

Owner:

Dr. Hamza KANDEMİR

Editor in Chief:

Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Co-Editor:

Prof. Dr. Alireza HEIDARI
Asst. Prof. Dr. Mustafa KARABOYACI

Technical Editors:

Res. Asst. Abdullah BERAM
Instructor Serkan ÖZDEMİR

Technical Assistant:

Alican ÇIVGA
Aslan MERDİN
Tunahan ÇINAR
Uysal Utku TURHAN
Ahmet ACARER
Hasan ÇULHACI

Office Work:

Instructor Doğan AKDEMİR

Cover designer:

Instructor Serkan ÖZDEMİR

Press:

Copy32 press-Isparta

Contact:

Kutbilge Association of Academicians,
32040, Isparta, TURKEY

Web : dergipark.gov.tr/bilgesci

E-mail : kutbilgescience@gmail.com

Editorial Advisory Board:

Ahmet AKSOY, Prof. Dr.
Akdeniz University, Turkey

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

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

Ender MAKİNECİ, Prof. Dr.
İstanbul University, Turkey

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

İbrahim ÖZDEMİR, Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

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

Kırali MÜRTEZAOĞLU, Prof. Dr.
Gazi University, Turkey

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

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

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

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

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

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

Editorial Board:

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

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

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

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

Ahmet MERT, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

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

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

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

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

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

Ramazan ŞENOL, Asst. Prof. Dr.
Süleyman Demirel University, Turkey

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

İmtiyaz Sahibi:
Dr. Hamza KANDEMİR

Editör:
Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN

Yardımcı Editörler:

Prof. Dr. Alireza HEIDARI
Yrd. Doç. Dr. Mustafa KARABOYACI

Teknik Editörler:
Arş. Gör. Abdullah BERAM
Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR

Teknik Yardımcılar:

Alican ÇIVGA
Aslan MERDİN
Tunahan ÇINAR
Uysal Utku TURHAN
Ahmet ACARER
Hasan ÇULHACI

Büro İşleri:

Öğr. Gör. Doğan AKDEMİR

Kapak Tasarım:

Öğr. Gör. Serkan ÖZDEMİR

Baskı:

Copy32 Matbaa-Isparta

İletişim:

Kutbilge Akademisyenler Derneği,
32040, Isparta, TÜRKİYE

Web : dergipark.gov.tr/bilgesci

E-mail : kutbilgescience@gmail.com

Danışma Kurulu:

Ahmet AKSOY, Prof. Dr.
Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

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

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

Ender MAKİNECİ, Prof. Dr.
İstanbul Üniversitesi, Türkiye

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

İbrahim ÖZDEMİR, Prof. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Kari HELİÖVAARA, Prof. Dr.
Helsinki Üniversitesi, Finlandiya

Kırali MÜRTEZAOĞLU, Prof. Dr.
Gazi Üniversitesi, Türkiye

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

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

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

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

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

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

Editör Kurulu:

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

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

Halil GÖKÇE, Doç. Dr.
Giresun Üniversitesi, Türkiye

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

Ahmet MERT, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Ayşe KOCABIYIK, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Aziz ŞENCAN, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Fecir DURAN, Yrd. Doç. Dr.
Gazi Üniversitesi, Türkiye

Kubilay TAŞDELEN, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

Nuri ÖZTÜRK, Yrd. Doç. Dr.
Giresun Üniversitesi, Türkiye

Ramazan ŞENOL, Yrd. Doç. Dr.
Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye

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

Bilge International Journal of Science and Technology Research

Year: 2018, Volume: 2, Issue: 2

CONTENTS

Research

- Cuckoo Search Algorithm for Optimal Choice of Free Knots in B-spline Data Fitting
İsmail Koç, Özkan İnik 120-127
- Assessment of Sediment and Water Quality in Terms of Heavy Metals, In Lake Bafa
Fulya Akgül, Mehmet Beyhan 128-138
- Determination of Carbon Footprint In Rubber Industry
Veysel Mutlu, Cihan Özgür, Şehnaz Şule Kaplan Bekaroğlu 139-146
- A research on usage possibilities of satellite data in wildlife: Modeling habitat suitability of Roe deer (*Capreolus capreolus* L.) with MaxEnt
Sibel Tekin, Berna Yalçınkaya, Ahmet Acarer, Ahmet Mert 147-156

Review

- Investigation of Carbon Footprint Change Originated from Transportation Sector
Yudum Bıyık, Gökhan Civelekoğlu 157-166
- Investigation of Environmental Sustainability Index Systems Developed for University Campuses
Bilge Özdoğan, Gökhan Civelekoğlu 167-173

Bilge International Journal of Science and Technology Research

Yıl: 2018, Cilt: 2, Sayı: 2

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- B-Spline Eğri Uydurmada Optimum Serbest Dügüm Noktalarının Seçilmesi için
Guguk Kuşu Arama Algoritması
İsmail Koç, Özkan İnik 120-127
- Bafa Gölü Sediment ve Su Kalitesinin Ağır Metaller Bakımından Değerlendirilmesi
Fulya Akgül, Mehmet Beyhan 128-138
- Kauçuk Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi
Veysel Mutlu, Cihan Özgür, Şehnaz Şule Kaplan Bekaroğlu 139-146
- Yaban hayatında uydu verilerinin kullanım olanakları üzerine bir çalışma: MaxEnt ile
Karaca (*Capreolus capreolus* L.)'nın habitat uygunluk modellemesi
Sibel Tekin, Berna Yalçınkaya, Ahmet Acarer, Ahmet Mert 147-156

Derleme

- Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi
Yudum Bıyık, Gökhan Civelekoğlu 157-166
- Üniversite Yerleşkeleri İçin Geliştirilen Çevresel Sürdürülebilirlik Endekslerinin
İncelenmesi
Bilge Özdoğan, Gökhan Civelekoğlu 167-173

BİLGE INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

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

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

Year/Yıl: 2018, Volume/Cilt: 2, Issue/Sayı: 2

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

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



Received: 05.01.2018

Accepted: 03.07.2018

DOI: 10.30516/bilgesci.375269

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

2(2), 120-127, 2018

B-Spline Eğri Uydurmada Optimum Serbest Düğüm Noktalarının Seçilmesi için Guguk Kuşu Arama Algoritması

İsmail Koç^{1*}, Özkan İnik²

Özet: Genellikle eğriyi yeniden oluşturmak olarak bilinen eğrilere veri noktaları uydurma, bilgisayar destekli tasarım / imalat alanında (CAD / CAM) önemli bir problemdir. 3D lazer tarama ile elde edilen genellikle yüksek boyutlu ve gürültülü bir diziden oluşan veri noktalarının serbest forma sahip bir parametrik eğriye (tipik olarak bir B-spline) uydurulması gereken tersine mühendislik alanında bu problemle sıklıkla karşılaşmaktadır. Bu problemin üstesinden gelebilmek için çok sayıda yöntem mevcut olmasına rağmen, şu ana kadar problemin tatmin edici genel bir çözümü elde edilebilmiş değildir. Bu çalışmada, eğri uydurma problemini çözmek için, doğadaki diğer evcil kuşların yuvalarına yumurtalarını bırakan guguk kuşlarından esinlenilerek geliştirilmiş optimizasyon yöntemlerinden biri olan Guguk kuşu arama algoritması (CS) kullanılmıştır. Veri noktalarından eğri elde etmek için ise tersine mühendislik kullanılmıştır. Ayrıca, düğüm yerleri ve düğüm sayısı eğri tahmininde serbest bırakılmış olup, CS yöntemi ile bu parametreler arama uzayında rastgele seçilmiştir. Bu şekilde en küçük hata oranına sahip eğri tahmininin elde edilmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalarda eğri uydurma için, literatürde sıklıkla kullanılan beş farklı fonksiyon tercih edilmiştir. Deneysel sonuçlarda, her bir fonksiyon için orijinal eğri ve tahmin edilen eğri karşılaştırmalı olarak sunulmuş olup, elde edilen sonuçlar çoğu fonksiyon için CS yöntemi ile tahmin edilen eğrilerin orijinal eğrilere çok benzer sonuçlar ürettiğini göstermiştir.

Keywords: B-spline Eğri Uydurma, Guguk kuşu Arama algoritması (CS), Serbest düğüm yerleştirme, Optimizasyon, TersİNE mühendislik

Cuckoo Search Algorithm for Optimal Choice of Free Knots in B-spline Data Fitting

Abstract: Fitting data points to curves commonly known as curve reconstruction a significant problem in computer aided design/manufacturing (CAD/CAM). This problem is frequently encountered in the field of reverse engineering where a free-form parametric curve (typically a B-spline) with a set of (usually a high-dimensional and noisy) data points, obtained by 3D laser scanning, has to be fitted. Although there are a number of methods to come up with this problem, until now there has not been a satisfactory general solution to the problem. In this study, the cuckoo search algorithm (CS), one of the optimization methods inspired by a bird species named cuckoo that leave their eggs in the nest of other host birds, is used to solve the problem of curve fitting. Reverse engineering is used to obtain the curve from the data points. In addition, the knot positions and number of knot are free variables of the problem in the estimation of the curve, and these parameters are randomly selected in the search space by the CS method. In this way, the curve estimate

¹ Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): ozkan.inik@gop.edu.tr

Citation (Atıf): Koç, İ., İnik, Ö., 2018. B-Spline Eğri Uydurmada Optimum Serbest Düğüm Noktalarının Seçilmesi için Guguk Kuşu Arama Algoritması. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2 (2): 120-127.

with the smallest error rate is aimed to obtain in this study. Five different functions frequently used in the literature for curve fitting are preferred in the experimental studies. In the experimental results, the original curve and the predicted curve for each function are presented comparatively, and the results obtained show that for most functions, the curves predicted by the CS method produce very similar results to the original curve.

Keywords: B-spline Curve Fitting, Cuckoo Search algorithm (CS), Free knot placement, Optimization, Reverse Engineering

1. Giriş

Veri uydurma, geometrik modelleme (Hoschek, Lasser vd., 1993, de Boor 2001, Piegl ve Tiller 2012) ve bilgisayar destekli tasarım / imalat (CAD / CAM) gibi alanlarda çok önemli bir araştırma konusudur (Barnhill, 1992, Pottmann vd., 2005, Patrikalakis ve Maekawa 2009). Fiziksel bir nesnenin taranması ile elde edilen nokta bulutundan tekrar nesnenin dijital bir modelini oluşturmak için tersine mühendislik kullanılır. Bu yüzden tersine mühendislik veri uydurma probleminde temel bir araç haline gelmiştir (Varady vd., 1997, Farin vd., 2002, Gálvez ve Iglesias 2012, Gálvez vd., 2012). Çoğu zaman, verilerin altında yatan fonksiyon karmaşıktır ve bu nedenle basit bir fonksiyonla bu verilerin temsili zordur (Gálvez ve Iglesias 2011). Bu gibi durumlarda, çok esnek, yaygın olarak bulunabilen, güçlü matematiksel özelliklere (yerel modifikasyon, projektif değişmezlik, güçlü dışbükey gövde vb.) sahip oldukları ve çok çeşitli şekilleri temsil edebildikleri için B-spline'lar en çok tercih edilen yaklaşım fonksiyonlarıdır (Farin 2002, Yuan vd., 2013). Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Mühendislik (CAE), B-spline'lar ve bunların genelleştirilmiş formları NURBS (Ma ve Kruth, 1995, Ma ve Kruth, 1998, de Boor, 2001, Piegl ve Tiller, 2012), nesnenin şeklini/geometrisini tasarlamak ya da ölçüm verilerinden fiziksel parçaların geometrik modellerini yeniden oluşturmak için kullanılır. B-spline'lar ayrıca sinyal işleme ve görüntü işleme gibi alanlarda genellikle gürültülü sinyalleri işlemek veya karmaşık fonksiyonları yaklaştırmak için kullanılır (Unser vd., 1993, Precioso, Barlaud vd., 2003).

Eğri uydurma probleminde B-spline parametrelerinin uygun bir şekilde belirlenmesi çok önemlidir (Piegl ve Tiller, 2012). Özellikle düğüm seçimi eğrinin şekli üzerinde önemli bir etki oluşturmaktadır (Farin, 2002). Düğüm sabitlenirse, en küçük kareler yöntemi ile B-spline tahmini, basit bir doğrusal optimizasyon probleminde eşdeğerdir. Bununla birlikte, düğümler serbest değişken olarak ele alınırsa, B-spline'lar ile veri uydurmada daha

başarılı olurlar (de Boor vd., 1968, Burchard, 1974, Jupp, 1978, Molinari vd., 2004). Serbest düğümlerin kullanımı, optimal düğüm noktaları için analitik ifadelerin bulunmamasından ve en küçük kareler yöntemi ile amaç fonksiyonunun birçok yerel optimumu olmasından etkilenmektedir (Rice ve Saloin, 1969, Jupp, 1978). Bundan dolayı, yani düğüm noktalarının serbest bırakılmasıyla B-spline eğri uydurma problemi aynı zamana birden fazla çözüm bulunabilecek hale gelir; diğer bir deyişle, problemin birden fazla (global ve/veya yerel) iyi çözümleri bulunmaktadır. Bu nedenle, global optimuma ne zaman ulaşıldığını belirlemek çok zordur. Serbest düğümlerle işlem yapmanın dezavantajı ise, optimal düğüm vektörünün sıklıkla birden fazla düğüm (birden fazla çeşitliliğe sahip düğümler) içermesidir. Bu da tahmin edilen eğrinin düzgün olmayan bir davranışına neden olabilir. Özetlemek gerekirse, düğümlerin serbest bırakılması veri uyumunu geliştirir, ancak bununla birlikte bu yöntem çözülmesi çok zor olan çok modlu ve çok değişkenli doğrusal olmayan sürekli arama uzayında çalışan bir optimizasyon probleminde neden olur (Dierckx, 1995).

Son 20 yılda B-spline ile veri uydurma konusunda yoğun araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Düğüm yerleştirme problemi üzerine çok umut verici araştırmalar, metaheuristik teknikler üzerine kuruludur. Yoshimoto ve ark. (2003) veri uydurma problemini gerçek kodlama tekniği yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir (Yoshimoto, Harada vd., 2003). Sarfraz ve Raza (2001) Genetik algoritmalar ve spline kullanarak fontların taslağını yakalama üzerine bir çalışma yapmışlardır (Sarfraz ve Raza 2001). Ülker ve Arslan (2009) B-spline eğri tahmininde Yapay Bağışıklık sistemini kullanarak otomatik düğüm yerleştirme yapmışlardır (Ülker ve Arslan 2009). Yoshimoto ve ark. (1999) genetik algoritma yöntemiyle veri uydurma problemi için otomatik düğüm yerleştirme üzerine çalışmışlardır (Yoshimoto, Moriyama vd., 1999). Gálvez ve Iglesias (2011) serbest düğümlere sahip B-spline'lar ile veri uydurma problemini parçacık sürü optimizasyon tekniği ile çözmüşlerdir (Gálvez ve Iglesias 2011). Gálvez ve Iglesias (2013) eğri

uydurma için yeni bir iteratif hibrit bir GA-PSO yaklaşımı önermişlerdir (Gálvez ve Iglesias 2013). Ayrıca, Gálvez ve ark. (2015) B-spline veri uydurmada serbest düğüm seçimi için elitist klonal seçim algoritmasını önermişlerdir (Gálvez vd., 2015).

Bu çalışmada ise eğri uydurma problemini çözmek için, son zamanlarda geliştirilmiş optimizasyon tekniklerinden biri olan Guguk kuşu arama (CS) algoritması kullanılmıştır. Düğüm yerleri ve düğüm sayısı herhangi bir kısıtlamaya ihtiyaç duyulmadan algoritma tarafından serbest bir biçimde seçilmiştir. Bu şekilde eğri uydurma probleminin çözümünün gerçekleşmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalarda eğri uydurma için, literatürde sıklıkla kullanılan beş farklı fonksiyon tercih edilmiş ve elde edilen sonuçlar, CS yönteminin eğri uydurma problemleri için alternatif bir araç olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmanın yapısı şöyledir: ilk önce, B-spline eğrileri ve Guguk Kuşu Optimizasyon Algoritması 2. bölümde kısaca anlatılmıştır. 3. bölümde CS yöntemi ile B-spline eğrisinin elde edilmesi verilmiştir. 4. bölümde deneysel çalışmalar sunulmuş olup, 5. bölümde ise sonuçlar verilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. B-spline Eğrileri

Gerçek nesnelerin dijital ortama taşınıp tekrardan modellenmesi birçok farklı alvea kullanılmaktadır. Gerçek nesnelere elde edilen noktalardan nesnenin bilgisayar ortamında tekrar elde edilmesi B-spline eğrileri ile gerçekleştirilmektedir. Matematiksel olarak k . dereceden bir B-spline eğrisinin tanımlanması Eşitlik 1'deki gibidir.

$$C(t) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(t) \quad (1)$$

Burada P_i i . kontrol noktasını ve t ise düğüm vektörünü ifade eder. B-spline temel fonksiyonu ($N_{i,k}$) ise Eşitlik (2)'deki gibidir (Cox, 1972, De Boor, 1972).

$$N_{i,k}(t) = \frac{(t-t_i)}{t_{i+k-1}-t_i} N_{i,k-1}(t) + \frac{(t_{i+k}-t)}{t_{i+k}-t_{i+1}} N_{i+1,k-1}(t) \quad (2)$$

$$N_{i,1}(t) = \begin{cases} 1 & t_i \leq t < t_{i+1} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

2.2. Guguk Kuşu Arama Algoritması

Guguk kuşu arama (CS) algoritması Yang ve Deb (2009) tarafından sürekli problemlerin çözümü için geliştirilmiştir (Yang ve Deb, 2010). Ön çalışmalar, algoritmanın çok umut verici olduğunu ve PSO gibi mevcut algoritmalarından daha iyi performans sergileyebileceğini göstermiştir. CS yönteminin temeli üç ideal kurala dayandırılmaktadır:

- Her guguklu bir vea bir yumurta bırakır ve rastgele seçilmiş bir yuvaya bırakılır;
- Yüksek kaliteli yumurta (çözümler) ile en iyi yuvalar gelecek nesillere taşınır;
- Mevcut ev sahibi yuvalarının sayısı sabittir ve bir ev sahibi, $p_a \in [0,1]$ olasılık dahilinde yabancı bir yumurta keşfedebilir. Bu durumda ev sahibi kuş, yumurtayı atabilir veya yuvayı terk ederek yeni bir yerde tamamen yeni bir yuva inşa edebilir.

Bu üç kural esas alınarak, CS yönteminin temel adımları Şekil 1'de gösterilen sözde kod ile özetlenebilir.

```

begin
f(x) amaç fonksiyonu olmak üzere;  $x = (x_1, \dots, x_d)^T$ 
 $n$  adet ev sahibi yuvaya sahip başlangıç popülasyonu üret.
 $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
while ( $t < \text{Maksimum İterasyon}$ )
L'evy uçuşu ile rastgele bir guguk kuşu al.
Uygunluk değerini hesapla ( $F_j$ )
İndisi  $j$  olan rastgele bir yuva seç ( $j <= n$ )
if ( $F_j > F_j$ ),
 $j$ . yuvayı yeni çözümlerle değiştir.
end
Kötü yuvaların bir kısmını  $p_a$  olasılığına göre terk et.
[ve L'evy uçuşları ile yeni konumlarında yenilerini oluştur]
En iyi çözümleri sakla.
Çözümleri sırala ve en iyi sonucu bul.
End while

```

Şekil 1. CS yönteminin sözde kodu (Yang ve Deb 2010)

3. Guguk Kuşu Arama Algoritması ile B-Spline Eğrilerinin Elde Edilmesi

Günümüzde bilgisayar destekli tasarım ve modelleme birçok teknolojik gelişmenin temelini oluşturmaktadır. Gerçek nesnelerin bilgisayar

ortamında oluşturulması modelleme ve tasarım alanlarının temelini oluşturmaktadır. Matematiksel işlevler modelleme ve tasarımda, gerçek dünyadaki nesnelere elde etmek için çözüm bulmada yeterli olmamaktadır. Elde edilmek istenen nesneyi tasarlarken birçok parametre olabilir. Dolayısıyla, bu tür problemleri çözmek için yapay zeka teknikleri geliştirilmiştir. Bu makalede, bilgisayarlı modelleme alanında kullanılan B-spline eğri tahmininde CS yöntemi kullanılmıştır. Çözümü aranan problem, verilen bir nokta bulutunu en ideal şekilde temsil edecek eğrinin bulunmasıdır. Önerilen yöntemin daha iyi anlaşılması için, B-spline eğri uydurma probleminin ana çerçevesi aşağıdaki adımlarda anlatılmıştır.

1. Üzerinde eğri uydurulacak nokta bulutu F_i , ($i = 0,1,2, \dots, G$) şeklinde olsun. Bu nokta bulutu içinde CS algoritması ile (Q_i , ($i = 0,1,2, \dots, g$) $g < G$) gibi bazı noktalar düğüm noktası olarak seçilir.

2. Düğüm noktaları belirlendikten sonra düğüm vektörü hesaplanır. Literatürde birçok düğüm vektörü hesaplama yöntemi mevcuttur. Bu çalışmada B spline eğri parametrisasyonunda daha esnek olduğu için Centripetal metodu (Lee, 1989) kullanılmıştır. Centripetal düğüm hesabı Eşitlik 4-6'ya göre yapılmaktadır.

$$\beta_0 = 0, \beta_g = 1 \tag{4}$$

$$\beta_i = i - 1 + \frac{\sqrt{|Q_i - Q_{i-1}|}}{\sum_{j=0}^g \sqrt{|Q_j - Q_{j-1}|}} \tag{5}$$

$$|Q_i - Q_{i-1}| = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} \tag{6}$$

β Centripetal düğüm, x_i ve y_i i . noktanın kordinat değerlerini temsil etmektedir.

3. Centripetal düğüm vektörü hesaplandıktan sonra, B-spline düğüm noktaları Eşitlik 7'deki gibi hesaplanır.

$$u_{j+d} = \frac{1}{d} \sum_{i=j}^{j+d} u_i \quad j = 1, \dots, g - d \tag{7}$$

Burada d ifadesi, B-spline eğri derecesini ifade etmektedir.

4. B-spline eğriler $P=QxR$ matris formunda ifade edilebilirler. Eşitlikteki R , B-spline harmanlama (Eşitlik 2 ve 3) fonksiyonlarından elde edilir. P ise

B-spline kontrol noktalarını ifade eder ve $P=QxR-I$ eşitliği ile hesaplanır.

5. P değeri hesaplandıktan sonra B-spline Eğri tahmini Eşitlik 8 kullanılarak yapılır.

$$S(t) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(t) \tag{8}$$

6. Son olarak tamin edilen veriler ile gerçek veriler arasındaki toplam hata Eşitlik 9 ile elde edilir.

$$\text{Hata} = \sqrt{\sum_{i=0}^G (F_i - S_i)^2} \tag{9}$$

Önermiş olduğumuz yöntem ile en az hata bulmak için yukarıdaki adımlar tekrarlanır. En ideal B-spline eğrisini bulmak için kullanılan uygunluk fonksiyonları sırasıyla Eşitlik 10-12'de verilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{(g(t_i) - f(t_i))^2} \tag{10}$$

$$AIC = n * \ln(MSE) + 2(2 * Nod + p) \tag{11}$$

$$BIC = n * \ln(MSE) + \ln(n) * 2 * (2 * Nod + p) \tag{12}$$

Burada MSE ortalama karesel hata, $g(t_i)$ tahmin edilen değerler, $f(t_i)$ gerçek değerler, AIC (Akaike 1973, Akaike 1974) Akaike bilgi kriteri, BIC (Schwarz 1978) Bayes bilgi kriteri, Nod düğüm sayısını ve p ise eğri derecesini ifade etmektedir.

4. Deneysel Çalışmalar

Eğri uydurma problem için literatürde kullanılan 5 farklı fonksiyon ele alınmıştır. Fonksiyon tanımları ve değer aralıkları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. B-spline eğri uydurma problemi için kullanılacak fonksiyonlar

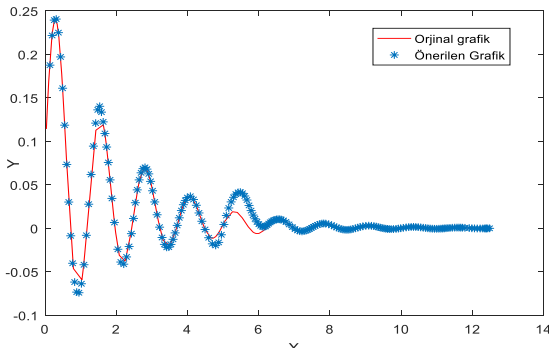
Fonk. No	Tanım	Değer Aralığı
1	$F(x) = 0.2e^{-0.5x} \sin 5x + 4$	$x \in [0, 4\pi]$
2	$F(x) = \frac{10x}{(1 + 100x^2)}$	$x \in [-2, +2]$
3	$F(x) = 0.5 + 0.5e^{-5(x-\frac{\pi}{2})^2} \sin(4\pi x)$	$x \in [0, \pi]$
4		$x \in [0, 1]$

	$F(x) = \frac{1}{2.3935} \left(1.5 \exp\left(-\frac{(x-0.1)^2}{0.3}\right) + 0.1 \exp\left(-\frac{(x-0.5)^2}{2}\right) + 2 \exp\left(-\frac{(x-0.8)^2}{0.02}\right) \right)$	
5	Titanium Heat Data Fonksiyonu. Matlab R2017a ile elde edilmiştir.	

Yapılan çalışmalar Matlab R2017a platformunda gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar için 8 GB Ram ve Intel Core i5 işlemcisine sahip bir bilgisayar kullanılmıştır. Bütün fonksiyonlar için B-spline derecesi 3, CS yöntemi için popülasyon boyutu 50 ve iterasyon sayısı 100 olarak belirlenmiştir. Her bir fonksiyon için algoritma 5 kez bağımsız olarak çalıştırılmıştır. Her bir çalıştırma için sırasıyla düğüm sayısı, minimum MSE (Min. MSE), maksimum MSE (Max MSE), ortalama MSE (Ort. MSE), BIC, AIC ve hesaplama süresi elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 2’de verilmiştir. Örnek olarak Tablo 2’ye baktığımızda *Fonksiyon 1* (Fonk. 1) için düğüm sayısı 93, min MSE 0.009334, max MSE 0.012873, ort. MSE 0.010591, BIC 1261 AIC 403 ve hesaplama süresi 3.1875 saniye olarak elde edilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan 5 farklı fonksiyon için elde edilen değerler

	Fonk.1	Fonk.2	Fonk.3	Fonk.4	Fonk.5
Nokta Sayısı	200	90	200	200	49
Düğüm Sayısı	93	30	88	88	26
Min MSE	0.009334	0.00975	0.01103	0.0153	0.01417
Max MSE	0.012873	0.01505	0.01749	0.0238	0.06844
Ort. MSE	0.010591	0.01247	0.01318	0.0178	0.03290
BIC	1261	280	1216	1237	441
AIC	403	96	418	439	258

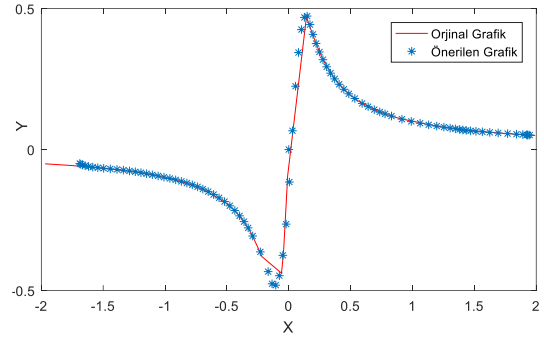


Şekil 2. *Fonksiyon 1* için gerçek ve tahmini eğriler

Tablo 3’teki *Fonksiyon 1*’in sonuçlarına bakıldığında, Min MSE değeri diğer araştırmacıların elde etmiş olduğu sonuçtan yüksek olmasına karşın Max MSE değeri ile Ort. MSE değeri çok daha düşük çıkmıştır.

Tablo 3. *Fonksiyon 1* için önerilen algoritma ile elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla karşılaştırılması

O. Valenzuela ve ark. 2013			
Düğüm Sayısı	Min MSE	Max MSE	Ort. MSE
10	0.00241	0.0915	0.0208
Önerilen Algoritma			
Düğüm Sayısı	Min MSE	Max MSE	Ort. MSE
93	0.00933	0.012873	0.010591

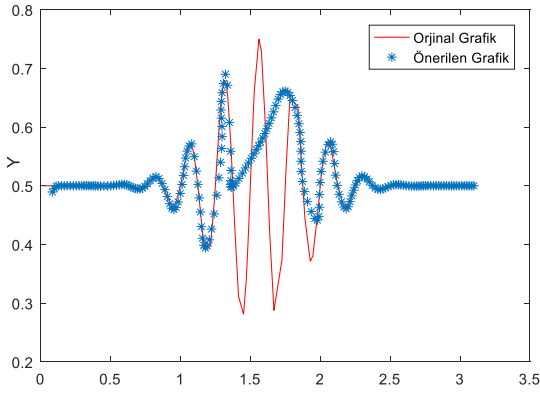


Şekil 3. *Fonksiyon 2* için gerçek ve tahmini eğriler

Tablo 4’deki *Fonksiyon 2*’in sonuçlarına bakıldığında, MSE değeri diğer araştırmacıların elde etmiş olduğu sonuçtan daha düşük çıkmıştır.

Tablo 4. *Fonksiyon 2* için önerilen algoritma ile elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla karşılaştırılması

	Schwetlick ve Schutze, 1995	Yuan Yuan ve ark.2013.	Önerilen Algoritma
MSE	0.0739568	0.067471	0.009752

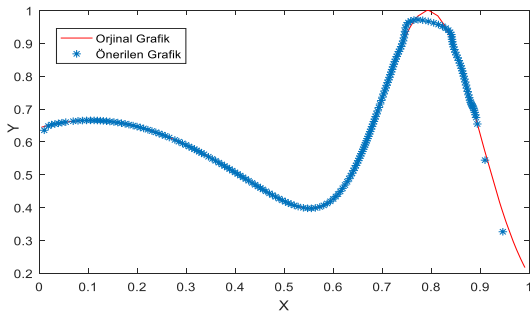


Şekil 4. Fonksiyon 3 için gerçek ve tahmini eğriler

Fonksiyon 3 için elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla karşılaştırılması Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5'e bakıldığında Min MSE değeri daha yüksek çıkmıştır. Şekil 4'te görüldüğü gibi şeklin zorluğundan dolayı önerilen algoritma B-spline eğrisini tam olarak elde edememiştir. Fakat Ort. MSE ile Max. MSE değerleri diğer çalışmalara göre daha düşük olarak elde edilmiştir.

