

ISSN (E) 2667-5374

# IJEDT

International Journal of  
Engineering, Design and Technology

Year 2019 Volume 1 Issue 1

**MAKÜMMF**

A periodical of  
Faculty of Engineering and Architecture  
Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
[dergipark.gov.tr/ijedt](http://dergipark.gov.tr/ijedt)

## Owner

On behalf of Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
**Prof. Dr. Adem KORKMAZ**  
Rector

## Dergi Sahibi

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi adına  
**Prof. Dr. Adem KORKMAZ**  
Rektör

## Editor-in-Chief

**Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA**  
Dean  
Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
Faculty of Engineering and Architecture

## Editör

**Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA**  
Dekan  
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi

## Assoc. Editors

Assoc. Prof. Dr. Gül den BAŞYİĞİT KILIÇ  
Assoc. Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ

## Editör Yardımcıları

Doç. Dr. Gül den BAŞYİĞİT KILIÇ  
Doç. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ

## Proofreader

Assist. Prof. Dr. Ahmet ÇİFCİ

## Redaktör

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇİFCİ

## English Language Editor

Assist. Prof. Dr. Gökhan YILMAZ

## İngilizce Dil Editörü

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan YILMAZ

## Secrateriat

R. A. Mustafa BATAR  
R. A. Damla BİLECEN  
R. A. Kadir MERCAN  
R. A. Hilal TUNCER

## Sekretarya

Arş. Gör. Mustafa BATAR  
Arş. Gör. Damla BİLECEN  
Arş. Gör. Kadir MERCAN  
Arş. Gör. Hilal TUNCER

## Editorial Board (Local)

**Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA**  
**Prof. Dr. Rıdvan KARAPINAR**  
**Prof. Dr. M. Ilgar KIRZIOĞLU**  
**Prof. Dr. Tayyar GÜNGÖR**  
**Prof. Dr. Oğuz GÜR SOY**  
**Assoc. Prof. Dr. Hale SEÇİLMİŞ CANBAY**  
**Assoc. Prof. Dr. Ali Hakan IŞIK**  
**Assoc. Prof. Dr. Gül den BAŞYİĞİT KILIÇ**  
**Assoc. Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ**  
**Assist. Prof. Dr. Gültekin BASMACI**  
**Assist. Prof. Dr. Ahmet ÇİFCİ**  
**Assist. Prof. Dr. Mehmet Fatih DEMİR AL**  
**Assist. Prof. Dr. Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU**

## Yayın Kurulu (Yerel)

**Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA**  
**Prof. Dr. Rıdvan KARAPINAR**  
**Prof. Dr. M. Ilgar KIRZIOĞLU**  
**Prof. Dr. Tayyar GÜNGÖR**  
**Prof. Dr. Oğuz GÜR SOY**  
**Doç. Dr. Hale SEÇİLMİŞ CANBAY**  
**Doç. Dr. Ali Hakan IŞIK**  
**Doç. Dr. Gül den BAŞYİĞİT KILIÇ**  
**Doç. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ**  
**Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI**  
**Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇİFCİ**  
**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih DEMİR AL**  
**Dr. Öğr. Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU**

## International Editorial Board

## Uluslararası Yayın Kurulu

- Prof. Dr. Mohd Ezree Bin ABDULLAH, Tun Hussein Onn University of Malaysia, Malaysia  
Prof. Dr. Tapani ALATOSSAVA, The University of Helsinki, Finland  
Prof. Sadık C. ARTUNÇ, Mississippi State University, USA  
Prof. Dr. Öner DEMİREL, Kırıkkale Üniversitesi  
Prof. Dr. Oliver GAILING, University of Göttingen, Germany  
Prof. Dr. Rodrigo AMORIM GARCIA, University of Rio de Janeiro Federal, Brasil  
Prof. Dr. Atila GÜL, Süleyman Demirel Üniversitesi  
Prof. Dr. Tayyar GÜNGÖR, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Prof. Dr. Oğuz GÜRİSOY, Burdur Mehmet Akif Üniversitesi  
Prof. Dr. Rıdvan KARAPINAR, Burdur Mehmet Akif Üniversitesi  
Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA, Burdur Mehmet Akif Üniversitesi  
Prof. Dr. Mehmet Ali KAYA, Trakya Üniversitesi  
Prof. Dr. M. Ilgar KIRZIOĞLU, Burdur Mehmet Akif Üniversitesi  
Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU, Düzce Üniversitesi  
Prof. Dr. Martin NERUDA, Jan Evangelista Purkyně University, Czech Republic  
Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi  
Prof. Dr. Maria OMASTOVA, Polymer Institute, Slovakia  
Prof. Dr. Erol TUTUMLUER, University of Illinois-Urbana-Champaign, USA  
Assoc. Prof. Dr. Sehla ABBASOVA, MAKÜ/Azerbaycan  
Assoc. Prof. Dr. Zikri ARSLAN, Jackson State University, USA  
Assoc. Prof. Emanuel J. CARTER Jr., SUNY-Environmental Science and Forestry, USA  
Doç. Dr. Hale SEÇİLMİŞ CANBAY, Burdur Mehmet Akif Üniversitesi  
Doç. Dr. Zuhâl KAYNAKCI ELİNÇ, Akdeniz Üniversitesi  
Doç. Dr. Ali Hakan IŞIK, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Doç. Dr. Gülden BAŞYİĞİT KILIÇ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Doç. Dr. İsmail KIRBAŞ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Assoc. Prof. Dr. Waiel MOWRTAGE, Marmara Üniversitesi  
Doç. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Doç. Dr. Handan UCUN ÖZEL, Bartın Üniversitesi  
Doç. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Assist. Prof. Dr. Namiq ABBASOV, MAKÜ/Azerbaycan  
Dr. Öğr. Üyesi Gültekin BASMACI, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇİFCİ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Fatih DEMİRAL, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Sertaç GÖRGÜLÜ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Assist. Prof. Dr. Kinga KIMIC, The Warsaw University of Life Sciences, Poland  
Dr. Öğr. Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim İskender SOYASLAN, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Dr. Öğr. Üyesi Altan YILMAZ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

**International Journal of Engineering, Design and Technology is an international peer-reviewed journal and published biannually. The opinions, thoughts, postulations or proposals within the manuscripts are but reflections of the authors and do not, in any way, represent those of the Burdur Mehmet Akif Ersoy University.**

*Uluslararası Mühendislik, Tasarım ve Teknoloji Dergisi, uluslararası hakemli bir dergidir ve yılda iki sayı yayımlanmaktadır. Yazıların içindeki görüşler, düşünceler, önermeler veya öneriler yazarların görüşleri yansıtmaktadır ve hiçbir şekilde Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi'nin görüşlerini temsil etmemektedir.*

# Üniversite Fitness Merkezlerinde Kullanıcı Memnuniyetinin İncelenmesi: MAKÜ ve PAÜ Örneği

## Determination of User Satisfaction in University Fitness Centers: Case Study of MAKU and PAU, Turkey

Latif Gürkan KAYA<sup>1</sup>, Cengiz YÜCEDAĞ<sup>1</sup>, Hüseyin Samet AŞIKKUTLU<sup>1\*</sup>, Rumeysa KESKİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Burdur  
<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı, Burdur

Received (Geliş Tarihi): 14.12.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 31.12.2018  
Corresponding author (Sorumlu Yazar\*): sasikkutlu@mehmetakif.edu.tr

### ÖZ

Çalışmanın ana amacı, üniversite fitness merkezlerinde kullanıcı memnuniyetinin Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (MAKÜ) ve Pamukkale Üniversitesi (PAÜ) örneklerinde incelenmesidir. Çalışmada anket yöntemi kullanılmıştır. Anket formları, 2018 yılı Mart-Nisan aylarında MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinin her birinde 30 olmak üzere toplam 60 kullanıcıya yüz yüze görüşmeler şeklinde uygulanmıştır. Anket verileri, SPSS programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmayla, MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde özellikle alana ulaşım, mekan içi yönlendirme tabelaları, mekan büyüklüğü, kafeterya, havalandırma, fitness ekipmanlarının sayısı ve müzik konularının yeterlilikleri bakımından kullanıcıların verdikleri cevaplarda farklılıklar olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde saptanan zayıf noktalar ve yanlış algılamalar alınacak olan yönetsel kararlar ile giderilebilir. Böylece, çalışılan fitness merkezlerindeki mekanlar kullanıcılar tarafından tam olarak algılanmış ve kullanıcı memnuniyeti sağlanmış olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Fitness merkezi, memnuniyet, üniversite, MAKÜ, PAÜ

### ABSTRACT

The key target of the study is to determine the user satisfaction in university fitness centers in Burdur Mehmet Akif Ersoy University (MAKU) and Pamukkale University (PAU). Questionnaire method was used in the study. The questionnaire forms were applied as a face-to-face interview for 60 volunteers, 30 of them in MAKÜ and the others in the PAU, in the fitness centers of MAKU and PAU in March-April 2018. The questionnaire data were analyzed using SPSS program. With this study, it was found that there were differences in the answers of the users in terms of accessibility, in place routing signs, area size, cafeteria, ventilation, number of fitness equipment, and music in the MAKU and PAU fitness centers. As a result, weak points and misperceptions in MAKU and PAU fitness centers can be resolved by administrative decisions. In this way, the places in the fitness centers will be fully perceived by the users and user satisfaction will be ensured.

**Keywords:** Fitness center, satisfaction, university, MAKU, PAU

### GİRİŞ

Spor kavramı; bireylerin fizyolojik, psikolojik ve sosyolojik bakımdan gelişimlerini sağlayan, bunun yanında bilgi ve becerilerini geliştiren bir araç olarak tanımlanmaktadır (Bayrak, 2013; Demirel, 2013). Sporun temel amacı ise, hareketsiz bir yaşantının sebep olduğu organik, psikolojik ve fiziki bozuklukları engellemek ya da yavaşlatmak, beden sağlığının temeli olan fizyolojik kapasiteyi arttırmak, fiziksel uygunluğun ve sağlığın uzun yıllar korunmasını sağlamaktır (Güdül, 2008). Bu bağlamda

spor, 21. yy da özellikle sağlık bilincine sahip toplumlarda önemli bir rol oynamaktadır (Nagy ve Tobak, 2015).

İnsanların sağlıklı bir yaşam sürdürebilmeleri için fiziksel etkinliklerin önemi daha çok anlaşılmıştır ve böylece insanların serbest zamanları içinde fitness ve rekreasyonel etkinliklere yönelik ilgilerinde artış olmuştur. Bunun doğal sonucu olarak da bu etkinliklerin yapılabileceği fitness ve spor merkezleri ile sağlık kulüpleri gibi tesislerin sayısında da bir artış olmuştur (Yıldırım, 2017). Günümüzde spor tesisleri, kullanıcı merkezli olmanın yanı sıra

hizmet sunan nitelikte kurumlar olarak kullanıcı memnuniyetini karşılamak durumundadırlar. Dolayısıyla spor tesisleri için hizmetlerin, faaliyetlerin ve ürünlerin sunulduğu önem içermektedir (Girginer ve Şahin, 2007).

Üniversite kampüsleri ise öğrencilerin fiziksel, toplumsal ve ruhsal açıdan gelişmelerine olanak sağlayan ve asıl amacı eğitim olan fiziksel unsurlara sahip alanlardır (Topay ve ark., 2003). Ayrıca üniversite kampüsleri her bireyin spor yapabileceği alanlar oluşturarak sporun yayılmasına fırsat sunmaktadır (Bayrak, 2013).

Bugüne kadar fitness merkezlerinde kullanıcı memnuniyetini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin; Gündül (2008) çalışmasında, antrenörlerin bilgi düzeyinin yeterli olması ve eğitim seviyelerinin yüksek olmasının fitness salonu kullanıcılarının memnuniyetinde etkili olduğunu belirtmiştir. Tüfekçi (2010) çalışmasında, fitness merkezlerinde yöneticilerin periyodik şekilde hizmet kalitesi ölçümleri yaparak en düşük kalite düzeyine sahip olan boyutlardan başlamak koşuluyla kullanıcı memnuniyetini sağlamalarının gerektiğini belirtmişlerdir. Bu konuyla benzer şekilde, Gocłowska ve Piątkowska (2017) çalışmalarında, kullanıcı memnuniyet faktörlerinin daha iyi anlaşılmasının fitness merkezi yöneticileri için önemli olduğunu belirtmişlerdir. Yıldız ve ark. (2018) çalışmalarında, fiziksel egzersiz olanağı sunan fitness merkezlerinde kullanıcı memnuniyetinin hizmet kalitesini artırmakla sağlanabileceğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Alexandris ve Palialia (1999) Selanik/Yunanistan'da, Dobrescu ve Salgau (2011) Bacau/Romanya'da, Öztaş ve ark. (2016) Konya/Türkiye'de yapmış oldukları çalışmalarında fitness merkezlerinde kullanıcı memnuniyeti konusunu incelemişlerdir.

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda üniversite fitness merkezlerinde kullanıcı memnuniyetinin karşılanmasının gerekli olduğu söylenebilir. Bu nedenle bu çalışmada, materyal olarak belirlenen MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde kullanıcı memnuniyetinin incelenmesi amaçlanmıştır.

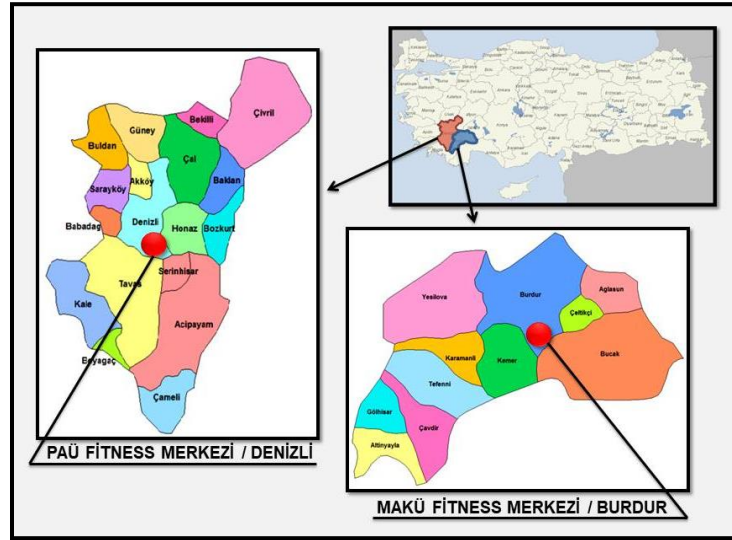
## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında materyal olarak Burdur İlinde bulunan MAKÜ fitness merkezi ve Denizli İlinde bulunan PAÜ fitness merkezi seçilmiştir. Şekil 1'de çalışma alanlarının konumu gösterilmektedir.

Burdur İli, Akdeniz Bölgesinde Göller Yöresi adı verilen bölgede, 36-53 ve 37-50 kuzey enlemleri ile 29-24 ve 30-53 doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İlde merkez ilçe ile birlikte Ağlasun, Altınyayla, Bucak, Çavdır, Çeltikçi, Gölhisar, Karamanlı, Kemer, Tefenni, Yeşilova ilçeleri bulunmaktadır (URL-1, 2018). İlin yüzölçümü 7.175 km<sup>2</sup> dir (URL-2, 2018). İlin, 2017 yılına ait nüfusu 264.779'dur (TÜİK, 2018). MAKÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne bağlı olan fitness merkezi 30.03.2015 tarihinde açılmıştır ve İstiklal Yerleşkesi'nde bulunmaktadır (URL-3, 2018).

Denizli İli, Anadolu Yarımadasının güneybatısında, Ege Bölgesinin doğusundadır. Ayrıca, Denizli İli Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçit niteliğindedir. İl, 28° 30' – 29° 30' doğu meridyenleri ile 37° 12' – 38° 12' kuzey paralelleri arasında bulunmaktadır (URL-4, 2018). İlde, merkez ilçe ile birlikte Acıpayam, Akköy, Babadağ, Baklan, Bekilli, Beyağaç, Bozkurt, Buldan, Çal, Çameli, Çardak, Çivril, Güney, Honaz, Kale, Sarayköy, Serinhisar, Tavas ilçeleri bulunmaktadır (URL-5, 2018). İlin yüzölçümü 12.134 km<sup>2</sup> dir (URL-2, 2018). İlin, 2017 yılına ait nüfusu 1.018.735'dir (TÜİK, 2018). PAÜ Şehit Ömer Halisdemir Spor Bilimleri ve Teknolojisi Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne bağlı olan fitness merkezi 28.10.2006 tarihinde açılmıştır ve Kınıklı Yerleşkesi'nde bulunmaktadır (URL-6, 2018).

Çalışmada anket yöntemi kullanılmıştır. Anket formu, Yıldız ve Tüfekçi (2010) ile Eser (2015)'in çalışmaları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Kullanıcı memnuniyeti sorularında üçlü Likert ölçeği kullanılmıştır. Anket formları, 2018 yılı Mart-Nisan aylarında MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinin her birinde 30 olmak üzere toplam 60 kullanıcıya yüz yüze görüşmeler şeklinde uygulanmıştır. Anket verileri, SPSS programı (SPSS Inc., 2002) kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın hazırlanmasında izlenen aşamalar yöntem akış şemasında sunulmuştur (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanları



Şekil 2. Yöntem akış şeması

## BULGULAR VE TARTIŞMA

MAKÜ fitness merkezine gelen kullanıcıların büyük kısmının erkeklerden oluştuğu (%70), 18-25 yaş aralığında olduğu (%80), Yüksekokul/Üniversite eğitimi aldığı (%80), öğrenci olduğu (%77), 1000 TL ve altında aylık gelire sahip olduğu (%60) belirlenmiştir. PAÜ fitness merkezine gelen kullanıcıların ise büyük kısmının 36-45

yaş aralığında olduğu (%43), Yüksekokul/Üniversite eğitimi aldığı (%67), memur olduğu (%40), 2501-4000 TL arasında aylık gelire sahip olduğu (%37) belirlenmiştir. Ayrıca, PAÜ fitness merkezine gelen erkek ve kadın kullanıcıların oranının birbirine aynı olduğu saptanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Kullanıcı özelliği yüzde dağılımları

KULLANICI ÖZELLİĞİ		MAKÜ FITNESS MERKEZİ (%)	PAÜ FITNESS MERKEZİ (%)
Cinsiyet	Erkek	70	50
	Kadın	30	50
<b>Toplam (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>
Yaş	17 yaş ve altı	0	0
	18-25	80	7
	26-35	13	30
	36-45	7	43
	46-55	0	20
	56-65	0	0
	66 yaş ve üstü	0	0
<b>Toplam (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>
Eğitim Durumu	Okur-yazar değil	0	0
	İlkokul	0	0
	Ortaokul	0	7
	Lise	7	3
	Yüksekokul/Üniversite	80	67
	Yükseklisans/Doktora	13	23
<b>Toplam (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>
Meslek	Memur	0	40
	Çiftçi	3	0
	Özel sektör	7	24
	Üniversite personeli	13	24
	Emekli	0	3
	Ev hanımı	0	3
	Öğrenci	77	3
	İşsiz	0	3
<b>Toplam (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>
Aylık gelir durumu	1000 TL ve altı	60	3
	1001 TL - 2500 TL	27	17
	2501 TL - 4000 TL	3	37
	4001 TL - 5000 TL	7	16
	5001 TL ve üstü	3	27
<b>Toplam (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerine gelen kullanıcıların bu alanları kullanım durumlarının benzer olduğu belirlenmiştir. MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerine kullanıcıların çoğunlukla haftada 1 den fazla geldikleri (MAKÜ: %63, PAÜ: %50), alanı arkadaşlarından öğrendikleri (MAKÜ: %67, PAÜ: %63) ve sağlıklı olmak için alanı kullandıkları (MAKÜ: %70, PAÜ: %93) saptanmıştır (Tablo 2).

MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerine gelen kullanıcılara yapılan anketlere göre kullanıcı memnuniyet durumları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Fitness merkezi kullanım durumu yüzde dağılımı

FİTNESS MERKEZİ KULLANIM DURUMU		MAKÜ FİTNESS MERKEZİ (%)	PAÜ FİTNESS MERKEZİ (%)
Fitness merkezine gitme sıklığı	Çok ender	0	24
	Yılda 1-2 kez	0	0
	Ayda 1 kez	7	3
	15 günde 1 kez	3	10
	Haftada 1 kez	10	3
	Haftada 1'den fazla	<b>63</b>	<b>50</b>
	Hergün	17	10
<b>Toplam (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>
Fitness merkezinin nereden öğrenildiği	Arkadaşımdan	<b>67</b>	<b>63</b>
	İnternette	10	3
	Yazılı/sözlü basından	0	7
	Komşumdan	3	4
	Diğer	20	23
<b>Toplam (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>
Fitness merkezinde sporunun neden yapıldığı	Sağlıklı olmak için	<b>70</b>	<b>93</b>
	Vücut geliştirmek için	23	0
	Hastalığa bağlı doktor tavsiyesi için	0	0
	Sosyalleşmek için	0	0
	Vakit geçirmek için	7	0
	Diğer	0	7
<b>Toplam (%)</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

**Tablo 3.** Kullanıcı memnuniyeti durumu yüzde dağılımı

KULLANICI MEMNUNİYETİ DURUMU	MAKÜ FİTNESS MERKEZİ				PAÜ FİTNESS MERKEZİ			
	Az yeterli (%)	Yeterli (%)	Çok yeterli (%)	Toplam (%)	Az yeterli (%)	Yeterli (%)	Çok yeterli (%)	Toplam (%)
Alana ulaşım	<b>64</b>	33	3	<b>100</b>	20	<b>73</b>	7	<b>100</b>
Mekan içi yönlendirme tabelaları	<b>50</b>	47	3	<b>100</b>	10	<b>80</b>	10	<b>100</b>
Mekan büyüklüğü	<b>43</b>	27	30	<b>100</b>	13	<b>67</b>	20	<b>100</b>
Bekleme salonu	4	<b>74</b>	22	<b>100</b>	31	<b>45</b>	24	<b>100</b>
Güvenlik	0	<b>73</b>	27	<b>100</b>	10	<b>70</b>	20	<b>100</b>
Kafeterya	<b>74</b>	19	7	<b>100</b>	13	<b>54</b>	33	<b>100</b>
Aydınlatma	10	<b>73</b>	17	<b>100</b>	7	<b>83</b>	10	<b>100</b>
Havalandırma	<b>50</b>	47	3	<b>100</b>	27	<b>67</b>	6	<b>100</b>
Isıtma-soğutma	37	<b>50</b>	13	<b>100</b>	13	<b>70</b>	17	<b>100</b>
Zemin kaplaması	10	<b>77</b>	13	<b>100</b>	13	<b>70</b>	17	<b>100</b>
Fitness ekipmanlarının sayısı	<b>70</b>	30	0	<b>100</b>	17	<b>70</b>	13	<b>100</b>
Fitness ekipmanlarının kalitesi	37	<b>57</b>	6	<b>100</b>	10	<b>80</b>	10	<b>100</b>
Çalışan antrenör sayısı	30	<b>63</b>	7	<b>100</b>	40	<b>53</b>	7	<b>100</b>
Duş kabinleri	7	<b>70</b>	23	<b>100</b>	35	<b>52</b>	13	<b>100</b>
Tuvaletler	0	<b>63</b>	37	<b>100</b>	17	<b>63</b>	20	<b>100</b>
Soyunma Odaları	7	<b>73</b>	20	<b>100</b>	37	<b>50</b>	13	<b>100</b>
Temizlik	17	<b>57</b>	26	<b>100</b>	20	<b>60</b>	20	<b>100</b>
Müzik	<b>50</b>	47	3	<b>100</b>	23	<b>64</b>	13	<b>100</b>
Otopark	<b>67</b>	33	0	<b>100</b>	<b>67</b>	27	6	<b>100</b>



Tablo 3'deki veriler değerlendirildiğinde, aşağıdaki bulgu ve değerlendirmelere varılmıştır.

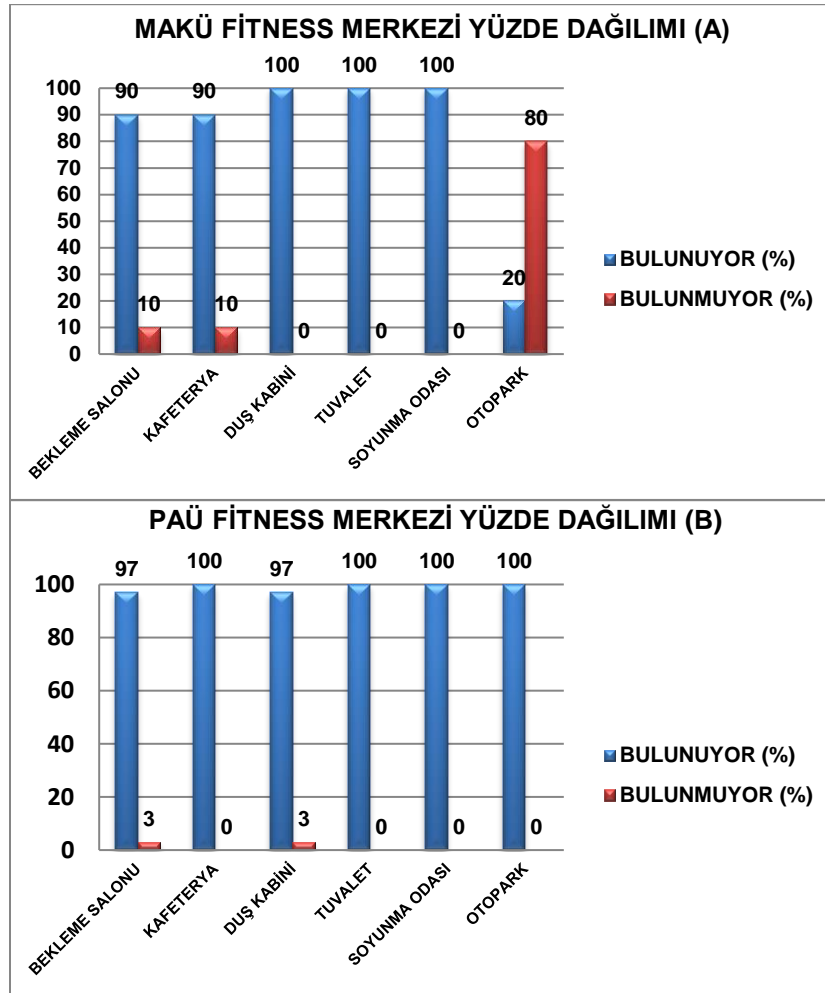
- Fitness merkezlerine ulaşımı, MAKÜ kullanıcıları az yeterli (%64), PAÜ kullanıcıları yeterli (%73) olarak değerlendirmiştir. Konu ile ilgili olarak, Eser (2015), 50 yaşın üzerinde olan kullanıcıların, daha genç yaşta olan kullanıcılara oranla ulaşımın kolay olmasını istediklerini belirtmiştir. Bu bağlamda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde özellikle yaşlı kullanıcılar olmak üzere tüm yaş gruplarındaki kullanıcıların ulaşım kapsamında beklentilerinin karşılanması ile memnuniyet düzeyleri artırılabilir.
- MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları yönlendirme tablolarını az yeterli (%50) bulurken, PAÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%80) olarak değerlendirmişlerdir. Bu kapsamda, Bulut ve Uslu (2017), yönlendirme ve bilgilendirme elemanlarının mekan tasarımı ile birlikte ele alınması gerektiğini belirtmiştir. Dolayısıyla, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde yeterli sayıda ve mekan tasarımı dikkate alınmış yönlendirme tabloları kullanılması ile kullanıcıların memnuniyet düzeylerinde artış olacağı söylenebilir.
- MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları mekanın büyüklüğünü az yeterli (%43) bulurken, PAÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%67) olarak değerlendirmişlerdir. Konu ile ilgili olarak, Demirel (2013), spor hizmeti sunan bir tesisin büyüklüğünün kalitesini belirleyen bir unsur olduğunu belirtmiştir. Bu doğrultuda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde yeterli alan büyüklüğünün sağlanması ile kalitenin artması ve böylece kullanıcıların memnuniyet düzeylerinde artış olacağı söylenebilir.
- Bekleme salonlarını, MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%74) ve PAÜ fitness merkezi kullanıcıları (%45) yeterli olarak değerlendirmişlerdir. Bu kapsamda, öncelikle PAÜ ve sonrasında MAKÜ fitness merkezlerinde bulunan bekleme salonlarında kullanıcıların beklentilerine yönelik düzenlemeler yaparak memnuniyet düzeylerinin artırılması sağlanabilir. MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları kafeteryayı az yeterli (%74) bulurken, PAÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%54) olarak bulmuştur. Bu bağlamda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde kafeteryanın durumuna yönelik düzenlemeler yaparak kullanıcıların memnuniyet düzeylerinde artış sağlanabilir.
- MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%73) ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları (%70) güvenlik konusunu birbirlerine çok yakın oranda, yeterli olarak değerlendirmişlerdir. Bu doğrultuda, küçük bir fark olmasına rağmen öncelikle PAÜ ve sonrasında MAKÜ fitness merkezlerinde kullanıcıların güvenlik konusuna yönelik beklentilerinin karşılanması ile memnuniyet düzeyleri artırılabilir.
- Tesis aydınlatmasını MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%73) ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%83) bulmuşlardır. Konu ile ilgili olarak, Demirel (2013), spor hizmeti sunan bir tesisin aydınlatmasının kalitesini belirleyen bir unsur olduğunu belirtmiştir. Bu doğrultuda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde kullanıcıların aydınlatmaya yönelik beklentilerinin karşılanması ile memnuniyet düzeyleri artırılabilir. Mekan içi havalandırmayı, MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları az yeterli (%50) bulurken, PAÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%67) olduğunu belirtmiştir. Bu kapsamda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde kullanıcıların havalandırmaya yönelik beklentilerinin karşılanması ile memnuniyet düzeylerinin artırılması sağlanabilir. MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%50) ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları (%70) mekanın ısıtma-soğutma tesisatının yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Konu ile ilgili olarak, Demirel (2013), spor hizmeti sunan bir tesisin ısı kontrolünün, kalitesini belirleyen bir unsur olduğunu belirtmiştir. Bu kapsamda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde ısıtma-soğutma konusuna yönelik düzenlemeler ile kalitenin artması ve böylece kullanıcıların memnuniyet düzeylerinde artış olacağı söylenebilir.
- Zemin kaplamasını, MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%77) ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları (%70) benzer oranda yeterli olarak değerlendirmişlerdir. Bu doğrultuda, öncelikle PAÜ ve sonrasında MAKÜ fitness merkezlerinde kullanıcıların zemin kaplamasına yönelik beklentilerini dikkate alan düzenlemeler ile memnuniyet düzeyleri artırılabilir.
- Fitness ekipmanlarını nicelik yönünden MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları az yeterli (%70) bulurken, PAÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%70) bulmuştur. Bu kapsamda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde kullanıcıların fitness ekipmanlarının sayısına yönelik beklentilerinin karşılanması ile memnuniyet düzeylerinde artış olacağı söylenebilir. MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%57) ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları fitness ekipmanlarının kalitesini yeterli (%80) olarak değerlendirmişlerdir. Bu bağlamda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde fitness ekipmanlarının kalitesini dikkate alan düzenlemeler ile kullanıcıların memnuniyet düzeylerinin artırılması sağlanabilir.

- Çalışan antrenör sayısı, MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%63) ve PAÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%53) olarak bulunmuştur. Bu doğrultuda, öncelikle PAÜ ve sonrasında MAKÜ fitness merkezlerinde çalışan antrenör sayısına yönelik düzenlemeler ile kullanıcıların memnuniyet düzeylerinde artış olacağı söylenebilir.
- MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%70) ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları (%52) yeterli olarak değerlendirmişlerdir. Benzer şekilde, MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%63) ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları (%63) tuvaletleri yeterli bulmuşlardır. Bu bağlamda, MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde duş kabini ve tuvalet konusunda dikkate alan düzenlemeler ile kullanıcıların memnuniyet düzeylerinde artış olacağı söylenebilir. MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%73) ile PAÜ fitness merkezinde kullanıcıları (%50) soyunma odalarını yeterli olarak değerlendirmişlerdir. Bu kapsamda, öncelikle PAÜ ve sonrasında MAKÜ fitness merkezlerinde soyunma odalarına yönelik düzenlemeler ile kullanıcıların memnuniyet düzeyleri artırılabilir.
- MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları (%57) yeterli ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları (%60) mekana ait temizliği yeterli bulmuşlardır. Konu ile ilgili olarak, Eser (2015) yaptığı çalışmada, 20-30 yaş grubundaki kullanıcıların temizlik konusuna çok önem verdiklerini belirtmiştir. Bu kapsamda, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde özellikle 20-30 yaş grubunda olmak üzere tüm yaş gruplarındaki kullanıcıların temizlik konusu kapsamında beklentilerinin karşılanması ile memnuniyet düzeyleri artırılabilir.
- MAKÜ fitness merkezi kullanıcılarının az yeterli (%50) bulunduğu mekan içi müzik konusunu, PAÜ fitness merkezi kullanıcıları yeterli (%64) bulmuşlardır. Bu kapsamda, Eser (2015), kullanıcıların iş stresinden uzaklaşması ve psikolojik olarak rahatlatmaları için tesis içindeki müzik seçimlerine önem verilmesi

gerektiğini belirtmiştir. Dolayısıyla, öncelikle MAKÜ ve sonrasında PAÜ fitness merkezlerinde müzik konusunu dikkate alan düzenlemeler ile kullanıcıların memnuniyet düzeylerinde artış olacağı söylenebilir.

- MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları ile PAÜ fitness merkezi kullanıcıları otoparkları benzer oranda az yeterli (%67) bulmuşlardır. Ancak, MAKÜ VE PAÜ'de otopark ile ilişkili olarak saptanan az yeterli bulgusu kendi içinde farklılık göstermektedir. Örneğin, MAKÜ'de spor tesisine ait otopark bulunmamaktadır ve kullanıcılar araçlarını spor tesisi önünde bulunan yol kenarına bırakmaktadırlar. Dolayısıyla bazı kullanıcıların (Şekil 3A) yol kenarındaki bu alanı otopark olarak algılamalarından dolayı otopark konusunu az yeterli olarak değerlendirdikleri görülmektedir. PAÜ'de ise spor tesisine ait otopark bulunmaktadır (Şekil 3B). Ancak kullanıcıların otoparkı az yeterli olarak değerlendirmelerinin nedeni olarak, alan büyüklüğü anlamında otoparkın kullanıcı beklentisini karşılamaması gösterilebilir. Bu kapsamda, MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde kullanıcıların otopark konusu kapsamında beklentilerinin karşılanması ile memnuniyet düzeyleri artırılabilir.

MAKÜ fitness merkezi kullanıcılarının bekleme salonu, kafeterya ile otopark ve PAÜ fitness merkezi kullanıcılarının bekleme salonu ile duşların mekanda bulunup bulunmadığı ile ilgili verdikleri cevaplarda farklılık vardır (Şekil 3). Buna karşın, MAKÜ fitness merkezi kullanıcıları duş kabini, tuvalet, soyunma odalarının ve PAÜ fitness merkezi kullanıcıları ise kafeterya, tuvalet, soyunma odalarının mekanda bulunduğunu belirtmişlerdir. Bazı mekanların alanda bulunması ya da bulunmamasının nedeni olarak, MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde yönlendirme tabelalarının yetersizliği sebebiyle mekanların tam olarak algılanamaması gösterilebilir. Bu mekanlarda yönlendirme tabelalarına ilişkin yeni düzenlemeler ile fitness merkezlerinde kullanıcı beklentisinin karşılanacağı böylece memnuniyet düzeylerinin artırılacağı söylenebilir.



Şekil 3. MAKÜ (A) ve PAÜ (B) fitness merkezleri kullanıcılarının alanı tanıma durumları

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmayla, MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde özellikle alana ulaşım, mekan içi yönlendirme tabelaları, mekan büyüklüğü, kafeterya, havalandırma, fitness ekipmanlarının sayısı ve müzik konularının yeterlilikleri bakımından kullanıcıların verdikleri cevaplarda farklılıklar olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan, MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde bazı mekanların mevcudiyeti konusunda yanlışlıkların olduğu ortaya çıkmıştır. Bu yanlışlığın sebebi ise, söz konusu mekanların kullanıcılar tarafından tam olarak fark edilememesidir. Sonuç olarak, MAKÜ ve PAÜ fitness merkezlerinde saptanan yanlış noktalar ve yanlış algılamalar alınacak olan yönetimsel kararlar ile giderilebilir. Böylece, çalışılan fitness merkezlerindeki mekanlar kullanıcılar tarafından tam olarak algılanmış ve kullanıcı memnuniyeti sağlanmış olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Alexandris, K., Palialia, E. (1999). *Measuring customer satisfaction in fitness centres in Greece: an exploratory study. Managing Leisure*. 4: 218-228. DOI: 10.1080/136067199375760. ISSN: 1360-6719 (Print) 1466-450X (Online).
- Bayrak, E. (2013). *Sağlıklı yaşam ve spor merkezi müşterilerinin (bayanların) memnuniyet düzeylerinin belirlenmesi (Elazığ İli örneği). The Journal of Academic Social Science Studies (JASSS)*. 6: 217-230. DOI number: <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS1742>.
- Bulut, D. M., Uslu, Ö. (2017). *Mekan tasarımında bilgilendirme ve yönlendirme elemanlarının incelenmesi, Forum Mersin örneği. İdil*. 6 (37): 2556-2579. DOI: 10.7816/idil-06-37-11.
- Demirel, H. (2013). *Rekreasyonel spor/fitness programı sunan işletmelerde hizmet kalitesi. Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, s: 104.*
- Dobrescu, T., Şalgau, S. (2011). *Consumer satisfaction the type of fitness club in Bacau. Bulletin of the Transilvania University of Braşov. Series VIII: Art-Sport*. 4 (53) No.1: 115-122.

