

Kurumsal Karbon Ayak İzi Tespiti: Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi Örneği

Oğuz Şahiner^{1*}

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye

*(oguzdahinn@gmail.com) Başlıca yazarın mail adresi

(Received: 28 April 2025, Accepted: 07 May 2025)

(4th International Conference on Scientific and Innovative Studies ICSIS 2025, April 29-30, 2025)

ATIF/REFERENCE: Şahiner, O. (2025). Kurumsal Karbon Ayak İzi Tespiti: Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi Örneği. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 9(5), 52-63.

Özet – Sera gazı emisyonları dünya genelinde en önemli gündem maddelerinden biri haline gelmiş durumdadır. Sera gazları başta iklim değişikliği olmak üzere birçok çevresel sorunlara yol açabilmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği tehdidine karşı sera gazlarını azaltıcı faaliyetlere yönelik çalışmalar hız kazanmaktadır. Küresel ısınmaya doğrudan etki eden sera gazlarının başında CO₂ gelmektedir. Atmosferdeki CO₂ miktarının sürekli artış göstermesi karbon ayak izi kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Böylece araştırmacılar farklı alanlarda karbon ayak izi hesaplama çalışmalarına yönelmişlerdir. Bu çalışmada sera gazlarından biri olan CO₂ emisyonları dikkate alınarak Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi'nin kurumsal karbon ayak izi belirlenmiştir. Karbon ayak izi hesaplamalarında Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) klavuzu esas alınmış olup Tier 1 ve Tier 2 yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca Yerleşke sınırları içerisinde bulunan karbon yutak alanların etkisi de incelenmiştir. Böylece net karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Buna göre yerleşkenin CO₂ emisyonu, yutak alanlar tarafından tutulan CO₂ ve yerleşkenin net CO₂ miktarı sırasıyla 4.527.977 kgCO₂/yıl, 1.018.060 kgCO₂/yıl ve 3.509.917 kgCO₂/yıl olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Küresel Isınma, İklim Değişikliği, Sera Gazları, Karbon Ayak İzi, Karbon Yutak Alanlar.

I. GİRİŞ

Dünya nüfusunun gün geçtikçe artması endüstriyel faaliyetlerin ve enerji tüketimlerinin artışına yol açmaktadır. Bu nedenle sera gazı emisyonları da artış eğilimi göstermektedir. Ortaya çıkan sera gazları dünya sıcaklığının yüksek değerlere çıkmasına sebep olmakta ve iklim değişikliklerini artırmaktadır. İklim değişikliğinin yol açtığı ve giderek şiddetlenen aşırı hava olayları bu sorunun açık bir göstergesidir. İklim değişikliği konusunda Avrupa Birliği 2030 yılına kadar birtakım hedefler belirlemiştir. Bu hedefler arasında 1990 seviyelerine kıyasla net sera gazı emisyonlarında %55'lik bir azalma ve Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyumlu olarak 2050 yılına kadar karbon nötrlüğüne ulaşma hedefi yer almaktadır [1], [2], [3], [4]. Türkiye'de Avrupa Birliği uyum süreci çerçevesinde 2014 yılında Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik yayımlanmış ve bu kapsamda veri yönetim sistemleri oluşturulmuştur.

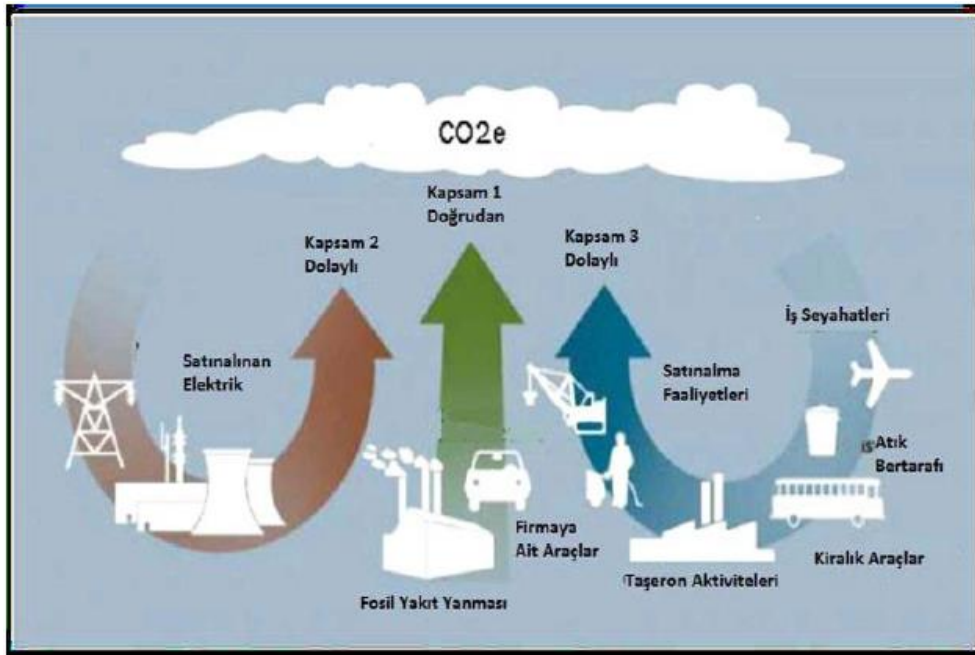
Sera gazları N₂O, CH₄, CO₂ ve diğer gazlardan oluşmaktadır [5]. CO₂ sera gazlarının başında gelmektedir ve son yıllarda CO₂ emisyonlarının olumsuz etkileri dünya genelinde giderek artan bir sorun haline gelmiştir [6]. Sera gazı emisyonları göz önüne alındığında, bunları kontrol etmek ve azaltmak son

derece önemli hale gelmektedir. CO₂ emisyonların bu bağlamda ele alınması, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede önemli ilerleme kaydedilmesine yol açabilecektir [7], [8], [9].

