x20 m (400 m²) büyüklüğünde alınmış ve her örnek alanda odunsu bitki türleri ile yetişme ortamı özellikleri (yükselti, eğim, bakı, yüzey taşlılığı, yamaç konumu vb.) arazi envanter karnelerine kaydedilmiştir. Yörede çalışılan örnek alanlar 1239-1825 m yükselti aralığında olup, alınan her bir örnek alanda üç adet üstün ağaç seçilmiş ve bu ağaçların yaşları ve boyları ölçülerek kaydedilmiştir. Tüm örnek alanlardan elde edilen üstün ağaçların yaş ortalaması 114,2, boy ortalaması ise 17,60 bulunmuştur. Her bir örnek alandaki üstün ağaçların yaşları 100 yaşa indekslenerek bonitet sınıfları belirlenmiştir.

Örnek alanlarda bulunan bonitet sınıfları I, II, III, IV ve V olarak sınıflanmıştır.

Öncelikle çalışmamızda karaçamın dağılımı ve verimliliği (bonitet endeksi) ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler irdelenmiştir.

Karaçamın verimliliği ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ikili ilişkiler Pearson ve Spearman korelasyon analizleri ile ortaya konulmuştur. Yörede karaçam türünün verimliliği ile yetişme ortamı özelliklerinden sürekli veri halindeki değişkenlerle gerçekleştirilen Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre yükselti ile pozitif, eğim ve engebelilik ile negatif yönde önemli ilişki tespit edilmiştir. Kategorik veri seti halindeki çevresel değişkenlerle karaçamın verimliliği arasında gerçekleştirilen Spearman sıralı korelasyon analizi sonuçlarına göre alt yamaç ve düz arazi değişkenleri pozitif yönde önemli ilişki tespit edilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçları değerlendirildiğinde Yenişarbademli yöresinde yükselti arttıkça Karaçam türünün verimliliği(bonitet endeksi) artmaktadır. Yöredeki ormanlık alanlar genellikle 1300-1850 metre yükselti arasında yayılış göstermektedir. Söz konusu yükselti karaçam türünün ekolojik yetişme ortamı özelliklerine uygundur. Yükselti arttıkça verimliliğinin artması ekolojik anlamda beklenen bir sonuçtur. Zira karaçam türü ile ilgili olarak daha önce yapılan

verimlilik çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Çınar, 2017; Oğuzoğlu, 2015; Negiz ve Aygül, 2019). Karaçam türü yarı gölge ağacı olması sebebiyle nem isteği oldukça fazladır. Çalışma yapılan yöre her ne kadar Akdeniz bölgesinde yer alsa da karasal iklim özelliklerini daha fazla yansıtan bir konumda olması ve yıllık yağış ortalamasının oldukça yüksek değerler seyretmesi sebepleriyle karaçam türünün ihtiyaç duyduğu nemli iklim şartlarını sağlamaktadır. Açıklanan tüm bu sebeplerle yükselti arttıkça nem oranı artmakta ve böylece Karaçam türünün verimliliği de yüksek kesimlerde artmaktadır.

Pearson korelasyon analizinde elde edilen diğer sonuçlara göre eğim ve engebellik değişkenleri ile karaçam türünün verimliliği arasında negatif yönde bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuç düşük eğimli ve az engebeli arazilerde karaçamın verimliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Yenişarbademli yöresi ormanlık alanları dağlık ve karstik yapıdadır. Söz konusu dağlık ve karstik yapı nedeniyle çalışma alanında düşük eğimli ve az engebeli araziler oldukça az konumdadır. Karaçam türü yörede az miktarda da olsa düşük eğimli ve az engebeli alanlarda yoğun yayılım göstermekte ve bu bölgelerde gelişimi oldukça sağlıklıdır. Bu sebeple elde edilen sonuç karaçam türünün verimliliği için yörede düşük eğimli ve az engebeli arazilerin uygun olduğu tespitini doğrulamaktadır.

Kategorik veri halindeki yetiştirme ortamı özellikleri ile karaçam türünün verimliliği arasında gerçekleştirilen Spearman korelasyon analizi sonucunda düz arazi ve alt yamaç arazilerde pozitif yönde ilişki olduğu belirlenmiştir. Yukarıda da açıklandığı üzere düşük eğimli ve az engebeli alanlarda verimlilik daha yüksektir. Burada elde edilen sonuç da aynı açıklamalar ışığında değerlendirilebilir. Zira düşük eğim ve az engebeli alanlar yörede düz arazi ve alt yamaç arazilerde konumlanmıştır. Tüm korelasyon analizlerinin sonuçları özetlenecek olursa yörede karaçam türünün verimliliği yükseltinin arttığı ve eğim ile engebelliğin az olduğu düz arazi alanlarda artmaktadır. Karaçam türü için yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında bahsi geçen alanların tercih edilmesinin daha uygun olacağı önerilebilir.

Karaçam türünün verimliliğinin çevresel değişkenlere göre modellenmesi aşamasında uygulanan aşamalı çoklu regresyon analizi sonucunda 1 model elde edilmiştir. Elde edilen

modelin R2 değeri 0,214 olarak belirlenmiştir. Modeli şekillendiren değişkenler yükselti, alt yamaç ve düz arazi değişkenleridir. Modeli oluşturan tüm değişkenlerin ilişki yönü pozitiftir. Elde edilen modelleme sonucu daha önce gerçekleştirilen korelasyon analizleri ile benzerlik göstermektedir ki beklenen durumunda bu olduğunu söylemek mümkündür. Modeli yapılandıran en önemli değişkenlerden birisinin yükselti olduğu görülmektedir. Bu sonuç karaçam türünün verimli olabilmesi için ihtiyaç duyduğu nemli arazilerin çalışma alanının yüksek kesimlerde görülmesi ile açıklanabilmektedir.

Anadolu karaçamı ülkemizde geniş bir yayılım alanına sahip, karasal iklim koşullarına uygun, dayanıklı bir asli orman ağacı türümüzdür. Dolayısıyla karaçam türünün, erozyonla mücadele, ağaçlandırma, doğa restorasyonu, oksijen üretimi, toprak üstü ve altında yaşayan canlılarla bir arada bulunması, odun dışı orman ürünleri özelliği olan türlerle beraber yayılım göstermesi gibi özellikleri sebebiyle ülkemiz ekonomisine olan katkısı göz ardı edilemeyecek derecede önemlidir. Öte yandan ormancılık çalışmaları kapsamında gerçekleştirilecek ağaçlandırma çalışmalarında, orman amenajman planlamalarının yapılmasında, özellikle asli orman ağacı türlerimizin yetiştirme ortamı özelliklerinin bilinmesi ve potansiyel olarak verimli olabilecek alanların ortaya konulması önem arz etmektedir. Karaçam türünün verimliliği ile ilgili olarak ülkemizde gerçekleştirilmiş değerli çalışmalar bulunmaktadır (Özkan ve Gülsoy, 2009; Güner vd., 2016; Oğuzoğlu, 2015; Gülsoy ve Çınar, 2019). Ancak söz konusu çalışmalar bölgesel anlamda sonuçlar elde etmeye olanak sağlamaktadır. Anadolu karaçamının ülkemizdeki geniş yayılım alanları düşünüldüğünde farklı yörelerde, yetiştirme ortamı farklılıklarını da ortaya koyabilmek ve böylece potansiyel verimli alanları belirleyebilmek için çalışmalar yapılmalıdır. Benzer çalışmaların gerçekleştirilmesi türün potansiyel yayılım alanları ile verimli olabileceği alanlar tespit edilecek ve bu konuda yapılacak uygulamalara ışık tutacaktır. Yenişarbademli yöresinde gerçekleştirilen bu çalışma ile Anadolu karaçamının en verimli olabileceği potansiyel yayılım alanları ortaya konulmuştur. Bu nedenle çalışmadan elde edilen veriler ve sonuçların ormancılık faaliyetlerinde ve planlamalarında büyük katkı sağlayacağı umut edilmektedir.

Teşekkür

5031-YL 17 No'lu Proje ile çalışmamıza maddi olarak destek sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Acatay, A. (1956). Erhami karaçam (*Pinus nigra* var. *pyramidata*). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 6(2).
- Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B. (2010). Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221, 1119-1130.
- Alptekin, Ü. (1986). Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana*(Lamb.) Holmboe) 'nın coğrafik varyasyonları. İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi. Dergisi.
- Austrheim, G., Gunilla, E., Olsson, A., Grontvedt, E. (1999). Land-use impact on plant communities in semi-natural sub-alpine grasslands of Budalen, Central Norway. *Biological Conservation*, 87, 369-379.
- Bağcı İ. (2010). Kurucaova-Gölyaka (Beyşehir / Konya) ve Yenişarbademli (Isparta) arasında kalan bölgenin florası. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 139s, Konya.
- Beissner, L., Fitschen, J. (1930). *Nadelholzkunde*, III. Aufl, 395s., Berlin.
- Brown Jr., S., R., Ahl, R., S. (2011). The Region 1 Existing Vegetation Mapping Program (VMap) Beaverhead-Deerlodge Methodology. Region One Vegetation Classification, Mapping, Inventory and Analysis Report, 11,1-18.
- Can, T. (ed). (2013). *Ormanın Kitabı*. WWF-Türkiye, İstanbul.
- Corona, P., Scotti, R., Tarchiani, N. (1998). Relationship between environmental factors and site index in Douglas-fir plantations in central Italy. *Forest Ecology and Management*, 110, 195-207.
- Çepel, N. (1995). *Orman Ekolojisi*, İ.Ü. Orm. Fak. Yayınları, 433 s., İstanbul.
- Çılğın Z. (2015). Dedegöl Dağı kuvaterner buzullaşmaları, *Türk Coğrafya Dergisi*, 64, 19-37.
- Çınar T. (2017). Demirci (Manisa) yöresinde Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinde verimlilik çevre ilişkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 96 s, Isparta.
- Davis, P. H. (1965). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Coode University Press,590s, Edinburgh.
- Davraz, A., Sezer, E. (2007). Anamasdağı (Yenişarbademli Kuzeyi/ Isparta) karst kaynaklarının hidrojeokimyasal özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(1), 64-74.
- Fırat, F. (1972). *Orman hasılat bilgisi*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 166, 245s, İstanbul.
- Field, A. (2005). *Discovering statistics using SPSS*. SAGE Publications Ltd, London, 781 s.
- Gülsoy, S., Çınar, T. (2019). The relationships between environmental factors and site index of Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) stands in Demirci (Manisa) district, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1), 1235-1246.
- Güner, Ş., T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N. (2016). Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 2016, 66(1), 159-172.
- 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.
- Irmak, A. (1970). *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 149, Taş Matbaası, İstanbul.
- İşık, K. (2014). *Biyolojik çeşitlilik*. ANG Vakfı Yayın No: 2, ISBN: 978-975-01176-0-2, İstanbul, 224 s.
- Jenness, J. (2006). *Topographic Position Index Extension for ArcView 3.x*, v. 1.2. Jenness

- Enterprises. Erişim Tarihi: 04.08.2017.
<http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>
- Kalıpsız, A. (1963). Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) mesçerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar. T. C. Tarım Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Sıra No: 349, Seri No: 8, 48-57, İstanbul.
- Kalıpsız, A. (1984). Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 354, 152s., İstanbul.
- Moisen, G., G., Frescino, T., S. (2002). Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. Ecological Modelling. 157, 209-225.
- Negiz, M.G., Aygül, T.İ. (2019). Kurucuova Yöresi’nde odunsu tür zenginliğinin yetişme ortamı faktörlerine göre dağılımı. Turkish Journal of Forestry, 20(2): 123-132.
- OGM, (2012a). Forest of Turkey. T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 219s, Ankara.
- OGM, (2012b). Türkiye Orman Varlığı-2012. T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 36s, Ankara.
- OGM, (2015). Türkiye Orman Varlığı-2015. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 32 s., Ankara.
- Oğuzoğlu Ş. (2015). Eskişehir Türkmen dağında Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp.pallasiana (Lamb.) Holmboe var. pallasiana)’nın verimlilik dağılımı modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 96 s, Isparta.
- Olsson, P.A., Martensson, L.M., Bruun, H.H. (2009). Acidification of sandy grasslands–consequences for plant diversity. Applied Vegetation Science, 12, 350-361.
- Özdamar, K. (2002). Paket programlar ile istatistiksel veri analizi-1. 4. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 686 s.
- Özkan, K. (2004a). Prof. Dr. Bekir Sıtkı Evcimen Sedir koruma ormanında Toros Sediri’nin (*Cedrus Libani* A. Rich.) gelişimi ile yetişme ortamı arasındaki ilişkiler. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(2), 327-331.
- Özkan, K. (2004b). Beyşehir Gölü Havzası’nda Anadolu Karaçamının (*Pinus nigra* Arnold) yayılışı ile fizyografik yetişme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 2, 30-47.
- Özkan, K. (2012). Sınıflandırma ve regresyon ağacı tekniği (SRAT) ile ekolojik verinin modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13: 1-4.
- Özkan, K. (2013). Modeling productivity of black pine by using fuzzy logic applications. Eurasian Journal of Forest Science, 1(1): 52-60.
- Özkan, K., Gülsoy, S. (2009). Effect of environmental factors on the productivity of Black Pine (*Pinus nigra* subsp. pallasiana) in Sutçuler, Turkey. Journal of Environmental Biology, 30(6), 965-970.
- Özkan, K., Gülsoy, S., Mert, A. (2008). Interrelations between height growth and site characteristics of *Pinus nigra* Arn. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe. Journal The Malaysian Forester, 71: 9-16.
- Özkan, K., Kuzugüdenli, E. (2010). Akdeniz bölgesi Sütçüler yöresi’nde kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) verimliliği ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 16-29.
- Parker, K. C. (1988). Environmental relationships and vegetation associates of columnar cacti in the Northern Sonoran Desert. Vegetatio, 78(3), 125-140.
- Roushfort, K. (2000). Photo-guide des Arbres d’Europe. Delachaux et Niestlé, S.A.Paris.
- Saatçioğlu, F. (1976). Silvikültür I. silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 222.
- Ural, A., Kılıç, İ. (2005). Bilimsel araştırma süreci ve SPSS ile veri analizi. Detay Yayıncılık, Ankara, 339 s.
- Wei, X.Z., Jiang, M.X., Huang, H.D., Yang, J.Y., Yu, J. (2010). Relationships between environment and mountain riparian plant communities associated with two rare

tertiary-relict tree species, *Euptelea pleiospermum* (Eupteleaceae) and *Cercidiphyllum japonicum* (Cercidiphyllaceae). *Flora*, 205, 841-852.

Yaltırık, F., Akkemik, Ü. (2011). Türkiye'nin doğal gymnospermleri (açık tohumlular). Orman Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.

Zeleny, D., Chytry, M. (2007). Environmental control of the vegetation pattern in deep river valleys of the bohemian massif. *Preslia*, 79, 205-222.

Received: 10.07.2019

Accepted: 17.09.2019

DOI: 10.30516/bilgesci.590310

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3 (2), 201-212, 2019

Akdağ (Afyon) Yöresinde Kızıl Geyik (*Cervus elaphus* L.)' in Habitat Tercihleri

Halil Süel^{1*}, Murat Ercan¹

Özet: Türkiye'de küçük ve farklı lokasyonlarda yayılış gösteren Kızıl geyik korunması ve planlaması gereken memeli türler arasındadır. Bu çalışma Akdağ Yöresinde yayılış gösteren Kızıl geyik (*Cervus elaphus*) türünün yöredeki dağılımında etkili olan faktörleri ortaya koymak, türün dağılımını modellemek ve haritalamak amacı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Akdağ Yöresinde 116 örnek alandan Kızıl geyik türüne ait yetişme ortamı ve var yok verileri toplanmıştır. Çalışmada istatistiksel süreçte ilk olarak modellemede kullanılacak değişkenler belirlenmiştir. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli ArcMap 10.2 yazılımında oluşturulmuştur. Daha sonra sırasıyla Yükselti, Radyasyon indeksi, Sıcaklık indeksi, Topoğrafik pozisyon indeksi, Gölgeleme, Yerleşim yerine uzaklık, Vejetasyon tipi Engebelilik İndeksi ve Pürüzlülük indeksi oluşturulmuştur. Değişkenlerin belirlenmesinin ardından türün dağılımı modellenmiştir. Modelleme işlemi için Sınıflandırma Ağacı Tekniği (SAT) kullanılmıştır. Elde edilen modelin eğitim veri seti AUC değeri 0.96, test veri seti ROC değeri 0,68 olarak elde edilmiştir. Modelleme neticesinde elde edilen ağaç model 5 değişken ile oluşmuştur. Modele katkı yapan değişkenler sırasıyla, sıcaklık indeksi, yerleşim yerine uzaklık indeksi, gölgeleme indeksi, pürüzlülük indeksi ve radyasyon indeksi değişkenleri olmuştur. Bu değişkenler formül yardımıyla yaygınlaştırılarak habitat uygunluk haritası elde edilmiştir. Sonuç olarak Akdağ yöresinde kızıl geyiğin habitat tercihlerinin literatürle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Değişken, Habitat Tercihi, Habitat Uygunluk Modellemesi, Kızıl Geyik, Sınıflandırma Ağacı Tekniği

Habitat Preferences of Red Deer (*Cervus elaphus* L.) in Akdağ (Afyon) District

Abstract: Red deers that show spread small and different locations are mammalian species that need protection and planning. This study was carried out in order to determine the factors affecting the distribution of the species of Red deer (*Cervus elaphus* L.) in the Akdağ district, to modeling and mapping the distribution of the species. For this purpose, presence-absence data and site factors for Red deer species were collected from 116 sample areas in Akdağ district. In present study, the environmental variables that will be used for modeling in the statistical process were determined firstly. The digital elevation model of the study area is created in ArcMap 10.2 software. Then the related variables are formed Elevation, Radiation index, Heat index, Topographic position index, hillshade index, settlement-distance, Vegetation type, Ruggedness Index and Roughness Index respectively. After determining the variables, Classification Tree Technique (CTT) was used to model the distribution of the species. The training data set AUC value of the model was obtained as 0.96, while the test data set AUC was obtained as 0.68. The model obtained as a result of modeling is formed by 5 variables. The variables that contributed to the model creating were heat index, settlement-distance, hillshade index, roughness index and radiation index respectively. These variables were

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu

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

Citation (Atıf): Süel, H., (2019). Akdağ (Afyon) Yöresinde Kızıl Geyik (*Cervus elaphus* L.)' in Habitat Tercihleri. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 201-212.

spread with the help of the formula and habitat suitable map was obtained. As a result, the habitat preferences of red deer in Akdağ district were found to be consistent with the literature.

Keywords: Environmental Variable, Habitat Preference, Habitat Suitability Modeling, Red Deer, Classification Tree Technique

1. Giriş

Habitatlar, canlıların hayatlarını doğal ve kendilerine özgü bir biçimde sürdürebildiği, gelişimlerini sağlayabildiği ve türlerini devam ettirebildiği doğal yaşam alanları olarak ifade edilmektedir (Oğurlu, 2001). Farklı habitatlarda yayılış gösteren farklı türler bulunmakta ve bu türlerin devamlılığı büyük önem arz etmektedir. Habitatların devamlılığının sağlanabilmesi için barındırdıkları türlerin habitat tercihlerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi gerekmektedir.

Habitatların sürdürülebilirliği aşamasında ilk adımı yaban hayvanlarının koruması oluşturmaktadır (Guisan ve Zimmermann, 2008). Son yıllarda yaban hayvanlarının korunması kavramı çok fazla gündeme gelmeye başlamıştır. Bu durumun en önemli sebeplerinden birisi olarak doğal kaynaklara olan eğilimin artması gösterilmektedir. Çünkü zamanla hızlı nüfus artışı, arazi kullanım yanlışları ve parçalanması ve doğal kaynakların aşırı-dengesiz kullanımı ve şehirleşmenin de sürece dahil olmasına müteakiben, toprağın, havanın ve suyun kirlenmesi, gibi çevre sorunları dolayısıyla da doğal kaynaklar üzerindeki baskılar artmaktadır. Bunun sonucunda da yaban hayvanlarının habitatları daralmakta, beslenme ve barınmaya elverişli yaşama ortamları bulmaları güçleşmektedir (Avcı vd., 2005; Aslım vd., 2012).

Yaban hayatının korunması ve sürdürülebilmesi için yaban hayvanlarının habitat tercihlerinin belirlenmesi ve bunları olumsuz etkileyen faktörlerin en aza indirilmesi gerekmektedir. Ayrıca yaban hayvanlarının söz konusu tercihlerindeki isteklerinin belirlenmesi habitatlarının korunmasında, geliştirilmesinde ve sürdürülebilir kılınmasında önemli rol oynamaktadır (Aksan vd., 2014). Yaban hayvanlarının habitat tercih sebeplerinin açıklanmasında önemli olan iki faktör varyasyon ve çeşitliliktir. Envanter çalışmalarında bunlara yönelik çeşitli istatistiksel yöntemler tercih edilmektedir (Özkan, 2009). Bununla beraber söz konusu istatistiksel yöntemlerde birtakım ilişkilerin sağlıklı bir şekilde ortaya koyulabilmesi için doğru yöntem ile gerçekleştirilen yaban hayatı

envanterine ihtiyaç duyulmaktadır. Yaban hayatı envanter çalışmaları yaban hayvanlarının popülasyonunu etkileyen faktörleri ortaya çıkarmak, bu faktörlerin etki düzeylerini görmek ve bunların doğrultusunda yaban hayatı koruma faaliyetlerini geliştirmek için büyük önem taşımaktadır (Oğurlu, 2003).

Verilen bu bilgiler düşünüldüğünde Türkiye'nin de sahip olduğu yaban hayatı zenginliği dikkat çekmektedir. Coğrafi olarak kıtaların kesişme noktasında yer alan Türkiye bu özelliğinden dolayı farklı iklim tipleri ve habitatları barındırmasının doğal bir sonucu olarak faunistik ve floristik açıdan oldukça zengindir. Türkiye 120.000 omurgasız, omurgalılara bakıldığında ise 450 civarı kuş, 120'den fazla memeli, 472 balık, 8 kaplumbağa, 20 kurbağa, 36 yılan, 49 kertenkele (İğircık, 2008) ve 11000'den daha fazla üzerinde bitki taksonuna ev sahipliği yapmaktadır (Erik ve Tarıkaya, 2004). Bu çeşitlilik ve zenginlik Türkiye'yi dünyanın biyolojik açıdan önemli alanlarından birisi yapmaktadır. Bahsi geçen zenginliklerin değerini bilmek, flora ve fauna zenginliğini ortaya koyarak ekosistemlerin sürdürülebilirliğini sağlayabilmenin formülü yapılacak düzenli ve doğru planlamalara dayanmaktadır. Söz konusu planlamaların etkin bir şekilde yapılabilmesinin çıkış noktasını ise doğru ve kapsamlı bir envanter çalışmasının yapılması oluşturmaktadır. Yaban hayatı noktasında düşünüldüğünde ancak bu envanterler ile habitatların planlaması ve korunması mümkün olabilmektedir (Oğurlu vd., 2004).

Habitatların ve yaban hayvanlarının korunabilmesi için ülkemizde yaban hayatı geliştirme sahaları adı altında korunan alanlar ilan edilmektedir. Bu sahalar tek bir tür için veya birden fazla tür için ilan edilen sahalardır. İçerisinde barındırdıkları yaban hayvanları, yapılacak herhangi bir planın ana unsuru olarak ele alınarak planlamalar yapılmaktadır (Oğurlu, 2008). Genellikle nesli tehdit altındaki yada yaşam alanları hızla daralan türlerin korunması ve planlanması Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları (YHGS) son yıllarda ön plana çıkmaktadır. Çivril Akdağ YHGS ile Sandıklı Akdağ YHGS'leri Kızıl geyik (*Cervus elaphus* L.) için ilan edilmiştir

Cervidae familyasının üyesi olan *C. elaphus*, Türkiye’de genel olarak Trakya, Karadeniz ve İç Anadolu’nun kuzeyindeki alanlarda yayılış göstermektedir. Bu alanların yanında yer yer diğer bazı bölgelerde de bulunmasına rağmen popülasyonları gün geçtikçe azalmaktadır (Soyumert vd., 2010). Kızıl geyikler genellikle açıklık, çok sık olmayan ve yer yer çayırların bulunduğu ormanları tercih ederler. Yaz aylarında ormanların üst sınırında bulunan yaylalara kadar çıkarlar. Bu tür deniz seviyesinden 3000 m’ye kadar değişebilen yükseltilerde yayılış göstermektedir (Tramem, 2016). Kızıl geyik ayrıca av turizmi açısından da önemli bir türdür. Örneğin Almanya’da yıllık olarak 60.000 adet geyik avlandığı, ülkedeki toplam Kızıl geyik popülasyonun ise 160.000’in üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Doğal yayılış alanları olan Doğu Avrupa, Ortadoğu ve Asya ülkelerinde nerdeyse yok olmuş ya da popülasyon büyüklükleri oldukça büyük azalışlar göstermiştir. Bununla birlikte Türkiye de popülasyonları oldukça düşük seviyededir (Birecikligil vd., 2013). Bu popülasyonların artırılması av turizm potansiyelinin ortaya konması bakımından da önemlidir. Türün yayılış gösterdiği her alanda popülasyon ve habitatları ile ilgili çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Yaban hayvanlarının habitatlarının ve habitat tercihlerinin belirlenmesi de popülasyon unsurları kadar önem teşkil etmektedir. Yaban hayvanlarının habitat seçimi ve habitat kullanımlarının tespitinde süregelen yaklaşım, farklı iki habitatın elde edilen dışkı yoğunluklarının ya da yine dışkı yoğunluğuna dayanan nisbi yoğunlukların, bir başka ifadeyle nisbi kullanım indekslerinin karşılaştırılmasıdır (Baddeley, 1985; Nugent vd., 1987). Ancak, bu yöntemde habitat karakteristiklerinde sadece biriyle değerlendirme yapılmakta ve dolayısıyla yöntemin ortaya koyduğu yorum ve açıklayıcılık yetersiz kalmaktadır. Ancak yükseklik, bakı ve eğim gibi yani birden fazla faktörü içine alan yöntemler kullanılarak farklı yorumlamaların getirilmesi gerektiği ve böylece habitat tercihinde etkili unsurların çok yönlü değerlendirilmesinin de ne kadar önemli olduğu vurgulanmaktadır (Oğurlu ve Yavuz, 1999). Buradan hareketle doğal alanların Türkiye’deki kullanımları incelendiğinde ise alanın mevcuttaki durumu göz önüne alınarak hareket edildiği görülmektedir. Ama böyle bir tercihin aslında alanları kaderine terk etmekle aynı anlama geldiği düşünülmektedir. Çünkü herhangi bir doğal alanın tüm potansiyelinin ortaya

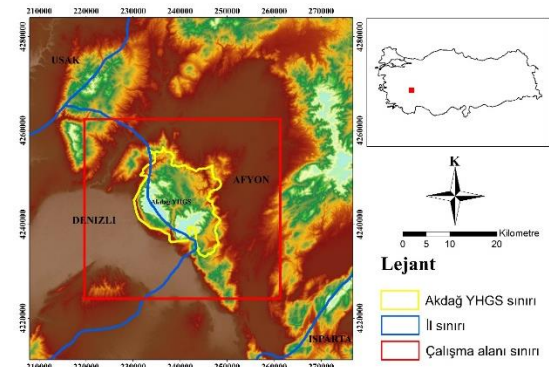
konularak hareket edilmesi gerekmektedir. Buda alana etki eden birçok faktörün etki derecelerinin belirlenmesi ile mümkün olabilmektedir (Süel, 2014).

Yaban hayvanları için dünya genelinde modelleme ve haritalama çalışmaları yapılmaktadır (Süel, 2014; Mert ve Yalçınkaya, 2016; Ertuğrul vd., 2017). Kızıl geyik için ise yine dünya genelinde yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Türkiye de ise yapılmış bazı çalışmalar bulunsa da doğrudan Kızıl geyik türünün habitat tercihlerini istatistiksel yöntemlerle ortaya koyan yaklaşımla gerçekleştirilmiş çalışmaların sayısı oldukça azdır. Bu araştırma da Sınıflandırma Ağacı Tekniği (SAT) kullanılarak Kızıl geyik türünün habitat tercihlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ancak yaban hayatına yönelik planlamalar noktasında yapılan birçok çalışmada, habitatların veya yaban hayvanlarının korunmasına yönelik uygulamalar öncelik taşıdığı için Kızıl geyik türünün habitat tercihinde etkili olan faktörleri ortaya koyan bu çalışma Türkiye de türün azalan popülasyon durumunun, tersine döndürülmesi açısından rehber olabilecek ve daha sonra yapılacak çalışmalara örnek teşkil edecektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı $38^{\circ} 07' - 38^{\circ} 27'$ kuzey enlemleri ile $29^{\circ} 47' - 30^{\circ} 15'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır ve Afyon ile Denizli il sınırlarına girmektedir (Şekil 1). 159421 ha büyüklüğünde bir alana sahip olan araştırma alanı içerisinde yükselti 796 m ile 2444 m arasında değişmektedir. Sahanın en yüksek noktası çalışma alanı içerisinde yer alan, Akdağ Tabiat Parkına ismini veren ve güney batı kısmında yer alan Akdağ’dır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası

Akdağ yöresi temel iklim özellikleri açısından İç Anadolu iklim karakteristikleri ile benzerlik göstermektedir. Yörede kışlar çoğunlukla soğuk ve kar yağışlı geçmekte, yazlar ise sıcak ve kurak step iklimi özellikleri görülmektedir. İlkbahar ve sonbahar aylarında da yağışlar çoğunlukla yağmur biçimindedir ve nispeten daha fazladır. Bu açıdan step ikliminden farklılık göstermektedir. Uzun yıllara ait aylık ortalama sıcaklıklara göre yöredeki en yüksek sıcaklığa sahip ayın 22,6°C ile Temmuz, en düşük sıcaklığa sahip ayın ise 2,6°C ile Ocak ayı olduğu tespit edilmiştir. Yöreye ait yağış ortalamasına bakıldığında ise yıllık ortalama yağış miktarının 492 mm olduğu belirlenmiştir.

Akdağ Tabiat Parkı'nın jeolojik ve jeomorfolojik yapısı; temel kayalar Paleozoyik yaşlı Kestel formuna ait fillitler, kuvarsitler ve kuvarsit şeritler den oluşmaktadır. Oluşum açısından en genç yapısı ise Pliyo-Kuvaternere ait kumtaşı, silttaşı, kiltası ve konglomeralardır. Genel olarak Akdağ Tabiat Parkı'nın içinde yer aldığı bölgede Menderes masifi, şist ve karbonlarını temsil eden Burgaz grubu ile Batı Toroslar kapsamındaki Akdağ grubuna ait kaya birimleri birbirlerine benzer yapı ve özellikler göstermektedir (Çakmakoğlu, 1986). Akdağ Tabiat alanı içerisinde geniş alanları etkileyen bindirme faylar gözlemlenmektedir. Jeolojik yapısında; Akdağ menderes masifi içerisinde dört bir tarafı grabenlerle çevrili halen yükselimi devam eden horstlarda bulunmaktadır (Yavuz, 2011).

