

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ TÜKETİMİNİN KARBON AYAK İZİNDEKİ
YERİ: GİRESUN ÜNİVERSİTESİ ÖRNEK
ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : Gözde TOSUN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :

Enstitü Anabilim Dalı : Makine Mühendisliği A.B.D.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Özlem TUNÇ DEDE

Temmuz 2023
GİRESUN

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ TÜKETİMİNİN KARBON AYAK İZİNDEKİ
YERİ: GİRESUN ÜNİVERSİTESİ ÖRNEK
ÇALIŞMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gözde TOSUN

Enstitü Anabilim Dalı : Makine Mühendisliği A.B.D

Bu tez .././20.. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

..... Dr.
.....
Jüri Başkanı

..... Dr.
.....
Üye

..... Dr.
.....
Üye

..... Dr.
.....
Enstitü Müdürü

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

GÖZDE TOSUN

.././2023

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda, ilk günden son güne kadar desteğini esirgemeyen; yönlendirmeleri, ilgisi ve sabrı ile bana ışık tutan değerli hocam tez danışmanım Doç. Dr. Özlem TUNÇ DEDE'ye teşekkürlerimi borç bilirim. Eğitim hayatım boyunca ve yüksek lisans sürecinde emeği geçen tüm hocalarıma saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada kullanılan veriler, Giresun Üniversitesi Çevre Sorunları, Temiz Üretim Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü ile İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı iş birliğinde temin edilmiştir. İlgili birim yönetici ve personellerine desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına desteklerinden dolayı (Proje No: FEN-BAP-C-301221-02) teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen, her koşulda yanımda olan ve cesaret veren canım annem Hülya TOSUN ve canım babam Ziya TOSUN'a teşekkür ederim. Bugünkü ben olmamı sağlayan, baktığım her an karşımda olup benimle gurur duyan canım ablam Gökçe TOSUN'a ve neşe kaynağım canım kardeşim Avni Miraç TOSUN'a verdikleri güç için teşekkür ederim.

Desteklerini hep hissettiğim, bazen ebeveyn bazen arkadaş olan canım halam Işıl BAYRAK ve eşi Özel BAYRAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Kahkahalarımıza ortak olan, enerjileriyle her anımı yükselten canım arkadaşlarıma, aileme ve anımsandığım tüm hayatlara teşekkür ederim. İyi ki varsınız.

Çalışmayı bitirmeden kısa bir süre önce kaybettiğim sevgili anneanneme minnetlerimle, kızın okudu...

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER	III
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
ÖZET	IX
SUMMARY	X
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çevre ve Enerji	2
1.2. Enerji Kaynakları ve Enerji Tüketimi	3
1.2.1. Dünya’da Enerji Tüketimi.....	5
1.2.2. Türkiye’de Enerji Tüketimi.....	5
1.3. Sektörlere Göre Enerji Tüketimi	7
1.3.1. Mesken ve Hizmetlerde Enerji Tüketimi	8
1.3.2. Sanayi Sektöründe Enerji Tüketimi	8
1.3.3. Ulaşım Sektöründe Enerji Tüketimi.....	9
1.4. Enerji Tüketiminin Sonuçları.....	9
1.4.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği	10
1.4.2. Uluslararası Çözümler	11
1.4.3. Ekolojik Ayak İzi	14
1.5. Karbon Ayak İzi	15
1.5.1. Sera Gazı Emisyonları.....	16
1.5.2. Sektörlere Göre Karbon Ayak İzi	17
1.6. İklim Değişikliği ile İlgili Önemli Hususlar	18

BÖLÜM 2: KAYNAK ARAŞTIRMASI	20
BÖLÜM 3: MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1. Güre Yerleşkesi	26
3.2. Materyal	27
3.2.1. TS EN ISO 14064-1:2019 Standartları	29
3.3. Yöntem	31
3.4. Kullanılan Standart.....	37
BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI	39
4.1. Hesaplamalar.....	39
4.2. Değerlendirme	49
4.2.1. Güre Yerleşkesinin 2020 Yılı Karbon Ayak İzi	49
4.2.2. Güre Yerleşkesinin 2021 Yılı Karbon Ayak İzi	51
4.2.3. Güre Yerleşkesinin 2022 Yılı Karbon Ayak İzi	52
BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ	54
KAYNAKLAR	59
EKLER	63
EK 1. IPCC Metoduna Göre Emisyon Faktörleri	63
EK 2. Elektrik Emisyon Faktörünün Seçimi.....	64
EK 3. Dönüşüm Faktörleri	65
EK 4. Küresel Isınma Potansiyelleri	66
EK 5. Yoğunluk Değerleri.....	67
ÖZGEÇMİŞ	68

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CH ₄	Metan
cm ³	Santimetreküp
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbondioksit
CO ₂ e	Karbondioksit Eşdeğeri
d	Yoğunluk
F	Flor
Gg CO ₂ e	Gigagram Karbondioksit Eşdeğeri
kg CO ₂ e	Kilogram Karbondioksit Eşdeğeri
kha	Küresel Hektar
km ²	Kilometrekare
kWh	Kilowatt-saat
L	Litre
<i>m</i>	kütle
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
N	Newton
NO _x	Azot Oksitler
N ₂ O	Diazot Monoksit
NKD	Net Kalorifik Değer
NMVOC	Metan Dışı Uçucu Organik Bileşikler
SO ₂	Kükürt Dioksit
tCO ₂	Ton Karbondioksit
tCO ₂ e	Ton Karbondioksit Eşdeğeri
TJ	Terajoule

V	Hacim
BM	Birleşmiş Milletler
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
DEFRA	İngiltere Çevre, Gıda Ve Köy İşleri Bakanlığı
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GHG	Sera Gazı
GWP	Küresel Isınma Potansiyeli
FV	Faaliyet Verisi
EF	Emisyon faktörü
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
ISO	International Organization for Standardization
KIP	Küresel Isınma Potansiyeli
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
ODTÜ	Ortadoğu Teknik Üniversitesi
SG	Sera Gazı
SGE	Sera Gazı Emisyonu
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UI	Endonezya Üniversitesi
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
WBCDS	Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
WRI	Dünya Kaynakları Enstitüsü
WWF	Doğal Hayatı Koruma Vakfı
YF	Yükseltgenme faktörü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yakıtta Göre Birincil Enerji Tüketimi	6
Şekil 1.2. Yıllara Göre Sektörel Nihai Enerji Değişimi (Mtep)	7
Şekil 1.3. Biyolojik Kapasiteye Göre Ekolojik Ayak İzinin Bileşenleri.	15
Şekil 3.1. Giresun İli	26
Şekil 3.2. Güre Yerleşkesi	27
Şekil 3.3. Doğalgaz Tüketiminin Binalara Göre Dağılımını Gösteren Grafik.....	33
Şekil 3.4. Yakıt Tüketiminin Dağılımını Gösteren Grafik	33
Şekil 3.5. Elektrik Tüketiminin Binalara Göre Dağılımını Gösteren Grafik	34
Şekil 3.6. Standart Yöntemin Basitleştirilmiş İfadesi	37
Şekil 4.1. 2020 Yılı Toplam Emisyonların Enerji Türüne Göre Dağılımı	50
Şekil 4.2. 2020 Yılı Karbon Emisyonlarının Binalara Göre Dağılımı	50
Şekil 4.3. 2021 Yılı Emisyonların Enerji Kaynağına Göre Dağılımı.....	51
Şekil 4.4. 2021 Yılı Karbon Emisyonlarının Binalara Göre Dağılımı	52
Şekil 4.5. 2022 Yılı Emisyonların Enerji Kaynağına Göre Dağılımı.....	52
Şekil 4.6. 2022 Yılı Karbon Emisyonlarının Binalara Göre Dağılımı	53

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Enerji Kaynaklarının Kullanılabilirliklerine Göre Sınıflandırılması	4
Tablo 1.2. 1990 ve 2021 Yılı Sera Gazı Emisyonları.....	17
Tablo 2.1. Literatür Araştırması Sonuçları	25
Tablo 3.1. Kapsam 1 ve 2 Dâhilindeki Tüketimler	32
Tablo 3.2. Dolaylı Emisyonların Tüketim Değerleri.....	34
Tablo 3.3. Sera Gazları İçin Emisyon Faktörleri.....	35
Tablo 3.4. Yakıt Türlerinin Net Kalorifik Değerleri.....	36
Tablo 3.5. Sera Gazlarının Küresel Isınma Potansiyel Değerleri.....	36
Tablo 3.6. Yakıt Türlerinin Yoğunluk Değerleri.....	36
Tablo 3.7. Yakıt Türlerinin Oksitlenen Karbon Yüzdesi	37
Tablo 4.1. 2020 Yılı'nın CO ₂ Hesabı	40
Tablo 4.2. 2021 Yılı'nın CO ₂ Hesabı	43
Tablo 4.3. 2022 Yılı'nın CO ₂ Hesabı	46

ENERJİ TÜKETİMİNİN KARBON AYAK İZİNDEKİ YERİ: GİRESUN ÜNİVERSİTESİ ÖRNEK ÇALIŞMASI

ÖZET

Sanayi Devrimi sonrası enerji üretimi ve tüketimi inanılmaz boyutlara ulaşmıştır. Artan enerji tüketimi nedeniyle atmosfere salınan karbon miktarı, günümüzde etkilerini net bir şekilde görebildiğimiz iklim krizinin en önemli etkenlerinden biridir. Karbon salımının sebeplerinin araştırılması ve hesaplanması bu krize çözüm bulunması yolundaki ilk adımlardan biri olacaktır.