Atmosferdeki CO₂ miktarının artış göstermesi karbon ayak izi kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Buna bağlı olarak farklı faaliyet alanlarına göre karbon ayak izi hesaplama çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda bireysel karbon ayak izi [10], [11] hesaplamaları yapılmasının yanı sıra kurumsal karbon ayak izi [12], [13], [14], [15] çalışmaları da yapılmaktadır. Bu çalışmada yüksek öğretim faaliyeti yürüten Düzce Üniversitesi'nin Konuralp Yerleşkesine ait kurumsal karbon ayak izi hesaplanmıştır. Ayrıca Konuralp Yerleşkesinde bulunan karbon yutak alanlar tarafından tutulan CO₂ miktarı da hesaplanmış olup böylece net CO₂ miktarı belirlenmiştir.

II. KARBON AYAK İZİ

Karbon ayak izi, insan faaliyetleri sonucu doğrudan veya dolaylı olarak ortaya çıkan CO₂ miktarı olarak tanımlanmaktadır. CO₂ emisyonları fosil yakıt kullanımı, elektrik tüketimi, gıda üretimi, seyahatler ve diğer faaliyetler yoluyla ortaya çıkmaktadır. Karbon ayak izi, kurumlar veya kişilerin günlük faaliyetlerinin toplam sera gazı miktarını ne kadar etkilediğine dair bir sonucuna ulaşılmasını sağlamaktadır. Karbon ayak izi değerlendirilmesi aşamalarında sadece açığa çıkan emisyonlar değil, açığa çıkabilecek dolaylı emisyonların da dikkate alınması gerekmektedir [16], [17], [18], [19]. Kapsam 1, kapsam 2 ve kapsam 3 olmak üzere CO₂ salınımına doğrudan veya dolaylı olarak sebep olan faaliyetlere ilişkin görsel Şekil 1'de verilmiştir [14].



Şekil 1. CO₂ Kaynakları

Kurumsal seviyede karbon ayak izinin belirlenmesi ve raporlanmasına dair Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından yayımlanmış olan ISO 14064-1 "Sera Gazı Salımlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Raporlanmasına Dair Kılavuz ve Özellikler" standardı kullanılmaktadır. ISO 14064-1 standardı kuruluşun, sera gazı emisyonlarının hesaplanmasına ve raporlanmasına dair kuruluş seviyesinde ilkeleri ve gereklilikleri içermektedir. Ayrıca Publicly Available Specification (PAS) standartları da yaygın kullanılan standartlardır. PAS 2060 "Karbon Nötrlüğünün Gösterilmesine İlişkin Şartname" standardı ürünlerin sera gazı emisyonlarının değerlendirilmesinde kullanılan standarttır. Bu standartlar, kurumsal olarak doğrudan veya dolaylı olarak sera gazı hesaplamalarındaki esasları

belirlemektedir. Yapılan çalışma ve hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan envanterin bağımsız denetleme kuruluşları tarafından onaylanması halinde belgelendirme işlemi yapılabilmektedir.

III. KARBON YUTAK ALANLAR

Yutak alanlar kavramı ilk olarak BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kılavuzunda yer almıştır. Yutak alanlar; ormanlar, çayır ve meralar, tarım alanları, sulak alanlar ve diğer alanlar olarak ifade edilmektedir. Karasal ve su ekosistemleri, gezegenimizdeki sera gazlarından CO₂'yi tutan ve atmosfere karışmasını önleyen en önemli yutaklardır [20].

Karasal biyosfer, insan faaliyetleri sonucun meydana gelmiş olan toplam CO₂ emisyonlarının yaklaşık üçte birini tutma kapasitesine sahiptir. Bu sebeple CO₂ konsantrasyonlarının artışından kaynaklanan iklim değişikliğini hafifletmede önemli bir rol oynamaktadır [21], [22]. Karasal ekosistemlerde karbon yutak alanları artırarak CO₂ emisyonlarını azaltmak, küresel iklim değişikliğiyle mücadelede ve karbon nötr hedefine ulaşmada önemli bir faktördür [23], [24]. Karasal ekosistemlerin bir bileşeni olan bitki örtüsü, karbon dengesini düzenlemede oldukça önemli bir yere sahiptir [23], [25], [26]. Ormanlık alanlar karbon bağlama ve depolama açısından diğer karasal ekosistemlere göre daha etkindir. Orman ekosistemleri, ağaçlardaki bitkisel kütle birikimi sayesinde, önemli miktarda karbon depolanmasına yardımcı olmaktadır [27]. Karasal ekosistemlerde karbon yutak alanların önemli bir kaynağı olan bitki örtüsü, fotosentez yoluyla CO₂ emilimi sağlamaktadır. Bu nedenle orman, bitki örtüsü ve diğer ekosistemler karasal karbon döngüsünün süreçlerini büyük ölçüde etkilemektedir [23], [28], [29], [30].