2.2. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmalarında, dürbün (10x50 Nikon), fotoğraf makinesi, iz ve belirti tespitlerinde kullanılmak üzere yaban hayvanı teşhis kitapçıkları, Magellan Triton 500 marka bir GPS ve arazi envanter karnesinden yararlanılmıştır. Kızıl geyik verileri elde edilirken Doğrudan ve Dolaylı envanter tekniklerinden yararlanılmıştır (Oğurlu, 2003). Arazi çalışmalarında Kızıl geyiğe ait iz, dışkı başta olmak üzere belirti ve işaretler kayıt altına alınmıştır. Arazi çalışmaları Baddley (1985) var-yok taramasına göre yapılmıştır. Kızıl geyiğe ait verileri elde etmek için 116 farklı noktada çalışma yürütülmüştür. Bu noktalarda doğrudan ve dolaylı gözlemlere ait bilgiler toplanmıştır.

2.3. Çevresel altlıkların hazırlanması

Çalışmaya ait istatistiksel süreçte kullanılacak altlık haritaların elde edilmesi için temel altlık olan sayısal yükseklik modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bu aşamada ilk olarak ArcMap 10.2 programı üzerinde 10 m'lik eşyükseleti haritası kullanılarak alana ait sayısal yükseklik modeli tin formatında üretilmiştir. Daha sonra ise raster formatına dönüştürülerek diğer altlıkların üretilmesi için kullanılacak olan yükselti altlığı hazır hale getirilmiştir.

Yükselti haritası elde edildikten sonra sırayla yine ArcMap 10.2 programı üzerinde eğim, bakı, gölgelenme ve yerleşim yerine uzaklıklık indeksleri üretilmiştir.

Bu altlıkların elde edilmesinin akabinde "Topographic Tools" eklentisi kullanılarak topoğrafik pozisyon indeksi, "Geomorphometry and Gradient Metrics" eklentisi kullanılarak pürüzlülük indeksi, "Terrain Ruggedness" eklentisi kullanılarak engebelilik indeksi haritaları elde edilmiştir.

Bu haritalar elde edildikten sonra ArcMap üzerindeki "raster calculator" seçeneği yardımıyla sıcaklık indeksi (si), radyasyon indeksi (ri) ve bakı uygunluk indeksi (bui) haritaları indekslere özgü denklemler kullanılarak üretilmiştir. Bu aşamada kullanılan denklemler ve oluşturulan haritalar aşağıda sıralanmıştır.

$$ri = \frac{[1 - \cos((\pi / 180)(Q - 30))]}{2} \quad (3.1)$$

Bu formülde, Q anlamı bakının kuzeye göre olan açıl değeridir. ri değeri 0-1 arasında değişmekte ve Kuzey-kuzeydoğu yönünde bulunan alanlar için 0 değerini alırken, güney-güneybatı yönündeki alanlarda 1 değerini almaktadır (Cazorzi ve Fontana, 1996; Moisen ve Frescino, 2002; Peterson vd., 2007; Aertsen vd., 2010; Wei vd., 2010; Brown ve Ahl, 2011).

$$si = (\cos(Q_{max} - Q) + 1) \times \tan(\text{eğim}) \quad (3.2)$$

Formüldeki Q_{max} değeri güney batıya bakan yamaçlardaki en büyük ısı yükü olarak kabul edilmektedir. SI -1 ile 1 arasında bir değere denk düşmektedir (Parker, 1988; Austrheim vd., 1999;

Zeleny ve Chytry, 2007; Pal Axel vd., 2009; Anderson vd. 2013).

$$\text{bui} = \cos(Q_{\max} - Q) + 1 \quad (3.3)$$

Bui formülde Q bakıy, Q_{\max} ise bakının radyan cinsindeki karşılığıdır ve 45° değerini almaktadır. Bui'de 0 ile 2 arasında bir değere sahiptir (Ewald, 2000; Vanderpuye vd., 2002; Huebner ve Vankat, 2003).

Çevresel değişkenlere noktasına son olarak örnek alanlar ArcMap üzerinde amenajman haritası üzerine atılarak her bir örnek alana karşılık gelen

vegetasyon tipi istatistik sürecinde kullanılmak üzere Microsoft Excel'de kayıt altına alınmıştır. Sahadaki vegetasyon tipleri orman alanları(O), orman içi açıklıklar (OT) ve ziraat alanları (Z) olmak üzere 3 farklı şekilde gruplandırılmıştır. Bu gruplandırma yapılırken orman ağacı türlerinin bulunduğu ve belirli bir kapalılığı bulunan alanlar orman olarak, orman içerisindeki ağaçsız veya sadece çalı türlerinin bulunduğu otlak, yaylak, kışlak vb. alanlar orman içi açıklık, tarım faaliyetleri gerçekleştirilen alanlar ise ziraat alanları olarak tanımlanmıştır (Sevgi, 2013). Çalışmada kullanılmak üzere üretilen değişkenler ve kısaltmaları Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1. İstatistiksel süreçte kullanılmak üzere seçilen değişkenler

Değişkenler	Kısaltmalar
Yükselti (m)	yukselti
Radyasyon indeksi	ri
Sıcaklık indeksi	si
Topoğrafik pozisyon indeksi	tpi
Gölgelenme	golgelenme
Yerleşim yerine uzaklık	yerlesim
Vejetasyon tipi	vej_tip
Engbelilik	engbelilik
Pürüzlülük	puruzluluk

2.4. İstatistiksel değerlendirme

İstatistiksel süreçte sınıflandırma ağacı tekniği (SAT) uygulanarak çalışmaya konu olan Kızıl geyik türünün yöredeki habitat tercihlerinde etkili olan değişkenler belirlenmiştir. Hedef türlere yönelik yapılan modelleme yöntemlerinden en çok tercih edilenlerden birisi SAT'tır. Bu yöntem çalışılacak olan tür ya da türlerin hem var hem yok verilerini kullanarak düğüm noktalarında değişkenlere ait alt gruplar meydana getirmektedir. Bu alt gruplar oluşturulurken ise Gini karşıtlı ölçümü ve Gini karşıtlık indeksi ($g(t)$) (1) formülü kullanılmaktadır (Özkan, 2012).

$$g(t) = \sum_{j \neq i} p(j|t) p(i|t) \quad (1)$$

Karar ağaçları üretilirken budama işlemi veri setindeki aykırı ya da uzak gözlemlerden dolayı eğilmiş olabilecek olan ve maksimum düğüm noktasına kadar dallanan ağaç yapılarında yapılmaktadır. Bu aşamada ideal ağaca ulaşabilmek en çok kullanılacak yöntem genelde çapraz geçerlilik testidir. Çapraz geçerlilik testinde veri eşit parçalara ayrılmakta ve her seferinde bir alt grubu test verisi olarak çıkarmak suretiyle

verinin ayrıldığı parça sayısı kadar işlem yapmaktadır (Özkan, 2012. Modellerin değerlendirilmesi ve yorumlanmadı aşamasında SAT için en çok kullanılan yöntemlerden başında AUC değerlerinden faydalanılmaktadır. AUC değeri 0.5 değerinden yüksek olduğu durumlarda elde edilen modelin geçerli olduğu söylenmektedir (Ghotra, vd., 2015). Söz konusu analiz DTREG (Sherrod, 2003) paket programı ile gerçekleştirilmiştir.

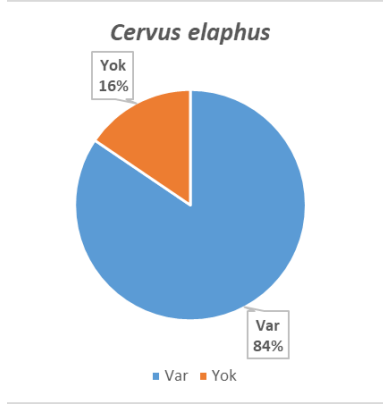
SAT ile modelin elde edilmesinden sonra modeldeki düğüm noktalarına ait kurallar Microsoft Excel ortamında “=Eğer(ve())” formülü ile yazılarak her bir piksele yaygınlaştırılmıştır(Özkan, 2013). Bu işlemin neticesinde çalışmanın gerçekleştirildiği yöre için *C. elaphus* türüne ait habitat uygunluk haritası oluşturulmuştur.

3. Bulgular

Çalışmada elde edilen bulgular ham ve istatistiksel süreç çıktıları olmak üzere iki aşamada irdelenmiştir.

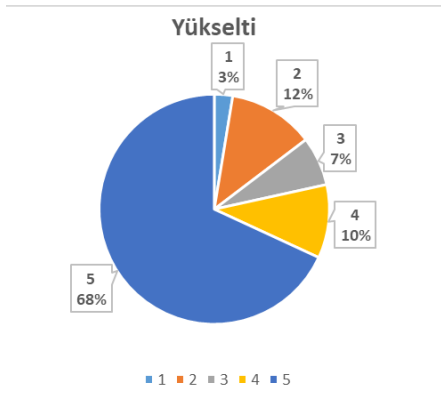
3.1. Çalışmaya ait ham bulgular

Çalışma 159421 ha büyüklüğünde bir alanda gerçekleştirilmiştir. Toplam 116 örnek alandan veri kaydı yapılmıştır. Bu alanların 98'inde hedef türe ait var verisi kaydedilirken, 18 alanda türün var olduğuna ait veri kaydedilememiştir (Şekil 2).



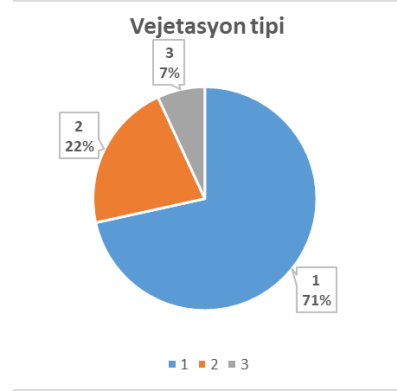
Şekil 2. Çalışmada *C. elaphus* türü için kaydedilen var yok verilerinin oranı

Örnek alanlara ait yükselti değerleri incelendiğinde kaydedilen en düşük yükselti değerinin 838 m, en büyük yükselti değerinin ise 1870 m olduğu görülmüştür. Yükselti basamaklarının örnek alanlara yüzdesel dağılımı Şekil 3'te ifade edilmiştir.



Şekil 3. Örnek alanlarda kaydedilen yükselti değerlerinin yüzdesel dağılımı (1: <1000 m, 2: 1000 m - 1250 m, 3: 1250 m - 1500 m, 4: 1500 m - 1750 m, 5: >1750 m)

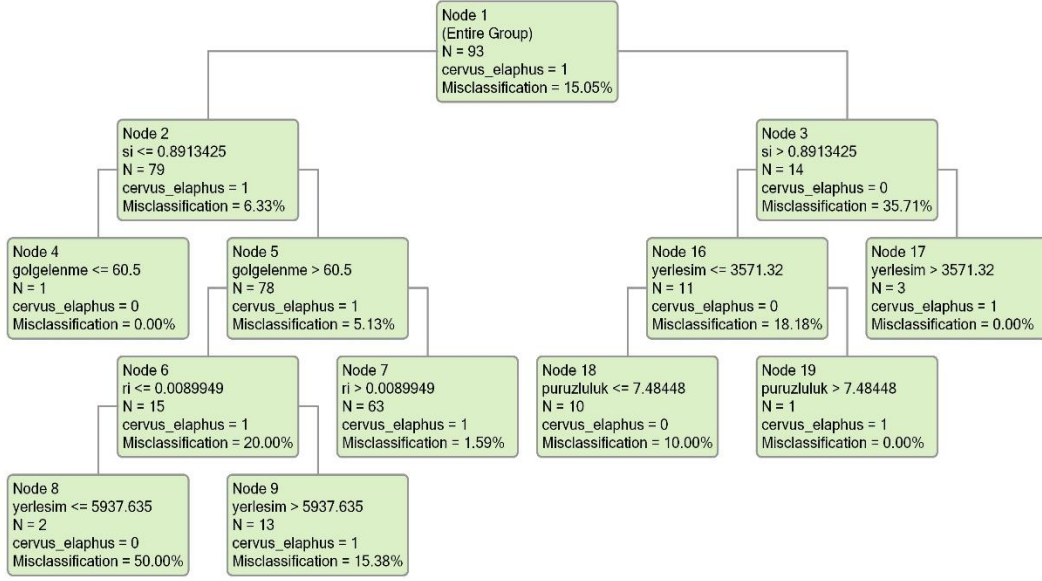
Çalışmada örnek alanlar amenajman haritası üzerine aplike edilerek örnek alanlara ait vejetasyon tipleri kayıt altına alınmıştır. Bu alanların % 71'i orman alanı iken, % 22'si orman içi açıklık, % 7'si ise ziraat alanı olarak tespit edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Örnek alanlarda kaydedilen vejetasyon tiplerinin yüzdesel dağılımı (1: Ormanlık alanlar, 2: Orman içi açıklıklar, 3: Ziraat alanları)

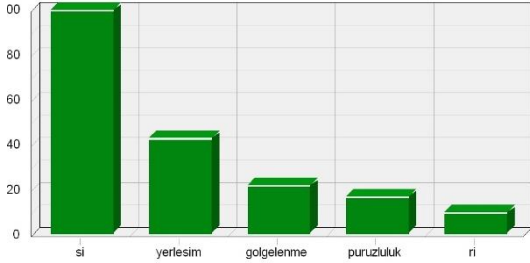
3.2. İstatistiksel Değerlendirme Sonuçları

Bu aşamada SAT ile modelleme işlemi gerçekleştirilmiş ve Kızıl geyik türünün dağılımında etkili olan çevresel değişkenler belirlenmiştir. Elde edilen ağaç model Şekil 2'te verilmiştir.



Şekil 2. Kızıl geyik (*Cervus elaphus* L.) için elde edilen sınıflandırma ağacı modeli

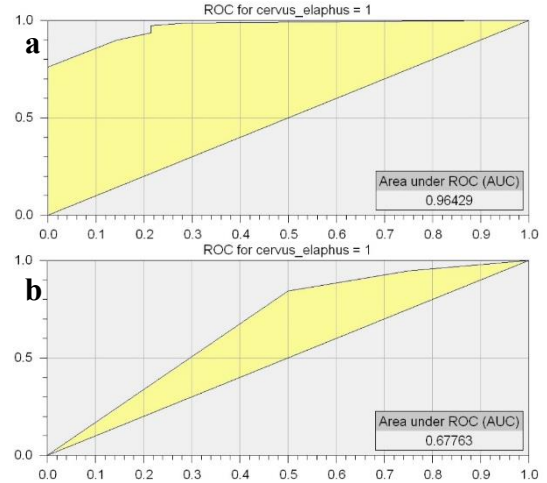
Elde edilen ağaç model 5 değişken ile oluşmuştur. Bu değişkenlerden modele en fazla katkıyı sıcaklık indeksi değişkeni yaparken en az katkıyı ise radyasyon indeksi değişkeni yapmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Modele katkı yapan değişkenlerin katkı oranları

Modele göre sıcaklık indeksi değerinin 0.89'dan küçük veya eşit olduğu, bu alanların içerisinde gölgelenme indeksi değerinin 60.5' den büyük, radyasyon indeksi değerinin 0.009'dan büyük olduğu alanların türün dağılımında birinci derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. Radyasyon indeksi değerinin 0.009'dan küçük veya eşit olduğu alanlarda ise en yakın yerleşim yerine uzaklık değerinin 5937.635' den büyük olduğu alanların ikinci derece en ideal alanlar olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık indeksi değerinin 0.89'dan büyük olduğu, yerleşim yerine uzaklık değerinin 3571.32'den küçük olduğu ve pürüzlülük değerinin 7.48'den küçük veya eşit olduğu alanların türün yöredeki dağılımı açısından uygun olmadığı görülmüştür.

Elde edilen ağaç modelin eğitim veri setine ait AUC değeri 0.96 (Şekil 4a), test veri setine ait AUC değeri ise 0.68 (Şekil 4b) olarak tespit edilmiş olup, modelin eğitim seti ve test setine ait AUC değerlerinin kabul edilebilir seviyede olduğu anlaşılmıştır. Söz konusu AUC değerine ait grafikler Şekil 4'de verilmiştir.

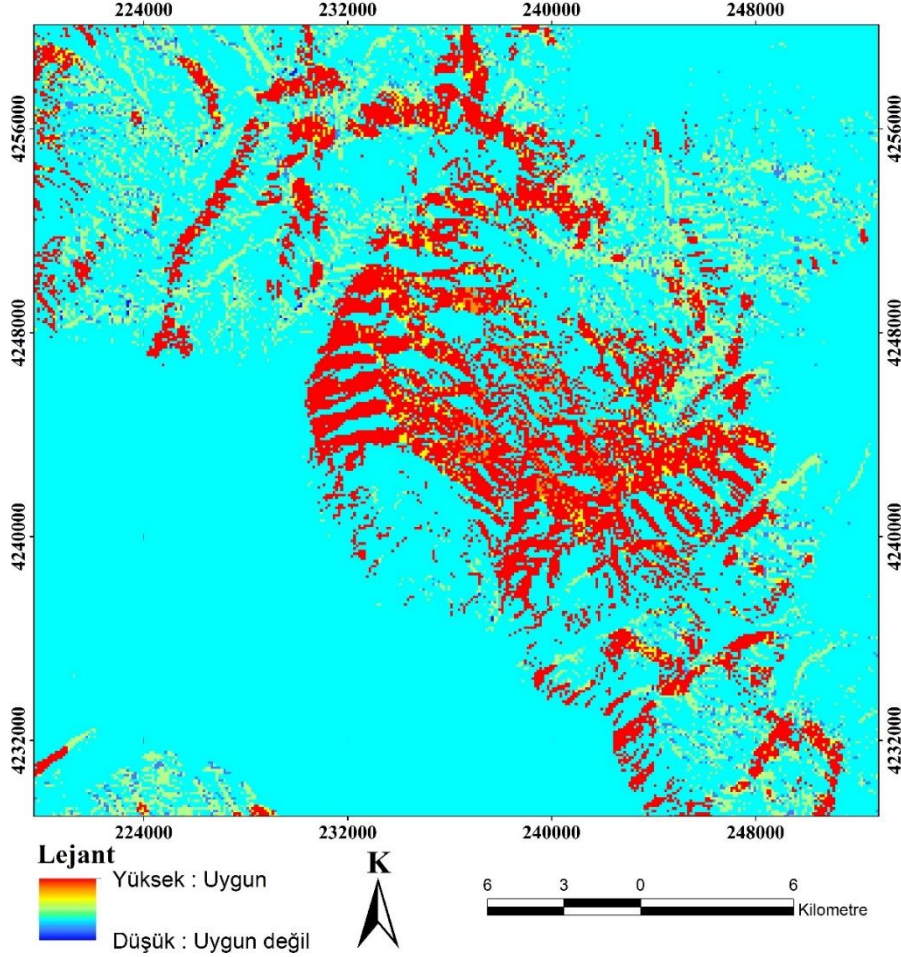


Şekil 4. Sınıflandırma ağacı tekniği ile elde edilen modelin eğitim veri seti (a) ve test veri seti (b) ROC grafikleri

Kızıl geyik türünün habitat uygunluk modellemesi sonucunda elde edilen sınıflandırma ağacı modeli; Microsoft Office Excel yazılımı yardımıyla model

ağaçtaki nihai düğüm noktalarının kurallarının çalışma alanı için oluşturulan ve her bir piksel için çevresel değişkenlerin değerlerini içeren karelej matrisi üzerinde tanımlanmış ve her bir piksel için yaygınlaştırılmıştır. Yaygınlaştırma sonucu elde

edilen kestirim değerleri ArcMap 10.2 programında raster dosyasına dönüştürülerek görsel hale getirilmiştir ve habitat uygunluk haritası elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Kızıl geyik için sınıflandırma ağacı tekniği ile elde edilen habitat uygunluk haritası

4. Tartışma ve Sonuçlar

Kızıl geyik Türkiye'deki memeli yaban hayvanları arasında yer alan ve korunması ve yönetilmesi gereken bir türdür. Bu çalışmada Kızıl geyiğin korunması geliştirilmesi için önemli olan habitat isteklerini ortaya koyma ve bu tarz çalışmalara yol gösterici olması bakımından son derece önemlidir. Oruç (2017), Eskişehir-Çatacak yöresinde bulunan Kızıl geyik için habitat uygunluğunun uydu verileri ve çevresel değişkenler kullanılarak modellenmesi ve habitat uygunluk haritalarının elde edilmesi isimli tez çalışmasında MAXENT yöntemi kullanılarak habitat uygunluk modellemesini ve haritalaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sadece var verilerini kullanan ilk

modelleme çalışması olmuştur. Bu çalışmanın özgün değeri ise Var-yok verilerini birlikte kullanan Sınıflandırma Ağacı yöntemiyle Kızıl geyiğin habitat uygunluk modellemesi ve potansiyel dağılımını ortaya koymasındadır. Elde ettiğimiz model roc değerleri bakımında geçerli ve başarı bir modeldir.

Kızıl geyik ülkemizde habitatlarının azalması, biyolojik çeşitliliğin göstergesi olması, popülasyonlarının lokal olması, avcılık baskısı gibi faktörlerin tehdidi altında olması bakımından önem arz etmektedir (Megüllüoğlu ve Bilgin, 2019). Kızıl geyik ülkemizde yasalarla T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa koruma ve Milli

Parklar Genel Müdürlüğü tarafından korunmaktadır.

Kızıl geyiğin habitat tercihinde orman, orman içi açıklık ve ziraat alanlarına bakıldığında en çok ormanlık alanları tercih ettiği görülmektedir. Bu durum literatürle uyumludur. Çünkü Kızıl geyiğin orman ve orman içi açıklık olduğu alanları tercih ettiği bilinmektedir. (Turan, 1984; Beşkardeş, 2016). Yine normal kapalılığın olduğu ormanları daha fazla tercih ettiği önceki çalışmalarda da desteklenmektedir (Oruç vd., 2017). Dolayısıyla Kızıl geyiğin habitatının temel unsurunun orman yapısı olduğu söylenebilmektedir. Kızıl geyiklerin, ormanları yaz aylarında, dinlenmek, güneş ışığından korunmak, kış aylarından ise gizlenmek, ağaç yaprakları ve diğer bitkilerle beslenmek amacıyla kullandıkları ifade edilmektedir (Oğurlu, 1992).

Pürüzlülük genel olarak eğimle ilgili olan bir husustur ve Kızıl geyik fazla eğimli alanları tercih etmemektedir. Literatüre bakıldığında da eğimin düşük olduğu habitatları daha çok tercih ettiği söylenmektedir (Liu vd., 2003; Chang ve Xiao, 1988). Kızıl geyiğin engebelliğin ve eğimin fazla olduğu alanları tercih etmediği özellikle de anne olan geyiklerin çok fazla tedirgin olduğu söylenmektedir (Birecikligil vd., 2013). Kızıl geyikler için pürüzlüğün fazla olduğu alanların gizlenme ve hareket etme bakımında uygun olmadığı düşünülmektedir.

Yöre itibarıyla çok geniş düzlüklerden vadi tabanı ve yamaçlar çalışma alanında daha fazla bulunmaktadır. Bu durumda gölgelenmenin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla gölgelenme aslında habitat tercihi bakımında belirleyici rol oynayan bir değişken olmaktadır.

Kızıl geyikler yerleşim yerlerine uzak alanları tercih ettiği görülmektedir. Çünkü Kızıl geyik için önemli tehditlerin başında avcılık ve insan aktiviteleri gelmektedir. Dolayısıyla insan etkileri azaldıkça geyikler daha az tedirgin olmakta ve bu alanları daha çok tercih etmektedir. Oruç (2017)'a göre de insan baskısından uzak alanlarda daha fazla Kızıl geyik görülmektedir. Telesco vd. (2007), yaptıkları çalışmada nüfus yoğunluğunun az olduğu alanlarda Kızıl geyiklerin daha fazla bulduklarını tespit etmişlerdir.

Kızıl geyik türünün çok sıcak alanları tercih etmediği belirlenmiştir. Çünkü aşırı sıcak alanların yiyecek, beslenme ve su ihtiyacı bakımında sıkıntı

oluşturacağı düşünülmektedir. Oruç vd. (2017)'ne göre Kızıl geyik türü için yıllık ortalama sıcaklık değerleri 7,4 °C ile 8 °C derece arasında uygun olmaktadır. Aslında doğrudan Kızıl geyikle sıcaklık arasında yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ama Kızıl geyiğin aşırı sıcak ve soğuk alanları tercih etmediği söylenebilmektedir. Çünkü aşırı sıcak ve soğuğa maruz alanlar gerek beslenme gerekse barınma bakımından uygun alanlar değildir.

Habitat uygunluk haritasına bakıldığında geniş düzlük alanların, yerleşime yakın alanların yani insan etkileşiminin fazla olduğu alanların habitat uygunluğunun düşük olduğu görülmektedir. Vadiler, tepeler ve belli yoğunlukta vejetasyon olduğu alanlar ise uygun alanlar olarak görülmektedir.

Kızıl geyik dünyada ve ülkemizde av turizminde kullanılan memeli türlerin başında gelmektedir. Dolayısıyla bu türün iyi şekilde korunması ve faydalanma planlarının yapılması gerekmektedir. Bu planlama için doğruluğu kontrol edilebilir yöntemler tercih edilmelidir. Günümüzde bunun için istatistik yöntemleri içeren paket programlar oldukça fazladır. Bu güncel tekniklerin kullanılarak türlerin habitatları ve potansiyel dağılım alanlarının bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Bu bakımdan çalışmamızın modelleme tekniği ve coğrafi bilgi sistemlerini içeren örnekleri buldurması bakımından literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir

Kızıl geyik türünün ülkemizde potansiyel sahalarının var olduğu bilinmektedir. Çünkü çeşitli sebeplerle doğal yayılış alanları günümüzde azalmıştır. Potansiyel alanlardaki yayılışlarının artırılması için yerleştirme çalışmaları yapılmalıdır. Yerleştirme çalışmaları için her sahanın habitat uygunluk modelleri ve potansiyel dağılım haritalarının belirlenmesi bunun sonucunda ise gerekli faaliyetlerin yapılması gerekmektedir. Bu sebeple çalışma Kızıl geyik için örnek çalışmalardan birisi olacaktır.

Koruma bakımından çalışma alanı değerlendirilmesi habitatların devamı açısından önemlidir. Kızıl geyiklerin bulunduğu Akdağ yöresinde insan tehdidinin olduğu son derece açıktır. Çünkü alana araçla ulaşım her yönden oldukça rahattır. Bu da sahanın kaçak avcılık için oldukça elverişli olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca sahadaki uygun yolların fazla olması alana yapılacak ziyaretçi sayısının da fazla olmasına

neden olmaktadır. Korunan alanların ziyaretçi sayısı aslında farkındalık oluşturması bakımında önemlidir. Ancak alan kullanımının tamamen yetkililer tarafından kontrollü olarak sağlanması büyük önem arz etmektedir. Özellikle çiftleşme ve doğum zamanlarında sahanın kullanımı azaltılmalıdır. Ziyaretçilerin sahayı kullanımının denetlenmesi ve kaçak avcılığın engellenmesi türün yöredeki devamlılığı açısından önem arz etmektedir.

Teşekkür

4752-YL1-16 No'lu Proje ile çalışmayı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Kaynaklar

Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Özkan, K. & Muys, B., (2010). Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221, 1119-1130.

Aksan, Ş., Özdemir, İ. & Oğurlu, İ. (2014). Modeling the Distributions of Some Wild Mammalian Species in Gölcük Natural Park: *Biological Diversity and Conservation*. ISSN 1308-8084. 7/1, Turkey.

Anderson, G. B., Bell, M. L. & Peng, R. D. (2013). Methods to Calculate the Heat Index as an Exposure Metric in Environmental Health Research. *Environmental Health Perspectives*, 121, 10.

Aslım, G., Yiğit, A., İzmirli, S. & Yaşar, A. (2012). Hayvan koruma kavramı ve biyoetik çerçevesinde yaban hayatı koruma ve yaban hayatı geliştirme sahaları. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(4), 657-662.

Austrheim, G., Gunilla, E., Olsson, A. & Grontvedt, E., (1999). Land – use impact on plant communities in semi-natural sub-alpine grasslands of Budalen, central Norway. *Biological Conservation*, 87, 369-379.

Avcı, M., Oğurlu, İ. & Sarıkaya, O., (2005). *Kasnak Meşesi Tabiatı Koruma Alanı Faunası Üzerine Araştırmalar*. Korunan

Doğal Alanlar Sempozyumu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, 8-10 Eylül, Bildiri Kitabı, 599-607, Isparta.

Baddeley, J. C., (1985). Assesment of Wild Animal Abundance, F. R. I. Bulletin, No 106, Protection Forestry Division, Forest Research Institute, 44 pp.

Beşkardeş V., (2016). Yedigöller yaban hayatı geliştirme sahasındaki iri cüsseli memeli hayvanlar ve sonbahar dönemi habitat tercihleri. *Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 1, 137- 144.

Birecikligil, S., Çelekli, F., Çelekli, A. & Çiçek, E., (2013). Karagöl Mevkiinde (Nurdağı, Gaziantep) Doğaya Salınan Kızıl Geyik (*Cervus elaphus*)'ların İzleme Programı. *Neşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 26-33.

Brown Jr., S., R., Ahl, R., S. 2011. The region 1 existing vegetation mapping program (VMap) beaverhead-deerlodge methodology. Region One Vegetation Classification, Mapping, Inventory and Analysis Report, No:11- 02, 1-18.

Cazorzi, F. & Fontana, G. D. (1996). Snowmelt modelling by combining air temperature and a distributed radiation index. *Journal of Hydrology*, 181, 169-187.

Chang, H. & Xiao, Q., (1988). Selection of winter habitat of red deer in dailing region. [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 8(2), 81-88.

Çakmakoğlu, A., (1986). Çivril-Banaz-Sandıklı-Dinar Arasındaki Bölgenin Jeolojisi “Ön Rapor”, MTA Rapor No: 8062 Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

Erik, S., & Tarıkaya, B. (2004), Türkiye Florası Üzerine, *Kebikeç*. 17, 139-163.

Ertuğrul, E. T., Mert, A. & Oğurlu, İ., (2017). Burdur Gölü Havzasında bazı yaban hayvanlarının habitat uygunluk haritalaması. *Turkish Journal of Forestry*, 18(2), 149-154.

Ewald, J., (2000). The partial influence of Norway spruce stands on understory vegetation in Montane forests of the Bavarian Alps. *Mountain Research and Development*, 20(4), 364-371.