Tablo 5. Fonksiyon 3 için önerilen algoritma ile elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla karşılaştırılması

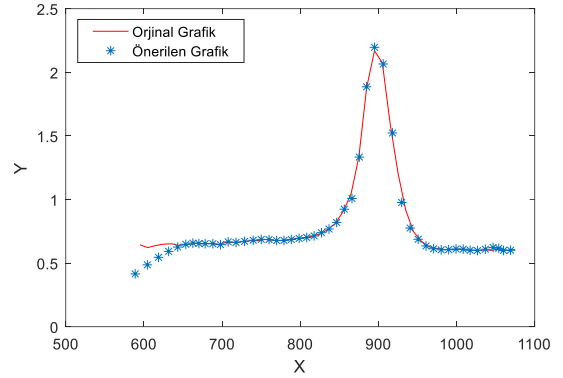
O. Valenzuela ve ark.2013			
Düğüm Sayısı	Min MSE	Max MSE	Ort. MSE
10	0.0094	0.2170	0.0649
Önerilen Algoritma			
Düğüm Sayısı	Min MSE	Max MSE	Ort. MSE
88	0.01103	0.01749	0.0131



Şekil 5. Fonksiyon 4 için gerçek ve tahmini eğriler

Fonksiyon 4 için elde edilen B-spline eğrisi Şekil 5'te verilmiştir. Fonksiyon 4 literatürde kullanılmasına rağmen ilgili araştırmacılar tarafından gerekli bulgular sunulmamıştır (Yuan, Chen vd., 2013). Bu çalışmada Fonksiyon 4 için elde edilen bulgular Tablo 2'de sunulmuştur.

Fonksiyondan elde edilen eğriye ayrıca görsel olarak bakıldığında CS ile hemen hemen gerçek eğri ile benzer bir eğri elde edilmiştir.



Şekil 6. Fonksiyon 5 için gerçek ve tahmini eğriler Literatürde Titanium Heat Data olarak geçen Fonksiyon 5 için elde edilen eğri Şekil 6'da verilmiştir. Eğri ile ilgili veriler ise Tablo 6'da sunulmuştur. Elde edilen hata oranıyla diğer araştırmacıların hata oranı birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 6. Fonksiyon 5 için önerilen algoritma ile elde edilen sonuçların diğer çalışmalarla karşılaştırılması

	De Boor ve Rice 1968	Jupp 1978	Yuan Yuan ve ark.2013	Önerilen Algoritma
Knot Value	5	5	6	30
Min MSE	0.01305	0.01227	0.01174	0.01417

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada doğadaki bazı guguk kuşu türlerinin parazit davranışlarından esinlenerek geliştirilmiş olan CS algoritması ile B-spline eğri tahminini gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada 5 farklı test fonksiyonu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürdeki diğer sonuçlarla kıyaslanmıştır. Ayrıca CS ile elde edilen eğriler orijinal eğriler ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Deneysel sonuçlar incelendiğinde önerilen algoritmanın Fonksiyon 3 hariç diğer 4 fonksiyondan elde ettiği eğri ile gerçek eğriler birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Önerilen yöntemin literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında iyi bir performans sergilediği görülmüştür. Bu sebepten dolayı CS yönteminin, B-spline eğri tahmininde alternatif bir optimizasyon yöntemi olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Second international symposium on information theory, Budapest, Akademiai Kiado.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. . IEEE Transactions on Automatic Control 19(16):716–723.
- Barnhill, R. E. (1992). Geometry processing for design and manufacturing, SIAM.
- Burchard, H. G. (1974). Splines (with optimal knots) are better. *Applicable Analysis* 3(4): 309-319.
- Cox, M. G. (1972). The numerical evaluation of B-splines. *Journal of Mathematic Application* 10: 134-149.
- De Boor, C. (1972). On calculating with B-splines. *Journal of Aproximate Theory* 10: 50-62.
- De Boor, C. (2001). *A Practical Guide to Splines (Applied Mathematical Sciences Vol. 27)*, Springer-Verlag, New York.
- De Boor, C. R., J. R. (1968). *Least Squares Cubic Spline Approximation Variable Knots*. Computer Science Technical Reports, Purdue University.
- De Boor, C., Rice, J.R., (1968). *Least squares cubic spline approximation: 1. Fixed knots*. CSD Tr. 20. Computer Science Department" Purdue University, Lafayette, Indiana.
- Dierckx, P. (1995). *Curve and surface fitting with splines*, Oxford University Press.
- Farin, G. E. (2002). *Curves and surfaces for CAGD: a practical guide*, Morgan Kaufmann.
- Farin, G.E., Hoschek, J., Kim, M.-S. (2002). *Handbook of computer aided geometric design*, Elsevier.
- Gálvez, A., Iglesias, A. (2011). Efficient particle swarm optimization approach for data fitting with free knot B-splines. *Computer-Aided Design* 43(12): 1683-1692.
- Gálvez, A. Iglesias, A. (2012). Particle swarm optimization for non-uniform rational B-spline surface reconstruction from clouds of 3D data points. *Information Sciences* 192: 174-192.
- Gálvez, A., Iglesias, A. (2013). A new iterative mutually coupled hybrid GA–PSO approach for curve fitting in manufacturing. *Applied Soft Computing* 13(3): 1491-1504.
- Gálvez, A., Iglesias, A., Avila, A., Otero, C., Arias, R., Machado, C. (2015). Elitist clonal selection algorithm for optimal choice of free knots in B-spline data fitting. *Applied Soft Computing* 26: 90-106.
- Gálvez, A., Iglesias, A., Puig-Pey, J. (2012). Iterative two-step genetic-algorithm-based method for efficient polynomial B-spline surface reconstruction. *Information Sciences* 182(1): 56-76.
- Hoschek, J., Lasser, D., Schumaker, L.L. (1993). *Fundamentals of computer aided geometric design*, AK Peters, Ltd.
- Jupp, D.L.B. (1978). *Approximation to Data by Splines with Free Knots*. *SIAM Journal on Numerical Analysis*: 328-343
- Lee, E.T.Y. (1989). *Choosing Nodes in Parametric Curve Interpolation*. *Computer-Aided Design* 21(6): 363-370.
- Ma, W., Kruth, J.-P. (1995). Parameterization of randomly measured points for least squares fitting of B-spline curves and surfaces. *Computer-Aided Design* 27(9): 663-675.
- Ma, W. Kruth, J.-P. (1998). *NURBS curve and surface fitting for reverse engineering*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 14(12): 918-927.
- Molinari, N., Durand, J.-F., Sabatier, R. (2004). Bounded optimal knots for regression splines. *Computational statistics & data analysis* 45(2): 159-178.
- Patrikalakis, N. M., Maekawa, T. (2009). *Shape interrogation for computer aided design and manufacturing*, Springer Science & Business Media.
- Piegl, L., Tiller, W. (2012). *The NURBS book*, Springer Science & Business Media.
- Pottmann, H., Leopoldseder, S., Hofer, M., Steiner, T., Wang, W. (2005). *Industrial geometry: recent advances and applications in CAD*. *Computer-Aided Design* 37(7): 751-766.
- Precioso, F., Barlaud, M., Blu, T., Unser, M. (2003). Smoothing B-spline active contour for fast and robust image and video segmentation.

- Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on, IEEE.
- Rice, J.R., Saloin, M. (1969). The approximation of functions, Addison-Wesley Reading, Mass.
- Sarfraz, M., Raza, S.A. (2001). Capturing outline of fonts using genetic algorithm and splines. Information Visualisation, 2001. Proceedings. Fifth International Conference on, IEEE.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *Annals of Statistics* 6(2): 461-464.
- Schwetlick, H., Schutze, T. (1995). Least-Squares Approximation by Splines with Free Knots. *Bit* 35(3): 361-384.
- Unser, M., Aldroubi, A., Eden, M. (1993). B-spline signal processing. II. Efficiency design and applications. *IEEE transactions on signal processing* 41(2): 834-848.
- Ülker, E., Arslan, A. (2009). Automatic knot adjustment using an artificial immune system for B-spline curve approximation. *Information Sciences* 179(10): 1483-1494.
- Valenzuela, O., Pasadas, M., Rojas, I., Guillen, A. Pomares, H. (2013). Automatic Knot Adjustment For B-Spline Smoothing Approximation Using Improved Clustering Algorithm. 2013 Ieee International Conference on Fuzzy Systems (Fuzz - Ieee 2013).
- Varady, T., Martin, R.R., Cox, J. (1997). Reverse engineering of geometric models—an introduction. *Computer-aided design* 29(4): 255-268.
- Yang, X.-S. Deb, S. (2010). Engineering optimisation by cuckoo search. *International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation* 1(4): 330-343.
- Yoshimoto, F., Harada, T., Yoshimoto, Y. (2003). Data fitting with a spline using a real-coded genetic algorithm. *Computer-Aided Design* 35(8): 751-760.
- Yoshimoto, F., Moriyama, M., Harada, T. (1999). Automatic knot placement by a genetic algorithm for data fitting with a spline. *Shape Modeling and Applications, 1999. Proceedings. Shape Modeling International'99. International Conference on, IEEE.*
- Yuan, Y., Chen, N., Zhou, S. (2013). Adaptive B-spline knot selection using multi-resolution basis set. *IIE Transactions* 45(12): 1263-1277.

Received: 09.04.2018

Accepted: 21.09.2018

DOI: 10.30516/bilgesci.413824

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

2(2), 128-138, 2018

Bafa Gölü Sediment ve Su Kalitesinin Ağır Metaller Bakımından Değerlendirilmesi

Fulya Algül^{1*}, Mehmet Beyhan¹

Özet: Bu çalışmanın amacı, Bafa Gölü'nü tehdit eden kirleticilerden ağır metallerin su ve sediment ortamlarındaki mevcudiyetini araştırmak, gölün durumunu ağır metal kirlenmesi bakımından değerlendirerek göldeki ekolojik sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla çeşitli çözüm önerileri geliştirmektir. Bafa Gölü'nü kirletmesi muhtemel ağır metal türlerinin göl suyundaki konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla göl içinde seçilen 4 örnekleme noktasında yüzey ve tabandan 12 aylık su örnekleri alınmıştır. Ayrıca gölün giriş ve çıkış kanallarından da 12 ay boyunca su örnekleri alınarak göle giren ve gölden çıkan ağır metal miktarları tespit edilmiştir. Ağır metallerin sediment ortamındaki birikimini belirlemek için su örneklerinin alındığı istasyonlarda mevsimsel olarak 4 kere sediment örnekleme yapılmıştır. Alınan su ve sediment örneklerinde kirliliğe neden olması beklenen ağır metal türleri, Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn olarak belirlenmiştir. Göle giren sulara, ağır metal konsantrasyonlarının gölden çıkış yapan sulara daha fazla ağır metal içerdiği tespit edilmiş, aradaki farkın, gölde bulunan sediment ortamında tutulduğu ortaya konulmuştur. Bafa gölünü kirlilik bakımından en yüksek derecede etkileyen ağır metaller; Ni, Cd, Cr, Cu ve Fe olarak belirlenmiş olup, bunların özellikle bazı su ve sediment ortamlarındaki konsantrasyonları kabul edilen belirli kirlilik kriter seviyelerini aştığı belirlenmiştir.

Keywords: Bafa Gölü, Ağır metal, Su Kalitesi, Sediment, Kirlilik

Assessment of Sediment and Water Quality in Terms of Heavy Metals, In Lake Bafa

Abstract: The aim of this study is to investigate the presence of heavy metals in water and sediment environments from various pollution sources threatening Lake Bafa and to develop solutions to assess ecological sustainability in the lake for heavy metal contamination. To determine concentrations of probable heavy metal species polluting the water environment of Lake Bafa, samples, were taken during 12 months from the surface and bottom, at 4 selected sampling points and from the entrance and exit channels of the lake, monthly. To determine the accumulation of heavy metals in the sediment environment, samples were taken seasonally, 4 times, at the stations where the water samples were taken. The heavy metal species expected to cause pollution in the water and sediment samples were defined as Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn. It was determined that the heavy metal concentrations in the entrance channel, contained more heavy metal concentrations than the exit channel, and the difference was kept in the sediment environment in the lake. Heavy metals affecting Lake Bafa at the highest pollution level are gradable as Ni, Cd, Cr, Cu, and Fe. Concentrations determined in some water and sediment environments have exceeded certain accepted pollution criterion levels.

Keywords: Lake Bafa, Heavy Metal, Water Quality, Sediment, Pollution

¹Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Environmental Engineering, Isparta, Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı): mehmetbeyhan@sdu.edu.tr

Citation (Atıf): Algül, F., Beyhan, M., 2018. Assessment of Sediment and Water Quality in Terms of Heavy Metals, In Lake Bafa. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2 (2): 128-138.

1. Giriş

Su, biyolojik yaşam formları ve insan faaliyetlerinin sürdürülebilirliğini sağlayan ekosistemimizin en önemli varlığıdır. Dünya yüzey alanının %70'i sularla kaplıdır ancak dünyada var olan suyun, %97'si okyanus ve denizlerde tuzlu sular halindedir ve mevcut suların ancak %3 gibi çok küçük bir miktarı içilebilir tatlı su durumundadır. Bunun da önemli bir kısmı kolay ulaşılabilir değildir. Günümüzde pek çok ülkede sağlıklı ve temiz suya ulaşmada çeşitli sorunlar bulunmaktadır ve birçok ülkede su kıtlığı yaşanmaktadır (USGS, 1999).

Dünya nüfusunun hızlı artışı ve yaşam standartlarının yükselmesine bağlı olarak endüstri ve sanayi atıklarındaki kirliliğin göl ve nehir gibi alıcı ortamlara ulaşması ile içilebilir ve kullanılabilir su miktarında azalmalar ve su kalitesinde bozulmalar görülmektedir (Akın ve Akın, 2007).

Sularda kirletici etki yapan birçok unsur bulunmaktadır. Bunlar; organik maddeler, gübre atıkları, deterjanlar, pestisitler, petrol ve türevleri, bakteri ve virüsler gibi hastalık yapıcı canlılar, tuzluluk ve canlılarda toksik etki yapan maddelerdir. Bu kirletici kaynakların en önemlilerinden birini de toksik etki yapan ağır metaller oluşturur (Wang vd., 2014). Endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerdeki yoğunlaşma ağır metal kirliliğinin artmasındaki en önemli etkenlerdendir. Bu durum sucul ortamlarda bulunan canlı organizmaların hayatını tehdit etmektedir. Ağır metallerin düşük konsantrasyonlarda bile kanserojen, toksik ve mutajen etkilerinin bulunduğu düşünüldüğünde son derece önemli oldukları söylenebilir (Kahvecioğlu vd., 2009). Ayrıca uygun olmayan deşarjlar ve atmosferik taşınım yollarıyla sucul ortamlara karışan ağır metaller biyolojik olarak parçalanamadıkları için canlı organizmalarda birikme eğilimindedirler (Topbaş vd., 1998).

Bafa Gölü, Türkiye'nin batısında yer alan Ege Bölgesi'nin önemli göllerinden biridir. Yüzölçümü 72 km² olan gölde derinlik en fazla 25 m ve kıyı şeridi uzunluğu 50 km'dir (www.turkiyesulakalanlari.com, 2018). Göl tabanı deniz seviyesinin altında olup sıcaklık tabakalaşması görülen, orta derinlikte ve tuzlu bir göl olarak değerlendirilebilir. Bir zamanlar Ege Denizi'nin bir parçasıyken Büyük Menderes Nehri'nin taşıdığı alüvyonlar nedeniyle denizle olan bağlantısı zamanla kesilmiştir. Bu özellikler

bakımından ekolojik açıdan da önemli bir doğal göl durumundadır.

Bafa Gölü'nde yaşanan kirliliğin en önemli nedenlerinden biri Büyük Menderes Nehri'nden taşınan kirletici maddelerdir. Bunun yanında göl ile Büyük Menderes Nehri arasına yapılan ve gölün doğal su dengesini bozan bir setin varlığı da gölü etkilemektedir. Gölün yakın çevresinde faaliyet gösteren zeytinyağı üretim işletmeleri, balık yetiştirme tesisleri, otel, lokanta ve küçük ölçekli yerleşim birimleri ile büyük tarım arazileri yer almakta ve göle bu kaynaklardan giren çeşitli atıklar başta organik maddeler ve ağır metaller olmak üzere göldeki kirlilik tehdidini oluşturmaktadır.

Son yıllarda, gölde görülen ekolojik kayıplar ve kirlilik durumları nedeniyle araştırmacıların Bafa Gölü'nün su kalitesine olan ilgisinin giderek arttığını söylemek mümkündür.

Yılgör (2012), Bafa Gölü'nde sediment kirliliğini araştırmıştır. Alınan sediment örneklerinde Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn, Cu, Hg konsantrasyonları belirlenmiş karot örneklerinde radyometrik metotlar kullanarak yakın dönem tarihlenmesi yapmış ve sediment çökelim hızını saptamıştır. Ayrıca sediment örneklerinde organik karbon, tane boyu, göl suyuna ait akıntı ölçümleri, karbonat analizleri ve fizikokimyasal parametreleri de tayin etmiştir. Yapılan tarihlendirme ve ağır metal analizi sonuçlarına göre; ağır metal derişimlerini bazı kirlilik indekslerine göre yorumlamış ve sonucunda; Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn ve Cu, metalleri için neredeyse tüm yüzey ve karot örneklerini kirli olarak sınıflandırmıştır. Çalışmada Hg metaline ait zenginleşme faktörü değeri oldukça yüksek bulunmuş ve çalışma alanı genelinde Hg açısından kirli olduğunu sonucu ortaya çıkmıştır.

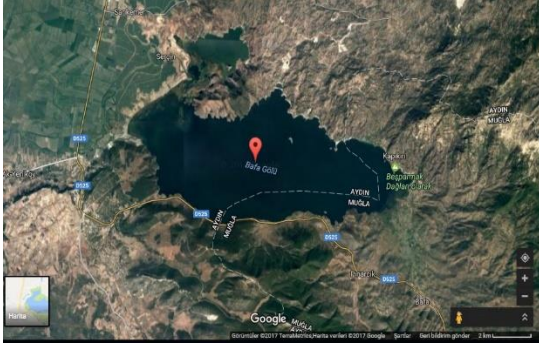
Manav (2014), Bafa Gölü'nde biyota *L. Ramada* (kefal), *D. Labrax* (levrek) ve *A. Anguilla* (yılan balığı), yüzey sedimenti, sediment tuzağı ve kor örnekleri, ²¹⁰Po ve ²¹⁰Pb radyoaktivite düzeyleri ve Cr, Ni, Pb, Cd, Mn, Fe ve Zn ağır metallerini araştırmıştır. Yüzey sedimenti ve sediment tuzağı örnekleri mevsimsel olarak araştırılmıştır. Çalışmada, Cr, Ni, Pb, Cd, Mn, Fe ve Zn iz element değerleri kor ve balık örnekleri için belirlenmiş ve bunlardan balık örneklerindeki Cd, Pb ve Zn değerlerinin Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın öngördüğü kritik seviyenin üstünde olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmada Bafa Gölü'nü tehdit eden kirleticilerden 10 farklı ağır metal türünün su ve sediment ortamlarındaki konsantrasyonlarının araştırılması ve elde edilen sonuçların değerlendirilerek kirlenme durumu hakkında tespitler yapılması amaçlanmıştır.

2. Materyal and Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Bafa Gölü, Aydın ve Muğla illeri arasında, Büyük Menderes Deltası'nın güney doğusunda $37^{\circ} 31'$ Kuzey, $27^{\circ} 27'$ Doğu koordinatlarında yer alır (Şekil 1). Göl, Büyük Menderes Deltası'nın jeomorfolojik gelişimi sonucunda Ege Denizi'nin bir koyu iken zamanla göl haline almıştır. Toplam alanı 7.088 ha olan göl yüzeyinin denizden yüksekliği 10 m çevresi 50 km olup denize uzaklığı 17 km'dir. Büyük Menderes Nehri gölü besleyen en önemli kaynaktır (OSİB, 2016).



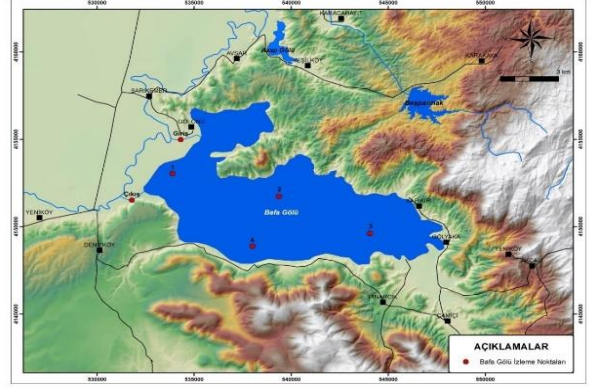
Şekil 1. Bafa Gölü'nün Konumu (Google Earth, 2017)

Aynı zamanda zengin florası ile ekolojik değere sahip olan Bafa Gölü önemli kuş cennetlerinden biridir. Toplamda 261 kuş türü, bunun yanı sıra 325 bitki, 22 sürüngen ve 19 memeli türüne ev sahipliği yapan Bafa Gölü, 1989 yılında Doğal Sit Alanı ve 1994 yılında Tabiat Parkı ilan edilmiştir (<http://www.wwf.org.tr>).

2.2. Örnekleme Noktaları

Bu çalışmada gölde bulunan ağır metallerin su ortamlarındaki kirlilik durumunu belirlemek için göl içinde 4, gölün giriş ve çıkış kanallarından da birer adet örnekleme noktasından 12 ay boyunca örnekleme yapılmıştır. Gölde bulunan ağır metallerin sediment ortamındaki kirlilik durumunu belirlemek için de mevsimsel olarak bir yıllık örnekleme çalışması yapılmıştır. Bafa Gölü'nde

ağır metal izleme çalışmalarının yapıldığı örnekleme noktaları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı ve örnekleme noktalarının konumları

1. istasyon, gölün batısında yer almakta ve derinliği 0,7 m'dir. Bu nokta civarında tarımsal faaliyetlerin varlığı ve arazide kullanılan zirai ilaç ve gübrelerin, kimyasalların sulama suyu fazlasıyla yıkanarak göle girişi söz konusudur. Bu örnekleme noktası sığ ve Büyük Menderes Nehri'nin giriş yaptığı nokta ile gölden çıkış kanalı arasında kalan bir noktadır. Dolayısıyla nehirden gelen kirliliğin yoğun olduğu bir bölge olacağı düşünülmüş ve belirlenmiştir.

2. istasyon, gölün kuzeyinde yer almaktadır ve derinliği 23 m'dir. Yerleşim yerleri etkisinden uzak, yeraltı suyu girişinin yüksek olabileceği ve nispeten temiz bir bölge olduğu düşünülmüş ve belirlenmiştir.

3. istasyon, gölün doğusunda ve Aydın-Muğla il sınırları civarında yer almaktadır ve derinliği 18 m'dir. Bu istasyon çevresinde bulunan Kapıkırı ve Gökyaka gibi kanalizasyon alt yapıları bulunmayan yerleşimlerden gelen evsel atıklar kirliliğe neden olabileceği düşünülmüş ve belirlenmiştir. Bu bölgede karasu olarak adlandırılan zeytin işleme tesislerinden gelen tesis işletme atıksuları ve turistik tesislerden kaynaklı katı atıkların oluşturduğu bir kirlenme olduğu da gözlenmiştir. Ayrıca göle çok yakın mesafede otel, restoran, çay bahçeleri gibi işyerleri de bulunmaktadır. Bu işletmelerdeki evsel ve endüstriyel atıksuların, gölün su kalitesi açısından risk oluşturacağı düşünülmüştür.

4. istasyon gölün güneyinde yer almaktadır ve derinliği 20 m'dir. Bu istasyon civarından şehirlerarası karayolu geçmesi, nedeniyle ağır metal kirleticilerinin birikme potansiyeli olduğu düşünülmüştür. Ayrıca bölgede zeytinyağı ve balık

işleme tesislerinden gelen atıkların göle karışması sonucu bu nokta dördüncü istasyon olarak belirlenmiştir.

Giriş noktası, gölün kuzey batısında yer alan Büyük Menderes Nehri ile göl arasındaki kanalın kontrol edildiği bölgedir. Bu bölgenin çevresinde tarımsal alanlar bulunmaktadır.

Çıkış noktası, gölün güneybatısında yer alan, gölün nehre çıkış bağlantısının olduğu kanaldaki kontrol vanasının bulunduğu yerdir. Balık işleme tesislerine oldukça yakın bir noktadır. Bu noktanın yakın çevresinde tarımsal alanlar da bulunmaktadır.

2.3. Laboratuvar Analizleri

Göl içinde yer alan örnekleme noktalarından alınan su örnekleri Ağustos 2015- Temmuz 2016 tarihleri arasında yüzeyden ve dipten ayrı ayrı olmak üzere aylık periyotlarla alınmıştır. Giriş ve çıkış kanallarından su örnekleri suyun orta derinliğinden alınmıştır. Sediment örnekleri, sedimentin 2 cm'lik kalınlığındaki üst bölgesinden mevsimsel olarak Ağustos 2015, Kasım 2015, Şubat 2016, Mayıs 2016 tarihlerinde alınmıştır.

Su örnekleri için 1 L kapasiteli koyu renkli polietilen teraftalat, sediment örnekleri içinse 500 mL kapasiteli koyu renkli polietilen teraftalat örnek alma kapları kullanılmış ve koruma-saklama işlemleri uygulanmıştır. Su ve sediment örnekleri, mini oto buzdolabına konularak Süleyman Demirel Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilmiştir. Su örnekleri, analizden önce içerisindeki katı partiküllerin giderilmesi amacıyla 0,45 mikronluk filtreden süzülerek, 5 mL nitrik asit ile asitlendirilmiş ve analiz sürecine kadar +4°C'lik kapalı ortamda muhafaza edilmiştir. Sediment örnekleri, 50 mL falkon tüplere alınarak analiz aşamasına gelinceye kadar derin dondurucu içerisinde -20°C de korunmuştur.

Ağır metal analizleri, akredite olmuş bir laboratuvarında, ICP-OES cihazında gerçekleştirilmiştir. Su ve sediment kalitesi izleme sonucu elde edilen bulgular 3. kısımda sunulmuştur.

2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

İzleme dönemi boyunca su ve sediment ortamları için elde edilen veriler; göle giriş kanalındaki mevsimlik ortalama konsantrasyonları, göl içindeki tüm örnekleme noktalarından elde edilen mevsimlik ortalama konsantrasyonlar ve çıkış kanalı mevsimlik ortalama konsantrasyonları sıralaması

ile grafik üzerine işaretlenerek değerlendirilmiştir. Ayrıca kirlilik kriterini aşan bazı noktalardaki özel durumlara da dikkat çekilmiştir.

Su örneklerinde, analizi yapılan ağır metal türlerinin tamamı (Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) 2008 yılında revize edilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) eklerinde yer alan Tablo 1 (Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri)'e göre değerlendirilmiştir. Söz konusu tablo 2012 yılında yürürlüğe giren ve 2016 yılında revize edilen "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği" (YSKY) ekinde de yer almaktadır. Ancak yönetmeliğin son halinde bu çalışmaya konu olan ağır metallerden sadece Mangan parametresi "Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri" tablosunda yer almaktadır (YSKY, 2016). Bu nedenle çalışma kapsamında yapılan değerlendirmeler aşağıda Çizelge 1'de verilen SKKY de yer alan Tablo 1 kriterlerine göre yapılmıştır.

Sediment örneklerinde belirlenen ağır metal türlerinin konsantrasyonları, ülkemiz mevzuatında sediment kalitesi ile ilgili değerlendirme kriteri bulunmadığı için Kanada'da uygulanmakta olan ve aşağıda Çizelge 2'de verilen "Kanada Sediment Kalite Yönergesi" kriterlerine göre çalışma kapsamında analizi yapılmış olan Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni ve Zn parametreleri için değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (SKKY, 2008)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	1.Sınıf	2.Sınıf	3.Sınıf	4.Sınıf
Alüminyum (mg Al/L)	≤ 0,3	≤ 0,3	1	>1
Kadmium (µg Cd/L)	≤ 2	5	7	>7
Krom(toplam) (µg Cr/L)	≤ 20	50	200	>200
Kobalt (µg Co/L)	≤ 10	20	200	>200
Bakır (µg Cu/L)	≤ 20	50	200	>200
Demir (µg Fe/L)	≤ 300	1000	5000	>5000
Kurşun (µg Pb/L)	≤ 10	20	50	>50
Mangan (µg Mn/L)	≤ 100	500	3000	>3000
Nikel (µg Ni/L)	≤ 20	50	200	>200
Çinko (µg Zn/L)	≤ 200	500	2000	> 2000

Çizelge 2. Kanada Sediment Kalite Yönergesi, 1992(<https://www.ontario.ca/document/guidelines>)

Metaller	En Düşük Etki Seviyesi (mg/kg KM)	Kuvvetli Etki Seviyesi (mg/kg KM)
Kadmiyum	0,6	33
Krom	26	110
Bakır	16	110
Demir (%)	2	4
Kurşun	31	250
Mangan	460	1100
Nikel	16	75
Çinko	120	820

3. Bulgular

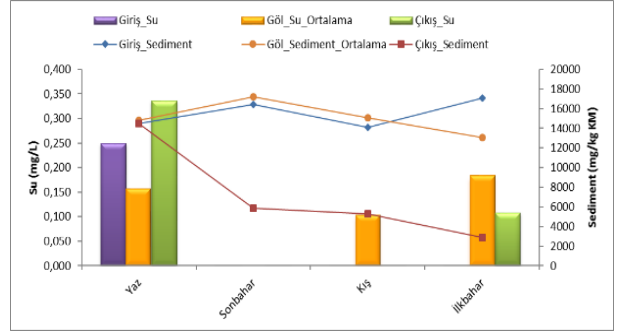
Bafa Gölü su ve sediment örneklerinde Ağustos 2015- Temmuz 2016 döneminde ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının mevsimlere göre ortalama değerleri ve bu değerlere göre oluşturulan şekiller aşağıda sırayla sunulmuştur.

Alüminyum

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Al konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 3’de verilmiştir.

Su örneklerinde görülen en yüksek Al konsantrasyonları; yaz mevsiminde çıkış kanalında 0,336 mg/L olarak II. sınıf su, giriş kanalında, 0,249 mg/L olarak I. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir. Göl içi örnekleme noktalarında ortalama Al konsantrasyonunun 0,112 mg/L olarak I. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmüştür. Sonbahar mevsiminde, tüm örnekleme noktalarında Al ölçüm limit değeri (LOQ) olan 0,1 mg/L değerinin altında tespit edilmiştir.

Sediment örneklerinde tespit edilen Al konsantrasyonları; giriş kanalında ortalama 15.525 mg/kg KM, göl içi örnekleme noktalarında ortalama 15.037 mg/kg KM ve çıkış kanalında ortalama 7.132,5 mg/kg KM olarak belirlenmiştir.



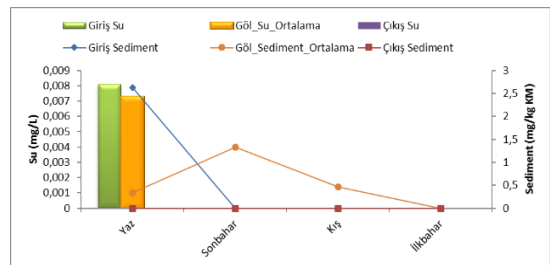
Şekil 3. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Al konsantrasyonları

Kadmiyum

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Cd konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 4’te verilmiştir.