- Eser, F. D. (2015). Üniversite spor tesisleri kullanıcıları memnuniyet düzeyi (Pamukkale Üniversitesi Spor Merkezi örneği). Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Öğretimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, Türkiye, s: 73.
- Girginer, N., Şahin, B. (2007). Spor tesislerinde kuyruk problemine yönelik bir benzetim uygulaması. Hacettepe J. of Sport Sciences, Spor Bilimleri Dergisi. 18 (1): 13-30.
- Gocłowska, S., Piątkowska, M. (2017). Service satisfaction and sport consumption in the fitness center in Warsaw. European Journal of Service Management (EJSM). 22 (2): 31-37. DOI: 10.18276/ejms.2017.22-04. ISSN: 2450-8535.
- Güdü, N. (2008). Fitness salonlarına giden bireylerin beklentileri (Bursa İli örneği). Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar, Türkiye, s: 83.
- Nagy, A., Tobak, J. (2015). The role of sport infrastructure: use, preferences and needs. Applied Studies in Agribusiness and Commerce (APSTRACT). 9 (1-2): 47-52. ISSN: 1789-7874.
- Öztaş, M., Sevilmiş A., Şirin, E. F. (2016). The relationship of atmosphere, satisfaction, and loyalty: Sample of a fitness center. Turkish Journal of Sport and Exercise. 18 (2): 103-112. DOI: 10.15314/tjse.15230.
- SPSS Inc. (2002). SPSS 11.0 Guide to Data Analysis. New Jersey: Prentice Hall Public.
- Topay, M., Kaya, L. G., Yıldırım, B., İkiz, E., Demirtaş, S. Ö. (2003). ZKÜ Bartın Yerleşkesi Kampüs Bilgi Sistemi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 5 (5): 71-77. ISSN: 1302-0056.
- Tüfekçi, Ö. (2010). Fitness merkezleri müşterilerinin hizmet kalitesine yönelik beklenti ve algılarının değerlendirilmesi. Balıkesir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, Türkiye, s: 44.
- TÜİK (2018). Nüfus verisi. <http://www.tuik.gov.tr/Ust-Menu.do?metod=temelist> (Erişim tarihi: 05/12/2018).
- URL-1 (2018). Burdur coğrafi bilgi. <http://burdur.csb.gov.tr/ilimiz-hakkinda-i-618> (Erişim tarihi: 05/12/2018).
- URL-2 (2018). İllerin yüzölçümü. [https://www.harita.gov.tr/imagenes/urun/il\\_ilce\\_alanlari.pdf](https://www.harita.gov.tr/imagenes/urun/il_ilce_alanlari.pdf) (Erişim tarihi: 12/12/2018).
- URL-3 (2018). MAKÜ fitness merkezi. <https://mehmeta-kif.edu.tr/etkinlik/4016/maku-spor-kompleksi-fitness-salonu-acilis-toreni> (Erişim tarihi: 12/12/2018).
- URL-4 (2018). Denizli coğrafi bilgi. <http://www.denizli.gov.tr/cografi-konum> (Erişim tarihi: 05/12/2018).
- URL-5 (2018). Denizli coğrafi bilgi. <http://www.cografya.gen.tr/tr/denizli/ilceler.html> (Erişim tarihi: 05/12/2018).
- URL-6 (2018). PAÜ fitness merkezi. <http://spormerkezi.pau.edu.tr/about.aspx> (Erişim tarihi: 12/12/2018).
- Yıldırım, M. (2017). Spor tesisleri müşteri memnuniyeti ölçme geliştirilmesi: geçerlik ve güvenilirlik çalışması. 21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum Eğitim Bilimleri ve Sosyal Araştırmalar Dergisi. 6: 157-176.
- Yıldız, S. M., Tüfekçi, Ö. (2010). Fitness merkezi müşterilerinin hizmet kalitesine yönelik beklenti ve algılarının değerlendirilmesi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (BAÜ SBED), 13 (24): 1-11.
- Yıldız, S. M., Duyan, M., Günel, İ. (2018). Hizmet kalitesinin müşteri memnuniyeti üzerine etkisi: fitness merkezlerinde ampirik bir uygulama. Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi. 3 (1): 1-8. DOI: 10.25307/jssr.344971. ISSN: 2548-0723.

## Optimizing the Tilt Angle of Solar Panels to Reduce Carbon Footprint: Case for the West Mediterranean Region of Turkey

*Karbon Ayak izini Azaltmak için Güneş Panellerinin Eğim Açısının Optimizasyonu: Türkiye'nin Batı Akdeniz Bölgesi Örneği*

Zuhal AKYÜREK<sup>1</sup>, Ali Özhan AKYÜZ<sup>2</sup>, Afşin GÜNGÖR<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Engineering and Architecture, Dep. of Polymer Engineering, Burdur, TURKEY

<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Bucak Emin Gulmez Technical Sciences Vocational Higher School, Dep. of Electronics and Automation, Burdur, TURKEY

<sup>3</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Technology, Burdur, TURKEY

Received (Geliş Tarihi): 24.12.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 07.01.2019  
Corresponding author (Sorumlu Yazar\*): afsingungor@hotmail.com

### ABSTRACT

Carbon footprint is a term used to express the lasting effect of human consumption activities on nature. A carbon footprint is often defined as CO<sub>2</sub> or equivalent greenhouse gas emitted as a result of an activity or process associated with a product, service or region. The carbon footprint account is one of the most interesting researches in recent years. In this study, the optimal choice of the tilt angle for the solar panels in order to collect the maximum solar irradiation is investigated in order to reduce the carbon footprint in West Mediterranean Region of Turkey.

**Keywords:** Solar energy, Tilt angle, Carbon footprint, Turkey

### ÖZ

Karbon ayak izi, insan tüketimi faaliyetlerinin doğaya kalıcı etkisini ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Bir karbon ayak izi genellikle bir ürün, hizmet veya bölge ile bağlantılı bir faaliyet veya işlem sonucunda yayılan CO<sub>2</sub> veya eşdeğer sera gazı olarak tanımlanır. Karbon ayak izi hesabı, son yıllarda en ilginç araştırmalardan biridir. Bu çalışmada, Türkiye'nin Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki karbon ayak izini azaltmak amacıyla, maksimum güneş ışığını toplamak için güneş panelleri için eğim açısının en uygun seçimi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, Eğim Açısı, Karbon ayak izi, Türkiye

### INTRODUCTION

Due to the depletion of fossil fuel reserves and the corresponding climate change, development of sustainable and renewable energy resources has attracted enormous attention all around the world (Xu et al., 2017). Solar energy is one of the most important renewable energy resources that has huge potential and wide range of applications due to its clean and abundant nature (Sampaio and Gonzalez, 2017). Solar energy can be directly converted into electric power via PV panels, and the tilt angle of the PV panel has significant influence on the electric power output.

The optimal tilt angle depends on several conditions such as climate, utilization time, geographic latitude, atmospheric factors, etc. Various studies have been

investigated the optimization of tilt angle to maximize the efficiency in PV generation (Kumar and Chandel, 2013; Bakirci, 2009; Bakirci, 2012; Garni et al., 2019). Tiris et al. (1996) calculated the correlations of the monthly average daily global, diffuse and beam radiations with hours of bright sunshine in Gebze, Turkey. Bakirci (2012) developed the correlations for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey. Zuhairy and Sayigh (1995) carried out simulation and modeling of solar radiation in Saudi Arabia. Ulgen and Hepbasli (2003) investigated the diffuse fraction of daily and monthly global radiation for Izmir, Turkey. A simple mathematical procedure for the estimation of the optimal tilt angle of a collector is presented based on the monthly horizontal radiation (Tang and Tong, 2004).

Gunerhan and Hepbasli (2007) calculated the optimum tilt angles by searching for the values for which the total radiation on the collector surface is at a maximum for a particular day or a specific period. Mehleri et al. (2010) carried out a study on the determination of the optimum tilt angle and orientation for solar photovoltaic arrays in order to maximize the incident of solar irradiance exposed on the array, for a specific period of time. Despotovic and Nedic (2015) investigated the optimum tilt angle by searching for the values for which the solar radiation on the collector surface is maximum for a particular day or a specific period. In that manner the yearly, biannual, seasonal, monthly, fortnightly, and daily optimum tilt angles are determined. the Moghadam et al. (2011) performed optimization of solar flat collector inclination. Monthly, seasonal, semi-annual and annual optimum tilt angles were determined. Ghosh et al. (2010) determined the seasonal optimum tilt angles, solar radiations on variously oriented, single and double axis tracking surfaces at Dhaka. Three mathematical models for the point source with parameters optimized for a variety of climatic conditions were employed to determine hourly and seasonal optimum tilt angles.

Maatallah et al. (2011) presented an overview on research works on solar radiation basics and photovoltaic generation. The effects of azimuth and tilt angles on the output power of a photovoltaic module were investigated. Kaldellis and Zafirakis (2012) carried out an experimental study in the area of Athens in order to evaluate the performance of different PV panel tilt angles during the summer period. The angle of  $15^\circ (\pm 2.5^\circ)$  was designated as optimum for almost the entire summer period. Benghanem (2011) performed a study on the optimum slope and orientation of a surface receiving a maximum solar radiation. The annual optimum tilt angle was found to be approximately equal to the latitude of the location. Siraki and Pillay (2012) proposed a simple method on a modified sky model to calculate the optimum angle of installation for urban applications. It was expressed that the results demonstrated the depend-

ency of the optimum angle of installation on the latitude, weather conditions and surroundings.

Lave and Kleissl (2011) calculated the optimum tilt and azimuth angles of solar panels for a grid of  $0.1^\circ$  by  $0.1^\circ$  National Solar Radiation Database cells covering the continental United States. The yearly global irradiation incident on a panel at this optimum orientation was compared to the solar radiation received by a flat horizontal panel and a 2-axis tracking panel. Lubitz (2011) investigated the effect of manual tilt adjustments on incident irradiance on fixed and tracking solar panels. The optimum tilt angle for an azimuth tracking panel was found to be on average  $19^\circ$  closer to the vertical than the optimum tilt angle for a fixed, south-facing panel at the same site.

Anthropogenic activities produce permanent impact on the environment. Carbon footprint is a way of expressing the magnitude of this effect. The carbon footprint has defined in various ways in literature. Carbon footprint is the total amount of human activity resulting directly or indirectly accumulated carbon dioxide emissions generated during the life cycle of a product (Wiedman and Minx, 2008).

Carbon footprint which is the largest component of the ecological footprint measures the impact human activities have on the environment in terms of the amount of greenhouse gases produced, measured in units of carbon dioxide, and therefore can determine the unique global warming impact of a person, product or service (World Wildlife Fund, 2018).

Table 1 presents the carbon footprint from different components. Primary footprint, domestic energy consumption and transportation, including fossil fuel combustion directly produce  $\text{CO}_2$  emissions and the whole lifecycle of products we use the trail secondary feet (manufacturing of products, and ultimately distortion) are a measure of the relevant indirect  $\text{CO}_2$  emissions.

**Table 1.** Carbon Footprint Classification (Kitzes, et al., 2007; 2008; Jones and Kammen, 2011)

Parameters	Primary Carbon Footprint	Secondary Carbon Footprint
Transportation	- Fuel	- Public transport - Air transport - Car - Electric
Housing	- Natural gas	- Water and waste - Warming - Grain - Vegetables
Food		- Fruit - Meat
Product		- Clothing - Household products - Personal care - Health
Service		- Entertainment - Education

The carbon footprint is divided into specific categories to facilitate the tracking of individuals and sustainability of resource use. However, these categories are building awareness about the need to take more responsibility for what component of individuals. In addition, individuals in this category are evaluated under the framework of CO<sub>2</sub> emission standards with the personal and social status of the Kyoto protocol, the chances of finding comparisons with other countries and they have the opportunity to create local solutions (Mattila et al., 2011).

**2. THEORETICAL ANALYSIS**

The monthly average values of solar radiation incident on surfaces of various orientations are required for solar energy applications. The monthly averages of the

daily solar radiation incident upon a horizontal surface are available for many locations. However, radiation data on tilted surfaces are generally not available. A simple method to estimate the average daily radiation for each calendar month on surfaces facing directly towards the equator has been developed by Liu and Jordan (Beckman Duffie, 1980).

The earth's axis is tilted approximately 23.45° with respect to the earth's orbit around the sun. As the earth moves around the sun, the axis is fixed if viewed from space. The declination of the sun is the angle between a plane perpendicular to a line between the earth and the sun and the earth's axis. An approximate formula for the declination of the sun is given as follows (Liu and Jordan, 1962):

$$\delta = 23.45 \sin \left[ (284 + n) \frac{360}{365} \right] \tag{1}$$

where n is the number of the day of year starting from the first of January (n=1 on January 1st and n=365 on December 31st, February 29th is ignored).

Sunrise and sunset occur when the sun is at the horizon and hence the cosine of the zenith angle is zero. Setting the cosine of the zenith angle to zero in the relation, we get the following equation,

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \tag{2}$$

The monthly average daily radiation on a horizontal surface (H), the fraction of the mean daily extraterres-

trial radiation (H<sub>0</sub>), the monthly average daily diffuse radiation (H<sub>D</sub>),

$$H_0 = \frac{24}{\pi} G_{sc} (1 + 0.033 \cos(\frac{360n}{365})) (\cos \phi \cos \delta \sin \omega + \frac{\pi \omega}{180} \sin \phi \sin \delta) \tag{3}$$

where  $G_{sc}$  is the solar constant ( $1367 \text{ W/m}^2$ ), is the latitude of the Antalya.

traterrestrial irradiance is  $1367 \text{ W/m}^2$ . The monthly average daily solar radiation on tilted surface (HT), may be expressed as follow (Liu and Jordan, 1962),

Solar radiation incident outside the earth's atmosphere is called extraterrestrial radiation. On average the ex-

$$H_T = (H - H_D)R_b + \frac{H_D}{2} (1 + \cos \beta) + \frac{H_D \rho}{2} (1 - \cos \beta) \tag{4}$$

where  $\rho$  is ground reflectance ( $\approx 0.2$ ).

### 3. METHODOLOGY

The equations which calculate total solar radiation falling on tilted surface for optimum tilt angle the monthly and the annually are solved with a computer code which is written in Visual Studio 2012 and should be modular to allow users to update component modules easily as new findings become available. The calculations begin with measured hourly global and diffuse radiation received on a horizontal surface. These quantities are then transposed onto an inclined plane by a mathematical procedure. The optimum tilt angle was computed by searching for the values for which the total radiation on the collector surface is a maximum for a particular day or a specific period. In this regard, the calculations were made for a south facing solar collector for 365 days. The tilt angle is changed from  $0^\circ$  to  $90^\circ$ . The solar reflectivity ( $\rho$ ) was assumed to be 0.2.

### 4. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, determination of the optimal tilt angle for the Western Mediterranean regions, and assessment of the carbon footprint were examined. For 3 different provinces, monthly, seasonal, semi-annually and annually changes of tilt angles and generated solar radiation values are calculated. If you look at the variation of the monthly tilt angle and the amount of solar energy obtained: the tilt angle varies between 1-66 degrees and the obtained solar radiation varies between 503-721 MJ.

When Table 2 is examined in detail: The lowest tilt angle value for Antalya is in June and July, and at the same time the highest solar radiation is this time interval in values. This situation is the same for the other two provinces. This situation is the same in the Isparta and Burdur but it has more solar radiation than the Antalya.

**Table 2.** Solar radiation and tilt angle for monthly

Months	Antalya		Burdur		Isparta	
	Radiation	Tilt Angle	Radiation	Tilt Angle	Radiation	Tilt Angle
January	529,11	63	540,15	64	540,24	64
February	503,55	54	515,16	55	515,36	55
March	589,77	39	604,33	40	604,66	40
April	614,37	21	630,32	22	630,76	22
May	687,87	5	706,64	5	707,21	6
June	694,99	1	714,93	1	715,59	1
July	701,05	1	720,52	1	721,12	1
August	647,92	15	665,1	15	665,58	15
September	577,99	33	592,52	33	592,87	33
October	562,17	50	575,49	50	575,75	50
November	516,12	61	527,22	62	527,34	62
December	517,75	65	528,1	66	528,15	66



Table 3 and 4 shows that the lowest tilt angle for all three provinces is in summer and spring + summer. The highest solar radiation production is also in the summer and spring + summer. In terms of solar radia-

tion and tilt angle, all three provinces have very close values. The reason for this is the high solar radiation values in summer and the western Mediterranean region is closer to the equator.

**Table 3.** Solar radiation and tilt angle for seasonally

Seasons	Antalya		Burdur		Isparta	
	Radiation	Tilt Angle	Radiation	Tilt Angle	Radiation	Tilt Angle
Spring	1850,26	22	1898,32	23	1899,62	23
Summer	2032,59	4	2088,23	5	2089,94	5
Autumn	1628,34	48	1666,67	48	1667,37	48
Winter	1545,88	61	1578,79	62	1579,13	62

Solar panels can be kept constant in summer, but there is a high change in tilt angle in winter and autumn compared to summer months. Therefore, in order to reduce

carbon footprint by keeping energy production at maximum level, solar panels should be changed according to tilt angle.

**Table 4.** Solar radiation and tilt angle for semi-annually

Semi-annually	Antalya		Burdur		Isparta	
	Radiation	Tilt Angle	Radiation	Tilt Angle	Radiation	Tilt Angle
Spring + Summer	3850,34	13	3953,14	14	3956,11	14
Autumn + Winter	3156,27	54	3227,19	55	3228,24	55

**6.CONCLUSION**

Energy needs are increasing and renewable energy sources are being used to reduce this need without harming the environment. From this point, in this study, the optimum tilt angle was calculated for three provinces in the western Mediterranean region. The maximum

amount of energy that can be produced depends on the variation of tilt angles. The average tilt angle in all three provinces ranges from 33 to 34 degrees. According to Table 5, the solar radiation of Isparta and Burdur is very close to each other, whereas Antalya is slightly less than other ones.

**Table 5.** Solar radiation and tilt angle for annually

Annually	Antalya		Burdur		Isparta	
	Radiation	Tilt Angle	Radiation	Tilt Angle	Radiation	Tilt Angle
Year	6662,16	33	6827,48	34	6831,27	34

The production of solar energy is very important in terms of reducing carbon footprint. The solar radiation values in the western Mediterranean region are very close to each other. the use of solar energy in this area will provide new and clean energy by reducing the amount of energy obtained from fossil fuels. To leave a clean and sustainable world for future generations, we must focus on renewable energy sources by reducing our carbon footprint.