Bu tez çalışmasında, Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesinde yer alan binaların enerji tüketimiyle oluşan karbon salımları baz alınarak, GHG Protokolü standartları çerçevesinde TSE EN ISO 14064-1:2019 sera gazlarının hesaplanmasına dair kılavuzlar kullanılarak karbon ayak izi hesaplanmıştır.

Hesaplamalar sonucu, yerleşkedeki enerji tüketimleri ile oluşan karbon ayak izi 2020 yılında 1696,234 tCO₂e, 2021 yılında 1638,93 tCO₂e, 2022 yılında ise 2618,035 tCO₂e bulunmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda karbon ayak izinin azaltılması adına çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Karbon ayak izi, enerji tüketimi, iklim değişikliği, sürdürülebilirlik.

THE IMPORTANCE OF ENERGY CONSUMPTION IN THE CARBON FOOTPRINT: GİRESUN UNIVERSITY CASE STUDY

SUMMARY

After the Industrial Revolution, energy production and consumption have reached incredible levels. The amount of carbon emitted into the atmosphere due to increased energy consumption is one of the most important factors of the climate crisis, the effects of which we can clearly see today. Investigating and calculating the causes of carbon emissions will be one of the first steps towards finding a solution to this crisis.

In this thesis study, based on the carbon emissions generated by the energy consumption of the buildings in Giresun University Güre Campus, the carbon footprint was calculated using TSE EN ISO 14064-1:2019 guidelines for the calculation of greenhouse gases within the framework of the GHG Protocol standards.

As a result of the calculations, the carbon footprint resulting from energy consumption on campus was 1696,234 tCO₂e in 2020, 1638,93 tCO₂e in 2021, and 2618,035 tCO₂e in 2022. As a result of the evaluations, solution suggestions were presented to reduce the carbon footprint.

Keywords: Carbon footprint, energy consumption, climate change, sustainability.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde insan hayatının vazgeçilmez bir unsuru haline gelen enerji, termodinamiğin birinci yasasından bilindiği üzere vardan yok, yoktan da var edilemez, ancak dönüştürülebilir. Dönüştürülebilir olması ile de hayatımızın her alanında yer alabileceğini göstermektedir. Dünyanın en temel enerji kaynağı olan güneş ile özdeşleştirerek bağdaştırabileceğimiz gibi, enerjinin insan hayatındaki yeri yadsınamaz. Coğrafi koşullar ile değişebilen enerjinin türü ve çeşitleri, iklim gibi pek çok alanda etkili olmaktadır. Sanayi Devrimi ile beraber enerjinin insan hayatındaki yeri ve önemi gittikçe artmıştır.

Toplumsal hayata şekil veren ve ülkelerin refah seviyelerini belirleyebilecek güçte olan enerji, büyük bir ihtiyaç haline gelerek üretim-tüketim dengesinde, ulaşımdan uluslararası ticaret gibi pek çok alanda belirleyici bir rol üstlenmiştir. Tarih boyunca, enerjiye ulaşabilmek adına sömürgelerle ve savaşlarla insan hayatı yok sayılarak ulaşılan teknoloji hem doğrudan hem de dolaylı olarak yine insan hayatını tehdit eder bir hale gelmiştir [1]. Enerji tüketiminin büyümesi ile de çevreye verilen zarar büyük boyutlara ulaşmıştır. Son yirmi – otuz senedir sıklıkla duyduğumuz “küresel ısınma” kavramı, son beş yıldır yerini “iklim değişikliği” kavramına bırakmıştır. Küresel ısınmanın sonucuyla iklimlerdeki değişimler hissedilir hale gelmiştir. Buradaki en büyük pay karbon emisyonlarına aittir.

Bu çalışmada ilk olarak enerji, enerji kaynakları ve tüketimleri sonucu ortaya çıkan emisyonların dünyadaki ve ülkemizdeki durumu incelenmiştir. Daha sonra, Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesinde yer alan binaların enerji tüketim verileri analiz edilmiş ve yerleşkede enerji tüketimi sonrası ortaya çıkan karbon emisyonu hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu alınması gereken önlemler ve tedbirler belirlenmiştir.

Tedbirler alabilmek ve oluşabilecek felaketleri önlemek için öncelikle ne kaybedildiği bilinmeli ve güvenilir sonuçlar elde edilmelidir. Avusturyalı yazar Peter Drucker'ın dediği gibi “Ölçülemeyen şey yönetilemez” [2]. Doğru yöntemler, doğru noktalara ulaştırır. Bunun için enerjiyi yönetebilmek, milli gayelerin içinde olmasıyla birlikte gelişmiş ülke olabilmenin geçer taşlarından biridir. Tüm bu amaçları gerçekleştirebilmek adına üniversitelerde yapılan bu çalışmalar oldukça önem arz etmektedir.

Toplumsal eğitimin birer yansıması olan araştırmalar, toplumsal bilinci oluşturmaktadır. Bu anlamda bakıldığında karbon ayak izinin azaltılması, enerji tüketiminin sınırlandırılması ve doğru kaynaklara yönelimin sağlanması sürdürülebilir hedeflerin de başlangıç adımları niteliğindedir. Bunu sağlayabilmek ise; ekonomi, tarım, ticaret, sosyal ve tüm beşerî alanlarda insan hayatını kolaylaştıracak ve daha sağlıklı hale getirecektir.

1.1. Çevre ve Enerji

“Çevre; insanların ve diğer canlıların hayatları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları fiziki, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamdır” [3]. Başka bir ifade ile “Çevre, bir canlının yaşamı üzerinde etkili olabilen tüm faktörleri içeren bir ekosistemdir” [4]. Bu ekolojik döngünün sürekliliğini sağlayabilmek, geleceğe daha yaşanılabilir bir dünya bırakabilmek adına, insanoğlunun kendisi ve geleceği için yapacağı en önemli yatırımdır.

Sosyal ve ekonomik gelişmeyi sağlaması enerjinin vazgeçilmez bir ihtiyaç olduğunu gözler önüne sermektedir. Yaşamın merkezinde olan enerjinin hem üretimi hem de tüketimi çevre sorunlarını oluşturmaktadır [5].Tüm bunlar çerçevesinde, çevre sorunlarını yaratan en önemli etken ise artan nüfus ve gelişen teknoloji ile orantılı olarak artan enerji ihtiyacının olduğu söylenebilir.

21. yüzyıldan bakıldığında hava, su, toprak, görüntü, gürültü ve ışık kirlilikleri başta olmak üzere çevre sorunlarının artık bir yığın haline geldiğini görebilmekteyiz. Özellikle Sanayi Devrimi ile başlayan gelişim süreci ile teknolojik ilerleyiş çok hız kazanmış ve çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Bu süreç sonucu köyden kente göç, kentleşme, nüfus artışı ve sonsuz üretim-tüketim ile doğal kaynakların sınırsızlığı gibi kullanılması çevre sorunlarının kümülatif bir şekilde artmasına neden olmuştur. Küresel çapta bakıldığında ise özellikle son yüzyılda, ülkelerin kendi çıkarlarını gözetmesi nedeniyle ortaya çıkan savaşlar da ülkeler arası rekabeti hızlandırarak çevreye olağanüstü zararlar vermiştir.

Enerji ve çevrenin tüketici ekseninde ne kadar önemli bir role sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda enerji, ihtiyaç dışında lüks tüketim olarak kullanıldığında kaynakların tükenmesine ve büyük çevre kirliliklerine neden olmaktadır. Çevre kirliliğini azaltabilmek için ilk adım enerjiyi tasarruflu kullanmaktır. Çünkü enerji kaynaklarının azaltılması, tüketimin yanında atık oluşumunu da artırmaktadır ve bu çevre kirliliğinin ana sebebidir. Birbirine endekli bu kavramlar aslında çözümün ne kadar basit bir yandan da nasıl bir sarmal içinde olduğunu göstermektedir.

1.2. Enerji Kaynakları ve Enerji Tüketimi

Enerji, insanlığın başlangıcından beri var olan bir kavramdır. Aynı zamanda geçmişten beri de toplumlar nezdinde ekonomik, sosyal ve teknolojik gelişmenin başrolünde yer alan enerji, doğada meydana gelen tepkimeler ile dönüştürülebilen ve günümüzde insanoğlunun yaşamını devam ettirebilmesi için vazgeçilmez bir kaynaktır.