Su örneklerinde Cd sadece yaz mevsiminde giriş kanalında ve göl suyunda sırasıyla 8,08 µg/L ve 7,26 µg/L konsantrasyonunda ve IV. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir. Diğer mevsimlerde su ortamında kadmiyumun ölçüm limit değeri olan 4 µg/L konsantrasyonundan düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerinde de Cd sadece giriş kanalında ve göl içi sediment ortamlarında tespit edilmiştir. Giriş kanalında kadmiyum suda olduğu gibi sadece yaz mevsiminde 2,63 mg/kg KM konsantrasyonunda, en düşük etki seviyesi değerinin üzerinde (>0,6 mg/kg KM) üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Göl içi sediment ortamında Cd ortalama 0,53 mg/kg KM değeri ile en düşük etki seviyesi 0,6 mg/kg KM değerine çok yakın, 3 nolu örnekleme istasyonunda sonbahar mevsiminde 3,92 mg/kg KM değeri ile en düşük etki seviyesi değerinin üzerinde tespit edilmiştir.



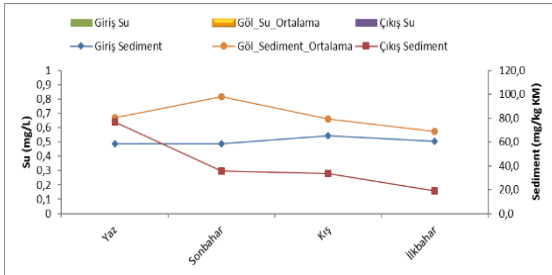
Şekil 4. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Cd konsantrasyonları

Krom

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Cr konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 5’te verilmiştir.

Tüm su örneklerindeki Cr konsantrasyonları, ölçüm limit değerinin (LOQ < 0,01 mg/L) altında tespit edilmiştir. Bu durum tüm su örneklerinin krom bakımından I. sınıf su kalitesinde olduğunu göstermektedir.

Sediment örneklerinde tespit edilen ortalama Cr konsantrasyonları; göl içi örnekleme noktalarında 81,6 mg/kg KM, giriş kanalında 60,7 mg/kg KM ve çıkış kanalında 41,2 mg/kg KM olarak tamamı en düşük etki seviyesi değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Sediment örneklerinde tespit edilen en yüksek Cr konsantrasyonları; yaz mevsiminde göl içi ve çıkış kanalı sedimentlerinde sırasıyla 80,1 mg/kg KM ve 76,7 mg/kg KM, sonbahar ve kış mevsiminde göl içinde sırasıyla 97,9 mg/kg KM ve 79,5 mg/kg KM olduğu ve sediment ortamının kuvvetli etki seviyesi değeri olan 110 mg/kg KM değerine yaklaştığı gözlenmiştir. Cr, göl içinde yer alan 1 nolu örnekleme istasyonunda sonbahar mevsiminde 120 mg/kg KM değerinde tespit edilmiş olup bu konsantrasyon kuvvetli etki seviyesi değerinin üzerindedir.



Şekil 5. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Cr konsantrasyonları

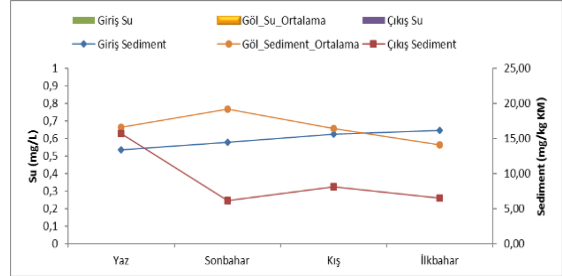
Kobalt

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Co konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 6’da verilmiştir.

Tüm su örneklerindeki Co konsantrasyonları, ölçüm limit değerinin (LOQ < 0,02 mg/L) altında tespit edilmiştir. Bu durum, tüm su örneklerinin kobalt bakımından II. sınıf su kalite kriterinin 0,02

mg/L olması nedeniyle en kötü II. sınıf su kalitesinde olduğunu göstermektedir.

Sediment örneklerinde tespit edilen Co konsantrasyonları; giriş kanalında ortalama 14,93 mg/kg KM, göl içi örnekleme noktalarında ortalama 16,61 mg/kg KM ve çıkış kanalında ortalama 9,13 mg/kg KM olarak belirlenmiştir.



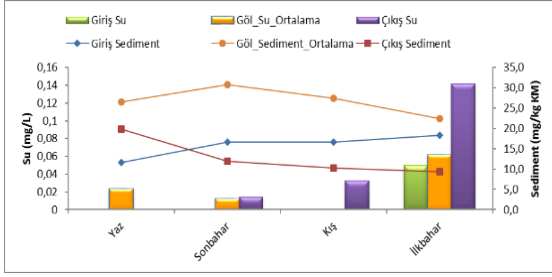
Şekil 6. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Co konsantrasyonları

Bakır

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Cu konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 7’de verilmiştir.

Su örneklerinde en yüksek Cu konsantrasyonlarının; ilkbahar mevsiminde çıkış kanalında 142 µg/L, göl içinde 61,4 µg/L ve giriş kanalında 49,9 µg/L olarak tüm örnekleme noktalarında III. sınıf su kalitesinde (>50 µg/L) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Cu konsantrasyonu, kış mevsiminde çıkış kanalında 32,5 µg/L, yaz mevsiminde de göl içinde ortalama 23,3 µg/L değerlerinde tespit edilmiş olup su kalitesi bakımından gölün bu mevsimlerde Cu bakımından II. sınıf su kalitesinde olduğu görülmüştür.

Sediment örneklerindeki en yüksek konsantrasyonlar; “Kanada Sediment Kalite Yönergesi” kriterlerine göre, göl içindeki sediment örneklerinde, ortalama 26,8 mg/kg KM değeri ile en düşük etki seviyesi değerinin (16 mg/kg KM) üzerinde olduğu saptanmıştır. Cu, giriş kanalında 15,8 mg/kg KM, çıkış kanalında 12,9 mg/kg KM konsantrasyon düzeylerinde tespit edilmiş olup bu değerler en düşük etki seviyesi değerine oldukça yakındır.



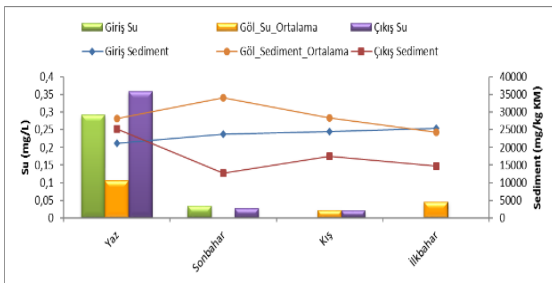
Şekil 7. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Cu konsantrasyonları

Demir

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Fe konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 8’de verilmiştir.

Su örneklerinde en yüksek Fe konsantrasyonları; yaz mevsiminde giriş ve çıkış kanallarında, sırasıyla 292 µg/L (I. sınıf) ve 359 µg/L (II. sınıf) ve göl suyu örneklerinde 105 µg/L (I. sınıf) olarak tespit edilmiştir. Diğer mevsimlerde göl suyunda Fe düşük konsantrasyonlarda tespit edilmiştir.

Sediment örneklerinde en yüksek konsantrasyonlar; göl içi örnekleme noktalarında ortalama %2,87 ve giriş kanalında ortalama %2,37 değerlerinde en düşük etki seviyesi değerinin üzerinde ve çıkış kanalında ortalama %1,755 değeri ile en düşük etki seviyesine yakın olduğu belirlenmiştir.



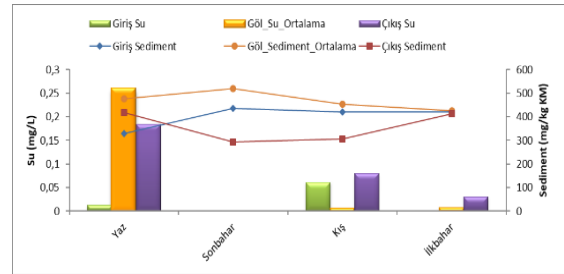
Şekil 8. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Fe konsantrasyonları

Mangan

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Mn konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 9’da verilmiştir.

Su örneklerinde en yüksek Mn değerleri; çıkış kanalında ortalama 98,246 µg/L, gölden alınan örneklerde 69,188 µg/L, giriş kanalında 37,12 µg/L değerlerinde tespit edilmiştir. Çıkış kanalı ortalama değeri II. Sınıf su kalitesi sınırına oldukça yakın bir seviyededir. Özellikle yaz mevsiminde göl içinde yer alan 2, 3 ve 4 nolu istasyonlarda dip suyundaki mangan konsantrasyon değerleri sırasıyla 635 µg/L, 536 µg/L ve 567 µg/L olup dip sularında manganın III. sınıf su kalitesine sahip olduğu görülmüştür.

Sediment örneklerinde belirlenen en yüksek Mn konsantrasyonları göl içi örnekleme noktalarında ortalama 469 mg/kg KM seviyesinde olup bu konsantrasyon en düşük etki seviyesi değerinin (460 mg/kg KM) üzerindedir. Giriş kanalında ve çıkış kanalı sediment ortamlarında ortalama mangan konsantrasyonu sırasıyla 401 mg/kg KM ve 357 mg/kg KM olarak en düşük etki seviyesine yakın değerlerde tespit edilmiştir.



Şekil 9. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Mn konsantrasyonları

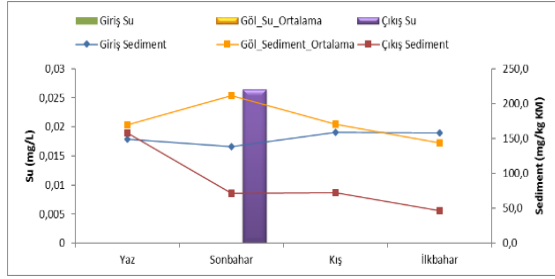
Nikel

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Ni konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 10’da verilmiştir.

Su örneklerinde Ni konsantrasyonu sadece sonbahar mevsiminde çıkış suyunda 26,4 µg/L tespit edilmiş olup Ni bakımından su kalitesi II. sınıf olarak değerlendirilmiştir. Diğer mevsimlerde Ni ölçüm limit değerinin (LOQ) altında (<20 µg/L) tespit edilmiştir.

Sediment örneklerinde ortalama Ni konsantrasyonları; göl içi örnekleme noktalarında ortalama 174 mg/kg KM, giriş kanalında ortalama 151 mg/kg KM ve çıkış kanalında ortalama 87 mg/kg KM olarak belirlenmiş olup tüm değerlerin

kuvvetli etki seviyesi değeri olan 75 mg/kg KM sınır değerinin üstündedir.



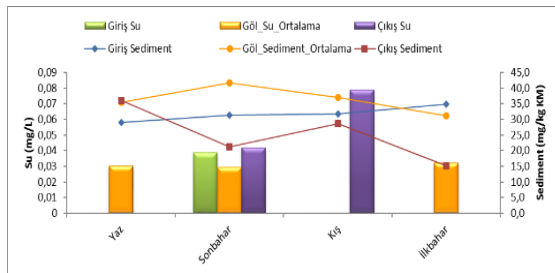
Şekil 10. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Ni konsantrasyonları

Çinko

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Zn konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 11’de verilmiştir.

Zn, kış mevsimi dışında tüm göl içi su örneklerinde ortalama 22,9 µg/L olarak, giriş kanalında sadece sonbahar mevsiminde 38,8 µg/L, çıkış kanalında sonbahar ve kış mevsimlerinde sırasıyla 41,8 µg/L ve 78,8 µg/L olarak tüm noktalarda ve mevsimlerde I. sınıf su kalitesinde (<200 µg/L) olduğu tespit edilmiştir.

Sediment örneklerinde ortalama çinko konsantrasyonları; göl içi örnekleme noktalarında 36,325 mg/kg KM, giriş kanalında 31,800 mg/kg KM ve çıkış kanalında 25,300 mg/kg KM olarak belirlenmiştir. Tespit edilen tüm ortalama değerler en düşük etki seviyesi kriteri olan 120 mg/kg KM değerinden düşüktür.



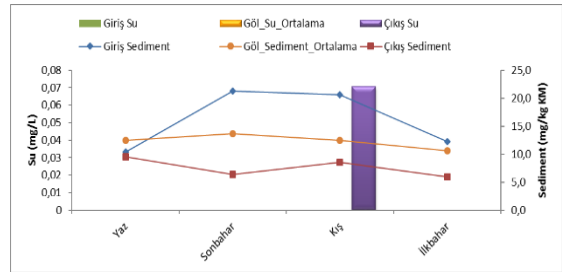
Şekil 11. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Zn konsantrasyonları

Kurşun

Bafa Gölü giriş kanalı, göl içi örnekleme noktaları ve çıkış kanalı, su ve sediment ortamlarındaki Pb konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı Şekil 12’de verilmiştir.

Pb su ortamında sadece kış mevsiminde ve çıkış kanalında yapılan örneklemede 70,6 µg/L konsantrasyon seviyesinde tespit edilmiş olup bu konsantrasyon IV. sınıf su kalitesi değerindedir. Diğer örnekleme noktaları ve mevsimlerde alınan örneklerde kurşunun ölçüm limit değerinin altında olduğu görülmüştür.

Sediment örneklerinde ortalama kurşun konsantrasyonları; göl içi örnekleme noktalarında 12,3 mg/kg KM, giriş kanalında 16,2 mg/kg KM ve çıkış kanalında 7,6 mg/kg KM olarak belirlenmiştir. Tespit edilen tüm ortalama değerler en düşük etki seviyesi kriteri olan 31 mg/kg KM değerinden düşüktür.



Şekil 12. Bafa Gölü su ve sediment ortamlarında mevsimlik Pb konsantrasyonları

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada Bafa Gölü’nde farklı özelliklerde 4 örnekleme noktasında, yüzey ve dip olmak üzere iki farklı derinlik boyunca ve gölün giriş ve çıkışını temsil eden kanallarda 2 örnekleme noktasından farklı zamanlarda su ve sediment ortamlarından örnekler alınmıştır. Alınan örneklerde Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Cd, Pb ve Zn metal konsantrasyonları belirlenerek, su ve sediment ortamlarının ağır metal kirliliği bakımından değerlendirmesi aşağıda verilmiştir.

Alüminyum su ortamında sadece yaz mevsimi örnekleme noktasında ve çıkış kanalında II. sınıf su kalitesinde 0,336 mg/L olarak tespit edilmiştir. Göle giren sularda ve göl içinde Al bakımından herhangi bir olumsuz durum bulunmamaktadır. Sediment ortamlarında tespit edilen

konsantrasyonlar diğer ağır metal türlerine göre yüksek değerlerde olmakla birlikte bu durum alüminyumun sedimentin doğal yapısında bulunan doğal elementlerden biri olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak göl içinde ve giriş kanalında sediment ortamında tespit edilen Al konsantrasyonları çıkış kanalında tespit edilen değerler arasında büyük fark bulunmaktadır. Bafa Gölü sedimentinde Al bakımından tehdit edici bir durum söz konusu olmamakla birlikte giriş (15.525 mg/kg KM) ve çıkış (7.132 mg/kg KM) kanalı sedimentlerinde ortalama Al konsantrasyonları arasında belirgin bir fark olması, göle dış kaynaklardan Al girişi olduğunu ve bunun da sediment ortamında birikmekte olduğunu göstermektedir.

Kadmiyum, su ortamında sadece yaz mevsimi örneklemede giriş kanalında ve göl suyunda oldukça yüksek konsantrasyonlarda, IV. sınıf su kalitesinde, tespit edilmiştir. Diğer örneklemede Cd su ortamında ölçüm limit değerinin altında tespit edilmiştir. Sediment ortamına yaz mevsiminde su ile gelen kadmiyumun giriş kanalında, sonbahar mevsiminde göl sedimentinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Çalışma döneminde Bafa gölünün yaz mevsimi sonunda pik bir kadmiyum yüküne maruz kaldığı ve zamanla bu yükün gölde dağıldığı ancak gölden çıkış yapmadığı söylenebilir.

Krom, tüm su örneklerinde ölçüm limit değeri olan 10µg/L konsantrasyonun altında gözlenmiştir ve Bafa Gölü'nün Cr bakımından I. sınıf su kalitesine sahip olduğu söylenebilir. Ancak sediment ortamında krom, kalite yönergesinde belirtilen "en düşük etki seviyesi" değerinin üzerinde hatta göl ortamında ve giriş kanalında "kuvvetli etki seviyesi" sınırına yakın konsantrasyonlarda tespit edilmiştir. Bu değerlere en yüksek göl içi sediment ortamında rastlanılmış olup, giriş kanalı değerlerinin de çıkış kanalı değerlerinden yaz mevsimi hariç daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, kromun su ile göle düşük konsantrasyonlarda sürekli veya nadiren pik yükler ile geldiğini ve hızlı bir şekilde sediment ortamına geçiş yaparak gölde birikmekte olduğunu göstermektedir.

Kobalt, tüm su örneklerinde, ölçüm limit değeri olan 20 µg/L değerinin altındadır. Bu durum, su örneklerine bakılarak kobalt hakkında değerlendirme yapmanın sağlıklı olmadığını göstermektedir. Kobaltın, sediment ortamı değerlerine bakarak giriş ve çıkış kanalı arasında yaz mevsimi hariç giriş kanalı lehinde belirgin bir

farkın bulunduğu ve göl ortamındaki konsantrasyonların da giriş kanalından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, kobaltın su ile göle düşük konsantrasyonlarda sürekli veya nadiren pik yükler ile geldiğini ve hızlı bir şekilde sediment ortamına geçiş yaparak gölde birikmekte olduğunu göstermektedir.

Bakır, su ortamında özellikle İlkbahar mevsiminde giriş, çıkış ve göl suyunda ortalama 84,44 µg/L olarak III. sınıf su kalitesinde tespit edilmiştir. Bakır ayrıca yaz ve kış mevsiminde de II. sınıf su kalitesi değerlerinde gözlendiğinden Bafa Gölü'nün bakır bakımından yoğun bir şekilde kirlenmekte olduğu tespit edilmiştir. Sediment örneklerinde en yüksek konsantrasyonlara göl içindeki örnekleme istasyonlarında en düşük etki seviyesi kriterinin üzerinde rastlanılmıştır. Giriş ve çıkış kanalı arasında giriş kanalı lehinde belirgin bir konsantrasyon farkının bulunduğu görülmüştür. Bu durum, bakırın Bafa Gölüne su ile özellikle kış ve ilkbahar mevsiminde yoğun bir şekilde girdiğini ve bir kısmının sediment ortamında birikmekte olduğunu, yoğun olarak geldiği dönemde de çıkış suyu ile birlikte gölden ayrıldığını göstermektedir. Ayrıca ilkbahar mevsiminde çıkış kanalı boyunca başka bir kaynağın da bakır konsantrasyonunu etkilediği düşünülebilir.

Demir, su ortamında özellikle yaz mevsiminde giriş ve çıkış kanallarında II. sınıf su kalitesi değerleri civarında tespit edilmiştir. Bu mevsimde göldeki konsantrasyon çok daha düşük değerlerde bulunmuştur. Diğer mevsimlerde de tüm su ortamlarında oldukça düşük konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Demir, alüminyum gibi sedimentin yapısını oluşturan temel elementlerden biridir. Bafa Gölü sedimentlerinde demirin, alüminyum kadar olmasa da sediment ortamında bir miktar birikiminin olduğu söylenebilir. Göl içinde bulunan sedimentlerde %2,87, giriş kanalında %2,37'lik değerler sediment kalitesinin en düşük etki seviyesi değeri olan %2'nin üzerinde olduğunu ortaya koymuştur. Çıkış kanalı sedimentinde Fe %1,75 ile kriter sınır değerine yaklaşmıştır.

Mangan, su ortamında, yüzey ve dip suları ortalama değerleri dikkate alındığında yaz mevsiminde II. sınıf, diğer mevsimlerde I. sınıf su kalitesine sahiptir. Ancak dip sularına detaylı bakıldığında, derinliğin fazla olduğu 2, 3 ve 4 numaralı istasyonlarda, mangan değerlerinin III. sınıf su kalitesinde olduğu görülmüştür. Sediment ortamlarında giriş ve çıkış kanallarındaki konsantrasyonların birbirine yakın değerlerde, göl

içindeki değerlerin de en düşük etki seviyesi kriteri sınırının çok az üzerinde olduğu görülmüş olup Bafa Gölü mangan bakımından bölge jeolojik oluşumuna bağlı olarak doğal değerlerinde olduğu değerlendirilmiştir.

Nikel, su ortamında sadece sonbahar mevsimi örneklemede çıkış kanalında yüksek konsantrasyonda, II. sınıf su kalitesinde, tespit edilmiştir. Diğer örneklemede Ni konsantrasyonu su ortamında ölçüm limit değeri olan 20 µg/L'nin altındadır. Bafa Gölü sedimentlerinde nikel konsantrasyonları oldukça yüksek seviyelerde tespit edilmiş olup yıl boyunca hesaplanan ortalama değerlerin tamamı kuvvetli etki seviyesi değerlerinin üzerindedir. Sediment ortamında nikel değerlerine bakıldığında giriş ve çıkış kanalı değerleri arasında yaz mevsimi hariç giriş kanalı lehinde belirgin bir farkın bulunduğu ve göl ortamındaki konsantrasyonların da giriş kanalından ilkbahar mevsimi hariç daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, nikelin su ile göle düşük konsantrasyonlarda sürekli veya nadiren pik yükler ile geldiğini ve hızlı bir şekilde sediment ortamına geçiş yaparak gölde ve çıkış kanalı boyunca tehlikeli şekilde birikmekte olduğunu göstermektedir.

Çinko, su ortamında tüm noktalarda ve mevsimlerde I. sınıf su kalitesi değerlerinde tespit edilmiştir. Benzer şekilde sediment ortamlarında da çinko konsantrasyonları en düşük etki seviyesi sınır değerinin oldukça altında tespit edilmiş olup, giriş ve çıkış kanalları arasında yaz mevsimi hariç çinko konsantrasyonlarında giriş kanalı lehine az bir fark gözlenmiştir. Bu fark nedeniyle, göl içi sedimentlerinde az da olsa bir çinko birikimi olduğunu söylenebilir.

Kurşun, su ortamında sadece yaz mevsimi örneklemede çıkış kanalında yüksek konsantrasyonda 70,6 µg/L, IV. sınıf su kalitesinde, tespit edilmiştir. Diğer örneklemede Pb konsantrasyonu su ortamında ölçüm limit değeri olan 50 µg/L'nin altındadır. Bu limit değerin III. sınıf su kalitesi sınırında olması nedeniyle su ortamında kurşun için sağlıklı bir değerlendirme yapmak mümkün değildir. Bafa Gölü sedimentlerinde tespit edilen ortalama kurşun konsantrasyonları giriş kanalında 16,2, göl içi örnekleme noktalarında 12,3 ve çıkış kanalında 7,6 mg/kg KM olarak en düşük etki seviyesi değeri olan 31 mg/kg KM değerinin oldukça altındadır. Bu

durumda Bafa Gölünün kurşun bakımından düşük bir hızda kirlendiği söylenebilir.

Bafa gölü için, yukarıda yapılan parametre bazındaki değerlendirmeler çerçevesinde, yoğun bir dış kaynaklı ağır metal kirliliğine maruz kaldığı görülmektedir. Gölde sadece su ortamı verileri ile değerlendirme yapmanın sağlıklı olmadığı, sediment ortamının da mutlaka takip edilmesi gerektiği sonucuna da ulaşılmıştır.

Çalışma dönemi boyunca, Bafa gölünü kirlilik bakımından en yüksek derecede etkileyen ağır metaller; Ni, Cd, Cr, Cu ve Fe olarak belirlenmiş olup, bu ağır metallerin özellikle su ve sediment ortamlarındaki bazı konsantrasyonlarının kabul edilen belirli kirlilik kriter seviyelerini aştığı belirlenmiştir. Bu kirleticiler Bafa Gölüne genel olarak Büyük Menderes Nehri ve göl civarında faaliyet gösteren çeşitli endüstriyel kaynakların direk atık deşarjları ile ulaşmaktadır. Bu yollarla gelen kirleticilerin bir kısmı göl ortamındaki sedimentte tutulmakta bir kısmı da gölden çıkış kanalı vasıtası ile çıkış yaparak Ege Denizi'ne kadar ulaşmaktadır. Bu ağır metallerden yalnızca kadmiyumun göle pik yüklerle girdiği, ancak henüz gölden çıkış yapmadığı ve tamamının gölde biriktiği tespit edilmiştir. Diğer ağır metallerin bir kısmı da tutulmadan gölden çıkış yapmaktadır. Bu duruma neden olan en önemli etken, göle giriş ve çıkış kanallarının fiziki olarak birbirine çok yakın olması ve bu bölgede göl derinliğinin çok fazla olmamasıdır.

Bafa gölünü daha düşük şiddette etkileyen ağır metaller; Al, Zn, Pb ve Co olarak belirlenmiştir. Bu metaller de gölde kabul edilen kirlilik seviyelerinin altında konsantrasyonlarda tespit edilmişler de benzer şekilde gölde birikim yapmakta oldukları görülmüştür.

Bafa gölünde çalışılan ağır metallerden sadece manganın gölde doğal nedenlerden kaynaklı bulunduğu söylenebilir. Özellikle gölün derin kesimlerinde dip sularında mangan konsantrasyonları oldukça yüksektir.

Yukarıda gölde birikim yaptığı tespit edilen her bir ağır metal türünün neden olabilecek olumsuzluklar için havza yönetiminden sorumlu olan kurum, kurul ve idarelerin acilen gerekli tedbirleri alması gerekmektedir. Özellikle, Büyük Menderes Havzası Yönetim Planı kapsamında Bafa Gölü su kalitesinin ağır metaller bakımından da iyi duruma getirilmesi için ilave tedbirler alınması gerekmektedir. Gerekli

önlemler alınmazsa ağır metallerin gölde birikimi, göl ekosisteminde çeşitli zararlara neden olacaktır. Özellikle göl civarında yoğun balıkçılık faaliyetlerinin yapılıyor olması canlı organizmalarda da ağır metal izleme çalışmalarının yapılması gerektiğine işaret etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (SDÜBAP) tarafından 4839-YL1-16 No'lu Proje ile desteklenmiştir. Bu desteklerinden dolayı SDÜ BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz. Örneklemeye çalışmalarındaki destekleri için de SDÜ Su Enstitüsü tarafından yürütülmekte olan 112G037 No'lu TÜBİTAK KAMAG projesine de ayrıca teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akın M., Akın G., 2007, Suyun önemi, Türkiye'de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Dergisi, 47(2), 105-118.

Doğal Hayatı Koruma Derneği (WWF), 2017. Büyük Menderes Havza Atlası Raporu http://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/download/atlas_web_download.pdf.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal G, Güven, A. ve Timur S, 2009. Metallerin Çevresel Etkileri-I, İTÜ, http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf (Erişim Tarihi:12 Mart 2011)

Kanada Sediment Kalite Yönergesi, 1992. Kanada Çevre Bakanlığı Resmi Web Sitesi. Erişim Tarihi:13.03.2018 <https://www.ontario.ca/document/guidelines-identifying-assessing-and-managing-contaminated-sediments-ontario/identification-and-assessment#section-1>.

Manav, R., 2014. Bafa Gölü'nde (Milas-Muğla) bazı ağır metallerin ve doğal radyonüklidlerin askıdaki katı madde ve sediment örneklerinde araştırılması. Doktora tezi, T. C. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, İzmir, 105, (2014).

Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB), 2016, Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı 2016-2018, Ankara.

SKKY (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği), 2008. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri, Tablo 1, 26786 sayılı ve 13/2/2008 tarihli Resmî Gazete, Ankara.

Topbaş, M., Brohi A., Karaman, M. 1998. Çevre kirliliğine sebep olan faktörler. Çevre Kirliliği. Çevre Bakanlığı Yayınları, pp.12-61, Ankara.

Türkiye'nin Sulak Alanları, 2018. Resmi Web Sitesi, 2014-2016. <http://www.turkiyesulakalanlari.com/portfolio/bafa-golu-aydin-mugla/>.

U.S. Geological Survey (USGS), 1999. The water cycle. Erişim Tarihi: 15.12.2016. <https://water.usgs.gov/edu/watercycleturkish.html>

Wang, L. F., Yang, L. Y., Kong, L. H., Li, S., Zhu, J. R., Wang, Y. Q. 2014. Spatial distribution, source identification and pollution assessment of metal content in the surface sediments of Nansi Lake, China. Journal of Geochemical Exploration, p.9, China.

Yılıgör, S. 2012. Bafa Gölü Sedimanlarındaki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.

YSKY (Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği), 2016, 29797 sayı ve 10.08.2016 tarihli Resmi Gazete, Ankara.

Received: 16.06.2018

Accepted: 21.09.2018

DOI: 10.30516/bilgesci.434223

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

2(2), 139-146, 2018

Kauçuk Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi

Veysel Mutlu^{1*}, Cihan Özgür², Şehnaz Şule Kaplan Bekaroğlu³

Özet: Bu çalışmanın amacı Türkiye’de faaliyet gösteren ve yıllık üretimi ortalama 17.500 ton kauçuk ürün olan bir firmanın karbon ayak izinin belirlenmesidir. Hesaplamalar “Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı” kapsamında IPCC’nin Tier-1 metodolojisine ait formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan güncel veriler firmadan temin edilmiştir. Çalışma sonucunda yıllık toplam karbon ayak izi miktarı yaklaşık 55.000.000 kg CO₂e olarak tahmin edilmiştir. Karbon ayak izi olarak en yüksek miktar ve dolayısıyla oran, kullanılan ham madde kaynaklı karbon emisyonuna (≈%77) aittir. Bu sebeple Kapsam 3 emisyonlarının bu sektör için en büyük miktarı oluşturduğu belirlenmiştir. Satın alınan elektrik ile ilgili karbon emisyonu (≈%12) ikinci sırada yer almaktadır. Geri dönüştürülmüş ham madde kullanarak karbon ayak izinde azaltım elde edildiği görülmüştür. Çalışma sonucunda tahmin edilen kauçuk sektörü karbon ayak izi değeri farklı sektörlerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında kağıt üretimi, çimento üretimi ve şeker üretimi için olanlara göre sırasıyla yaklaşık 2, 4 ve 6 kat daha fazla fiber optik ve tekstil kumaşı üretimi için olanlara göre sırasıyla yaklaşık 23 ve 27 kat daha azdır. Her sektör için karbon ayak izi çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerektiği ve azaltım programlarının belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Keywords: Karbon salınımı, karbon ayak izi, kauçuk endüstrisi, karbondioksit eşdeğeri

Determination Of Carbon Footprint In Rubber Industry

Abstract: The purpose of this study is to calculate the carbon footprint of companies with an average annual production of 17,500 tons of rubber products in Turkey. The calculations were carried out using the formula for the Tier 1 methodology of the under the "Integrated Pollution Prevention and Control Approach". The data used in the study were obtained from experts working in the firm. As a result of the study, the total amount of carbon footprint per year was estimated to be approximately 55,000,000 kg CO₂e. The highest amount of carbon footprint belongs to the raw material-derived carbon emissions (≈77%) used. For this reason, it has been determined that Scope 3 emissions constitute the largest amount for this sector. Carbon emissions related to electricity purchased (≈12%) are in second place. It has been found that carbon footprint reduction is achieved by using recycled raw materials. As a result of the study, the predicted rubber industry carbon footprint is about 2, 4 and 6 times higher than paper production, cement production and sugar production, respectively and 23 and 27 times less than for production of fiber optics and textile fabrics, respectively. Finally, proposals have been made for the testing of different scenario implementations and reduction of carbon emissions for the rubber sector. It is emphasized that carbon footprint studies should be carried out for each sector and reduction programs should be determined.