**REFERENCES**

Bakirci K. (2009). A simple calculation method for estimation of instantaneous global solar radiation on horizontal sur-

face. *Journal of Thermal Science and Technology* 29:53–8.  
 Bakirci. K. (2009). Correlations for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey. *Energy* 34:485–501.  
 Bakirci K. (2012). General models for optimum tilt angles of solar panels: Turkey case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16: 6149-59.  
 Beckman, W., Duffie, J. (1980). *Solar engineering of thermal processes*. 3rd ed. New York: Wiley and Sons.  
 Benganem, M. (2011) Optimization of tilt angle for solar panel: case study for Madinah, Saudi Arabia. *Applied Energy* 88(4):1427–33.  
 Despotovic, M., Nedic, V. (2015). Comparison of optimum tilt angles of solar collectors determined at yearly, seasonal

- and monthly levels. *Energy Conversion and Management* 97: 121-31.
- Garni, H.A., Awasthi, A., Wright, D. (2019) Optimal orientation angles for maximizing energy yield for solar PV in Saudi Arabia. *Renewable Energy* 133, 538-50.
- Ghosh, H.R., Bhowmik, N.C., Hussain, M. (2010). Determining seasonal optimum tilt angles, solar radiations on variously oriented, single and double axis tracking surfaces at Dhaka. *Renewable Energy* 35(6):1292-7.
- Gunerhan, H., Hepbasli, A. (2007). Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications. *Building and Environment* 42:779-83.
- Jones, C.M., Kammen, D.M. (2011). Quantifying carbon footprint reduction opportunities for U.S. households and communities. *Environmental Science and Technology* 45 (9): 4088-4095.
- Kaldellis, J., Zafirakis, D. (2012) Experimental investigation of the optimum photovoltaic panels tilt angle during the summer period. *Energy* 38(1): 305-14.
- Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S., Wackernagel, M. (2007). Current methods for calculating national ecological footprint accounts. *Science for Environment and Sustainable Society* 4 (1): 1-9.
- Kitzes, J., Galli, A., Rizk, S.M., Reed, A., Wackernagel, M. (2008). *Guidebook to the national footprint accounts*. Global Footprint Network. Oakland.
- Kumar, A. Chandel, S.S. (2013). Tilt angle optimization to maximize incident solar radiation: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 23: 503-13.
- Lave, M., Kleissl, J. (2011). Optimum fixed orientations and benefits of tracking for capturing solar radiation in the continental United States. *Renewable Energy* 36(3):1145-52.
- Liu, B., Jordan, R. (1962). Daily insolation on surfaces tilted towards the equator. *Trans ASHRAE*, 67.
- Lubitz, W.D. (2011). Effect of manual tilt adjustments on incident irradiance on fixed and tracking solar panels. *Applied Energy* 88(5):1710-9.
- Lynas M. (2009) *Carbon footprint*, Harper Collins Publishers, Glasgow.
- Maatallah, T., El Alimi, S., Nassrallah, S.B. (2011). Performance modeling and investigation of fixed, single and dual-axis tracking photovoltaic panel in Monastir city, Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(8): 4053-66.
- Mattila, T., Kujanpaa, M., Dahlbo, H., Soukka, R., Myllymaa, T. (2011). Uncertainty and sensitivity in the carbon footprint of shopping bags. *Journal of Industrial Ecology* 15 (2), 217-227.
- Mehleri, E.D., Zervas, P.L., Sarimveis, H., Palyvos, J.A., Markatos, N.C. (2010). Determination of the optimal tilt angle and orientation for solar photovoltaic arrays. *Renewable Energy* 35(11):2468-75.
- Moghadam, H., Tabrizi, F.F., Sharak, A.Z. (2011). Optimization of solar flat collector inclination. *Desalination* 265: 107-11.
- Sampaio, P.V.G., Gonzalez, M.O.A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74: 590-601.
- Siraki, A.G., Pillay, P. (2012). Study of optimum tilt angles for solar panels in different latitudes for urban applications. *Solar Energy* 86(6):1920-8.
- Tang, R., Tong, W. (2004). Optimal tilt-angles for solar collectors used in China. *Applied Energy*, 2004; 79: 239-48.
- Tiris, M., Tiris, C., Ture, I.E. (1996). Correlations of monthly-average daily global, diffuse and beam radiations with hours of bright sunshine in Gebze, Turkey. *Energy Conversion and Management* 37(9):1417-21.
- Ulgen, K., Hepbasli, A. (2003). Comparison of the diffuse fraction of daily and monthly global radiation for Izmir, Turkey. *Energy Sources* 25:637-49.
- Wiedmann, T. Minx, J. (2008). *A definition of 'carbon footprint'*. Hauppauge NY: Nova Science Publishers.
- World Wildlife Fund (2018). <http://www.wwf.org/>
- Xu, R., Ni, K., Hu, Y., Si, J., Wen, H., Yu, D. (2017). Analysis of the optimum tilt angle for a soiled PV panel. *Energy Conversion and Management* 148: 100-9.
- Zuhairy, A.A., Sayigh, A.A.M. (1995). Simulation and modeling of solar radiation in Saudi Arabia. *Renewable Energy* 6(2):107-18.

## Trafik Kaynaklı Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının İzlenmesinde At Kestanesi'nin (*Aesculus hippocastanum* L.) Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği

*Usability of Horse Chestnut (Aesculus hippocastanum L.) as Biomonitor for Monitoring Some Heavy Metal Concentrations Caused by Traffic*

Asma Asghar JAWED<sup>1\*</sup>, Adel Easa Saad ABO AISHA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Doktora Programı, Kastamonu

Received (Geliş Tarihi): 31.12.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 19.01.2019  
Corresponding author (Sorumlu Yazar\*): moyasar@ogr.kastamonu.edu.tr

### ÖZ

Çevre kirliliği modern dünyanın en önemli sorunlarından birisi haline gelmiştir. Hava kirliliğini oluşturan etmenler içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Birçok ağır metal bitkiler dahil yaşayan organizmalar için gerekli olmasına rağmen bunlar yüksek seviyelerde zararlı etkiler oluşturabilir. Bazı ağır metaller ise düşük seviyelerde bile organizmalarda ciddi toksik etkiye sahiptir. Ayrıca, ağır metaller doğada kolay kolay bozulmazlar ve insan organizmasında biyobirikme eğilimindedirler. İnsan ve çevre sağlığı açısından öneminden dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ağır metal kirliliğinin atmosferdeki konsantrasyonunun değişimini gösteren en önemli belirteçler biyoindikatörlerdir. Bu çalışmada trafik kaynaklı ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde at kestanesinin kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Kastamonu ili kent merkezinde trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve trafiğin olmadığı bölgelerden toplanan yaprak, dal ve tohum örnekleri üzerinde ölçümler yapılarak Ba, Al, B, Ca, K ve Mg konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, çalışmaya konu bütün elementlerin organel bazında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere değiştiği ayrıca Ba ve Al konsantrasyonlarının bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, biyomonitor, trafik, *Aesculus hippocastanum* L.

### ABSTRACT

Environmental pollution has become one of the most important problems of the modern world. Heavy metals have a special importance in air pollution. Although many heavy metal plants are required for living organisms, including plants, they can cause harmful effects at high levels. Some heavy metals have serious toxic effects on organisms even at low levels. In addition, heavy metals do not deteriorate easily in nature and are prone to bioavailability in the human organism. Because of its importance in terms of human and environmental health, monitoring of heavy metal pollution and identifying risky regions is of great importance. Bioindicators are the most important determinants of the change in the concentration of heavy metal in the atmosphere. In this study, the aim of this study is to determine the usability in potential of Horse chestnut in monitoring the heavy metal concentration caused by traffic. For this purpose, it is conducted in the city center of Kastamonu city where traffic is dense, less dense and no traffic is collected from the areas collected leaf, branch and seed samples were measured by measuring the Ba, Al, B, Ca, K and Mg concentrations were determined to change. As a result of the study, it was found that all the elements of the study were statistically significant on organelle basis with at least 95% confidence level; It was also found that the concentration of Ba and Al increased in all organelles due to traffic density.

**Keywords:** Heavy metal, biomonitor, traffic, *Aesculus hippocastanum* L.

### GİRİŞ

Dünya nüfusu son 150 yılda tarihinde hiç olmadığı kadar artmış, bu artış köyden kente göç ile birleşerek kent merkezlerinin aşırı derecede yoğunlaşmasına sebep olmuştur (Kaya, 2002; Kaya, 2007; Kaya, 2009; Kaya ve ark., 2009; Gülez ve ark., 2007; Cetin, 2015a,b,c; Çakir ve

ark., 2016; Cetin ve Sevik, 2016a,b,c; Cetin, 2016a,b,c,d; Isinkaralar ve ark., 2017; Cetin, 2017; Kaya ve ark., 2017; Cetin ve ark., 2017a,b; Sevik ve ark., 2017a,b; Zeren ve ark., 2017 ve 2018; Kaya ve ark., 2018; Sevik ve ark., 2018a,b). Öyle ki 2030 yılına gelindiğinde dünya nüfusunun %60-90'ının kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir (Cetin 2015a,b,c; Cetin

ve Sevik, 2016a,b,c; Cetin, 2016a,b,c,d; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k; Yucedag ve ark., 2018).

Kent merkezlerinde artan nüfus, gelişen sanayi ve teknolojik gelişmeler çevre kirliliğini de beraberinde getirmiş ve çevre kirliliği modern dünyanın en önemli sorunlarından birisi haline gelmiştir (Nowak ve ark., 2005; Kaya, 2009; Kaya ve ark., 2009; Kaya, 2010; Kaya ve ark., 2015; Cetin, 2015a,b,c; Mutlu ve ark., 2016; Cetin ve Sevik, 2016a,b,c; Yücedağ ve Kaya, 2016; Sevik ve ark., 2016; Cetin, 2016a,b,c,d; Mutlu, 2016; Yücedağ ve ark., 2016; Cetin, 2017; Cetin ve ark., 2017a,b; Kaya ve ark., 2017; Yücedağ ve ark., 2017; Yücedağ ve Kaya, 2017; Varol ve ark., 2018; Yigit ve ark., 2018; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,jk; Kravkaz Kuscü ve ark., 2018a,b). Öyle ki Dünyada her yıl yaklaşık 6,5 milyon insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı yaşamını yitirdiği belirtilmektedir. Havası pek çok ülkeye göre oldukça temiz kabul edilen Türkiye'de dahi 2016 yılında 29 bin kişinin hava kirliliği dolayısıyla hayatını kaybettiği rapor edilmektedir (Mossi, 2018).

Hava kirliliğini oluşturan etmenler içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Mn, Zn, Cr, Cu, Fe, Ni gibi mikrobiosinler bitkiler dahil yaşayan organizmalar için gerekli olmasına rağmen bunlar yüksek seviyelerde zararlı etkiler oluşturabilir. Hg, Cd, As ve Pb gibi metaller düşük seviyelerde bile organizmalarda ciddi toksik etkiye sahiptir (Shahid ve ark., 2017; Isinkaralar ve ark., 2017). Bunun dışında ağır metaller doğada kolay kolay bozulmazlar ve insan organizmasında biyobirikme eğilimindedirler (Turkyilmaz ve ark., 2018a,b,c,d,e).

Ağır metal kirliliğinin artmasında taşıtların önemli miktarda payı olduğu bilinmektedir. Ağır metal yayılımının en önemli kaynaklarının endüstriyel ve trafik faaliyetleri olduğu belirtilmektedir (Martley ve ark., 2004; Uzu ve ark., 2011). Yapılan pek çok çalışmada da trafik yoğunluğu ile ağır metal kirliliği arasında önemli düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir. Özellikle bitki yapraklarındaki bazı ağır metal konsantrasyonları ile trafik kaynağına olan mesafe arasında bariz bir korelasyon olduğu belirlenmiştir (Gratani ve ark., 2008; Turkyilmaz ve ark., 2018a,b,c,d,e).

İnsan ve çevre sağlığı açısından öneminden dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ağır metal kirliliğinin atmosferdeki konsantrasyonunun değişimini gösteren en önemli belirteçler biyoindikatörlerdir. Bitkiler toprak veya havadaki ağır metallerin bir kısmını bünyelerine alarak biriktirmekte, bu birikim düzeyinin belirlenmesi ile toprak ve havadaki ağır metal kirliliği konusunda bilgi edinilebilmektedir (Özel ve ark., 2015; Shahid ve ark., 2017; Turkyilmaz ve ark., 2018a). Bundan dolayı yüksek yapılı bitkilerin yaprakları (Monaci ve ark., 2000; Gratani ve

ark., 2008; Anicic vd., 2011), gövde kabukları (Sawidis vd., 2011), odunları (Gao ve ark., 2015) ve tohumları (Sevik ve ark., 2018) biyomonitor olarak kullanılmaktadır.

Ancak farklı ağır metaller bitkilerin organellerinde farklı seviyelerde birikebilmektedir. Bundan dolayı her bir ağır metalin bitkilerin hangi organellerinde ne düzeyde biriktiğinin belirlenerek o bitkilerin ve organellerinin biyomonitor olarak kullanılması, çalışmaların daha sağlıklı sonuçlar vermesi açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada, at kestanesi (*Aesculus hippocastanum* L.)'da bazı ağır metallerin bitki organeli ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, Kastamonu ili kent merkezinden toplanan materyaller kullanılmıştır. Öncelikle trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve trafiğin olmadığı (en az 50 m. mesafede taşıtların girebileceği alan bulunmayan) bölgeler tespit edilmiştir. Daha sonra vejetasyon mevsimi sonunda bu bölgelerdeki *Aesculus hippocastanum* L. ağaçlarından yaprak, tohum ve dal örnekleri toplanmıştır.

Laboratuvarda dal ve tohum örnekleri parçalanıp sınıflandırılarak etiketli cam kaplara alınmıştır. Daha sonra örnekler 15 gün oda kurusu hale gelene kadar bekletilmiş sonrasında ise etüvde 45°C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler öğütülerek toz haline getirilmiş ve 0,5 g tartılarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuştur. Örneklerin üzerine 10 ml % 65'lik HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Bu işlemler esnasında çeker ocakta çalışılmıştır. Hazırlanan örnekler daha sonra mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 20 dakika yakılmıştır. Tüpler işlemler tamamlandıktan sonra mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler üzerine deiyonize su ilave edilerek 50 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler filtre kağıdından süzülükten sonra ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur. Elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiş, verilere varyans analizi uygulanmış, istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde farklılıklar bulunan değerlere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

## BULGULAR

Çalışmaya konu *Aesculus hippocastanum* L. yaprak, tohum ve dal örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiş, elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış, elde edilen ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem

düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** *Aesculus hippocastanum* L. organellerinde Organelle bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Organel	Ba (ppm)	Al (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)
Yaprak	55.32 c	740.56 b	59.22 c	1175.67 a	2250.67 a	5743.22 b
Tohum	3.82 a	15.11 a	10.33 a	1684.44 a	5200.89 b	3592.56 a
Dal	19.56 b	61.11 b	24.78 b	4456.11 b	2177.00 a	8204.67 c
F Değeri	33.291	58.014	38.201	34.674	7.934	21.524
Hata	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000

Tablo 1 sonuçları incelendiğinde çalışmaya konu bütün elementlerin organel bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Çalışmaya konu elementlerden K'nın organel bazında değişimi %99, diğer elementlerin organel bazında değişimi %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde ise K dışındaki bütün elementlerde tohumun ilk homojen grupta yer aldığı görülmektedir. En yüksek değerler ise

Ba, Al ve B'de yaprak, Ca ve Mg'da dal ve K'da tohumda elde edilmiştir.

Çalışmaya konu elementlerin trafik yoğunluğu bakımından değişimi belirlenmiş, elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış, elde edilen ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** *Aesculus hippocastanum* L. organellerinde Trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimi

Trafik	Ba (ppm)	Al (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)
Yok	15.58	161.11	28.00	1548.67	3101.22 ab	5712.00
Az	23.46	245.00	34.56	3020.33	1929.33 a	5063.44
Yoğun	39.65	410.67	31.78	2747.22	4598.00 b	6765.00
F Değeri	2.267	1.057	0.159	2.052	3.776	1.171
Hata	0.125	0.363	0.854	0.150	0.038	0.327

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde, çalışmaya konu elementlerden sadece K'nın trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu, diğer elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin ise istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

*Aesculus hippocastanum* L. yaprak, tohum ve dal organellerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi element bazında ayrı ayrı belirlenmiş, elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış, elde edilen ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** *Aesculus hippocastanum* L. organellerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Organel	Metal	Trafik yoğunluğu			F Değeri	Hata
		Yok	Az	Yoğun		
Yaprak	Ba (ppm)	31.73 a	54.66 b	79.56 c	19077.642	0.000
	Al (ppm)	463.67 a	673.33 b	1084.67 c	69091.872	0.000
	B (ppm)	59.33 b	78.33 c	40.00 a	4959.500	0.000
	Ca (ppm)	1176.00	1176.00	1175.00	1.500	,296
	K (ppm)	2834.33 c	1244.33 a	2673.33 b	36476.683	0.000
	Mg (ppm)	5744.00 b	5749.00 c	5736.67 a	1039.000	0.000
Tohum	Ba (ppm)	3.40 a	3.70 b	4.36 c	165.250	0.000
	Al (ppm)	3.00 a	6.00 b	36.33 c	483.211	0.000
	B (ppm)	10.67 b	6.33 a	14.00 c	199.500	0.000
	Ca (ppm)	822.00 a	2587.33 c	1644.00 b	25978.836	0.000
	K (ppm)	4945.00 b	1819.33 a	8838.33 c	97824.169	0.000
	Mg (ppm)	3985.67 c	3704.33 b	3087.67 a	3268.064	0.000
Dal	Ba (ppm)	11.63 a	12.03 a	35.03 b	549.347	0.000
	Al (ppm)	16.67 a	55.67 b	111.00 c	30333.500	0.000
	B (ppm)	14.00 a	19.00 b	41.33 c	5719.000	0.000
	Ca (ppm)	2648.00 a	5297.67 b	5422.67 c	2550312	0.000
	K (ppm)	1524.33 a	2724.33 c	2282.33 b	19161.225	0.000
	Mg (ppm)	7406.33 b	5737.00 a	11470.67 c	638075.698	0.000

Tablo 3'de görüldüğü üzere çalışmaya konu elementlerden sadece yapraklardaki Ca konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişimi istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Bunun dışındaki bütün organellerdeki bütün elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır.