Ghotra, B., McIntosh, S., & Hassan, A. E. (2015). Revisiting the impact of classification

- techniques on the performance of defect prediction models. In Proceedings of the 37th International Conference on Software Engineering-Volume 1 (pp. 789-800). IEEE Press.
- Guisan, A. & Zimmermann, N. E., (2000). Predictive Habitat Distribution Models In Ecology. *Ecological modelling*, 135(2), 147-186.
- Huebner, C. D. & Vankat, J. L. (2003). The importance of environment vs. disturbance in the vegetation mosaic of Central Arizona. *Journal of Vegetation Science*, 14, 25-34.
- Iğircık, M., (2008). Kazdağı Yöresinde Yaban Hayatı Kaynaklarının Yaban Hayatı Kaynaklarının Yönetim Çalışmalarına İlgili Kesimlerin Katkı ve Katılımlarının Araştırılması. Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü-Teknik Bülten, s:41, İzmir
- Liu, Z., Cao, L., Zhai, H., Hu, T. & Wang, M., (2003). Winter habitat selection by red deer (*Cervus elaphus alxaiicus*) in Helan Mountain, China. *Zoological research*, 25(5), 403-409.
- Mengüllüoğlu, D. & Bilgin, C.C., (2010). Ankara Civarında Bir Kızıl Geyik (*Cervus elaphus L.*) Populasyonunun Mevsimlere Göre Günlük Aktivitesi Ve Predatör Ve Evcil Sürülerle İlişkisi. Ankara.
- Mert, A. & Yalçınkaya, B., (2016). The relation of edge effect on some wild mammals in Burdur-Ağlasun (Turkey) district. *Biological Diversity and Conservation*, ISSN, 1308-8084.
- Moisen, G., G. & Frescino, T., S., (2002). Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157, 209-225.
- Nugent, G., Parkes, J. P. & Tustin, K. G., (1987). Changes in the density and distribution of red deer and wapiti in northern Fiordland. *New Zealand journal of ecology*, 11-21.
- Oğurlu, İ. (1992). *Çatacık koruma-üretim sahasında geyik populasyon ekolojisi üzerine araştırmalar*. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 250s, Trabzon.
- Oğurlu, İ., (2001). *Yaban Hayatı Ekolojisi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, 19, Isparta.
- Oğurlu, İ., (2003). Yaban Hayatında Envanter. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Av ve Yaban Hayatı Dairesi Başkanlığı Matbaası, 208s, Ankara.
- Oğurlu, İ., (2004). Ormancılıkta Yaban Hayatı Ders Notu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi.
- Oğurlu, İ., (2008). Yaban Hayatı Kaynaklarımızın Yönetimi Üzerine. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (A:2), ISSN:1302-7084, 35-88.
- Oğurlu, İ. & Yavuz, H., (1999). A Computer Programme for Determining Habitat Preference Based on Dung Frequencies of Some Herbivore Mammals. *Turkish Journal of Zoology*, 23(EK1), 241-248.
- Oruç, M. S., Mert, A. & Özdemir, İ., (2017). Eskişehir Çatacık Yöresinde, Çevresel Değişkenler Kullanılarak Kızılgeyik İçin (*Cervus elaphus L.*) Habitat Uygunluğunun Modellenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1(2), 135-142.
- Oruç, M.S., (2017). *Eskişehir-Çatacık yöresinde, uydu verileri ve çevresel değişkenler kullanılarak kızılgeyik için (Cervus elaphus L.) habitat uygunluğunun modellenmesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 114s.
- Özkan, K., (2009). Yaban Hayatı Ekolojisi'nde Analitik Değerlendirme Açısından Uygun Envanter Metodu Üzerine Bir Öneri. *Turkish Journal of Forestry*, 2, 160-169.
- Özkan, K., (2012). Sınıflandırma ve regresyon ağacı tekniği (SRAT) ile ekolojik verinin modellenmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13, 1-4.
- Özkan, K. (2013). Using the Non-Parametric Classifier CART to Model Lebanon Cedar (*Cedrus libani A. Rich*) Distribution in a Mountain Mediterranean Forest District. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(2).
- Pal Axel, O., Linda-Maria, M. & Hans Henrik, B., (2009). Acidification of sandy grasslands –

- consequences for plant diversity. *Applied Vegetation Science*, 12, 350-361.
- Parker, K. C. (1988). Environmental relationships and vegetation associates of columnar cacti in the northern Sonoran Desert. *Vegetatio*, 78, 125-140.
- Peterson, A., T., Papeş, M. & Eaton, M., (2007). Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of Garp and Maxent. *Ecography*, 30, 550–560.
- Sevgi, O., (2013). Orman (-lar), ormanlık alan ve orman alanı terimleri: kullanım sorunları ve öneriler. *Avrasya Terim Dergisi*, 1(1), 59-73.
- Sherrod, P. H. (2003). DTREG predictive modeling software. Software available at <http://www.dtreg.com>.
- Soyumert, A., Tavşanoğlu, Ç., Macar, O., Kaynaş, B. Y. & Gürkan, B., (2010). Presence of large and medium-sized mammals in a burned pine forest in southwestern Turkey. *Hystrix Italian Journal of Mammalogy*, 21(1), 97-102.
- Süel, H., (2014). *Isparta-Sütçüler Yöresinde Av Türlerinin Habitat Uygunluk Modellemesi*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. Doktora Tezi, 151s., Isparta.
- Telesco, R. L., Manen, F. T. V., Clark, J. D. & Cartwright, M. E., (2007). Identifying Sites For Elk Restoration In Arkansas. *Journal of Wildlife Management*, 71(5), 1393- 1403.
- Tramem, (2016). <http://www.tramem.org/memeliler=Kızıl> geyik Erişim tarihi: 05.03. 2019
- Turan, N., (1984). Türkiye'nin av ve yaban hayvanları, memeliler. Ogun Kardeşler Matbaacılık Sanayi, 178 s, Ankara.
- Vanderpuye, A., W., Elvebakk A. & Nilsen L., (2002). Plant communities along environmental gradients of high-arctic mires in Sassendalen, Svalbard. *Journal of Vegetation Science*, 13, 875-884.
- Wei, X., Z., Jiang, M., X., Huang, H., D. & Yang, J., Y., Yu, J., (2010). Relationships between environment and mountain riparian plant communities associated with two rare tertiary-relict tree species, *Euptelea pleiospermum* (Eupteleaceae) and *Cercidiphyllum japonicum* (Cercidiphyllaceae). *Flora*, 205, 841-852.
- Yavuz, M., (2011). *Afyonkarahisar-Sandıklı İlçesi Akdağ Tabiat Parkı'nın Ekoturizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. Afyon Kocatepe Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Anabilimdalı, Yüksek Lisans Tezi, 186s, Afyon.
- Zeleny, D.& Chytry, M., (2007). Environmental control of the vegetation pattern indeep river valleys of the Bohemian Massif. *Preslia*, 79, 205-222.

Received: 24.07.2019

Accepted: 19.09.2019

DOI: 10.30516/bilgesci.571529

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3 (2), 213-222, 2019

Bal Üretim Ormanları İçin Potansiyel Bitki Türleri: Isparta Keçiborlu Güneykent Bal Üretim Ormanı Örneği

Süleyman Yıldız*, Hüseyin Fakir¹

Özet: Bu çalışmada, Güneykent Bal Üretim Ormanının mevcut flora çalışması yapılarak, arıcılık için elverişli nektar ve polenli bitki yoğunluğu belirlenmiştir. Ayrıca Güneykent Bal Üretim Ormanında yıl içerisinde nektar akımı dönemini uzatmak amacıyla bitkilerin çiçeklenme dönemi dikkate alınarak yörelin orijinine uygun türlerle dikimler yapılmıştır. Tohum ve/veya fidan kullanılırken yetiştirme ortamına uygun türler ve orijininden olmalarına özen gösterilmiştir. Bal ormanlarındaki ağaçların azami çiçek tutmaları büyük önem arz ettiğinden, dikimlerdeki aralık mesafesine dikkat edilmiştir. Çalışma alanında birbirini takip ederek çiçek açabilen ağaç ve orman altı bitki örtüsünü bir arada bulundurulması sağlanmıştır. Bal ormanı projelerinde, hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için özellikle çiçeklenme periyodunun uzun olmasını sağlayan ağaç, çalı ve otsu türlerin olmasına özen gösterilmiştir. Araştırma sonucunda arılar tarafından en fazla ziyaret edilen bitki grubunu 9 takson ile Rosaceae familyası oluştururken, Fabaceae familyası 5 takson ile ikinci sırada, Lamiaceae familyası ise 5 takson ile üçüncü sırada yer almıştır. Bununla birlikte arıcılık açısından son derece önemli olan çiçeklenme dönemleri dikkate alındığında, Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarının çiçeklenmenin en yoğun olduğu dönem olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bal üretim ormanı, arıcılık, tıbbi-aromatik bitki taksonları, çiçeklenme zamanı, Isparta-Keçiborlu

Potential Plant Species for Honey Production Forests: Isparta Keçiborlu Güneykent Honey Production Forest Case

Abstract: In this study, the density of nectar and pollen plants suitable for beekeeping was determined by conducting floral studies. In addition to this, plantations were made by using suitable species for the origin of the region, in order to extend nectar flowing period. It was taken into consideration to using suitable seed/seedlings for the habitat and their origin. Since the maximum flowering of the trees in the honey forests is of great importance, attention has been paid to the spacing in the plantings. In the study area, it was ensured that the trees and sub-vegetation which could bloom could follow together. In order to realize the objectives of honey forest projects, especially trees, bush and herbaceous species that provide a long period of flowering were taken care. The most visited group of plants by bees was the Rosaceae family with 9 taxa, the Fabaceae family ranked second with 5 taxa, and the Lamiaceae family ranked third with 5 taxa. However, considering the flowering periods which are very important in terms of beekeeping, April, May, June and July were found as the most intense flowering period.

Keywords: Honey production forest, beekeeping, medicinal-aromatic plant taxa, flowering time, Isparta-Keçiborlu

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı) syildizemir@gmail.com

Citation (Atıf): Yıldız, S., Fakir H. (2019). Bal Üretim Ormanları İçin Potansiyel Bitki Türleri: Isparta Keçiborlu Güneykent Bal Üretim Ormanı Örneği Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 213-222.

1. Giriş

Arıcılık günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde önem verilen bir hayvancılık dalıdır. Arıcılık faaliyeti, toprağa ihtiyaç duyulmayan, az sermaye ve düşük maliyetle üretim yapılabilen kısa süre içerisinde gelir getiren, tarımsal bir uğraştır (Parkalay vd, 2008). Dünyada yaklaşık 74 milyon arı kovanı vardır ve bunlardan yaklaşık 1.4 milyon ton bal üretimi sağlanmaktadır. Çin, 7.4 milyon arı kovanına sahip olması sebebi ile en çok kovanı olan ve bal üreten bir ülkedir. Çin'den sonra Türkiye, Arjantin, Ukrayna ve ABD ile devam etmektedir (Günaydın, 2007). Türkiye kovan varlığı bakımından dünyada ikinci sıradadır lakin kovan başına ortalama 16 kg civarında olup dünya ortalaması olan 20 kg'ın altındadır (Özcan, 2011).

Arıcılık, arı ürünleri üretiminin çeşitliliği nedeniyle, dünyada gelişmiş ülkelerde ve gelişmekte olan ülkelerde hızlı gelişme gösteren bir aktivitedir. Balın ve diğer arı ürünlerinin insan sağlığına olan katkılarının son yıllarda daha iyi bilinmesi, gıda, tedavi ve kozmetik alanlarında kullanımının yaygınlaşması arıcılığı ve arı ürünlerinin üretilmesini karlılığı arttırdığı için bu sektörü ön plana taşımıştır (Yaşar vd., 2012). Arıcılık faaliyeti, Avrupa'da genellikle geleneksel bir uğraş, İspanya, Polonya, Macaristan, Yunanistan ve Türkiye gibi ülkelerde gelir getirici bir araç, Uzak doğu, Orta ve Güney Amerika ve Afrika ülkelerinde önemli bir dış gelir kaynağı, ABD, Kanada, Japonya gibi ülkelerde ise bitkisel tozlaşmaya katkı sağlayan bir faaliyet olarak görülmektedir (Vural, 2008).

Türkiye zengin bitki varlığı, uygun ekolojisi açısından arıcılıkta önemli bir potansiyeli vardır. Ancak sektör bu doğal kaynak zenginliğinden yeterince yararlanamamaktadır. Türkiye'nin sırasıyla Ege, Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri gerek kovan varlığı, üretim payı bakımından arıcılık için en önemli bölgelerimizdir. Türkiye bal üretiminin yaklaşık yarısı bu üç bölgemizde gerçekleşmektedir. 2015 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam bal üretimi 107665 ton, balmumu üretimi ise 4750 ton dolayındadır. Koloni başına ortalama bal verimi 14-18 kg dolayında olup, bu değer arıcılığı gelişmiş ülkelerdeki verimin üçte biri kadardır. 2002-2015 döneminde bal üretiminde % 69 oranında bir artış gerçekleşmiştir (TUİK, 2015).

Bal üretim ormanlarının kurulması Ülkemizin zengin florası, uygun ekolojisi ve koloni varlığı açısından arıcılıkta büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ancak bu üretim faaliyetinden tam olarak yararlanılamamaktadır. Bu avantajların bilinçli kullanımı ile bir gıda olan bal üretimi daha fazla gerçekleşmiş olacak az masrafla yapılabilecek bir üretim kolu olduğundan istihdama ve ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır (Parlakay vd, 2008).

Türkiye genelinde 2015 yıl sonu itibarı ile Orman Genel Müdürlüğü bünyesinde 234 adet bal üretim ormanı kurulmuştur. Bunlardan 2010'da 4 adet, 2011'de 3 adet, 2012'de 1 adet, 2013'de 2 adet, 2014'de 2 adet, 2015'de 1 adet olmak üzere 13 tanesi Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı bal üretim ormanlarıdır (Çizelge 1.2).

Arıcılık sektörünün Orman Genel Müdürlüğü tarafından desteklenmesi ve Bal Ormanı Eylem Planı (2013-2017) kapsamında, biyolojik çeşitliliğinin korunması, erozyonun önlenmesi, sağlıklı ve kaliteli bal üretiminin en üst seviyelere erişebilmesi, sürdürülebilir şekilde halkın ormandan faydalanmasının sağlanması ve halkın ekonomik açıdan kalkındırılması için Türkiye ormanlarında tesis edilen Bal Üretim Ormanları içerisinde bulunan Keçiborlu Orman İşletme Şefliği Güneykent Bal Üretim ormanında mevcut kullanılan bitki taksonları tespit edilerek, arıcılık için elverişli nektar ve polenli bitki yoğunluğu belirlenmiş, doğaya yakın bir ormancılık içerisinde ne kadar ekim/dikim ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. Yıl içerisinde nektar akımı dönemini uzatmak amacıyla bitkilerin çiçeklenme dönemi dikkate alınarak yörenin orjinine uygun ilave hangi türlerle takviye edileceği ortaya konulmuştur.

Çizelge 1.2. Isparta Orman Bölge Müdürlüğünde Bulunan Bal Üretim Ormanları (Anonim, 2017)

S. No	Bölge Müdürlüğü	İşletme Müdürlüğü	Alanı (Ha)	İli	Proje Adı	Tesis Yılı	Proje Maliyeti (TL)
110	Isparta	Eğirdir	10,0	Isparta	Rehabilitasyon Çalışması	2011	10.000,00
111	Isparta	Eğirdir	7,2	Isparta	Rehabilitasyon Çalışması	2010	7.000,00
112	Isparta	Sütçüler	57,8	Isparta	Rehabilitasyon Çalışması	2010	86.700,00
113	Isparta	Burdur	10,0	Burdur	Rehabilitasyon Çalışması	2010	2.500,00
114	Isparta	Bucak	50,0	Burdur	Rehabilitasyon Çalışması	2010	75.000,00
115	Isparta	Bucak	54,3	Burdur	Dikenli Bal Ormanı	2014	22.099,85
116	Isparta	Isparta	138,4	Isparta	Güneykent Bal Ormanı	2013	80.253,37
117	Isparta	Isparta	95,0	Isparta	Senir Bal Ormanı	2015	76.772,19
118	Isparta	Göhlisar	24,6	Isparta	Beyköy Bal Ormanı	2013	154.081,84
119	Isparta	Sütçüler	49,2	Isparta	Sütçüler Bal Ormanı	2014	45.003,02
120	Isparta	Dinar	87,0	Afyon	Gökçek Bal Ormanı	2011	261.000,00
121	Isparta	Dinar	33,0	Afyon	Yüreğil Bal Ormanı	2011	99.000,00
122	Isparta	Dinar	107,0	Afyon	Evciler Bal Ormanı	2012	390.626,30

2. Materyal

2.1. Çalışma sahası

Araştırma 2015-2016 yıllarında, Isparta İli Gönen İlçesi Güneykent Beldesi yöresinde Güneykent Bal Üretim Ormanında yapılmıştır. Çalışma alanının denizden yüksekliği 990 – 1250 m. arasında değişmekte olup, UTM WGS 84 36. Zon' a göre 4204065 - 4204066 m. kuzey enlemleri ile 270134 - 269953m. doğu boylamları arasında yer almaktadır. Toplam çalışma alanı 138,50 ha'dır. Çalışma alanının coğrafi konumu Şekil 1'de verilmiştir (Şekil 1).

Örnek çalışma sahamız olan Isparta Orman İşletme Müdürlüğü Keçiborlu Orman İşletme Şefliği sınırlarında bulunan Güneykent Bal Üretim ormanı 182, 184, 185 ve 186 nolu

bölmelerdeki BKBt (bozuk baltalık) ve OT (orman toprağı) meşçere tipi olan 138,5 ha sahada yalancı akasya, yabani elma, yabani erik, badem, ığde, alç, lavanta vb. arıcılık açısından önemli türlerle dikimler ve ekimler yapılmış sahadaki doğal olarak bulunan bozuk kuru, bozuk meşe ve kekik, kırmızı üçgül ve geven gibi türler yoğun bir şekilde bulunmakta olup, bu bitkilerle birlikte sahadaki her türlü flora etrafı tel ihata ile çevrilerek koruma altına alınmıştır.

2.2. Topografik özellikleri

Çalışma alanı Isparta İli Gönen İlçesi Güneykent Beldesi sınırları içerisinde Keçiborlu Orman İşletme Şefliği Güneykent Bal Üretim ormanındadır. Çalışma alanı arazisinin Güneykent Beldesine en yakın yeri kuş uçuşu 2000 m, en uzak yeri 4000 m mesafededir. Çalışma alanı %

15–40 eğim grubundadır. Güneykent, doğusunda İğdecik köyü, Gönen İlçesi, kuzeyinde Uluborlu İlçesi, İleydağı köyü, Özbahçe köyü, batısında Keçiborlu İlçesi, güneyinde Kılıç köyü ve Senir Beldesi ile bitişiktir. Güneykent, Kapı dağının uzantısı olan Tepelci, Erenler Dağı ve Demirli dağlarının ortasında Güney'e bakan bir yamaçta kurulmuştur. Güneykent her türlü hayvancılığı yapmaya elverişlidir. Arazilerin engebeli olması erozyonu hızlandırmakta, verimin düşmesine neden olmaktadır. Kasabanın bulunduğu yerin rakımı 1250 dir. Güney kısmında bulunan ovası Burdur gölüne doğru uzanmaktadır (Anonim, 2018).

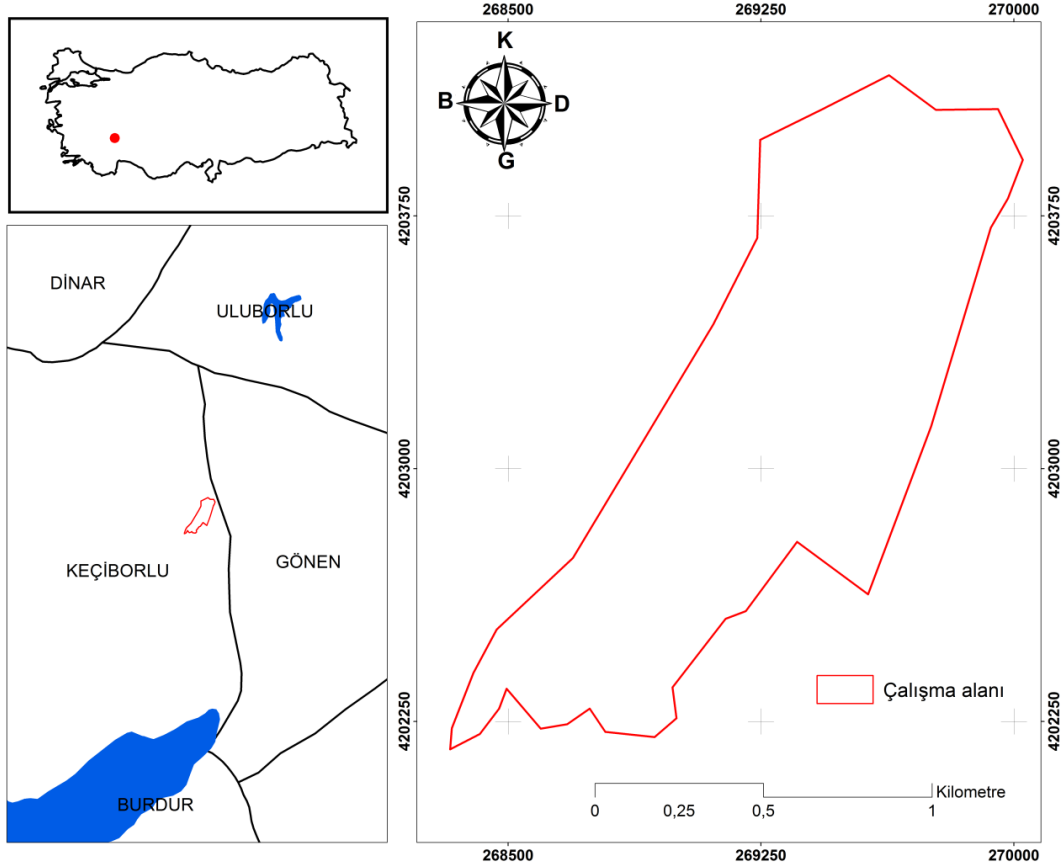
2.3. İklim

Çalışma alanı Akdeniz Bölgesinde bulunmasına rağmen İç Ege ve İç Anadolu Bölgesi iklimleride etkisini gösterir. Yazları serin, kışları da çok soğuk geçer. En düşük sıcaklık -1,8 0C ile Ocak

ayında tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık 30,5 0C ile Ağustos ayında tespit edilmiştir. En az yağış Ağustos ayında görülmekte, daha çok yağış ise Aralık, Ocak ve Şubat aylarında görülmektedir. Günlük en çok yağış miktarı 84.3 ve 76.9 mm. ile Aralık ve Ocak aylarında, en az ise 10.7 mm. ile Ağustos ayında görülmektedir. En yüksek buharlaşma Temmuz ve Ağustos aylarındadır. Yıl içerisinde yağışsız ay bulunmamaktadır (Anonim, 2018).

2.4. Toprak yapısı

Çalışma alanında ana kaya esas olarak sert kalker olup hafif dağlık bölgelerde granit, kil taşı, kum taşı, çeşitli metamorfikler, kristal kayalar, fliş ve kireç taşıdır (Anonim, 2015). Bu ana kayaların parçalanması ile kumlu ve az oranda killi topraklar oluşmuştur. Düzlük yerlerde toprak derin olup, sırtlara doğru yüzeysel denilecek kadar azalmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı mevki haritası ve örnek alınan noktaları

3. Yöntem

Çalışma 2015-2016 yılları arasındaki vejetasyon dönemlerinde (Mart- Eylül) yürütülmüştür. Güneykent Bal Üretim Ormanında yıl içerisinde nektar akımı dönemini uzatmak amacıyla bitkilerin çiçeklenme dönemi dikkate alınarak yöre nin orjinine uygun türlerle dikimler yapılmıştır. Tohum ve/veya fidan kullanılırken yetiştirme ortamına uygun türler ve orijininin olmalarına dikkat edilmiştir. Bal ormanındaki türlerin çiçek tutmaları büyük önem arz ettiğinden, dikimlerdeki aralık mesafesine dikkat edilmiştir.

Çalışma alanına iki hafta ara ile gidilerek flora taraması yapılmıştır. Tıbbi aromatik öneme sahip çiçekli bitkiler gözlemlenerek bu bitkileri araların ziyaret edip etmediği tespit edilmiştir. Arılar tarafından ziyaret edilen bitkilerden örnekler toplanmış, bunlar preslere konularak herbaryuma getirilmiştir. Ayrıca arazide toplanan bitki türlerinin dijital fotoğrafları çekilmiştir.

Örnekler alınırken, bitkilerin teşhisinde özellikle gerekli olan çiçek, yaprak, gövde ve kök gibi

organlarının tam olarak alınmasına dikkat edilmiş ve her örneğe bir numara verilmiştir. Bitkilerin toplandığı alanlar ve toplanma zamanları not edilmiştir. Bitkiler farklı zamanlarda çiçeklendiği için aynı alanlara vejetasyon dönemi boyunca çeşitli zamanlarda gidilerek değişik zamanlarda çiçeklenen bitkilerden de örnekler alınması sağlanmıştır. Herbaryuma getirilen bitkilerin tür teşhisleri yapıldıktan sonra, bunlardan hangilerinin tıbbi-aromatik bitki oldukları belirlenmiştir. Bu bitki taksonlarından arıcılık için önemli olanları, çiçeklenme zamanları ve endemiklik durumu ile birlikte alfabetik olarak listelenmiştir

3. Araştırma bulguları

Bal Ormanı olarak tesis edilen çalışma alanında 23 familyaya ait, tıbbi ve aromatik özelliğe sahip olan 53 adet bitki taksonu tespit edilmiştir (Çizelge 3.1). Bu bitki taksonlarından 17 adedi dikim ve ekim yoluyla elde edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Çalışma alanı olan Güneykent bal üretim ormanında bulunan arıcılık için önemli tıbbi-aromatik bitkiler ve bazı önemli özellikleri

Familya	Türün bilimsel adı (Latince adı)	Türkçe Adı	Çiçeklenme Zamanı
Apiaceae	<i>Ammi visnaga</i> L. (Lam.)	Diş otu	Mayıs-Temmuz
Apiaceae	<i>Eryngium campestre</i> L. var. <i>virens</i> Link.	Boğa Dikeni Şeker Dikeni	Temmuz-Eylül
Asteraceae	<i>Achillea teretifolia</i> Willd.	Civanperçemi	Haziran-Temmuz
Asteraceae	<i>Cichorium intybus</i> L.	Hindiba	Nisan-Ağustos
Asteraceae	<i>Inula anatolica</i> Boiss.	Andız Otu	Haziran-Ağustos
Asteraceae	<i>Onopordum carduchorum</i> Bornm. & Beauverd.	Eşek Dikeni	Haziran-Temmuz
Asteraceae	<i>Xanthium strumarium</i> L. subsp. <i>strumarium</i>	Butrak	Temmuz-Ekim
Boraginaceae	<i>Echium italicum</i> L.	Engerek Otu	Mayıs-Temmuz
Boraginaceae	<i>Onosma oreodoxum</i> Boiss.	Emzik Otu	Mayıs-Haziran
Boraginaceae	<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	Arı Otu	Haziran-Temmuz
Brassicaceae	<i>Alyssum dasycarpum</i> Steph ex Willd var. <i>dasycarpum</i>	Kuduz Otu	Mart- Mayıs
Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> L. Medik.	Çoban Çantası	Nisan-Ağustos

<i>Brassicaceae</i>	<i>Fibigia clypata</i> (L.) Medik. var. <i>eriocarpa</i> (DC.) Post.	Sikkeotu	Nisan-Mayıs
<i>Colchicaceae</i>	<i>Colchicum variegatum</i> L.	Güz çiğdemi	Ekim-Kasım
<i>Cupressaceae</i>	<i>Juniperus excelsa</i> M.Bieb. <i>excelsa</i>	Boylu Ardıç	-
<i>Cupressaceae</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp. <i>oxycedrus</i>	Katran Ardıcı	-
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia kotschyana</i> Fenzl.	Sütleğen	Mayıs-Temmuz
<i>Elaeagnaceae</i>	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	İğde	Nisan-Haziran
<i>Fabaceae</i>	<i>Astragalus angustifolius</i> Lam. subsp. <i>longidens</i> Hub.-Mor. & Matthews.	Geven	Haziran-Temmuz
<i>Fabaceae</i>	<i>Astragalus gymolobus</i> Fischer.	Geven	Mayıs-Haziran
<i>Fabaceae</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Yalancı Akasya	Mayıs-Haziran
<i>Fabaceae</i>	<i>Trifolium arvense</i> L. var. <i>arvense</i>	Yonca	Nisan-Temmuz
<i>Fabaceae</i>	<i>Trifolium pratense</i> L. var. <i>pratense</i>	Yonca	Nisan-Ağustos
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus coccifera</i> L.	Kermes Meşesi	Ağustos
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus robur</i> L. subsp. <i>robur</i>	Saplı Meşe	Ağustos-Eylül
<i>Juglandaceae</i>	<i>Juglans regia</i> L.	Adi Ceviz	Mayıs
<i>Lamiaceae</i>	<i>Lavandula x intermedia</i> Emerice x Loisel.	Lavanta	Temmuz-Ağustos
<i>Lamiaceae</i>	<i>Origanum onites</i> L.	Bilyalı kekik	Mayıs-Temmuz
<i>Lamiaceae</i>	<i>Phlomis armenica</i> Willd.	Çoban çırası	Haziran-Ağustos
<i>Lamiaceae</i>	<i>Phlomis grandiflora</i> H. S. Thompson var. <i>grandiflora</i>	Çalba	Mayıs-Temmuz
<i>Lamiaceae</i>	<i>Salvia tomentosa</i> Miller	Büyük Çiçekli Ada Çayı	Nisan-Haziran
<i>Lamiaceae</i>	<i>Stachys lavandulifolia</i> Vahl. var. <i>lavandulifolia</i>	Dağ Çayı	Mayıs-Temmuz
<i>Lamiaceae</i>	<i>Teucrium polium</i> L.	Kısa Mahmut	Haziran-Ağustos
<i>Lamiaceae</i>	<i>Thymus zygoides</i> Griseb. var. <i>lycaonicus</i> (Celak.) Ronniger	Kekik	Mayıs-Haziran
<i>Moraceae</i>	<i>Morus alba</i> L.	Ak Dut	Mayıs
<i>Oleaceae</i>	<i>Fraxinus ornus</i> L. subsp. <i>cilicica</i> (Lingelsh.) Yalt.	Çiçekli Dişbudak	Nisan –Mayıs
<i>Papaveraceae</i>	<i>Glaucium leiocarpum</i> Boiss.	Gülfatma	Mayıs-Haziran
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus brutia</i> Ten. var. <i>brutia</i>	Kızılcım	Haziran
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold. subsp. <i>nigra</i> var. <i>caramanica</i> (Loudon) Rehder	Karaçam	-
<i>Platanaceae</i>	<i>Platanus orientalis</i> L.	Çınar	Mart-Mayıs
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Digitalis ferruginea</i> L. subsp. <i>ferruginea</i>	Yüksük Otu	Mayıs-Temmuz
<i>Plumbaginaceae</i>	<i>Acantholimon acerosum</i> (Willd.) Boiss. var. <i>acerosum</i>	Çoban Yastığı	Haziran-Temmuz
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Rhamnus rhodopeus</i> Velenovsky subsp. <i>anatolicus</i> (Grub.) Browicz & Ziellinski	Cehri	Mayıs

<i>Rosaceae</i>	<i>Amygdalus communis</i> L.	Badem	Mart-Nisan
<i>Rosaceae</i>	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Yabani Kayısı	Nisan-Mayıs
<i>Rosaceae</i>	<i>Cotoneaster nummularia</i> Fisch. & Mey.	Tavşan Elması	Nisan-Mayıs
<i>Rosaceae</i>	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq. subsp. <i>azarelle</i> (Gris.) Franco	Kırmızı Alıç	Nisan-Haziran
<i>Rosaceae</i>	<i>Crataegus orientalis</i> Pallas & Bieb. var. <i>orientalis</i>	Alıç	Mayıs-Temmuz
<i>Rosaceae</i>	<i>Malus sylvestris</i> Miller subsp. <i>orientalis</i> (A. Uglitzkich) Browicz	Yabani Elma	Nisan
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus spinosa</i> L. subsp. <i>dasyphylla</i> (Schur) Domin	Yabani Erik	Nisan-Mayıs
<i>Rosaceae</i>	<i>Pyrus elaeagnifolia</i> Pallas subsp. <i>elaegnifolia</i>	Ahlat	Nisan-Mayıs
<i>Rosaceae</i>	<i>Rosa canina</i> L.	Kuşburnu	Mayıs-Temmuz
<i>Rubiaceae</i>	<i>Galium verum</i> L. subsp. <i>verum</i>	Yoğurt otu	Mayıs-Temmuz

Çizelge 3. 2. Çalışma alanı olan Güneykent bal üretim ormanında dikim ve ekim yoluyla elde edilen arıcılık için önemli tıbbi-aromatik bitkiler

Familiya	Türün bilimsel adı (Latince adı)	Türkçe Adı	Dikim Adet	Ekim Miktarı (kg)
Cupressaceae	<i>Juniperus oxycedrus</i> L. subsp. <i>oxycedrus</i>	Katran Ardıcı	500	
Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	İğde	500	
Fagaceae	<i>Quercus robur</i> L. subsp. <i>robur</i>	Saplı Meşe	1750	
Fabaceae	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Yalancı Akasya	19000	
Boraginaceae	<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	Arı Otu	-	88
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i> L.	Adi Ceviz	750	
Lamiaceae	<i>Lavandula x intermedia</i> Emerice x Loisel.	Lavanta	6500	
Moraceae	<i>Morus alba</i> L.	Ak Dut	500	
Rosaceae	<i>Pyrus elaeagnifolia</i> Pallas subsp. <i>elaegnifolia</i>	Ahlat	500	
Rosaceae	<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Yabani Kayısı	1000	
Rosaceae	<i>Amygdalus communis</i> L.	Badem	1500	
Rosaceae	<i>Malus sylvestris</i> Miller subsp. <i>orientalis</i> (A. Uglitzkich) Browicz	Yabani Elma	500	
Rosaceae	<i>Prunus spinosa</i> L. subsp. <i>dasyphylla</i> (Schur) Domin	Yabani Erik	500	
Rosaceae	<i>Crataegus orientalis</i> M.Bieb.	Alıç	500	
Rosaceae	<i>Crataegus orientalis</i> Pallas & Bieb. var. <i>orientalis</i>	Kırmızı Alıç	500	
Oleaceae	<i>Fraxinus ornus</i> L. subsp. <i>cilicica</i> (Lingelsh.) Yalt.	Çiçekli Dişbudak	500	
Platanaceae	<i>Platanus orientalis</i> L.	Çınar	500	
	TOPLAM		35500	88

Çalışma alanına dikilen fidanlar 3x3 m aralıklarla bulunan teraslara yapraklı türler 3x3 m, iğne yapraklı türler 3x2 m, otsu türler 1x1 m mesafelerle dikildiklerinden, sahadaki başarı durumlarının belirlenmesi de belli bir sistematik esasa göre yapılan fidan sayımlarıyla ortaya konulmuştur. Çalışma alanının alt tabanında durularak (tesis alanı önümüze gelecek şekilde) sol kenarından başlayan 10'uncu terasa gidilerek (çıkılarak) 30 fidana tekabül eden yerdeki fidanların sağlıklı ve iyi gelişenleri sayılmıştır.