Keywords: Carbon emission, carbon footprint, rubber industry, carbon dioxide equivalent

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, 32950, Isparta, Türkiye

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, 32260, Isparta, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): cihanozgur@sdu.edu.tr

Citation (Atıf): Mutlu, V., Özgür, C., Kaplan Bekaroğlu, Ş.Ş., 2018. Determination Of Carbon Footprint In Rubber Industry. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2 (2): 139-146.

1. Giriş

Küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları dünya gündeminde önemli bir yer tutmakta ve her geçen gün bu konuda yapılan çalışmalar artmaktadır. 1997 yılında gerçekleştirilen Kyoto Protokolü ile özellikle karbondioksit ve sera etkisine sebep olan gazların azaltılması ya da azaltılamıyorsa karbon ticareti yoluyla açığın kapatılması hedeflenmiştir (Gunathilaka ve Gunawardana, 2015). 4 Kasım 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşmasında ülkeler ve işletmeler üzerinde karbon salınımı miktarının azaltılması amaçlanmaktadır (Köse, 2018).

Kyoto Protokolü ve ardından gelen Paris Anlaşması ile birlikte karbon ayak izi (CF) hesaplama çalışmaları hız kazanmıştır. Karbon ayak izi ile ilgili enerji üretiminde (Messagie, 2014; Shaikh, vd., 2017; Dulkadiroğlu, 2018), endüstriyel üretimlerde (Flysjö vd., 2014; Gunathilaka ve Gunawardana, 2015; Garcia vd., 2016; Yan vd., 2016; Inakollu vd., 2017), tarımsal faaliyetlerde (Adewale vd., 2016; Clavreul vd., 2017; Mansour ve Jecic, 2016), kentsel ve bireysel hesaplamalarda (Strohbach vd., 2012; Huang ve Meng, 2013; Meng vd., 2014; Su vd., 2014), ve turizmde (Dwyer vd., 2010; Puig vd., 2017) farklı metotları kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir. Karbon salınımının meydana geldiği endüstriyel sektörlerden biri de kauçuk sektörüdür. Yaygın olarak kauçuk, ısıl dayanımı, sızdırmazlık özellikleri ve rahat monte edilebilir özelliklerinden dolayı başta otomotiv olmak üzere inşaat, havacılık, sağlık, madencilik, makine, giyim, ayakkabıcılık, büro eşyaları, mobilya, oyuncak vb. çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır (PAGEV, 2015).

Karbon ayak izi tespit çalışmaları oldukça popüler olmasına rağmen, kauçuk sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Özellikle Türkiye’de kauçuk sektörü üzerine yapılmış bir karbon ayak izi çalışması mevcut değildir. Çalışmanın amacı kauçuk ürün üretimi gerçekleştiren bir firmanın karbon ayak izinin belirlenmesidir.

Kauçuk sektörü ürünlerinin içeriği incelendiğinde ham madde olarak geri dönüştürülmüş ürünlerin kullanıldığı göze çarpmaktadır. Elde edilen verilerden geri dönüştürülmüş ham madde (ikincil ham madde) içerikli kauçuklu karışım, konveyör bant, transmisyon ve elevator kayışları, kauçuk

levha, kauçuk sıyrıcı levha gibi kauçuk ürünler üreten bir firmanın muhtemel karbon ayak izi hesaplanmıştır.

1.1. Karbon Ayak İzi ve Hesaplanması

Wiedmann ve Minx (2007) karbon ayak izini “Doğrudan veya dolaylı olarak bir faaliyetin neden olduğu veya bir ürünün ömrü boyunca birikmiş toplam karbondioksit (CO₂) emisyonlarının bir ölçümü” olarak tanımlamışlardır. EPLCA (2007) karbon ayak izini “Bir ürünün tedarik zinciri boyunca ve bazen ömrünü tamamladığında geri kazanımı ve bertarafıyla ilişkili karbondioksit ve diğer sera gazı emisyonlarının (metan) toplam miktarı” olarak tanımlamıştır. Peters (2010)’e göre fonksiyonel bir birim karbon ayak izi, belirlenmiş mekânsal ve zamansal sistem sınırları kapsamında üretim ve tüketimdeki konu ile ilgili tüm emisyon kaynakları, yutakları ve depolarını dikkate alan belirli bir ölçüdeki iklim etkisidir. Galli vd. (2012)’ye göre karbon ayak izi, bireylerin, toplumların, devletlerin, şirketlerin, süreçlerin, endüstriyel sektörlerin vb. faaliyetlerini içerir. Verilen tanımlardan yola çıkarak kavramların ve sınırların kesin olarak belirlenmemiş olmasından dolayı tam bir karbon ayak izi tanımı yapmak oldukça zordur. Basit bir ifadeyle karbon ayak izi belirli sera gazlarının bir ölçütüdür. Sera gazları ısı tutma özelliğine sahip atmosferde bulunan bileşikler olup Kyoto Protokolü kapsamında ele alınan sera gazları Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Azot oksitler (N₂O), Hidroflorokarbonlar (HFC’ler), Perflorokarbonlar (PFC’ler) ve Kükürthekezaförür (SF₆)’dür.

Birim (ürün) karbon ayak izi ile ilgili farklı metodolojilerin ve metodolojilerin birbirleri arasındaki farkların belirlenmesi önemlidir. Literatürde vurgulanan başlıca farklılıklar, çalışma kapsamı, hesaplama dahil edilen gazlar, gazların CO₂ eşdeğerlerine ulaşması için ağırlıklandırılması ve sistem sınırları olarak belirtilmektedir (Gunathilaka ve Gunawardana, 2015).

Sera gazları farklı etkilere sahiptir ve karbondioksitin etkisinin bir birim kabul edilmesi halinde, her bir gazın 100 yıllık zaman diliminde atmosferde yarattığı göreceli etkiye küresel ısınma potansiyeli denir (Gunathilaka ve Gunawardana, 2015). Karbon ayak izi hesabında göz önünde bulundurulmuş üç önemli gaz CO₂, CH₄ ve N₂O’dur. Bu gazların küresel ısınma potansiyelleri IPCC 5. Değerlendirme Raporuna göre sırasıyla 1, 28 ve 265’tir (IPCC, 2013). Sera gazı hesaplama ve

raporlamada tanımlanmış üç kapsam mevcuttur. “Kapsam 1” sahip olunan veya kontrol edilen proses ekipmanlarında kimyasal üretimden kaynaklanan emisyonlar ile fırınlarda ve araçlarda yanma sonucu oluşan emisyonları kapsamaktadır. “Kapsam 2” sera gazı emisyonları ise satın alınan ve kullanılan elektriğin üretiminden ortaya çıkmaktadır. “Kapsam 3”, şirket tarafından sahip olunmayan veya kontrol edilmeyen kaynaklardan ortaya çıkan tüm dolaylı emisyonlar olarak kabul edilmektedir. Sera gazı emisyonlarının hesaplanması için en yaygın yaklaşım ise belgelenmiş emisyon faktörlerinin (EF) uygulanmasıdır (BSI, 2008; Matthews vd., 2008; EC, 2011; Ercin ve Hoekstra, 2012; Gunathilaka ve Gunawardana, 2015, Inakollu vd., 2017).

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmadan gerçekleştirilen hesaplamalar “Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Yaklaşımı” kapsamında denklem 1’de gösterilen Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)’nin Tier-1 metodolojisine ait formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir (IPCC, 2006).

$$CF = AD \times EF \quad (1)$$

Burada CF; elektrik tüketimi, ulaşım, ısınma vb. faaliyetler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticilerinin karbondioksit eşdeğeri (CO_{2e}) cinsinden miktarını (karbon ayak izi), AD; bir proses tarafından tüketilen veya üretilen yakıt veya maddelere ilişkin veriyi (faaliyet verisi), EF; belirli bir kirleticinin birim değeri (hacim, kütle, zaman, alan vb.) için ortalama emisyon miktarını (emisyon faktörü) temsil etmektedir.

Kauçuk sektörü ile ilgili veriler yıllık üretimi ortalama 17.500 ton olan bir tesisten temin edilmiştir ve tüm veriler 2017 yılına aittir. Bu veriler kapsamında; yıl sonunda üretilen toplam kauçuk ürün için emisyon miktarı, katı atık üretiminden kaynaklanan emisyon miktarı, elektrik kullanımından kaynaklanan emisyon miktarı, ham maddeden kaynaklanan emisyon miktarı, taşımacılıktan ve tesis içerisinde yakıt olarak kullanılan doğalgaz ve motorinden kaynaklanan emisyon miktarı hesaplanmıştır. Su ve atıksu verileri, bu tür tesislerde karbon ayak izi hesaplarını etkileyecek miktarda su kullanılmadığından hesaba dahil edilmemiştir. Belirlenen tüm faaliyet verileri kauçuk ürünler üreten orta büyüklükteki firmalar için geçerli yaklaşık değerlerdir. Hesaplamaların gerçekleştirilmesinde kullanılan faaliyet verileri Çizelge 1’de verilmiştir. Ham maddenin tesise

girişinden nihai ürün oluşumuna kadar geçen süreç içerisinde işletmede meydana gelebilecek enerji kayıpları hesaplamalarda dikkate alınmamıştır. Çizelge 1’den de anlaşılacağı üzere araçlar doğrudan bir yılda aldıkları yol ile temsil edilmiştir ve tüm araçların dizel olduğu kabul edilmiştir. Bu değerler tesisin yılda ortalama 300 gün çalıştığı durum için geçerlidir.

Çizelge 1. Kauçuk firmasına ait faaliyet verileri

Faaliyet Verisi	Birim	Miktar
Kauçuk ürün üretimi	ton/yıl	≈17.500
Endüstriyel atık	ton/yıl	≈650
Elektrik tüketimi	kWh/yıl	≈11.500.000
Doğalgaz tüketimi	m ³ /yıl	≈1.800.000
Motorin	ton/yıl	≈500
Personel aracı	km/yıl-dizel	≈90.000
Servis aracı	km/yıl-dizel	≈180.000
Atık kamyonu	km/yıl-dizel	≈ 3.000

Çalışmada kullanılan emisyon faktörleri “İngiltere Çalışma, Enerji ve Endüstriyel Strateji Bakanlığı” veri tabanından temin edilmiştir (DBEIS, 2017). Bu sektörde tabii kauçuk, tabii reçine vb. doğal polimerler ve sentetik kauçuk, polyester, sentetik reçine vb. sentetik polimerler kullanılmaktadır. Bu yüzden ham madde emisyon değeri ortalama bir plastik emisyonu esas alınarak belirlenmiştir. 2017 yılı elektrik tüketimi emisyon faktörü için Dulkadiroğlu (2018) tarafından yapılan bir çalışma sonuçları kullanılmıştır. Çizelge 2’de ilgili emisyon faktörleri verilmiştir.

Çizelge 2. Emisyon faktörleri

Faaliyet Verisi	Birim	Emisyon Faktörü
Birincil ham madde	kg CO _{2e} /ton	3.328,4
İkincil ham madde	kg CO _{2e} /ton	1.541,2
Endüstriyel atık	kg CO _{2e} /ton	60
Elektrik tüketimi	kg CO _{2e} /kWh	0,6
Doğalgaz tüketimi	kg CO _{2e} /m ³	2,09672
Motorin	kg CO _{2e} /ton	3.190,29
Personel aracı-dizel	kg CO _{2e} /km	0,17887
Servis aracı-dizel	kg CO _{2e} /km	0,67219
Atık kamyonu-dizel	kg CO _{2e} /km	1,07844

Çizelge 2’den de anlaşılacağı üzere emisyon faktörleri bu çalışmada kg CO_{2e} olarak verilmiştir dolayısıyla her gaz için ayrıca hesap yapmaya gerek kalmamıştır. Verilen ikincil ham madde EF’si de ortalama bir değerdir.

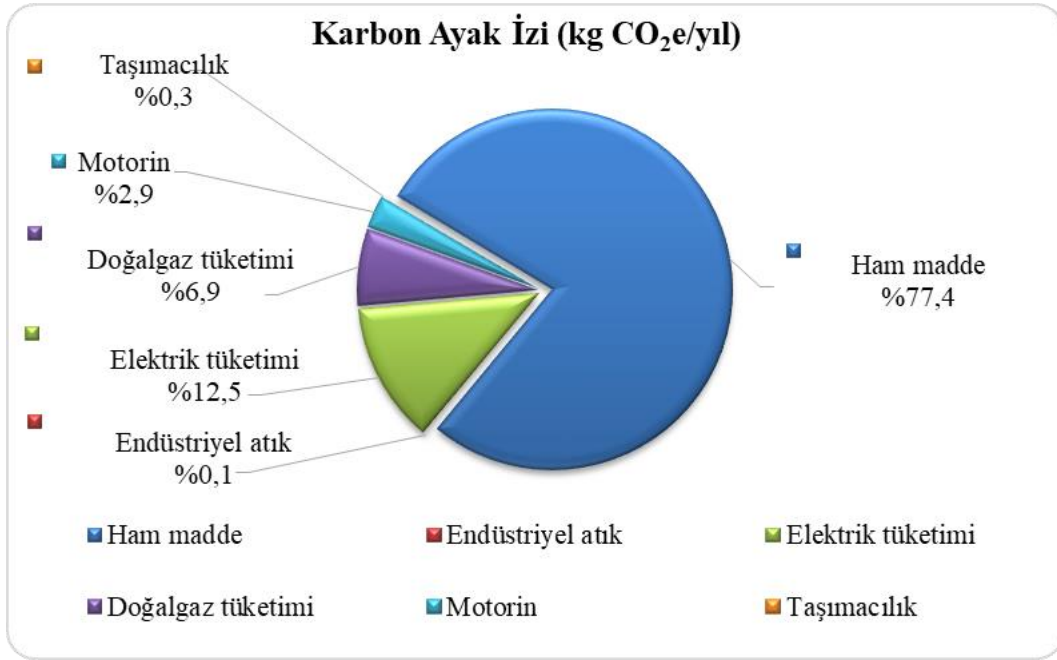
3. Bulgular ve Tartışma

Çizelge 1 ve Çizelge 2'deki veriler ve IPCC'nin Tier-1 formülüne göre hesaplanan kauçuk ürün

üreten bir firmanın kaynaklarına göre yıllık karbon ayak izi sonuçları Çizelge 3'te görülebilmektedir. Bu miktarların yüzdelik değerleri Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kauçuk ürün üreten bir firmanın kaynaklarına göre yıllık karbon ayak izi

Karbon Ayak İzi Kaynakları	Karbon Ayak İzi (kg CO ₂ e/yıl)
Ham madde	42.609.000
Endüstriyel atık	39.000
Elektrik tüketimi	6.900.000
Doğalgaz tüketimi	3.774.096
Motorin	1.595.145
Taşımacılık	140.328
Toplam	≈55.000.000



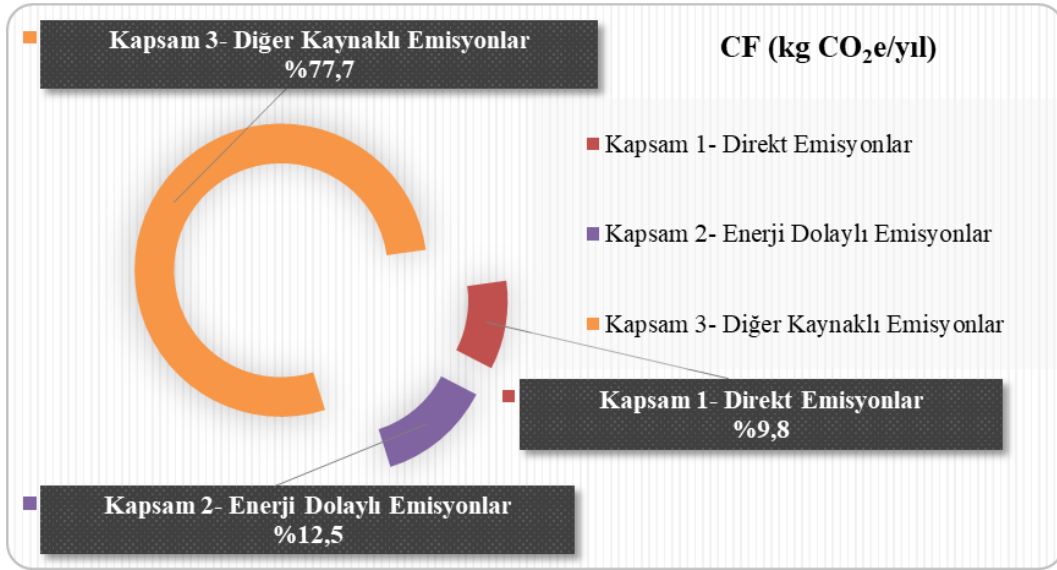
Şekil 1. Kaynaklara göre oluşabilecek yıllık karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı

Çizelge 3'te de verildiği gibi yıllık toplam karbon ayak izi yaklaşık 55.000.000 kg CO₂e tahmin edilmiştir. Şekil 1'den de görüldüğü gibi karbon ayak izi olarak en yüksek miktar, kullanılan ham madde kaynaklı karbon emisyonuna (≈%77) aittir. Satın alınan elektrik ile ilgili karbon emisyonu (≈%12) ikinci sırada yer almaktadır. Tesis içerisinde kullanılan doğalgaz ve motorinden kaynaklı karbon emisyonları birlikte yaklaşık %10

ile satın alınan elektrikten sonra gelen en büyük payı oluşturmaktadır. Taşımacılık ve endüstriyel atık kaynaklı karbon emisyonları ise yok denecek kadar az bir paya sahiptir. Kapsamlarına göre direkt emisyonlar, enerji dolaylı emisyonlar ve diğer kaynaklı emisyonlara ait karbon ayak izi değerleri yaklaşık olarak Çizelge 4'te ve kapsamlarına göre karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. Kapsamlarına göre emisyon kaynaklarının karbon ayak izi miktarı

Kapsamlar	Emisyon Kaynağı	CF (kg CO ₂ e/yıl)
Kapsam 1- Direkt Emisyonlar	Doğal gaz Motorin	≈5.400.000
Kapsam 2- Enerji Dolaylı Emisyonlar	Elektrik	≈6.900.000
Kapsam 3- Diğer Kaynaklı Emisyonlar	Ham madde Endüstriyel atık Taşımacılık	≈42.750.000

**Şekil 2.** Kapsamlarına göre karbon ayak izinin yüzdesel dağılımı

Şekil 2'den de görüldüğü gibi Kapsam 3'e dahil olan endüstriyel atık, taşımacılık ve tesis tarafından kullanılan ham maddelerden kaynaklı emisyonlar yaklaşık %78 ile en büyük payı oluşturmaktadır. Bu Kapsam 2'ye dahil olan ve tesis tarafından satın alınan elektrik kaynaklı emisyonlara (≈%12) göre yaklaşık 6 kat daha fazladır. Kapsam 1'e dahil olan tesis içerisinde kullanılan doğal gaz ve motorinden kaynaklı emisyonlarsa yaklaşık %10 ile toplam karbon salınımında son sırada yer almaktadır. Kapsam 1, 2 ve 3 emisyonlarının karbon ayak izine katkılarının sektörlere ve hatta organizasyonlara göre dolayısıyla kullanılan hammaddeden şirketin enerji politikalarına kadar birçok faktöre göre farklılık gösterebileceği çalışmanın birinci bölümünde bahsedilen uygulamalar ve diğer uygulamalar incelendiğinde anlaşılabilir. Bu sebeple bu çalışmanın sonuçları Türkiye'de faaliyet gösteren orta büyüklükteki kauçuk sektörü firmalarını temsil etmektedir.

Çalışma kapsamında tahmin ettiğimiz kauçuk sektörü karbon ayak izini kaynak özetleri

bölümünde de verilmiş olan farklı endüstriyel sektörlerdeki çalışmaların en güncel sonuçlarıyla birim ürün cinsinden karşılaştırdığımızda ortaya çıkan tablo Çizelge 5'de görülebilmektedir.

Çizelge 5. Çalışma sonuçlarının farklı sektörlerle karşılaştırılması

Sektörler	Karbon Ayak İzi (kg CO ₂ e/kg ürün)	Kaynak
Kauçuk Ürün	≈3,15	Bu çalışmanın sonucu
Fiber Optik	≈72	Inakollu vd. (2017)
Tekstil Kumaşı	≈86	Yan vd. (2016)
Kağıt	≈1,5	Wang vd. (2016)
Şeker	≈0,55	Garcia vd. (2016)
Çimento	≈0,80	Cagiao vd. (2011)

Çizelge 5'de görülebileceği gibi çalışma sonucunda tahmin edilen kauçuk sektörü karbon

ayak izi değeri farklı sektörlerde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında kağıt üretimi, çimento üretimi ve şeker üretimi için olanlara göre sırasıyla yaklaşık 2, 4 ve 6 kat daha fazla fiber optik ve tekstil kumaşı üretimi için olanlara göre sırasıyla yaklaşık 23 ve 27 kat daha azdır. Bu sonuçlara göre genel olarak her sektörün kendine özgü bir karbon ayak izinin olduğunu göstermektedir. Bu konuda önemli olan ayırım yapılmadan her sektör ve her ürün için tek tek karbon ayak izi çalışmalarının yürütülmesidir ancak bu sayede devletlerin sera gazı salınım politikalarının ve sektörler için emisyon sınır değerlerinin belirlenmesini sağlayacak yeterli ve güncel veri birikimi sağlanabilir.

4. Sonuçlar

Türkiye 2020 yılına kadar sayısallaştırılmış salım sınırlama veya azaltım yükümlülüğü buldurmasa da son olarak Paris Anlaşmasının getirdiği yükümlülüklerle 2020 yılı sonrasında hazır olabilmek için karbon salınımı azaltım programlarını geliştirmeli ve bu bağlamda işletmeler de yeni uygulamalara karşı hazırlıksız yakalanmamak için karbon ayak izlerini hesaplayacakları projelerle örnek olmalıdır. Uluslararası sözleşmeler ve yapılan hükümet teşviklerinin sayesinde artan uygulamalara rağmen hala her sektör için birçok yeni çalışmaya ihtiyaç olduğu görülebilmekte, özellikle, yeni ve daha uygulanabilir ve geçerli yöntemler geliştirme hususundaki eksiklikler ilk göze çarpanlar arasındadır.

Türkiye’de kauçuk sektörü üzerine yapılmış bir karbon ayak izi çalışması mevcut değildir. Kauçuk ürün üretimi gerçekleştiren orta büyüklükteki firmaların karbon ayak izi tahmini amacıyla gerçekleştirilen çalışmanın sonucunda yıllık toplam karbon ayak izi miktarı yaklaşık 55.000.000 kg CO₂e olarak tahmin edilmiştir. CF olarak en yüksek miktar ve dolayısıyla oran, kullanılan ham madde kaynaklı karbon emisyonuna aittir. Bu sebeple Kapsam 3 emisyonlarının bu sektör için en büyük miktarı oluşturduğu belirlenmiştir.

Kauçuk ürün sektöründe ham madde olarak geri dönüştürülmüş malzeme kullanıldığı bilinmekte ve bu çalışma kapsamında bulunan sonuçlar %50 ikincil ham madde içerikli kauçuk ürünler için geçerlidir. Bu çalışma kauçuk ürün üretiminde ikincil ham madde oranının azaltıldığı ve

arttırıldığı senaryolarla geliştirilebilir ve bunun karbon salınımı üzerindeki etkisi görülebilir.

Son olarak, hangi sektörde ne kadar karbon emisyonu salındığına bakılmaksızın öncelikli hedef her alanda karbon salınımının mümkün olduğunca azaltılmaya çalışılmasıdır. Özellikle şirketler karbon emisyonu azaltım programlarını oluşturmalıdır, bu programların sürdürülebilir üretime ulaşma kapsamında önemi büyüktür ve başta karbon olmak üzere sera gazlarının salınımının minimum düzeye indirilmesi hedeflenmelidir. Karbon salınımının azaltılmasına yönelik çalışmalar hem bilim dünyasına hem de şirketlerin ekonomi politikaları üzerinde önemli rol oynayacaktır. Karbon salınımının azaltılması hedefleri doğrultusunda endüstrilerde ikincil ham madde kullanımının önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir. Birçok farklı sektör için elektrik kullanımından kaynaklanan CF en büyük miktarı oluşturmaktadır. Fakat, Kapsam 2 emisyonları bu çalışmada ikinci sırada yer almaktadır. Ancak genel olarak ele alındığında karbon salınımındaki yeri çok büyüktür ve hesaplamalarda göz önünde bulundurulması her zaman gereklidir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek Kapsam 2 emisyonlarının azaltılması her sektör için hedeflenmelidir.

Kaynaklar

- Adewale, C., Higgins, S., Granatstein, D., Stöckle, C., O., Carlson, B., R., Zaher, U., E., Boggs, L., C., 2016. Identifying hotspots in the carbon footprint of a small scale organic vegetable farm. *Agricultural Systems*, 149, 112–121.
- BSI, 2008. How to assess the carbon footprint of goods and services. *Guide to PAS 2050*, London.
- Clavreul, J., Butnar, I., Rubio, V., King, H., 2017. Intra- and inter-year variability of agricultural carbon footprints e A case study on field-grown tomatoes. *Journal of Cleaner Production*, 158, 156-164.
- DBEIS, 2017. Greenhouse gas reporting: conversion factors. Department for Business, Energy & Industrial Strategy, Condensed set (for most users), <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2017>. Erişim Tarihi: 15.03.2018.

- Dulkadiroğlu, H., 2018. Türkiye’de Elektrik Üretimini Sera Gazı Emisyonları Açısından İncelenmesi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7, 1, 67-74.
- Dwyer, L., Forsyth, P., Spurr, R., Hoque, S., 2010. Estimating the carbon footprint of Australian Tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 18,3, 355-376.
- EC, 2011. Analysis of Existing Environmental Footprint Methodologies for Products and Organizations: Recommendations, Rationalization, and Alignment. European Commission – Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
- EPLCA, 2007. CARBON FOOTPRINT - what it is and how to measure it. European Platform on Life Cycle Assessment, European Commission – Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.
- Ercin, E. ve Hoekstra, A., Y., 2012. Carbon and Water Footprints Concepts, Methodologies and Policy Responses. United Nations World Water Assessment Programme, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Paris, France.
- Flysjö, A., Thrane, M., Hermansen, J., E., 2014. Method to assess the carbon footprint at product level in the dairy industry. *International Dairy Journal*, 34, 86-92.
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., Giljum, S., 2012. Integrating ecological, carbon and water footprint into a “Footprint Family” of indicators: definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 16, 100-112.
- Garcia, C., A., Garcia-Trevino, E., S., Aguilar-Rivera, N., Armendariz, C., 2016. Carbon footprint of sugar production in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2632-2641.
- Gunathilaka, L. F. D. Z. ve Gunawardana K. D., 2015. Carbon Footprint Calculation from Cradle to Grave: A Case Study of Rubber Manufacturing Process in Sri Lanka. *International Journal of Business and Social Science*, 6, 10.
- Huang, B., Meng, L., 2013. Convergence of per capita carbon dioxide emissions in urban China: A spatio-temporal perspective. *Applied Geography*, 40, 21-29.
- Inakollu, S., Morin, R., Keefe, R., 2017. Carbon Footprint Estimation in Fiber Optics Industry: A Case Study of OFS Fitel, LLC. *Sustainability*, MDPI, 9, 865.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. General Guidance and Reporting, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>. Erişim Tarihi: 05.03.2018.
- IPCC, 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FIN.AL.pdf. Erişim Tarihi: 15.03.2018.
- Mansour, F.,A., Jejcic, V., 2016. A model calculation of the carbon footprint of agricultural products: The case of Slovenia. *Energy xxx*, 1-9.
- Matthews, H.S., Hendrickson, C.,T., Weber, C., L., 2008. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. *Environmental Science Technology*, 42, 5839-5842.
- Meng, L., Graus, W., Worrell, E., Huang, B., 2014. Estimating CO₂ (carbon dioxide) emissions at urban scales by DMSP/ OLS (Defense Meteorological Satellite Program’s Operational Linescan System) nighttime light imagery: Methodological challenges and a case study for China. *Energy*, 71, 468-478.
- Message, M., Mertens, J., Oliveira, L., Rangaraju, S., Sanfelix, J., Coosemans, T., Mierlo, J.,V., Macharis, C., 2014. The hourly life cycle carbon footprint of electricity generation in Belgium, bringing a temporal resolution in life cycle assessment. *Applied Energy*, 134, 469-476.
- PAGEV, 2015. Kauçuk Sektör İzleme Raporu. Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı.
- Peters, G., P., 2010. Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2, 245-50

- Puig, R., Kiliç, E., Navarro, A., Albertí, J., Chacóne, L., Palmer, P., F., 2017. Inventory analysis and carbon footprint of coastland-hotel services: A Spanish case study. *Science of the Total Environment*, 595, 244–254.
- Shaikh, M., A., Kucukvar, M., Onat, N., C., Kirkil, G., 2017. A framework for water and carbon footprint analysis of national electricity production scenarios. *Energy*, 139, 406-421.
- Strohbach, M., W., Arnold, E., Haase, D., 2012. The carbon footprint of urban green space—A life cycle approach. *Landscape and Urban Planning*, 104, 220– 229.
- Su, Y., Chen, X., Li, Y., Liao, J., Ye, Y., Zhang, H., Huang, N., Kuang, Y., 2014. China's 19-yearcity-level carbon emissions of energy consumptions, driving forces and regionalized mitigation guidelines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 231–243
- Yan, Y., Wang, C., Ding, D., Zhang, Y., Wu, G., Wang, L., Liue, X., Due, C., Zhang, Y., Zhao, C., 2016. Industrial carbon footprint of several typical Chinese textile fabrics. *Acta Ecologica Sinica*, 36, 119–125
- Wiedmann, T. ve Minx J., 2007. A Definition of Carbon Footprint. ISAUK Research and Consulting, Durham, UK.