Sulak alanlar da karbon döngüsünde önemli bir yere sahiptir. Karasal ve sulak ekosistemler arasında yer alması sebebiyle iki farklı sistemin biyojeokimyasal bakımdan bağlanması yönünden önem taşımaktadır. Sulak alanlar gazların döngüsünde önemli bir yere sahiptir ve karbonun toprakta tutunmasında rol oynamaktadır. Yapılan bir çalışmada 280 km² yüzey alanına sahip olan gölün 69.191,96 ton/yıl karbon tutma kapasitesinin olduğu 0,20 km² yüzey alanına sahip olan başka bir göl için bu değer 19,70 ton/yıl olduğu belirlenmiştir [31].

T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü tarafından, şehirlerde karbon yutak alanları da içeren bir çalışma yapılmıştır. İlgili çalışma ile yutak alanlar tarafından tutulan CO₂ hesaplama yöntemlerinden bahsedilmiştir. Hesaplama yöntemleri kullanılarak karbon yutak alanların karbon tutma kapasitelerinin belirlenmesi mümkün hale gelmektedir. Böylece karbon yutak alanların CO₂ tutma kapasiteleri hesaplanarak iklim değişikliğine yaptığı olumlu katkı belirlenebilmektedir [32].

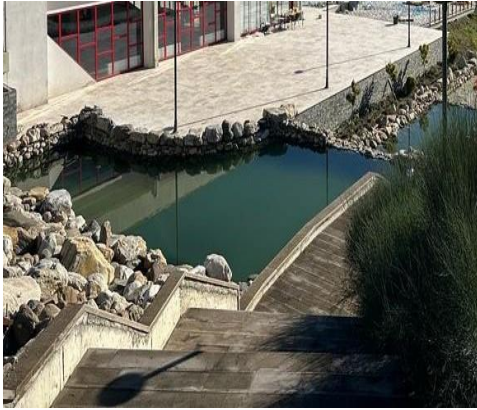
IV. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmaya konu olan Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi, Düzce Kenti'nin kuzeyinde yer almaktadır. Yerleşkeye ait görsel Şekil 2'de görülmektedir.

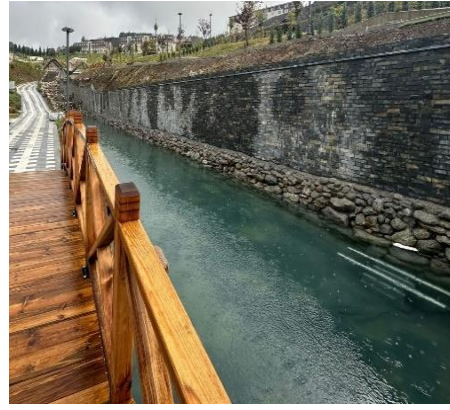


Şekil 2. Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi

Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesinde 10 Fakülte, 1 Enstitü, 1 Araştırma Hastanesi bulunmaktadır. Bunun yanında derslikler, yemekhane binası, araştırma merkezleri, spor alanları ve kafeterya yer almaktadır. Yerleşkenin günlük nüfus hareketi 1.771 personel, 19.375 öğrenci olmak üzere toplam 21.146 kişidir. Yerleşkede toplam 255.363 m² olmak üzere 30 adet hizmet binası, toplam 1.769.674 m² açık alan bulunmaktadır. Açık alanların 710.325 m²'si ormanlık alan, 288.762 m²'si yerleşkede bulunan yol, otopark ve hizmet binası zemin alanı, 30.000 m²'si peyzaj alanları ve 740.587 m²'si diğer alanlardan oluşmaktadır. Yerleşke peyzaj alanları; çim alanlar, yol kenarı peyzaj alanları, ağaçlandırılmış alanlar ve çeşitli bitki türlerini barındıran botanik bahçe olarak sayılabilir. Botanik bahçeye ilişkin görseller Şekil 3-5'de görülmektedir. Botanik bahçede, hem farklı bitki türleri yer alırken hem de havuz, gölet, şelale şeklinde tasarlanmış süs havuzları bulunmaktadır.



Şekil 3



Şekil 4



Şekil 5

Şekil 3-5. Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi Botanik Bahçe

Eğimli bir arazide bulunan botanik bahçede farklı boy ve derinliklerden oluşan 12 adet gölet/havuz bulunmaktadır. Gölet/havuzların ortalama derinliği 1 m olup toplam yüzey alanı 1.600 m² dir.

Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi karbon ayak izi hesaplamasında elektrik tüketimi, doğalgaz tüketimi, akaryakıt tüketimi, su tüketimi, yerleşkeye giriş yapan araç sayıları kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan veriler 2024 yılına ait olup, rektörlüğe bağlı ilgili daire başkanlıklarından alınmıştır. Üniversiteye ait araçlar ile kat edilen mesafeler yerleşke içi, şehir içi veya şehirlerarası kullanımlar şeklinde olabilmektedir. Tüm kullanımlar üniversitenin iş ve işlemleri ile ilgili olmasından dolayı yerleşke dışı kullanımlar da hesaplamalara dahil edilmiştir. Ancak ulaşım amaçlı yerleşkeye giriş yapan araçlar için sadece yerleşke sınırları içerisindeki mesafeler dikkate alınmıştır. Yerleşkenin araç girişi yapılan iki kapısı bulunmaktadır ve sadece yerleşke kapılarından giriş yapan araçlar için hesaplamalar yapılmıştır. Bu sebeple hastane bölgesine gelen araçlar hesaplamalara dahil edilmemiştir. Giriş kapılarına göre en yakın hizmet binası 100 m iken en uzak hizmet binası 1100 m'dir. Otomobiller için ortalama mesafe 600 m, toplu taşıma araçları için 1100 m olarak baz alınmıştır. Yerleşkeye giriş yapan araç sayısı bilinmekle birlikte bunların yakıt türüne ilişkin veri bulunmamaktadır. Araçların dizel, benzin ve LPG yakıt türüne ilişkin olarak TÜİK verileri kullanılmıştır. Bu verilere göre Türkiye'de trafiğe kayıtlı otomobillerin yaklaşık %35'i dizel, %33'ü LPG, %31'i benzin, %1 diğer araçlardan oluşmaktadır [33]. Yerleşkeye giriş yapan araçların yakıt tüketim değerleri, araçların 100 km için tükettikleri yakıt miktarına göre belirlenmiştir. Buna göre dizel otomobiller için 7,3 litre, benzinli otomobiller için 8,5 litre, LPGli otomobiller için 11,2 litre ve otobüsler için 29,90 litre değerleri kullanılmıştır [34].

A. Metot

Ana CO₂ salınımına doğrudan veya dolaylı olarak sebep olan faaliyetler kapsam 1, kapsam 2 ve kapsam 3 şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kapsam 1 olarak üniversiteye ait araçların kullandığı yakıt miktarı, ısınma amaçlı kullanılan enerji ve su tüketimi; Kapsam 2 olarak üniversitenin her türlü faaliyetleri için tükettiği elektrik enerjisi; Kapsam 3 olarak üniversite yerleşkesine ulaşım amaçlı giriş yapan araç verileri kullanılmıştır. Yerleşkede bulunan karbon yutak alanlar da hesaplamalara dahil edilmiştir. Böylece net karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan veriler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Hesaplamalarda kullanılan veriler

	Adı		Miktar
EMİSYON KAYNAKLARI	Elektrik (kws)		5.118.620
	Su (m³)		181.800
	Doğalgaz (m³)		899.611
	Akaryakıt (Litre)	Benzin	1.737
		Motorin	54.780
	Ulaşım / Otomobil (Adet)	Yakıt Türü	
		Benzin	50.397
		Dizel	56.900
		LPG	53.648
Ulaşım / Toplu taşıma (Adet)	Motorin	37.650	
YUTAK ALANLAR	Ormanlık Alan (m²)		710.325
	Peyzaj Alanı (m²)		28.400
	Gölet/Havuz (m²)		1.600
	Diğer Alanlar (m²)		740.587

Yerleşkenin karbon ayak izi hesaplamasında Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) klavuzu esas alınmış olup Tier 1 ve Tier 2 yöntemleri kullanılmıştır. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın 22.07.2014 tarih ve 29063 sayılı Resmi Gazete yayımlanan Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ verileri alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalarda kullanılacak olan yakıtlara ilişkin veriler Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Kalorifik değerler ile bağlantılı yakıt emisyon faktörleri ve yoğunlukları [35], [36], [37]

Yakıt Tipi	Emisyon Faktörü (kg CO ₂ /TJ)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Yoğunluk (kg/m ³)
Benzin	69.300	44,3	747
Motorin	74.100	43	833
Doğalgaz	56.100	48	0,78
LPG	63.100	47,3	495

B. Hesaplama Kullanılan Denklemler

1. Karbon Emisyon Hesabı

Üniversiteye ulaşım amaçlı giriş yapan araçlar, üniversiteye ait araçlar tarafından kullanılan akaryakıt ile ısınma amaçlı kullanılan doğalgaza ilişkin tüketimler, enerji içeriği ve CO₂ emisyonu Denklem 1-3 ile hesaplanmıştır.

$$Yakıt Tüketimi (kg) = T (lt) * Y (kg/m^3) * D.F \quad (1)$$

$$Enerji İçeriği (TJ) = Y.T (kg) * N.K.D (TJ/Gg) * D.F \quad (2)$$

$$CO_2 Emisyonu (kgCO_2) = E.İ (TJ) * E.F (kgCO_2/TJ) \quad (3)$$

Burada;

T: Yakıt tüketim miktarı

Y: Yoğunluk

N.K.D: Net kalorifik değer

E.İ: Enerji içeriği

E.F: Emisyon faktörü

D.F: Dönüşüm faktörünü ifade etmektedir.

Yerleşkede kullanılan suyun emisyon faktörü, hesaplamada 0,0014 kgCO₂/L olarak kabul edilmiştir [38]. Yerleşkede kullanılan suyun CO₂ emisyonu Denklem 4 ile hesaplanmıştır.

$$CO_2 \text{ Emisyonu (kgCO}_2) = S.T (m^3) * E.F (kgCO_2/L) * D.F \quad (4)$$

Burada;

S.T: Su tüketim miktarı

E.F: Emisyon faktörü

D.F: Dönüşüm faktörünü ifade etmektedir.

Yerleşkede kullanılan elektriğin emisyon faktörü, hesaplamada 0,442 tonCO₂/MWs olarak kabul edilmiştir [36]. Yerleşkede kullanılan elektriğin CO₂ emisyon hesabı Denklem 5 ile hesaplanmıştır.

$$CO_2 \text{ Emisyonu (kgCO}_2) = E.T (kWs) * E.F (tonCO_2/kWs) \quad (5)$$

Burada;

E.T: Elektrik tüketim miktarı

E.F: Emisyon faktörünü ifade etmektedir.