Çalışma sonuçlarına göre, Ba ve Al'in bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Bunun dışındaki elementlerin konsantrasyon düzeyleri ile trafik yoğunluğu arasında bir ilişki görülmemektedir.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma sonucunda Ba ve Al'in bütün organellerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Bu elementlerden Ba insan sağlığı için zararlı olabilen bir elementtir. Ba cam, seramik, televizyon tüpleri, havai fişek yapımı, kauçuk üretimi, yakıt sentezi vb. alanların yanı sıra evlerde kullanılan böcek öldürücüler, tüy dökücüler, vb. maddeler içerisinde de bulunması sebebiyle toksikolojik öneme sahiptir (Monaci ve Bargagli, 1997). İnsanlarda çoğu sağlık riski baryum sülfat veya baryum karbonat içeren havanın solunması ile oluşmaktadır. Suda çözünen Ba çok yüksek miktarlarda alınması felce ve hatta bazı durumlarda ölümlere bile neden olabilmektedir. Suda çözünen baryumun az miktarda alınması ise nefes alıp verme zorluğuna, kan basıncında artışa, sinir reflekslerinde değişikliklere, kalp ritmi değişikliklerine,

kas güçsüzlüğüne, mide tahrişine, beyinde ve karaciğerde şişkinliğe, böbrek ve kalp rahatsızlıklarına neden olabilmektedir (URL-1, 2018). Trafik yoğunluğuna bağlı olarak artış gösteren bir diğer element de Al'dir. Al'in; anemi, meme kanseri, zeka geriliği, otizm, alerji ve Alzheimer gibi bir çok hastalık ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (URL-2, 2018).

Potansiyel tehlikeleri dolayısıyla AL ve Ba ağır metal konusunda yapılan pek çok çalışmaya konu olmuştur (Monaci ve Bargagli, 1997; Zechmeister ve ark., 2005; Mingorance ve Oliva, 2006; Erdem, 2018). Yapılan çalışmalarda bitki yapraklarında Ba konsantrasyonu ile trafik kaynağına olan mesafe arasında bariz bir korelasyon olduğu belirlenmiştir (Gratani ve ark., 2008; Shahid ve ark., 2017). Ayrıca bazı bölgelerde satılan benzin ve motorin içerisinde de Ba olduğu belirlenmiştir (Monaci ve Bargagli, 1997). Al ile trafik yoğunluğu arasındaki ilişkinin varlığı da çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur (Elfantazi ve ark., 2018)

Çalışma sonuçları, çalışmaya konu bütün elementlerin organel bazında önemli ölçüde değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda, bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun tür ve bitki organeline bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiği ortaya konulmuştur (Emamverdian ve ark., 2015; Dimitrijević ve ark., 2016; Shahid, 2017; Turkyilmaz ve ark., 2018d,e).

Bitkiler dünyanın en önemli canlı gruplarının başında gelmektedir çünkü dünyadaki canlı yaşamı doğrudan

veya dolaylı olarak bitkilere bağlıdır (Yigit ve ark., 2014; 2016a,b). Bitkiler buldukları ortamda hava kirliliğini ve gürültüyü azaltır (Sevik ve ark., 2016; Cetin ve Sevik, 2016a,b), psikolojik olarak olumlu yönde etkiler (Cetin, 2015a,b), enerji tasarrufu sağlar (Cetin, 2015c), ekonomik kaynaktır (Tunçtaner ve ark., 2007; Sevik, 2011; 2012), erozyonu önler, rüzgarın hızını azaltır ve daha pek çok ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonu yerine getirir (Özel ve Ertekin, 2012; Cetin ve Sevik, 2016c; Guney ve ark., 2016; Guney ve ark., 2017). Bundan dolayı bitkilerin yayılışı, fizyolojisi, morfolojisi vb konularda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Sevik ve ark., 2012; 2013; Sevik ve Cetin, 2015)

Bu fonksiyonlarına ek olarak bitkiler havadaki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla kullanılabilirler. Bundan dolayı çeşitli bitkilerin biyomonitor olarak kullanılabilme olanaklarına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Turkyılmaz ve ark., 2018a,b)

Bu güne kadar yapılan çalışmalarda bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının ve dolayısıyla bitkilerin ağır metal biriktirme potansiyellerinin bitki anatomik yapısı ile yakından ilişkili olduğu, bitki bünyesine ağır metal alımının büyük ölçüde bitki yapraklarının morfolojisi ve yüzey alanı, tutunan metalin kimyasal ve fiziksel formları, yaprakların yüzey dokusu, stoma sayısı ve büyüklüğü, bitki habitusu, maruz kalma süresi, çevresel koşulları ve gaz değişimi, havadaki partikül madde yoğunluğu gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değiştiği belirtilmektedir (Beckett ve ark., 2000; Taylor ve ark., 2000). Bunların yanında bitkilerde ağır metal konsantrasyonunu etkileme ihtimali olan bitkinin alt türü, formu, varyetesi ve orijinleri (Kertens, 2010), bitkinin stres düzeyi (Sevik ve Karaca, 2016) hatta bitkinin genetik yapısı (Sevik, 2012) gibi pek çok faktör bulunmaktadır. Ayrıca bütün bu faktörlerin birbirleri ile etkileşimi de söz konusudur. Dolayısıyla daha detaylı bilgilere ulaşabilmek amacıyla konu ile ilgili çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Anicic, M., Spasic, T., Tomasevic, M., Rajsic, S., Tasic, M. (2011). Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia spp.*). *Ecological Indicators* 11: 824-830.
- Cetin, M. (2015a). Chapter 55: Using Recycling Materials for Sustainable Landscape Planning. Book Title: *Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century*. (Edited by Recep Efe, Carmen Bizzari, Isa Cürebal, Gulnara N. Nyusupova), ISBN: 978-954-07-3999-1, ST. Kliment Ohridski University Press, Sofia, page: 783-788.
- Cetin, M. (2015b). Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu City. *Environmental Monitoring and Assessment* 187(10): 640. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-4861-3>
- Cetin, M. (2015c). Evaluation of the sustainable tourism potential of a protected area for landscape planning: a case study of the ancient city of Pompeopolis in Kastamonu. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 22(6): 490-495. DOI: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13504509.2015.1081651>
- Cetin, M., Sevik, H. (2016a). Change of Air Quality in Kastamonu City in Terms of Particulate Matter and CO<sub>2</sub> Amount. *Oxidation Communications* 39(4-II): 3394-3401.
- Cetin, M., Sevik, H. (2016b). Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO<sub>2</sub> Concentrations. *Polish Journal of Environmental Studies* 25(3): 973-979.
- Cetin, M., Sevik, H. (2016c). Evaluating the recreation potential of Ilgaz Mountain National Park in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 188(1): 52. DOI: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-5064-7>
- Cetin, M. (2016a). A Change in the Amount of CO<sub>2</sub> at the Center of the Examination Halls: Case Study of Turkey. *Studies on Ethno-Medicine* 10(2): 146-155.
- Cetin, M. (2016b). Sustainability of Urban Coastal Area Management: A Case Study on Cide. *Journal of Sustainable Forestry* 35(7): 527-541. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2016.1228072>
- Cetin, M. (2016c). Determination of bioclimatic comfort areas in landscape planning: A case study of Cide Coastline, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 4(9): 800-804. DOI: <http://www.agri-foodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/872/374>
- Cetin, M. (2016d). Peyzaj Çalışmalarında Kullanılan Bazı Bitkilerde Klorofil Miktarının Değişimi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 16(1): 239-245.
- Cetin, M., Sevik, H., Isınkaralar, K. (2017a). Changes in the Particulate Matter and CO<sub>2</sub> Concentrations Based on the Time and Weather Conditions: The Case of Kastamonu. *Oxidation Communications* 40(1-II): 477-485.
- Cetin, M., Sevik, H., Saat, A. (2017b). Indoor Air Quality: the Samples of Safranbolu Bulak Mencilis Cave. *Fresenius Environmental Bulletin* 26(10): 5965-5970.
- Cetin, M. (2017). Change in Amount of Chlorophyll in Some Interior Ornamental Plants. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 3(1):11-19.
- Cetin, M., Kalayci Onac, A., Sevik, H., Sen, B., (2018a) Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa Air Quality, *Atmosphere & Health*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-018-00657-6>
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N. (2018b). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental Monitoring and Assessment*. 190: 404. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6783-3>
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel, H.B., Aricak, B., Varol, T. (2018c). The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(5): 3206-3211.
- Cetin, M., Sevik, H., Canturk, U., Cakir, C. (2018d). Evaluation of the recreational potential of Kutahya Urban Forest. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(5): 2629-2634.
- Cetin, M., Zeren, I., Sevik, H., Cakir, C., Akpinar, H. (2018e). A study on the determination of the natural park's sustainable tourism potential. *Environmental Monitoring and Assessment*. 190(3): 167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6534-5>

- Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Celik, D.A. (2018f). Kuşadası'nda Biyokonfor; Kentsel Peyzaj Plan Kararları İçin Bir Araştırma. In book title: Kuşadası Peyzaj Değerleri, ISBN: 978-605-01-1236-8, TMMOB Peyzaj Mimarları Odası, 2018, Eds. Tanay Birisci, Ayşe Kalaycı Onac, pages 49-58, [http://www.peyzaj.org.tr/resimler/ekler/a5059bd2d44bb7b\\_ek.pdf](http://www.peyzaj.org.tr/resimler/ekler/a5059bd2d44bb7b_ek.pdf)
- Cetin, M., Yigit, N., Ozel H.B., Sevik, H. (2018g). Chapter 47: The changing of leaf micromorphological characters grown in different growth conditions in *Buxus sempervirens* plants. In book title: Recent Researches in Science and Landscape Management (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and İsa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 665-674
- Cetin, M., Yıldırım, E., Canturk, U., Sevik H. (2018h). Chapter 25: Investigation of bioclimatic comfort area of Elazığ city centre. In book title: Recent Researches in Science and Landscape Management (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and İsa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 324-333
- Cetin, M., Cakir, C., Canturk, U., Sevik, H. (2018i). Chapter 23: Taking the decisions of the area with the geodesign of Karabük city centre. In book title: Recent Researches in Science and Landscape Management (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and İsa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 299-309
- Cetin, M., Onac, A.K., Sevik, H., Canturk, U., Akpınar, H. (2018j). Chronicles and geoheritage of the ancient Roman city of Pompeiopolis: a landscape plan. *Arabian Journal of Geosciences*. 11:798. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-018-4170-6>
- Cetin, M., Adiguzel, F., Kaya, O., Sahap, A. (2018k). Mapping of bioclimatic comfort for potential planning using GIS in Aydın. *Environment, Development and Sustainability* 20(1): 361-375. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9885-5>
- Çakir, G., Müderrisoğlu, H., Kaya, L.G. (2016). Assessing the effects of long-term recreational activities on landscape changes in Abant Natural Park, Turkey. *Journal of Forestry Research* 27(2): 453-461.
- Elfantazi, MFM., Aricak, B., Baba, FAM. (2018). Changes in Concentration of Some Heavy Metals in Leaves And Branches of *Acer Pseudoplatanus* Due to Traffic Density. *International Journal of Trend in Research and Development*, 5(2): 704-707.
- Gao, W., Jiang, W., Xiong, T., Sun, S., Gao, R. (2015). The sources apportionment of heavy metal pollution base on tree ring in Jinan. In *Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 2015 8th International Conference on (pp. 1040-1043). IEEE.
- Gratani, L., Crescente, M.F., Varone, L. (2008). Long-term monitoring of metal pollution by urban trees. *Atmospheric Environment* 42: 8273-8277.
- Gülez, S., Kaya, L.G., Dönmez, Ş., Görmüş, S., Koçan, N. (2007). *Mugada Kıyı Alanı Peyzaj Düzenlemesi Üzerine Bir Çalışma*. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 9(12).
- Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., Guney, B.K. (2016). Influence of germination percentage and morphological properties of some hormones practice on *Lilium martagon* L. seeds, *Oxidation Communications* 39(1-II): 466-474.
- Guney, K., Cetin, M., Guney, K.B., Melekoglu, A. (2017). The Effects of Some Hormone Applications on *Lilium martagon* L. Germination and Morphological Characters. *Polish Journal of Environmental Studies* 26(6): 2533-2538.
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Ekizler, A., İlkdogan, C. (2017). Changes in the Amounts of CO<sub>2</sub> and Particulate Matter in Kastamonu Province Depending on Weather Conditions and Locations, *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences* 7(3): 643-650.
- Kaya, L.G. (2002) *Cultural landscape for tourism*. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 4(4).
- Kaya, L.G. (2007) *Coastal Wetlands Protection Act: Case of Apalachicola-Chattahoochee-Flint (ACF) River*. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 9(11).
- Kaya, L.G. (2009). Assessing forests and lands with carbon storage and sequestration amount by trees in the State of Delaware, USA. *Scientific Research and Essays* 4(10): 1100-1108.
- Kaya, L.G., Cetin, M., Doygun, H. (2009). A holistic approach in analyzing the landscape potential: Porsuk Dam Lake and its environs, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 18(8): 1525-153.
- Kaya, L.G. (2010). Application of collaborative approaches to the integrative environmental planning of Mediterranean coastal zone: case of Turkey. *Journal of Faculty of Bartın Forestry*, 12(18): 21-32.
- Kaya, L.G., Yücedağ, C., Duruşkan, Ö. (2015). Burdur Gölü Havzasının Çevresel Açidan İrdelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 6(1): 6-10.
- Kaya, L.G., Yücedağ, C., Bingöl, B. (2017). Usage of Ineffective Mining Quarries for Recreational Purposes: The Case Study of Burdur City, Turkey. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University* 8(2): 184-190.
- Kaya, E., Agca, M., Adiguzel, F., Cetin, M. (2018). Spatial data analysis with R programming for environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1470896>
- Kaya, L.G., Kaynakci-Elinc, Z., Yucedag, C., Cetin, M. (2018). Environmental outdoor plant preferences: a practical approach for choosing outdoor plants in urban or suburban residential areas in Antalya, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(12): 7945-7952.
- Kravkaz Kuscu, I.S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., Savaci, G. (2018a). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(3): 1613-1617.
- Kravkaz Kuscu, I.S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., Sevik, H. (2018b). Relationship between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use. *Polish Journal of Environmental Studies* (27)5: 2107-2112. DOI: 10.15244/pjoes/78475
- Martley, E., Gulson, B.L., Pfeifer, H.R. (2004). Metal concentrations in soils around the copper smelter and surrounding industrial complex of Port Kembla, NSW, Australia. *Science of the Total Environment* 325: 113-127.
- Mingorance, M.D., Oliva, S.R. (2006). Heavy Metals Content in *N. Oleander* Leaves As Urban Pollution Assessment. *Environmental Monitoring and Assessment* 119(1-3): 57-68.



- Monaci, F., Bargagli, R. (1997). Barium and other trace metals as indicators of vehicle emissions. *Water, Air, and Soil Pollution* 100(1-2): 89-98.
- Monaci, F., Moni, F., Lonciotti, E., Grechi, D., Bargagli, R. (2000) Biomonitoring of airborne metals in urban environments: new tracers of vehicle emission, in place of lead. *Environmental Pollution* 107(3): 321-327.
- Mossi, M.M.M. (2018). Determination of Heavy Metal Accumulation In Some Shrub Formed Landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, PhD Thesis, Kastamonu, Turkey.
- Mutlu, E. (2016). The effects of lead-induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fresenius Environmental Bulletin* 25(5):1419-1427
- Mutlu, E., Demir, T., Yanik, T., Anca Sutan, N. (2016). Determination of environmentally relevant water quality parameters in Serefiye Dam-Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 25(12):5812-5818
- Nowak, D.J., Walton, J.T., Dwyer, J.F., Kaya, L.G., Myeong, S. (2005). The Increasing Influence of Urban Environments on US Forest. *Journal of Forestry* 103(8):377-382.
- Ozel, H.B., Ozel, H.U., Varol, T. (2015). Using Leaves of Oriental Plane (*Platanus orientalis* L.) to Determine the Effects of Heavy Metal Pollution Caused by Vehicles. *Polish Journal of Environmental Studies* 24(6): 2569.
- Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P., Tsigaridas, K. (2011). Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environmental Pollution* 159: 3560-3570.
- Sevik, H. (2011). Dallanma Karakterleri Bakımından Noel Ağacı Üretimine Uygun Uludağ Göknaarı Populasyonlarının Belirlenmesi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 11(1): 102-107.
- Sevik, H. (2012). Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.), *African Journal of Biotechnology* 11(23): 6389-6395.
- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., Aktar G. (2012). Change to amount of chlorophyll on leaves depend on insolation in some landscape plants, *International Journal of Environmental Sciences* 3(3): 1057-1064.
- Sevik, H., Karakaş, H., Karaca Ü. (2013). Color - Chlorophyll relationship of some indoor ornamental plant, *International Journal of Engineering Science & Research Technology* 2 (7): 1706-1712.
- Sevik, H., Cetin, M. (2015). Effects of Water Stress on Seed Germination for Select Landscape Plants, *Polish Journal of Environmental Studies* 24(2): 689-693.
- Sevik, H., Cetin, M., İsinkaralar, K. (2016a). Bazı İç Mekan Süs Bitkilerinin Kapalı Mekanlarda Karbondioksit Miktarına Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 4(2): 493-500.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, Ö. (2016). Effect of Light on Young Structures of Turkish Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). *Oxidation Communications* 39(1-II): 485-492.
- Sevik, H., Ahmida, E.A., Cetin, M. (2017a). Chapter 31: Change of the Air Quality in the Urban Open and Green Spaces: Kastamonu Sample. In book title: *Ecology, Planning and Design*. Eds: Irina Koleva, Ulku Duman Yuksel, Lahcen Benaabidate, St. Kliment Ohridski University Press, ISBN: 978-954-07-4270-0, pp. 409-422
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu O., Aricak, B., Canturk, U. (2017b). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin* 26(11): 6579-6587.
- Sevik, H., Ozel, H.B., Cetin, M., Ozel H.U., Erdem T. (2018a). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health* DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-018-0641-x>
- Sevik, H., Cetin M., Yigit, N. (2018b). Chapter 46: The changing leaf micromorphological characters grown in different growth conditions in *Prunus cerasifera* ehrh. In book title: *Recent Researches in Science and Landscape Management* (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and Isa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 654-663
- Shahid, M., Dumat, C., Khalida, S., Schreck, E., Xiong, T., Nabeel N.K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials* 325: 36-58.
- Tunçtaner, K., Özel, H.B., Ertekin, M. (2007). Bartın Yöresindeki Ağaçlandırma Alanlarında Kullanılan Yerli ve Yabancı Türlerin Adaptasyon Yetenekleri Üzerine Araştırmalar. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 9(11): 11-225.
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., Saleh, E.A.A. (2018a). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0296-7>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*. 14(1):115-120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11355-017-0335-9>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., Cetin M. (2018c) Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3962-2>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., Saleh E.A.A. (2018d). Changes in Heavy Metal Accumulation Depending on Traffic Density in Some Landscape Plants. *Polish Journal of Environmental Studies* 27(5): 2277-2284.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., Cetin, M. (2018e). Using Acer *platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment* 190: 578. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6956-0>
- URL1, 2018: Erisim 10 Aralık 2018. <http://www.food-info.net/tr/metal/barium.htm>
- URL2, 2018: Erisim 10 Aralık 2018. <http://www.bildiriyo.com/aluminyumun-insan-sagligina-etkileri-ve-zararlari-164>
- Uzu, G., Sauvain, J.J., Baeza-Squiban, A., Riediker, M., Hohl, M.S.S., Val, S., Tack, K., Denys, S., Pradère, P., Dumat, C. (2011). In vitro assessment of the pulmonary toxicity and gastric availability of lead-rich particles from a lead recycling plant. *Environmental Science & Technology* 45: 7888-7895.