Received: 26.02.2018

Accepted: 22.06.2018

DOI: 10.30516/bilgesci.399017

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

2(2), 147-156, 2018

Yaban hayatında uydu verilerinin kullanım olanakları üzerine bir çalışma: MaxEnt ile Karaca (*Capreolus capreolus* L.)' nın habitat uygunluk modellemesi

Sibel Tekin¹, Berna Yalçınkaya¹, Ahmet Acarer¹, Ahmet Mert^{1*}

Özet: Yaban hayatı türlerine yönelik koruma ve yönetim çalışmalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için türlerin kullandığı habitat büyüklüklerinin belirlenmesi, habitat tercihlerinde rol oynayan değişkenlerin tespit edilmesi ve izlenmesi gerekmektedir. Geleneksel arazi envanter yöntemleri ile bu verilerin toplaması hem maliyetli hem de zaman alıcı bir süreçtir. Bu yöntemlerin aksine, geniş alanlar için sürekli veri akışı sağlayan uydu görüntülerinin kullanılması hem zaman açısından hem de maliyet açısından fayda sağlamaktadır. Bu sebeple, Akdağ (Simav) yöresinde gerçekleştirilen bu çalışmada, Landsat-8 OLI uydu görüntüsü yardımıyla, Karaca (*Capreolus capreolus* L.) türünün tercih ettiği habitat büyüklüğünün ve bu tercihinde rol oynayan değişkenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Dolaylı sayım teknikleri kullanılarak yürütülen arazi çalışmaları esnasında, 32 türe ait var verisi kaydedilmiştir. Definiens yazılımı yardımıyla, Çoklu Çözünürlüklü Segmentasyon işlemi uygulanarak, uydu görüntüsü farklı yamalara ayrılmıştır. Bu işlemin ardından, Satranç Daması Segmentasyonu uygulanarak, uydu görüntüsü 16, 64, 256 1024 piksele sahip farklı karelajlara ayrılmıştır. Her bir karelaj içerisinde, Definiens yazılımı yardımıyla 9 farklı algoritma ve ArcGIS yazılımı ile 6 farklı yama parametresi olmak üzere toplam 15 farklı değişken elde edilmiştir. MaxEnt yazılımı ile türe ait var verileri ve uydu görüntüsünden elde edilen değişkenler kullanılarak her bir karelaj boyutu için model oluşturulmuş ve haritalandırılmıştır. Farklı piksel sayılarına sahip karelajların modellerine ait eğitim veri seti AUC ve test veri seti AUC değerleri sırasıyla, 16 (0,712, 0,698) , 64 (0,864, 0, 825), 256 (0,802, 0,795) 1024 (0,792, 0,779) olarak elde edilmiştir. Elde edilen modeller içerisinde, 64 piksele sahip karelaj için oluşturulan model, tür için en uygun model olarak seçilmiştir. Modeli oluşturan değişkenler, zıtlık (2), kenar zıtlığı ve GLCM entropi olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, gerçekleştirilen bu çalışma ile türün tercih ettiği habitat büyüklüğüne ve tercihinde rol oynayan değişkenlere uydu görüntüsü aracılığıyla erişilebileceği tespit edilmiştir.

Keywords: Karaca, MaxEnt, tekstür parametresi, uydu görüntüsü, yaban hayatı, yama parametresi

A research on usage possibilities of satellite data in wildlife: Modeling habitat suitability of Roe deer (*Capreolus capreolus* L.) with MaxEnt

Abstract: Determining and monitoring habitat size preferred by species and variables that play a role in their habitat preferences are important to carry out conservation and management activities for wildlife species. The collection of these data with traditional field inventory methods is a process both costly and time consuming. In contrast to these methods, the use of satellite data providing continuous data for large areas provides both time and cost benefits. For this reason, in this study carried out in Akdağ (Simav) region,

¹Applied Sciences University of Isparta, Faculty of Forestry, Wild Life Ecology and Management, Isparta, Turkey

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

Citation (Atıf): Tekin, S., Yalçınkaya, B., Acarer, A., Mert, A., 2018. A research on usage possibilities of satellite data in wildlife: Modeling habitat suitability of Roe deer (*Capreolus capreolus* L.) with MaxEnt. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2 (2): 147-156.

it was aimed to determine the habitat size preferred by Roe deer (*Capreolus capreolus* L.) and the variables playing a role in this preference with Landsat-8 OLI satellite image. During field studies conducted using indirect inventory techniques, 32 presence data of species were recorded. By using Definiens software, multiresolution segmentation was applied and the satellite image was divided into different patches. Following this, the Chessboard Segmentation was applied and the satellite image was divided into different grids with 16, 64, 256 and 1024 pixels. Within each grids, 15 different variables (9 different algorithms with Definiens software, 6 different patch parameters with ArcGIS software) were obtained. By using MaxEnt, models are created and mapped for each grids size using the presence data of species and the variables obtained from the satellite image. The training data set AUC and the test data set AUC values for models of grids size with different pixel numbers were obtained as 16 (0.712, 0.698), 64 (0.864, 0.825), 256 (0.802, 0.795) 1024 (0.792, 0.779). Among the obtained models, the model created for grid with 64 pixels was selected as the most suitable model for the species. The variables forming the model are determined as Contrast to Neighbor Pixels (2), Edge Contrast of Neighbor Pixels and GLCM entropy. Finally, with this study, it was determined that habitat size preferred by species and variables that play a role in their habitat preferences can be accessed by the satellite data.

Keywords: Roe deer, MaxEnt, tekstur parameter, satellite data, wildlife, patch parameter

1. Giriş

Cervidae familyasına ait olan Karacalar (*Capreolus capreolus* L., 1978) ülkemizin en küçük geyik türüdür. Görünüşleri bakımından uzun bacakları, göz büyüklüğü ve üst göz kapaklarında bulunan uzun kirpikleriyle oldukça güzel ve narin bir tür olarak bilinmektedir (Beşkardeş vd., 2008). Otçul (herbivor) bir tür olan karacalar yaprak, ot ve çalılarla beslenirler. Besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla habitat olarak çalılık alanlar, orman içi açıklıklara sahip yaprak döken ormanlar veya alt örtüye sahip ormanlık alanları tercih etmektedir (Huş, 1974; Çanakçıoğlu ve Mol, 1996).

Yaban hayvanları yaşamlarını sürdürebilmek için belirli özelliklere sahip yaşama ortamına ihtiyaç duymaktadır. Yaban hayvanı türlerinin habitat tercihlerindeki ana unsurların besin, örtü ve suya ulaşılabilirlik daha sonra ise mekan olduğu bilinmektedir (Van Horne, 1983; Oğurlu, 2001). Bu türler barınma veya beslenme gibi gereksinimlerini karşılamak amacıyla gerek doğal, gerekse insan baskısı ya da çevresel değişkenler nedeniyle yaşam alanları sürekli değişmektedir (George ve Zack, 2001). Bu habitat bozulmalarından ya da çevresel değişimlerden çok sayıda yaban hayvanı türü olumsuz yönde etkilenmektedir (Gibbons vd., 2000; Fahrig vd., 2011). Bu nedenle doğal kaynakların sürekliliğini sağlama konusunda yapılacak olan çalışmaların başında yaban hayvanı türlerinin korunması gerektiği açık bir şekilde ortaya koyulmuştur (Gürdal, 2008).

Bu yüzden geniş coğrafi alanlarda uygun yöntemler kullanılarak yaban hayvanlarının habitatlarını izlemek ve gerekli önlemleri zamanında almak

gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle; yaban hayvanı türlerinin habitat isteklerinin belirlenmesi ve bu alanları geliştirmek için yapılan çalışmalar etkili bir yaban hayatı yönetimi için önem arz etmektedir (Aksan vd., 2008; Mert ve Kıraç, 2017; Oruç vd., 2017). Bu sebeple hem biyolojik çeşitliliği hem de yaban hayatını korumak ve geliştirmek amacıyla yapılacak olan çalışmalara altlık oluşturacak mekansal verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yaban hayatı için geleneksel arazi envanter yöntemleri ile veri toplamak hem maliyetli hem de zaman alıcı bir süreçtir. Geleneksel arazi envanter yöntemleri yerine geniş alanlarda sürekli veri akışı sağlayan uydu görüntülerinin kullanılması (Chawla vd., 2012; Yu vd., 2015) hem zaman açısından hem de maliyet açısından fayda sağlamaktadır. Bir alandaki yaban hayvanı tür çeşitliliği ya da biyolojik çeşitliliği uydu görüntüleriyle tahmin etmenin oldukça zor olduğu ifade edilmektedir (Gao vd., 2015; Mert vd., 2016). Biyolojik çeşitlilik ya da çevresel değişkenlerin daha net bir şekilde belirlenebilmesi için görüntü üzerindeki doku özelliklerini dikkate alan Gri düzey birlikte oluşum (Grey Level Co-occurrence Matrix, GLCM) algoritması kullanılmaktadır. Definiens yazılımı yardımıyla hesaplanan tekstür parametrelerinden Gri düzey birlikte oluşumuna göre; zıt gri renkteki piksellerin yan yana bulunması (GLCM Contrast), gri renkteki piksellerin yan yana bulunma ilişkisi (GLCM Correlation), farklı gri renkteki piksellerin yan yana bulunması (GLCM Dissimilarity), gri renkteki piksellerin yan yana bulunma düzensizliği (GLCM Entropy), homojen gri renkteki piksellerin yan yana bulunması (GLCM Homogeneity), gri renkteki piksellerin yan yana bulunma ortalaması (GLCM Mean) ve gri renkteki piksellerin yan yana bulunmasının standart sapması (GLCM StdDev)

gibi algoritmalar hesaplanabilmektedir (Definiens, 2012).

Definiens yazılımı yardımıyla uydu verisindeki nesnelere bir dizi hiyerarşik bölme algoritmaları kullanılmak suretiyle çıkartılmaktadır. Bu amaçla satranç daması segmentasyon yöntemi (Chessboard) kullanılarak belirlenecek ölçüğe göre (4x4 piksel, 32x32 piksel vb.) mevcut görüntünün dokusunu iyileştirmek ya da yeni nesnelere oluşturmak için kullanılmaktadır. Doku özelliklerinin yanı sıra; arazi yapısının benzer özellikteki piksellerini gruplandırarak ekolojik olarak daha anlamlı nesnelere oluşturulabilir (Definiens, 2007). Buna göre görüntü nesnesinin piksel değerlerinin çevresindeki piksel değerleri ile olan ilişkisini katman değeri (Layer value) ifade etmektedir. Katman değerine göre; görüntünün ortalama katman yoğunluk değerine (Mean), bir görüntü nesnesinin tüm piksel sayısının piksellerin üç boyut (voksel) karşılığına bölünmesine (Standard deviation), görüntü içerisinde bulunan bir pikselin çevresindeki piksellerle ne kadar zıtlık taşıdığına (Border contrast), komşu piksellerin zıtlığına (Contrast to neighbor pixels), pikselin çevresindeki komşu piksellerin kenar zıtlığına (Edge contrast of neighbor pixels) ve bir görüntü nesnesinin daha parlak veya daha koyu pikseller tarafından çevrelenmesine (Rel. Border to brighter neighbors) karşılık gelmektedir (Definiens, 2012). Bu piksel değerlerine göre oluşturulacak olan görüntüler sayesinde uydu verileri ekolojik açıdan daha kolay anlamlı hale getirilebilmektedir (Özdemir, 2008).

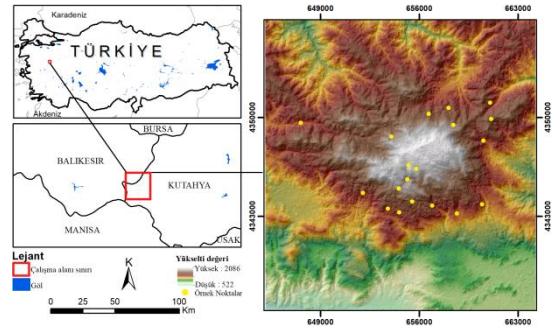
Biyolojik çeşitliliğinin yanında yaban hayatı koruma çalışmalarında türlerin habitat tercihleri ve bu tercihlerinde rol oynayan çevresel değişkenlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle yaban hayatı türlerini koruma çalışmalarında altık oluşturacak tür dağılım modelleri son derece önem arz etmektedir (Corsi vd., 1999). Türler için habitat uygunluk modellerinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de Maksimum Entropi (MaxEnt) yaklaşımıdır. MaxEnt yazılımı, türlerin yalnızca var verilerinin bulunduğu ortamın özelliklerini belirlemektedir ve bu alandaki çevresel değişkenlere ait değerlere göre tüm alana ait uygunluk düzeyi haritası oluşturmaktadır. MaxEnt yöntemi, daha az örnek alan ve türe ait daha az var verisi ile daha doğru sonuç vermesi nedeniyle habitat uygunluk modellerinde daha fazla tercih edilmektedir (Hernandez vd., 2006; Wisz vd., 2008).

Bu çalışmada, Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü, Simav ve Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Akdağ yöresinde bulunan Karaca türü için uydu verisinden türetilen değişkenler kullanılarak habitat uygunluk modeli ve haritasının elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal and Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, İç Ege Bölgesinde, Kütahya ve Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü, Simav ve Dursunbey Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1). Yaklaşık olarak 40.000 ha olan çalışma alanı, Dursunbey ilçe merkezine 40 km, Simav ilçe merkezine 23 km ve Emet ilçe merkezine 34 km mesafededir. Çalışma alanı coğrafi konum itibarıyla, 28° 38' 21" - 28° 55' 25" doğu boylamları ile 39° 20' 24" - 39° 10' 59" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanının yükseltisi 522 ile 2086 m arasında değişim göstermektedir. Avrupa - Sibiryaya, Akdeniz ve İran-Turan fitocoğrafik bölgelerinin de kesişim alanında yer alan çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 4.95 °C, yıllık ortalama toplam yağış miktarı ise 1114,6 mm'dir. İç Ege'nin kuzey kısmı, Marmara ve İç Anadolu Bölgesi arasında bulunan alanda, her üç bölgenin iklim tipleri arasında bir geçiş iklimine sahip özellikler görülmektedir ve 53 familyadan 442 taksona ait bitki türü bulunmaktadır (Açar ve Satıl, 2014).



Şekil 1. Çalışma alanına (Akdağ yöresi) ait yer bulduru haritası

2.2. Arazi Çalışmaları

ArcGIS yazılımı kullanılarak, çalışma alanı için, 120x120 m büyüklüğünde hücrelerden oluşan bir karelej şebekesi oluşturulmuştur. Daha sonra yine ArcGIS yazılımı yardımıyla karelej şebekesi 20.000 piksele bölünmüş ve Random Grid Selection eklentisi ile alanın %10'unu örneklemek için 2000 piksel hücresi rastgele seçilmiştir. Rastgele seçilen piksele gidilerek Karaca türüne ait var-yok veri taraması yapılmıştır. Türe ait var-yok taraması sonucunda 32 tane nokta verisi kaydedilmiştir.

2.3. Uydu Verisi

Çalışmada, 13.10.2017 tarihli Landsat 8-OLI/TIRSCI Level1 uydu verisi kullanılmıştır. Görüntü bulutsuz olup, çalışma alanı içerisinde herhangi bir atmosferik pus bulunmamaktadır.

2.4. Definiens Yazılımı ile Görüntü Segmentasyonu İşlemi

Çalışmada, Definiens yazılımı yardımıyla Landsat-8 OLI uydu verisine iki farklı segmentasyon işlemi uygulanmıştır. Bunlar; Çoklu Çözünürlüklü Segmentasyon (ing: multiresolution segmentation) ve Satranç Daması Segmentasyon (ing: chessboard segmentation) işlemidir.

Çoklu Çözünürlüklü segmentasyon işlemi yardımıyla Landsat-8 OLI uydu verisi farklı yamalara (ing:patch) ayrılmıştır. Bu işlem, çalışmanın amacına en uygun segmentasyonu bulana kadar tekrarlanmıştır. Bu işlemin en önemli noktası şekil, ölçek ve renk faktörlerine en uygun

değerlerin verilmesidir (Rego, 2003). Çalışma amacına uygun en iyi ayırım sağlayan ölçek, şekil ve renk faktörü belirlenmiştir. Yamalara ayrılan uydu verisi için Definiens yazılımı ile 9 farklı parametre (GLCM korelasyon (GLCM Correlation), GLCM homojenlik (GLCM homogeneity), GLCM entropi (GLCM entropy), Kenar zıtlığı (Edge Contrast of Neighbor Pixels), Zıtlık (Contrast to Neighbor Pixels), Ortalama (Mean), Kenar ilişkisi (Rel. Border to Brighter Neighbors) ve Standart sapma (Standard Deviation)) değerleri hesaplatılmıştır. Hesaplatılan parametreler içerisinde Zıtlık parametresinin komşularıyla olan ilişkilerini belirlemek amacıyla 2 farklı mesafeyi dikkate alarak zıtlık(1) ve zıtlık(2) değişkenleri oluşturulmuştur. Zıtlık(1) etrafındaki 1'er (toplam 9 piksel) pikseli dikkate alarak, zıtlık(2) ise etrafındaki 2'şer (toplam 25 piksel) pikseli dikkate alarak hesaplatılmıştır. Satranç Daması Segmentasyon işleminde ise 30 m çözünürlüklü uydu görüntüsü 4x4 (16 piksel), 8x8 (64 piksel), 16x16 (256 piksel) ve 32x32 (1024 piksel) piksellik karelejlara ayrılmıştır. Her bir piksel için Çoklu Çözünürlüklü segmentasyon işlemindeki gibi Definiens yazılımı ile 9 farklı parametre hesaplatılmıştır.

2.5. Definiens Yazılımı ile Hesaplanan Parametreler

Çalışmada, Çoklu Çözünürlüklü segmentasyon ve Satranç Daması segmentasyon işlemlerinde 9 farklı parametre kullanılmıştır. Bu parametreler Çizelge 1'de belirtilen formüller aracılığı ile hesaplatılmıştır (Definiens, 2007).

Çizelge 1. Definiens yazılımı ile hesaplanan parametreler ve formülleri

Parametre	Parametre Formülü
GLCM Korelasyon	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(i - \mu_j)}{\sqrt{(\sigma_i^2)(\sigma_j^2)}}$
GLCM Entropi	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (-\ln P_{i,j})$
GLCM Homojenlik	$\sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P_{i,j}}{1 + (i - j)^2}$
Standart Sapma	$\sigma_k(v) = \sigma_k(P_v) = \sqrt{\frac{1}{\#P_v} \left(\sum_{(x,y) \in P_v} c_k^2(x,y) - \frac{1}{\#P_v} \sum_{(x,y) \in P_v} c_k(x,y) \sum_{(x,y) \in P_v} c_k(x,y) \right)}$
Ortalama	$\mu_{i,j} = \frac{\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}}{N^2}$
Kenar İlişkisi	$\sum_{u \in N^B} \frac{b(v,u)}{b_v}$
Zıtlık	$1000 \times \left(1 - \frac{\bar{c}_k(B_v(d) - P_v)}{1 + \bar{c}_k(P_v)} \right)$
Kenar Zıtlığı	$\bar{c}_k(P_{brighter}) - \bar{c}_k(P_{darker})$
i : sıra (sattır) sayısı j : sütun sayısı P _{i,j} : normalize edilmiş i ve j değerleri N : satır yada sütun sayısı μ _{i,j} : GLCM ortalaması σ _{i,j} : GLCM standart sapması P _v : görüntüde v nesnesine ait piksel kümesi c _k (x,y) : pikselin görüntü katman değerleri c _k ^{min} : k katmanın mümkün olan en koyu yoğunluk değeri c _k ^{max} : k katmanın mümkün olan en parlak yoğunluk değeri P _{darker} : B _v (d) sınırlayıcı kutusu tarafından tanımlanan v'nin görüntü nesnesini çevreleyen hacmidir	P _v : P _v 'de yer alan piksellerin toplam sayısı c _k (x,y) : pikselin görüntü katman değerleri (x,y) : piksel koordinatları c _k range:k katmanın veri aralığı c _k range=ckmax-ckmin σ _k (v) : görüntüde v nesnesinin k katmanındaki standart sapması b _v : görüntü nesnesinin kenar uzunluğu b _(u,v) : v ve u arasındaki ortak sınır uzunluğu c _k ⁻ : k katmanının ortalama yoğunluğu B _v (d) : v'de ki görüntü nesnesinin genişletilmiş sınır kutusu ve B _v (d)=d dir P _{brighter} : B _v (d) sınırlayıcı kutusu tarafından tanımlanan v'nin görüntü nesnesini çevreleyen hacmidir

2.6. ArcGIS Yazılımı Yardımıyla Yama Parametrelerinin Hesaplanması

Definiens yazılımında segmentasyon işlemi bittikten sonra ArcGIS yazılımı yardımı ile Çoklu Çözünürlüklü segmentasyon ve Satranç Daması segmentasyonlarında birleştirme işlemi yapmış ve 6 farklı yama (Alan ağırlıklı ortalama yamanın

orsansal boyutu (Awmpfd), Ortalama yamanın oransal boyutu (Mpfd), Yama boyutunun varyansının katsayısı (Pscov), Yama boyutunun standart sapması (Pssd), Yama yoğunluğu (Pd), Ortalama yama boyutu (Mps)) algoritması, her bir piksel değeri (4x4, 8x8, 16x16, 32x32) için ayrı ayrı hesaplatılmıştır. ArcGIS programı ile hesaplatılan parametreler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. ArcGIS yazılımı yardımıyla hesaplatılan parametreler

Parametre (Çalışmadaki adı)	İngilizce Açılımı	Türkçe Açılımı	Parametre Formülü
Awmpfd	Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension	Alan Ağırlıklı Ortalama Yamanın Oransal Boyutu	$\sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{2 \ln(.25p_{ij})}{\ln a_{ij}} \right) \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \right) \right]$
Mpfd	Mean Patch Fractal Dimension	Ortalama Yamanın Oransal Boyutu	$\frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{2 \ln(.25p_{ij})}{\ln a_{ij}} \right)}{n_i}$
Pscov	Patch Size Coefficient Of Variance	Yama Boyutunun Varyansının Katsayısı	$\frac{PSSD}{MPS} (100)$
Pssd	Patch Size Standard Deviation	Yama Boyutunun Standart Sapması	$\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}} \left(\frac{1}{10,000} \right)$
Pd	Patch Density	Yama Yoğunluğu	$\frac{N}{A} (10,000) (100)$
Mps	Mean Patch Size	Ortalama Yama Boyutu	$\frac{A}{N} \left(\frac{1}{10,000} \right)$
a_{ij} : i_j yamasının alan değeri (m^2) p_{ij} : i_j yamasının çevre uzunluğu (m) $j=1$: yama sayısı		$i=1$: yama türleri $n=n_i$: i 'nin yama türünün arazi yüzündeki yama sayısı	

2.7. MaxEnt Yazılımı ile Modelleme İşlemi

Karaca türünün dağılımında etkili olan değişkenlerin uydu görüntüsü yardımıyla belirlenmesi ve modellenmesi işleminde MaxEnt yazılımı kullanılmıştır. Definiens yazılımında hesaplatılan 9 değişken ile ArcGIS yazılımında hesaplatılan 6 yama parametresi “ascii” dosyası olarak kaydedilmiş ve Karaca türüne ait var verileri “csv” dosyası olarak kaydedilip MaxEnt yazılımı ile analize tabi tutulmuştur. Eğitim verisi %90, test verisi %10 ve 10 tekrerrör olacak şekilde ayarlanmış ve çalıştırma tipi olarak bootstrap seçilerek analiz edilmiştir.

3. Bulgular

Akdağ (Simav) yöresinde gerçekleştirilen arazi gözlemleri sonucu, toplam 32 noktada Karaca (*Capreolus capreolus* L.) türüne ait ayak izi, dışkı, eşinti, oyuk, yuva, yatak vb. bulgulara rastlanılmıştır.

Çoklu çözünürlüklü segmentasyon işlemi uygulanarak farklı yamalara ayrılan uydu görüntüsü için en uygun ayırım, ölçek parametresi 2, şekil faktörü 0.1 ve renk faktörü 0.9 olarak yakalanmıştır. Yine Definiens yazılımı yardımıyla Karaca türünün kullandığı habitat boyutunun tespit

edilebilmesinde kullanmak üzere satranç daması segmentasyonu işlemi uygulanarak 30 m çözünürlüğe sahip Landsat uydu görüntüsü, 16, 64, 256 ve 1 024 piksel sayılarına sahip farklı boyutlardaki karelajlara ayrılmıştır. Hedef türün dağılımını etkileyen değişkenlerin tespit edilebilmesi için, farklı yamalara ayrılan uydu görüntüsü üzerinden, Definiens yazılımı yardımıyla farklı piksel sayılarına sahip her bir karelaj için 9 farklı algoritma ve ArcGIS yazılımı ile 6 farklı yama parametresi olmak üzere toplam 15 farklı değişken elde edilmiştir.

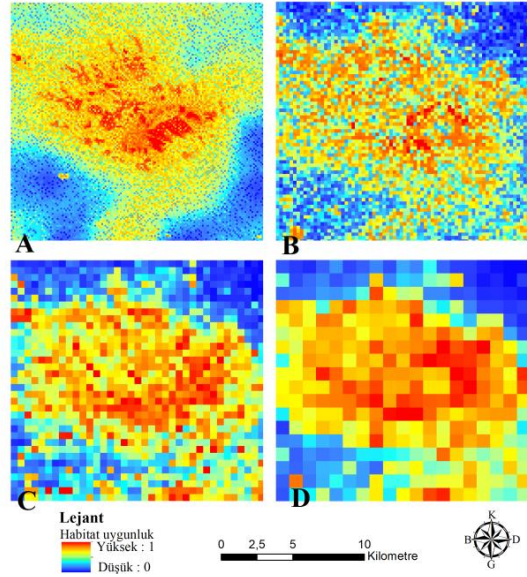
Çalışma alanı için hedef türün ihtiyaçlarını karşılayabileceği alan büyüklüğü ve bu büyüklüğe bağlı türün dağılımına etki eden değişkenlerin kıyaslanabilmesi için oluşturulan farklı karelaj boyutları için elde edilen habitat uygunluk modellerine ait eğitim-test veri seti ROC (Receiver operating characteristic) değerleri ve modelleri oluşturan değişkenler Çizelge 3’te verilmiştir. Farklı karelaj boyutlarında elde edilen modellerin her birisinin kendi içerisindeki tekrerrörlerinden, hedef türümüz için en uygun habitat uygunluk modeli olarak eğitim ve test verilerinin ROC değerleri için standart sapması en düşük olan model seçilmiştir.

Çizelge 3. Farklı piksel sayılarına sahip karelej boyutları içerisinde hedef türün dağılımını etkileyen değişkenler tarafından oluşturulan habitat uygunluk modellerine ait ROC değerleri ve modelleri oluşturan değişkenler

Farklı karelej boyutlarına ait piksel sayıları	Veri setlerine ait ROC değerleri		Modeli oluşturan değişkenler
	Eğitim	Test	
16	0.712	0.698	zıtlık (1), ortalama, kenar ilişkisi
64	0.864	0.825	zıtlık(2), kenar zıtlığı, GLCM entropi
256	0.802	0.795	kenar zıtlığı, mpfd, standart sapma, awmpfd
1024	0.792	0.779	kenar zıtlığı, pscov, pssd

Çizelge 3 incelendiğinde, 16 piksele sahip karelej boyutu içerisinde hedef türe ait oluşturulan modelin eğitim veri seti AUC (area under the curve) değeri 0, 712, test veri seti AUC değeri ise 0, 698 olarak elde edilmiştir. Türün dağılımında etkili değişkenler ise zıtlık(1), ortalama ve kenar ilişkisi olarak belirlenmiştir. 64 piksele sahip karelej boyutu içerisinde hedef türe ait oluşturulan modelin eğitim veri seti AUC 0.864, test veri seti AUC değeri ise 0.825 olarak elde edilmiştir. Türün dağılımında etkili değişkenler ise zıtlık(2), kenar zıtlığı ve GLCM entropi olarak belirlenmiştir. 256 piksele sahip karelej boyutu içerisinde hedef türe ait oluşturulan modelin eğitim veri seti AUC 0.802, test veri seti AUC değeri ise 0.795 olarak elde edilmiştir. Türün dağılımında etkili değişkenler ise Kenar zıtlığı, mpfd, standart sapma ve awmpfd olarak belirlenmiştir. 1 024 piksele sahip karelej boyutu içerisinde hedef türe ait oluşturulan modelin eğitim veri seti AUC 0.792, test veri seti AUC değeri ise 0.779 olarak elde edilmiştir. Kenar zıtlığı, pscov ve pssd değişkenlerinin ise türün dağılımında etkili değişkenler olduğu belirlenmiştir.

Karaca için yukarıda bahsedilen değişkenler tarafından, farklı piksel sayılarına sahip karelej boyutlarında aşağıdaki habitat uygunluk haritaları şekillendirilmiştir (Şekil 2). Haritada kırmızı ile gösterilen alanlar Karaca türünün var olma olasılığının en fazla olduğu mevcut ve potansiyel alanları, mavi ile gösterilen alanlar ise tür için uygun olmayan alanları temsil etmektedir.



Şekil 2. Karaca için farklı piksel sayılarına sahip karelej boyutlarında türetilen habitat uygunluk haritaları, A)16 piksel, B)64 piksel, C) 256 piksel, D) 1024 piksel

4. Tartışma ve Sonuçlar

Karaca için farklı piksel sayılarına sahip karelej boyutları içerisinde elde edilen değişkenler tarafından türetilen habitat uygunluk modelleri ve bu modellere ait haritalar birbirleri arasında kıyaslanmıştır. Modellerin geçerliliği ve anlamlılığı, ROC değerlerine bakılarak değerlendirilmiştir. Literatürde yer alan bilgilere göre genellikle bu değerlendirme, habitat uygunluk modeli ROC değeri 0,9' dan büyük ise oldukça iyi, 0,7-0,9 değerleri arasında ise iyi, 0,7 değerinden küçük ise bilgi vermeyen model şeklinde kategorilere ayrılarak yapılmaktadır (Phillips vd., 2004; Baldwin, 2009). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara bakılarak, Karaca için 64 piksele sahip karelej boyutunda yer alan değişkenlerin oluşturduğu model diğer karelej boyutları içerisinde türetilen modellere göre en uygun model olarak

seçilmiş ve ROC değerleri yönünden iyi model kategorisinde değerlendirilmiştir. Seçilen 64 piksel sahip karelej içerisinde türetilen modeli oluşturan değişkenler ise piksel temelli hesaplatılan, komşu piksellerin zıtlığını ifade eden zıtlık(2), komşu piksellerin oluşturduğu kenarların zıtlığını ifade eden kenar zıtlığı ve doku temelli hesaplatılan gri renkteki piksellerin yan yana bulunma düzensizliğini ifade eden GLCM entropi olarak tespit edilmiştir (Definiens, 2007).

Yaban hayvanlarının mekan, besin, örtü ve su ihtiyacına yeterli düzeyde karşılık verebilecek alanları habitat olarak tercih ettikleri bilinmektedir. Diğer yandan bir yaban hayvanı enerji ihtiyacını minimum düzeyde karşılayabilen alanları yaşam alanı olarak tercih etmektedir. Bu durumda, türler için habitat heterojenliği kavramı ön plana çıkmaktadır (Tilman, 1982). Bir yaban hayvanı türü yeterli heterojenliğe sahip bir alandan başka bir alana gitme gereksinimi duymaksızın zamanının büyük bir bölümünü geçirebilmektedir (Tufto vd., 1996). Habitat heterojenliğinin yeterli düzeyde olmadığı durumlarda yaban hayvanı türlerinin alan tercihinde kenar habitatları ikinci bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. En az iki habitat veya vejetasyon tipinin yan yana gelmesiyle oluşan kenarlar, özellikle farklı besin türleri, gizlenme imkanları gibi sahip olduğu zengin kaynak değerleri ile birçok yaban hayvanı türünü bünyesine çekmektedir (Andren ve Angelstam, 1988; Mert ve Yalçınkaya, 2016).