2. Karbon Yutak Alan Hesabı

Yerleşkenin karbon yutak alanların hesaplanmasında aşağıdaki başlıklar çerçevesinde hesaplamalar yapılmıştır. Yerleşke sınırları içerisinde bulunan yutak alanlara ilişkin görsel Şekil 8’de görülmektedir.

- Yerleşke sınırları içerisinde bulunan ormanlık alan (kırmızı taralı alan)
- Yerleşke sınırları içerisinde bulunan ağaçlandırılmış peyzaj alanları (yeşil taralı alan)
- Yerleşke botanik bahçede bulunan havuz/gölet alanları (mavi işaretlenmiş bölge)
- Yerleşkede bulunan diğer alanlar



Şekil 8. Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi görüntüsü

Yerleşkenin karbon yutak alanlarına ilişkin hesaplamalarda T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan çalışmadan faydalanılmıştır. Yapılmış olan çalışmada net ağaçlık alan illere göre belirlenmiştir. Düzce ili merkez ilçe için ağaçlık alan 177,44 ha, CO₂ tutma kapasitesi yıllık 1.990,88

ton/ha olarak belirlenmiştir [32]. Buna göre 1 ha ağaçlık alan için CO₂ tutma kapasitesi 11,22 ton/ha'dır. Su yüzeylerinde ve meralarda (yeşil alan) ormanlık alanların CO₂ tutma kapasitesinin 0,89 katı, diğer açık alanlarda ormanlık alanların CO₂ tutma kapasitesinin 0,23 katı olarak belirlenmiştir [39]. Yerleşkenin yutak alan hesabı Denklem 6-9 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Ormanlık Alanda Tutulan CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{)} = A \text{ (m}^2\text{)} * 11,22 \text{ (ton/ha)} * D.F \quad (6)$$

$$\text{Göl/Havuzda Tutulan CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{)} = A \text{ (m}^2\text{)} * 11,22 \text{ (ton/ha)} * 0,89 * D.F \quad (7)$$

$$\text{Peyzaj Alanlarında Tutulan CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{)} = A \text{ (m}^2\text{)} * 11,22 \text{ (ton/ha)} * 0,89 * D.F \quad (8)$$

$$\text{Diğer Alanda Tutulan CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{)} = A \text{ (m}^2\text{)} * 11,22 \text{ (ton/ha)} * 0,23 * D.F \quad (9)$$

Burada;

A: Alanı

D.F: Dönüşüm Faktörünü ifade etmektedir.

V. SONUÇLAR

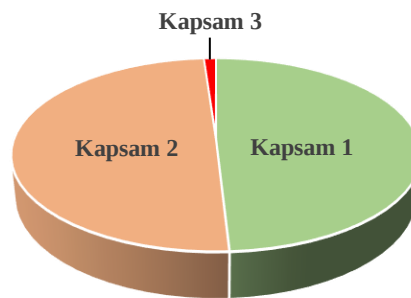
A. CO₂ Emisyonu Sonuçları

Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi CO₂ emisyonu sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. En yüksek CO₂ emisyon değeri elektrik kullanımından kaynaklanırken, bunu doğalgaz tüketimi izlemektedir. En düşük değer ise ulaşım/otomobil kategorisinde meydana gelmiştir.

Tablo 3. CO₂ emisyon sonuçları

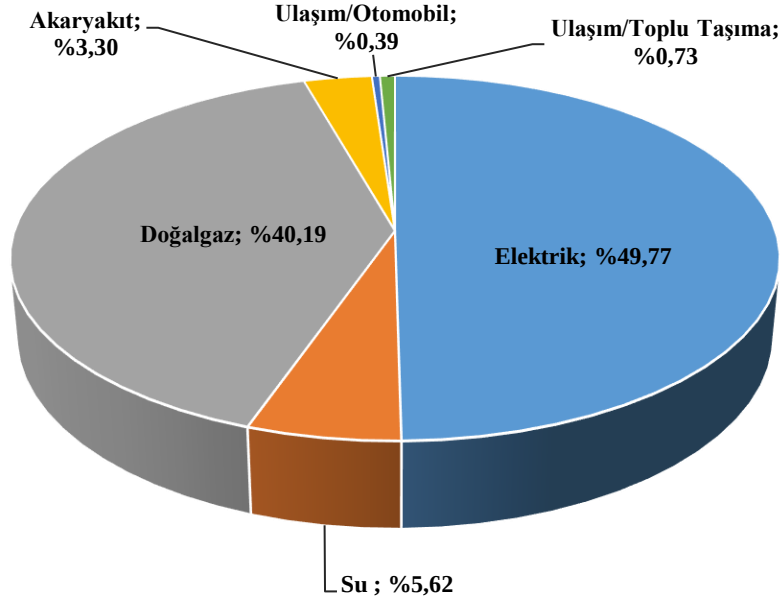
Kapsam	Kaynak	CO ₂ Emisyonu (kgCO ₂ /yıl)
Kapsam 1	Doğalgaz	1.822.166
	Su	254.520
	Akaryakıt	149.380
Kapsam 2	Elektrik	2.262.430
Kapsam 3	Ulaşım/Otomobil	17.835
	Ulaşım/Toplu Taşıma	32.867
Toplam		4.527.977

CO₂ emisyonlarının kapsamlarına göre dağılımları Şekil 9'da görülmektedir. Yerleşkenin toplam CO₂ emisyonlarının yüzdelik dağılımları kapsam 1, kapsam 2 ve kapsam 3 olarak sırasıyla %49,11, %49,77 ve %1,12 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9. Kapsamına göre CO₂ emisyon dağılımı

CO₂ emisyonlarının kaynaklarına göre dağılımları Şekil 10'da görülmektedir. En yüksek CO₂ emisyonuna sebep olan elektrik tüketimi, tüm emisyonların neredeyse yarısına denk gelmektedir. Bunu doğalgaz tüketimi, su tüketimi, akaryakıt tüketimi takip etmektedir. En düşük emisyon değeri otomobil ile ulaşım kategorisinde meydana gelmiştir.