Enerji çeşitleri pek çok farklı alanda kullanılmaktadır. Başta güneş olmak üzere, rüzgâr, su ve yeraltı kaynaklarından yararlanılmaktadır [1]. Dönüştürülebilen enerji; ısı, kimyasal, nükleer, elektrik, mekanik, ses, ışık, ısı ve yerçekimi gibi pek çok farklı türde karşımıza çıkmaktadır. Enerji kaynakları Tablo 1.1’de verildiği gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 1.1. Enerji Kaynaklarının Kullanılabilirliklerine Göre Sınıflandırılması [6]

YENİLENEMEZ KAYNAKLAR	Kömür Petrol Doğal Gaz Nükleer Enerji.
YENİLENEBİLİR KAYNAKLAR	Hidrojen Enerjisi Rüzgâr Enerjisi Güneş Enerjisi Jeotermal Enerji Biokütle, Biyogaz Dalga, Gel-git.

Enerji kaynaklarını kullanılışlarına göre ayırdığımızda; kömür, petrol, doğalgaz gibi yakıtlar yenilenemez enerji kaynakları, kullanılmasına rağmen sınırsız olan güneş, rüzgâr, dalga ve su gibi kaynaklar ise yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. Enerji kaynakları dönüştürülebilirliğine göre de iki başlık altında incelenmektedir. Herhangi bir değişime uğramadan, dönüştürülmeden kullanılan kaynaklara “birincil enerji kaynakları” denir. Kömür, petrol, doğalgaz, hidrolik, rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal, hidrojen ve dalga enerjileri bu kategoride incelenebilir. Birincil enerji kaynaklarının değişime uğrayarak başka bir forma dönüşmesiyle oluşan kaynaklara “ikincil enerji kaynakları” denir. Bunlar elektrik, benzin, mazot, motorin, ikincil kömür, petrokok, LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı) vb. kaynaklardır [7].

Gelişen teknoloji ile birlikte enerji tüketiminin çok fazla artması, yenilenemez kaynakların yerine yenilenebilir kaynakların daha fazla tercih edilmesini sağlamıştır. Coğrafi avantajlar her ülkeye göre değişse de yenilenebilir kaynaklı enerjiler büyük tasarruf oluşturmaktadır. Giderek yaygınlaşan yenilenebilir enerji kullanımı, yenilenemez kaynakların kullanımını azaltmakta, bu ise yenilenemez enerji kaynaklarının çevreye verdiği zararın daha büyük boyutlara ulaşmasını engellemektedir. Talep edilen enerji ihtiyacını karşılayabilmek için alternatif çözümler üretmek ve enerji verimliliğine yönelmek mevcut şartlarda zaruri bir hal almaktadır.

1.2.1. Dünya’da Enerji Tüketimi

Enerji üretiminin ve tüketiminin önemi artan enerji ihtiyacı ile ortaya çıkmaktadır. Dünya nüfusunun artması ve teknolojik gelişmeler sonucu enerji arzı gün geçtikçe artmaktadır. Sanayileşme ile başlayan tarihsel süreçte enerji, önemli gelişmelere katkı sağlamıştır. Gelişmiş ülkelerin demografik yapıları ve ekonomik güçleri enerji tüketimi ile doğru orantılıdır.

Birincil enerji kaynaklarının tüketimi incelendiğinde; 2018 verilerine göre toplam enerji arzı 14.314 milyon TEP iken, kaynak kullanımları sırasıyla petrol, kömür ve doğalgaz olmuştur [8]. 2019 yılının sonuna doğru Çin’in Wuhan kentinde ortaya çıkan Covid-19 virüsü sebebi ile pandemi ilan edilmiş, tüm dünyayı eve kapatan, üretimi durduran bu salgın dünyadaki enerji arzı ve piyasadaki fiyatlar üzerinde etkili olmuştur. Uluslararası Enerji Ajansı’na (IEA) göre küresel enerji talebinde 2020’nin ilk çeyreğinde 2019’a göre %3,8 oranında azalma meydana gelmiştir [9].

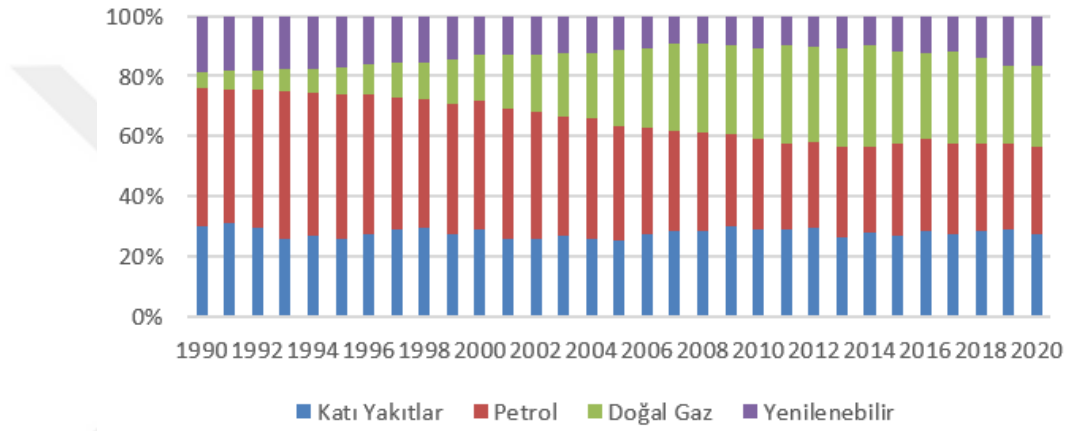
Dünya sıralamalarına bakıldığında birincil enerji kaynaklarının tüketiminde liste başında Çin’in yer aldığı, Çin’i takiben Amerika ve Hindistan’ın geldiği görülmektedir. Üç ülkenin en önemli ortak özellikleri ise nüfusun yüksek olması ve üretimin yapıldığı ülkeler olmasıdır. Amerika ve Çin arasındaki bu yarışın Hindistan’a da yansıdığı söylenebilir.

2023 yılında dünyadaki enerji akışına bakıldığında ise küresel bir enerji krizi ile karşı karşıya kalındığını görülmektedir. Özellikle Rusya Federasyonu’nun Ukrayna’yı işgali ile başlayan ve siyasi arz elde etmek için gaz arzının durdurulması ile birlikte enerji krizinin tetiklendiği söylenebilir. Kriz ile birlikte enerji piyasalarında oluşan yüksek fiyatlar tüketicide de olumsuz etki yaratmaktadır [9].

1.2.2. Türkiye’de Enerji Tüketimi

TÜİK 2022 verilerine göre Türkiye Cumhuriyeti’nin nüfusu 85.279.553’tür. Kuruluştan bu yana artan nüfusla birlikte enerji arzı da artmaktadır. Türkiye enerji

rezervleri kısıtlı bir ülke olup özellikle doğalgaz ve petrolde dışa bağımlıdır. Nükleer enerji ve yenilenebilir enerjiye olan yatırımlar hem sera gazı etkisini azaltabilecek hem de enerji üretimini millileştirerek dışa bağımlılığı azaltan hamlelerdir. Bu yörüngede öncelikle Türkiye’deki enerji üretimi ile ilgili kısa bilgi verirsek; 1990 yılında Türkiye’nin birincil enerji üretim miktarı 25,1 Mtep iken, 2020 yılında 44,1 Mtep’e yükselmiştir. 2020 yılına bakıldığında 75 % oranında bir artış gerçekleştiği görülmektedir [10]. Türkiye’nin yıllara dayalı yakıtta göre birincil enerji tüketimi değerleri ise Şekil 1.1’de sunulmuştur.



Şekil 1.1. Yakıtta Göre Birincil Enerji Tüketimi [10]

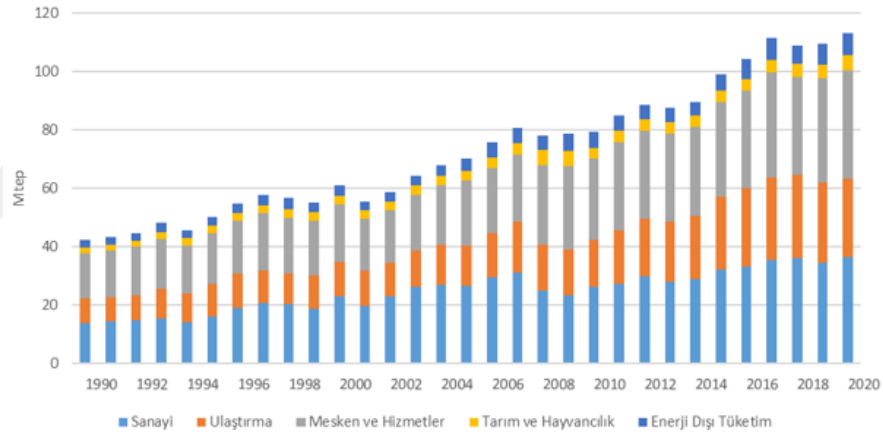
Şekil 1.1 incelendiğinde 2020 yılındaki tüketim paylarının; katı yakıtlar %27,6, petrol ürünleri %28,7, doğalgaz %27 ve yenilenebilir enerji kaynakları %16,7 seviyesinde olduğu görülmektedir. 1990 yılına göre bu paylarda katı yakıt ve petrol seviyesinin yüzdeler oranında düşüş yaşanırken; doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarında yükseliş olduğu söylenebilir. 2019 yılı verilerine göre Türkiye’de toplam kurulu enerji gücü 93.022,7 MW’dır. Bunun yaklaşık yarısını 46.441,8 MW’lık kısmı ile hidroelektrik santralleri (HES) oluşturmaktadır [8].