- Varol, T., Ertuğrul, M., Özel, H. B., Emir, T., Çetin, M. (2018). The effects of rill erosion on unpaved forest road. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(1):825-839.
- Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H. (2014). Ecological impact of urban forests (Example of Kastamonu urban forest). *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology* 3(12): 558-562.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., Gul, L. (2016a). Clonal variation in chemical wood characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *Journal of Sustainable Forestry* 35(7): 515-526.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., Kaya, N. (2016b). Chapter 3: Determination of the Effect of Drought Stress on the Seed Germination in Some Plant Species. Intech open. In book title: *Water Stress in Plants*, Eds: İsmail Mofizur Rahman, Zinnat Ara Begum, Hiroshi Hasegawa, ISBN: 978-953-51-2621-8, pp: 43-62 (126).
- Yigit, N., Cetin, M., Sevik, H. (2018). Bazı Yaprak Mikromorfolojik Karakterlerinin *Prunus laurocerasus* L. Türünde Yetiştirme Ortamına Göre Değişimi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 6(11): 1517-1521.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G. (2016). Hava Kirlenmelerinin Bitkilere Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 7(1): 67-74.
- Yücedağ, C., Bingöl, B., Kaya, L.G. (2016). Forest Genetic Resources in Burdur, Turkey. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 3(5): 6-12.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G., Ulu, A. (2017). Burdur Kenti Toplu Konut ve Site Alanlarının Peyzaj Tasarım Yeterliliğinin İncelenmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 8(2): 114-122.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G. (2017). Chapter 104. Recreational trend and demands of people in Isparta-Turkey, Book: *Researches on Science and Art in 21 st Century Turkey*. Eds: Hasan Arapgirlioglu, Atilla Atik, Robert L. Elliott, Edward Turgeon, Gece Publishing, ISBN: 978-605-180-771-3
- Yucedag, C., Kaya, L.G., Cetin, M. (2018) Identifying and assessing environmental awareness of hotel and restaurant employees' attitudes in the Amasra District of Bartın. *Environmental Monitoring and Assessment* 190(2): 60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6456-7>
- Zechmeister, H. G., Hohenwallner, D., Riss, A., Hanus-Ilmar, A. (2005). Estimation of element deposition derived from road traffic sources by using mosses. *Environmental Pollution* 138(2): 238-249.
- Zeren, I., Cantürk, U., Yaşar, M.O. (2017). Bazı Peyzaj Bitkilerinde Klorofil Miktarının Değişimi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(2): 174-182.
- Zeren, I., Cesur, A., Keskin, R., Akarsu, H. (2018). Bazı Peyzaj Bitkilerinde Klorofil Miktarının Değişimi: Samsun Örneği, *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 4(1):1-10.

## Fraxinus excelsior L.'da Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Organel ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi

### Changes of Some Heavy Metal Concentrations Based on Organic and Traffic Density in Fraxinus excelsior L.

Hatice AKARSU<sup>1</sup>, İlknur ZEREN CETİN<sup>1\*</sup>, Asma Asghar JAWED<sup>2</sup>, Adel Easa ABO AISHA<sup>2</sup>, Alican CESUR<sup>1</sup>, Rizacan KESKİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Yüksek Lisans Programı, Kastamonu

<sup>2</sup>Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Doktora Programı, Kastamonu

Received (Geliş Tarihi): 05.01.2019, Accepted (Kabul Tarihi): 19.01.2019  
Corresponding author (Sorumlu Yazar\*): ukizeren@gmail.com

#### ÖZ

Sanayileşme ve Dünya nüfusundaki hızlı artışın sebep olduğu problemlerin başında çevre ve özellikle hava kirliliği gelmektedir. Öyle ki hava kirliliği her yıl dünya çapında milyonlarca insanın hayatını kaybetmesine sebep olmaktadır. Hava kirliliği bileşenleri biyobozunur özelliğe sahip olmayan ağır metaller, düşük miktarlarda insan, hayvan ve bitki ihtiyaçları için gerekli olsalar da fazla miktarlarda bulduklarında toksik etki oluşturabilmektedir. Bazı ağır metaller düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiye sahiptir. Özellikle ağır metallerin atmosferde birikiminin artması insan sağlığı açısından ciddi sorun teşkil etmektedir. Bundan dolayı ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin takip edilmesi büyük önem taşımaktadır. Ağır metal kirliliğinin atmosferdeki konsantrasyonlarının belirlenmesinde en önemli belirteç olarak biyoindikatörlerden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada da ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde biyomonitör olarak Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) organellerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Dişbudak ağacının trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve olmadığı alanlarda yetişen bireylerinden alınan yaprak, tohum ve dal örnekleri üzerinde çalışma yapılarak ve Ba, Al, B, Ca, Fe, K, Mg ve Mn konsantrasyonlarının değişimleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre yaprak ve tohumda çalışmaya konu elementlerin konsantrasyonlarının genel olarak trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomonitör, ağır metal, trafik, *Fraxinus excelsior* L.

#### ABSTRACT

At the beginning of the problems caused by the industrialization and the rapid increase in the world population; environmental and especially air pollution. Air pollution is causing millions of people to die every year around the world. Air pollution components are non-biodegradable heavy metals, although they are necessary for low amounts of human, animal and plant needs, they can produce toxic effects when they are present in large quantities. Some heavy metals have toxic effects even at low concentrations. In particular, the accumulation of heavy metals in the atmosphere is a serious problem for human health. It is therefore of great importance to monitor the change in heavy metal concentrations. Bioindicators are used as the most important determinants of determination of heavy metal contamination in atmosphere. In this study, the usability of *Fraxinus excelsior* L. organelles as a biomonitor was investigated in the determination of heavy metal constructions. It was studied on the leaves, seeds and twigs taken from the individuals grown in the areas where the ash tree traffic is dense, less dense and not. According to the results of the study, it was determined that the concentrations of the elements in the leaves and seeds were increased depending on the traffic density.

**Keywords:** Biomonitor, heavy metal, traffic, *Fraxinus excelsior* L.

#### GİRİŞ

Günümüzün en önemli sorunlarından birisi çevre kirliliğidir. Endüstri alanındaki gelişmeler ve ekonomik sebepler şehirlerin merkez nüfusunun önemli ölçüde artmasına sebep olmuştur (Kaya 2009; Kaya ve ark., 2009; Kaya 2010; Cetin 2015a,b,c; Kaya ve ark., 2015; Çakir ve ark.,

2016; Cetin 2016a,b,c,d; Yücedağ ve Kaya, 2016; Yücedağ ve ark., 2016; Yücedağ ve Kaya, 2017; Cetin 2017; Kaya ve ark., 2017; Sevik ve ark., 2017a,b; Yücedağ ve ark., 2017; Zeren ve ark., 2017; Zeren ve ark., 2018; Sevik ve ark., 2018a,b; Varol ve ark., 2018; Yigit ve ark., 2018; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k; Kaya ve ark., 2018; Kaya ve ark., 2018; Kravkaz Kuscu ve ark., 2018a,b). Hızlı kentleşme ve popülasyon artışı; trafik,

çevre kirliliği, ormanların tahribatı ve küresel iklim değişikliği gibi pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir (Cetin 2015a,b,c; Cetin 2016a,b,c,d; Cetin ve Sevik 2016a,b,c; Cetin ve ark., 2017a,b; Cetin 2017; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k). Bu problemler arasında çevre kirliliği çok önemli bir yere sahiptir (Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h). Özellikle hava kirliliği o kadar ciddi boyutlara ulaşmıştır ki dünya genelinde yılda yaklaşık 6,5 milyon insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği belirtilmektedir (Cetin 2015a,b,c; Cetin ve Sevik 2016a,b,c; Cetin 2016a,b,c,d; Cetin 2017; Cetin ve ark., 2017; Yuçedag ve ark.,2018; Mossi, 2018; Cetin ve ark., 2018a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k).

Hava kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Ağır metallerin bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterebilen, bazıları ise kanserojen etkiye sahip elementlerdir. Bunlara ek olarak ağır metaller doğada kolay kolay bozulmazlar ve biyobirikme kabiliyetindedirler (Turkyılmaz ve ark., 2018a,b,c,d,e). Bundan dolayı ağır metallerin havadaki konsantrasyonlarının belirlenmesi ayrı bir önem taşır.

Ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesinde en sık kullanılan yöntem, bitkilerin biyomonitör olarak kullanılmasıdır. Bitkiler pek çok ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonu yerine getirirler (Yigit ve ark., 2014; 2016a,b; Sevik ve ark., 2016; Cetin ve Sevik, 2016a,b; Tunçtaner ve ark., 2007). Bundan dolayı bitkilerin yayılışı, fizyolojisi, morfolojisi vb konularda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Kırdar ve ark., 2010; Özel ve Ertekin, 2012; Özel ve Bilir, 2016; Sevik ve ark., 2017).

Ancak bitkilerin ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesinde biyomonitör olarak kullanımına ilişkin çalışmalar nispeten yenidir ve hangi bitkinin hangi organelinde hangi ağır metali daha yoğun biriktirdiğine ilişkin çalışma sayısı henüz yeterli düzeyde değildir. Bundan dolayı her bir ağır metalin hangi bitkinin hangi organelinde ne düzeyde biriktiğinin belirlenerek o bitkilerin ve organellerinin biyomonitör olarak kullanılması, elde edilen değerlerin sağlıklı olması açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan ve dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de birçok şehirde yetiştirilen Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) yaprak, tohum ve dallarında Ba, Al, B, Ca, Fe, K, Mg ve Mn metallerinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Yaptığımız çalışmada Kastamonu ili kent merkezinden toplanan örnekler kullanılmıştır. Örneklerin toplanacağı alanlar belirlenirken trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve trafiğin olmadığı (en az 50 m mesafede taşıtların girebileceği alan bulunmayan) alanlar tespit edilmiştir. Daha sonra belirlenen bu alanlardan vejetasyon mevsimi sonunda bu bölgelerdeki tespit edilen *Fraxinus excelsior* L. ağaçlarından yaprak, tohum ve dal örnekleri toplanmıştır.

Laboratuvar ortamına getirilen örnekler parçalara ayrıldıktan sonra etiketlenerek cam kaplara alınmıştır. Cam kaplara alınan örnekler oda kurusu haline gelene kadar 15 gün boyunca ağızları açık olarak bekletilmiştir. 15. günün sonunda oda kurusu haline ulaşan örnekler etüvde 45 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Daha sonra kurutulan örnekler toz haline getirilmiştir. Toz haline gelen örneklerden 0,5 g'ı alınarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuştur. Tüplere konulan örneklerin üzerine 10 ml %65'lik HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Bu işlemler sırasında çeker ocakta çalışılmıştır. Hazırlanan örnekler daha sonra mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 20 dakika yakılmıştır. İşlemler tamamlandıktan sonra mikrodalgadan çıkartılan tüpler soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler üzerine 50 ml'ye tamamlamak için deiyonize su ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler filtre kağıdından süzöldükten sonra ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektromesi) cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur. Elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiş ve verilere varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonucunda istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunan değerlere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

## BULGULAR

Çalışmaya konu olan *Fraxinus excelsior* L. yaprak, tohum ve dal parçalarından alınan örnekler üzerinde yapılan çalışmalarda ağır metal konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiş elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış, elde edilen ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değerleri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Organelle Bağlı Olarak Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi

Organel	Ba (ppm)	Al (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
Yaprak	27.522 b	213.00 b	49.44 b	2053 a	450.33 b	16457 b	4991 a	43.56 b
Tohum	7.744 a	75.33 a	62.67 c	4927 b	157.33 a	24615 c	7476 b	6.00 a
Dal	14.567 a	24.11 a	24.89 a	6834 c	78.56 a	8384 a	9286 c	16.67 a
F Değ.	6.781	13.853	20.722	60.032	8.455	143.171	21.999	15.975
Hata	0.005	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000

Tablo 1 sonuçları incelendiğinde çalışmaya konu olan bütün elementlerin organel bazında değişimleri istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Varyans analizi sonucunda Ba ve Fe elementlerinin organel bazında değişiminin %99, diğer elementlerin ise yüzde %99,9 güven düzeyinde anlamlı oldukları görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçlarına göre Ba, Al, Fe ve Mn elementleri iki homojen grup oluştururken, B, Ca, K ve Mg elementleri üç homojen grup oluşmuştur. En yüksek değerler B ve K elementinde tohumda gözlenirken, Ca ve Mg elementlerinde dalda gözlemlenmiştir. En düşük değerler Ba, Al,

Fe ve Mn elementlerinde tohum ve dalda elde edilirken, tohum B ve K elementlerinin dalda, Ca ve Mg elementlerinin yaprakta en düşük düzeyde oldukları belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimleri belirlenmiş ve elde edilen değerlere Varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. Varyans analizi sonucu elde edilen F değerleri ve önem düzeyleri ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Trafik Yoğunluğuna Bağlı Olarak Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi

Trafik	Ba (ppm)	Al (ppm)	B (ppm)	Ca (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
Yok	8.86 a	36.2	36.0 a	3937	61.4 a	17054	6658	7.44 a
Az	14.96 ab	118.5	40.0 a	5015	211.3 ab	15747	6791	25.11 ab
Yoğun	26.01 b	157.7	61.0 b	4862	413.4 b	16655	8305	33.67 b
F Değ.	4.449	3.302	5.410	0.617	6.074	0.076	1.583	4.498
Hata	0.023	0.054	0.011	0.548	0.007	0.927	0.226	0.022

Tablo 2 değerleri incelendiğinde trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre Al, Ca, K ve Mg elementlerinin trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaşmadığı görülmektedir. Fe elementinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu, Ba, B ve Mn elementlerinin ise %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçlarına göre trafiğin olmadığı, az yoğun olduğu ve çok yo-

ğun olduğu alanlardaki element değerleri incelendiğinde, B elementinin iki farklı homojen grup, Ba, Fe ve Mn elementlerinin ise üç farklı grup oluşturduğu gözlemlenmiştir.

*Fraxinus excelsior* L. yaprak, tohum ve dal organellerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi element bazında ayrı ayrı belirlenmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmış ve elde edilen ortalama değerler, varyans ana-

lizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** *Fraxinus excelsior* L. organellerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Organel	Metal	Trafik yoğunluğu			F Değeri	Hata
		Yok	Az	Yoğun		
Yaprak	Ba (ppm)	4.833 a	32.933 b	44.800 c	32499	0.000
	Al (ppm)	37.33 a	277.33 b	324.33 c	213267	0.000
	B (ppm)	37.67 a	40.00 b	70.67 c	4578	0.000
	Ca (ppm)	1468.33 a	3224.00 b	1469.33 a	64328	0.000
	Fe (ppm)	72.67 a	423.67 b	854.67 c	230121	0.000
	K (ppm)	15336 a	17851 c	16186 b	553	0.000
	Mg (ppm)	4999 c	4987 a	4988 b	564	0.000
Tohum	Ba (ppm)	7.80	7.76	7.66	2,600	0.154
	Al (ppm)	59.0 a	75.3 b	91.6 c	1440	0.000
	B (ppm)	48.0 a	62.6 b	77.3 c	4646	0.000
	Ca (ppm)	3373 a	4927 b	6481 c	37486	0.000
	Fe (ppm)	81.0 a	157.3 b	233.6 c	31464	0.000
	K (ppm)	26643 c	24615 b	22587 a	451	0.000
	Mg (ppm)	4989 a	7476 b	9964 c	2234407	0.000
Dal	Ba (ppm)	13.9 b	4.2 a	25.5 c	15448	0.000
	Al (ppm)	12.3 b	3.0 a	57.0 c	3213	0.000
	B (ppm)	22.3 b	17.3 a	35.0 c	279	0.000
	Ca (ppm)	6971 c	6895 b	6635 a	9307	0.000
	Fe (ppm)	30.6 a	53.0 b	152.0 c	11259	0.000
	K (ppm)	9184 b	4776 a	11193 c	17577	0.000
	Mg (ppm)	9985 c	7909 a	9964 b	4250	0.000

Tablo 3 değerleri incelendiğinde çalışmaya konu olan elementlerden sadece tohumda bulunan Ba elementinde en az %95 güven düzeyinde anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bunun dışında yapraklarda, dallarda ve tohumda diğer bütün elementlerin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi %99.9 güven düzeyinde anlamlıdır. Genel olarak ortalama değerlerin organel değişimindeki dağılımının yaprak ve tohumda trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı görülmektedir. Fakat yaprakta Mg elementinin ve tohumda K elementinin en yüksek değerlerinin trafiğin olmadığı alanlarda olduğu belirlenmiştir. Dallarda ise element konsantrasyonlarının en yüksek değerlerinin trafiğin yoğun olduğu en düşük değerlerin ise trafiğin az yoğun olduğu alanlarda olduğu görülmektedir. Fakat dallardaki Ca ve Mg elementinin en yüksek değeri trafiğin olmadığı alanlarda ölçülmüştür.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma sonucunda çalışmaya konu olan bütün elementlerin organel bazında değişimlerinin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu, en yüksek değerlerin B ve K elementinde tohumda, Ca ve Mg elementlerinde dalda, diğer elementlerde ise yaprakta olduğu belirlenmiştir. Bu durum yapılan pek çok çalışmada da belirtilmiştir. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda, bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun tür ve bitki organeline bağlı olarak önemli ölçüde değişebildiği ortaya konulmuştur (Turkyılmaz ve ark., 2018d,e).

Çalışma sonuçlarına göre yaprak ve tohumda çalışmaya konu elementlerin konsantrasyonlarının genel olarak trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Fakat yaprakta Mg ve tohumda K elementlerinin en yüksek değeri trafiğin olmadığı alanlarda elde edilmiştir. Yapılan pek çok çalışmada trafik yoğunluğunun artması ile birlikte, bitki organellerindeki ağır metal konsantrasyonunun da arttığı belirlenmiştir (Turkyılmaz ve ark., 2018b;

Saleh, 2018). Atmosferde ağır metal kirliliği büyük oranda atık yakma, evlerde petrol yakma, enerji üretim santrali, endüstriyel birimler, araç trafiğinden kaynaklanmaktadır. Bunların arasında endüstriyel ve trafik faaliyetlerinden kaynaklanan ağır metal yayılımı, en önemli atmosferik kirlilik kaynaklarından. Kent içerisinde egzoz gazları, araba tekerleri, araçlar ve araç aşınmaları yanında endüstriyel süreçlerde ağır metallerin havaya yayılması, rafine etme ve işleme süreçlerinden kaynaklanmaktadır (Turkyılmaz ve ark., 2018a; Sevik ve ark., 2018; Mossi, 2018).