Aynı teras veya eş yükselti eğrisinde yürünerek başlangıçtan itibaren her 100 metrede aynı şekilde 30 fidana tekabül eden yerlerdeki fidanların sağlıklı ve iyi gelişenleri sayılmıştır. Bulunan değerler 10. terasa ait yatay sütuna yazılmıştır. Örnek çalışma alanımızın sonuna geldiğinde 20. terasa gidilerek (çıkılarak) aynı işlemler örnek çalışma alanımız tamamen sayılıncaya kadar devam etmiştir. Çalışma alanı olan Güneykent Bal Üretim Ormanında dikilen başarı oranını gösterir cetvel Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışma alanı olan Güneykent bal üretim ormanında dikilen fidanların başarı oranını gösterir cetvel

Teras No	0 Başlangıç	100 Metre	200 Metre	300 Metre	400 Metre	500 Metre
10	25	22	30	23	29	22
20	23	30	26	28	25	24
30	30	20	28	29	24	27
40	29	29	28	24	26	22
50	29	30	18	16	19	22
60	25	22	30	23	29	
70	23	30	26	28	25	
80	30	20	28	29	23	
90	29	29	28	23	26	
100	30	22	22	24	23	
110	30	18	16	17	26	
120	29	15	24	14	26	
130	29	29	27	13	24	
140	30	14	18	25	26	
150	29	24	23	22	27	
160	30	26	22	22	26	
TOPLAM	A1=450	A2=380	A3=394	A4=360	A5=404	A6=117

A= Normal gelişme gösteren fidanların toplamıdır, B= Bulunması gereken 30 fidanın, ölçüm yapılan nokta adedinin çarpımı ile bulunan sayıdır.

Fidan Tutma Başarı Oranı Hesaplaması, gelişme gösteren fidanların toplamının, bulunması gereken 30 fidanın, ölçüm yapılan nokta adedinin çarpımı ile bulunan sayıya bölünmesi ile hesaplanmıştır.

$$(A1+A2+A3+A4+A5+A6)/B=(450+380+394+360+404+117)/(85*30)=2105/2550=\%83$$

4. Tartışma ve Sonuç

Tıbbi ve aromatik bitkiler yönünden zengin bir familya olan *Rosaceae*, *Fabaceae* ve *Lamiaceae* familyasının arıcılık açısından da oldukça önemli olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte *Asteraceae* familyası da arıcılık için önemli olan diğer familya olarak saptanmıştır. Bal ormanı tesisinde kullanılan yapraklı ağaç türleri toprağın derinliklerinden beslendiği için kısa dönemli

kuralıklarda bile nektar verimine devam ederken, otsu türlerin kısa süreli kuraklığa dayanamayıp çok çabuk kuruması sebebi ile arıcılık açısından istenen verimi sağlayamadığı görülmüştür. Güneykent Bal üretim ormanı örnek sahamızda tam alanda toprak işleme çalışması yapılmadan, otsu bitkileride sahada tutarak, farklı rakım ve farklı türlerin karışımının aynı sahada kullanılmasıyla yapılan dikimlerin çiçeklenme ve nektar verimi açısından çok zengin olduğu tespit

edilmiştir. Örnek sahamızda yapılan dikimlerin fidan sayımlarına göre başarı oranı %83 dür.

Fidanların kuruma sebeplerinden bazılarının orman yaban hayatında bulunan kemirgen bir hayvanın (tavşan) dikilen yapraklı türlere, topraktan 10-15 cm yukarısından kemirmek suretiyle zarar vermesi ve yaban domuzunun vermiş olduğu zararlar olarak tespit edilmiştir. Göçebe arıcılığın yaygın olarak yapıldığı yörede arı kovanlarının bu bitkilerin yoğun olarak bulunduğu sahalara taşınması arıcılık açısından büyük avantajlar sağlayacaktır. Zaman olarak ise arı kovanlarının, Mart sonu ve Nisan başlarında çiçeklenmenin yeni başladığı alçak rakımlı kesimlere, Mayıs ve Haziran aylarında ise çiçeklenmenin daha geç başladığı yüksek rakımlı dağlık kesimlere konulması uygun olacaktır.

Çalışmanın sonuçlarına göre; bölgede rakımın düşük olduğu kesimlerde geniş bir şekilde yayılış gösteren bilyalı kekik bitkisi (*Origanum onites*)'nin arılar tarafından yoğun olarak ziyaret edildiği belirlenmiştir. Ayrıca alıç türleri (*Crataegus* spp.), Çalba (*Phlomis grandiflora*), ada çayı türleri (*Salvia* spp.), arılar tarafından sık ziyaret edilen diğer bitkilerdir. Rakımın yüksek olduğu kesimlerde ise, çiçekli dişbudak (*Fraxinus ornus subsp. cilicica*), ahlat (*Pyrus elaeagnifolia subsp. elaeagnifolia*), kuşburnu (*Rosa canina*), geven türleri (*Astragalus* spp.), çoban çırısı (*Phlomis armeniaca*) Lavanta (*Lavandula Angustifolia*) ve üçgül türleri (*Trifolium* spp.) arılar tarafından sık ziyaret edilen bitki taksonları olarak öne çıkmaktadır.

Tüzün vd., (2013), yapmış oldukları çalışma da arıların doğal ve tarımsal ekosisteme olan katkılarının önemini vurgulamıştır. Bu bağlamda, yapmış olduğumuz çalışma ile doğal ekosistem içinde tespit ettiğimiz ve arazilerde ekim ve dikim yoluyla kullandığımız türler ve alana getirilen arı kovanları sayesinde ekolojik dengenin korunması sağlanmaya çalışılmıştır.

Ceyhan ve Emir (2013), tarafından Tarım Bilgi Sistemi ile entegre kovan takip sistemi kurularak, konaklama yerlerinin optimum kullanımı için arı konaklama yerleri ve kapasiteleri belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Tesis edilen Güneykent bal üretim ormanı, arıcılar için kapasitesi belli arı konaklama yerlerinden biri olmuştur.

Cengiz, (2018), Narman (Erzurum) ilçesinin çok sayıda ballı bitki türü olan geniş doğal meralara

ve bölgedeki meralarda kimyasal gübreleme veya yabancı ot ve zararlı kontrolü için diğer kimyasal maddeler kullanılmadığından organik bal üretimi için önemli bir potansiyele sahip olduğunu tespit etmiştir. Bölgede üretilen yüksek kaliteli organik bal, tüm ülke genelinde talep gördüğü ve bal üreticileri, bal üretiminden önemli bir gelir elde ettiklerini vurgulamıştır. Yapılan bu çalışma ile Güneykent bal üretim ormanı yüksek kaliteli organik bal elde etmek potansiyeline kavuşturulmuştur.

Demir, (2014), yapmış olduğu çalışma da Kars İlindeki arıcılık üretiminin tamamen doğal koşullara bağlı olarak yapılması halinde, ürün niteliği tatmin edici düzeyde olabilmesine rağmen, ürün niceliği ve kovan başına verim yıllara göre değişmekle beraber düşük düzeyde olduğunu belirlemiştir. Bu çalışma, arıcılık üretiminin doğal koşullara bağlı olarak yapılması halinde de ürün niceliği ve kovan başına verimin yıllara göre arttırmak için çözüm niteliği taşımaktadır.

Sonuç olarak, yörede arıcılığın geliştirilmesi için halk tıbbi aromatik bitkiler ve arıcılık konularında eğitilmelidir. Bununla birlikte arıcılık için önemli olan tıbbi ve aromatik bitkilerinin çiçeklenme zamanları dikkate alınmalı ve arıcılık için önemli bir tehdit durumunda olan otlatma buna göre planlanmalıdır. Bunlar uygulamaya konulduğu takdirde yöre arıcılığına büyük katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Çalışmamızı maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz (Proje No:4335-YL1-15).

Kaynaklar

Anonim, (2015), <http://www.balormanı.gov.tr>, Erişim tarihi: 28.02.2015.

Anonim, (2017), <https://www.ogm.gov.tr>, Erişim tarihi: 24.03.2017.

Anonim, (2018), <http://www.ispartakulturturizm.gov.tr>, Erişim tarihi: 25.09.2018.

Demir, M. (2014). Kars İlinin Arıcılık Potansiyeli ve Değerlendirme Durumu. Doğu Coğrafya Dergisi. Cilt 19, Sayı 32, sayfa 209-230.

- Cengiz, M.M., (2018). Arıcılık ve Organik Bal Üretimi için Narman (Erzurum, Türkiye) Doğal Meralarında Ballı Bitki Potansiyeli, GUFBED 8(2), (2018), 358-364.
- Ceyhan, V., Emir, M., (2013). Türkiye’de Arıcıların Göç Yolları, Arı Ürünleri Verimliliği ve Fiyatları. 12. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi 2016, Cilt: 3, 25-27 Mayıs, Isparta.
- Günaydın G., (2007). Avrupa Birliği Kırsal Kalkınma Politika Transferi Analizi: Türkiye’de Kalkınma Planlarının Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi’ Tarım ve Mühendislik, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayın Organı, Sayı:80/2007, ISSN-1300-0071, Ankara. s. 25.
- Özcan, F. (2011). Göller Bölgesi’nde Arı Ürünlerinin Pazar ve Pazarlama Sorunları, uygulanabilecek pazarlama stratejileri. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Parlakay, O., Yılmaz, H., Yaşar, B., Seçer, A., Bahadır, B., (2008). Türkiye’de Arıcılık Faaliyetinin Mevcut Durumu ve Trend Analizi Yöntemiyle Geleceğe Yönelik Beklentiler, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 22, Sayı 2, 17-24.
- TUİK, (2015). Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım İstatistik Raporu, Ankara.
- Tüzün, A., Bilgili, G., (2013). Tarımsal Ekosistemde Arıların Önemi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 6 (2): 91-95, 2013 ISSN: 1308-3961, E-ISSN: 1308-0261, Ankara.
- Vural, H. (2008). Türkiye’de Bal Üretimi ve Pazarlaması. 1.Uluslararası Muğla Arıcılık ve Çam Balı Kongresi. 25- 27 Kasım, Muğla, s.223-232.
- Yaşar, N., Karataş, Ü., (2012). Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye’de Arıcılık, Arıcılık Araştırma Dergisi Yıl:4 Sayı:7, Ordu.

Yaban Domuzu (*Sus scrofa*)’nun Sütçüler Yöresindeki Bazı Memeli Türler İle Etkileşimi

Halil Süel^{1*}

Özet: Türkiye gerek coğrafi konum gerekse topoğrafik özellikleri nedeniyle birçok flora ve faunaya ev sahipliği yapmaktadır. Bu canlı gruplarının arasında önemli bir sınıfta memeliler sınıfıdır. Ülkemizde memeli türler bazen aynı habitatlar bazen de farklı habitatlarda birbirleriyle etkileşim halindedir. Özellikle son yıllarda, tarım alanlarında zararlarıyla ön plana çıkan ülkemizdeki önemli türlerden birisi de yaban domuzudur. Yaban domuzu farklı habitatlarda görülen bir tür olduğu için diğer memeli türlerle etkileşimi oldukça fazladır. Bu çalışma ile Sütçüler yöresinde yaban domuzunun diğer memeli türler ile olan etkileşimi İndikatör Tür Testi, İnterspesifik Korelasyon Analizi ve Eğilimsiz Uyum Analizi ile belirlenmiştir. İndikatör Tür Analizi sonucunda; yaban domuzunun negatif gösterge türlerinin tilki (P:0,006), yaban keçisi (P:0,0104) ve kurt (P:0,0488) olduğu ve İnterspesifik Korelasyon Analizi sonucuna göre de tilki (P:0,01) ve yaban keçisi (P:0,08) olduğu tespit edilmiştir. Eğilimsiz uyum analizine göre Yaban domuzunun tilki, porsuk, kaya sansarı ve yaban tavşanı ile dağılımlarının örtüştüğü, kurt ve yaban keçisinden ise daha farklı alanları tercih ettiği görülmektedir. Yaban domuzunun omnivor beslenme davranışının olması habitat tercihlerinin daha farklı olmasını sağlamaktadır. Yaban domuzunun diğer türlerle olan etkileşiminde beslenme, av-avcı ilişkisi ve yaşam alanının topoğrafik özelliklerinin etkili faktörler olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İndikatör, DECORANA, Habitat, İnterspesifik Korelasyon Analizi

Interaction of Wild Boar (*Sus scrofa*) with Some Mammal Species in Sütçüler Distinct

Abstract: Due to its geographic location as well as topographic features, Turkey is home to many flora and fauna. The class of mammals is an important one among these living groups. In our country, mammal species sometimes interact with each other in the same habitats and sometimes in different habitats. Especially in recent years, one of the most important species in our country, which stands out with its damages in agricultural areas, is wild boar. Since wild boar is a species seen in various habitats, its interaction with other mammal species is quite high. In this study, the interaction of wild boar with other mammal species in Sütçüler region was determined by Indicator Species Test, Interspecific Correlation Analysis and Detrended Correspondence Analysis. As a result of Indicator Type Analysis, It is found that the negative indicator species of Wild boar were Red fox (p: 0.006), Wild goat (P: 0104) and Gray wolf (P: 0.0488), and according to the Interspecific Correlation Analysis, were Red fox (P: 0.01) and Wild goat (P: 0.08). According to our Detrended Correspondence Analysis, it is seen that the distribution of Wild boar overlaps with Red fox, European badger, Beech marten and European hare whereas it prefers more different areas than wolf and wild goat. Having omnivore feeding behavior makes wild boar to have the habitat preferences different. Feeding, hunting-predator relationship and topographic features of habitat were found to be effective factors in the interaction of Wild boar with other species.

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu

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

Citation (Atıf): Süel, H. (2019). Yaban Domuzu (*Sus scrofa*)’nun Sütçüler Yöresindeki Bazı Memeli Türler İle Etkileşimi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (2): 223-230.

Keywords: Indicator, DECORANA, Habitat, Interspecific Correlation Analysis

1. Giriş

Dünyada yakın zamanda nesli yok olmuş memeli türlerinin sayısı yaklaşık 4623 olarak bildirilmektedir (Russel vd. 1998). Memeli türlerinin genel olarak karasal ekosistemlerde yaşamlarını devam ettirmekte, yaklaşık %2,5'lik kısmı ise sucul ekosistemlerde yaşamaktadır (URL, 2011). Memeliler sınıfı yaşayan 3 alt sınıf, 26 takım, 136 familya, 1229 cins, 5416 tür ile temsil edilen en önemli sınıflardan birisidir (Demirsoy, 1992; Wilson and Reeder, 2005). Türkiye'nin içinde yer aldığı önemli coğrafi bölgelerden biri olan Palearktik bölgede memelilerin 13 takımda 42 familyaya ait 843 türle temsil edildiği söylenmektedir (Cole vd. 1994). Türkiye sahip olduğu önemli özellikler sebebiyle başta memeliler olmak üzere birçok canlı türünü barındırmaktadır.

Türkiye ormanlık alanlar ve yaban hayatı habitatları gibi doğal alanların önemli bir kısmını koruyabilen ender ülkeler arasında yer almaktadır. Yaban hayvanı türleri birçok ülkede özel ve doğal olmayan teknikleri korumaya çalışılmakta ve nesillerinin devam etmesi sağlanmaktadır. Türkiye ise nispeten birçok hayvan türü doğal alanların korunarak nesilleri devam ettirilmektedir (Anonim, 2006). Üç kıtanın arasında bulunan Türkiye farklı iklim ve coğrafi koşullarında etkisiyle ekosistem çeşitliliği bakımında zengindir (Demirsoy vd. 1996; Hızal, 2007). Bu zenginliğin korunması içinde türlerin yaşam alanlarının korunması ve türlerin birleriyle etkileşiminin bilinmesi gerekmektedir.

Türkiye'de bugüne kadar yapılan çalışmalarda yaklaşık 104 ile 170 arasında değişen memeli türü tespit edilmiştir (Çanakçıoğlu ve Mol, 1996; Bora, 2001; Kryštufek and Vohralik, 2009; Keskin, et al. 2017). Bu memeli türlerden birinde omnivor beslenen ve yaygın bulunan yaban domuzu (*Sus scrofa*)'dur.

Yaban domuzunu habitatı çalılık, sazlık, bataklık ve ormanlık alanlar olarak bilinmektedir. Yaban domuzu gece ortalama 5-20 km arasında dolaşarak, akşam karanlığı ile sabah şafak vaktine kadar beslenme faaliyetine gerçekleştirir. Omnivor beslenme tarzına sahip olan ve diyetinde çok geniş ölçekte bitkisel ve hayvansal gıdalar yer almaktadır. Bitkisel besinlerin başında patates, mısır, meşe, kayın, fındık, kestane meyveleri, ağaç

kökleri, çeşitli yumru bitkiler, hayvansal besinleri başında ise; solucan, böcek, kurbağa, balık, yılan, yerde yuva yapan kuşların yumurta ve yavruları gelmektedir (Turan, 1984; Çanakçıoğlu ve Mol, 1996). Yaban domuzu diyetinin %99 bitkisel, %1 hayvansal kaynaklı olduğunu tespit etmiştir. Bitkisel kaynaklı materyalin, %39'unun bitki kökleri ve soğanlı bitkiler, %21'inin etli/sulu meyveler, %17'sinin otsu materyal, %6'sinin humus, %7'sinin yabancı meyveler ve %8'inin araştırmasında yaban domuzlarını gözlemek amacıyla kullandığı tuzak mısırlar gibi bitki materyalden oluştuğunu belirlemiştir. Mide analizinin %1'inde ise mantara rastlanmıştır (Baubet, 2004). Görüldüğü üzere yaban domuzu geniş bir besin diyetine dolayısıyla da çok farklı habitatlarda yaşama potansiyeline sahip bir türdür.

Yaban domuzu (*Sus scrofa*)'nun habitatlarının sulak alan, ziraat, orman içi açıklık, geniş yapraklı ve karışık ibrelili ormanlar gibi 5 temel habitat grubunda toplamak mümkündür (Thurjfell vd. 2009). Yaban domuzun diğer memeli türlerle orman, orman içi açıklık ve ziraat alanlarında beraber yaşamaktadır (Ünal, 2011). Yaban domuz yaşama alanlarında Porsuk (*Meles meles*), Yaban tavşanı (*Lepus europeus*), Kurt (*Canis lupus*), Tilki (*Vulpes vulpes*), Kaya sansarı (*Martes foina*), Geyik (*Cervus elaphus*), Karaca (*Capreolus capreolus*), Yaban keçisi (*Capra aegagrus*) (Hızal, 2007; Ünal, 2011; Süel, 2014). Bu yaban hayvanları dışında birçok tür ile etkileşim halinde yaşamını sürdürmektedir.

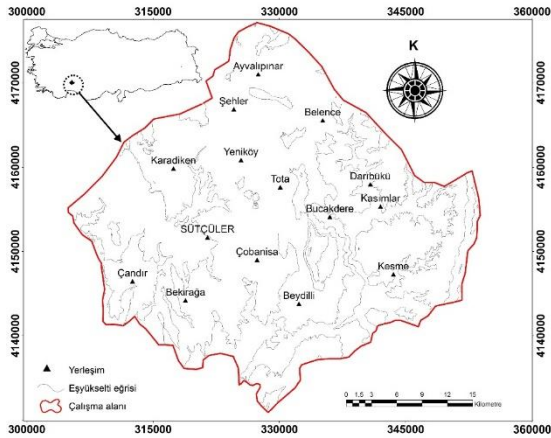
Bu çalışmanın Yaban domuz (*Sus scrofa*)'nun diğer memeli türlerle olan etkileşiminin istatistiksel yöntemlerle belirlenmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Hedef türün yaban domuzu seçilmesinin sebebiyle ise geniş yayılış alanına sahip olması ve çok farklı habitatlarda bulunmasıdır. Özellikle son yıllarda yaban domuzunun tarım alanlarına verdiği zararlar gazetelere ve haber kanallarına sık sık konu olmaktadır. Bu durumda yaban domuzunu planlaması gerektirmekte ve tür için yapılabilecek faaliyetlerin belirlenmesi önem arz etmektedir. Çalışmada İndikatör Testi, İnterspesifik Korelasyon Analizi ve Eğilimsiz Uyum Analizi (DECORANA) kullanılarak Yaban domuzu'nun diğer türlerle olan ilişkileri incelenmiştir. Burada aslında temel amaç bir arada yaşadığı bilinen ya da birbirlerinde etkilendikleri düşünülen hayvanlar arasındaki ilişki düzeyinin belirlenerek istatistiksel

olarak ifadelendirilmesidir. Araştırma gerek yöntemler gerekse sonuçları bakımında daha sonraki yapılacak çalışmalara katkı yapabilecek niteliktedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışma, 30° 47" 49' - 31° 20" 42' doğu boylamları ile 37° 18" 10' - 37° 43" 48' kuzey enlemleri arasında kalan Isparta İli Sütçüler ilçesinde 1288 km²'lik alanda yapılmıştır. Yükselti farkının oldukça farklılık gösterdiği alanda rakım 200 - 2545 m arasında değişmektedir (Şentürk, 2012). Çalışma alanı Kuzeyinde Eğirdir ilçesi, Eğirdir Gölü, Kovada Gölü ve Kocadağ; kuzeydoğusunda Aksu ilçesi, Yenişarbademli ilçesi, Beyşehir Gölü, Kuyucak Dağı, Tota Yaylası ve Dedegöl Dağı; doğusunda Beyşehir ve Seydişehir ilçeleri, Beyşehir gölü ve Sarp Dağı; güneyinde Serik ve Manavgat ilçeleri, Akdağ ve Sanlı Yaylası; güneybatısında Bucak ilçesi ve Karacaören I Baraj Gölü; batı ve kuzeybatısında Karadağ ve Burdur Gölü ile çevrilidir. Çalışma alanı genel olarak sarp ve dağlık bir bölgedir. Orta ve batı Torosların geçiş güzergâhında kalmaktadır (Şekil 1).



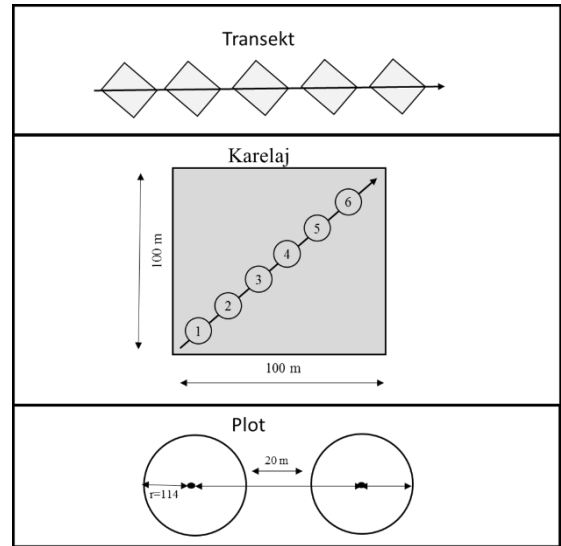
Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Çalışma alanı bitki çeşitliliği bakımında oldukça zengindir. Yapılan bir araştırma sonucundan 63 familya 225 cinse ait 478 bitki türü belirlenmiştir. Bu türlerden 118 endemik türün Fabaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae, Brassicaceae, Boraginaceae, Rosaceae, Apiaceae, Scrophulariaceae ve Ranunculaceae familyalarına mensup olduğu söylenmektedir (Özçelik ve Korkmaz, 2002). Çalışma alanının orman durumuna

bakılacak olursa yaklaşık 92549 ha'ı ormanlık, 36858 ha'ı ise açık alanlar şeklindedir. Yörede asli orman ağaçları Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.), Ardıç (*Juniperus* sp.) meşe (*Quercus* sp.), Gökmar (*Abies cilicica*)'dır (OGM, 2013). İklim özelliklerine bakıldığında ise yıllık ortalama sıcaklık 14,1 °C, yıllık ortalama toplam yağış miktarı 950,1 mm olarak belirlenmiştir (DMİ, 2011).

2.2. Arazi Envanteri

Araştırmada yaban hayvanlarının belirlenmesinde Dolaylı Envanter Teknikleri kullanılarak iz ve belirti okuma yapılmıştır. Arazi çalışmalarını yaklaşık 1 km hatlar üzerinde ilerlenerek, her hat üzerinde 100x100 m büyüklüğünde kareler ve içerisinde yarıçapı 114 cm olan plotlar alınmıştır (Şekil 2). Çalışma alanının örneklemeinde Baddley'in var yok tekniği uygulanmıştır. Bu teknik önemli gerekli minimum plot sayısı ise %80 güven derecesi ve %20 hata payı dikkate alınarak Baddeley (1985)'in bulduğu ve Oğurlu'nun (1992; 2003) uyarladığı formüle göre 6125 adet olarak tespit edilmiştir. Arazi çalışmaları 218 transekt üzerinde bulunan 1090 kareler ve 6540 plot alınarak tamamlanmıştır.



Şekil 2. Çalışma sahası arazi verisi elde etme şeması

2.3. Yöntem

Çalışma alanında plotlarda tespit edilen memeli yaban hayvanlarında istatistiksel anlamda değerlendirmeye katılabilecek 7 tür olduğu belirlenmiştir. Bu tespitten sonra veriler kullanılacak yöntemlere göre 7 yaban hayvan türü için hazırlanmıştır. Türler için karelej içersinde elde edilen veriler var verisi olarak kabul edilmiştir. Dolısıyla 1090 karelej içersinde 7 türden en az birinin rastlandığı 774 karelej olduğu geri kalan karelajlar bu türlerden herhangi birinin olmadığı görülmüştür. Çalışmada bu karelajlardaki veriler Microsoft Office 365 Excel yazılımına aktarılmış ve depolanmıştır. Memeli yaban hayvanı türlerinin birbirleriyle olan etkileşimleri için İndikatör Testi, İnterspesifik Korelasyon Analizi ve Eğilimsiz Uyum Analizi kullanılmıştır. PC-ORD paket programıyla İndikatör testi (Dufrene and Legendre, 1997) ve Eğilimsiz uyum analizi (Oksanen and Minchin 1997) uygulanmıştır. İnterspesifik Korelasyon Analizi ise IBM SPSS Statistic 23 paket programında Ki kare Testi yapılmış ve istatistiksel açıdan önemli olan

sonuçlar C3 katsayısının formülünde değerlendirilerek ilişki yönü (pozitif-negatif) belirlenmiştir (Cole, 1994; Özkan, 2002).

3. Bulgular

Çalışma alanında yaban keçisi (*Capra agegrus* Exlerben), yaban tavşanı (*Lepus capensis* L.), yaban domuzu (*Sus scrofa* L.), porsuk (*Meles meles* L.), kaya sansarı (*Martes foina* L.) kurt (*Canis lupus* L.), Tilki (*Vulpes vulpes* L.), Anadolu sincabı (*Sciurus anomalus* Gmelin), gelincik (*Mustela nivalis* Linnaeus), kirpi (*Erinaceus concolor* Martin), karakulak (*Felis caracal* Martin), evcil kedi (*Felis catus* L.) ve köpek (*Canis lupus familiaris*) gibi memeli yaban hayvanların varlığı araştırılmıştır. Bu yaban hayvanlarından gerekli minimum plot yoğunluğu sağlayan 7 türün olduğu belirlenmiş ve bu türler değerlendirilmiştir. Bu türlerin 774 alana göre frekans değerleri belirlenmiştir. Alan en yüksek frekansa yaban domuzunun sahip olduğu en az frekansın ise Kurt'a ait olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma alanının tespit edilen bazı türlerin frekans değerleri

Türler	Yaban keçisi	Yaban domuzu	Kurt	Tilki	Porsuk	Kaya sansarı	Yaban tavşanı
Frekans	66	453	52	241	152	103	353

Yapılan indikatör testi sonucunda Yaban domuzu gösterge tür analizinden Yaban keçisi (P:0104), Kurt (P:0,0488) ve Tilki (P:0,006) gösterge tür olarak tespit edilmiştir. Yine analiz sonucunda elde edilen maksimum grup değerine göre yaban domuzunun önemli gösterge çıkan türler aynı grupta olmadığı anlaşılmaktadır (Çizelge 2). Analiz sonucunda yaban domuzu ile Yaban keçisi, Kurt ve Tilki'nin aynı alanları kullanmayı tercih etmediği anlaşılmaktadır.