2020 yılı kişi başı birincil enerji tüketimi 1,7 Mtep olan birincil enerji tüketimi Türkiye toplamında 147,2 Mtep’tir. Enerji tüketiminde 2000 ve 2020 yılları arasında ortalama %3,1 oranında artış olduğu tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalara göre bundan sonraki 15 yıllık süreçte %2,2 artış olacağı öngörülmektedir [11]. Bu büyüme oranları her ne kadar ekonomik büyümenin göstergesi olsa da enerji üretiminin ve

dışa bağımlılığı azaltacak alternatif kaynakların araştırılması, ekonominin büyümesi konusunda oldukça elzemdir. Burada da önemli olan husus enerji üretim-tüketiminin doğru yönetilebilmesidir.

1.3. Sektörlere Göre Enerji Tüketimi

Toplam enerji tüketiminde en büyük payın kime ait olduğu sorusu, enerji tüketiminin azaltılması için hangi adımların takip edilmesi noktasında doğru yönlendirmeyi sağlayacaktır. Sektörel olarak bakıldığında enerji tüketimi beş ana başlıkta incelenmektedir. Bunlar; Sanayi, Ulaştırma, Mesken ve Hizmetler, Tarım ve Hayvancılık ve son olarak Enerji Dışı Tüketim olarak ele alınmaktadır. Yıllara göre sektörel nihai enerji değişiminin yıllara göre değişimi Şekil 1.2’de sunulmuştur.



Şekil 1.2. Yıllara Göre Sektörel Nihai Enerji Değişimi (Mtep) [12]

Şekil 1.2’ye göre 2020 yılında en fazla nihai enerji tüketimi payına sahip olan alan, mesken ve hizmetler olarak görülmektedir. Ardından sırayı sanayi sektörü ve ulaştırma sektörü izlemektedir. Daha sonra ise tarım ve hayvancılık sektörü ve enerji dışı tüketim gelmektedir. Bu sıralamanın genel olarak ülkelerin coğrafi konumuna, nüfusuna, şehirleşme planlarına, gelişmişlik düzeylerine ve ekonomik gücüne bağlı olduğu söylenebilir.

Verilere göre Türkiye’de 2020 yılında sektörlerin toplam nihai enerji tüketimi, 1990 yılına göre artarak 113,7 Mtep seviyelerine ulaşmıştır. Türkiye’nin tarihsel

dönemlerine göre veriler incelendiğinde; nüfusun artması, 1980 sonrası artan sanayileşme ve tarımın sektörünün önemini yitirmesi sonucu enerji ihtiyacının arttığını söylemek mümkündür. Özellikle son yıllarda önemi anlaşılan yenilenebilir kaynakların, artan enerji talebi için olumlu bir kaynak olduğu görülmektedir [13].

1.3.1. Mesken ve Hizmetlerde Enerji Tüketimi

Hizmet sektöründe yer alan tüm kamu ve özel kuruluşlarla birlikte binalardaki enerji tüketimi, Türkiye'nin enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Bir binanın enerji kayıplarını neler oluşturur sorusunun cevabı ise; ısıtma, soğutma, aydınlatma, sıcak su, pişirme gibi günlük hayatımızın paydaları olarak verilebilir. Bu noktada da nüfusun etkisinin söz konusu olduğu söylenebilir. Meskenlerdeki enerji tüketiminin artması, nüfus artışı ve sanayileşme ile birlikte binaların artmasının doğal bir sonucu olarak görülmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2020 verilerine göre, Türkiye'de Mesken ve Hizmetler sektöründe toplam enerji tüketimi 37,23 bin Tep ile ilk sırada yer almaktadır [12].

1.3.2. Sanayi Sektöründe Enerji Tüketimi

Sanayi Devrimi ile başlayan makineleşme süreciyle yükü artan sanayi sektörü, enerji tüketiminde önemli bir yere sahiptir. Çimento, seramik, gıda, demir çelik, kâğıt, tekstil, alüminyum ve cam gibi geniş bir yelpazeye sahip olan sanayi sektöründe, enerji yönetimi ile enerji verimliliği çalışmaları yapılarak enerji tüketiminin azaltılması sağlanabilmektedir. Isı kayıplarının azaltılması, aydınlatma armatürlerinin daha az enerji tüketeni ile değiştirilmesi ve atık veya arıtma sistemlerinin kullanılması gibi faktörler enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2020 verilerine göre, Türkiye'de Sanayi sektöründe toplam enerji tüketiminin 36,26 bin Tep ile ikinci sırada yer aldığı görülmektedir [12].

1.3.3. Ulaşım Sektöründe Enerji Tüketimi

Ulaştırma sektörü; kara yolu, hava yolu, deniz yolu, demir yolu ve boru hattı olarak çeşitlere ayrılmaktadır. Ulaştırma sektöründe kullanılan enerji, kaynağı bakımından diğer sektörlerden farklı olarak yoğunluklu olarak fosil yakıtlardır. Son yıllarda elektrikli araçların piyasaya sürülmesiyle bu konuda öncü adımlar atılmıştır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2020 verilerine göre Türkiye'de Ulaşım sektöründe toplam enerji tüketimi 26,97 bin Tep ile üçüncü sırada yer almaktadır [12].

1.4. Enerji Tüketiminin Sonuçları

Enerji talebi, son yıllarda önüne geçilemeyecek noktalara ulaşmıştır. Bu talebe karşılık gelen enerji tüketimi ise çevre sorunlarını ortaya çıkarmış ve canlı yaşamını tehdit eden bir hale gelmiştir. Özellikle kullanılan kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar, yoğun kullanımdan dolayı tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalmış, doğa ve canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuştur. Bu olumsuz etkiler arasında, doğanın kirlenmesi, salgın hastalıkların baş göstermesi, tarım alanlarının zarar görmesi ile başlayan beslenme bozuklukları ve doğal afetlerin görülmesi gibi durumlar sayılabilir. Enerji kullanımında yarış halinde olan dünya, sorunun çözümü için beraber mücadele edilmesi gerektiğini anlamıştır. Özetle;

- Sınırsız kaynak kullanımı ile üretim aşamasından itibaren başlayan bu zarar; hava, su ve toprak kirliliği ile her noktada varlık göstermeye başlamıştır.
- Çevresel etkileri önlemek amacıyla çalışmalar yapılmaktadır.
- Enerji verimliliği ve tasarrufu konusunda önemli çalışmalar yapılmaktadır.
- Yenilenebilir kaynakların önemi artmıştır.
- “Küresel Isınma” ve İklim Değişikliği” gibi kavramların ortaya çıkmasına neden olmuştur.

- Önemli uluslararası protokoller imzalanmış, ülkeler içinde yasalar düzenlemeler ile enerji tüketimi güvence altına alınmaya çalışılmıştır.
- Çevresel sürdürülebilirlik adına enerji verimliliği ve özellikle temiz enerji kavramı tüm dünyada önem kazanmıştır.

1.4.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Küresel ısınma, ortalama dünya sıcaklığının insan faktörüyle veya doğal bir şekilde artması olarak ifade edilmektedir. Dünyanın aldığı ve yansıttığı güneş miktarları ve aradaki sıcaklığın bir kısmının atmosfer tarafından tutulması ile dünya sıcaklığında artış meydana gelmektedir [14]. Su buharının evaporasyonu küresel ısınmada önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Sera etkisinin %85'i su kaynaklı olarak görülmektedir. Sera etkisi genel olarak, kısa dalga boylu güneş ışınlarının yeryüzüne çarpıp uzun dalga boylu ısı ışınları şeklinde geri yansıtılmasıdır. Biraz daha açacak olursak, atmosferde biriken sera gazları, geri yansıyan uzun dalga boylu ışınları soğurmaktadır. Soğurulan bu enerjinin atmosferin her tarafına yansıtılarak dünya yüzeyini ve atmosferin alt katmanlarını ısıtmaya başlaması ile küresel ısınma meydana gelmektedir. Sera gazları etkisiyle ısınan dünyada bölgesel değişimler söz konusu olabilmektedir. Özellikle son yıllarda görülen büyük yangınlar, seller ve salgın hastalıklar küresel olarak tehdit altında olduğunu göstermektedir. Rutinden farklı olarak gerçekleşen bu olayların incelenmesi ile de "iklim değişikliği" kavramının ortaya çıktığı görülmektedir.