Çalışma sonucunda dallarda en yüksek konsantrasyonlar genel olarak trafiğin yoğun olduğu, en düşük değerler ise trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. Bilindiği üzere kabuk, ağacın en dış katmanıdır ve tırtıklı bir yapıya sahiptir. Bu durum toz partiküllerinin kabuk üzerine yapışması ve zamanla kabuk genişledikçe, kabuğun içerisinde kalmasına sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalar yayılım sonrası ağır metallerin atmosferdeki çeşitli partiküllere tutunabildiğini göstermiştir. Partikül madde ağır metaller için bir yutak vazifesi girmekte ve bu maddenin kabuğa yerleşmesi kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırmaktadır (Mossi, 2018). Nitekim yapılan çalışmalarda kabukta belirlenen ağır metal konsantrasyonlarının odundakinden çok daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Turkyılmaz ve ark., 2018c,e). Partikül maddelerin ağır metaller ile kontamine olması nedeniyle partikül maddeler insan ve çevre sağlığı açısından ciddi sorunlar yaratabilir (Shahid ve ark., 2017; Mossi, 2018). Bundan dolayı hava kirliliği bileşeni olarak ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi pek çok çalışmaya konu olmuştur (Cetin ve ark., 2018).

Bu çalışmada çalışmaya konu elementlerin organik ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Bu güne kadar yapılan çalışmalar bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının bitki türü, habitusu, anatomik yapısı, çevresel şartlar gibi birçok faktörle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Shahid ve ark., 2017; Saleh, 2018; Mossi, 2018). Bunların yanında bitkilerde ağır metal konsantrasyonunu etkileme ihtimali olan bitkinin alt türü, formü, varyetesi ve orijinleri (Mossi, 2018), bitkinin stres düzeyi (Sevik ve Karaca, 2016) hatta bitkinin genetik yapısı (Sevik, 2012) gibi pek çok faktör bulunmaktadır. Ayrıca bütün bu faktörlerin birbirleri ile etkileşimi de söz konusudur. Dolayısıyla daha detaylı bilgilere ulaşabilmek amacıyla konu ile ilgili çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Çakir, G., Müderrisoğlu, H., Kaya, L.G. (2016). Assessing the effects of long-term recreational activities on landscape changes in Abant Natural Park, Turkey. *Journal of Forestry Research* 27(2): 453-461.
- Cetin, M. (2015a). Chapter 55: Using Recycling Materials for Sustainable Landscape Planning. Book Title: *Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century*. (Edited by Recep Efe, Carmen Bizzarri, İsa Cürebal, Gulnara N. Nyusupova), ISBN: 978-954-07-3999-1, ST. Kliment Ohridski University Press, Sofia, page: 783-788.
- Cetin, M. (2015b). Determining the bioclimatic comfort in Kastamonu City. *Environmental Monitoring and Assessment* 187(10): 640. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-4861-3>
- Cetin, M. (2015c). Evaluation of the sustainable tourism potential of a protected area for landscape planning: a case study of the ancient city of Pompeiopolis in Kastamonu. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 22(6): 490-495. DOI: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13504509.2015.1081651>
- Cetin, M., Sevik, H. (2016a). Change of Air Quality in Kastamonu City in Terms of Particulate Matter and CO<sub>2</sub> Amount. *Oxidation Communications* 39(4-II): 3394-3401.
- Cetin, M., Sevik, H. (2016b). Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO<sub>2</sub> Concentrations. *Polish Journal of Environmental Studies* 25(3): 973-979.
- Cetin, M., Sevik, H. (2016c). Evaluating the recreation potential of Ilgaz Mountain National Park in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 188(1): 52. DOI: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-5064-7>
- Cetin, M. (2016a). A Change in the Amount of CO<sub>2</sub> at the Center of the Examination Halls: Case Study of Turkey. *Studies on Ethno-Medicine* 10(2): 146-155.
- Cetin, M. (2016b). Sustainability of Urban Coastal Area Management: A Case Study on Cide. *Journal of Sustainable Forestry* 35(7): 527-541. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2016.1228072>
- Cetin, M. (2016c). Determination of bioclimatic comfort areas in landscape planning: A case study of Cide Coastline, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 4(9): 800-804. DOI: <http://www.agrifoodscience.com/index.php/TURJAF/article/view/872/374>
- Cetin, M. (2016d). Peyzaj Çalışmalarında Kullanılan Bazı Bitkilerde Klorofil Miktarının Değişimi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 16(1): 239-245.
- Cetin, M., Sevik, H., İsinkaralar, K. (2017a). Changes in the Particulate Matter and CO<sub>2</sub> Concentrations Based on the Time and Weather Conditions: The Case of Kastamonu. *Oxidation Communications* 40(1-II): 477-485
- Cetin, M., Sevik, H., Saat, A. (2017b). Indoor Air Quality: the Samples of Safranbolu Bulak Mencilis Cave. *Fresenius Environmental Bulletin* 26(10): 5965-5970.
- Cetin, M. (2017). Change in Amount of Chlorophyll in Some Interior Ornamental Plants. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 3(1):11-19.
- Cetin, M., Onac, A.K., Sevik, H., Canturk, U., Akpınar, H. (2018a). Chronicles and geoheritage of the ancient Roman city of Pompeiopolis: a landscape plan. *Arabian Journal of Geosciences*. 11:798. DOI:

- <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-018-4170-6>
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N. (2018b). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental Monitoring and Assessment*. 190: 404. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6783-3>
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel, H.B., Aricak, B., Varol, T. (2018c). The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(5): 3206-3211.
- Cetin, M., Sevik, H., Canturk, U., Cakir, C. (2018d). Evaluation of the recreational potential of Kutahya Urban Forest. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(5): 2629-2634.
- Cetin, M., Zeren, I., Sevik, H., Cakir, C., Akpınar, H. (2018e). A study on the determination of the natural park's sustainable tourism potential. *Environmental Monitoring and Assessment*. 190(3): 167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6534-5>
- Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Celik, D.A. (2018f). Kuşadası'nda Biyokonfor; Kentsel Peyzaj Plan Kararları İçin Bir Araştırma. In book title: *Kuşadası Peyzaj Değerleri*, ISBN: 978-605-01-1236-8, TMMOB Peyzaj Mimarları Odası, 2018, Eds. Tanay Birisci, Ayse Kalayci Onac, pages 49-58, [http://www.peyzaj.org.tr/resimler/ekler/a5059bd2d44bb7b\\_ek.pdf](http://www.peyzaj.org.tr/resimler/ekler/a5059bd2d44bb7b_ek.pdf)
- Cetin, M., Yigit, N., Ozel H.B., Sevik, H. (2018g). Chapter 47: The changing of leaf micromorphological characters grown in different growth conditions in *Buxus sempervirens* plants. In book title: *Recent Researches in Science and Landscape Management* (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and Isa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 665-674
- Cetin, M., Yildirim, E., Canturk, U., Sevik H. (2018h). Chapter 25: Investigation of bioclimatic comfort area of Elazığ city centre. In book title: *Recent Researches in Science and Landscape Management* (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and Isa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 324-333
- Cetin, M., Cakir, C., Canturk, U., Sevik, H. (2018i). Chapter 23: Taking the decisions of the area with the geodesign of Karabük city centre. In book title: *Recent Researches in Science and Landscape Management* (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and Isa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 299-309
- Cetin, M., Kalayci Onac, A., Sevik, H., Sen, B., (2018j) Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa Air Quality, Atmosphere & Health. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-018-00657-6>
- Cetin, M., Adiguzel, F., Kaya, O., Sahap, A. (2018k) Mapping of bioclimatic comfort for potential planning using GIS in Aydin. *Environment, Development and Sustainability* 20(1): 361-375. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9885-5>
- Guney, K., Cetin, M., Guney, K.B., Melekoglu, A. (2017). The Effects of Some Hormone Applications on *Lilium martagon* L. Germination and Morphological Characters. *Polish Journal of Environmental Studies* 26(6): 2533-2538.
- Kaya, L.G. (2009). Assessing forests and lands with carbon storage and sequestration amount by trees in the State of Delaware, USA. *Scientific Research and Essays* 4(10): 1100-1108.
- Kaya, L.G., Cetin, M., Doygun, H. (2009). A holistic approach in analyzing the landscape potential: Porsuk Dam Lake and its environs, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 18(8): 1525-153.
- Kaya, L.G. (2010). Application of collaborative approaches to the integrative environmental planning of Mediterranean coastal zone: case of Turkey. *Journal of Faculty of Bartın Forestry* 12(18): 21-32.
- Kaya, L.G., Yücedağ, C., Duruşkan, Ö. (2015). Burdur Gölü Havzasının Çevresel Açından İrdelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 6(1): 6-10.
- Kaya, L.G., Yücedağ, C., Bingöl, B. (2017). Usage of Ineffective Mining Quarries for Recreational Purposes: The Case Study of Burdur City, Turkey. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University* 8(2): 184-190.
- Kaya, E., Agca, M., Adiguzel, F., Cetin, M. (2018). Spatial data analysis with R programming for environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. DOI: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1470896>
- Kaya, L.G., Kaynakci-Elinc, Z., Yuicedag, C., Cetin, M. (2018). Environmental outdoor plant preferences: a practical approach for choosing outdoor plants in urban or suburban residential areas in Antalya, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(12): 7945-7952.
- Kırdar, E., Özel, H. B., Ertekin, M. (2010). Effects of pruning on height and diameter growth at stone pine (*Pinus pinea* L.) afforestations. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 12(18): 1-10.
- Kravkaz Kuscu, I.S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., Savaci, G. (2018a). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(3): 1613-1617.
- Kravkaz Kuscu, I.S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., Sevik, H. (2018b). Relationship between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use. *Polish Journal of Environmental Studies* (27)5: 2107-2112. DOI: 10.15244/pjoes/78475
- Mossi, M.M.M. (2018). Determination of Heavy Metal Accumulation In Some Shrub Formed Landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, PhD Thesis, Kastamonu, Turkey.
- Özel, H.B., Ertekin, M. (2012). The change of stand structure in Uludağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* Mattf.) forests along an altitudinal gradient. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 12(3): 96-104.
- Özel, H.B., Bilir, N. (2016). Effects of light and moisture on growth and morphological characteristics of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) seedlings in the western blacksea region in Turkey. *Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo* 62(1): 65-69.
- Saleh, E.A.A. (2018). Determination of Heavy Metal Accumulation in Some landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, Ph.D. Thesis, Kastamonu, Turkey.
- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., Aktar G. (2012). Change to amount of chlorophyll on leaves depend on insolation in some landscape plants, *International Journal of Environmental Sciences* 3(3): 1057-1064.



- Sevik, H., Karaca, U. (2016). Determining the Resistances of Some Plant Species to Frost Stress Through Ion Leakage Method. *Fresenius Environmental Bulletin* 25(8): 2745-2750.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, Ö. (2016). Effect of Light on Young Structures of Turkish Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bommulleriana*). *Oxidation Communications* 39(1-II): 485-492.
- Sevik, H., Ahmida, E.A., Cetin, M. (2017a). Chapter 31: Change of the Air Quality in the Urban Open and Green Spaces: Kastamonu Sample. In book title: *Ecology, Planning and Design*. Eds: Irina Koleva, Ulku Duman Yuksel, Lahcen Benaabidate, St. Kliment Ohridski University Press, ISBN: 978-954-07-4270-0, pp. 409-422
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu O., Aricak, B., Canturk, U. (2017b). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bormulleriana* mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin* 26(11): 6579-6587.
- Sevik, H., Ozel, H.B., Cetin, M., Ozel H.U., Erdem T. (2018a). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health* DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-018-0641-x>
- Sevik, H., Cetin M., Yigit, N. (2018b). Chapter 46: The changing leaf micromorphological characters grown in different growth conditions in *Prunus cerasifera* ehrh. In book title: *Recent Researches in Science and Landscape Management* (Edited by Recep Efe, Murat Zencirkiran and Isa Curebal), Cambridge Scholars Publishing. ISBN (10): 1-5275-1087-5, ISBN (13): 978-1-5275-1087-6, Lady Stephenson Library, Newcastle upon Tyne, NE6 2PA, UK. Page: 654-663
- Shahid, M., Dumat, C., Khalida, S., Schreck, E., Xiong, T., Nabeel N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials* 325: 36-58.
- Tunçtaner, K., Özel, H.B., Ertekin, M. (2007). Bartın Yöresindeki Ağaçlandırma Alanlarında Kullanılan Yerli ve Yabancı Türlerin Adaptasyon Yetenekleri Üzerine Araştırmalar. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 9(11): 11-225.
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., Saleh, E.A.A. (2018a). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0296-7>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*. 14(1):115-120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11355-017-0335-9>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., Cetin M. (2018c) Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3962-2>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., Saleh E.A.A. (2018d). Changes in Heavy Metal Accumulation Depending on Traffic Density in Some Landscape Plants. *Polish Journal of Environmental Studies* 27(5): 2277-2284.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., Cetin, M. (2018e). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment* 190: 578. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6956-0>
- Varol, T., Ertuğrul, M., Özel, H. B., Emir, T., Çetin, M. (2018). The effects of rill erosion on unpaved forest road. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(1):825-839.
- Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H. (2014). Ecological impact of urban forests (Example of Kastamonu urban forest). *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology* 3(12): 558-562.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., Gul, L. (2016a). Clonal variation in chemical wood characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *Journal of Sustainable Forestry* 35(7): 515-526.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., Kaya, N. (2016b). Chapter 3: Determination of the Effect of Drought Stress on the Seed Germination in Some Plant Species. *Intech open*. In book title: *Water Stress in Plants*, Eds: Ismail Mofizur Rahman, Zinnat Ara Begum, Hiroshi Hasegawa, isbn: 978-953-51-2621-8, pp: 43-62 (126).
- Yigit, N., Cetin, M., Sevik, H. (2018). Bazı Yaprak Mikromorfolojik Karakterlerinin *Prunus laurocerasus* L. Türünde Yetiştirme Ortamına Göre Değişimi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 6(11): 1517-1521.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G. (2016). Hava Kirlenmelerinin Bitkilere Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 7(1): 67-74.
- Yücedağ, C., Bingöl, B., Kaya, L.G. (2016). Forest Genetic Resources in Burdur, Turkey. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 3(5): 6-12.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G., Ulu, A. (2017). Burdur Kenti Toplu Konut ve Site Alanlarının Peyzaj Tasarım Yeterliliğinin İncelenmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 8(2): 114-122.
- Yücedağ, C., Kaya, L.G. (2017). Chapter 104. Recreational trend and demands of people in Isparta-Turkey, *Book: Researches on Science and Art in 21 st Century Turkey*. Eds: Hasan Arapgirlioglu, Atilla Atik, Robert L. Elliott, Edward Turgeon, Gece Publishing, ISBN: 978-605-180-771-3
- Yucedag, C., Kaya, L.G., Cetin, M. (2018) Identifying and assessing environmental awareness of hotel and restaurant employees' attitudes in the Amasra District of Bartın. *Environmental Monitoring and Assessment* 190(2): 60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6456-7>
- Zeren, I., Cantürk, U., Yaşar, M.O. (2017). Bazı Peyzaj Bitkilerinde Klorofil Miktarının Değişimi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(2): 174-182.
- Zeren, I., Cesur, A., Keskin, R., Akarsu, H. (2018). Bazı Peyzaj Bitkilerinde Klorofil Miktarının Değişimi: Samsun Örneği, *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences* 4(1):1-10.

## Arduino Tabanlı Döndürerek İnce Film Kaplama Sistemi Tasarımı ve MgO İnce Film Üretimi

### Arduino Based Thin Film Spin Coating System Design and MgO Thin Film Preparation

Tayyar GÜNGÖR<sup>1\*</sup>, Bahtiyar USLU<sup>2</sup>, Ebru GÜNGÖR<sup>1</sup>, Ahmet BÖBREK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Burdur

<sup>2</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Burdur

<sup>3</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur

Received (Geliş Tarihi): 27.12.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 23.01.2019

Corresponding author (Sorumlu Yazar\*): tgungor@mehmetakif.edu.tr

#### ÖZ

Bu çalışmada Döndürerek İnce Film Kaplama (DIFK) sistemi tasarlanmış ve uygulanabilirliği test edilmiştir. Bunun için Arduino-UNO R2 platformu kullanılarak elde edilen sistem bileşenleri; bir hard disk (HDD) motoru, motor sürücü birimi ve ona entegre edilen dönen bir birimden oluşmaktadır. Tasarımı ve üretimi laboratuvar ortamında gerçekleştirilen DIFK sisteminde altta, uygun adım değerleri ve zaman aralıkları ile 30 saniye süresince 3000 devir/dakika dönüş hızında sabit hızda döndürülebilmektedir. Sistemin özellikleri, cam altta üzerine magnezyum oksit (MgO) ince film biriktirme işlemi için test edilmiş ve üretilen ince filmin beklenen fiziksel özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir. Mg kaynağı olarak alkol tipi çözücüler içinde çözünen 0.1M magnezyum asetat tetrahidrat (Mg(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O) tuzu kullanılmıştır. Ardışık kaplamaların yapılabildiği kendi-tasarım DIFK sistemi ile cam altta üzerine 1, 2, 3 ve 4 kez ardışık MgO ince film biriktirilmiştir. Her bir kaplama sonrası film/altta yapısındaki örnek, 100 °C de 30s süresince ara ısıtmaya tabi tutulmuştur. 300-800 nm aralığında optik geçirgenlik spektrumları elde edilen ince film örneğe ait film kalınlıkları, iteratif bir teknikte tek katmanlı film için 30 nm ve 4 katmanlı film için 119 nm olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Döndürerek ince film kaplama sistemi, MgO ince film, HDD motor kontrol, Arduino Uno

#### ABSTRACT

In this study, Rotating Thin Film Coating (RTFC) system designed and tested for applicability. System components based on the Arduino-UNO R2 platform consists of a hard drive (HDD) motor, motor drive unit and a rotating unit integrated in it. The substrate can be rotate at a constant speed of 3000 rpm for 30 seconds with appropriate step values and time intervals with the RTFC system designed and produced in the laboratory environment. The properties of the system were tested for magnesium oxide (MgO) thin film deposition process on the glass substrate and it has been observed that the thin film produced has the expected physical properties. 0.1M magnesium acetate tetrahydrate (Mg (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O) salt, dissolved in alcohols, was used as the source of Mg. MgO thin film was deposited sequentially in a single layer, two layers, three layers and four layers using with the home-made RTFC system where sequential coatings can be made. After each coating process, the sample in the film / substrate structure was subjected to intermediate heating at 100 ° C for 30s. The film thicknesses of the thin film sample obtained from the optical transmittance spectra in the range of 300-800 nm with an iterative technique were calculated as 30 nm for single layer film and 119 nm for four layered film.