Çizelge 2. Yaban Domuzu İle Memeli Yaban Hayvanı Türlerinin İndikatör Testi Sonuçları

Sıra	Türler	Maksimum Grup	Değer	Ortalama	Standart Sapma	P (Önem seviyesi)
1	Yaban keçisi	0	7,9	5,3	0,75	0,0104
2	Kurt	0	5,7	4,3	0,67	0,0488
3	Tilki	0	21,5	17,6	1,17	0,0060
4	Porsuk	1	12,0	11,5	1,02	0,2769
5	Kaya sansarı	0	7,0	8,0	0,90	0,9134
6	Yaban tavşanı	0	23,6	25,2	1,23	1,000

Yaban domuzunun için yapılan İnterspesifik Korelasyon Analizi'nin ilk aşaması olan Ki kare sonuçlarına göre Yaban keçisi (P:0,08) ve Tilki (P:0,01) önemli gösterge tür olarak belirlenmiştir. İkinci aşamada elde edilen sonuçların C3 katsına

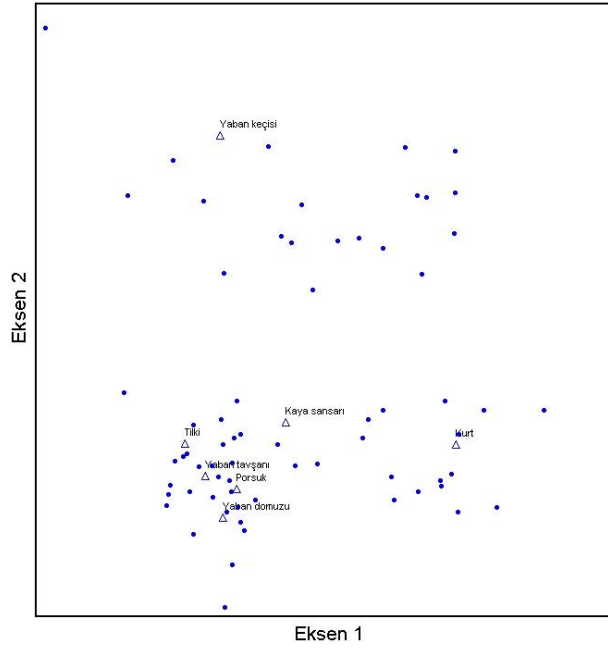
bakıldığında sonucun eksi olarak görüldüğü yani Yaban keçisi ve Tilkinin Yaban domuzu için negatif gösterge tür olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3: Yaban Domuzu İçin Yapılan İnterspesifik Korelasyon Analizi Sonucu

Türler	A	B	C	D	Ki Kare	Önem Seviyesi	C3
Yaban keçisi	258	36	423	30	6,697	0,08	-0,102
Tilki	183	111	323	130	6,693	0,01	-0,168

Yaban domuzu ile diğer türlerin etkileşimi için görmek için son olarak Eğilimsiz Uyum Analizi (DECORANA) uygulanmıştır. Analiz sonucunda her iki eksene göre Yaban domuz'uyla Porsuk, Yaban tavşanı, Tilki'nin ve nispeten de kaya

sansarın benzer alanları paylaştığı görülmektedir. Eksen 1 göre Yaban domuzu ve Kurt'un, Eksen 2'ye göre Yaban domuzu ve Yaban keçisi'nin birbirinden uzak alanları tercih ettiği görülmektedir (Şekil 3).

**Şekil 3:** Eğilimsiz Uyum Analizi Sonucunda Türlerin Dağılımı

4. Tartışma ve Sonuçlar

Yaban hayvanlarının sistematığı, biyolojisi, ekolojisi, genetiği vb. birçok konuda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar biyolojik çeşitliliğin korunması, türlerin neslini devam ettirmesi, tür eylem planların, bazı alanların yönetim planları gibi konulara büyük hizmetler etmektedir. Bu çalışma da yaban hayvanların birleriyle olan ilişkileri sadece var –yok verilerine bakılarak bazı istatistiksel yöntemlerle ortaya konmuştur. Kullanılan İndikatör testi, İnterspesifik Korelasyon Analizi ve Eğilimsiz Uyum Analizi yöntemlerinin sonucunda yaban domuzu için geçerli sonuçlar elde edilmiştir. Gerek sonuçlar

gerekse kullanılan yöntemler bakımında yol gösterici bir çalışma olmuştur.

İndikatör testine göre Yaban keçisi (P:0104), Kurt (P:0,0488) ve Tilki (P:0,006)'nin Yaban domuzunun gösterge türleri olduğu ancak bu türlerin bir aramda yaşamaktan kaçındığı anlaşılmaktadır. İnterspesifik korelasyon analizine göre Yaban keçisi (P:0,08) ve Tilki (P:0,01) Yaban domuzunun negatif gösterge türüdür. Yani yaban domuzu Yaban keçisi ve Tilki ile benzer habitatlarda yaşamaktan uzak durmaktadır. Eğilimsiz uyum analizi sonucundan yaban domuzunun Yaban keçisi ve Kurt yaşam alanlarının birbirinden uzak olduğu belirlenmiştir. Porsuk, Kaya sansarı ve Yaban tavşanın benzer

alanları paylaştığı ve aralarında istatistiksel bakımdan önemli bir sonucun olmadığı görülmüştür.

Yaban domuzunun en çok kullandığı habitatların düz, açıklık, çalılık, çayırılık, sulak ve bataklık şeklinde alanlar olarak tarif edilmektedir (Park ve Lee, 2003; Santos vd., 2004; Cengiz, 2013; Aksan vd., 2014). Yaban domuzu farklı habitatlarda yaşayan ve son yıllarda ziraat alanlarında zararlarıyla çok konuşulan bir türdür. Genel olarak birçok alanda frekansı yüksek bir tür olarak karşımıza çıkmaktadır. Yaban domuzunun yüksek frekansa sahip olması bazı türlerle olan ilişkilerin belirlenmesi zorlaştırmaktadır.

Yaban keçisi ve Yaban domuzunun her üç analize görede aynı alanlarda yaşamadıkları farklı alanları tercih ettiği görülmüştür. Yaban keçisinin sarp ve kayalık alanları tercih ettiği bilinmektedir (Gündoğdu (2006), Ünal (2011)). Yaban domuzu bu habitatları tercih etmediği için iki tür birbiri için negatif gösterge olmuştur. İki türün birlikte yaşadığı alanlara çalışma sahasında rastlanmıştır. Ancak genel olarak ortak yaşama alanları birbirinde oldukça farklıdır.

Yaban domuzu ve Tilki habitat özellikleri bakımında çok farklılık olmaması rağmen aynı alanlarda bulunmaktan uzak durdukları yani negatif gösterge tür oldukları belirlenmiştir. Yaban domuzu ve Tilki arasında ilişkiyi destekleyecek bir literatüre rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu bulunan sonuç başka araştırmalarla denenmeli ve iki tür arasında çıkan ilişki ortaya konmaya çalışılmalıdır.

Yaban domuzunun indikatör testine göre diğer negatif gösterge türü Kurt olarak belirlenmiş ve eğilimsiz uyum analizi de bu sonucu desteklemiştir. Kurt'un diyeti arasında yaban domuzunun var olduğu bilinmekte (Aksan, vd., 2013) ve arazi çalışmalarının toplanan kurt dışkılarında yaban domuzu kıllarına rastlanmıştır. İki tür arasındaki av-avcı ilişkisinden dolayı Yaban domuzu Kurt'un bulunduğu alanları kullanmaktan kaçınmaktadır.

Yaban domuzu ile Porsuk, Kaya sansarı ve Yaban tavşanı arasında İndikatör Testi ve İnterspesifik Korelasyon Analizine göre önemli bir ilişki bulunmamıştır. Bu durum bu türlerin sıklıkla aynı alanlarda bulunmasından kaynaklı olduğu arazi çalışmalarına dayanılarak söylenebilmektedir. Eğilimsiz uyum analizi grafiğinde de (Şekil 2) Yaban domuzu ile Porsuk ve Yaban tavşanı kümelenmiş şekilde durmaktadır. Dolayısıyla aynı

alanlarda yaşamaktadır. Bu türlerin frekanslarına bakılacak olursa Yaban domuzu ile Yaban tavşanı en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. İkisi de omnivor olan Yaban domuzu ve Porsuk'un buldukları alanlar hemen hemen aynıdır.

Bu çalışma sonucunda memeli türler arasında etkileşimin İndikatör Testi, İnterspesifik Korelasyon Analizi ve Eğilimsiz Uyum Analizi ile ortaya konmasının mümkün olduğu anlaşılmıştır. Yaban hayvanları arasında etkileşim belirlenmesi türlerin korunması, tür eylem planların yapılması, doğal alanların yönetim planlarının hazırlanması konular açısından son derece önemlidir. Yaban domuzda özellikle verdiği zararlarla sıklıkla haberlere konu olan ve dolayısıyla her türlü planlama çalışmasında dikkat edilmesi gereken bir türdür.

Teşekkür:

Bu yayında "Isparta-Sütçüler Yöresinde Av Türlerinin Habitat Uygunluk Modellemesi" isimli doktora tez verileri kullanılmıştır. Tez I. Danışmanım Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN ve II. Danışmanım Prof. Dr. İdris OĞURLU'ya teşekkür ederim. Bu çalışmayı Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı (Proje No: 2807-D-11) maddi olarak desteklemiştir.

Kaynaklar

- Aksan, Ş., Oğurlu, İ., Özdemir, İ. (2013). Using of track and sings in wildlife inventory: a case study from Gölcük-(Isparta) National Park. Biological Diversity and Conservation, Volume:6, Number: 2, S:188-206.
- Aksan, Ş., Özdemir, İ., Oğurlu, İ. (2014). Modeling the distributions of some wild mammalian species in Gölcük Natural Park/Turkey (Türkiye/Gölcük Tabiat Parkı'nda bazı yabancı memeli türlerinin dağılımlarının modellenmesi) Biological Diversity and Conservation, Volume:7, Number: 1, S:1-15.
- Anonim, (2006). 1. Çevre ve Ormanlık Şurası Çalışma Belgesi, 22-24 Mart 2005, Antalya.
- Baddeley, C. (1985). Assessments of Wild Animal Abundance. Protection Forestry Division, Forest Research Institute, 46p., New Zealand.

- Baubet, E., Bonenfant, C., Brandt, S. (2004). Diet of the wild boar in the French Alps. *Galemys*, 16(especial), 101-113.
- Bora, M.E. (2001). Sürdürülebilir avcılık için temel eğitim kitabı. T.C. Orman Bakanlığı Milli Parklar ve Av Yaban Hayatı Genel Müdürlüğü. Eğitim Yayınları, No: 1. 640, Ankara.
- Cengiz, G., (2013). Isparta-Gölcük Tabiat Parkı'nda Domuz (*Sus scrofa* L.) ve Tavşan (*Lepus capensis* L.) Üzerine Ekolojik Gözlemler ve Tür Bolluk Derecelerinin Tespiti. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 137s, Isparta.
- Cole, F. R., Reeder, D. M., Wilson, D. E. (1994). A Synopsis of Distribution Patterns and Conservation of Mammal Species, *Journal of Mammalogy*, 75:266-276, <http://www.jstor.org/pss/1382545>. Erişim Tarihi: 28.02.2011.
- Çanakçıoğlu, H., Mol, T. (1996). Av Hayvanları Bilgisi, İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3648, 550 s İstanbul.
- Demirsoy, A. (1992). Yaşamın temel kuralları, Omurgalılar/Amniyota (sürüngenler, kuşlar, memeliler). Cilt-III/ Kısım-II. Birinci Baskı, Yay. No: 92-06-4.0057. 942 s., Ankara.
- Demirsoy, A., Yiğit, N., Çolak, E., Kefelioglu, H., Çoskun, Y., Albayrak, İ. (1996). Türkiye Omurgalıları- Memeliler, Meteksan A.S. Ankara, 975-7746-24-X., Trabzon.
- DMİ, (2011). T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv Sistemi (TMVAS). 1974-2011 Yılları Arasında Isparta (Sütçüler) Yöresine Ait Çok Yıllık İklim Verileri, (Sayısal veri), Ankara.
- Dufrene, M., Legendre P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67:345-366.
- Gündoğdu, E. (2006). Isparta Yöresinde Yaban Keçisi *Capra aegagrus* Erxleben 1777'nin Populasyon Ekolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 124s, Isparta.
- Hızal, E. (2007). Kapıdağ Yarımadası Yaban Hayatı Koruma Alanı Memeli (Mammalia) Faunası (Doktora Tezi), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Keskin, A., Selçuk, A. Y., Kefelioğlu, H. (2017). Ticks (Acari: Ixodidae) infesting some small mammals from Northern Turkey with new tick-host associations and locality records. *Experimental and Applied Acarology*, 73(3-4), 521-526.
- Kryštufek, B., Vohralik, V. (2009). Mammals of Turkey and Cyprus: Rodentia II: Cricetinae, Muridae, Spalacidae, Calomyscidae, Capromyidae, Hystricidae, Castoridae *Knjižnica Annales Majora, Koper, Slovenia*, 978-961-6732-11-6.
- OGM., 2013. Orman Genel Müdürlüğü, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü Amenajman Planları. Isparta.
- Oğurlu, İ. (1992). Çatacık Koruma-Üretim Sahasında Geyik (*Cervus elaphus* L.) Popülasyon Ekolojisi Üzerine Araştırmalar, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 251, Trabzon.
- Oğurlu, İ. (2003). Yaban Hayatında Envanter. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Av ve Yaban Hayatı Dairesi Başkanlığı Matbaası, 208s, Ankara.
- Oksanen, J., Minchin P. R. (1997). Instability of ordination results under changes in input data order: explanations and remedies. *Journal of Vegetation Science* 8:447-454.
- Özçelik, H., Korkmaz, M. (2002). Contributions To The Flora of Sütçüler-Isparta (Turkey). *Bio-Science Research Bulletin*, 21(1), 1-18.
- Özkan, K. (2002). Türler arası birlikteliğin interspesifik korelasyon analizi ile ölçümü. S.D.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 2: 71-78, Isparta.
- Park, C.R., Lee, W.S. (2003). Development of A Gis-Based Habitat Suitability Model for Wild Boar *Sus scrofa* in The Mt. Baekwoonsan Region, Korea. *Mammal Study*, 28(1), 17-21.
- Russell, G. J., Brooks, T. M., McKinney, M. M., Anderson, C. G. (1998). Present and future taxonomic selectivity in bird and mammal

extinctions. *Conservation Biology*, 12(6), 1365-1376.

Santos, P., Almeida, L.M., Fonseca, F.P. (2004). Habitat Selection by Wild Boar *Sus scrofa* L. in Alentejo, Portugal. *Galemys*, 16, 167–184.

Süel, H. (2014). Isparta-Sütçüler yöresinde av türlerinin habitat uygunluk modellemesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.

Şentürk, Ö. (2012). Sütçüler Yöresinde Asli Orman Ağacı Türlerinin Potansiyel Yayılış Alanlarının Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 180s, Isparta.

Thurfjell, H., Ball, J. P., Ahlen, P., Komacher P., Holger, D. (2009). Habitat Use and Spatial Patterns Of Wild Boar (*Sus scrofa* L.): Agricultural Fields and Edges, *Eur. J. Wild Res*, 55: 517–523.

Turan, N. (1984). Türkiye'nin av ve yaban hayvanları (memeliler). Ogun Matbaacılık Sanayi, Ankara.

URL, (2011). <http://users.tamuk.edu/kfjab02/Biology/Mammalogy/Mammalclassification.htm>, Erişim Tarihi: 27.02.2011.

Ünal, Y. (2011). Isparta – Yazılıkaya'da Av-Yaban Hayatı Envanteri, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta

Wilson, D. E., Reeder, D. M. (2005). *Mammal species of the world. a taxonomic and geographic reference* (3rd ed). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, II, 745-2142.

Received: 13.07.2019

Accepted: 12.09.2019

DOI: 10.30516/bilgesci.591624

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3(2), 231-245, 2019

Et ve İşlenmiş Et Tüketiminin Halk Sağlığına Etkileri

Fulya Taşçı^{1*}

Özet: Et, dünya çapında sağlık, ekonomik ve kültürel etkileri güçlü olan insan diyetinin önemli bir parçasıdır. Et ve et ürünleri, protein, yağ ve çeşitli fonksiyonel bileşikler içeren önemli bir kaynaktır. Ancak, fazla et ve işlenmiş et tüketiminin obezite, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve kanserler gibi halk sağlığı problemlerinin sebebidir. Bu derlemede, et ve işlenmiş et tüketimiyle ilgili riskler ile ilgili olan mevcut literatürler incelenerek, et ve işlenmiş et ve et ürünlerinin tüketiminin sağlık üzerine etkilerinin nedenleri ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Et, İşlenmiş et, Halk sağlığı

Effects of Consumption of Meat and Processed Meat on Public Health

Abstract: Meat is an important part of human diet with strong implications in health, economic, and culture worldwide. Meat and meat products constitute important source of protein, fat, and several functional compounds. However, over consumption of meat and processed meat is the cause of public health problems such as obesity, type 2 diabetes, cardiovascular diseases and cancers. This review will examine current literature on the risks associated with red meat and processed meat consumption. The causes and consequences of effects on health of the consumption of meat and processed meat have been evaluated.

Keywords: Meat, Processed meat, Public health

1. Giriş

Kırmızı et (sığır eti, dana eti, domuz eti, kuzu ve koyun eti), esansiyel aminoasitler, yağ asitleri, vitaminler (B3, B12 ve D vitaminleri) ve mineraller (selenyum, demir ve çinko) gibi önemli besin ve enerji kaynağıdır (Williams, 2007; Wyness vd., 2011; Pereira ve Vicente, 2013; Boada vd., 2016; Wolk, 2017; Jiang ve Xiong, 2016; Godfray vd., 2018). Aynı zamanda, taze et bileşimi nedeniyle kolay bozulabilir bir üründür. Depolama sıcaklığı, ambalajlama koşulları, endojen enzimler, nem, ışık ve mikroorganizmalar gibi faktörler raf ömrünü ve tazeliğini etkilemektedir. Bu anlamda, et işleme ve koruma teknolojileri, artan nüfusa yeterli miktarda kaliteli

ve uygun fiyatta et ürünleri tedarik etmek için gıda güvenliğinde önemli rol oynar (Pighin vd., 2016). Et genellikle "kırmızı", "beyaz" ve "işlenmiş" et olarak sınıflandırmaktadır (Boada vd., 2016). Kırmızı et, kırmızı renkte olan ve herhangi bir işleme tabi tutulmamış memeli kasıdır. Dana eti, domuz eti, kuzu, at, keçi ve geyik eti "kırmızı et", kümes hayvanları ise "beyaz et" olarak ifade edilir (Boada vd., 2016). Etin rengini veren myogloblin miktarı sığır etinde (4-10 mg/g), beyaz etlerden (0.05 mg/g) çok daha yüksektir. "İşlenmiş et"; salam, sosis, sucuk, pastırma, jambon, hamburger, konserve et, söğüş et gibi ürünlerini içeren, raf ömrünü uzatmak, tat ve lezzetini geliştirmek için tuz, kütleme tuzu ve çeşitli katkı maddeleri ilave edilerek kütleme, dumanlama, marine etme,

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, 15030, İstiklal Yerleşkesi, Burdur, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): fulyatasci@mehmetakif.edu.tr

Citation (Atf): Taşçı, F., (2019). Et ve İşlenmiş Et Tüketiminin Halk Sağlığına Etkileri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3 (2): 231-245.

kurutma, dondurma ve ısıl işlem gibi çeşitli uygulamalara tabii tutulan ürünlerdir (Wyness vd., 2011; Boada vd., 2016; Wolk, 2017; Jeyakumar vd., 2017). Bu işleme teknikleriyle kırmızı ve beyaz etlerdeki kanserojen moleküllerinin sayısının arttığı bilinmektedir (Jeyakumar vd., 2017). Birçok çalışmada kırmızı ve/veya işlenmiş etin yüksek oranda tüketilmesinin obezite, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik hastalıklarla ve çeşitli kanserlerle ilişkili olduğu vurgulanmaktadır (Corpet, 2011; Chan vd., 2011; Larsson ve Orsini, 2014; Boada vd., 2016; Neff vd., 2018). Ekim 2015'te, on ülkeden 22 bilim insanının katılımıyla Fransa'nın Lyon şehrinde Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), kırmızı et ve işlenmiş et tüketiminin kanserojenliğini değerlendirmişler ve değerlendirmelerin sonucu IARC monograflarının 114. cildinde yayımlanmıştır. Bu çalışma grubu, işlenmiş et tüketimini kolorektal kanser için "insanlarda kanserojen" (Grup 1) olarak sınıflandırmıştır. Ayrıca, mide kanseri ile işlenmiş et tüketimi arasında pozitif bir ilişki bulunduğu belirtilmiştir. Kırmızı et "insanlarda muhtemelen kanserojen" (Grup 2A) olarak sınıflandırılmıştır. Kırmızı et tüketimi pankreas ve prostat kanseri ile de pozitif ilişkili olduğu bildirilmektedir. Uzmanlar günlük tüketilen her 50 g işlenmiş etin kolorektal kanser riskini % 18 oranında artırdığını saptamışlardır (IARC, 2015).

Bilim insanları ve bilimsel kuruluşlarca yapılan çalışmalarda bir yandan kırmızı etin sağlık üzerine olan faydaları belirtilirken, diğer yandan endişeler ve riskler dile getirilmektedir. Bu derlemede, kırmızı et ve işlenmiş et tüketimiyle ilgili riskler ile ilgili olan mevcut literatürler incelenerek, et ve et ürünleri tüketiminin sağlık üzerindeki etkilerinin nedenleri ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Et ve işlem görmüş et tüketiminin neden olduğu olumsuzlukların sebebi olarak yüksek yağ içeriği, yüksek sodyum miktarı, nitrozo bileşikler, heterosiklik aminler (HA), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), kırmızı etteki heme bağlı demir, safra asitleri, sialik asit olarak sıralanmaktadır (Chan vd., 2011; Pereira ve Vicente, 2013; Aykan, 2015). Kırmızı et üzerinde yapılan araştırmalara dayalı bazı hipotezlerde, işlenmiş et tüketiminin kanser riskiyle olan ilişkisi açıklanmaktadır. Deneysel olarak yapılan çalışmalar sonucunda; (i) yüksek yağlı veya yüksek proteinli diyetlerin insülin direnci veya dışkıda safra asitleri yoluyla karsinogenezi teşvik edebileceği; (ii) eti yüksek bir sıcaklıkta

pişirmenin kanserojen olan heterosiklik aminler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar oluşturması; (iii) kanserojen N-nitrozo bileşikler ette oluşması ve/veya amin ve amidlerin nitrozasyonu ile endojen olarak oluşması; (iv) kırmızı etteki heme demirin, lipoperoksidasyon ve/veya fekal suyun sitotoksitesisi yoluyla, mukozadaki hücre proliferasyonunu arttırdığı için, karsinogenezi teşvik edebileceği düşünülmektedir. Nitrozasyon, kürlleme işlemi uygulanan ürünlerdeki heme toksitesisini arttırabileceği bildirilmektedir (Santarelli vd., 2008). Yapılan epidemiyolojik araştırmalarda, işlenmiş et tüketenlerin risk oranı, tüketmeyenlere kıyasla % 20 ila % 50 arasındadır. Tüketilen her gram işlenmiş et, taze kırmızı etten daha fazla risklidir (Santarelli vd., 2008). Başka bir çalışmada ise, işlenmemiş kırmızı et (100 g/gün) ve işlenmiş et (50 g/gün) tüketiminin sırasıyla kolorektal kanser riskinde % 17 ve % 18 artış olduğu saptanmıştır. Kırmızı ve işlenmiş etin yüksek miktarda alınması, kolorektal, kolon ve rektal kanserler için belirgin risk oluşturmaktadır (Chan vd., 2011). İşlenmemiş kırmızı et tüketimi ile koroner kalp hastalığı arasında herhangi bir ilişki gözlenmezken, işlenmiş et tüketiminin her 50 g/gün'lük artışı için koroner kalp hastalığı riski % 42 oranında arttırdığı belirlenmiştir (Micha vd., 2012). Ancak, hem Avrupa'da hem de Kuzey Amerika'da ise işlenmemiş kırmızı etin alınması ile kardiyovasküler hastalık veya kanser dahil olmak üzere herhangi bir ölüm nedeni arasında hiçbir ilişki bulunmadığı bildirilmiştir (Binnie vd., 2014). Etemadi vd. (2017) tarafından balık ve kanatlı etinin tüketilmesiyle ilişkili olarak ölümlerde azalma; işlenmemiş ve işlenmiş kırmızı et tüketenlerde ise mortalitede artma olduğu belirlenmiştir. İşlenmiş etin özellikle koroner kalp hastalığı, felç ve diyabet riskini arttırdığı belirtilmektedir. Anderson vd. (2018) kırmızı et alımı ile göğüs kanseri arasında hiçbir ilişki bulunmadığını, menopoz sonrası 50 g/gün dozunda işlenmiş et tüketen kadınlarda göğüs kanseri riskinin yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Dünya Kanser Araştırma Fonu (WCRF, 2007) tarafından hazırlanan bir raporda, kanser riski açısından halk sağlığı için sığır eti, domuz eti ve kuzu gibi kırmızı etten haftada 500 g (pişmiş ağırlık) fazla olmamak üzere tüketilmesini ve jambon, pastırma, salam, soslu sandviç ve sosis gibi işlenmiş etlerden ise uzak durulmasını önerilmektedir. Tüm beslenme kılavuzlarında, işlenmiş etlerin diyetle doymuş yağ ve sodyum kaynağı olduğu ve bunun sağlıklı bir beslenme planı hazırlarken dikkate alınması konusunda anlaşmaya varılmıştır (Cashman ve Hayes, 2017). Uluslararası beslenme

kılavuzlarında tüketilmesi önerilen et miktarları, Tablo 1’de verilmiştir. Genel olarak beslenme kılavuzları incelendiğinde; işlem görmüş et tüketiminin sınırlandırılması, özellikle balık ve yağsız etin (% 5-10 oranında yağ içeren et) protein

kaynağı olarak kullanılması, doymuş yağ alımını en aza indirilmesi için kızartma yerine ızgara ve fırınlama gibi sağlıklı pişirme yöntemlerinin tercih edilmesi gerektiği bildirilmektedir.

Tablo 1. Uluslararası beslenme kılavuzları ve et tüketimi (Cashman ve Hayes, 2017).

Ülke (Referans doküman)	Tüketilen protein sayısı (Porsiyon/gün)	Servis edilen etin miktarı	Etle ilgili yorumlar
ABD (Amerikalılar için beslenme kuralları 2015-2020)	~155 g/gün Proteinli gıdalarından sağlıklı bir ABD tarzı yeme düzeninin bir parçası olarak (2000 cal düzeyinde).	Et sunumuna özel bir atf yok	Çeşitli proteinli gıdalar tüketilmelidir. İşlenmiş etler de dahil olmak üzere etlerin daha düşük tüketilmelidir. ~ 225 g deniz ürünleri/haftada tüketilmelidir.
Kanada(Kanada yemek rehberi ile iyi yemek)-2011	Kadınlar: 2 porsiyon/gün; Erkekler:3 porsiyon/ gün	75 g pişmiş sığır, domuz veya av hayvanlarının eti.	Et demir, çinko, magnezyum, B vitaminleri, protein ve yağ gibi önemli besin maddelerini sağlar.
İrlanda(Yaşam için sağlıklı gıda -sağlıklı beslenme yönergeleri ve gıda piramidi-2016	2 porsiyon/gün	50-75 g pişirilmiş yağsız sığır eti, kuzu, domuz eti, kıyma.	Yağsız kırmızı et iyi bir demir kaynağıdır.
İngiltere(Eatwell kılavuzu)-2016	Tavsiye edilen hiçbir protein grubunu içeren gıda bulunmamaktadır	Ortalama günlük tüketim 70 g/gün kırmızı ve işlenmiş et	Sosisler, pastırma ve jambon gibi işlenmiş tuzlu etler sınırlanmalı-her gün tüketilmemeli, Günde 90 g'dan fazla kırmızı veya işlenmiş et tüketiliyorsa, 70 g/gün'e kadar azaltılmalıdır.

2. Yağ

Yağ, esansiyel yağ asitleri ve yağda eriyen vitaminler gibi zengin besinleri içermesi yanı sıra gıdalara tat, lezzet ve enerji veren iyi bir kaynaktır. Ancak aşırı kilo alımını önlemek için orta derecede tüketilmelidir. Kalp-damar sağlığı için önemli olan toplam yağ miktarından ziyade yağın türü olduğu kabul edilmektedir (Wyness vd., 2011). İnsan sağlığı için toplam enerjinin % 15-30'u yağdan alınmalıdır (Pighin vd., 2016). Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve doymuş yağ asitleri (SFA) nispi miktarları, sağlıklı ve dengeli bir diyetle önemli bir rol oynadığından, yağ asidi alımının % 10'una kadar SFA ve PUFA'nın SFA'ya oranı (P:S oranı) 0.4'ün üstünde olması önerilmektedir (Pighin vd., 2016). Kesin oranlar et türüne bağlı olarak değişmekle birlikte, genel olarak, yağsız kırmızı et benzer oranlarda tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ve SFA içerir, sığır ve kuzu (geviş getiren hayvanların) etleri genellikle domuz (ruminant olmayan, geviş getirmeyen) etinden daha fazla SFA içerir. Diyetten doymamış yağ asitlerinin çoğunluğu (>% 90) sindirim sırasında rumende SFA'ya hidrojenlenir. Kırmızı ette mevcut ana SFA, palmitik asit (C16:0) (yaklaşık yarısı) ve stearik asit (C18:0) (yaklaşık üçte biri)'dir. Palmitik asit kan kolesterol düzeylerini

arttırdığı halde, stearik asit ise toplam ve LDL kolesterol üzerinde nötr bir etkiye sahiptir. Kırmızı et ayrıca az miktarda miristik asit (C14:0) ve laurik asit (C12:0) içerir ve kan kolesterolünü palmitik asitten daha güçlü şekilde arttırdığı düşünülmektedir. Bu yağ asitlerin her ikisi de düşük miktarlarda mevcuttur, örneğin yağsız ette 0.1/100 g miktarında miristik asit bulunmaktadır (Wyness vd., 2011). Doymuş yağ asitleri ve kolesterolün kırmızı ve işlenmiş ette mevcut olduğu ve insülin direncini arttırdığı bildirilmiştir. Ancak, çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, özellikle kırmızı ve işlenmiş etlerden elde edilen SFA'ların insülin direncine katkıda bulunup bulunmadığı açık değildir (Wolk, 2017). Kırmızı et ayrıca nispeten az miktarlarda PUFA içerir; bununla birlikte, toplam yağ alımının % 23'üne katkıda bulunurken, n-6 PUFA'nın % 18'ini ve n-3 PUFA'nın % 17'sini sağlamaktadır. Kırmızı etteki ana PUFA, linoleik (n-6) ve α -linoleik asit (n-3) olan esansiyel yağ asitleridir (Wyness vd., 2011). PUFA arasında, n-6:n-3 oranı ise 4'ün altında olmalıdır (Pighin vd., 2016). Tüketildiğinde vücut; α -linoleik asidi, uzun zincirli n-3 yağ asitlerinin deriveleri olan eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA)'e çevirebilir. Ancak, sentez oranı genel olarak azdır; α -linoleik asidin DHA'ya dönüşüm oranı insanda % 5'in

altındadır (Wyness vd., 2011). Kalp koruyucu etkileri olan EPA ve DHA içeriği ette düşük, ancak balıkta yüksektir. Et yağ asitleri profili yağlı ve yağsız oluşana göre bağlı olarak da değişecektir. Örneğin, yağsız etlerde PUFA'lar nispeten daha yüksek ve doymuş yağ asitleri daha düşüktür (Ekmekcioglu vd., 2018). Birçok çalışmada merada beslenen sığır etlerinin, kapalı ağırlarda bakılan sığır etlerinden daha yağsız ve kolesterol konsantrasyonunun düşük olduğu belirtilmektedir. Merada beslenen hayvanların yalnızca sığır etinde n-3 PUFA'yı arttırmakla kalmayıp aynı zamanda vitamin E, α -tokoferol, karotenoidleri ve flavonoidleri artırdığı ve lipit stabilitesini ve renk raf ömrünü uzattığı gösterilmiştir (Pighin vd., 2016).