İklim değişikliği, kısaca atmosferin bileşiminin bozulması sonucu iklimde görülen değişimdir. Daha geniş bir ifade ile "belli bir bölgede yağış oranı ve sıcaklık seviyesi gibi hava olaylarında uzun bir süre boyunca görülen ve istatistiksel olarak anlamlı değişimler" olarak tanımlanabilir [15].

Tüm dünyayı tehdit eden küresel ısınma ve iklim değişikliğine çözüm elde edebilmek için kurum ve kuruluşlarca standardizasyon çalışmaları yapılmış ve yasal yollarla güvence altına alınması sağlanmıştır.

1.4.2. Uluslararası Çözümler

Türkiye'deki tarihsel gelişmelere bakıldığında, 1983 yılında çıkarılan Çevre Kanunu ile çevre sorunlarına çözüm oluşturulması hedeflemiştir [16]. 1986 yılında Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğiyle de atmosfere salınan tüm emisyonların kontrol edilmesi, önlenmesi ve canlıların korunması sağlanmaya çalışılmıştır. 1993 tarihinde ise Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği ile enerji faaliyetlerinde bulunanlar için ÇED raporu zorunlu hale getirilmiştir. Tüm bunlar çevre ve sera etkisini önlemek adına olumlu hamlelerdir.

Dünyadaki gelişmeler öncelikle, 5-16 Haziran 1972 tarihinde Stockholm'de yapılan Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı ile "çevre hakkı" ve ortak çevrede herkesin eşit haklara sahip olduğu ilkesinin kabul görmesi ile başlamıştır.

1979 yılında düzenlenen Birinci Dünya İklim Konferansı'nda İklim değişikliğinin bir çevre sorunu olduğu belirtilmiştir. Bu konferansın amacı iklimdeki değişimlerin insana vereceği zararı görebilmek ve önleyebilmektir [17]. Uluslararası olarak bu konuda en aktif görev yapan organ, 1970'li yıllarda Çevre politikalarını geliştirmeye başlayan Birleşmiş Milletler (MB)'dir. 1988 yılına gelindiğinde Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) çabaları ile Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. 1990 yılında WMO, UNEP ve diğer kuruluşların destekleriyle İkinci Dünya İklim Konferansı 137 ülke katılımı ile gerçekleştirilmiş ve konferansta çevre ve iklim değişikliği adına önemli müzakereler ve görüşmeler yapılmıştır.

BM İklim Değişikliği Çerçeve Konferansı 1992'de Rio De Janeiro'da düzenlenmiştir. 154 ülkenin katılımı ile gerçekleşmiş ve 1994 yılında yürürlüğü girmiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine (UNFCCC) göre asıl hedef insan kaynaklı oluşan sera gazını tehlikeyi önleyecek seviyede tutabilmektir. Farklılaştırılmış sorumluluklarla eşitlik anlayışı çerçevesinde gelişmiş ülkelerin öncü olması gerektiğini ve geliştirmekte olan ülkelerin ihtiyaçlarının dikkate alınması gerektiğinin vurguladığı bu sözleşme ile ülkeler, iklim değişikliği

konusunda ihtiyatlı davranmaya çağrılmaktadır [17]. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için iklim değişikliği politikalarının her ülkenin kalkınma programlarına eklenmesi gerektiğinden bahseden bu sözleşme, kapsamı ve hedefleri doğrultusunda taraf ülkelerde oldukça önemli bir yer tutmaktadır.

1997 yılında Japonya'nın Kyoto kentinde imzalanan ve aynı adı taşıyan Kyoto Protokolü, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır. Bu protokol ülkelerin sera gazı emisyonlarının %5 azaltılmasını öngören bir antlaşmadır. Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, sürdürülebilirlik ve sera gazı azaltılması protokolün vurgu yaptığı ana konulardır. 2005 yılında yürürlüğe girmiş ve 2006 Aralık ayı itibariyle 169 ülke katılmıştır. Protokole imza atmayan ABD ve Avustralya gibi gelişmiş ülkeler vardır. Ayrıca protokolün bazı hükümlerince sera gazının azaltılmasının ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre olacağı söz konusu olduğundan, Çin ve Hindistan gibi imza atıp taraf olmayan ülkelerin nüfus bakımından çok güçlü oldukları göz önüne alındığında protokol eleştirilerin odağı olmuştur [18].

2015 yılında BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 21. Taraflar Konferansı'nda Paris İklim Anlaşması kabul edilmiştir. 2020 yılında miadını dolduran Kyoto Protokolü'nden ayrılan özelliği, farklılaştırılmış sorumluluk yerine eşit sorumluluk ilkesini kabul etmesidir. İklim değişikliğinden etkilenen ülkelerin kapasiteleri, teknolojik gelişmeleri ve finansmanlarının sağlanmaları gerektiğini ortaya koyan bu anlaşmanın amacı küresel ısınmayı 2 °C altında mümkün olduğunca 1,5 °C seviyelerinde tutmaktır.

2-15 Aralık 2019'da Madrid'de düzenlenen BM İklim Değişikliği Konferansı'na 190'dan fazla ülke katılmıştır. Bu konferansta, iklim değişikliği nedeniyle olumsuz etkilenen gelişmekte olan ülkelerin desteğe ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir. Bunların yanı sıra önemli durumlar "Cinsiyet Eylem Planı" ve "Yerel Topluluklar ve Yerli Halklar Platformu" gibi çalışma platformlarının onay almasıdır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı 11 Aralık 2019 tarihinde kamuoyuna sunulmuştur. Avrupa komisyonun hedefi ilk karbon nötr kıta olmaktır. Başta tarım, sanayi, ticaret ve inşaat

olmak üzere her alanda karbon emisyonlarının azaltılması, sınırda karbon düzenlemesi, yeşil ekonomi, yenilenebilir enerjiye geçişin desteklenmesi, sıfır kirlilik, akıllı ulaşım sistemleri ve daha çevreci bir yaklaşım ile ülkeleri disipline etmeye ve sorumluluk yüklemeye çalışan bir mutabakattır [19]. Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2050 yılına kadar hayata geçirilmesi düşünülen iklim değişikliği politikalarını esas almaktadır.

BM İklim Değişikliği Konferansı, 31 Ekim - 12 Kasım 2021'de Glasgow'da, küresel ısınma ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlamak için düzenlenmiştir. Konferansta, taraf ülkelere destek olunması, yoksulluğun sıfıra indirilerek daha adil bir düzeyde sürdürülebilir kalkınma hedefinin gerçekleştirilmesi ve tüm bunlar sağlanırken iklim değişikliğine dayanıklı, düşük emisyonlu yol çizilmesi gerektiği gibi konular ele alınmıştır.

Türkiye, Kyoto Protokolü'ne 2009 yılında taraf olmuştur. Paris Anlaşması'nı ise 2016 yılında imzalamıştır. Paris Anlaşması'na 7 Ekim 2021'de resmen taraf olmuş ve 10 Kasım 2021'de anlaşma Türkiye'de yürürlüğe girmiştir. Türkiye'nin hazırladığı Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi, karbon emisyonlarının azaltılmasını ve uyum sürecini finansman, teknoloji ve kapasite gibi farklı alanları kapsayan politikaları içermektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019). 29 Ekim 2021 tarihinde Resmi Gazete 'de yayımlanan kararname ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ismi; "Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı" olarak değiştirilmiştir. İklim Değişikliği ve Uyum Koordinasyon Kurulu kurularak; iklim değişikliği kaynaklı etkilerin önlenmesi, tedbirlerin alınması ve politikaların belirlenmesi ile görevlendirilmiştir [15].

Tüm bu protokollerle iklim değişikliği ile ilgili önlemlerin yasal yollarla güvence altına alınması ve ekolojik dengenin korunması hedeflenmektedir. Bu bağlamda, ülkelerin eşit şekilde sorumluluğu üstlenmesi gerekmektedir. Ekolojinin korunmasına yönelik yapılan küresel çalışmaların belli standartlarda yapılması gerekmektedir. Güvenilir sonuçlar elde edilerek, doğru önlemlerin alınması konusu uluslararası çözümde oldukça elzemdir.

1.4.3. Ekolojik Ayak İzi

Ekoloji, canlıların kendi aralarında ve fiziki çevreleri ile ilişkilerini inceleyen bilim dalıdır. Ekolojik ayak izi, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamakla beraber eğitici, çevresel duyarlılık konusunda bilinçlendirici ve küresel anlamda eşitleyici bir yol olması ile gezegenin taşıma kapasitesi hakkında bilgi vermektedir [20]. Hesabıyla ilgili farklı yaklaşımlar olsa da Eşitlik 1 ile ifade edilebilir [21].