Şekil 10. Kaynağına göre CO₂ emisyon dağılımı

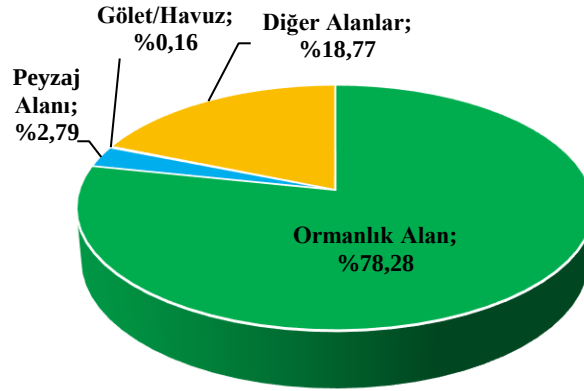
B. Karbon Yutak Alan Sonuçları

Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi karbon yutak alan sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. En yüksek CO₂ tutma kapasitesi ormanlık alan olurken, en düşük CO₂ tutma kapasitesi gölet/havuz olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. Karbon yutak alan sonuçları

Adı	CO ₂ Tutma Kapasitesi (kgCO ₂ /yıl)
Ormanlık Alan	796.986
Peyzaj Alanı	28.360
Gölet/Havuz	1.598
Diğer Alanlar	191.116
Toplam	1.018.060

Karbon yutak alanların CO₂ tutma kapasitesi dağılımları Şekil 11'de görülmektedir. En yüksek CO₂ tutma kapasitesi ormanlık alana ait olup, tüm yutak alanların %78,28'ine denk gelmektedir. Bunu diğer alanlar ve peyzaj alanları takip etmektedir. En düşük CO₂ tutma kapasitesi gölet/havuz olarak belirlenmiştir.

Şekil 11. Yutak alanların CO₂ tutma kapasitesi dağılımı

VI. DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmada Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi CO₂ salınımı 4.527.977 kgCO₂/yıl, yutak alanların CO₂ tutma kapasitesi 1.018.060 kgCO₂/yıl olarak hesaplanmıştır. Böylece Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi net CO₂ emisyonu 3.509.917 kgCO₂/yıl'dır. Türkiye'de 2024 yılı kişi başı ortalama CO₂ emisyonu yaklaşık 6600 kgCO₂ eşd.'dir [40]. Yerleşke nüfusu göz önüne alındığında Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi için kişi başı CO₂ emisyonu 166 kgCO₂/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre Konuralp Yerleşkenin kişi başı CO₂ emisyonu Türkiye ortalamasından yaklaşık 40 kat daha küçüktür. Konuralp Yerleşkesi kişi başı CO₂ emisyonunun Türkiye ortalama değerinden düşük olmasında karbon yutak alanların da etkisinin olduğu düşünülmektedir. Özellikle ormanlık alanların karbon tutma kapasitesinin oldukça yüksek olduğu bilinmektedir [41]. Yerleşke sınırları içerisinde bulunan ormanlık alanın da önemli bir karbon tutma kapasitesinin olduğu görülmektedir. Ayrıca Konuralp Yerleşkesinde bulunan diğer karbon yutak alanların da göz ardı edilemeyecek etkisi bulunmaktadır.

Yerleşkede karbon salınımına sebep olan faaliyetler olarak enerji tüketimi, su tüketimi, akaryakıt tüketimi ve ulaşım değerleri üzerinden hesaplamalar yapılmış olup, bahsi geçen kaynakların tasarruflu bir şekilde kullanılması daha az karbon salınımına sebep olacaktır. Bunun yanında Yerleşkede yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi, su geri kazanım sistemleri ve atık geri dönüşümü de karbon ayak izini azaltıcı faaliyetler olarak sayılabilir. Geri dönüştürülebilir atıklardan 1.000 kg kağıt, plastik ve metal atık sırasıyla 177 kg, 41 kg ve 95 kg sera gazı kazandırmaktadır [42]. TÜİK verilerine göre Türkiye'de kişi başı günlük atık miktarı 1,03 kg'dır ve bunun %25'i değerlendirilebilir atık niteliğindedir [43], [44]. Yerleşke nüfusu dikkate alındığında, yıllık (265 işgünü) yaklaşık 5.771.800 kg atık oluşmaktadır ve bunun 1.442.950 kg'ı geri dönüştürülebilir niteliktedir. Geri dönüştürülebilir atıkların yaklaşık %56'sı kağıt, %20'si plastik, %5'i metal, %6'sı cam, %4'ü karışık ve %9'u fire oranı olmak üzere karakterize edilmektedir [45]. Buna göre Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesinde geri dönüştürülebilir atıkların değerlendirilmesi sonucunda kağıt, plastik ve metal atıklar için toplam 161.739 kg sera gazı kazanımı sağlanmış olacaktır.