**Keywords:** Spin Coating System, MgO Thin Film, HDD motor control, Arduino Uno

#### GİRİŞ

Döndürerek ince film kaplama (spin coating) yöntemi, kaynak malzemenin bir altta üzerine homojen ince film formunda kaplanması için yaygın olarak kullanılan, ucuz ve kullanımı kolay bir kaplama yöntemidir (Bianchi ve ark., 2006; Suci ve ark., 2011; Anshu ve ark., 2014; Hossain ve ark., 2014; Balta ve ark., 2015; Peker ve ark., 2015). Bu yöntemde esas olarak bir hız profiline uygun olarak döndürülen altta üzerine damlatılan çö-

zelti, merkezkaç kuvveti sayesinde yüzey üzerine dağılır. Söz konusu işlem tekrarlanarak film kalınlığı artırılabilir ve ayrıca ara tavlama ve/veya ısıl işlem uygulanarak bazı kimyasalların yüzeyden uzaklaştırılması sağlanır. Film kalınlığının, ince film yapısındaki malzemelerin yapısal, optik, elektriksel, manyetik özellikleri üzerine çeşitli etkileri vardır. Bu nedenle ince film yapısındaki malzemelerin katman sayısına bağlı olan özellikleri üzerine pek çok araştırma yapılmaktadır. Bu yöntem sayesinde kompakt disk, manyetik disk ve birçok elekt-

ronik cihazın yüzeylerine katmanlar halinde uygun malzemeler biriktirilebilir.

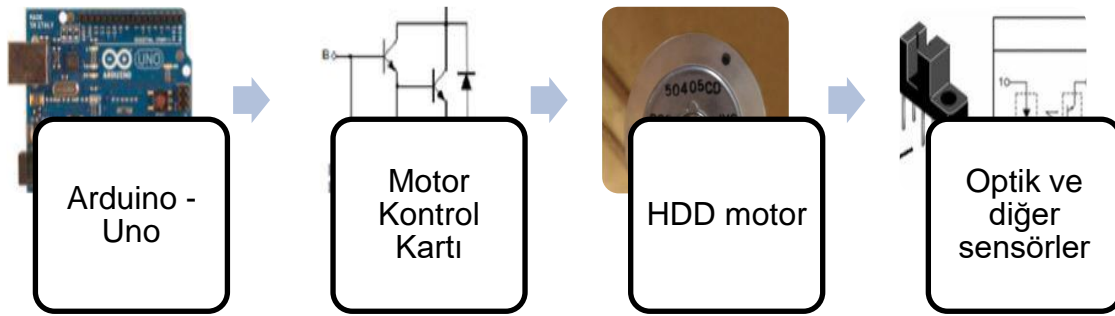
Gelişen teknolojiye paralel olarak programlanabilen entegreler yerini daha kolay kullanıma sahip fiziksel programlama platformlarına bırakmıştır. Bu platformlar, kristal osilatör, girdi/çıkış işlemleri için uygun portlar, farklı besleme gerilimleri (3.3V ve 5 V), analog/sayısal dönüştürücüler ve PWM çıkış vb. birimlerine sahiptirler. En çok tercih edilen platformlardan biri Arduino'dur ve C, C++ dillerinde yazılmış hazır kütüphane fonksiyonları ile oldukça kullanışlıdır (PicProje, 2014; Arduino, 2015).

Bu çalışmada Döndürerek İnce Film Kaplama (DIFK) sistemi tasarlanmış, üretimi gerçekleştirilmiş ve uygulanabilirliği test edilmiştir. Arduino-UNO R2 platformu kullanılarak elde edilen DIFK sisteminin bileşenleri; bir hard disk (HDD) motoru, motor sürücü birimi ve ona entegre edilen dönen bir birimden oluşmaktadır. Bu sistemde; alttaşın, uygun adım değerleri ve zaman aralıkları ile 30 saniye süresince 3000 devir/dakika dönüş hızında sabit hızda dönmesi sağlanmaktadır.

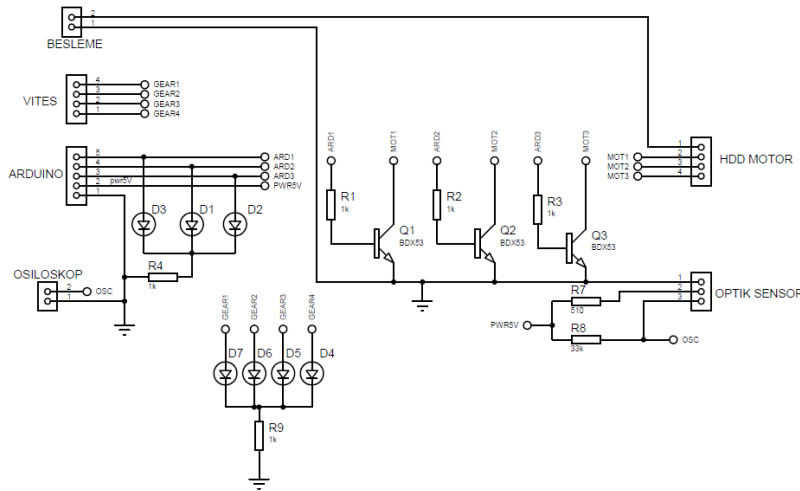
Ardışık kaplamaların yapılabildiği kendi-tasarım DIFK sistemi ile cam alttaş üzerine 1, 2, 3 ve 4 kez ardışık MgO ince film biriktirilmiş ve örneğin her kaplama sonrası optik geçirgenlik spektrumları elde edilerek fil kalınlıkları tespit edilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

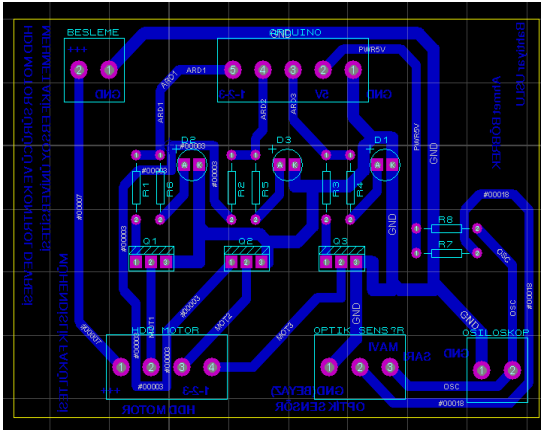
Laboratuvar ortamında tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen DIFK sistemi, temelde Arduino-Uno R2 platformu, HDD motor sürücü birim, kendi eksenini etrafında dönebilen HDD'nin manyetik diskinden oluşan örnek tutucu ve motor hızını ölçmek için kullanılan optik sensör olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 1). Arduino-Uno platformunda yer alan veri giriş-çıkışının yapılabileceği pinlere (Pin2, Pin3 ve Pin 4) ve darlington transistöre sahip (BDX53) motor sürücü devresinin şeması (Şekil 2), baskı devre yerleşim planı (Şekil 3) ve DIFK sisteminin genel görünümü Şekil 4'de gösterilmiştir. Sistemde yer verilen optik sensör çifti (photo-gate), DIFK sisteminin dönüş hızını görüntülemek için kullanılmıştır.



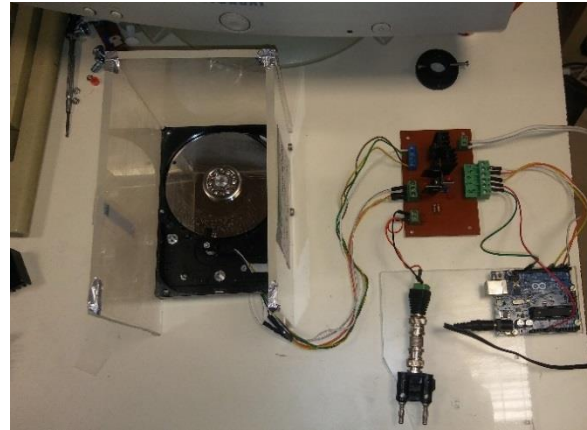
Şekil 1. DIFK sistemi ve temel bileşenleri.



Şekil 2. Darlington transistörlü motor kontrol devre şeması.



Şekil 3. Motor kontrol devresinin baskılı devre tasarımı.



Şekil 4. DIFK sisteminin genel görünüşü.

DIFK sisteminde bulunan fırçasız motorun (Maxtor,40 GB, 5400 devir/dk.) dönüş hızını kontrol etmek için Bart Venneker tarafından geliştirilen kaynak kod temel alınmıştır (Venneker, 2013). Temelde motorun üç bobinini belirli bir sırada (faz1, faz2 ve faz 3) ve sürede enerjilenmesi ile diskin dönmesi sağlanır. Bobinlerin tetiklenmesi için Arduino-Uno'da bulunan 2, 3 ve 4 numaralı pinler kullanılır. Daha sonra uygun adım değerleri kullanılarak motorun hızlanması ve motor hızının sabit kalması sağlanır. Bunun için üçü dönüş hızını kontrol etmede ve biri de dönüş hızını sabit tutmada kullanılacak dört farklı vites için gerekli parametreleri belirlenmelidir. Laboratuvarında geliştirilen algoritma ile motorun tam adımlarla (full step) değil yarım adımlarla (half step) hareketi sağlanmıştır. Bunun için, önce birinci faz enerjilendirilir, sonra birinci faz ile ikinci faz enerjilendirilir ve daha sonra sadece ikinci faz enerjilendirilerek bu dizinin devamı mümkün hale getirilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, adım süreleri ve bu sürelerin kendi arasındaki eş-zamanlı değişimdir. Aksi durumda motor dönüş hızında istenmeyen durumlar (ani hızlanmalar veya durmalar) gözlenebilir. Bu çalışmada kullanılan adım değerleri ve süreleri ile DIFK sisteminin dönüş hızı ve bekleme süreleri değiştirilerek istenilen profil sağlanabilmektedir.

Mg kaynağı olarak Mg asetat tetrahidrat ( $Mg(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ ) tuzu kullanılmıştır. Mg tuzu ve uygun çözücülerle oluşan çözelti, homojenliğin sağlanması için manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. DIFK sistemi vasıtasıyla, hazırlanan çözelti, kimyasal temizliği yapılmış olan cam alttaş üzerine damlatılmış ve yüzeyinin kaplanması sağlanmıştır. MgO ince film örnek,

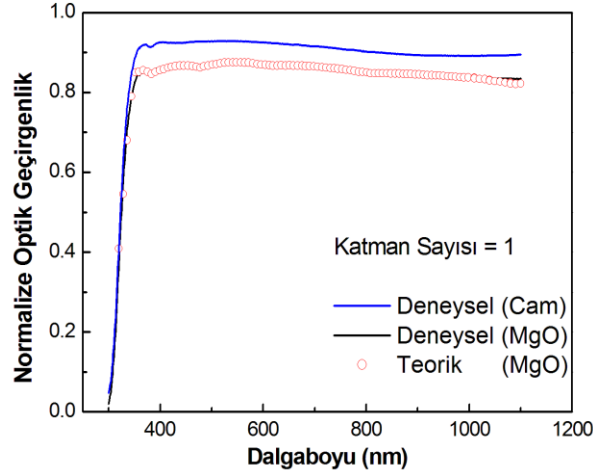
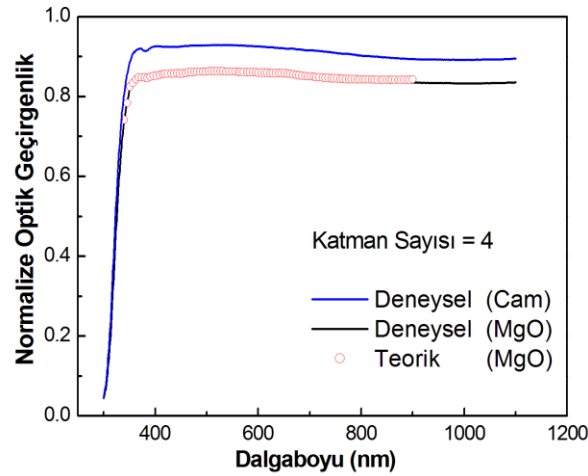
alttaşın tek yüzeyi üzerinde 1, 2, 3 ve 4 katmanlı olacak şekilde kaplanarak elde edilmiştir. İnce film katmanlar arasında ara ısıtma ( $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) işlemi yapılmıştır. Üretilen MgO ince filmin her katman biriktirme işlemi sonrası 300-900 nm aralığında optik geçirgenlik spektrumları elde edilerek, her katman kalınlığının belirlenmesi sağlanmıştır. Tek katmanlı ve 4 katmanlı filmlerin kalınlıklarını belirlemek için, deneysel olarak elde edilen optik geçirgenlik spektrumlarının iteratif bir teknik olan nokta tabanlı kısıtlamasız minimizasyon algoritması (Birgin et al. 1999; Erarslan ve Güngör, 2010) ile değerlendirilmesi yapılmıştır.

## BULGULAR

DIFK sistemleri için literatürde sık kullanılan dönüş hızı 3000 devir/dk'dır. Bu değer referans alınarak uygun adım değerleri ve süreleri dikkate alınarak tasarlanan DIFK sisteminin dönüş hızı profili belirlenmiştir. Buna göre sistem, ilk önce 85 saniyede 3000 devir/dk dönüş hızına ulaşır, sonrasında 30 saniye süre ile sabit hızda döner ve sonraki 125 saniyede ise yavaşlayarak durur. Bu profile uygun olarak çalışan DIFK sisteminde, ara kurutma işlemleri ile birlikte ardışık şekilde 1. katman, 2. ve 3. katman ve son olarak 4. katman olacak şekilde MgO ince film örnek hazırlanmıştır. Her katmanın sahip olduğu kalınlığı belirleyebilmek için, kaplama işlemi sonrasında optik geçirgenlik spektrumları elde edilmiştir (Şekil 5, Şekil 6). Bu sayede katman sayısının optik geçirgenlik üzerine etkisi gözlenmiştir. Bu spektrumların iteratif yöntem ile değerlendirilmesi ile elde edilen katman kalınlıkları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** DIFK sisteminde Film/Altaş yapısındaki MgO ince filmin optik geçirgenlik spektrumlarının değerlendirilmesi ile katman sayısına göre elde edilen film kalınlıkları (t).

	Katman-sayısı	t (nm)
MgO	1	30±1
	4	119±1

**Şekil 5.** Cam altaş ve tek katlı MgO ince filme ait deneysel ve teorik olarak elde edilen optik geçirgenlik spektrumları.**Şekil 6.** Cam altaş ve 4-katlı MgO ince filme ait deneysel ve teorik olarak elde edilen optik geçirgenlik spektrumları.

## SONUÇ

Geliştirilen algoritma ile fırçasız doğru akım motoru olan HDD motorunun dönüş hızı kontrol edilerek, istenilen hız profili için kararlı olarak çalışması sağlanmıştır. Bunun için üçü dönüş hızını artırmak ve biri de dönüş hızını sabit tutmak için kullanılacak dört farklı vites için gerekli parametreler belirlenmiştir. Buna göre her bir vites için adım aralığı ve bekleme süresi optimize edilmiştir. Bunlar sırasıyla; 1. vites için [40000-39950] ve 5ms, 2. Vites için [39950-20000] ve 300 ms, 3. vites için [20000-3000] ve 50 ms ve son olarak 4. vites için [3000-840] ve 1 ms'dir. Bu parametreler yardımıyla motor hızının sabit kalması sağlanmıştır. Tasarımın uygulanabilirliğini test etmek üzere ince film biriktirme işlemi gerçekleştirilmiştir. MgO ince filmi, DIFK sistemi kullanılarak 1, 2, 3 ve 4 katmanlı olarak alttaş üzerine biriktirilmiştir. Elde edilen filmin optik geçirgenlik spektrumları değerlendirilerek tek katmanlı filmin kalınlığı 30 nm ve 4 katmanlı filmin kalınlığı 119 nm olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada geliştirilen DIFK sistemi, maliyeti düşük olması, kullanımının kolay ve dönüş hız profilinin ayarlanabilir olması nedenleriyle çözelti temelli ince film malzemelerin üretimi ve farklı malzemelerin yüzey kaplamaları gibi uygulamalara oldukça uygundur.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma; 116F046 nolu proje ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ve 110-NAP-10, 100-NAP-10,172-NAP-13,173-NAP-13, 0324-NAP-16 ve 0356-NAP-16 nolu projeler ile Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Anshu, M.G., Dinesh, S. (2014). Development of Spin Coating System Based on AC Universal Motor for Deposition of Polymer Films, *Columbia International Publishing Journal of Sensors and Instrumentation*, 2,1,1-8. DOI: 10.7726/jsi.2014.1001
- Arduino, (2015). <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>.
- Balta, A. K., Ertek, Ö., Eker, N., Okur, İ. (2015). MgO and ZnO Composite Thin Films Using the Spin Coating Method on Microscope Glasses. *Materials Sciences and Applications*, 6, 40-47.
- Bianchi, R.F., Panssiera, M.F., Lima, J.P.H., Yagura, L., Andrade, A.M., Faria, R.M., (2006). Spin coater based on brushless dc motor of hard disk drivers, *Progress in Organic Coatings*, 57, 33-36. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2006.05.004
- Birgin, E. G., Chambouleyron, I, Martinez, J. M. (1999). Estimation of optical constants of thin films using unconstrained optimization, *Journal of Computational Physics*, 151, 862-888.
- Erarslan, N., Güngör, T. (2010). ZnO ince filmlerin kalınlıkları ve optiksel sabitlerinin noktasal kısıtlamasız minimizasyon algoritması ile belirlenmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1-2, 181-193.
- Hossain, M.F.M., Poul S., (2014). Fabrication of Digitalized Spin Coater for Deposition of Thin Films, *Proceedings of International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology*, 2014, 4-18.
- Peker, D., Temel, S., Nebi, M. (2015). Mg-doped ZnO Films-by Sol-Gel Spin Coating Method, *International Journal of Scientific and Technological Research*, 1, 1, 263-269.
- PicProje, (2014). <http://www.picproje.org/index.php?topic=54295.0>.
- Suciu, R. C., Roşu, M. C., Sillipas, T. D., Biriş, A. R., Bratu, I., Indrea, E. (2011). TiO<sub>2</sub> Thin Films Prepared By Spin Coating Technique, *Rev. Roum. Chim*, 56 (6), 607-612.
- Venneker, B. (2013). [http://bartvenneker.nl/schemas/Code\\_arduino\\_hdd.tx](http://bartvenneker.nl/schemas/Code_arduino_hdd.tx)