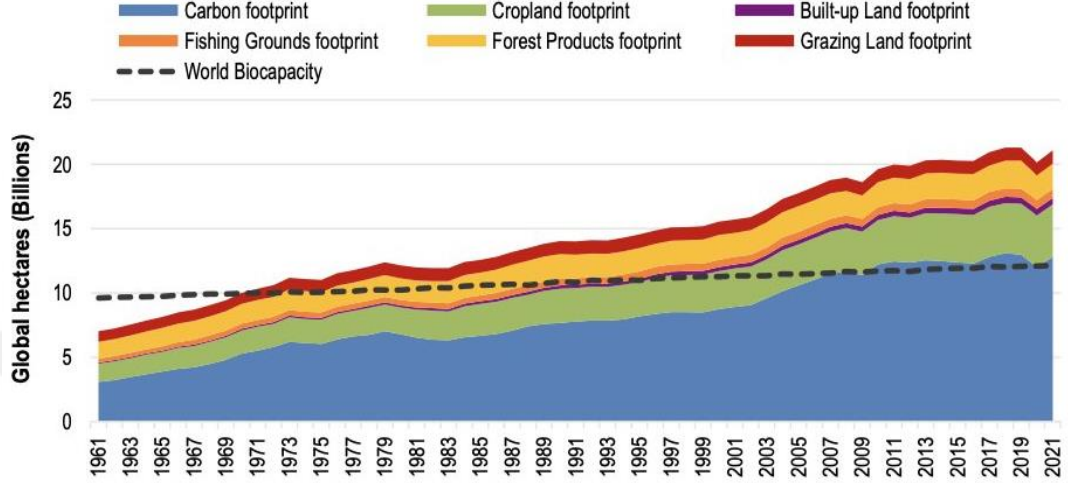
$$\text{Ekolojik Ayak İzi} = \text{Üretim Alanı} \times \text{Tüketim} \times \text{Nüfus} \quad (\text{Eş.1})$$

Ölçü birimi küresel hektar (kha)'dır. Dünyanın ortalama verimliliği üzerinden bir hektar arazinin üretim kapasitesini temsil etmektedir. Ekolojide bulunan toplam nüfusu, üretim yapılan alanı ve tüketim miktarını kapsamaktadır. Ekolojik ayak izinin pek çok alt bileşenlerini kapsamaktadır. Bu alt bileşenleri kısaca özetlersek;

- Tarım Arazisi Ayak İzi: Gıda, lif, hayvan yemi, yağ bitkileri gibi üretimlerde kullanılan alanları içerir.
- Yapılaşmış Alan Ayak İzi: Konut, ulaşım, endüstriyel yapılar ve enerji santralleri gibi yapılanma olan alanları kapsamaktadır.
- Orman Ayak İzi: Tüketilen kereste, kâğıt hamuru, odun ürünleri ve yakacak odun miktarını karşılamak için gereken orman alanlarını içermektedir.
- Otlak Ayak İzi: Et, süt ve deri ürünleri için hayvancılık yapılan alanlardır.
- Balıkçılık Sahası Ayak İzi: Tüketilen balık ve deniz ürünlerini temin etmek için gereken deniz ve tatlı su alanlarını kapsamaktadır.
- Karbon Ayak İzi: “Okyanuslar tarafından tutulan CO₂ emisyonunun yanı sıra, fosil yakıt tüketimi, arazi kullanımı değişiklikleri ve kimyasal süreçlerden kaynaklanan emisyonların tutulması için gereken orman alanları” olarak tanımlanmaktadır [22].

Canlıların doğaya bıraktığı ekolojik ayak izinin bileşenleri incelendiğinde, yerkürenin su, toprak, yapı alanları, tarım, orman arazileri ve karbon ayak izi olarak

hava emisyonlarından oluştuğu görülmektedir. Şekil 1.3'te biyolojik kapasiteye göre ekolojik ayak izinin bileşenleri gösterilmiştir. Şekilden, son yıllarda gezegenin taşıma kapasitenin aşıldığı ve gün geçtikçe etkisini artırdığı görülmektedir.



Şekil 1.3. Biyolojik Kapasiteye Göre Ekolojik Ayak İzinin Bileşenleri [23]

Şekil 1.3'te görüldüğü gibi ekolojik ayak izine en çok etkiyen bileşen karbon ayak izidir. Bu nedenle karbon ayak izinin belirlenmesi ve etkiyen nedenleri ortadan kaldırmak veya azaltılmasına yönelik çalışmalar yürütmek, son yıllarda büyük bir önem kazanmıştır.

1.5. Karbon Ayak İzi

Karbon ayak izi, insanların küresel ısınmaya neden olduğu olumsuz katkılarının ölçülmesi olarak tanımlanabilir. Başka bir tanıma göre ise karbon ayak izi, her insanın ulaşım, ısınma, satın aldığı ürünler ve toplamda tükettiği enerji sonucu atmosfere yaydığı karbon miktarını belirten bir terim olarak ifade edilmektedir [21]. Kısaca, karbon ayak izi antropojenik etki sonucu çevreye verilen zararın sera gazı miktarı açısından bir ölçüsüdür. Bütün karbon emisyonlarının toplamı olarak da ifade edilebilir. Tüm sera gazları karbondioksit cinsinden hesaplanmaktadır. Her bireyin bir karbon ayak izine sahip olmasının yanı sıra gelişen teknolojiyle birlikte enerji üretimi ve tüketimi, ulaşım, sanayileşme, nüfus artışı ve atıklar gibi insan faaliyetleri karbon ayak izinin artışında çok önemli bir paya sahip olan etkenlerdir [24].

Karbon ayak izi temelde ikiye ayrılmaktadır. Birincil karbon ayak izi, doğrudan etkili olmak üzere enerji tüketimi ve ulaştırma sonucu ortaya çıkan emisyonların ölçüsüdür. İkincil karbon ayak izi ise dolaylı olarak ortaya çıkan emisyonlardır. Kullandığımız, satın aldığımız ürünlerden dolayı ortaya çıkan karbon ayak izleri bu kısma örnek olarak verilmektedir [2].

İklim değişikliğinde önemli bir pay sahibi olan karbon ayak izi, hayatın her anında bireysel olarak tüketilen enerji sonucu artmaktadır. BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi gereğince ortaya konulan sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturan karbon salımının azaltılması ve olabildiğince en düşük seviyede tutulması önemlidir. Son yıllarda bu çalışmalar artmıştır. Şekil 1.2’de belirtildiği gibi Türkiye’de en çok enerji tüketilen sektör mesken ve hizmet sektörü olup, doğru orantılı olarak en çok sera gazı ortaya çıkaran sektördür. Son yıllardaki enerji tasarrufu ve verimliliği çalışmaları ile karbon salımı, sürdürülebilirlik çalışmalarının artması, protokol ve anlaşmalarla güvence altına alınması bu konuda ciddi adımların atıldığını göstermektedir.

1.5.1. Sera Gazı Emisyonları (SGE)

Sera gazı emisyonlarını (SGE) azaltmak için daha yenilikçi teknolojilerle yeşil dönüşümün sağlanması tüm dünyanın hedefi haline gelmiştir. 2006 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Rehberleri kullanılarak hesaplanan karbon ayak izi, doğrudan sera gazları olan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve florlu gazları (F-gazları) kapsamaktadır. Dolaylı olan sera gazlarının ise azot oksitler (NO_x), metan dışı uçucu organik bileşikler (NMVOC), karbon monoksit (CO) ve kükürt dioksit (SO₂) oldukları bilinmektedir.

Sera gazlarının kaynağı ile ilgili bilgiler aşağıda kısaca özetlenmiştir [25].

- Karbondioksit (CO₂): Fosil yakıtların yanması, orman yangınları, çimento, kireç vb. üretimler sonucu ortaya çıkan emisyonudur.

- Metan (CH₄): Evsel atık depolamaları, fosil yakıt yanması, hayvancılık faaliyetleri, pirinç yetiştiriciliği kaynaklı ortaya çıkan emisyondur.
- Diazotmonoksit (N₂O): Fosil yakıtların yanması, atık su arıtımı ve azot içeren gübre kullanımları sonucu ortaya çıkan emisyonlardır.
- Florlu gazlar (F-gazları): Buzdolabı gazları, alüminyum üretimi ve eritme, elektrik iletim ve dağıtım sistemleri ve magnezyum üretimi kaynaklı emisyonlardır.