3. Tuz

Sodyum, etin lezzetini, fiziksel ve duysal özelliklerini geliştirmek için et ürünlerine ilave edilir ve ürünün korunmasını sağlar (Wyness vd., 2011). İşlenmiş et ürünlerinde sodyum klorür (NaCl), tekstür, renk, tat, lezzet, bağlanma, su tutma kapasitesi, pH, koruma ve çeşitli özel fiziksel işleme etkilerine katkıda bulunur. Et ve et ürünleri, sodyum günlük alımı yaklaşık % 21 oranı ile diyetle alınan sodyum alımının ikinci en büyük katkı maddesidir. Et ürünlerindeki sodyum içeriği, taze et, kürlenmiş ve işlenmiş et arasında büyük bir farklılık gösterir (Wyness vd., 2011). İşlenmiş gıdalar ile işlenmemiş gıdaların (doğal) sodyum içeriğinin karşılaştırılması yapıldığında; işlem görmüş et ve et ürünlerinin daha fazla tuz içerdiği belirlenmiştir (Tablo 2). İşlenmemiş ette <0.1 g/100 g düzeyindedir. Yüksek oranda tuz tüketimi, kan basıncında bir artışa neden olması, dolayısıyla kardiyovasküler hastalık (inme, kalp krizi ve kalp yetmezliği) ve böbrek hastalığı riskini arttırmasıdır (He ve MacGregor, 2009; Larsson ve Orsini, 2014). Günlük tuz tüketimi miktarının birçok ülkede önerilen sınırların üzerinde olduğu bilinmektedir (WHO, 2013). Türkiye'de kardiyovasküler hastalıklar riski yüksektir ve hipertansiyon yaygındır. Yapılan bir çalışmada, Türkiye'de günlük tuz alımının çok yüksek (18.01 g/gün) olduğu saptanmıştır (Erdem vd., 2010). Tuz tüketiminin azaltma hedeflerine bakıldığında; diyetle tüketilen tuz hedefi <5g/gün (bir çay kaşığı altında) olması önerilmektedir. Ayrıca, fetusta ve küçük çocuklarda sağlıklı bir beyin gelişimi ve insanların zihinsel işlevlerini optimize etmek için iyotlu tuz kullanılmalıdır. Sodyum tüketimi günde 2 g maksimum önerilen değere düşürülürse, günde 5 gram tuza karşılık geldiğinde, her yıl 2.5 milyon

ölüm önlenilebileceği bildirilmektedir (WHO, 2013). Bu nedenle, Gıda Standartları Kurumu (FSA), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) ve diğer düzenleyici otoriteler, gıda endüstrisine işlenmiş gıdalardaki tuz düzeylerini azaltarak aşırı alımını önlemeye ve günlük ortalama tüketimini <5-6 g NaCl veya <2-2.4 g Na olarak önermektedirler (Marchi vd., 2017). Gıdalar, doğal hallerinde düşük seviyelerde tuz içermekle birlikte, yaklaşık olarak üretim sırasında, pişirme ve sofrada gıda maddelerine % 60-90 oranında ilave edilmektedir. Ülkelerde ulusal tuz azaltma programının uygulanması, halk sağlığını iyileştirmenin en basit ve en uygun maliyetli yollarından biri olabilir. Tüketicilerin tuz tüketimini azaltmaları, tüketiciye sunulan yiyeceklerin tuz içeriğinin azaltılması, tüketici eğitim programlarının geliştirilmesi ve etkili bir tuz etiketleme politikasının geliştirilmesi gereklidir (Lacey vd., 2016).

Tablo 2. İşlenmemiş ve işlenmiş etlerde sodyum içeriğinin karşılaştırılması (WHO, 2012).

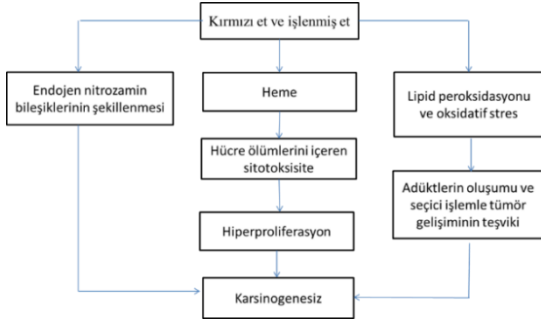
İşlenmemiş ve işlenmiş etlerde	Sodyum içeriği (mg/100g)
Sığır eti tranç, rosto, yağlı ve yağsız	48
Salamura et, konserve et	950
Bacon (domuz pastırması)	1.500
İşlem görmüş balık	400
Tuna balığı - çiğ	47
Tuna balığı - Yağda konserve, süzölmüş	290
Tuna balığı- Tuzlu su konserve, süzölmüş	320
Somon balığı - Ham, buğulama	110
Somon balığı - Konserve	570
Somon balığı - Tütsülenmiş	1.880

4. Heme Molekülüne Bağlı Demir ve Heme Sitotoksitesi

Heme, porfirin adı verilen geniş bir heterosiklik organik halkanın merkezinde demirli bir iyon (Fe^{2+}) içeren kofaktördür. Hemoglobin ve myoglobin'in prostetik grubudur (Santarelli vd., 2008; Jeyakumar vd., 2017). Kırmızı et, beyaz

etten on kat daha fazla heme molekülüne sahiptir. Yapılan epidemiyolojik ve deneysel çalışmalar sonucunda, heme tüketimi ile kolorektal kanser riski arasında bağlantı kurulmuştur (Jeyakumar vd., 2017). Diyetle alınan hemoglobin ve kırmızı etin, anormal kript odağı, varsayılan kanser lezyonları ve müsin tükenmiş odakları artırdığı saptanmıştır (Pierre vd., 2004). Gilsing vd. (2013) Hollanda'da diyetle alınan heme demir ile APC (adenomatöz polipozis coli), KRAS (Kirsten ras), P53 gen mutasyonlarının kolorektal kanser oluşturma riskini araştırmışlar, heme demir alımının özellikle KRAS ve APC'de G>A geçişlerini ve P53'ün aşırı ekspresyonunu içeren artmış kolorektal tümör riski ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bu bulgular, oksidatif DNA'ya zarar veren mekanizmalardan ziyade alkilasyonun, heme ile indüklenen kolorektal karsinogeneze rol oynadığını göstermektedir. Her iki mutajen kolorektal karsinogeneze rol oynadığı gösterilmesine rağmen, kolondaki beyaz ve kırmızı etin farklı karsinogenik etkileri açıklanamamıştır. Ayrıca, kırmızı et ile yapılan yeni bir diyet uygulamasında, dışkı genotoksitesindeki gözlenen artışın, heterosiklik aminlerin veya polisiklik aromatik hidrokarbonların artmış seviyeleri ile açıklanmasının muhtemel olmadığı, büyük olasılıkla hem heme demir aracılı süreçlere bağlı olduğu görülmüştür. Kolorektal kanser riski ve yüksek heme demir alımı arasındaki bağlantıya neden olabilecek üç olası mekanizma varsayılmaktadır. Bunlara lipid peroksidasyonu yoluyla karsinogenezin başlatılması, heme demirden kanserojen nitrozo bileşiklerin endojen formasyonu ve son olarak bağırsakta heme metabolize edilmesiyle oluşan sitotoksitesite yer alır (Şekil 1) (Jeyakumar vd., 2017). Heme bağlı demirin, kardiyovasküler hastalıklar, koroner kalp hastalığı ve kanser gibi pek çok sağlık sorunu ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Corpet, 2011; Etemadi vd., 2017). Larsson vd. (2005) tarafından İsviçre'de kolon kanseri vakasında yapılan çalışmada heme bağlı demir ile kolon kanseri arasında ilişki olduğu bildirilmiştir. Cross vd. (2010) ABD'de görülen kolorektal kanser vakalarının kırmızı ve işlenmiş et tüketimiyle ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir. Bastide vd. (2011) Fransa'da kolon kanseri vakalarında veriler diyetle bağlı heme ile kolon kanseri riski arasında belirgin bir ilişki olduğu göstermektedir. Diyet ile alınan heme demir, oksidatif stres biyomarkırlarını ve lipid peroksidasyonunu uyarmaktadır (Romeu vd., 2013; Guéraud vd., 2015). Corpet (2011) heme demir ile kolon kanseri oluşumunun teşvik

edilmesi arasında doz-yanıt ilişkisi olduğunu açıklamıştır. Diyet ile alınan Heme "heme oksijenaz 1" tarafından indirgenir ve ferro demir serbest bırakılır. Heme molekülüne bağlı demir, bazı bağımsız yollar ile kanseri teşvik edebilir. Bunlardan biri, kırmızı etten heme demirinin katalitik rolü veya nitrozo bileşiklerin endojen üretiminde işlenmiş etten elde edilen nitrosil heme'dir. İkinci olası mekanizma, yağ peroksidasyon yolağıdır. Bu yolağın bir ürünü, bir kanserojen olan malondialdehit (MDA)'tir. Diğer yandan, heme demir, genetik mutasyonları uyarak reaktif oksijen türlerinin (ROT) üretimini teşvik eder. Heme molekülüne bağlı demirin kolon sitotoksitesini (hücrelere toksik olma durumunu) artırdığı ve kolonda bulunan hücrelerin hasar görmesine neden olduğu düşünülmektedir. Bu, epitel hücresi tabakasını yenileyen kriptlerde bulunan kök hücrelerin hiperproliferasyonunu başlatır (Ijssennagger vd., 2012). Apoptoz inhibisyonu ile birleştiğinde, bu telafi edici eylem, bir malignite gelişme riskinin artmasıyla sonuçlanan hiperplaziye yol açabilir (Ijssennagger vd., 2013). Ijssennagger vd. (2013) tarafından yürütülen bir hayvan çalışmasında, hücreleri genellikle oksidatif strese ve lipid peroksidasyona karşı koruyan nükleer hormon reseptörü PPAR α 'nın heme bağlı hiperproliferasyona aracılık etmediği bulunmuştur. Farelere heme verildikten sonra lipid peroksidasyon ürünlerinin konsantrasyonunda bir artış gözlemlenmesine rağmen, sonuçta ortaya çıkan kanser teşvik eden kolon hiperproliferasyonu, sitotoksitesite indüklenen stres tarafından başlatılır, ancak ROT ile uyarılan stres değildir. Diyetle heme bağlı demir, epitelyal proliferasyona neden olan bir sitotoksik faktörü uyarır. Heme'nin absorpsiyonu sindirim sisteminde azdır, çünkü kırmızı et tüketiminden sonra büyük miktarlarda dışkılarda bulunur. Bu, diyet heme demirinin çoğunun gastrointestinal yol boyunca aktığını ve kolon mukozasını heme maruziyetini artırarak kolona iletildiğini ve heme indüklenen epitelyal hiperproliferasyona neden olduğunu belirtir (Sesink vd., 1999). Bununla birlikte, heme'nin sitotoksitesitesinin mekanizmasını belirlemek ve farelerde bulunan deneysel kanıtları insanlara çevirmek için ileri çalışmalar yapılması gerektiği bildirilmektedir (Jeyakumar vd., 2017).



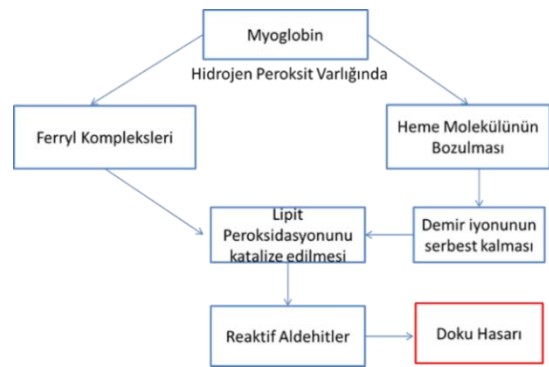
Şekil 1. Kırmızı et ve işlenmiş etin kanserojen oluşumunda heme molekülünün rolü.

Lipit peroksidasyonu, sitotoksiste indükleyici hiperproliferasyon ve endojen nitrozamin bileşiklerinin oluşumu, heme'nin kanserojen potansiyelini açıklamak için öngörülen mekanizmalardır (Jeyakumar vd., 2017).

5. Lipid Peroksidasyonu ile İlişkili Oksidatif Stres

Oksijen yaşam için gereklidir ve vücut tarafından tüketilen oksijenin % 1-3'ü Reaktif Oksijen Türlerine (ROT) dönüşür. İnsanların maruz kaldığı belirgin kansinojenler oksijen ve nitrojen kaynaklı ROT ve RNT (Reaktif Nitrojen Türleri) olarak bilinen reaktif türlerdir. İnsan vücudunda ROT ve RNT oluşumu çeşitli makromoleküllerde özellikle plazma membranında oksidatif hasar oluşturur. Bunun sonucunda da kanser, koroner vasküler hastalık, diyabet gibi oksidatif stres aracılı fonksiyon bozuklukları ortaya çıkmaktadır (Hamamcıoğlu, 2017). Oksidatif stres, ROT üretimi ile vücudun zararlı etkilerini kolayca toksik hale getirme veya oluşan hasarın onarımı arasındaki dengesizliği ifade eder. Çevresel değişiklikler ROT düzeyini artırabilir ve hücre yapılarının hasar görmesine neden olabilecek oksidatif strese neden olabilir. Lipid peroksidasyonu ile ilişkili oksidatif stres, tümör büyümesinden ve ilerlemesinden sorumlu olan moleküllerin endojen oluşumunda rol alır (Jeyakumar vd., 2017). Oksidatif stres tarafından üretilen reaktif ara maddeler, membran çift tabakalarını değiştirir ve çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) lipoperoksil radikallere peroksidasyonundan sorumludur. Lipoperoksil radikaller bir lipid radikali ve bir lipid hidroperoksit oluştururlar. Lipid hidroperoksitler oksid ve perokzil kökleri verirler ve malondialdehid (MDA) ve 4-hidroksinonenal (4-HNE) gibi reaktif aldehytlere dönüşürler. Hem MDA hem de 4-HNE'nin memeli sistemleri üzerinde zararlı bir

etkisi olduğu bilinmektedir. MDA toksiktir ve endojen olarak kanserojen amalondialdehid-deoksiguanozin adüktlerini oluşturmak için deoksiguanozin ile reaksiyona girer. 4-HNE molekülleri, kanser öncesi hücrelerde değil normal hücrelerde apoptotik hücre ölümünü uyardığı için bir seçim işlemi ile tümör ilerlemesini teşvik eder (Jeyakumar vd., 2017). Polonya'da 81 birincil kolorektal kanserli dokularda yapılan bir araştırmada, gelişmiş klinik evrelerdeki kanserli dokularındaki MDA ve 4-HNE düzeyleri önemli derecede artmış olduğu saptanmıştır (Skrzydewska vd., 2005). Pierre vd. (2006) heme bağlı demir tüketimiyle ilişkili kolon kanseri riskini belirlemek için invaziv olmayan bir biyolojik belirteç olan, 4-hidroksinonenal'in büyük bir üriner metaboliti olan 1,4-dihidroksinonenal mercapturik asit (DHN-MA)'i bulmuştur. Sıçanlar kan sosisiyle (yüksek heme diyeti olarak) beslendikten sonra DHN-MA atılımındaki dramatik artış, oksidatif stresin ve yağlı oksidasyonun büyük bir olasılıkla kırmızı et ve heme demirinin neden olduğuna işaret eder (Pierre vd., 2006). Fizyolojik koşullar altında bir metabolit olarak üretilen düşük konsantrasyonda hidrojen peroksit ile heme arasındaki etkileşim bu ilişkiden sorumlu olabilir (Baron ve Andersen, 2002). Myoglobin konsantrasyonuna bağlı olarak hidrojen peroksit varlığında serbest demir ve heme grupları arasında denatüre olur veya ferile veya perferil radikallere dönüşebilir (Baron ve Andersen, 2002). Bu yolların her ikisi de sitotoksik aldehytleri oluşturan lipid peroksidasyonunu katalize etmektedir (Barrera, 2012). Bu nedenle, birçok çalışmanın bulguları doğrultusunda, oksidatif strese bağlı heme kaynaklı lipid peroksidasyonu, tümörlerin oluşumunu ve rekombinant aldehytlerin oluşumuna yol açarak kolorektal kansinogenez riskini arttırmaktadır (Şekil 2) (Jeyakumar vd., 2017).



Şekil 2. Myoglobin ve hidrojen peroksit arasındaki etkileşimden reaktif aldehytlerin oluşum yolu

Myoglobin, daha sonra lipid peroksidasyonunu katalize eden serbest demirlere denatüre edilebilir veya lipid peroksidasyonunu da katalize edebilen ferryl komplekslerine dönüşebilir (Jeyakumar vd., 2017).

6. N- Glykoliknöraminik Asit (Neu5Gc)

Neu5Gc; kuzu, domuz ve sığır etleri ile inek sütü gibi memelilerde bol miktarda bulunan bir sialik asittir. Ancak, insanlarda veya bitkilerde sentezlenemez, balık ve tavukta varlığı önemsizdir (Chou vd., 1998; Jeyakumar vd., 2017). Pek çok omurgalı hayvanın aksine, insanlar için Neu5Gc'nin gıda ile alımı tek kaynaktır. Neu5Gc'yi sentezlemek için gerekli olan enzimi kodlayan "CMAH geni" geri döndürülemez biçimde mutasyona uğramıştır (Samraj vd., 2015; Jeyakumar vd., 2017). Heme'den başka, kırmızı ete özgü bir başka molekül, heme'nin kanserojen etkisini arttırdığı veya kendi kanserojen mekanizmasına sahip olduğu ve son zamanlarda Neu5Gc'nin bu role uyduğu görülmektedir. Ayrıca şempanzeler gibi genetik olarak benzer primatlara kıyasla insanlarda gözlemlenen daha geniş kanser türlerinin, Neu5Gc molekülüne karşı insan tepkisine bağlı olduğu hipotezi ile öne sürülmüştür. Diğer hayvanların bağışıklık sistemleri doğal olarak sentezlenmiş Neu5Gc epitelyal hücrelerin yüzeyinde, insan bağışıklık sistemi glikayı tanımaz ve yabancı bir parçacık olarak muamele ederek bir bağışıklık tepkisi ortaya çıkarır (Samraj vd., 2015; Jeyakumar vd., 2017). Samraj vd. (2015) tarafından yapılan deneysel bir araştırmada, Neu5Gc'nin anti-Neu5Gc antikolları yoluyla kronik enflamasyonu ve tümör oluşumunu teşvik ettiği düşünülmektedir.

7. N-Nitrozo Bileşiklerinin Oluşumu

N-nitrozo bileşikleri, DNA'da mutasyona neden olan güçlü kanserojenler grubudur. En baskın N-nitrozo bileşikleri; nitrozaminler ve nitrozamidlerdir. Nitrozaminlerin ve nitrozamidlerin oluşumu sırasıyla aminlerin ve amitlerin nitritten türetilen maddeler ile reaksiyonu yoluyla oluşur (Jeyakumar vd., 2017). Nitrozaminler yüksek sıcaklıklarda nitrit ile aminlerin reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır. Nitrozamin oluşumu için gerekli koşullardan biri ortamda amin bulunmasıdır. Taze ette amin miktarı oldukça az olup, olgunlaşma ve fermentasyon ile artmaktadır. Yalnızca ikincil aminler kararlı nitrozamin oluşturmakta, birincil aminler ise hemen alkol ve azota

parçalanmaktadır. Üçüncül aminler ise reaksiyona girmemektedirler. Bu koşullara ilave olarak, azot monoksit iyonu (NO⁺) oluşturmak için pH değeri düşük olmalı veya metal iyonları tutulmalıdır (Turp ve Sucu, 2016). Nitrozamin, nitrat veya nitritin gıdalardan alınması ile insan vücudunda oluşabileceği gibi son üründe de oluşabilmektedir. Nitrozamin oluşumunu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler; et ürününe ilave edilen nitrit miktarı, etin kalitesi, yağ içeriği, diğer bileşenler, kurutma ve dumanlama süresince uygulanan ısıl işlem, olgunlaştırma ve depolama koşulları, ambalajlama olarak sıralanabilir (Herrmann vd., 2015; Turp ve Sucu, 2016). Nitrozamin oluşumunda; bakteriler, 100-185°C sıcaklık ve pH'nın 3-7 değerinde olması önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, uygun fizyolojik şartlar, kimyasal reaksiyon ve bakteriyel faaliyetlerle midede nitrozamin oluşumu gerçekleşmektedir (Turp ve Sucu, 2016). Nitrozo bileşikleri diyetdeki kırmızı et miktarına ve alınan doza bağlı oluşabilir ve kanser riskini de artırabilir (Larsson ve Orsini, 2014). İşlenmiş et ürünlerinde yaklaşık 20 farklı NA'nın tespit edildiğini ortaya koymaktadır. Ette en sık bulunan NA'lar; N-nitrozodimetilamin (NDEA) en güçlü karsinojen olarak değerlendirilirken, N-nitrozodimetilamin (NDMA) daha düşük etkili ve N-nitrozopirrolidin (NPYR) ve N-nitrozopiperidin (NPIP) daha da düşük etkili kanserojendir. N-nitrozoprolin (NPRO) ve N-nitrozohidroksiprolin (NHPRO) kanserojen olmadığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, N-nitrozo-tiazolidin-4-karboksilik asit (NTCA) ve N-nitrozo-2-metil-tiazolidin-4-karboksilik asit (NMTCA) gibi bazı nitrozaminlerin genotoksitesisi ve/veya karsinojenik etkisi hakkında halen daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır (Herrmann vd., 2014).

N-Nitrozamin, kanserojen öncü maddelerdir, yani kanserojenleşmeden önce metabolik olarak aktive edilmeleri gerekir. Bu metabolik aktivasyonu katalize eden, sitokrom P450 enzimleridir. Önemli bir yolun karbonhidratın nitrozo grubuna α pozisyonunda hidroksilasyonu olduğuna inanılmaktadır (Herrmann, 2014). İşlenmiş etle tüketilen, eksojen olarak oluşturulmuş uçucu N-nitrozaminler IARC tarafından kanserojen olarak kabul edilmiştir. Muhtemelen insanlarda kanserojen olduğu düşünülen, N-nitrozodietilamin ve N-nitrozodimetilamin dahil olmak üzere, ve nitrozopirrolidin, N-nitrozodibütülin ve N-nitrozopiperidin, olası insan karsinojenleri olarak kategorize edilmiştir (IARC, 2011; Jeyakumar vd., 2017). N-nitrozo bileşikleri, uçucu nitrozamin (VNA) ve uçucu olmayan nitrozaminleri (NVNA)

içerir. Uçucu nitrozaminler genellikle potensiyel karsinogenlerdir, uçucu olmayan N-nitrozaminlerin karsinogenezin oluşumunda etkili olmasa da, uçucu nitrozaminlerin öncüsü olarak kanserojenleşme sürecinde rol alabilmeleri mümkündür (Silvester vd., 1997; Herrmann vd., 2015; Jeyakumar vd., 2017). Hem'in kırmızı et ve işlenmiş et tüketiminin ardından nitrozamin'in endojen oluşumunda önemli bir rol oynadığı, kemirgenlerde ve insanlarda artmış endojen nitrozo bileşikler oluşumuyla ilişkili olduğu öne sürülmüştür. Bu nedenle, hem genel olarak nitrozo bileşiklerinin endojen oluşumunda hem de NA'da da rol oynayabilir. Heme bağlı demir, sindirim yolundan geçerken myoglobin veya heme'den ayrılabilir. Bu nedenle, serbest demir nitrozo bileşiği oluşumunda bir rol oynayıp oynamadığı kararlaştırılmaz. Serbest demir, ette lipid oksidasyon süreçlerini uyarır ki bu da NA formasyonu gibi antioksidanların varlığı ile inhibe olur, dolayısıyla lipid oksidasyon işlemleri ve NA formasyonu arasında bir bağlantı olabilir (Herrmann vd., 2015). Ekzojen uçucu N-nitrozaminlerin dışkıyla atılımı, görünür toplam N-nitrozo bileşiklerinin küçük bir yüzdesini (<%1) oluşturmuştur, bu da ekzojen biçimde oluşan nitrozo bileşiklerin çoğunun uçucu olmadığına işaret etmektedir (Fritz ve Soos, 1980). Bingham vd. (1996) yüksek miktarda kırmızı etli diyetin insanlardaki nitrozo bileşiklerin endojen üretimini arttırdığını bildirmiştir. Bingham vd. (1996) az miktarda taze kırmızı et tüketenlere (60 g/gün) kıyasla, yüksek miktarda taze kırmızı et (600 g/gün) ile beslendikten sonra dışkı nitrozo bileşiklerinde üç kat artış olduğunu tespit etmiştir. Jakszyn ve Gonzalez (2006) mevcut kanıtların, nitrit ve nitrozamin alımıyla mide kanseri arasında, ayrıca işlenmiş et tüketimi ile mide kanseri ve özofageal kanser arasında pozitif bir ilişkiyi desteklediği sonucuna varmıştır. Loh vd. (2011) İngiltere'de kanser vakasında diyet ile nitrozo bileşikler alımının yüksek gastrointestinal kanser, özellikle rektum kanseri ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Zhu vd. (2014) Kanada'da adenokarsinom vakaları incelendiğinde, nitrozo bileşiklerinin alımı ile adenokarsinom riski arasında pozitif ilişki olabileceği açıklanmıştır. Gastrointestinal sistemde endojen oluşan N-nitrozo bileşiklerin çoğu kanserojeniktir. Beyaz et değil ama kırmızı et tüketimi insanlarda nitrozo bileşiklerinin endojen formasyonu ile doz-yanıt ilişkisini göstermektedir. Bu, kırmızı ette bol miktarda heme varlığı ile açıklanmıştır. Kolayca nitrozillenmiş hale gelebilir ve nitrozatlayıcı bir madde olarak davranırlar (Chan vd., 2011).

Kürlenmiş ette, heme molekülü genellikle nitrozile edilir ve pişirme işlemi bu nitrozilhemleri myoglobinden serbest bırakabilir (Pegg ve Shahidi, 2008). İşlenmiş et içerisindeki önceden mevcut nitrozo bileşikler öncüllerinin bolluğu ile birleşen bu nitrozilhemler, hem eksojen hem de endojen olarak üretilmiş nitrozo bileşiklere daha fazla maruz kalmaya yol açar ve bu işlenmiş etin, taze etteki myoglobine kıyasla karsinogenik etkilerini arttırabildiğini açıklamaktadır (Santarelli vd., 2008).

8. Heterosiklik Aminler (HA)

Heterosiklik Amin (HA)'ler balık ve et gibi protein bakımından zengin gıdaların 150°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda pişirilmesi esnasında oluşan mutajenik ve kanserojenik bileşiklerdir. Yüksek sıcaklıklarda pişirilen etlerdeki kreatin veya kreatinin, serbest amino asitler ve şekerler arasındaki maillard reaksiyonu ile oluşan ürünlerdir (Zheng ve Lee, 2009). Reaksiyon sadece kullanılan pişirme yöntemine değil, aynı zamanda pişmiş et çeşitleri, pişirme süresi, pişirme sıcaklığı, çığ üründeki yağ ve su miktarı ve HA öncüllerinin konsantrasyonuna dayanmaktadır (Cross ve Sinha, 2004; Jeyakumar vd., 2017). Gıdalarda bulunan heterosiklik aminler, halka yapılarında bir veya daha fazla azot içeren çok halkalı aromatik yapıya sahiptirler. HA'ler genelde 200-300°C'de eriyen dayanıklı katılardır. Günümüze kadar 30'a yakın mutajenik ve/veya karsinogenik etkiye sahip HA tanımlanmıştır. Ette ve balıkta, ısı işlem sonrasında oluşumu en yaygın gözlenen HA'ler 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo [4,5-b] piridin (PhIP) ve 2-amino-3,8-dimetilimidazo [4,5-f] kinoksalin (MeIQx)'dir (Skog vd., 2000; Dünder, 2011). Cross vd. (2005) kemiriciler üzerinde yapmış oldukları araştırmada, PhIP'nin kemiricilerde prostat kanserine neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Yapılan araştırmada PhIP'nin DiMeIQx ve MeIQx'e göre daha yüksek oranda karsinogenik etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucunda yüksek miktarda kırmızı et tüketimi ve PhIP alımının deneysel olarak prostat kanseri riskini arttırdığı; insanlar üzerinde yapılacak ileri araştırmalarda PhIP'nin prostat kanserine neden olan karsinogen kimyasallar arasında ilk sırayı alacağı belirtilmiştir. Cross vd. (2010) ABD'de kolorektal kanser vaka çalışmasında bazı HA türlerinin kolon kanseri ile ilişkili olduğunu açıklamışlardır. Ancak, Tiemersma vd. (2004) tarafından Hollanda'da kolorektal adenoma vakası incelendiğinde kolorektal kanser riski ile etin

pişmesi arasında ilişki bulunmamıştır. Miller vd. (2013) ABD’de kolorektal kanser vakalar incelendiğinde DiMeIQx, MeIQx kolorektal tümörler ile PhIP ise rektal tümörlerle ilişkili bulunmuştur. Zheng vd. (1998) 41.836 kişinin katıldığı çalışmada, yüksek miktarlarda pişmiş hamburger, tütülenmiş et ve biftek tüketen kadınlarda meme kanseri riskinin 4.62 kat arttığını tespit etmişlerdir. Ancak; Delfino vd. (2000) N asetiltransferaz 2 (NAT 2) enziminin DNA’ya bağlanarak karsinojenik etkiyi başlattığını ve yapılan çalışma sonrasında HA’lar (MeIQx, DiMeIQx ve PhIP) ile NAT 2 enzimi arasında herhangi bir ilişki tespit edilemediğini bu nedenle daha ileri seviyelerde araştırmalara gerek olduğunu belirtmişlerdir. Layton vd. (1995) mide kanseri ile et tüketimi arasında bağlantı olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada mide kanseri riskinin haftada dört ya da daha sık sığır eti tüketenlerde, daha az tüketenlere kıyasla 2 kat arttığı tespit edilmiştir. Schwab vd. (2000) fareler üzerindeki deneysel çalışmalarda görülen karsinojen etkiler, insanlarda gıda tarafından tüketilenlerden HA maruz kalma seviyelerinin 1000 kat fazla olduğundan, bu bulguları, insanda kolorektal kanser’in gelişmesine doğrudan doğruya aktarmak şüpheli olacağı bildirilmektedir. HA’lerin karsinojenik ve mutajenik etkileri çeşitli çalışmalar ve deney hayvanları üzerinde yapılan denemelerle ortaya konmuş olsa da; bu bileşiklerin insanda farklı kanser türlerinin oluşumuna neden olduğunun kesin olarak söylenebilmesi için daha uzun süreli kapsamlı araştırma ve istatistiksel verilere ihtiyaç vardır (Dündar, 2011).

9. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)

PAH bileşikleri; kömür gibi fosil yakıtların, karbon içeren maddelerin ve gıda gibi diğer organik bileşiklerin yüksek sıcaklıkta oksijensiz ortamda pirolize olması veya tam yanmaması sonucu oluşan çevre kirletici maddeler olarak tanımlanmaktadır. Mutajenik ve karsinojenik etkiye sahip, iki ya da daha çok sayıda benzen halkası içeren lipofilik organik bileşiklerdir (Kılıç vd., 2017; Jeyakumar vd., 2017). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA); tüketicilerin diyetle günlük PAH bileşikleri alımına neden olan en önemli gıda kaynaklarından birinin de et ve et ürünleri olduğunu bildirmiştir. Et ürünlerinde oluşan PAH bileşiklerinin miktarı; etin yağ içeriğine, oksijen konsantrasyonuna, işlemede kullanılan ısı kaynağının çeşidine ve sıcaklığına, gıda ile ısı kaynağı arasındaki uzaklığına ve işlem süresine bağlı olarak değişmektedir. Temel olarak

PAH bileşiklerinin üç farklı mekanizma ile gıdalarda oluştuğu düşünülmektedir. Birinci mekanizma; yağ, protein ve karbonhidrat gibi organik maddelerin 200°C üzerindeki yüksek sıcaklıklarda (500-900°C) pirolize olmasıdır. En yüksek PAH konsantrasyonu yağ pirolizinden kaynaklanmakta olduğu belirtilmektedir. İkinci mekanizma; yoğun ısıda alevlerin üzerine doğrudan damlayan lipitler, uçucu PAH’ların oluşumuna neden olmaktadır. Duman arttıkça oluşan uçucu PAH’lar gıda yüzeyinde birirmektedir. Üçüncü mekanizma ise; kömürün tam olarak yanmaması sonucu PAH bileşiklerinin oluşması ve bunların gıda yüzeyine bulaşmasıdır (Hamidi vd., 2016; Kılıç vd., 2017). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından Benzo[a]piren (BaP) "Grup 1 karsinojen" olarak kategorize edilmiştir. Siklopenta[c,d]piren, dibenz[a,h]antrasen ve dibenzo[a,l]piren muhtemelen insanlara karserojendir (Grup 2A). Benz[j]aseantrilen, benz[a]antrasen, benzo[b]fluorantren, benzo[j]fluorantren, benzo[k]fluorantren, benzo[c]fenantren, krisen, dibenzo[a,h]piren, dibenzo[a,i]-piren, indeno[1,2,3-cd]piren ve 5-metilkrisen ise Grup 2B insanlara karserojendir (IARC, 2010). IARC'nin BaP'nin karserojen potansiyeline ilişkin ifadeleri güçlü mekanik kanıtlarla desteklenmektedir. BaP'nin genotoksik mekanizması BaP'nin enzimatik olarak yüksek reaktif metabolit benzo[a]piren diol epoksit (BPDE) haline dönüştürülmesini içerir (Yang vd., 1976). BPDE, kovalent bağlar oluşturan DNA (esas olarak guanin bazlı) ile DNA hasarıyla sonuçlanan ve bunun sonucunda kolorektal kanserlerde karsinogenezi teşvik etmekten sorumlu genetik mutasyonlara yol açar (Phillips, 2005). Doğrudan alevler üzerinde et pişirilmesi makul bir risk faktörü olmaya devam etmektedir (Jeyakumar vd., 2017). PAH oluşumu aynı zamanda yiyeceklerin kürlenmesi ve işlenmesi sırasında eti dumana veya karbonhidratlara maruz bırakan yiyecek hazırlama yöntemlerinde de görülür (Cross vd., 2010). Barbekü gibi açık alev pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen ette, PAH bileşikleri oluşurken; pişmemiş gıdalardaki ortalama 0.01-1 lg/kg ve füme ette ise 200 lg/kg’den yüksek seviyelerde bulunmuştur (Dennis vd., 1983). Izgara edilecek etlerdeki yağ oranı benzo[a]piren miktarını önemli şekilde etkiler; örneğin açık ateşte kızartılan yağlı etlerdeki PAH miktarı 40 g/kg’a kadar çıkabilir; bunun 2.5 g/kg’ını benzo[a]piren oluşturur. Aynı şekilde kızartılan yağsız etlerdeki PAH miktarı 2.5-3 g/kg dolayındadır; etteki yağ oranının düşmesi

benzo[a]piren şekillenmesini ve miktarını azaltır. Ateşte yanarak kömür haline gelmiş gıdalar PAH içerirler; kavruyan ya da fırında kızartılan gıdalarda ise fazla miktarda PAH oluşmaz (Keskin ve Kaya, 1999). Sinha vd. (2005) ABD’de kolorektal kanser vakalarında yüksek BaP alımıyla kolorektal adenom riski arttığını; Sinha vd. (2005) ABD’de adenom vakalarında; et tüketimi ile BaP kaynaklı barsakların kolon bölgesinde desendens ve sigmoid adenomları riski arttığını bildirmişlerdir. Gunter vd. (2005) ABD’de kolorektal adenoma vakalarında BaP’nin kolorektal karsinogeneze katkıda bulunduğu hipotezini desteklemektedir. Ancak; Tabatabaei vd. (2010) Avustralya’da kolorektal kanser, Ferrucci vd. (2009) ABD’de kolorektal adenoma ve Cross vd. (2010) ABD’de kolorektal kanser vakasında BaP’nin kolorektal adenom ile ilişkili olduğuna dair hiçbir kanıt olmadığını bildirmektedir. HA ve PAH’in proksimal ve distal kolondaki ve rektumdaki kanserojen süreç üzerindeki etkisini belirleyen literatürler hala önemli ve çelişkilidir. Kırmızı ve işlenmiş et molekülleri ile kanserojen süreç arasındaki ilişkiyi aydınlatmak için ileri araştırmalar önerilmektedir (Jeyakumar vd., 2017). Gıdaların tüketilmesi sırasında istenen spesifik koku, tad ve doku özellikleri için gereken pişirme yöntemlerinin bu zararlı maddelerin meydana gelmesinde etkin olduğundan, bu yöntemlerin sıklıkla uygulanmaması ya da uygulandığında ise ısı, süre ve kalite kontrolünün doğru ve yeterli şekilde yapılması önerilmektedir (Güneş, 2016). HA’nın kanserojen etkilerini azaltmak için diyet, buğday kepeği ve sebze gibi lifli kaynaklar yüksek olmalıdır (Bjeldanes vd., 1983).

10. Sonuç

Et önemli bir besin kaynağıdır ve işlenmemiş etlerin besleyici değeri göz ardı edilemez. Bu sebeple orta derecede ve diğer gıdalar ile dengeli bir şekilde tüketilmelidir. İşlenmiş et tüketiminin ise sınırlı olmasına dikkat edilmelidir. Ancak, sağlık üzerine olan endişeleri en aza indirmek ve ürünlerin genel organoleptik, besinsel ve sağlık kalitesini iyileştirmek için yenilikçi işlemleri ve içerik stratejileri geliştirilmelidir. Ayrıca, işlenmiş eti yasaklamak yerine üretimdeki işlemleri değiştirerek kanser oluşturma riskini azaltmaya veya ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar, uygulamalar yapılmalıdır.

Kaynaklar

- Anderson, J.J., Darwis, N.D.M., Mackay, D.F., Celis-Morales, C.A., Lyall, D.M., Sattar, N., Gill, J.M.R., Pell, J.P. (2018). Red and processed meat consumption and breast cancer: UK Biobank cohort study and meta-analysis. *European Journal of Cancer*, 90, 73-82.
- Aykan, N.F. (2015). Red meat and colorectal cancer. *Oncology Reviews*, 9(1), 288.
- Baron, C.P., Andersen, H.J. (2002). Myoglobin-induced lipid oxidation. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 3887-3897.
- Barrera, G. (2012). Oxidative stress and lipid peroxidation products in cancer progression and therapy. *ISRN Oncology*, 2012, 137289.
- Bastide, N.M., Pierre, F.H., Corpet, D.E. (2011). Heme iron from meat and risk of colorectal cancer: a meta-analysis and a review of the mechanisms involved. *Cancer Prevention Research*, 4(2), 177-84.
- Bingham, S.A., Pignatelli, B., Pollock, J.R., Ellul, A., Malaveille, C., Gross, G., Runswick, S., Cummings, J.H., O’Neill, I.K. (1996). Does increased endogenous formation of N-nitroso compounds in the human colon explain the association between red meat and colon cancer? *Carcinogenesis*, 17, 515-23.
- Binnie, M.A., Barlow, K., Johnson, V., Harrison, C. (2014). Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice. *Meat Science*, 98(3), 445-451.
- Bjeldanes, L.F., Morris, M.M., Timourian, H., Hatch, F.T. (1983). Effects of meat composition and cooking conditions on mutagenicity of fried ground beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(1), 18-21.
- Boada, L.D., Henríquez-Hernández, L.A., Luzardo, O.P. (2016). The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: Epidemiological evidences. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 92, 236-244.

- Cashman, K.D., Hayes, A. (2017). Red meat's role in addressing 'nutrients of public health concern'. *Meat Science*, 132, 196-203.
- Chan, D.S., Lau, R., Aune, D., Vieira, R., Greenwood, D.C., Kampman, E., Norat, T. (2011). Red and processed meat and colorectal cancer incidence: meta-analysis of prospective studies. *PloS One*, 6(6), e20456.
- Chou, H.H., Takematsu, H., Diaz, S., Iber, J., Nickerson, E., Wright, K.L., Muchmore, E.A., Nelson, D.L., Warren, S.T., Varki, A. (1998). A mutation in human CMP-sialic acid hydroxylase occurred after the Homo-Pan divergence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(20), 11751-6.
- Corpet, D.E. (2011). Red meat and colon cancer: should we become vegetarians, or can we make meat safer? *Meat Science*, 89, 310-316.
- Cross, A.J., Sinha, R. (2004). Meat-related mutagens/carcinogens in the etiology of colorectal cancer. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 44(1), 44-55.
- Cross, A.J., Peters, U., Kirsh, V.A., Andriole, G.L., Reding, D., Hayes, R.B., Sinha, R.A. (2005). Prospective study of meat and meat mutagens and prostate cancer risk. *Cancer Research*, 65(24), 11779-11784.
- Cross, A.J., Ferrucci, L.M., Risch, A., Graubard, B.I., Ward, M.H., Park, Y., Hollenbeck, A.R., Schatzkin, A., Sinha, R. (2010). A large prospective study of meat consumption and colorectal cancer risk: An investigation of potential mechanisms underlying this association. *Cancer Research*, 70(6), 2406-14.
- Delfino, R.J., Sinha, R., Smith, C., West, J., White, E., Lin, H.J., Liao, S.Y., Gim, J.S.Y., Ma, H.L., Butler, J., Anton-Culver, H. (2000). Breast cancer, heterocyclic aromatic amines from meat and *N*-acetyltransferase 2 genotype. *Carcinogenesis*, 21(4), 607-615.
- Dennis, M.J., Massey, R.C., McWeeny, D.J., Knowles, M.E., Watson, D. (1983). Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in the UK total diet. *Food and Chemical Toxicology*, 21(5), 569-574.
- Dündar, A. (2011). Farklı sıcaklık ve sürelerde pişirilen köftelerde heterosiklik aromatik aminlerin oluşumunun sınırlandırılmasında optimum tuz, askorbik asi ve yağ kullanım seviyelerinin yanıt yüzey yöntemi ile belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Ekmekcioglu, C., Wallner, P., Kundi, M., Weisz, U., Haas, W., Hutter, H.P. (2018). Red meat, diseases, and healthy alternatives: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2), 247-261.
- Erdem, Y., Arici, M., Altun, B., Turgan, C., Sindel, S., Erbay, B., Derici, U., Karatan, O., Hasanoglu, E., Caglar, S. (2010). The relationship between hypertension and salt intake in Turkish population: SALTURK study. *Blood pressure*, 19(5), 313-318.
- Etemadi, A., Sinha, R., Ward, M.H., Graubard, B.I., Inoue-Choi, M., Dawsey, S.M., Abnet, C.C. (2017). Mortality from different causes associated with meat, heme iron, nitrates, and nitrites in the NIH-AARP Diet and Health Study: population based cohort study. *British Medical Journal*, 357, j1957.
- Ferrucci, L.M., Sinha, R., Graubard, B.I., Mayne, S.T., Ma, X., Schatzkin, A., Schoenfeld, P.S., Cash, B.D., Flood, A., Cross, A.J. (2009). Dietary meat intake in relation to colorectal adenoma in asymptomatic women. *The American Journal of Gastroenterology*, 104(5), 1231-40.
- Fritz, W., Soos, K. (1980). Smoked food and cancer. *Bibliotheca Nutritio et Dieta*, 29, 57-64.
- Gilting, A.M., Fransen, F., de Kok, T.M., Goldbohm, A.R., Schouten, L.J., de Bruine, A.P., van Engeland, M., van den Brandt, P.A., de Goeij, A.F., Weijenberg, M.P. (2013). Dietary heme iron and the risk of colorectal cancer with specific mutations in KRAS and APC. *Carcinogenesis*; 34 (12), 2757-66.
- Guéraud, F., Tache, S., Steghens, J.P., Milkovic, L., Borovic-Sunjic, S., Zarkovic, N., Gaultier, E., Naud, N., Helies-Toussaint, C., Pierre, F., Priymenko, N. (2015). Dietary polyunsaturated fatty acids and heme iron induce oxidative stress biomarkers and a cancer promoting

- environment in the colon of rats. *Free Radical Biology and Medicine*, 83, 192-200.
- Gunter, M.J., Probst-Hensch, N.M., Cortesiss, V.K., Kulldorff, M., Haile, R.W., Sinha, R. (2005). Meat intake, cooking-related mutagens and risk of colorectal adenoma in a sigmoidoscopy-based case-control study. *Carcinogenesis*, 26(3), 637-42.
- Güneş, F.E. (2016). Pişirme Yöntemleri, Oluşan Kimyasal Maddeler ve İmmün Sistem. *Türkiye Klinikleri Beslenme ve Diyetetik - Özel Konular*, 2(2), 106-112.
- Godfray, H.C.J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J.W., Key, T.J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R.T., Scarborough, P., Springmann, M., Jebb, S.A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361(6399).
- Hamamcıoğlu, A.C. (2017). Diyabette oksidatif stres ve antioksidanların rolü. *Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi*, 1, 7-13.
- Hamidi, E.N., Hajeb, P., Selamat, J., Razis, A.F.A. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their bioaccessibility in meat: A tool for assessing human cancer risk. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 17(1), 15-23.
- He, F.J., MacGregor, G.A. (2009). A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. *Journal of Human Hypertension*, 23(6), 363-384.
- Herrmann, S.S. (2014). N-nitrosamines in processed meat products—analysis, occurrence, formation, mitigation and exposure. Division of Food Chemistry National Food Institute, Technical University of Denmark. http://orbit.dtu.dk/files/103384341/PhD_thesis_Susan_Strange_Herrmann.pdf. (Erişim Tarihi: 10.04.2018).
- Herrmann, S.S., Duedahl-Olesen, L., Granby, K. (2014). Simultaneous determination of volatile and non-volatile nitrosamines in processed meat products by liquid chromatography tandem mass spectrometry using atmospheric pressure chemical ionisation and electrospray ionisation. *Journal of Chromatography. A*, 1330, 20-29.
- Herrmann, S.S., Granby, K., Duedahl-Olesen, L. (2015). Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitritepreserved cooked sausages. *Food Chemistry*, 174, 516-26.
- IARC (2010). Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. International Agency for Research on Cancer Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 92, 1-853. <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono92.pdf>. (Erişim Tarihi: 05.02.2018).
- IARC (2011). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, a review of human carcinogens. Lyon, France. International Agency for Research on Cancer, vol. 100. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/PDFs/index.php>. (Erişim Tarihi: 06.02.2018).
- IARC (2015). Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat. Lyon, France. International Agency for Research on Cancer. https://www.iarc.fr/en/mediacentre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf. (Erişim Tarihi: 06.02.2018).
- Ijssennagger, N., de Wit, N., Müller, M., van der Meer, R. (2012). Dietary heme-mediated ppara activation does not affect the heme-induced epithelial hyperproliferation and hyperplasia in mouse colon. *PloS One*, 7(8), e43260.
- Ijssennagger, N., Rijniere, A., de Wit, N.J., Boekschoten, M.V., Dekker, J., Schonewille, A., Müller, M., van der Meer, R. (2013). Dietary heme induces acute oxidative stress, but delayed cytotoxicity and compensatory hyperproliferation in mouse colon. *Carcinogenesis*, 34(7), 1628-35.
- Jakszyn, P., Gonzalez, C.A. (2006). Nitrosamine and related food intake and gastric and oesophageal cancer risk: A systematic review of the epidemiological evidence. *World Journal of Gastroenterology*, 12(27), 4296-303.
- Jeyakumar, A., Dissabandara, L., Gopalan, V. (2017). A critical overview on the biological and molecular features of red and

- processed meat in colorectal carcinogenesis. *Journal of Gastroenterology*, 52(4), 407-418.
- Jiang, J., Xiong, Y.L. (2016). Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science*, 120, 107-117.
- Keskin, F.İ., Kaya, S. (1999). Et ve ürünlerinin pişirilmesi sırasında oluşan zararlı maddeler: polisiklik aromatik hidrokarbonlar. *Etlük Merkez Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi*, 3-4(8), 74-82.
- Kılıç, Ö., Dinçer, E.A., Erbaş, M. (2017). Gıdalarda polisiklik aromatik hidrokarbon bileşiklerinin bulunuşu ve sağlık üzerine etkileri. *Gıda*, 42(2), 127-135.
- Lacey, C., Clark, B., Frewer, L., Kuznesof, S. (2016). Reaching its limits: industry perspectives on salt reduction. *British Food Journal*, 118(7), 1610-1624.
- Larsson, S.C., Rafter, J., Holmberg, L., Bergkvist, L., Wolk, A. (2005). Red meat consumption and risk of cancers of the proximal colon, distal colon and rectum: the Swedish Mammography Cohort. *International Journal of Cancer*, 113(5), 829-34.
- Larsson, S.C., Orsini, N. (2014). Red meat and processed meat consumption and all-cause mortality: A meta-analysis. *American Journal of Epidemiology*, 179(3), 282-289.
- Layton, D.W., Bogen, K.T., Knize, M.G., Hatch, F.T., Johnson, V.M., Felton, J.S. (1995). Cancer risk of heterocyclic amines in cooked foods: an analysis and implications for research. *Carcinogenesis*, 16(1), 39-52.
- Loh, Y.H., Jakszyn, P., Luben, R.N., Mulligan, A.A., Mitrou, P.N., Khaw, K.T. (2011). N-nitroso compounds and cancer incidence: The European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Norfolk Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93(5), 1053-61.
- Marchi, M.D., Manueliana, C.L., Tona, S., Manfrin, D., Meneghesso, M., Cassandro, M., Penasa, M. (2017). Prediction of sodium content in commercial processed meat products using near infrared spectroscopy. *Meat Science*, 125, 61-65.
- Micha, R., Michas, G., Mozaffarian, D. (2012). Unprocessed red and processed meats and risk of coronary artery disease and type 2 diabetes-an updated review of the evidence. *Current Atherosclerosis Reports*, 14(6), 515-524.
- Miller, P.E., Lazarus, P., Lesko, S.M., Cross, A.J., Sinha, R., Laio, J., Zhu, J., Harper, G., Muscat, J.E., Hartman, T.J. (2013). Meat-related compounds and colorectal cancer risk by anatomical subsite. *Nutrition and Cancer*, 65(2), 202-26.
- Neff, R.A., Edwards, D., Palmer, A., Ramsing, R., Righter, A., Wolfson, J. (2018). Reducing meat consumption in the USA: a nationally representative survey of attitudes and behaviours. *Public Health Nutrition*, 21(10), 1835-1844.
- Pegg, R.B., Shahidi, F. (2008). Possible substitutes for nitrite. In: Nitrite Curing of Meat: The N-Nitrosamine Problem and Nitrite Alternatives. Chapter 9, Food & Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut, USA.
- Pereira, P.M., Vicente, A.F. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93(3), 586-592.
- Phillips, D.H. (2005). DNA adducts as markers of exposure and risk. *Mutation research*, 577(1-2), 284-92.
- Pierre, F., Freeman, A., Tache, S., Van der Meer, R., Corpet, D.E. (2004). Beef meat and blood sausage promote the formation of azoxymethane-induced mucin-depleted foci and aberrant crypt foci in rat colons. *The Journal of Nutrition*, 134(10), 2711-6.
- Pierre, F., Peiro, G., Tache, S., Cross, A.J., Bingham, S.A., Gasc, N., Gottardi, G., Corpet, D.E., Gueraud, F. (2006). New marker of colon cancer risk associated with heme intake: 1,4-dihydroxynonane mercapturic acid. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 15(11), 2274-9.
- Pighin, D., Pazos, A., Chamorro, V., Paschetta, F., Cunzolo, S., Godoy, F., Messina, V., Pordomingo, A., Grigioni, G.A. (2016). Contribution of beef to human health: a review of the role of the animal production systems. *The Scientific World Journal*, 2016, 8681491.

- Romeu, M., Aranda, N., Giralt, M., Ribot, B., Nogues, M.R., Arija, V. (2013). Diet, iron biomarkers and oxidative stress in a representative sample of Mediterranean population. *Nutrition Journal*, 12, 102.
- Samraj, A.N., Pearce, O.M., Laubli, H., Crittenden, A.N., Bergfeld, A.K., Banda, K., Gregg, C.J., Bingman, A.E., Secrest, P., Diaz, S.L., Varki, N.M., Varki, A. (2015). A red meat-derived glycan promotes inflammation and cancer progression. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(2), 542-7.
- Santarelli, R.L., Pierre, F., Corpet, D.E. (2008). Processed meat and colorectal cancer: a review of epidemiologic and experimental evidence. *Nutrition and Cancer*, 60(2), 131-144.
- Schwab, C.E., Huber, W.W., Parzefall, W., Hietsch, G., Kassie, F., Schulte-Hermann, R., Knasmüller, S. (2000). Search for compounds that inhibit the genotoxic and carcinogenic effects of heterocyclic aromatic amines. *Critical Reviews in Toxicology*, 30(1), 1-69.
- Sesink, A.L., Termont, D.S., Kleibeuker, J.H., Van der Meer, R. (1999). Red meat and colon cancer: the cytotoxic and hyperproliferative effects of dietary heme. *Cancer Research*, 59(22), 5704-9.
- Silvester, K.R., Bingham, S.A., Pollock, J.R., Cummings, J.H., O'Neill, I.K. (1997). Effect of meat and resistant starch on fecal excretion of apparent N-nitroso compounds and ammonia from the human large bowel. *Nutrition and Cancer*, 29(1), 13-23.
- Sinha, R., Kulldorff, M., Gunter, M.J., Strickland, P., Rothman, N. (2005). Dietary benzo[a]pyrene intake and risk of colorectal adenoma. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 14(8), 2030-4.
- Skog, K., Solyakov, A., Jägerstad, M. (2000). Effects of heating conditions and additives on the formation of heterocyclic amines with reference to aminocarbolines in a meat juice model system. *Food Chemistry*, 68(3), 299-308.
- Skrzydłowska, E., Sulkowski, S., Koda, M., Zalewski, B., Kanczuga-Koda, L., Sulkowska, M. (2005). Lipid peroxidation and antioxidant status in colorectal cancer. *World Journal of Gastroenterology*, 11(3), 403-406.
- Tabatabaei, S.M., Heyworth, J.S., Knuiman, M.W., Fritschi, L. (2010). Dietary benzo[a]pyrene intake from meat and the risk of colorectal cancer. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, 19(12), 3182-4.
- Tiemersma, E.W., Voskuil, D.W., Bunschoten, A., Hogendoorn, E.A., Witteman, B.J.M., Nagengast, F.M., Glatt, H.G., Kok, F.J., Kampman, E. (2004). Risk of colorectal adenomas in relation to meat consumption, meat preparation, and genetic susceptibility in a Dutch population. *Cancer Causes and Control*, 15(3), 225-36.
- Turp, G.Y., Sucu, Ç. (2016). Et ürünlerinde nitrat ve nitrit kullanımına potansiyel alternatif yöntemler. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12 (2), 231-242.
- Williams, P.G. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetic*, 64 (Supp 14), S113-S119.
- Wolk, A. (2017). Potential health hazards of eating red meat (Review). *Journal of Internal Medicine*, 281(2), 106-122.
- World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research (2007). *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective*. Washington, DC: American Institute for Cancer Research, <https://www.wcrf.org/sites/default/files/english.pdf>. (Erişim Tarihi: 15.03.2018).
- WHO (2012). *Guideline: Sodium Intakes for Adults and Children*. WHO Press: Geneva, Switzerland. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/77985/9789241504836_eng.pdf;jsessionid=C3C827F73DD92369C776C6A5B7CDEE3?sequence=1. (Erişim Tarihi: 15.03.2018).
- WHO (2013). *Mapping Salt Reduction Initiatives in the WHO European Region*, http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/186462/Mapping-salt-reduction-initiatives-in-the-WHO-European-Region.pdf. (Erişim Tarihi: 15.03.2018).
- Wyness, L., Weichselbaum, E., O'Connor, A., Williams, E.B., Benelam, B., Riley, H.,

- Stanner, S. (2011). Red meat in the diet: an update. *Nutrition Bulletin*, 36(1), 34-77.
- Yang, S.K., McCourt, D.W., Roller, P.P., Gelboin, H.V. (1976). Enzymatic conversion of benzo(a)pyrene leading predominantly to the diol-epoxide-7,8-dihydroxy-t-9,10-oxy-7,8,9,10-tetrahydrobenzo(a)pyrene through a single enantiomer of r-7, t-8-dihydroxy-7,8-dihydrobenzo(a)pyrene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 73(8), 2594-2598.
- Zheng W., Gustafson, D.R., Sinha, R., Cerhan, J.R., Moore, D., Hong, C.P., Anderson, K.E., Kushi, L.H., Sellers, T.A., Folsom, A.R. (1998). Well-done meat intake and risk of breast cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 90(22), 1724-1729.
- Zheng, W., Lee, S.A. (2009). Well-done meat intake, heterocyclic amine exposure, and cancer risk. *Nutrition and Cancer*, 61(4), 437-446.
- Zhu, Y., Wang, P.P., Zhao, J., Green, R., Sun, Z., Roebothan, B., Squires, J., Buehler, S., Dicks, E., Zhao, J., Cotterchio, M., Campbell, P.T., Jain, M., Parfrey, P.S., McLaughlin, J.R. (2014). Dietary N-nitroso compounds and risk of colorectal cancer: a case-control study in Newfoundland and Labrador and Ontario, Canada. *The British Journal of Nutrition*, 111(6), 1109-17.

An Investigation of the Studies on the Conservation of Biodiversity in Turkey

Ali Küçükosmanoğlu¹, Çağdan Uyar^{1*}, Gülberk Gizem Küçükosmanoğlu²

Abstract: Considering our world as a whole, prevention of potential hazards and problems is possible by protecting natural resources in harmony with each other and ensuring natural balance. Therefore, conservation of biodiversity and natural resources is primarily a guarantee of the continuity of life on earth and a prerequisite of meeting the sustainable development needs of societies.

Illegal hunting practices that have been performed in Turkey for many years have led to a decrease in the number of wild animals or complete extinction of them. The Land Hunting Law No. 4915, which entered into force in 2003 in accordance with its counterparts in the world, contains provisions on the conservation of wild animals and their habitats against a variety of factors (legal basis). There are international biodiversity conventions to which Turkey is also a party. These conventions are critical in terms of conservation and sustainability of biological diversity. The 'Noah's Ark National Biodiversity Database' implemented in Turkey in accordance with these conventions is one of the critical projects in this field. This project has gained importance for the conservation and sustainability of biodiversity both in the world and Turkey.

The study includes the main headings of Introduction, Materials and Methods, Findings, and Conclusions and Recommendations, and the sub-headings of Protected Areas, Protected Areas in Turkey, and Studies on Biodiversity. The Conclusion and Recommendations section contains recommendations to preserve habitat and species diversity for biodiversity conservation and emphasizes the importance and framework of national and global conventions to date. Solutions were produced through a holistic assessment.

Keywords: Biodiversity, protected area, database, natural resource, Natura 2000

1. Introduction

To protect the right to life of all living organisms on earth, including humankind, natural resources should be well planned, protected and managed (Anon. 2011; 2011a).

Considering the environment as a whole in our growing world will generate healthier and more sustainable results. Prevention of all potential hazards and problems is only possible by maintaining the harmony and balance among

natural resources. Conservation of biodiversity and natural resources is primarily a guarantee of the continuity of life on earth and a prerequisite of meeting the sustainable development needs of societies. The preparation of the management plans according to these criteria will ensure the achievement of the objective. These management plans aim primarily to manage protected areas more effectively. Effective management will be possible by adopting a flexible management style in line with the planning and by quickly adapting to changing conditions. Thus, the balance between

¹ Istanbul University, Cerrahpasa, Faculty of Forestry, 34473, Istanbul, Turkey

² Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, 34437, Istanbul, Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı): cagdanuyar@outlook.com

Citation (Atıf): Küçükosmanoğlu, A., Uyar, Ç., Küçükosmanoğlu, G.G., 2019. An Investigation of the Studies on the Conservation of Biodiversity in. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3 (2): 246-255.

nature and humans will be ensured and preserved (Anon. 2011; 2011a).

As a result of damage to forests, prey animals have also received substantial damage. Forests are one of the renewable natural resources of Anatolia, which has been the center of several civilizations from past to present. Illegal and irregular hunting over many years has led to a reduction in the number of wild animals or the complete extinction of them. Decisions of the Central Hunting Commission (CHC) established based on the Land Hunting Law No. 4915, which entered into force in 2003, contains provisions for the protection of wild animals and their habitats against a variety of factors. The current legislation, therefore, requires wild animals to be protected against various factors that jeopardize their health and populations and, if necessary, to fight against these factors (Mol, 2006).