GreenMetric Endonezya Üniversitesi tarafından 2010 yılında başlatılan yeşil kampüs ve çevresel sürdürülebilirlik üzerine bir sıralamadır. 6 kriterdeki 39 gösterge aracılığıyla, UI GreenMetric Dünya Üniversite Sıralaması belirlenmektedir. Üniversiteleri sürdürülebilirlik, çevreye duyarlılık, enerji ve iklim değişikliği konularında değerlendiren sistem belli kriterlere göre puanlama yapmaktadır. Sıralamalarda 2010 yılında 35 ülkeden 95 üniversite bulunurken, 2022 yılında 85 ülkeden 1050 üniversiteye çıkmış

durumdadır. Bu sistemde farklı kriter ve göstergeler bulunmaktadır. Bu kriterlerden biri de iklim değişikliği parametresidir ve sera gazları emisyonu azaltma programı göstergesini içermektedir [46]. Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesinde sera gazı emisyonunu azaltıcı faaliyetlerin uygulanması durumunda Düzce Üniversitesinin greenmetric dünya üniversite sıralaması puanına pozitif katkı yapacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın yürütülmesi aşamasında verilen destekten dolayı Düzce Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] Liobikienė, G., & Brizga, J. (2025). Factors Influencing Carbon Footprint in Latvian Consumption: Environmental Awareness and a Socio-Economic Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 144664.
- [2] Skjærseth, J. B. (2021). Towards a European Green Deal: The evolution of EU climate and energy policy mixes. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 21(1), 25-41.
- [3] Perissi, I., & Jones, A. (2022). Investigating European Union decarbonization strategies: Evaluating the pathway to carbon neutrality by 2050. *Sustainability*, 14(8), 4728.
- [4] Beghetto, V., Gatto, V., Samiolo, R., Scolaro, C., Brahimi, S., Facchin, M., & Visco, A. (2023). Plastics today: Key challenges and EU strategies towards carbon neutrality: A review. *Environmental Pollution*, 122102.
- [5] Lin, T. Y., Chiu, Y. H., Chen, C. H., & Ji, L. (2025). Renewable energy consumption efficiency, greenhouse gas emission efficiency, and climate change in Europe. *Geoenergy Science and Engineering*, 247, 213665.
- [6] Dong, C., Jiang, J., Ye, B., Xia, C., & Zhang, Y. (2024). LCA-based cost-benefit assessment and carbon footprint accounting of CCUS technologies in China. *Journal of Cleaner Production*, 144557.
- [7] Liobikienė, G., & Dagiliūtė, R. (2016). The relationship between economic and carbon footprint changes in EU: The achievements of the EU sustainable consumption and production policy implementation. *Environmental science & policy*, 61, 204-211.
- [8] Hu, M., Chen, S., Wang, Y., Xia, B., Wang, S., & Huang, G. (2021). Identifying the key sectors for regional energy, water and carbon footprints from production-, consumption-and network-based perspectives. *Science of the Total Environment*, 764, 142821.
- [9] Nie, H., Kemp, R., & Fan, Y. (2023). Investigating the adoption of energy-saving measures in residential sector: The contribution to carbon neutrality of China and Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106791.
- [10] Başoğlu, Y. (2018). Akademisyen ve İdari Personelin Ekolojik ve Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(3), 464-470.
- [11] Eren, Ö., Parlakay, O. P., Hilal, M., & Bozhüyük, B. (2017). Ziraat Fakültesi akademisyenlerinin ekolojik ayak izinin belirlenmesi: Mustafa Kemal Üniversitesi örneği. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 34(2), 138-145.
- [12] Seyhan, A. K., & Çerçi, M. (2022). IPCC Tier 1 ve DEFRA Metotları ile Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin Yakıt ve Elektrik Tüketimi Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 386-397.
- [13] Dağlıoğlu, S. T. (2021). Carbon Footprint Analysis of Ege University within the Scope of Environmental Sustainability. *Commagene Journal of Biology*, 5(1), 51-58.
- [14] Kumaş, K., Akyüz, A. Ö., Zaman, M., & Güngör, A. (2019). Sürdürülebilir bir çevre için karbon ayak izi tespiti: MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu örneği. *El-Cezeri*, 6(1), 108-117.
- [15] Sreng, R., & Yiğit, M. G. (2017). Carbon footprint studies on Esentepe campus of Sakarya University, Turkey in 2015. *Sakarya University Journal of Science*, 21(5), 1095-1099.
- [16] Sileybi, L. (2023). Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi). Şanlıurfa, Türkiye.
- [17] Muthu, S. S. (Ed.). (2015). Handbook of life cycle assessment (LCA) of textiles and clothing. Woodhead publishing.
- [18] Yüksel, Ş. B. (2017). Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi çalışanlarının karbon ayak izi saptanması
- [19] Özçelik, G. (2017). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsünün enerji ve karbon ayak izi açısından değerlendirilmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [20] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, İklim Değişikliği Başkanlığı <https://iklim.gov.tr/sss/temel-kavramlar> (Erişim tarihi: 13.02.2025)
- [21] Shi, L., He, H., Zhang, L., Wang, J., Ren, X., Yu, G., ... & Huang, M. (2025). Stability of China's terrestrial ecosystems carbon sink during 2000-2020. *Resources, Conservation and Recycling*, 212, 108007.