İnsan faaliyetleri sonucunda oluşan SGE antropojenik sera gazı emisyonları olarak değerlendirilirken, doğal faaliyetler sonucunda oluşan SGE antropojenik olmayan sera gazı emisyonları olarak adlandırılmaktadır. Sera gazlarının kaynağı belirlendikten sonra hangi gazın meydana geldiği tahmin edilebilir ve böylece karbon ayak izine etkisini değerlendirilebilir. TÜİK 2021 verilerine göre Türkiye’de toplam sera gazı istatistiği Tablo 1.2’de verilmektedir. Tablodan, 2021 yılında toplam sera gazı emisyonu miktarının 1990 yılına oranla yaklaşık 2,5 kat artarak 564,4 milyon ton CO₂ eşdeğer ulaştığı görülmektedir [26]. Yüzyıllardır süregelen çevre kirliliğinin aslında Tablo 1.2’de verilen son 30 yıldaki değişimi bile gelecek yıllar için endişe duyulması ve hızla hareket edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 1.2. 1990 ve 2021 Yılı Sera Gazı Emisyonları [26]

YIL	TOPLAM	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-gazları
1990	219,5	151,6	42,5	25,0	0,5
2021	564,4	452,7	64,0	40,3	7,4

1.5.2. Sektörlere Göre Karbon Ayak İzi

TÜİK 2021’deki verilere göre karbon ayak izine sebep olan sera gazlarının yaklaşık %71,3 enerji sektörü, %13,3’ü endüstriyel işlemler ve %12,8’i tarım ve %2,6 atık sektörleri tarafından oluşturulmaktadır.

Sektörel olarak incelendiğinde; enerji sektörü emisyonları 2021 yılında 402,5 milyon ton CO₂ eşdeğerdir. 1990 yılına göre %188,4 artış olduğu görülmektedir. Pandemi etkisi ile bir önceki yıla göre %9,8 artış gözlemlenmiştir. 1990 ve 2021 yılı endüstriyel işlemler ve ürün kullanımındaki emisyon artışı ise %228,7'dir. Bu verilere göre görülmektedir ki, 1990 yılından günümüze oluşan sera gazı emisyonlarının çok büyük bir kısmı enerji tüketimi kaynaklıdır.

Sera gazı emisyonlarının, 2021 yılında oluşan CO₂ emisyonlarının %85,2'si enerji sektörü, %14,5'i endüstriyel işlem ve ürün kullanımından, geri kalan %0,3'lük kısmı ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmaktadır. 2021 yılında, CH₄ emisyonlarının ise %61,4'ü tarım, %19,3'ü enerji, %19,3'ü atık ve %0,03'ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmaktadır. Aynı yıl N₂O emisyonları incelendiğinde %78'i tarım, %11,1'i enerji, %5,9'u atık ve geri kalan %5'i de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmaktadır [26].

Sonuç olarak tüm sera gazları emisyonları toplamına bakıldığında enerjinin önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. Seneler içerisinde arttığı bilinen enerji tüketiminin orantılı olarak sera gazı emisyonlarında artışa neden olduğu söylenebilir. Fakat sera gazlarının bileşenlerine bakıldığında, enerji sektöründe en büyük payı alan emisyonun karbondioksit olduğu görülmektedir. Metan ve diazotmonoksit emisyonları hayvancılık, evsel atık depolama, azotlu gübre kullanımı gibi durumlarda ön plana çıkmaktadır. Bu durum ise, sera gazlarının bileşenlerinin belirlenmesinde kullanılan enerji kaynağının çok önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir.

1.6. İklim Değişikliği ile İlgili Önemli Hususlar

Küresel çevre sorunlarının giderilmesi için yapılan protokollerde en önemli stratejilerden biri New York'ta kabul edilen ve 17 maddeden oluşan sürdürülebilir kalkınma hedefleridir.

Temel olarak yoksulluğu kaldırmayı, refah seviyesini yükseltmeyi, cinsiyet eşitliğini ve sürdürülebilirliği; başta çevre, eğitim, sanayi, ticaret, tarım, ekonomi, şehircilik ve teknolojiyi uluslararası iş birliği çerçevesinde iklim eylem planı olarak gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Tüm bunların sağlanması ve topluma sirayet etmesi, bireysel farkındalıkla başlamaktadır.

Karbon ayak izinin kaynak kullanımının kategoriler halinde incelenmesi; birey, kurum ve toplum oluşumlarının her birine sorumluluk yüklemesi sayesinde geniş bir perspektif ile takip edilebilmektedir. Kyoto protokolü ile belirlenen standartlar ile uluslararası platformda ortak çözümler oluşturulması üzerinde durulmaktadır [27].

IPCC verileri göz önüne alındığında, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri sağlık, çevre ve ekonomik yönden hissedilmektedir. Küresel ısınma ile artan sıcaklığı 1,5–2 °C aralığında tutarak olumsuz koşulların minimum düzeye inmesi hedeflenmektedir [2]. Karbon ayak izi çalışmaları, özellikle üniversitelerde yürütülen araştırmalar, mevcut durumun belirlenmesinde önemli olup, gerekli önlemlerin alınarak belirtilen hedeflere ulaşma hususunda büyük katkı sağlayacaktır.

BÖLÜM 2: KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde, karbon ayak izi hesaplanması ile ilgili çalışmaların mevcut olduğu, özellikle üniversitelerde bu tarz çalışmaların son zamanlarda arttığı görülmektedir. Üniversitelerde yapılan çalışmalar genel olarak; öğrenci, akademik ve idari personellerin oluşturduğu karbon salımı hesabını içermektedir. Yapılan çalışmalarda, elde edilen veriler genellikle GHG protokolü ve ISO 14064-1 standardı çerçevesinde, IPCC Tier-1 metodolojisi, ANNEX, DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak yürütülmüştür. Yapılan akademik yayınlar, üniversitelerin sorumluluk alması sayesinde yeşil dönüşüm adına önemli çalışmalardır. Literatürde yer alan ve bu çalışmaya ışık tutan özellikle üniversitelerde yürütülen karbon ayak izi çalışmaları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Aydın (2023); Sivas Cumhuriyet Üniversitesi'nin IPCC Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları ile karbon ayak izi envanterini oluşturmuştur. Envanter çalışmasında karbon yutağı görevi gören kampüsteki ormanlık alanlar hesaplamalara dahil edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu, 2019 yılında 0,566 Gg CO₂, 2020 yılında 0,666 Gg CO₂ ve 2021 yılında 1,26 Gg CO₂ olarak bulunmuştur [28].

Gürsoy (2023) tarafından; 2017, 2018 ve 2019 yıllarında Erciyes Üniversitesi'ndeki karbon emisyonlarının belirlenmesi ve uygun önlemlerin alınmasına yönelik çalışma yapılmıştır. Çalışmada, karbon emisyonlarının hesaplanmasında iki farklı yöntem kullanılmıştır. Endonezya Üniversitesi (UI) tarafından duyurulan UI GreenMetric Platformu ile üniversitelerin elektrik tüketimi ve ulaşım kaynaklı emisyonları hesaplanmış ve IPCC Tier-1 ve Tier-2 metoduyla hesaplanan karbondioksit emisyonları, GreenMetric Platformu hesapları ile karşılaştırılmıştır. Hesaplama değerlerine göre 2017 yılında 27.304 ton, 2018 yılında 25.243 tCO_{2e} ve 2019 yılında

25.721 tCO₂e salım olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Üniversite genelinde ise üç yılda ortalama kişi başına düşen emisyon değeri 0,4 tCO₂e olarak bulunmuştur [29].

Çerçi (2022); Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin karbon ayak izi hesabını, 2019 ve 2020 yıllarında enerji (doğalgaz, elektrik, motorin ve benzin) tüketim verileri ile IPCC Tier 1 yaklaşımı ve DEFRA dönüşüm faktörleri kullanarak yapmıştır. Hesaplanan sonuçlara göre, 2019 yılında IPCC Tier 1 yaklaşımı ile 2.753,2 tCO₂e ve 2020 yılında 2.383,74 tCO₂e emisyon açığa çıktığı tespit edilmiştir. DEFRA faktörleriyle yapılan hesap sonucu ise; 2019 yılında 2.314,53 tCO₂e ve 2020 yılında 1.826,54 tCO₂e emisyon tespit edilmiştir. İki farklı metodoloji ile hesaplanan değerler arasında oluşan bu farkın temel sebebi ise IPCC Tier 1 yaklaşımının uluslararası kullanılan değerleri içermesi ve DEFRA faktörlerinin ise İngiltere'nin ulusal verileri ile hesaplanmasıdır. 2019 ve 2020 seneleri arasında ise Covid-19 sebebiyle ilan edilen pandemi sonucu eğitime verilen aradan dolayı azaldığı ifade edilmiştir [30].

Kırbaş ve Kocakulak (2021) tarafından; Burdur ilinin karbon ayak izini belirlemek için yapılan çalışmada IPCC Tier 1, 2 ve 3 yaklaşımları kullanılarak karbon ayak izi hesaplanmıştır. Elektrik, kömür, doğalgaz, ulaşım kaynaklı yakıt salımları ve çöp işleme tesislerinden açığa çıkan salımlar tüm ilçeler baz alınarak çalışmaya dahil edilmiştir. Toplam 1.097.599,90 tCO₂ salımı, kişi başı için ise 3,62 ton/yıl CO₂ salımı belirlenmiştir. Bu değer Türkiye ortalamasının altında olduğu ifade edilmiştir. Ağaç sayısının karbon salımına olan olumlu etkisi göz önüne alındığında ise net salım miktarı 538.437,21 tCO₂ olarak belirlenmiştir. Karbon izinin azaltılması için bisiklet kullanımının teşviki, ağaçlandırmanın artırılması, elektrikli araç tavsiyesi ve doğalgaz kullanımını artırılması gibi çözüm önerileri sunulmuştur [31].