Herbivor bir tür olan Karaca için habitat tercihi ve dağılımına yönelik literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, türün tercih edeceği habitat tipinin ve büyüklüğünün özellikle besin ve örtü ulaşılabilirliğine göre değişim gösterdiği ifade edilmektedir (Benhaiem vd., 2007). Türün habitat tercihinde ilk sıraları karışık yaş ve kompozisyona sahip olan ve aynı zamanda alt katmanı çalı tipleri yönünden zengin ormanlar oluşturmaktadır. Diğer yandan böylesi alanların yakınında yer alan çayırılık ve otlak alanlar türün bu alanlarda sabit kalmasını sağlamaktadır. Türün tercih ettiği bir başka habitat türü de traşlama alanlarına ya da yangın yoluyla oluşmuş açıklıklara komşu alanlardır (Vospornik ve Reimoser, 2008; Beşkardeş, 2016). Bu alanlara ek olarak türün habitat tercihinde ve dağılımında, Acevedo vd. (2005) tarafından ifade edildiği gibi iklim faktörleri, insan aktiviteleri ve arazi karakteristikleri rol oynarken, aynı zamanda Mysterud ve Østbye (2006) tarafından belirtildiği gibi yılın farklı mevsimleri ve yükselti farklılıkları da etki göstermektedir. Tüm bu bilgiler

doğrultusunda, Karaca türünün heterojen bir vejetasyon ve arazi yapısına sahip habitatları ya da birbirine zıt alanların oluşturduğu kenar tiplerini tercih ettiğini söylemek mümkündür. Bu durumda böylesi türlerin habitat tercih ve isteklerinin belirlenmesinde, koruma ve yönetim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde zaman alıcı ve maliyetli geleneksel yöntemlerin aksine, hem geniş alanlar hakkında sürekli veri akışı sağlayarak bu verilerin istenilen dönemlerde karşılaştırılması imkanını sunan hem de zaman ve maliyet açısından tasarruf sağlayan uydu verilerinin kullanılması oldukça önemli hale gelmektedir. Çalışmamızda da örneğini sunduğumuz üzere, uydu görüntüsü yardımıyla farklı yansıtma değerlerine sahip objeleri kullanarak hem arazi yapısı hem de vejetasyon farklılıkları hakkında bilgi veren birçok değişken elde edilebilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre 30 m çözünürlüğe sahip Landsat 8 uydu görüntüsü üzerinde, 64 piksel içeren karelej boyutu için oluşturulan habitat uygunluk modelinin ROC değerlerine bakılarak diğer karelej boyutlarına göre tür için en uygun habitat büyüklüğü olduğu sonucuna varılmıştır. Modeli oluşturan değişkenler de zıtlığın, düzensizliğin diğer bir deyişle heterojenliğin bir göstergesidir (Definiens, 2007). Aynı zamanda bu değişkenlerin özünde komşu piksellerin ve kenarların zıtlığı ile farklı değerlere sahip piksellerin yan yana bulunma düzensizliğine dayanıyor oluşu literatürde yer alan geleneksel yöntemlerle elde edilmiş bilgilerle aslında birebir uyum göstermektedir. Kısacası, gerçekleştirilen bu çalışma ile türün habitat tercihinde rol oynayan değişkenlere uydu görüntüsü üzerinden ulaşmak mümkün olmuştur. Karacanın dağılım gösterdiği diğer alanlarda benzer çalışmaların gerçekleştirilerek modellerin elde edilmesi ve karacanın ihtiyaç duyduğu habitat büyüklüğünün vejetasyona bağlı olarak değişimini gösteren çalışmaların yapılması önem arz etmektedir.

Sonuç olarak bu çalışma, yaban hayvanlarının dağılımlarını etkileyen değişkenlerin ve tercih edebilecekleri habitat büyüklüğünün uydu verileri kullanılarak tahmin edilebileceğini göstermiştir. Daha geniş alanlarda, farklı mevsimlerde ve daha fazla sayıda örnek alan alınarak gerçekleştirilecek çalışmalar ile uydu verilerinin kullanım potansiyelinin yaban hayatı açısından önemi daha net anlaşılacaktır.

Kaynaklar

- Acevedo, P., Delibes- Mateos, M., Escudero, M. A., Vicente, J., Marco, J., Gortázar, C., (2005). Environmental constraints in the colonization sequence of roe deer (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758) across the Iberian Mountains, Spain. *Journal of Biogeography*, 32(9), 1671-1680.
- Açar, M., Satil, F., (2014). Flora of Akdag (Balıkesir, Dursunbey/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 7(2), 38-56.
- Aksan, Ş., Özdemir, İ., Oğurlu, İ. (2008). Modeling the distributions of some wild mammalian species in Gölcük Natural Park/Turkey.
- Andren, H., Angelstam, P., (1988). Elevated Predation Rates as an Edge Effect in Habitat Islands: Experimental Evidence. *Ecology*, 69(2), 544-547.
- Baldwin, R.A., (2009). Use of Maximum Entropy Modeling in Wildlife Research. *Entropy*, 11(4), 854-866.
- Benhaiem, S., Delon, M., Lourtet, B., Cargnelutti, B., Aulagnier, S., Hewison, A. M., Verheyden, H., (2008). Hunting increases vigilance levels in roe deer and modifies feeding site selection. *Animal Behaviour*, 76(3), 611-618.
- Beşkardeş, V., Keten, A., Arslangündoğdu, Z. (2008). The Importance of Roe Deer in Wildlife for Turkey. *FORESTIST*, 58(2), 15-22.
- Beşkardeş, V., (2016). Large-bodied Mammals and Their Habitat Preferences in Autumn in Yedigöller Wildlife Reserve. *Düzce University Journal of Forestry* 12(1), 137-144.
- Chawla, A., Yadav, P. K., Uniyal, S. K., Kumar, A., Vats, S. K., Kumar, S., Ahuja, P. S., (2012). Long-term ecological and biodiversity monitoring in the western Himalaya using satellite remote sensing. *Current Science (Bangalore)*, 102(8):1143-1156.
- Corsi, F., Duprè, E., Boitani, L. (1999). A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conservation Biology*, 13(1), 150-159.
- Çanakçıoğlu, H. ve T. Mol, (1996). Yaban Hayvanları Bilgisi, yayın no: 3948, O.F. yayın no: 440, ISBN 975-404-424- 4, İstanbul, 550s.
- Definiens, A. G. (2007) Definiens Imaging Developer 7. eCognition Software. EII Earth. Munich, Germany.
- Definiens, A. G. (2012). Developer XD 2.0. 4. Reference Book.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.McC., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K.S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S., Zimmermann, N.E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., ... & Martin, J. L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology letters*, 14(2), 101-112.
- Gao, T., Nielsen, A. B., Hedblom, M., (2015). Reviewing the strength of evidence of biodiversity indicators for forest ecosystems in Europe. *Ecological Indicators*, 57, 420-434.
- Gibbon, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Winne, C. T. (2000). The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians: Reptile species are declining on a global scale. Six significant threats to reptile populations are habitat loss and degradation, introduced invasive species, environmental pollution, disease, unsustainable use, and global climate change. *BioScience*, 50(8), 653-666.
- Gürdal, M. N. (2008). Studies on wildlife developed and protected areas of Turkey (Doctoral dissertation, SDU graduate school of natural and applied sciences).
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L., Albert, D.L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(5), 773-785.

- Huş, S., (1974). Av Hayvanları ve Avcılık. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları. İ.Ü. yayın no:1971, O.F. yayın no : 202, İstanbul, 406s.
- Mert, A., Aksan, Ş., Özkan, U. Y., Özdemir, İ. (2016). Relationships between the richness of bird species and structural diversity from satellite images of Landsat-8 OLI. Turkish Journal of Forestry, 17(1), 68-72.
- Mert, A., Yalçinkaya B., (2016). The relation of edge effect on some wild mammals in Burdur-Ağlasun (Turkey) district. Biodicon., 9, 193-201.
- Mert A., Kıraç A., 2017. Habitat Suitability Mapping of *Anatololacerta danfordi* (Günter, 1876) in Isparta-Sütçüler District. Bilge International Journal of Science and Technology Research, ISSN 2587-0742, 1(1), 16-22.
- Mysterud, A., Østbye, E. (2006). Effect of climate and density on individual and population growth of roe deer *Capreolus capreolus* at northern latitudes: the Lier valley, Norway. Wildlife Biology, 12(3), 321-329.
- Oğurlu, İ. (2001). Yaban Hayatı Ekolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 19, Isparta.
- Oruç, M.S., Mert, A., Özdemir, İ. (2017). Modelling Habitat Suitability for Red Deer (*Cervus elaphus* L.) Using Environmental Variables in Çatacık Region, Eskişehir. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (2): 135- 142.
- Özdemir, İ., Norton, D. A., Ozkan, U. Y., Mert, A., Senturk, O. (2008). Estimation of tree size diversity using object oriented texture analysis and aster imagery. Sensors, 8(8), 4709-4724.
- Phillips, S.J., Dudík, M., Schapire, R.E. (2004). A Maximum Entropy approach to species distribution modeling. Proceedings of The Twenty-First International Conference On Machine Learning, ACM, 83p.
- Rego, F.L., (2003). Automatic Land-Cover Classification Derived from Highresolution Ikonos Satellite image in the Urban Atlantic Forest in Rio de Janeiro, Brasil by means of object oriented approach. PhD dissertation, Department of Remote Sensing and Landscape Information System, University of Freiburg, Germany, 222 p.
- Tilman, D. (1982) Resource Competition and Community Structure. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Tufto, J., Andersen, R., Linnell, J., (1996). Habitat use and ecological correlates of home range size in a small cervid: the roe deer. Journal of Animal Ecology, 715-724.
- Van Horne, B., (1983). Density as A Misleading Indicator of Habitat Quality. J. Wildlife Management, 47: 893-901.
- Vospersnik, S., Reimoser, S. (2008). Modelling changes in roe deer habitat in response to forest management. Forest Ecology and Management, 255(3-4), 530-545.
- Wisz, M.S., Hijmans, R., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C., Guisan, A. (2008). Effects of sample size on the performance of species distribution models. Diversity and Distributions, 14(5),763-773.
- Yu, L., Shi, Y., Gong, P., (2015). Land cover mapping and data availability in critical terrestrial ecoregions: A global perspective with Landsat thematic mapper and enhanced thematic mapper plus data. Biological Conservation, 190:34-42.

Received: 26.05.2018

Accepted: 09.10.2018

DOI: 10.30516/bilgesci.427359

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

2(2), 157-166, 2018

Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi

Yudum Bıyık^{1*}, Gökhan Civelekoğlu¹

Özet: Küresel ısınma geçen on yıllar içerisinde tüm dünyada en dikkat çeken konulardan biri haline gelmiş ve bu olay başta CO₂ olmak üzere sera gazı emisyonları üzerine yapılan araştırmaların artmasına neden olmuştur. Sera gazı üretiminde önemli bir pay ulaştırma sektörüne aittir. Hava kirliliğine ve iklim değişikliğine neden olan fosil yakıt emisyonlarının en önemli kaynaklarından biri motorlu taşıtlardır. Son yıllarda giderek artan kentsel hava kirliliğiyle ve CO₂ emisyonlarıyla günlük hayatımızın bir parçası olan yoğun trafiğin yakından ilgisi vardır. Hava kirliliği ve iklim değişikliğiyle mücadelede ulaşımdan kaynaklanan emisyonlarının düşürülmesi bu nedenle önem kazanmaktadır. Karbon ayak izi; birim karbondioksit cinsinden ifade edilen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın bir ölçüsüdür. Birincil ayak izi ve ikincil ayak izi olmak üzere iki ana gruptan oluşmaktadır. Birincil ayak izi, evsel enerji tüketimi ve ulaşım araba ve uçak dahil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonları ölçüsüdür. İkincil ayak izi ise, kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünden bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. Bu çalışmada Türkiye ve G20 ülkelerinin 1990-2016 yılları arasında ulaşımdan kaynaklı karbon ayak izi değerleri üzerinde araştırmalar yapılmış ve son 26 yıllık dönemde karbon ayak izi değişimi incelenmiştir.

Keywords: Karbon Ayak izi, Sera Gazları, Ulaşım.

Investigation of Carbon Footprint Change Originated from Transportation Sector

Abstract: Global warming has become one of the most important issue in the world over the past decades, and this has led to increased researches on greenhouse gas emissions, particularly CO₂. An important share in greenhouse gas production belongs to the transportation sector. Motor vehicles are one of the most important sources of fossil fuel emissions that cause air pollution and climate change. In recent years there is a growing interest in urban air pollution and intense traffic, which is part of daily life with CO₂ emissions. Therefore, it is important to reduce emissions originated from transportation sector, while struggling with air pollution and climate change. Carbon footprint, defined in the unit of carbon dioxide, is a measure of damage that is caused by human activities in terms of the amount of greenhouse gases produced. It consists of two main groups; primary footprint and secondary footprint. Primary footprint, domestic energy consumption and transportation (including cars and airplanes) are measures of direct CO₂ emissions from the burning of fossil fuels. Secondary footprint is a measure of the indirect CO₂ emissions associated with the manufacture and eventual degradation of these products from the entire life cycle of the products we use. In this study, the research was conducted on transportation carbon footprint values of Turkey and G20 countries between the years of 1990 to 2016. Furthermore, the carbon footprint over the last 26 years was investigated .

Keywords: Carbon Footprint, GHG Emissions, Transportation

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): gokhancivelekoğlu@sdu.edu.tr

Citation (Atıf): Bıyık, Y., Civelekoğlu, G., 2018. Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2 (2): 157-166.

1. Giriş

Sürekli çoğalan dünya nüfusu ve teknoloji alanındaki hızlı gelişmelerle birlikte artan enerji tüketimi çevre kirliliği açısından önemli sorunlar teşkil etmektedir. Çevre kirliliğinin önemli bir kısmını hava kirliliği oluşturmaktadır. Hava kirliliği oluşumunda birçok etmen bir arada bulunmasına karşın ana etmen yanma olaylarıdır. Dünya enerji tüketiminin önemli bir kısmı fosil yakıtların veya bunların sentetik türevlerinin yakılması sonucu elde edilmektedir. Fosil kökenli yakıtların içten yanmalı motorlarda temel enerji kaynağı olarak kullanılması, motorlu taşıtları hava kirliliğinin oluşumunda başlıca kaynak haline getirmiştir (Kelen, 2014).

Ulaşım ve taşımacılık yöntemleri konusunda sürdürülebilir kararlar almak ancak ulaşımın çevre üzerindeki etkilerini de göz önüne alarak gerçekleştirmekle mümkün olabilir. Günümüzde küresel ölçekte ulaşım için harcanan enerjinin %95'ten fazlası fosil yakıtlarla çalışan motorlardan elde edilmektedir. Bütün olarak ulaşım faaliyetleri için harcanılan yakıtlardan ortaya çıkan emisyonlar küresel sera gazlarının yaklaşık olarak %20'sini oluşturmaktadır. Ulaşım türleri arasında karayolu küresel düzeydeki emisyonların %70'ini, havayolu %12'sini, denizyolu hatları %11'ini ve demiryolu hatları %2'sini oluşturmaktadır (Çalışkan, vd., 2017).

2. Sera Gazları

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'nde "Sera gazları hem doğal, hem de insan kaynaklı olup; atmosferdeki kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları" şeklinde tanımlamıştır. Bu gazlar, atmosferimiz içinde %0,1'lik paya sahip olup, dünya için bitki seralarındaki camlara benzer bir işlev görmektedir (Arıkan, 2006). Bu nedenle "eser gazlar" olarak da tanımlanan ve atmosferin sera etkisinin oluşmasına neden olan gazlara "sera gazları" denilmektedir. Sera gazı yoğunluğundaki artışın nedeni bilim insanları tarafından havadaki CO₂ oranının artmasına bağlanmıştır. CO₂ oranının artışındaki temel faktör, fosil yakıtların yakılması ve insan faaliyetleridir. (Uzunçakmak, 2014)

Kyoto Protokolü 6 adet sera gazını baz almaktadır. Çizelge 1' de bu sera gazlarının sembolleri, isimleri, CO₂ Eşdeğeri (GWP Global Warming Potential) ve bu gazların ana kaynakları gösterilmiştir. CO₂ Eşdeğeri; CO₂ haricinde diğer sera gazlarının aynı miktar CO₂'e kıyasla kaç kat daha fazla ısı tutabilme kapasitesine sahip olduğunu anlatmaktadır. Bu sayede tüm sera gazları ortak bir paydada toplanarak, yapılan emisyon hesaplamalarının anlaşılması kolaylaştırılmıştır. Bu çizelgeye göre en tehlikeli sera gazı Sülfür Heksaflorür (SF₆), en tehlikesiz sera gazı ise CO₂ gibi görünmektedir. Ancak miktar açısından CO₂ diğer sera gazlarına kıyasla çok yüksek seviyede olmasından dolayı durum tam tersidir. (ÇŞB, 2018)

Çizelge 1. Kyoto Protokolü'nde baz alınan sera gazları (Bekiroğlu, 2016)

Sembol	İsim	CO ₂ Eşdeğeri	Ana Kaynak
CO ₂	Karbon dioksit	1	Fosil yakıtların yanması, orman yangınları, çimento üretimi
CH ₄	Metan	21	Landfill sahalar, petrol ve doğal gazın üretim ve dağıtımı, çiftlik hayvanlarının sindirim sistemlerindeki fermantasyon
N ₂ O	Diazot monoksit	310	N ₂ O fosil yakıtların yanması, gübreler, naylon üretimi
HFCs	Hidroflorokarbonlar	140 -11.700	Buzdolabı gazları, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi
PFCs	Perflorokarbonlar	6.500 ~9.200	Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi
SF ₆	Sülfür Heksaflorür	23.900	Elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, magnezyum üretimi

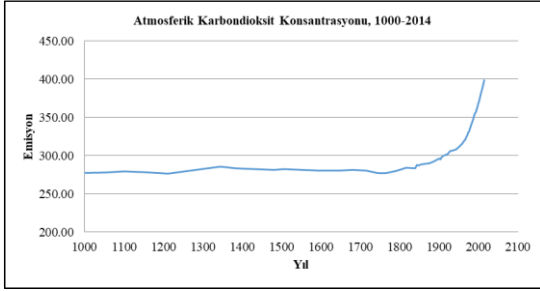
2.1. Karbondioksit (CO₂)

Karbon doğada bir döngü halindedir ve bu döngü; atmosfer, okyanuslar, kara ve deniz canlıları, mineral rezervleri arasında gerçekleşmektedir. En büyük iki döngüden biri atmosfer ve bitki örtüsü arasında, diğeri ise atmosfer ve okyanus yüzeyi arasındadır. Atmosferde karbon çoğunlukla oksitlenmiş formu olan CO₂ şeklinde bulunur (EPA, 2002). Normal koşullar altında ekosistem karbon dengesini kendine ait bir döngü ile

sağlamaktadır. Ancak enerji için fosil yakıt kullanımı, çimento gibi bazı sanayi dallarının yapmış olduğu üretim, ulaştırma, arazi, kullanımındaki değişiklik, çeltik ekimi, gübreleme ve hayvancılık gibi faaliyetler sonucunda atmosferdeki diğer sera gazları gibi karbon dengesi de değişime uğramıştır (DPT,2000).

Atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu, dünyanın ekonomik büyüme için karbon temelli fosil yakıtlara bağımlı hale geldiği Sanayi

Devrimi'nden sonra hızla artmıştır. Karbondioksitin küresel atmosferik konsantrasyonunun sanayi öncesi dönemdeki değeri yaklaşık 280 ppm iken, 1900 yılına kadar seviyeler sağlıklı bir biçimde 260-290 ppm seviyesinde kalmıştır (IPCC, 2007; Uzunçakmak, 2014). Ancak Şekil 1 'de görüldüğü üzere, gezegenin atmosferik karbondioksit konsantrasyonu sanayi devrimi öncesi değerlerinden yaklaşık %30 oranında daha yüksek bir seviyesine ulaşmıştır (EPI, 2018).

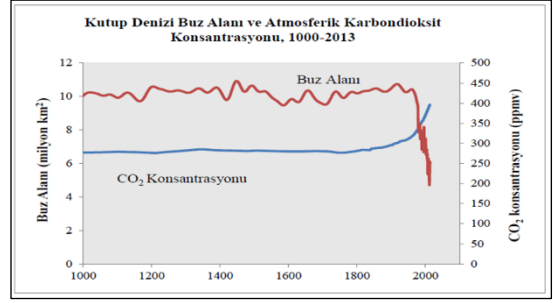


Şekil 1. 1000-2014 yılları arasında atmosferik karbondioksit konsantrasyonu (EPI, 2018)

2.2. Metan (CH₄)

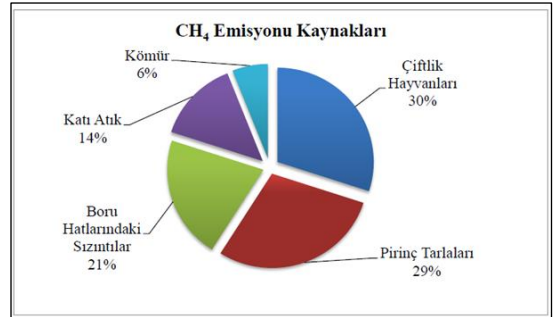
Atmosferin %0,00018'ini oluşturan metan gazı küresel ısınmaya neden olan en önemli ikinci gazdır. Dünyadaki sera etkisinin oluşmasında en az karbondioksit kadar tehlikeli olan metan doğal olarak birçok yerde oluşmaktadır. Metan gazının atmosferdeki yoğunluğu karbondioksit ile kıyaslandığında oldukça düşük ve atmosferde kalış süresi onda biri kadar olmasına rağmen, küresel ısınmaya sebep olan oldukça etkili bir sera gazıdır. Çünkü metanın kızıl ötesi ışınları soğurma gücü karbondioksitten çok daha fazladır (Uzunçakmak, 2014).

Şekil 2' de görüldüğü üzere CO₂ konsantrasyonunun artması buzulların erimesi anlamına gelmektedir. CO₂ konsantrasyonundaki artış dünyanın ısınmasına neden olmakta ve bu ısınma da buzulların erimesine yol açmakta; buzulların erimesi ise metan gazı konsantrasyonunda artışa neden olmaktadır.



Şekil 2. 1000-2013 yılları arası Kutup denizi buz alanı ve atmosferik karbondioksit konsantrasyonu (EPA, 2014)

IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change) verilerine göre, atmosfere katılan CH₄ miktarının yaklaşık %50'si insan aktiviteleri sonucunda gerçekleşmektedir (IPCC, 2007). Şekil 3' de insan faaliyetlerinin neden olduğu metan kaynakları yer almaktadır. Buna göre insan faaliyetlerinden kaynaklı metan gazı salınımlarının %30'u çiftlik hayvanlarından, %29'u pirinç tarlalarından, %21'i boru hatlarındaki sızıntılardan, %14'ü katı atıklardan ve %6'sı kömürden kaynaklanmaktadır (Uzunçakmak, 2014).



Şekil 3. İnsan faaliyetleri kaynaklı metan emisyonu dağılımı (Uzunçakmak, 2014)

2.3. Diazot Monoksit (N₂O)

Azot ve oksijenin 250°C sıcaklıkta kimyasal reaksiyona girmesinden meydana gelen azot oksitler içinde en önemlisi olan diazot monoksit sera gazlarının bir diğeridir. Atmosferde oldukça az bulunan bir gaz olan diazot monoksitin sera etkisinin yaklaşık %8 civarında olduğu bilinmektedir (EPA, 2014). Karbondioksitin atmosferde kalış süresi 100 yıl iken N₂O'nin kalış süresi 150 yılı bulmaktadır. Bu iki gazın sera etkisini kıyaslayacak olursak; N₂O karbondioksitin yaklaşık 300 katı sera etkisine sahiptir

(Uzunçakmak, 2014). Yaklaşık %90'nın toprakta olduğu kabul edilen diazot monoksitinin sanayileşme öncesindeki değeri yaklaşık 270 ppb iken, 2005 yılında atmosferdeki değeri yaklaşık 319 ppb'ye ulaşmıştır. Atmosferdeki konsantrasyonu 1750 yılından beri %16 artmış olan N₂O'nun 1980 yılından itibaren büyüme hızı sabittir (IPCC, 2007).

2.4. Halokarbonlar, Kloroflorokarbonlar CFCs, Perflorokarbonlar PFCs, Hidroflorokarbonlar HFCs Ve Kükürt Heksaflorür (SF₆)

1930'larda üretilmeye başlanan bu gazların küresel ısınmaya etkisi oldukça fazladır. Kimyasal kararlılıkları yüksek olduğu için yaklaşık 100 yıla yakın bir süre atmosferde parçalanmadan kalabilen Kloroflorokarbon bileşikleri ısıyı tutma konusunda karbondioksitten 20.000 kat daha etkilidirler (Uzunçakmak, 2014). Kloroflorokarbonlar doğada bulunan kimyasallar olmayıp, insan üretiminden kaynaklıdır ve sanayileşme ile artış göstermiştir. (EPA, 2014). Işımaya doğrudan ve dolaylı olarak etki eden insan yapımı kimyasallar olan klor (kloroflorokarbonlar-CFC, hidroflorokarbonlar-HCFC, metil kloroform, karbon tetraklorid) ve brom içerikli (halonlar, metil bromid, hidrobromoflorokarbonlar-HBFC) halokarbonlara, stratosferde bulunan ve güneşin zararlı ışınlarından korunmak için Birleşmiş Milletler tarafından yasal düzenlemeler getirilmiştir. İlk düzenleme 22 Mart 1985'te imzaya açılan 'Ozon Tabakasını İnceltelen Maddeler'e ilişkin yönetmelik olan Montreal Protokolünde bu gazlar ele alınmıştır. Kloroflorokarbonlar ise kullanımdan kaldırılmıştır (Akbulut, 2009).

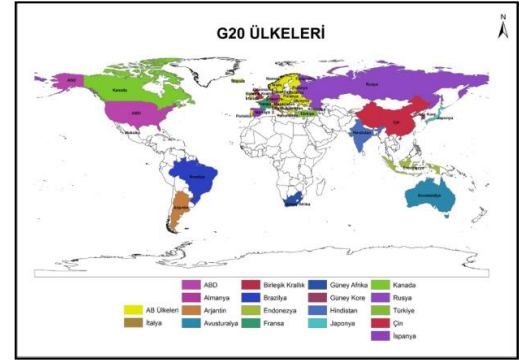
3. Karbon Ayak İzi

Bir birey, topluluk ya da faaliyet tarafından tüketilen kaynakların mevcut teknoloji ve kaynak yönetimiyle yeniden üretilmesi ve meydana gelen atığın bertaraf edilebilmesi için gereken biyolojik olarak verimli toprak veya su alanının küresel hektar (kha) cinsinden büyüklüğüne Ekolojik Ayak İzi denilmektedir (Özsoy, 2015). Ekolojik ayak izinin bileşenleri, Karbon Ayak İzi, Orman Ayak izi, Tarım Ayak izi, Yapılaşmış Ayak izi, Otlak Ayak izi ve Balıkçılık Ayak izi şeklinde sıralanmaktadır. Türkiye'nin 2007 yılı Ekolojik Ayak İzi bileşenleri arasında en büyük %46 payı ile Karbon Ayak izi yer almaktadır (WWF, 2012). Karbon ayak izi; birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan

faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın bir ölçüsüdür. Karbon ayak izi birincil karbon ayak izi ve ikincil karbon ayak izi olmak üzere iki ana bölüme ayrılmaktadır. Birincil Karbon Ayak İzi; Evsel enerji tüketimi ve ulaşım dahil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonunu ifade etmektedir. İkincil Karbon Ayak İzi ise kullanılan ürünlerin üretiminden bozunmalarına kadar geçen yaşam döngüsü sürecinde oluşan CO₂ emisyonunu ifade etmektedir. İkincil karbon ayak izi, birincil ayak izini kapsamaktadır (Atabey, 2013).

4. Türkiye'de ve Dünyada Karbon Ayak İzi Değişimi

G20 ülkeleri dünyanın en büyük ekonomileri arasında yer alan, Avrupa Birliği Komisyonu'ndan ve 19 ülkeden oluşmaktadır. G20 ülkeleri dünya ekonomisinin yaklaşık %85 'ini, dünya ticaretinin ise yaklaşık %80' ini karşılamaktadır. Şekil 4' de G20 ülkeleri gösterilmiştir.



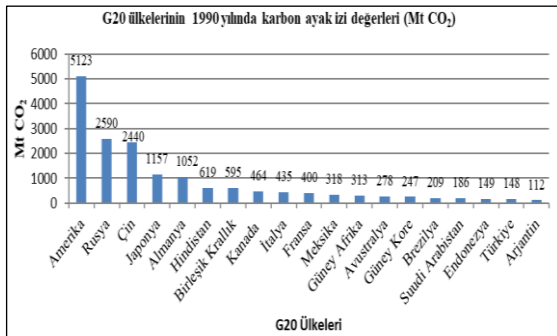
Şekil 4. G20 ülkeleri

G20 ülkelerinin Kyoto Protokolü kapsamında yerine getirmeyi taahhüt ettikleri karbon ayak izi miktarları farklılık göstermiştir. AB ülkeleri 2008-2012 yılları arasında toplam karbon ayak izi miktarlarını %8 oranında azaltmayı hedeflemişlerdir. Birliğe taraf olan ülkeler hedeflenen toplam %8 oranına, farklı miktarlarda karbon ayak izi azaltım hedefleri koyarak ulaşmaya çalışmışlardır. Karbon salınımı yüksek olan Almanya'nın karbon miktarını %21 oranında azaltması istenirken, Portekiz ise %27 oranında arttırabilmektedir. Bu kapsamda ülkelerin Kyoto Protokolü'nde taahhüt ettikleri karbon ayak izi miktarları Çizelge 2' de gösterilmiştir. CO₂ emisyonu azaltımına tabi olmayan ülkelerin karbon ayak izi değeri ise 0 olarak gösterilmiştir (Çömert vd., 2015).