As is widely known, biodiversity consists of three elements which are essential parameters of sustainable development. These are genetic diversity, species diversity, and ecosystem diversity.

There are international biodiversity conventions to which Turkey is also a party. These are essential for the conservation and maintenance of biodiversity. These conventions are Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern), Convention on Biological Diversity United Nations, Cartagena Biosafety Protocol, The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild (CITES), Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution (Barcelona), World Charter For Nature, Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, Forest Europe, Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution (Bucharest), Convention on Wetlands (Ramsar), Sevilla Convention, International Convention for the Protection of Birds (Paris), and Natura 2000.

The 'Noah's Ark National Biodiversity Database' implemented in Turkey in accordance with these conventions is one of the critical projects in this field. This project has gained importance for the conservation and sustainability of biodiversity both in the world and Turkey.

2. Materials and Method

In this study, assessments have been made using the existing laws and international conventions on the protected areas in Turkey and data and projects from the General Directorate of Nature Conservation and National Parks (GDNCNP) and General Directorate of Forestry (GDF).

Studies conducted on biodiversity in previous years have been examined and used in the study. Besides, the data from the fieldwork conducted in 'Inventory Studies in the Wildlife Development Areas of the Antalya Region' by Uyar (2018) has been used, and some local studies have also been discussed.

Biodiversity in Turkey is protected by different laws and different protected area statuses. Some of these protected areas statuses are based on national legislation, and some are based on international conventions.

European countries have the following projects in this regard: MACIS (Minimisation of and Adaptation to Climate Change Impacts on Biodiversity), ALARM (Assessing Large Scale Risks for Biodiversity with Tested Methods), BioAssess and Biopress Project, Eururalis Project, IMAGE (Integrated Model to Assess the Global Environment), CLUE (Conversion of Land Use and its Effects) model, SEBI 2010, LIFE-Nature projects, IUCN projects, and BioForum project. Turkey has the following projects: Protected Areas Management Information System, Land Monitoring System, Forest Information System, Meteorology Database, Noah's Ark National Biodiversity Database, Wildlife Database, Afforestation Database, Water Database, and European Spatial Data Infrastructure (INSPIRE). Thus, the health conditions of European forests and Turkish forests are monitored, the possible risks are determined, and necessary measures are taken (Unal et al., 2015).

3. Findings

A wide range of studies on the conservation and development of biodiversity in both Turkey and European countries and the principles for the use of these studies have been presented.

Projects related to forestry are shown in Table 1. As can be inferred from Table 1, the period covered by the projects is between two to five

years, and almost all of the databases and analytical systems related to forestry also concern biodiversity (Unal et al., 2015).

In addition to the existing national projects on biodiversity in Turkey, there are General Directorate of Forestry - Preparation of Biological Diversity Action Plan, Conservation and Sustainable Management of Biodiversity in Yildiz Mountains, On-Site Conservation of Genetic Diversity Project (GEF-1), Biodiversity and Natural Resource Management (GEF-2 Project), Biodiversity of the Anatolian Diagonal Project, Strategy and Action Plan for Increasing the Capacity of Civil Society Organizations Regarding Biodiversity, and Biodiversity Symposium (Anon.2018f).

Table 1. Databases related to biodiversity and analytical systems projects

Project Name:	Start and End Date:
Desertification Monitoring System	2005-2006
Development of Forestry Information System in Sustainable Forest Management	2006-2009
Forest Fire Detection and Monitoring Systems Based on Computer Vision	2007-2009
Econometric Modeling and Estimation of Round Wood Demand in Turkey	2007-2010
Mediterranean Model Forest Network Project	2008-2012
Establishing a Foundation for the Turkish National Forest Inventory-Phase 1	2009-2010
Tracking System of Wood-Based Forest Products	2011-2012
Wood Energy Education Network Project (WETNet)	2011-2013
Turkey Forest Fire Danger Rating System, Meteorological Fire Index System (TOYTOS)	2013-2015
Mediterranean Forests With High Conservation Value Integrated Management Project in Turkey	2013-2018

In the study, these are explained in detail under the headings of “protected areas”, “protected areas in Turkey” and “studies on biodiversity”.

3.1. Protected areas

To prevent excessive and incorrect use of natural resources, to use and manage them based on scientific principles and to ensure their adequate protection, attempts have been made in many countries to ensure that natural resources take the status of protected areas (Akten et al., 2012).

The protection of the ecological balance and the prevention of exposure of natural resources to unplanned human interventions can only be achieved through the establishment of protected areas systems that will enable cooperation on both national and international scales. For this cooperation to be easy and practical, compliance with internationally accepted standards should be emphasized (Hepecan and Guney, 1996).

“International Union for Conservation of Nature (IUCN)” is an environmental organization that includes 185 countries and over 1,300 government agencies and nongovernmental organizations. Besides the Ministry of Agriculture and Forestry, The World Wildlife Fund (WWF Turkey), TEMA Foundation, Nature Association (DD), Turkey’s Nature Protection Association (TTKD), Northern Nature Association (KuzeyDoga), and Kaz Mountain and Madra Mountain Union of Municipalities (KMBB) are members to this organization (Anon. 2018d).

IUCN defines protected areas as “areas of land and/or sea especially dedicated to the protection and maintenance of biological diversity and of natural and associated cultural resources, managed through legal or other effective means.” The Convention on Biological Diversity defines a protected area as “a geographically defined area, which is designated or regulated and managed to achieve specific conservation objectives”. In the protected areas, primarily nine objectives are targeted (Dudley and Phillips, 2006):

1. Performing scientific research
2. Protecting the wildlife
3. Protecting genetic diversity and species
4. Ensuring the continuity of environmental services
5. Protecting specific natural and cultural characteristics
6. Tourism and recreational activities
7. Training activities
8. Sustainable use of natural ecosystems resources

9. Ensuring continuity of cultural and traditional qualities.

Studies on protected areas in the world from past to present and the change in the approach to protected areas according to Beresford and Phillips (2000) are shown in Table 2.

Table 2. Change over time in the approach to protected areas

Approaches to protected areas (previous)	Approaches to protected areas (current)
Planning and management without consulting the local people	Planning and management together with local people
Protection by the central government	Protection with stakeholders
Acting only for protection	Protection for social and economic purposes
Protection with a separate development scenario	Protection as part of a national or international system
Protected areas left as islands	Protection based on green corridors by developing a network where protected areas are surrounded by buffer zones
Protection of only visually beautiful areas	Protection based on scientific, economic and cultural facts
Management approach for tourists and visitors	A management approach where local people are involved more
Focus on protection	Focus on restoration along with protection
Acting as if protection was a national matter	Acting as if protection was a national and international matter

As can be seen from Table 2, the positive changes that started in the 2000s revealed the importance of technological products and thus more positive results were obtained. Thanks to camera traps,

drones, dome system, night vision systems, modern computers and information archives that are the fruits of technological developments, healthy and fast applications are conducted at national and international levels (Uyar, 2018).

3.1.1. Definition and objectives of the IUCN

The International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) is an international organization established to protect natural resources (Anon, 2018e).

Alignment with IUCN's categories, adhering to international conventions, and developing relations with international organizations are necessary. IUCN lists nature conservation areas under six categories. The recommended statuses for these categories in Turkey are as follows:

Category 1 "Absolute Nature Reserve - Nature Conservation Area and Wild Area - Wild Life Area under Strict Conservation",

Category 2 "Ecosystem Conservation and Recreation",

Category 3 "Conservation of Private Nature Elements",

Category 4 "Habitat (Biotope) / Species Conservation Area",

Category 5 "Marine and Land Landscape Conservation and Recreation", and

Category 6 "Sustainable Use of Natural Assets" (Dudley, 2008).

3.2. Protected areas in Turkey

The protected areas of Turkey include natural ecosystems ranging from deep valleys and canyons to glaciers, from deltas to forests and highlands of Black Sea, from seas and coasts to Mount Ağrı, from steppes to lakes and streams. Protected areas are home to many endemic, endangered and narrowly distributed plant and animal species. Moreover, these areas include natural beauties and areas with a variety of ecological, geological, historical, geomorphologic, archaeological, landscape and cultural features. Turkey is seen as a bridge and junction point in terms of its biodiversity as well as its historical and social features. It has rich biodiversity as it is the intersection point of three (EuroSiberian, Mediterranean, and Irano-Turanian) of 37 different phytogeographic zones on the Earth. Moreover, three (the Caucasus, the Mediterranean, Irano-Anatolian) of the world's 34 hot spots rich in biodiversity, which must be protected

immediately, are located in Turkey. With this feature, Turkey is one of the three countries (the others being China and South Africa) with three hot spots, and with its endemic species, it is seen as one of the most important countries in terms of biodiversity (Anon. 2017).

Turkey is one of the few countries that have been able to maintain a significant portion of its forests, wildlife species, and natural areas. Wild species which can be maintained only through special measures and various techniques in some countries, continue to exist naturally in Turkey lands today. The areas that host wildlife such as forests are also important biological production areas of Turkey. Forests are home to many species of plants and animals, including valuable prey animals, water birds, and fish species. In addition to their biodiversity conservation functions, these areas also have socioeconomic potentials (serving the welfare of the community) through activities such as hunting, recreation, reed production, grazing, fishing, etc. (Anon. 2005).

According to the official sources of the General Directorate of Nature Conservation and National Parks, protected areas are geographic areas defined and managed by legislation to ensure long-term preservation and sustainability of ecosystem services and cultural values with nature. Areas with protected area status in Turkey were determined under the Law No. 2873 on National Parks dated 28.08.1983 and under the Law No. 4915 on Land Hunting (Anon. 2018a).

3.2.1. Values of protected areas in Turkey

The study, which was conducted by GDNCNP in 2012 within the scope of Turkey's Protected Areas Information System project, determined the magnitude of the terrestrial protected areas of Turkey as 5 million 647 thousand 568 hectares (ha). This data indicates that 7.24% of Turkey's terrestrial areas are under official protection (Anon. 2017).

With the addition of special environmental protection zones and natural protected areas to the protected areas starting from the end of 2013, the number of protected areas in Turkey increased from 1,760 to 3,049, and the size of the area reached 7 million 883 thousand 551 hectares. Thus, the ratio of protected areas on land and sea to the

territory of the country has reached 10.11%. This ratio is around 13% in the world, indicating the need to increase the protected areas in Turkey. However, while the protected areas in Turkey are increasing, the decrease in biodiversity continues. For this reason, besides the rural development of protected areas, it is necessary to focus on nature conservation of these areas (Yildizbakan, 2015).

The protected areas of Turkey are listed in Table 3, taking into account the area type and protected area values (Anon. 2018a). These areas are determined by considering the criteria of aesthetics, science, nature conservation, and natural beauties.

Table 3. List of protected areas in Turkey

Type of Protected Area	Value of Protected Area	Number
National Park	National	44
Nature Conservation Area	National	30
Nature Park	National	247
Monument of Nature	National	114
Wildlife Development Area	National	81
Preservation Forest	National	58
Natural Archaeological Area	National	1273
Special Environmental Protection Zone	Regional	16
Ramsar Area	Global	14
Biosphere Reserve	Global	1
World Heritage Site	Global	11

In Turkey, the protected area categories identified by legal regulations (Laws no. 2873 and 6831, etc.) and their protection values are under the authority of the Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of Environment and Urbanization. Table 4 shows the protected areas under the authority of both ministries and the protection values that these areas have (Arpa et al., 2016).

Table 4. Protected areas of Turkey and their values

Protected Areas Under the Authority and Responsibility of the Ministry of Agriculture and Forestry	Values of Protected Areas
National Park (IUCN-Category II)	National
Nature Conservation Area (IUCN-Category Ia)	National
Nature Park (IUCN-Category V)	National
Monument of Nature (IUCN-Category III)	National
Wildlife Development Area (IUCN-Category IV)	National
Preservation Forest (IUCN-Category IV)	National
Ramsar Area (IUCN-Category IV)	National and Global
Biosphere Reserve	Global
World Heritage Site	Global
Gene Conservation Forest (in-situ)(IUCN-CategoryIV)	National
Seed Stand (in-situ) (IUCN-Category IV)	National
Seed Garden (ex-situ) (IUCN-Category IV)	National
Protected Areas Under the Authority and Responsibility of the Ministry of Environment and Urbanization	Values of Protected Areas
Special Environmental Protection Zone	Regional
Natural Archaeological Area	National
Natural Assets: Monumental Tree, Cave	National

3.2.2. International conventions to which Turkey is a party

Protected areas are the main building blocks of almost all national and international protection strategies supported by conventions such as the Biodiversity Convention. Protected areas cover 10% of the terrestrial areas of the world and rapidly increase in marine areas. The management objectives of the protected areas have a wide range: they should not be managed by one organization but can only be managed by many stakeholders (Dudley, 2008).

The areas that have been given the status of protected areas by the national laws in Turkey until now include national parks, nature conservation areas, natural parks, natural monuments, protected forests, gene conservation forests, seed stands,

seed gardens, resting places in forests, wildlife conservation areas, wildlife development sites, aquaculture production sites, and natural sites as well as those with international importance such as world cultural and natural heritage sites, emerald network areas, and special environmental protection zones (Baskaya et al., 2005). The national and international biodiversity conventions to which Turkey is a party are shown in Table 5 (Anon, 2018c).

Table 5. International biodiversity conventions to which Turkey is a party

Title of Convention	Date of Convention/Publication	Turkey's Date of Ratification
Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern)	1982	1984
Convention on Biological Diversity United Nations	1992	1996
Cartagena Biosafety Protocol	2003	2004
The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES)	1973	1996
Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution (Barcelona)	1976	2002
World Charter For Nature	1982	1982
Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants	2004	2010

Forest Europe	1990	1990
Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution (Bucharest)	1992	1994
Convention on Wetlands (Ramsar)	1975	1994
Sevilla Convention	1971	1971
International Convention for the Protection of Birds (Paris)	1950	1956
Natura 2000	The EU Birds Directives (1981) / the EU Habitats Directives (1992)	

3.3. Studies on biodiversity

The most recent project on biodiversity studies in Turkey is Noah's Ark National Biodiversity Database. The details of this project are explained under "principles of benefiting from the project."

3.3.1. Noah's Ark National Biodiversity Database

Many projects are in progress in Turkey on biodiversity conservation. Among these, "Noah's Ark National Biodiversity Database" has national and international significance. Therefore, the purpose and scope of this project and the principles of benefiting from the project are explained in detail in this study.

In addition to the GDNCNP information system to combat bio-smuggling and the projects and studies that we have listed in Table 1, Noah's Ark National Biodiversity Database was established, which contains observation data of the species in the biogeography of Turkey. It is an Internet-based national biodiversity database that is open to data entry by all researchers (Anon. 2018).

The purpose and scope of this project are explained in detail below under the "Principles of Benefiting from the Project."

3.3.1.1. Principles of benefiting from the Project

Wildlife management is based on protecting the natural process. Protection is required for all wildlife species that are hunted and not hunted. For this purpose, it is aimed to preserve genetic diversity and ecosystem by considering all species. Wildlife management aims to ensure the protection and development of areas of endemic species under the threat of extinction nationally, locally or culturally - economically valuable species (Gungoroglu, 2000).

The following can contribute to Noah's Ark National Biodiversity Database (Anon. 2018);

1. All public bodies,
2. Scientists and academic research units,
3. Non-governmental organizations collecting data on the nature of Turkey,
4. Other institutions with a biodiversity database,
5. Amateur observers.

The concept of "biosphere reserve," which has most recently been introduced, refers to protected areas where the principle of both protection and use is applied (Albayrak, 2010). There is no data on the number of prey animals or hunters in Turkey. Moreover, it is not known how many prey animals hunters hunt every year either. Therefore, we need to investigate how it would be possible to protect and manage animals whose number is unknown. As a practical solution, the inventory of prey animals should be immediately taken, and hunting should be carried out within the framework of laws. The first step in ensuring sustainable wildlife management is the wildlife inventory (Kucukosmanoglu and Arslangundogdu, 2009).

Noah's Ark National Biological Diversity Database was created by the Biological Diversity Monitoring Unit of the Ministry of Forestry and Water Affairs of the Republic of Turkey, on 18.10.2007. Today, many species live in the wild in Anatolia. Noah's Ark National Biodiversity Database was created by scientists to maintain the richness of wildlife, one of the most important natural resources of Turkey, and to contribute to the studies on nature.

It is the most extensive national database with the .gov extension where data on Turkey's biodiversity is collected, questioned and monitored (Anon, 2018). .gov is the top-level domain name on the internet. It is the abbreviation of the word

“government” in English. This database ensures the following:

- Conservation of biodiversity, one of Turkey’s most abundant natural resources, is a long-term investment for future generations and ensures the protection of Turkey’s natural resources.
- Turkey’s obligations arising from international processes such as the United Nations Convention on Biological Diversity and Accession to the European Union (EU) are fulfilled.

Noah’s Ark National Biodiversity Database is a publicly available, web-based database that gives its members limited access to data and permits interrogation based on “areas,” “species,” and “habitats” for monitoring Turkey’s biodiversity (Anon, 2018). Thus, users will be able to;

- Enter into the system their data on biological diversity directly through the location coordinates without depending on field names,
- Filter information on the family, taxon, and time interval based on species and information on protected area, habitat, and geographical area by indicating the area on the map,
- Access to the distribution of species maps,
- Follow the changes in the species in the red list status,
- Follow all protected areas and changes in protected areas over time,
- Use the database when preparing Environmental Impact Assessment (EIA) reports and making critical managerial decisions.

4. Conclusion and Recommendations

The explanations and investigation of researches so far can be summarized as follows.

1- To protect the biodiversity in Turkey, it is necessary to prevent the adverse effects of living and non-living factors. Biological diversity must be ensured by taking these various protective measures.

2- EIA should be carried out for any type of buildings or facilities that are planned in areas

where biodiversity is protected. While preparing EIA and making important managerial decisions, Noah’s Ark National Biodiversity Database can easily be used.

3- Natural resources should not be polluted and damaged during the biodiversity protection activities.

4- The conservation of biodiversity requires public participation and cooperation. This is possible by educating the public and raising awareness. Conservation of natural resources should not mean that they are kept untouched; it can be achieved by using resources wisely. Successful and effective conservation is possible through participation, mutual understanding and consensus. Conservation efforts should be supported by social and economic measures.

5- For the realization of activities related to nature conservation, the contribution of the state as well as other private and legal entities is essential.

6- The effects of global climate change should be examined throughout Turkey and risk areas should be determined through data banks such as Noah’s Ark National Biodiversity Database.

7- The developed countries of the 21st century do not only use their natural resources (forests, wild animals, plant species, water resources, etc.) financially; they consider their sentimental values and strive to protect them.

8- Turkey must be a member of all international organizations on the conservation of nature and natural resources around the world and fulfill their requirements.

9- Turkey must fulfill its obligations arising from international processes such as the United Nations Convention on Biological Diversity and Accession to the European Union.

References

- Akten, S., Gul, A. and Akten, M., (2012). Visitor Management Models and Their Comparison in Protected Natural Areas. Süleyman Demirel University, Journal of Faculty of Forestry, 13, 1, 57-65, Isparta.

- Anonymous, (2005). Ministry of Environment and Forestry, 1st Environmental Forest Advisory Board Book, Advisory Board Decisions 1. Environmental and Forestry Advisory Board Working Document. 99-103, Chapter 7 Nature Protection, 22-24 March 2005, Antalya.
- Anonymous, (2011). Düzlerçamı Wildlife Development Area Management and Development Plan. T.R. Ministry of Environment and Forestry, DKMP General Directorate, Antalya Provincial Directorate of Environment and Forestry, June, Antalya.
- Anonymous, (2011a). Üzümdere Wildlife Development Area Management and Development Plan. T.R. Ministry of Environment and Forestry, DKMP General Directorate, Antalya Provincial Directorate of Environment and Forestry, January, Antalya.
- Anonymous, (2017). <http://www.milliparklar.gov.tr/AnaSayfa/MilliParklarDairesi.aspx?sflang=tr>, [Visiting Date: 15.12.2017].
- Anonymous, (2018). <http://www.nuhungemisi.gov.tr/Giris/index.aspx>, [Visiting Date: 04.12.2018].
- Anonymous, (2018a). <http://www.milliparklar.gov.tr/korunan- alanlar>, [Visiting Date: 25.06.2019].
- Anonymous, (2018c). <http://izindenetim.cevreorman.gov.tr/izin/ AnaSayfa/birimler/uluslarasiKuruluslar>, [Visiting Date: 25.03.2018].
- Anonymous, (2018d). http://www.mfa.gov.tr/uluslararası-dogay-i- koruma-birligi_iucn_.tr.mfa, [Visiting Date: 04.04.2018].
- Anonymous, (2018e). https://www.turkcebilgi.com/iucn_kirmizi _listesi, [Visiting Date: 14.04.2018].
- Anonymous, (2018f). <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane>, [Visiting Date: 14.12.2018].
- Arpa, N.Y., Arda, S.S., Ersoz, N., Hacet, A., Karaarslan, Z., Ozkan, M., (2016). The Role, Importance, Problems and Suggestions of Protected Areas in Conservation of Rural Landscape. 6th Landscape Architecture Congress, TMMOB Chamber of Landscape Architects, Ankara.
- Baskaya, S., Bilgili, E., Ucarlı, Y. and Baskaya, E., (2005). The Role and Importance of Wild Animals in Ecosystem-Based and Multi-Purpose Planning of Forests. Things to be transformed into emergency action in the international process in Turkish Forestry, Legislation and its Reflections Symposium, Proceedings Book, Antalya
- Beresford, M. and Phillips, A., (2000). Protected landscapes: A conservation model for the 21st century. The George Wright Forum, Vol. 17, No. 1, George Wright Society.
- Dudley, N. and Phillips, A., (2006). Forests and Protected Areas: Guidance on the use of the IUCN protected area management categories. Vol. 12, Gland, Switzerland, IUCN.
- Dudley, N., (2008). Guidelines for applying protected area management categories. IUCN.
- Gungoroglu, C., (2000). Wildlife and Hunting Turkey's Progress Report. T.R. Ministry of Forestry, National Parks and Hunting-Wildlife General Directorate, Ankara.
- Hepcan, S. and Guney, A., (1996). New Management Categories and Their Importance in Protected Areas. Ege University, faculty of Agriculture, Department of Landscape Architecture, İzmir.
- Kucukosmanoglu, A. and Arslangundogdu, Z., (2009). The future of hunting in Turkey. Acta Turcica (Online Thematic Journal of Turkology), vol.1, 357-366.
- Mol, T., (2006). Wild Life. İstanbul University, Department of Forest Entomology and Conservation.
- Unal, H.E., Birben, U., Ozden, S., (2015). Evaluation of the draft European Forest Convention in terms of National Forestry Policy. 4. Congress on Socioeconomic Problems in Forestry, 14-17 October 2015, Trabzon.
- Uyar, C., (2018). Inventory Studies in the Wildlife Development Areas of the Antalya Region. Master Thesis, İstanbul University, Institute of Science and Technology, İstanbul.

Yildizbakan, A., (2015). Investigation of Wild Goat (*Capra aegagrus Erxleben*) Population Size in the Eastern Mediterranean Region (2010-2014). 3. Nature and Forestry Symposium Towards 2023, TMMOB Chamber of Forest Engineers, November, Antalya.

Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, Times New Roman yazı tipinde, 10 punto olarak ve düz metin şeklinde yazılmalıdır. Makaleye sayfa ve satır numaraları eklenmelidir.

Kapak sayfası: Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri bulunmalıdır.

Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce): Özet 500 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. 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 yer almalıdır.

Semboller ve kısaltmalar: Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) göre olmalıdır.

Kaynaklar: Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Özkan vd., 2008; Özdemir, 2015). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayının yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Kandemir, 1999a; 2000b; 2001).

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalı ve ilgili yere eklenmelidir. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller hem elektronik ortamda hem de kağıt baskıda net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde olmalıdır.

Makalenin gönderilmesi: Dergimizin bütün hakemlik ve yayıncılık işlemleri elektronik sistem üzerinden gerçekleştirilmektedir. Dergimize yayın göndermek isteyen yazarların ilk olarak dergimizin "web sitesine" girerek "kayıt" ekranından üye olmaları gerekmektedir. Kayıtlı yazarlarımız sisteme "giriş" yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte ve hakem önerilerini de içeren "Telif Hakkı Devri Formunu" sisteme ek belge olarak yüklemelidirler.

Instructions for authors

Manuscript should be written in A4 page size, with Times New Roman font and 10 pt font size, as plain text. Page and line numbers should be included into the manuscript.

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 written exceed 500 words. 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 located below tables and figures.

Symbols and abbreviations: Unit symbols should comply with The International System of Units.

References: In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Özkan et al., 2008; Özdemir, 2015). 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: Kandemir, 1999a; 2000b; 2001).

Tables and figures: All tables and figures should be numbered in the order of their citation in the text, and they should be located in suitable places. 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 easily visible and understandable both in print and electronic versions. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution. Characters within the figures should be in Times New Roman font type.

Submission of a manuscript: In our journal, all review and publishing processes are conducted within an electronic system. Authors who want to submit their manuscript to our journal should first visit our "web page" and "register" as an author. Our registered members can "log in" to the system and then upload their manuscript and "COPYRIGHT RELEASE FORM" as an appendix, containing their suggested referees.

Kaynaklar

Kaynak kullanımları aşağıda örneklerde belirtilen şekillerde olmalıdır.

References

Using of references should be in the form as follows.

Article in periodical journals / Periyodik dergilerde makale

- Akyıldırım, O., Gökce, H., Bahçeli, S., Yüksek, H. (2017). Theoretical and Spectroscopic (FT-IR, NMR and UV-Vis.) Characterizations of 3-p-chlorobenzyl-4-(4-carboxybenzylidenamino)-4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-one Molecule. *Journal of Molecular Structure*, 1127: 114-123.
- Tan, S., Williams, C.T. (2013). An In Situ Spectroscopic Study of Prochiral Reactant–Chiral Modifier Interactions on Palladium Catalyst: Case of Alkenoic Acid and Cinchonidine in Various Solvents. *J. Phys. Chem. C*, 117(35): 18043–18052.

Book / Kitap

- Özkan, K. (2016). *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (α , β , γ) Nasıl Ölçülür?* Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 98, ISBN: 976-9944-452-89-2, Isparta, 142 s.
- Whittaker, E. T. (1988). *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies*. Cambridge University Press.

Reference to a chapter in an edited book / Kitapta bölüm

- Westhoff, V., Van Der Maarel, E. (1978). The braun-blanquet approach in classification of plant communities, Reinhold Tüxen (Ed.), *Handbook of Vegetation Science*, Springer Netherlands, pp. 619-704.
- Şencan, A., Sevindir, H.C., Kiliç, M., Karaboyacı, M. (2011). Biosorption of CR+ 6 from Aqueous Solution with Activated Sludge Biosolids (Ref. NO: MT11-OP-475), Gökçekus, H., Türker, U., LaMoreaux, J.W., (Ed, *Survival and Sustainability*, 973-984.

Thesis and dissertation / Tez

- Gülsoy, S. (2011). *Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Emler (Anacardiaceae)'in Göller Yöresi'ndeki Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Yetiştirme Ortamı-Meyve Uçucu Yağ İçeriği Etkileşimleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 194 s.
- Özdemir, S. (2015). Ovacık Dağı Yöresi'nde Türk Kekliği (*Origanum onites* L.) ve Büyük Çiçekli Adaçayı (*Salvia tomentosa* Miller) Türlerinin Ekolojik Özellikleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. 74s.

Conference proceedings / Konferans bildirisi

- Özkan, K., Kavgacı, A. 2009. Küresel ısınmanın orta dağlık alanlarda tür çeşitliliği üzerine olası etkileri (Acıpayam yöresi örneği). I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu (Eds: Palta, Ç.), 16-18 Haziran 2009, Konya, Türkiye, 277-284.
- Özkan, K., Negiz, M.G., Şentürk, Ö., Kandemir, H. (2012). Göller Bölgesi'ndeki Bazı Önemli Rekreasyon Alanları ve Onların Ekolojik Özellikleri, I. Rekreasyon Araştırmaları Kongresi 2012, Bildiri Kitabı, 12-15 Nisan, 587-596, Detay Yayıncılık, Kemer-Antalya.

Electronic reference / Elektronik kaynak

- FAO, (2016). *Sustainable Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/sustainability/en/>, Accessed: 14.06.2016.
- Milliparklar, (2017). Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. <http://www.milliparklar.gov.tr/korunanalanlar/kavramlar.htm>, Erişim Tarihi: 18.06.2017.

Bilge International Journal of Science and Technology Research online ve açık erişimli yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Dergi dili İngilizce ve Türkçe'dir. Yılda iki sayı yayınlanan dergide Temel bilimler, Doğa bilimleri, Mühendislik ve Teknoloji bilimleri konularında bilimsel makaleler yayınlanmaktadır. Dergimize gönderilen makalelerin daha önce yayınlanmamış orijinal çalışmalar olması gerekmektedir. Dergide yayımlanacak makalenin atıflarından, bilimsel verilerinden, sonuçlarından ve etik kurallara uygun olup olmadığından yazarlar sorumludur (yazar/yazarlar bu durumu telif hakkı sözleşmesinde kabul eder). Orijinal araştırmaya dayalı çalışmalara öncelik verilmekte, sınırlı sayıda derleme makale yayınlanmaktadır. Dergiye gönderilen makale, yayın kurulu tarafından yayına uygunluk açısından incelendikten sonra en az iki hakeme gönderilir. Hakemlerin değerlendirmeleri sonucunda en az iki yayınlanabilir raporu alan makale, dergi yönetiminin uygun görülen bir sayıda yayımlanır. Hakem raporlarının birisinin olumlu, diğerinin olumsuz olması durumunda makale üçüncü bir hakeme gönderilir. Bu durumda makalenin yayımlanıp yayımlanmamasına üçüncü hakemin raporuna göre karar verilir. Hakemler tarafından düzeltme istenen makaleler gerekli düzeltmeler için yazara geri gönderilir. Düzeltilecek metnin belirtilen sürede dergi sistemine yüklenmesi yazarın sorumluluğundadır. Makalenin yayımlanması konusunda son karar, dergi editörlüğüne aittir.

Bilge International Journal of Science and Technology Research is an online, open access, peer-reviewed, international research journal. Language of the journal is English and Turkish. The journal published two issues a year publishes scientific articles on the subjects of Basic Sciences, Natural Sciences, Engineering and Technology. Authors should only submit original work, which has not been previously published and is not currently considered for publication elsewhere. The authors are responsible for the citations of the article to be published, its scientific data, its results, and whether it is in line with ethical rules (Author / authors accept that in the copyright agreement). Research papers will be given priority for publication while only a limited number of review papers are published in a given issue. The articles are sent to at least two reviewers after examined by the editor board in terms of compliance with the publication. As a result of the evaluations of the reviewers, the article which received at least two publishable reports will be published at a suitable number for the management of the journal. If one of the reviewer reports is positive and the other is negative, the article will be sent a third reviewer. In this case, the publication of the article is decided according to the third report. The articles corrected by the referees are returned to the author for necessary corrections. It is the responsibility of the author to upload the revised text to the journal system for the specified period. The final decision on the publication of the article belongs to the editor.