- [22] Friedlingstein, P., O'sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C., Hauck, J., ... & Zheng, B. (2023). Global carbon budget 2023. *Earth System Science Data*, 15(12), 5301-5369.
- [23] Yang, S., Li, Y., Zhao, Y., Lan, A., Zhou, C., Lu, H., & Zhou, L. (2024). Changes in vegetation ecosystem carbon sinks and their response to drought in the karst concentration distribution area of Asia. *Ecological Informatics*, 84, 102907.
- [24] Li, Y., Zhang, Y., & Lv, J. (2022). Interannual variations in GPP in forest ecosystems in Southwest China and regional differences in the climatic contributions. *Ecological Informatics*, 69, 101591.
- [25] Huang, S., Zheng, X., Ma, L., Wang, H., Huang, Q., Leng, G., ... & Guo, Y. (2020). Quantitative contribution of climate change and human activities to vegetation cover variations based on GA-SVM model. *Journal of Hydrology*, 584, 124687.
- [26] Ouyang, W., Wan, X., Xu, Y., Wang, X., & Lin, C. (2020). Vertical difference of climate change impacts on vegetation at temporal-spatial scales in the upper stream of the Mekong River Basin. *Science of the Total Environment*, 701, 134782.
- [27] Kayar, S. S., Tekingündüz, G., Özkal, M. K., & Aydemir, K. P. K. (2024). Kampüs Orman Alanları Karbon Yutak Kapasitesinin Zamansal Değişimi; Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 20(2), 249-265.
- [28] Chaiya, C. (2025). Empowering Climate Resilience: A People-Centered Exploration of Thailand's Greenhouse Gas Emissions Trading and Sustainable Environmental Development through Climate Risk Management in Community Forests. *Heliyon*.
- [29] Brienen, R. J., Caldwell, L., Duchesne, L., Voelker, S., Barichivich, J., Baliva, M., ... & Gloor, E. (2020). Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs. *Nature communications*, 11(1), 4241.
- [30] Lou, H., Yang, S., Shi, X., Zhang, J., Pan, Z., Li, C., ... & Luo, Y. (2023). Whether the enhanced terrestrial vegetation carbon sink affect the water resources in the middle-low latitude karst areas of China?. *Journal of Hydrology*, 620, 129510.
- [31] Tian, Y., Zhao, Y., Zhang, X., Li, S., & Wu, H. (2023). Incorporating carbon sequestration into lake management: A potential perspective on climate change. *Science of the Total Environment*, 895, 164939.
- [32] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yeşil Kalkınma Yolunda Karbon Nötr Şehirler, 2022. https://webdosya.csb.gov.tr/db/cem/icerikler/karbon-seh-r-envanter_sonuc_25.11.2022_k-20221125093826.pdf (Erişim Tarihi: 06.02.2025)
- [33] Türkiye İstatistik Kurumu <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Ta%C5%9F%C4%B1tlar%C4%B1-Ekim-2024-53461&dil=1> (Erişim Tarihi: 04.02.2025)
- [34] Kılıç, M. Y., Dönmez, T., & Adalı, S. (2021). Karayolu ulaşımında yakıt tüketimine bağlı karbon ayak izi değişimi: Çanakkale örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(3), 943-955.
- [35] Resmi Gazete <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/07/20140717.htm> (Erişim Tarihi:06.02.2025)
- [36] T.C. Enerji Bakanlığı <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri> (Erişim Tarihi: 03.02.2025)
- [37] BOTAŞ, <https://www.botas.gov.tr/Sozluk?Kelime=75#:~:text=%C3%96rne%C4%9Fin%20havan%C4%B1n%20mutlak%20yo%C4%9Funlu%C4%9Fu%201%2C293,0.78%20kg%2F%20m%C2%B3%20kabul%20edilebilir>. (Erişim tarihi:31.01.2025)
- [38] Alagöz, İ., Coşkun, E., Babaoğlu, S., Kaykaç, R., & Cidacı, A. (2022). EÜAŞ Merkez Kampüs 2021 Yılı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(2), 161-166.
- [39] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak Organik Karbonu Projesi, Teknik Özet, 2018. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cem/icerikler/karbon-proje-27eylul2018-20211104152537.pdf> (Erişim Tarihi: 06.02.2025)
- [40] First Biennial Transparency Report Of Türkiye, 2024 https://unfccc.int/sites/default/files/resource/T%C3%BCrkiye_1BTR.pdf (Erişim Tarihi: 12.02.2025)
- [41] Ao, Y., Liu, X., Zhou, X., Ran, G., Yang, S., Yuan, W., & Hu, F. (2025). Differential thresholds of net ecosystem productivity in karst and non-karst regions for identifying their potential carbon sinks areas. *Journal of Environmental Management*, 373, 123618.
- [42] Sıfır Atık, <https://sifiratik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 11.02.2025)
- [43] Türkiye Çevre Ajansı <https://www.tuca.gov.tr/belgeler-ve-formlar-i-112609.html> (Erişim Tarihi: 11.02.2025)
- [44] Türkiye İstatistik Kurumu <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2022-49570> (Erişim Tarihi: 11.02.2025)
- [45] Yay, A. S. E. (2017). Yaşam döngüsü analizinin ambalaj atıklarının yönetiminde kullanılması. *Sakarya University Journal of Science (SAUJS)/Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(5).
- [46] GreenMetric, <https://greenmetric.ui.ac.id/> (Erişim Tarihi:06.02.2025)