Çizelge 2. Ülkelerin farklılaştırılmış karbon ayak izi hedefleri (Çömert vd., 2015)

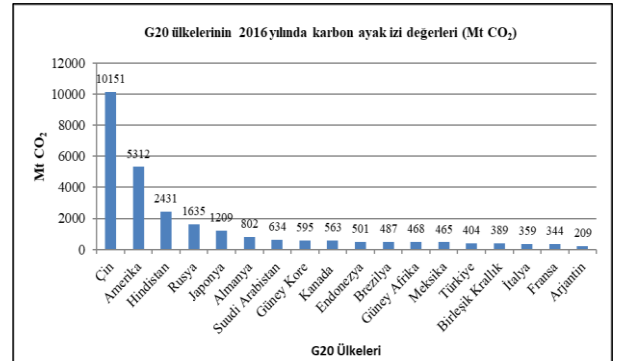
Ülkeler	Hedef	Ülkeler	Hedef	Ülkeler	Hedef
ABD	-%7	İrlanda	%13	Avusturya	-%13
Rusya Federasyonu	%0	İspanya	%15	Belçika	-%7,5
Japonya	-%6	İsveç	%4	Birleşik Krallık	-%12
Kanada	-%6	İsviçre	%8	Bulgaristan	-%8
Çin	%0	İtalya	-%6,5	Çek Cumhuriyeti	-%8
Hindistan	%0	İzlanda	%10	Danimarka	%21
Türkiye	%0	Almanya	-%21	Finlandiya	%0
Arjantin	%0	Kanada	-%6	Fransa	%0
Endonezya	%0	Letonya	-%8	Hırvatistan	-%5
Brezilya	%0	Lüksemburg	-%28	Hollanda	-%6
Japonya	%0	Macaristan	-%6	Polonya	-%6
Avustralya	%8	Monaco	-%4	Portekiz	%27
Güney Kore	%0	Norveç	%1	Romanya	-%8
Güney Afrika	%0	Slovakya	-%8	Ukrayna	%0
		Slovenya	-8	Yunanistan	%25

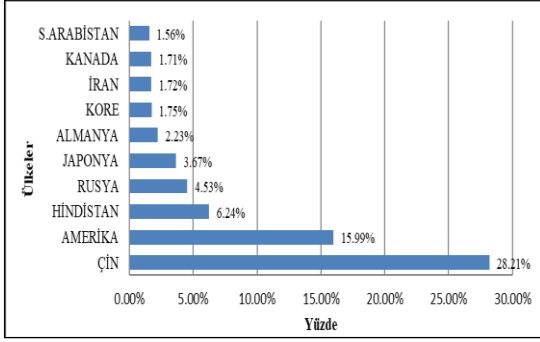
Dünya karbon atlası web sitesinde (<http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>) 1990 yılından 2016 yılına kadar dünya ülkelerinin karbon ayak izi verileri yer almıştır. G20 ülkelerinin 1990 yılına ait karbon ayak izi değerleri Şekil 5’ de gösterilmiştir. Amerika, Rusya, Çin karbon ayak izi değerlerinde en üst sıralarda bulunmakla birlikte, Endonezya, Türkiye ve Arjantin son sıralarda yer almaktadır. Amerika G20 ülkeleri arasında en üst sırada bulunmaktadır. Amerika’nın karbon ayak izi değeri Rusya ile karşılaştırıldığında iki ülke arasında yaklaşık olarak 2 kat fark olduğu, Rusya ve Çin’in karbon ayak izi değerleri ise birbirine yakın olduğu görülmüştür. Türkiye için durum değerlendirmesi yapıldığında en üst sırada bulunan Amerika ile karbon ayak izi değerleri arasında yaklaşık olarak 34 kat fark olduğu görülmüştür.

**Şekil 5.** 1990 yılında G20 ülkelerinin karbon ayak izi değerleri

2016 yılına ait karbon ayak izi değerleri Şekil 6’ da gösterilmiştir. 2016 yılında Çin, Amerika ve

Hindistan karbon ayak izi değerlerinde lider ülke konumunda iken İtalya, Fransa ve Arjantin son sıralarda yer almaktadır. 1990 yılında lider ülke Amerika iken 2016 yılında Çin en üst sıradaki ülke konumuna ulaşmıştır. Türkiye’de 1990 yılından 2016 yılına kadar karbon ayak izi değerini yaklaşık olarak 2,5 kat arttırmıştır. Şekil 7’ de 2016 yılında dünya çapında en büyük karbon ayak izi üreticileri sıralaması gösterilmiştir. Çin %28 oranı ile lider ülke konumundadır.

**Şekil 6.** 2016 yılında G20 ülkelerinin karbon ayak izi değerleri



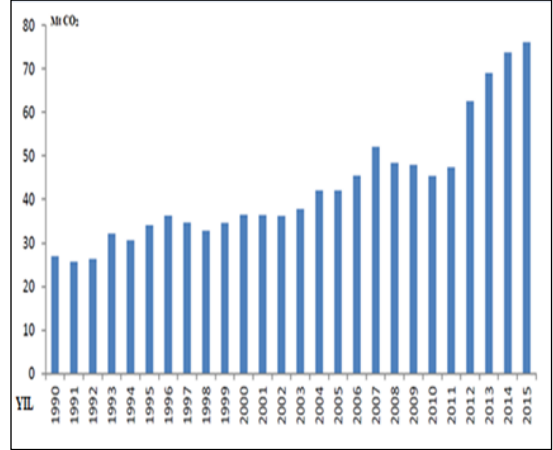
Şekil 7. 2016 yılında dünya çapında en büyük karbon ayak izi üreticileri (Statista, 2018)

5. Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak izinin İncelenmesi

Ulaşım sektörü ekonomik büyümenin önemli bileşenlerinden biridir ve hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki artan ulaşım talebini karşılamak için hızla büyümektedir. Bu durum giderek artan enerji tüketimi ve karbon ayak izi miktarı açısından birçok ülkede sorun teşkil etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre ulaşım sektörü, elektrik ve ısı üretimi sektörlerinden sonra en fazla karbon ayak izi salımı yapan sektör olup, bu emisyonların %70'inden fazlası karayolu ulaşımı kaynaklıdır (Özen ve Tüdeş-Yaman, 2013).

Türkiye'de ulaştırma sektörü kaynaklı karbon ayak izi miktarının enerji sektörü içindeki payı %22,2, ulusal toplam emisyondaki payı ise %15'tir. Ulaşım sektöründe yakıt tüketimini etkileyen her türlü uygulamanın karbon ayak izi miktarına ve iklim değişikliğine etkisi olmaktadır. (Algedik, vd., 2016). 1990-2010 yılları arasında yakıt tüketiminden kaynaklı CO₂ emisyonunun azaltılması konusunda ciddi mesafe kat eden ülkeler Almanya %19,8, İngiltere %12, Ukrayna %61,2 ve Romanya %54,8 olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ise 1990-2012 döneminde yakıt tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonu yaklaşık olarak %100 oranında artış göstermiştir. Bu durum Türkiye'nin Kyoto hedeflerinden oldukça uzakta kaldığını göstermiştir (Işık ve Kılıç, 2014).

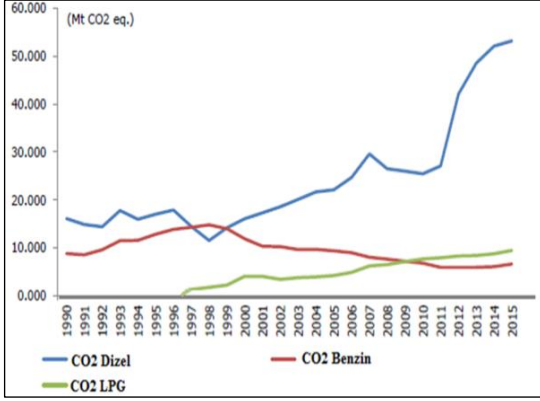
Türkiye'de ulaşım sektöründen kaynaklı karbon ayak izi değeri 1990-2015 yılları arasında %181 oranında artmıştır ve her yıl ortalama olarak %7,5 oranında artmaktadır. Şekil 8' de Türkiye'de 1990-2015 yılları arasında karbon ayak izi değişim grafiği gösterilmiştir (TÜİK, 2015).



Şekil 8. Türkiye'de ulaşım sektörlerindeki karbon ayak izi değişimi, 1990-2015 (TÜİK, 2015)

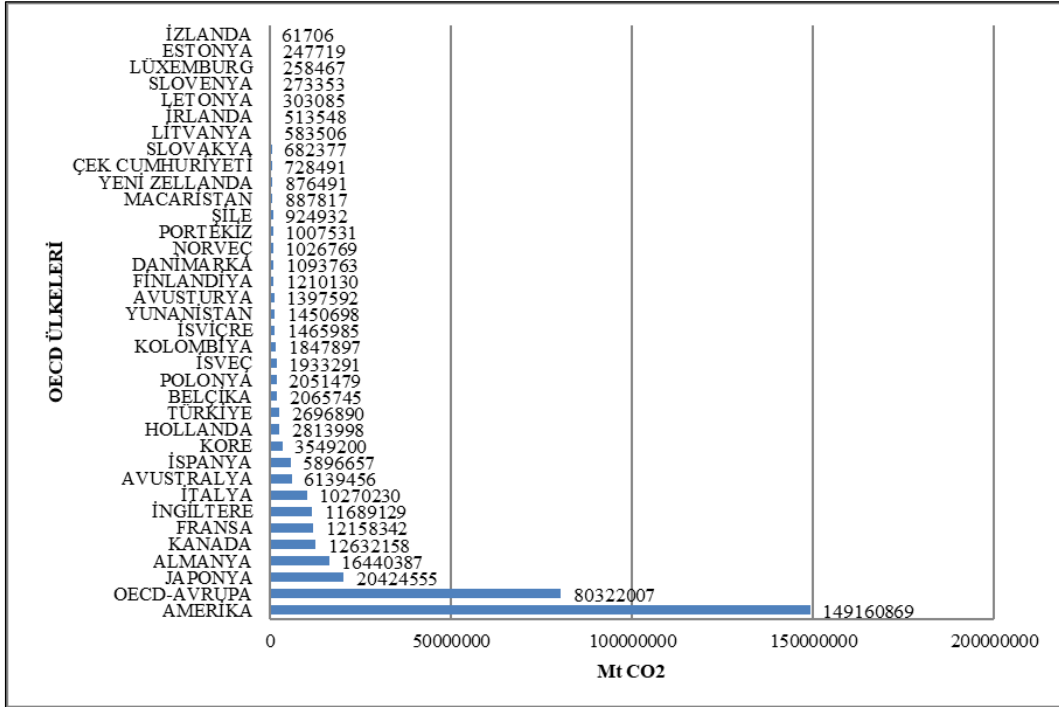
Ülkemizde 2015 yılında ulaşım sektörü 75,8 Mt CO₂ karbon ayak izi değerine ulaşmıştır. Ulaşım sektöründeki sera gazı emisyonları (CO₂ eşdeğeri olarak), 1990 yılında %20,9 iken 2015 yılında bu oran %22,6'ya yükselmiştir (TÜİK, 2015).

1990-2015 yılları arasında karayolu taşımacılığı diğer ulaşım türlerine göre en çok salım yapan karbon ayak izi kaynağı olmuştur. Bu değer 1990 yılında %92 oranında iken 2004 yılında bu değer %83'e düşmüştür. Şekil 9' da Türkiye'de karayolu taşımacılığında yakıt türlerine göre karbon ayak izi dağılımları gösterilmiştir. 1997 yılına kadar karayolu taşımacılığında akaryakıt olarak sadece dizel ve benzin kullanılmıştır. LPG'nin kullanımı 1997 yılında başlamış ve tüketim giderek artmıştır. Ardından benzin tüketimi azalırken, dizel yakıt tüketimi ve LPG tüketimi artmıştır. 2007' den 2010' a kadar, küresel ekonomik kriz nedeniyle dizel yakıt tüketimi azalmıştır. Bundan sonraki yıllarda dizel yakıt tüketiminde dikkate değer bir artış görülmüştür. 2011 yılında 27.035 kt CO₂ eşdeğeri iken 2015 yılında 53,169 kt CO₂ eşdeğeri ile dizel yakıttan kaynaklanan sera gazı emisyonlarında büyük bir artış olmuştur. Bu durum %97'lik bir artış anlamına gelmektedir (TÜİK, 2015).

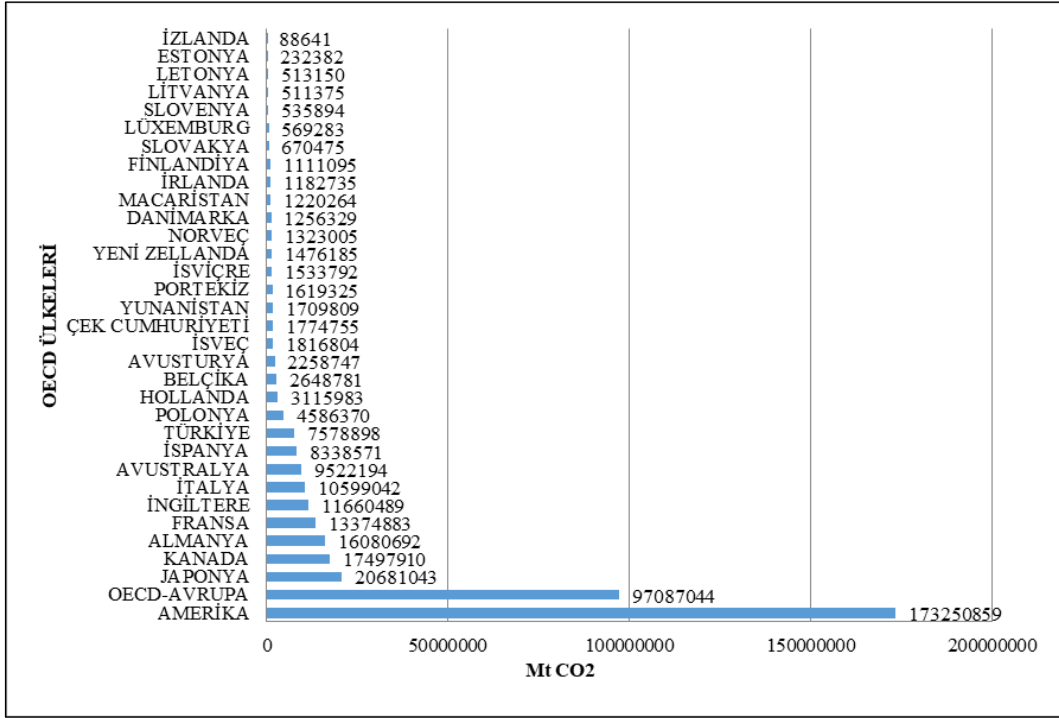


Şekil 9. Karayolu taşımacılığında yakıt türlerine göre karbon ayak izi dağılımları (TÜİK, 2015)

OECD ülkelerinin ulaşımdan kaynaklı CO₂ emisyonları değerleri 1990-2015 yılları arasında karşılaştırılmıştır. 15 yıllık periyotta OECD ülkelerinin hepsi ulaşımdan kaynaklı emisyon değerlerini yükseltmiştir. Amerika 15 yıllık değişimde liderliğini korurken 2015 yılına kadar emisyonlarını yaklaşık 2,5 kat arttırmıştır. Türkiye bu süre zarfında emisyon değerlerini yaklaşık 3 katı arttırmıştır. Şekil 10 ve Şekil 11’de OECD ülkelerinin 1990 ve 2015 yılları arasında karbon ayak izi değerleri karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 10. 1990 yılında OECD ülkelerinin ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi karşılaştırılması (OECD, 2018)

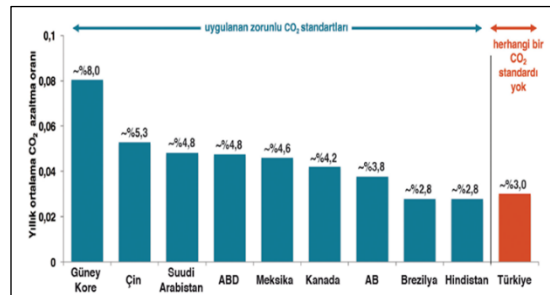


Şekil 11. 2015 yılı ülkeler bazında ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi karşılaştırılması (OECD, 2018)

Türkiye'nin 15 yıllık bir zaman periyodunda karbon ayak izi değerinde yaklaşık 3 kat artış olmasına rağmen alt sıralarda yer almasının başlıca iki sebebi bulunmaktadır. Birincisi, emisyon oluşturan diğer sektörlerde enerji verimliliğini geliştirmiş ülkeler arttırmışken, Türkiye'de henüz bu sektörlerdeki verimin düşük olması; başka bir deyişle bu sektörlerde de yüksek CO₂ emisyonu olması nedeniyle ulaştırma sektöründeki karbon ayak izi payının toplam emisyonlar içinde göreceli olarak az kalmasıdır. İkincisi ise, gelişmiş ülkelerde hareketlilik, yani kişi başına yapılan yolculuk sayısı ve yolculuğun uzunluğu daha fazlayken; Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde hareketlilik göreceli olarak daha azdır (ÇŞB, 2011).

G20 ülkeleri toplu olarak yılda 80 milyon aracın satışını gerçekleştirmektedir ve bu da yıllık küresel araç satışlarının %90'ından fazlası demektir. Şimdiye kadar, G20 ülkelerinin yarısı yeni binek otomobiller ve hafif ticari araçlar için zorunlu karbondioksit azaltma standartlarını uygulamışlardır (Mock, 2016). G20 ülkeleri binek otomobillerinin yıllık karbondioksit azaltma oranları karşılaştırıldığında, zorunlu karbondioksit standartları uygulayan ülkelerin şu anki tahmini

azaltma oranlarının %2,8 ile %8 arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 12'de Türkiye'nin G20 ülkeleriyle CO₂ emisyonu azaltma oranlarının karşılaştırılması sunulmuştur. Karşılaştırılan 9 G20 ülkesi arasından Türkiye'nin herhangi bir CO₂ standardı yoktur ve %3'lük bir azaltma oranı ile son sıralarda olduğu görülmektedir (Mock,2016).



Şekil 12. Yeni otomobillerin karbon ayak izi azaltma oranlarının karşılaştırılması (Mock,2016)

6. Sonuçlar

Dünya birincil enerji kaynaklarının %81'i fosil kaynaklıdır. Fosil yakıtlara bağımlılık, iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının atmosferde birikmesine de yol açmaktadır. İklim

değişikliğinin önleminin tek yolu fosil yakıtların enerji üretimindeki payını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir. Ancak çeşitli önlemlere rağmen 2035 yılına kadar olan dönemde fosil yakıtların payları nispeten azalacak, bu yakıtların hâkim kaynaklar olmaya devam edeceği tahmin edilmektedir.

Araştırma sırasında, ulaştırma sektörü nedeniyle açığa çıkan sera gazlarının içinde büyük oranda CO₂ gazı bulunmasından dolayı, özellikle CO₂ emisyonlarının değişimi üzerinde durulmuştur. Araştırmalar sonucunda 2016 yılına kadar CO₂ emisyonlarında artış olduğu görülmüştür. Bu artışın nedenleri arasında toplam yakıt tüketiminin ve araç sayısının artışı önemli bir rol oynamaktadır.

Türkiye’de araç satışları ve emisyonlar hızla artmaktadır. Gelecek yıllarda piyasaya sürülecek yeni araçların mümkün olan en iyi teknolojiye ve en düşük emisyon seviyelerine sahip olmaları çevre ve sağlığın korunması açısından önem taşımaktadır. Ulaştırma sektörü nedeniyle ve özellikle karayolu ulaşımı nedeniyle açığa çıkan karbon ayak izi miktarını düşürmek için bazı çözüm önerileri geliştirilebilir. Bunlar, şahsi araçlar yerine toplu taşımayı tercih ederek %90'lara varan oranlarda ulaşımına bağlı karbon ayak izi azaltılabilir. Özellikle otobüsle gidebilecek mesafelerde uçakla yolculuğu tercih etmemek de CO₂ emisyon değerini azaltacak bir yöntemidir. Bunun sebebi uçak yolculuklarındaki birim mesafedeki emisyon miktarı diğer ulaşım yöntemlerine göre oldukça yüksek olmasıdır. Araçlarda kullanılan fosil yakıtların oluşturduğu emisyonu azaltmak için düşük emisyonlu yakıtları tercih etmek veya hibrit yakıtlı, elektrikli araçların kullanılması, yakıt tüketimlerinin azaltılması aşamasında yeni motor teknolojilerinin uygulanması, taşıt teknolojilerindeki gelişmeler, örneğin; daha küçük boyutlu ve düşük ağırlıklı taşıtların geliştirilmesi, bu işlemler için hafif malzemelerin kullanımı, aerodinamik özelliklerde ve lastik performansında iyileştirmeler ve trafik akışının düzenlenmesine yönelik alınacak önlemler ulaşım sektöründen kaynaklanan karbon ayak izinin azaltılması için uygulanabilir.

Kaynaklar

Akbulut, F., (2009). İklim Değişikliğinde Alternatif Politikaların Etkinliği, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 100s, Ankara.

Arıkan, Y., (2006). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü Metinler ve Temel Bilgiler, Bölgesel Çevre Merkezi, REC Türkiye Yayınları, 62s, Ankara.

Algedik, Ö., Bayar, H.İ., Biçer, B.E., Çelik, E., Keleş, M., Kocaman, H., Talu, N., (2016). TMBB'nin İklim Değişikliği Politikasındaki Rolü 'Politikacılar için Özet'. 32s.

Atabey, T., (2013). Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, Elazığ.

Bekiroğlu, O., Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi. Erişim Tarihi: 06.05.2016. <http://www.emo.org.tr>.

Çalışkan Doğan, Z., Kurt, Ü., Timur, M.C., (2017). İklim Değişikliği ve Ulaşım Sektörü İlişkisinin Ekonometrik Analizi: Türkiye Örneği. International Congress of Energy, Economy and Policy, 25-26 Mart, İstanbul.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2011). Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2020. Ankara.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2018). Kyoto Protokolü. Erişim Tarihi: 02.01.18. <http://iklim.csb.gov.tr/kyoto-protokolu-i-4363>.

Çömert, R., Bilget, Ö., Çabuk, A., (2015). Kyoto Protokolüne İmza Atan G20 Ülkelerinin Yıllara Göre Karbon Salımlarının (1990-2012) Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımı İle Analizi. Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 883-891.

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), (2000). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı: İklim Değişikliği Özel İhtisas Raporu. 2532-548, 123.

Environmental Protection Agency (EPA). (2002). Greenhouse Gases and Global Warming Potential Values, The Inventory of US Greenhouse Emissions and Sinks: 1990-2000, US. s.4-9.

Environmental Protection Agency (EPA). (2014). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2012. EPA 430-R-14-003. U.S.A.

- Environmental Protection Index EPI,(2018). Climate,EnergyandTransportation, http://www.earthpolicy.org/data_center/C23, (01.02.2018)
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC)., (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis.1007.
- Işık, N., Kılıç, E.C., (2014). Ulaştırma Sektöründe CO2 Emisyonu ve Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi. Sosyo Ekonomi Dergisi, 140215. 26s.
- Kelen, F., (2014). Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 19 (1-2), 80-87.
- Mock, P., (2016). Policy Options to Reduce Emissions From The Road Transport Sector in Turkey. İPM-Mercator Policy Brief, 1. Basım, 1-13.
- Organisation for Economic Co-operation and Development(OECD), 2018. Greenhouse Gas Emissions Erişim Tarihi: 03.03.18. <https://stats.oecd.org/>)
- Özen, M., Tüdeş-Yaman, H. (2013). Türkiye’de Şehirlerarası Yük Trafiği CO2 Emisyonlarının Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(3), 56.
- Özsoy Erden, C. (2015). Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye’nin Karbon Ayak İzi. Emek ve Toplum, 4, 199-215.
- Statista – The portal for statistics. (2018). Worldwide Carbon Footprint. Erişim Tarihi: 04.05.2018. <https://www.statista.com>
- TÜİK, (2015). Türkiye İstatistik Kurumu . 1990-2015. National Gas Inventory Report 1990-2015 Annual Report for submission under the ‘United Nations Framework Convention on Climate Change’. 552s.
- Uzunçakmak, M., (2014). Ulaşım Modlarından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları Ve iklim Değişikliği Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması,Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, 171s, Ankara
- World Wide Fund for Nature(WWF)., 2012. Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi Raporu. 89s.

Received: 26.05.2018

Accepted: 09.10.2018

DOI: 10.30516/bilgesci.427358

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

2(2), 167-173, 2018

Üniversite Yerleşkeleri İçin Geliştirilen Çevresel Sürdürülebilirlik Endekslerinin İncelenmesi

Bilge Özdoğan^{1*}, Gökhan Civelekoğlu¹

Özet: Çevresel sürdürülebilirlik, her türlü işlem sonucundaki olumsuzlukları ortadan kaldırarak ya da azaltarak çevre politikaları ve stratejileri ile oluşturulacak sağlıklı bir çevrenin gelecek nesillere aktarılmasıdır. Üniversiteler mikro ölçekte çevresel sorunların oluştuğu ortamlardır. Bu sebeple sürdürülebilirlik çalışmalarında üniversitelere büyük bir sorumluluk düşmektedir. Sürdürülebilirlik ve çevre konularındaki çalışmaların ve konu ile ilgili bilinçlendirmenin artması konusunda endeks değerlendirme sistemleri etkin bir rol oynamaktadır. Çalışmada üniversite yerleşkeleri için geliştirilen ulusal ve uluslararası çevresel sürdürülebilirlik endeksleri incelenmiş ve uluslararası endeksler arasında karşılaştırma yapılmıştır. Endeks değerlendirme sistemleri içerisinde Yeşil Metrik ve Üniversite Ligi detaylı olarak incelenmiştir. İncelenen endeks değerlendirme sistemlerinde yer alan kategori ve kategorilerin önem yüzdeleri baz alınmıştır. Karşılaştırma sonucunda endeks değerlendirme sistemlerindeki hedeflerin aynı olduğu ancak kategori ve kategorilerin önem yüzdelerinde de farklılık bulunduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda yerleşkeler için sürdürülebilir endeks sistemi oluşturulurken kategorilerin net, ölçülebilir, doğrulanabilir olmasının yanı sıra sistemin şeffaf ve anlaşılabilir olmasının gerekli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca yerel bazda üniversite yerleşkeleri için çevresel sürdürülebilirlik endeksinin olmadığı gözlemlenmiştir. Yerleşkeler için ulusal bazda kapsayıcı bir endeks sisteminin oluşturulması ve zaman içerisinde geliştirilmesi, yerleşkelerin çevresel sürdürülebilirlik çalışmaları hakkında daha fazla bilinçlenmesine sebep olacağı ve uluslararası düzeye ulaşmalarına olumlu olarak etki edeceği düşünülmektedir.

Keywords: Çevresel Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Yerleşke, Sürdürülebilir Yerleşke Endeks Sistemleri, Üniversite Yerleşkesi

Investigation of Environmental Sustainability Index Systems Developed for University Campuses

Abstract: Environmental sustainability is the transfer of a healthy environment that will be created by environmental policies and strategies by eliminating or reducing the negative consequences of any action to future generations. Universities are micro-scale atmosphere of environmental problems arise. Therefore, universities have a great responsibility for sustainability studies. Index evaluation systems play an active role in the work on sustainability and environmental issues and on the raising awareness of the issue. The study examined national and international environmental sustainability index systems developed for university campuses. The Green Metric and University League were investigated in detail from the index evaluation systems. The importance percentages of the categories included in the index evaluation systems were taken into account. It was found that the categories should be clear, measurable, verifiable as well as the system should be transparent and understandable. It was observed that there is no environmental sustainability index for university campuses on local basis. The index development of an inclusive system

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 32260, Isparta, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): gokhancivelekoğlu@sdu.edu.tr

Citation (Atıf): Özdoğan, B., Civelekoğlu, G., 2018. Üniversite Yerleşkeleri İçin Geliştirilen Çevresel Sürdürülebilirlik Endekslerinin İncelenmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 2 (2): 167-173.

for campuses on a national basis is thought to have a positive effect on the awareness of the environmental sustainability studies on campuses and on the international level.

Keywords: Environmental Sustainability, Sustainable Campus, Sustainable Campus Index Systems, University Campus

1. Giriş

Ekosistem içerisinde yaşayan insanların ihtiyaçları, nüfus artışı, sosyo-ekonomik şartların değişmesi ve küreselleşme gibi nedenler yaşanan yerküreyi olumsuz olarak etkilemektedir. Kaynakların hızla tüketilmesi, hava kirliliği, atık artışı ve kuraklık gibi çevresel olumsuzluklar meydana gelmektedir. Zaman içerisinde bu olumsuzlukların farkına varılması ve insanların bilinçlenmesiyle birtakım kavramlar ortaya atılarak kanun, yönetmelik ve sertifika sistemleri gibi belirli kuralları barındıran sistemler uygulanmaya başlanmıştır. Çevresel olumsuzlukların önüne geçilebilecek devlet politikalarında değişikliğe gidilmiş ve çevresel

iyileştirme çalışmaları başlatılmıştır. Bu bağlamda ortaya atılan kavramlardan biri de “sürdürülebilirlik” kavramıdır. Sürdürülebilirlik kavramı; sahip olunan ekonomik, kültürel, siyasal, sosyal ve çevresel kaynakların gelecek nesillere kayıpsız bir şekilde aktarımını sağlaması anlamını taşımaktadır (Kuşat, 2013).

Sürdürülebilirlik ve çevre konularını kapsayan önemli konferans ve zirveler Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de 2002 yılına kadar sürdürülebilirlik adına gerçekleştirilen faaliyetler yer almaktadır. 2002 yılından sonra G8 zirvelerinde çevresel konulardaki adımlar devam etmiştir.

Çizelge 1. Sürdürülebilirlik ve çevre konuları ile ilgili dünya zirveleri ve konferanslar (Koç (2014)'ten uyarlanmıştır.)

Yıl	Konferans, zirve, toplantı vb.
1962	Rachel Carson tarafından Sessiz Bahar kitabında yer verilen tarım ilaçlarının toksikolojik, ekolojik ve epidemiyoloji üzerine etkilerine yönelik araştırma yapıldı.
1969	Amerika'da Ulusal Çevre Politikası Kanunu kabul edildi ve Çevre Kalite Konseyi kuruldu.
1970	Dünya Günü olarak kabul edildi.
1972	Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı, Kuzey Avrupa'nın bölgesel asit yağmurları ve bölgesel kirliliklerine dayalı olarak toplandı.
1972	Stockholm Konferansı
1973	Amerika tarafından nesli tehlikede olan hayvanları koruma kararı alındı.
1976	Çevre ve insan ile ilgili olarak Habitat Zirvesi yapıldı.
1977	Tbilisi Uluslararası Çevre Eğitimi Konferansı
1985	Dünya Meteoroloji Topluluğu, UNEP ve Uluslararası Bilim Konseyi CO ₂ oluşumu üzerine raporlar hazırlayarak küresel ısınmayı öngördü.
1987	Brundtland Raporu - Ortak Geleceğimiz
1990	Tallories Bildirgesi
1990	Amerika Ulusal Doğal Hayat Derneği tarafından "Yerleşke Ekolojisi Programı" kuruldu.
1992	Rio Konferansı
1997	Kyoto Protokolü
1999	Ormanlar ve sürdürülebilir kalkınma üzerine "Ormanlarımız...Geleceğimiz" yayınlandı.
1999	Dow Jones sürdürülebilirlik endeksi adında ilk küresel sürdürülebilirlik endeksi tanımlandı.
2000	İkinci Dünya Su Forumu
2001	Marakeş Anlaşmaları
2002	Sürdürülebilir kalkınma konulu Dünya Zirvesi düzenlendi.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme - UNEP)'na göre; üniversiteler çevresel sorunların mikro evrenleridir. Bunun nedeni üniversite içindeki toplumun sera gazı emisyonlarından gürültü kirliliğine kadar çevreye dair tüm sorunlarla karşılaşır olmasıdır. Bu nedenle, üniversitelerin temel hedefi eğitim, araştırma ve topluma erişebilmek olsa da bağlı oldukları yerleşime dair

kaynak tüketimi, karbon emisyonları, atıklar ve kirliliğe karşı da önemli sorumluluklar taşımaktadırlar. UNEP üniversitelerin küresel platformda sürdürülebilirlik performanslarını arttırmayı hedefleyen bir rehber yayınlamıştır. UNEP tarafından yayınlanan raporda üniversite yerleşkelerinde sürdürülebilir gelişmenin ilkeleri şu şekilde sıralanmıştır (Oktay ve Küçükyağcı, 2015);

- Kurumun vizyon, misyon ve yönetimi bağlamında, sosyal, etik ve çevresel sorumlulukların netlik içinde belirlenmesi ve bütünlüğü sağlanmalıdır.
- Öğretim sisteminin bütününde sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin bütünlüğü, eleştirel düşünme ve disiplinler arası ilişkilere bağlı olmalıdır.
- Sürdürülebilirlik araştırmalarına adanmışlık ve tüm araştırmalarda sürdürülebilirliğin birleşenleri düşünülmelidir.
- Diğer eğitim kurumları, yönetim birimleri, sivil toplum kuruluşları ve sanayi kuruluşları ile iş birlikleri oluşturularak toplumun daha geniş kesimlerine ulaşmalıdır.
- Yerel özellikler bağlamında sıfır karbon/su/atık hedefini sağlamak için yerleşke planlaması, tasarımı, gelişimi ve yönetimi ele alınmalıdır.
- Toplum, öğrenciler ve çalışanlar için kaliteli yaşam, eşitlik ve çeşitliliği güçlendirecek politika ve uygulamalar geliştirilmelidir.
- Yaşayan bir laboratuvar olarak yerleşkelerde, çevreyi öğrenmeye yönelik dönüşüm sürecinde öğrencilerin etkin katılımı sağlanmalıdır.
- Kültürel çeşitliliğin desteklenerek, farklı kültürleri kapsamalıdır.
- Ulusal ve uluslararası ölçekte üniversiteler arası işbirliği desteklenmelidir.

Shriberg (2002)'e göre sürdürülebilirlik aracında bulunması gereken nitelikler şunlardır:

- Yerleşke sürdürülebilirliği ile ilgili çevresel, sosyal ve ekonomik konuları kapsamlı bir şekilde ele almalıdır.
- Hesaplanabilir ve karşılaştırılabilir olmasından dolayı ölçüm yöntemlerine dayanmalı ve bunların spesifik olarak karşılaştırması yapılabilir.
- Eko - verimli odaklı olabilmelidir.
- Süreçler ölçülebilir olmalıdır.
- Kapsamlı olmalıdır.

Üniversitelerdeki sıralamaları uyumlu bir hale getirmek için 2004 yılında Uluslararası Sıralama Uzman Grubu (International Ranking Expert Group) kurulmuştur. 2006 yılında bu uzman grup tarafından Yüksek Öğretim Enstitüleri'nde Berlin

İlkeleri'ne dayalı metodoloji ve buna bağlı göstergeler yayınlamıştır. Bu ilkeler aşağıdaki maddelere dayanmaktadır (Lukman vd., 2010):

- Sıralamanın amacı ve hedefleri, yüksek öğretim girdileri, süreçleri ve çıktılarının değerlendirilmesine yönelik amaçlar ve hedef gruplar açıkça anlaşılır olmalıdır.
- Göstergelerin dizaynı ve ağırlıklandırılması için sıralamaları oluşturmada kullanılan metodoloji konusunda şeffaf olunmalı, göstergelerin uygunluğuna ve geçerliliğine göre seçilmeli, farklı göstergelerin ağırlıkları (eğer kullanıldıysa) belirgin hale getirilmelidir.
- Verilerin toplanması, yönlendirilmesi ve kullanılması, bilimsel veri toplama için uygun prosedürler kullanılarak toplanan verileri sıralama işlemleri mümkün olduğunca denetlenebilir ve doğrulanabilir olmalıdır.
- Sıralama sonuçları açıkça anlaşılır olmakla birlikte ortaya çıkan hatalara karşı da çözüm odaklı olmalıdır.

2. Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksleri

2.1. Yerleşkede çevre yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesi

Alshuwaikhat ve Abubakar (2008) çalışmalarında üniversiteler için çevre yönetim sistemi, halkın katılımı ve sosyal sorumluluk, öğretim ve araştırmada sürdürülebilirliğe teşvik edilmesi göz önünde bulundurularak üç ana prensibin olduğunu savunmuşlardır. Çalışmalarında Çevre Yönetim Sistemlerinin (Environmental Management System - EMS) incelenmesi sonucunda yerleşke sürdürülebilirliği konuları sistematik olarak entegre edilmiştir. Çevre yönetim sistemi; çevresel yönetim ve gelişmesi ve yeşil yerleşkeden oluşmaktadır. Çevre yönetim sistemi ve gelişmesi; yapılan faaliyetlerin olumsuzluklarını en aza indirmek, kirlilik önleme, enerji verimliliği, kaynakların korunumu, çevresel iyileştirme, atıkların azaltılması, yeşil bina, yeşil ulaşım ve yerleşkenin korunması gibi konulardan oluşmaktadır. Halkın katılımı ve sosyal sorumluluk ise katılımcılar, farkındalık, projeler gibi alt kriterlerden oluşmaktadır. Konferans, seminer, müfredat konuları, yenilenebilir enerji, iklim değişikliği gibi konular ise öğretim ve araştırmada sürdürülebilirliğe dahil edilmiştir. Ayrıca önerilen sistem, uygulanacak üniversitenin önceliklerine göre ayarlanabilmektedir. Sonuç

olarak üniversite yerleşkesinin sürdürülebilir olması ekonomik, sosyal ve çevresel konularla birlikte bir bütün olarak görülmüş ve buna göre hareket edilmiştir.

2.2. Üniversitelerde sürdürülebilirliğin grafiksel değerlendirilmesi

Üniversitelerde Sürdürülebilirliğin Grafiksel Değerlendirilmesi (Graphical Assessment of Sustainability in Universities - GASU), Küresel Rapor Girişim (Global Report Initiative - GRI) metodolojisinin uyarlanmasına dayanmaktadır. Sosyal, ekonomik ve çevresel boyutların bünyesinde bulunmasıyla 8 kategori, 43 alt kategori ve 126 göstergeden oluşmaktadır. Amoeba grafiklerinden yararlanarak performans görseli oluşturulmuştur. Ancak geniş bir yelpazeye sahip olmasından dolayı uygulanması ve karşılaştırılabilirliği oldukça zordur (Gomez vd., 2015).

2.3. Yüksek öğrenimde sürdürülebilirlik için denetim aracı

Hollanda grubu tarafından tasarlanan Yüksek Öğretimde Sürdürülebilirlik için Denetim Aracı'nın (Auditing Instrument for Sustainability in Higher Education - AISHE) amacı, yerleşkede iç ve dış sürdürülebilirlik için kriterlerin oluşturulması ve başarıya ulaşmak için sürekli değişime entegre olan mekanizma geliştirmenin yanı sıra Avrupa ve dünya genelinde yaygınlaştırarak sertifika, ödül gibi toplumsal tanınma biçimini genişletmektir. Faaliyet, sistem, süreç, ölçüm ve sonuç odaklı aşamalarını değerlendiren 24 kriterden oluşmaktadır. Sistem kavramsal olarak soyut kaldığından ve anlaşılması güç olduğundan tam anlamıyla uygulanabilir değildir (Shriberg, 2002).

2.4. Sürdürülebilirlik izleme ve değerlendirme sistemi

Sürdürülebilirlik İzleme ve Değerlendirme Sistemi (The Sustainability Tracking and Assessment Rating System - STARS), Yüksek Öğretimde Sürdürülebilirlik Geliştirme Derneği'nin bir girişimidir. Günümüzde en kapsamlı ve popüler sürdürülebilir araç halini almıştır. STARS üç ana kategoriye ayrılmakta olup, 17 alt kategori ve toplam 67 parametreyi kapsamaktadır. Parametrelere ait kriterlerin hayata geçirilmesi maliyetli olduğundan, uygulaması oldukça güçtür (Gomez vd., 2015).

2.5. Sürdürülebilirliği değerlendirme için uyarlanabilir model

Gomez vd. (2015), Yüksek Öğretim Kurumlarında uygulanabilecek Sürdürülebilirliği Değerlendirme İçin Uyarlanabilir Model (Adaptable Model for Assessing Sustainability - AMAS) isimli değerlendirme ölçütü geliştirilmiştir. Model, değerlendirilecek hedefler altında kriter, alt kriter ve parametreyi kapsayan dört katmanlı bir hiyerarşi oluşturularak yapılandırılmıştır. Hiyerarşinin ilk seviyesi Yüksek Öğretim Kurumlarında Sürdürülebilirliktir. İkinci seviye üç kriterden oluşmakta olup sırasıyla kuruma ait sorumluluk, örnek düzenleme / liderlik ve sürdürülebilirliğin devamını, üçüncü seviye ise dokuz alt kriterden ve dördüncü seviyede uygulanacak yerin özelliğini içermektedir. Sistem tasarlanırken, hiyerarşinin her bir basamağının kendi arasında olan ilişkilerine, parametrelerin uyum sağlama ve tekrarlanabilen ölçümlere dayanması ile kullanım sürelerine, veri toplama, bakım ve belgelenme gibi özelliklerine bakılmıştır. AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) metodu kullanılarak anket yolu ile derecelendirmeler yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda önem sonuçları kuruma ait sorumluluk %36, sürdürülebilirliğin devamı %25,7 ve örnek düzenleme / liderlik %38,2 olarak hesaplanmıştır.

2.6. Dünya üniversitelerinin akademik sıralaması ve üç boyutlu üniversite sıralaması

Lukman vd. (2010) yaptıkları çalışmada; nicelik ve nesnellik ilkelerine dayalı araştırma, eğitim ve çevre parametrelerine göre sıralama ile üç boyutlu bir endeks oluşturularak üniversiteler arası karşılaştırma yapmayı amaçlamışlardır. Çalışmada uygulanacak modelde kullanılacak veriler 2007 yılındaki Dünya Üniversitelerinin Akademik Sıralaması (Academic Ranking of World Universities - ARWU) ve Üç Boyutlu Üniversite Sıralamasında (Three dimensional University Ranking - TUR) yer alan en iyi 35 üniversitenin eğitim, araştırma ve çevre verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın hiyerarşisi araştırma, geliştirme ve çevre olarak gruplandırılmış olup, kategorilerle ilgili kriterler tanımlanarak bunların olumlu ve olumsuz etkilerine göre değerlendirme yapılmıştır. Daha sonra AHS metodu ile parametrelerin ağırlıkları ve sıralama için normalizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Parametrelerin önemleri belirlenirken Saaty (1987)'nin kıyaslama ölçüğü baz alınarak anket

yöntemi ile farklı ülkelerden 40 uzman görüşü alınmıştır. Modele göre değerlendirilen üniversite sonuçları üçgen metoduna dayanan grafiğin üç boyutlu diyagramı ile üniversitelerin araştırma, eğitim ve çevresel boyutları görselleştirilmiştir.

2.7. Üniversite yerleşkelerin çevresel sürdürülebilirliği: uygulanabilir değerlendirme aracı

Koç (2014) tarafından yapılan çalışmada öncelikle Amerika, Kanada ve Avrupa'da önde gelen sürdürülebilirlik ve çevre konuları hakkındaki değerlendirme araçları incelenmiştir. İnceleme sonucunda somut kriterler çalışmada önerilen Çevre Yönetim Sistemleri'ne (Environmental Management System - EMS) dahil edilmiştir. Önerilen sistem çevre yönetim sistemleri, enerji verimliliği, su verimliliği, sürdürülebilir peyzaj, malzeme - atık korunumu, ulaşım ve binalardan oluşmaktadır. Enerji verimliliği; enerji kullanım azalımı, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji üretimini ihtiva etmektedir. Su verimliliği; su kullanım azalımı ve atık su arıtımını içermektedir. Sürdürülebilir peyzaj; sel suyu yönetimi, yağmur suyu yönetimi ve bitki örtüsünden oluşmuştur. Malzeme - atık korunumu; kirliliği önleme, atık azaltılması ve atık geri dönüşümünden oluşmaktadır. Ulaşım kriteri; toplu taşıma, yaya - bisiklet yolu ve emisyon azaltımını içermektedir. Binalar kriterinde ise yeşil bina politikası, yerleşke içi yeşil bina uygulamaları bulunmaktadır. Kriterlerin değerlendirilmesi için sıralamaya yurtdışından 14, yurtiçinden 1 üniversite yerleşkesi dahil edilmiştir. Üniversitelerin yerleşke içi sürdürülebilirlik ve çevre konularındaki çalışmaları kendi web sitelerinden yararlanılarak alınmıştır.

2.8. Yeşil metrik değerlendirme metodu

Endonezya Üniversitesi (University of Indonesia - UI) 2010 yılında üniversite yerleşkelerindeki sürdürülebilirlik çalışmalarını değerlendiren bir sıralama sistemi hayata geçirmiştir. Bu sıralama sistemi dünyadaki üniversitelerin sürdürülebilirlik programlarının ve politikalarının profilini çıkarmak amacıyla çevrimiçi bir anket vasıtasıyla talep eden uluslararası üniversitelerin katılımıyla gerçekleşmektedir. Sistem büyük ölçüde katılımcı üniversitelerin beyanını esas almaktadır. Veri gönderimi tamamlandıktan sonra gönderilen verilerin doğrulanabilir olanları incelenmekte ve gerektiği durumlarda kanıtlanması istenilen

bilgilerin delilleri istenilmektedir (UI GreenMetric Kılavuzu, 2017).

Yeşil Metrik değerlendirme kriterleri altı ana başlık altında toplanmakta ve önem derecelerine göre yüzdelik değerleri verilmektedir. Bunlar; Yapı ve altyapı (%15), enerji ve iklim değişikliği (%21), atık (%18), su (%10), ulaşım (%18) ve eğitim (%18)'dir. Altı ana kategori kendi başlıklarına göre parametrelere ayrılmaktadır. Genel olarak parametrelerde belirlenen koşulların uygunluğuna göre puanlandırma yapılmaktadır. Her parametrenin puanlandırılması sayısal olarak yapılmakta ve bu sayısal veriler istatistiksel olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca kategori ve parametreler haricinde ek bilgilerde talep edilmektedir. Bazı parametrelerde birden fazla seçenek işaretlenerek veri girişi yapılabilmektedir. Bazı parametrelerin veri olarak girilebilmesi için hesaplanması gerekmektedir. Hesaplama ayrıntıları Yeşil Metrik Kılavuzu'nda gösterilen denklemlere göre yapılmaktadır. Yeşil Metrik sistemi geliştirilmekte olup katılımcıların geri dönüşleri ve alandaki son gelişmeler ışığında sürekli olarak güncellenmektedir (UI GreenMetric Kılavuzu, 2017).

2.9. Üniversite ligi (university league) endeksi

2007'de kurulan People & Planet tarafından İngiltere'de yer alan üniversiteler için sıralama sistemidir. Değerlendirme parametreleri ve önem yüzdelik değerleri; sürdürülebilirlik politika ve strateji (%4), sürdürülebilirlik insan kaynakları (%8), çevre denetimleri (%10), etik yatırım (%7), karbon yönetimi (%7), işçi hakları, (%5,5), sürdürülebilir besin (%4,5), öğrenci ve personel katılımı (%5), eğitim (%10), enerji kaynakları (%8), atık ve geri dönüşüm (%8), karbon azaltımı (%15), su azaltımı (%8) şeklindedir. Her bir parametre belirli kriterlere ayrılmaktadır. Parametrelerin yarından fazlası Yüksek Öğretim İstatistik Kurumu (The Higher Education Statistics Agency) ya da kamuya açıklanan bilgilerden elde edilerek hesaplanmaktadır. Bu da puanlandırma durumunun şeffaflığını göstermektedir. Geriye kalan bilgiler ise üniversiteler tarafından açıklanan verilerden elde edilerek hesaplanmaktadır. Kamuya açıklanması gereken fakat üniversite tarafından açıklanmayan bilgilere ulaşılamazsa o kritere sistem tarafından sıfır puan verilmektedir. Üniversitelerden istenilen bilgiler gerekli görüldüğü zamanlarda yenilenmektedir. (University League, 2017).

3. Bulgular

3.1. Yeşil metrik ve üniversite ligi endekslerinin karşılaştırılması

Yerleşkelerdeki endeks sistemlerinde kriterlerin ölçülebilir ve doğrulanabilir olarak kurgulanması, önerilen sistemi diğerlerinden ayıran en önemli özelliktir. Endekslerin parametreler ile ana ve alt kategoriler bazında nicel ve nitel sonuçlar alacak şekilde tasarlanması ve değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu özelliklere ilaveten, yerleşke bazında sürdürülebilirlik hedeflerine bağlı olarak sürekli güncellenmesi ve uygulanabilirliğinin bulunması yönünden Yeşil Metrik ve Üniversite Ligi sistemleri detaylı olarak incelenerek, karşılaştırılmıştır. Yeşil Metrik ve Üniversite Ligi sistemlerini içeren kategori ve önem yüzdeleri Çizelge 2'de yer almaktadır.

Çizelge 2. Yeşil metrik ve üniversite ligi endekslerinin kategorilerine göre önem yüzdeleri

	Kategori	Önem Yüzdesi
Yeşil Metrik Endeksi	Yapı ve altyapı	%15
	Enerji ve iklim değişikliği	%21
	Atık	%18
	Su	%10
	Ulaşım	%18
	Eğitim	%18
Üniversite Ligi Endeksi	Sürdürülebilirlik politika ve strateji	%4
	Sürdürülebilirlik için insan kaynakları	%8
	Çevre denetimleri	%10
	Etik yatırım	%7
	Karbon yönetimi	%7
	İşçi hakları	%5,5
	Sürdürülebilir besin	%4,5
	Öğrenci ve personel katılımı	%5
	Eğitim	%10
	Enerji kaynakları	%8
	Atık ve geri dönüşüm	%8
	Karbon azaltımı	%15
	Su azaltımı	%8

Üniversite Ligi sıralama sisteminde yer alan parametrelerin kriterlerine ve bunların detaylı hesaplama yöntemlerine ulaşılamamıştır. Fakat Yeşil Metrik Endeksinde yer alan kategori, parametre ve kriter bilgilerine ulaşılabilmesi sistemin şeffaf ve hiyerarşik bir yapıda tasarlandığının bir göstergesidir. Buna göre Yeşil Metrik Endeksi 10.000 puan üzerinden değerlendirilmektedir. "Yapı ve Altyapı" 1.500, "Enerji ve İklim" 2.100, "Atık" 1.800, "Su" 1.000,

"Ulaşım" 1.800 ve "Eğitim" 1.800 puana sahiptir. Bazı parametreler katılımcı üniversitelerin girdiği verilerin maksimum ve minimum değerlerine göre standart sapma bazlı olarak puanlandırılmaktadır.

Sıralama sistemlerindeki maksimum önem yüzdeliği Yeşil Metrikte "Enerji ve İklim" iken, Üniversite Ligi'nde "Karbon Azaltımı"dır. En düşük öneme sahip olan parametreler Yeşil Metrikte "Su" kategorisidir olup, Üniversite Ligi'nde "Sürdürülebilir Besin" kategorisidir (Çizelge 2). Önem derecelerine göre Üniversite Ligi'nde yer alan kategorilerin daha detaylı tasarlandığı söylenebilir. Örneğin Yeşil Metrikte karbon çalışmaları "Enerji ve İklim" kategorisinde ve dolaylı olarak "Ulaşım" kategorisinde yer alırken Üniversite Ligi'nde "Karbon Azaltımı" ve "Karbon Yönetimi" başlı başına bir kategori olarak yer almaktadır.

Üniversite Ligi Endeksi içerisinde "Sürdürülebilirlik ve Politika" adı altında kategori yer almaktadır. Bu kategorinin yer alması sistemdeki kategori ve parametrelerinin birbiriyle bağlantılı olmasını ve sürdürülebilirlik uygulamalarının önceden planlanmasını göstermektedir. Üniversite Ligi Endeks sistemi daha detaylı kategorilere yer vermesi sistemin bütünü ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Fakat Üniversite Ligi Endeks sistemine başvuracak üniversitelerin sistemdeki detaylarından dolayı uygulama zorlukları ile karşılaşabileceği söylenebilir.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Üniversitelerin vizyon ve misyonlarının yanı sıra stratejik planlarında da çevre ve sürdürülebilirlik konuları üzerine ağırlık vererek temiz çevre oluşumuna katkıda bulunmaları önemli bir husustur. Yerleşkeler bazında çevresel sürdürülebilirlik endeks sistemlerinin gelişmesi ve yaygınlaşması üniversiteleri bu konuda teşvik etmektedir. Ancak, uluslararası endekslerin birçoğunda net, ölçülebilir ve doğrulanabilir kriterlerin yer almaması ya da üniversiteler için oldukça yüksek standartlar belirlemesinden dolayı, ülkemizdeki üniversitelerin bu beklentilere cevap vermesi zorlaşmakta, sıralamada geriye düşülmekte ve nihai olarak çevresel sürdürülebilirliğe dair motivasyon azalmaktadır. Bu sebeple yerleşkeler için ulusal bazda kapsayıcı, doğrulanabilir ve ölçülebilir bir endeks sisteminin geliştirilmesi üniversitelerin çevresel sürdürülebilirlik konusunda kendi düzeylerini

objektif olarak görmelerini ve daha fazla bilinçlenmelerine ve konuyla ilgili uluslararası düzeye çıkmalarına olumlu olarak etki edeceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Alshuwaikhat, H.M., Abubakar, I., 2008. An Integrated Approach to Achieving Campus Sustainability : Assessment of the Current Campus Environmental Management Practies. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1777 - 1785.

Gomez, F.U., Navarrete, C.S., Lioi, S.R., Marzuca, V.I., 2015. Adaptable Model For Assessing Sustainability in Higher Education. *Journal of Cleaner Production*, 107, 475 - 485.

Koç, H.E., 2014. Environmental Sustainability of University Campuses : A Practical Assessment Tool. Middle East University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, 117s, Ankara.

Kuşat, N., 2013. Yeşil Sürdürülebilirlik İçin Yeşil Ekonomi: Avantaj ve Dezavantajları - Türkiye İncelemesi. *Journal of Yasar University*, 29(8), 4896 - 4916.

Lukman, R., Kraјnc, D., Glavic, P., 2010. University Ranking Using Research, Educational and Environmental Indicators. *Journal of Cleaner Production*, 18, 619 - 628.

Oktay, S.Ö., Küçükyağcı P.Ö., 2015. Üniversite Kampüslerinde Sürdürülebilir Tasarım Sürecinin İrdelenmesi. 2nd International Sustainable Buildings Symposium, 28 - 30 Mayıs, Ankara.

People and Planet, 2007. <https://peopleandplanet.org> (Erişim Tarihi : 28.03.2017)

Saaty, T.L., 1987. The analytic hierarchy process what it is and how it is used. *Math. Model.* 9 (3e5), 161e176.

Shriberg, M., 2002. Institutional Assessment Tools For Sustainability in Higher Education : Strengths, Weaknesses, And Implications For Practice And Theory. *Higher Education Policy* 15, 153 - 167.

UI Greenmetric Dünya Üniversiteler Sıralama Kılavuzu, 2017.

University League, 2017. <https://peopleandplanet.org/university-league> (Erişim Tarihi : 28.03.2017)

Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, Times New Roman yazı tipinde, 10 punto olarak ve düz metin şeklinde yazılmalıdır. Makaleye sayfa ve satır numaraları eklenmelidir.

Kapak sayfası: Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri bulunmalıdır.

Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce): Özet 500 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır. Araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

Ana metin: Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

Dipnotlar: Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında yer almalıdır.

Semboller ve kısaltmalar: Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) göre olmalıdır.

Kaynaklar: Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Özkan vd., 2008; Özdemir, 2015). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayının yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Kandemir, 1999a; 2000b; 2001).

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalı ve ilgili yere eklenmelidir. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller hem elektronik ortamda hem de kağıt baskıda net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde olmalıdır.

Makalenin gönderilmesi: Dergimizin bütün hakemlik ve yayıncılık işlemleri elektronik sistem üzerinden gerçekleştirilmektedir. Dergimize yayın göndermek isteyen yazarların ilk olarak dergimizin “web sitesine” girerek “kayıt” ekranından üye olmaları gerekmektedir. Kayıtlı yazarlarımız sisteme “giriş” yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte ve hakem önerilerini de içeren “Telif Hakkı Devri Formunu” sisteme ek belge olarak yüklemelidirler.

Instructions for authors

Manuscript should be written in A4 page size, with Times New Roman font and 10 pt font size, as plain text. Page and line numbers should be included into the manuscript.

Cover page: Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

Title and abstract (Turkish and English): Abstract should not written exceed 500 words. Explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

Main text: Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

Footnotes: Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be located below tables and figures.

Symbols and abbreviations: Unit symbols should comply with The International System of Units.

References: In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Özkan et al., 2008; Özdemir, 2015). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Kandemir, 1999a; 2000b; 2001).

Tables and figures: All tables and figures should be numbered in the order of their citation in the text, and they should be located in suitable places. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. Tables and figures should be easily visible and understandable both in print and electronic versions. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution. Characters within the figures should be in Times New Roman font type.

Submission of a manuscript: In our journal, all review and publishing processes are conducted within an electronic system. Authors who want to submit their manuscript to our journal should first visit our “web page” and “register” as an author. Our registered members can “log in” to the system and then upload their manuscript and “COPYRIGHT RELEASE FORM” as an appendix, containing their suggested referees.

Kaynaklar

Kaynak kullanımları aşağıda örneklerde belirtilen şekillerde olmalıdır.

References

Using of references should be in the form as follows.

Article in periodical journals / Periyodik dergilerde makale

- Akyıldırım, O., Gökce, H., Bahçeli, S., Yüksek, H. (2017). Theoretical and Spectroscopic (FT-IR, NMR and UV-Vis.) Characterizations of 3-p-chlorobenzyl-4-(4-carboxybenzylidenamino)-4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-one Molecule. *Journal of Molecular Structure*, 1127: 114-123.
- Tan, S., Williams, C.T. (2013). An In Situ Spectroscopic Study of Prochiral Reactant–Chiral Modifier Interactions on Palladium Catalyst: Case of Alkenoic Acid and Cinchonidine in Various Solvents. *J. Phys. Chem. C*, 117(35): 18043–18052.

Book / Kitap

- Özkan, K. (2016). *Biyolojik Çeşitlilik Bileşenleri (α , β , γ) Nasıl Ölçülür?* Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 98, ISBN: 976-9944-452-89-2, Isparta, 142 s.
- Whittaker, E. T. (1988). *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies*. Cambridge University Press.

Reference to a chapter in an edited book / Kitapta bölüm

- Westhoff, V., Van Der Maarel, E. (1978). The braun-blanquet approach in classification of plant communities, Reinhold Tüxen (Ed.), *Handbook of Vegetation Science*, Springer Netherlands, pp. 619-704.
- Şencan, A., Sevindir, H.C., Kiliç, M., Karaboyacı, M. (2011). Biosorption of CR+ 6 from Aqueous Solution with Activated Sludge Biosolids (Ref. NO: MT11-OP-475), Gökçekus, H., Türker, U., LaMoreaux, J.W., (Ed, *Survival and Sustainability*, 973-984.

Thesis and dissertation / Tez

- Gülsoy, S. (2011). *Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Enler (Anacardiaceae)'in Göller Yöresi'ndeki Yetiştirme Ortamı Özellikleri ve Yetiştirme Ortamı-Meyve Uçucu Yağ İçeriği Etkileşimleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 194 s.
- Özdemir, S. (2015). Ovacık Dağı Yöresi'nde Türk Kekliği (*Origanum onites* L.) ve Büyük Çiçekli Adaçayı (*Salvia tomentosa* Miller) Türlerinin Ekolojik Özellikleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. 74s.

Conference proceedings / Konferans bildirisi

- Özkan, K., Kavgacı, A. 2009. Küresel ısınmanın orta dağlık alanlarda tür çeşitliliği üzerine olası etkileri (Acıpayam yöresi örneği). I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu (Eds: Palta, Ç.), 16-18 Haziran 2009, Konya, Türkiye, 277-284.
- Özkan, K., Negiz, M.G., Şentürk, Ö., Kandemir, H. (2012). Göller Bölgesi'ndeki Bazı Önemli Rekreasyon Alanları ve Onların Ekolojik Özellikleri, I. Rekreasyon Araştırmaları Kongresi 2012, Bildiri Kitabı, 12-15 Nisan, 587-596, Detay Yayıncılık, Kemer-Antalya.

Electronic reference / Elektronik kaynak

- FAO, (2016). *Sustainable Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/sustainability/en/>, Accessed: 14.06.2016.
- Milliparklar, (2017). Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü. <http://www.milliparklar.gov.tr/korunanalanlar/kavramlar.htm>, Erişim Tarihi: 18.06.2017.

Bilge International Journal of Science and Technology Research online ve açık erişimli yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Dergi dili İngilizce ve Türkçe'dir. Yılda iki sayı yayınlanan dergide Temel bilimler, Doğa bilimleri, Mühendislik ve Teknoloji bilimleri konularında bilimsel makaleler yayınlanmaktadır. Dergimize gönderilen makalelerin daha önce yayınlanmamış orijinal çalışmalar olması gerekmektedir. Dergide yayımlanacak makalenin atıflarından, bilimsel verilerinden, sonuçlarından ve etik kurallara uygun olup olmadığından yazarlar sorumludur (yazar/yazarlar bu durumu telif hakkı sözleşmesinde kabul eder). Orijinal araştırmaya dayalı çalışmalara öncelik verilmekte, sınırlı sayıda derleme makale yayınlanmaktadır. Dergiye gönderilen makale, yayın kurulu tarafından yayına uygunluk açısından incelendikten sonra en az iki hakeme gönderilir. Hakemlerin değerlendirmeleri sonucunda en az iki yayınlanabilir raporu alan makale, dergi yönetimince uygun görülen bir sayıda yayımlanır. Hakem raporlarının birisinin olumlu, diğerinin olumsuz olması durumunda makale üçüncü bir hakeme gönderilir. Bu durumda makalenin yayımlanıp yayımlanmamasına üçüncü hakemin raporuna göre karar verilir. Hakemler tarafından düzeltme istenen makaleler gerekli düzeltmeler için yazara geri gönderilir. Düzeltilen metnin belirtilen sürede dergi sistemine yüklenmesi yazarın sorumluluğundadır. Makalenin yayımlanması konusunda son karar, dergi editörlüğüne aittir.

Bilge International Journal of Science and Technology Research is an online, open access, peer-reviewed, international research journal. Language of the journal is English and Turkish. The journal published two issues a year publishes scientific articles on the subjects of Basic Sciences, Natural Sciences, Engineering and Technology. Authors should only submit original work, which has not been previously published and is not currently considered for publication elsewhere. The authors are responsible for the citations of the article to be published, its scientific data, its results, and whether it is in line with ethical rules (Author / authors accept that in the copyright agreement). Research papers will be given priority for publication while only a limited number of review papers are published in a given issue. The articles are sent to least two reviewer after examined by the editor board in terms of compliance with the publication. As a result of the evaluations of the reviewers, the article which received at least two publishable reports will be published at a suitable number for the management of the journal. If one of the reviewer reports is positive and the other is negative, the article will be sent a third reviewer. In this case, the publication of the article is decided according to the third report. The articles corrected by the referees are returned to the author for necessary corrections. It is the responsibility of the author to upload the revised text to the journal system for the specified period. The final decision on the publication of the article belongs to chef editor.