Haksever vd. (2020) tarafından yürütülen küresel ısınmanın etkilerinin azaltılması amacıyla güden çalışmada, İstanbul'un Ümraniye ilçesi pilot bölge seçilmiştir. İlçede bulunan konutlar, sanayi kuruluşları, ticarethaneler, kurumlar, aydınlatmalar, ulaşım ve belediyenin toplam emisyon değerleri kullanılarak ve 2017 yılı temel yıl alınarak, karbon ayak izi hesaplanmıştır. Çalışma sonucu 2.027.549 ton/yıl CO₂ eşdeğeri

olarak belirlenmiş ve kişi başına düşen emisyon 2,55 ton CO₂/kişi olarak hesap edilmiştir. Emisyonlarda doğalgaz, elektrik ve yakıt tüketimi büyük payı oluşturduğu için çalışmaya temel olarak bu kısımlar dahil edilmiş ve yutak alanları dahil edilmemiştir. Emisyona en çok etki eden ilk üç faktör ise %43'lük pay ile konutlar, %35 ile ticarethane ve kurumlar ve %16 ile de ulaşım şeklindedir [32].

Akyüz vd. (2019) yaptıkları çalışmada, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Sağlık Yüksekokulu'nun yıllık karbon ayak izi miktarını DEFRA Annex metodu ile hesaplamıştır. 2017 yılına ait elektrik, ısınma, ulaşım verileri kullanılarak karbon salım miktarı 217.503 kg/yıl CO₂e olarak elde edilmiştir. En çok salınımın ısınma (doğalgaz) kaynaklı olduğu hesaplama sonuçlarına göre tespit edilmiştir. İkinci sırada ise elektrik tüketimi gelmektedir [33].

Başoğul (2018) yürüttüğü çalışmada, Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesindeki akademisyen ve idari personelin karbon ve ekolojik ayak izlerini hesaplamıştır. Kişilere yapılan anket uygulaması gıda, ulaşım, barınma ve tüketim hizmetlerini kapsamaktadır. Hesaplama Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF) tarafından geliştirilen ekolojik ayak izi hesaplama motoru programından (ekolojikayakizim.org) faydalanılmıştır. Yapılan tüm hesaplamalar sonucunda, fakültede kişi başına ortalama ekolojik ayak izi 2,53 kha ve karbon ayak izi 15,55 tCO₂e olarak bulunmuştur. Bu sonucun Dünya ve Türkiye ortalamasının altında olduğu ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda, fakülte çalışanlarının sürdürülebilir olarak yaşaması için en az 2,53 kat daha dünya gerektiği vurgulanmıştır [34].

Binboğa vd. (2018) tarafından yapılan bu çalışmada, Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin karbon ayak izi hesaplanmıştır. IPCC Tier 1 metodu kullanılarak 2016 yılında ortaya çıkan emisyon miktarı 8.953,906 tCO₂e olarak belirlenmiştir. Emisyon oluşturan kaynaklardan en büyük pay sahibinin "elektrik" olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda kampüste fidan dikimi yapılması, farkındalığı artırmak amacıyla güdülmüş ve önerilerde bulunulmuştur [2].

Üreden (2018), Çankırı Karatekin Üniversitesinin karbon ayak izini 2018 verilerini kullanarak yaklaşık olarak 5.633,13 EtCO₂e/yıl olarak hesaplamıştır. En yüksek emisyonu oluşturan bölümün “elektrik tüketimi” kaynaklı olduğu ve 2.527,72 EtCO₂e/yıl olduğu tespit edilmiştir. Üniversitede kişi başına düşen ortalama karbon salımı miktarı ise 4,54 tCO₂e/yıl’dır. Çalışma sonucu hesaplanan karbon salım miktarını azaltmak amacıyla tasarruf tedbirleri ve yenilenebilir enerji üretimi gibi öneriler sunulmuştur [35].

Özçelik (2017) çalışmasında, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü’nün karbon ayak izini hesaplamıştır. Birincil emisyon kaynakları olan doğalgaz kullanımı, üniversiteye ait araçlar, ikincil kaynak olan elektrik tüketimi ve üçüncül kaynaklardan olan su verileri ve atıklardan oluşan emisyonların tümü hesaplamalara dahil edilmiştir. Ulaşımın oluşturduğu emisyon verileri ilk olarak akademik ve idari personele ve öğrencilere anket yapılarak belirlenmiş ve daha sonra da kameralardan kampüse giren araç sayısının ortalaması alınarak belirlenmiştir. İlk yaklaşıma göre karbon ayak izi 19706,084 tCO₂e ve ikinci yaklaşıma göre ise 10122,154 ton CO₂e olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada, çıkan tüm emisyonları azaltmaya yönelik alınabilecek tedbirler özellikle yenilenebilir sistemlere geçiş tavsiyelerinde bulunulmuştur [36].

Sreng vd. (2017) Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsünün 2015 yılı sera gazı emisyonlarını hesaplamıştır. Hesaplamalar; IPCC Tier 1 metodu, Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI)’nin sınır belirleme metodu ve Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi (WBCDS)’nin yöntemleri ile yapılmıştır. Doğrudan ve dolaylı emisyonlar üç kapsamda değerlendirilmiştir. Doğrudan emisyon kaynağı olarak ilk kapsamda doğalgaz, ikinci dolaylı emisyon olan elektrik tüketimi ve son olarak öğrenci etkinlikleri, kâğıt, su ve atıklar olarak değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda ise; sera gazı emisyon miktarı 12.330,73 tCO₂ olarak bulunmuştur. En fazla emisyonun “elektrik tüketimi” kaynaklı olduğu tespit edilmiş ve çalışma sonucunda CO₂ salımının azaltılmasına yönelik öneriler sunulmuştur [37].

Yaka vd. (2015) çalışmasında, Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulunun karbon ayak izini hesaplamıştır. Binadaki toplam elektrik tüketimi, personelin ulaşım verileri ile birlikte ANNEX 2014 kriterleri göz önüne alınarak, karbon ayak izi miktarı 98.307 kg/yıl olarak bulunmuştur [27].

Turanlı (2015) yaptığı çalışmada, Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nin 2000 yılından başlayarak 2014 yılına kadarki dönemi için karbon ayak izini hesaplamıştır. Hesaplamalar sonucu, 2014'te Ankara ODTÜ Kampüsü'nde emisyon kişi başı 1815,96 kg CO₂ olarak ve metrekareye 91,67 kg CO₂ düştüğü bulunmuştur. Verilerdeki belirsizliklerin etkisini görmek üzere Monte Carlo Simülasyonu uygulanmıştır. Doğalgaz, elektrik, ulaşım, yemek tüketimi gibi salım faktörlerinin yanında ormanlık alanlar CO₂ dengeleyici olarak belirtilmiştir. Sonuç olarak ise; ODTÜ Ankara Kampüsünden salınan toplam emisyon 56.036.497,75 kg CO₂e olarak bulunmuştur [38].

Yapılan çalışmalar genel olarak, tüketilen mal veya hizmetin, enerji de dahil, gerekli kaynaklarını incelemektedir. İncelenen üniversitelerde ve yerleşkelerde yapılan karbon ayak izi çalışmalarının sonuçları tCO₂e cinsinden Tablo 2.1'de özetlenmektedir.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde; belirlenen pilot bölgenin il, ilçe veya üniversitelerde toplanan veriler ile karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Her çalışmada etkenler (öğrenci/personel sayıları, ulaşım durumu, tüketim miktarları) değiştiği için analiz sonuçları farklı olmaktadır. Coğrafyalar ve özellikle farkındalık durumu ile ilgili sosyal koşullara bakıldığında, tedbirler almak ve karbon salımını azaltabilmek için nerelerden başlanması gerektiği daha iyi görülebilir. Her ili/kurumu bu anlamda değerlendirmek daha doğru sonuçlara ulaştıracaktır.

Tablo 2. 1. Literatür Araştırması Sonuçları

ÇALIŞMA BÖLGESİ	YIL	CO ₂ SALIMI (tCO ₂ e)	Kaynakça
Manisa Celal Bayar Üniversitesi	2016	8.953,9	[2]
Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri MYO	2015	98,3	[27]
Cumhuriyet Üniversitesi Kampüsü	2021 2020 2019	1260 666 566	[28]
Erciyes Üniversitesi Kampüsü	2019 2018 2017	25.721 27.304 25.243	[29]
Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi	2022	2,39	[30]
Burdur İli	2021	1.097.599,9	[31]
İstanbul Ümraniye ilçesi	2020	2.027.549	[32]
Burdur Bucak Sağlık Yüksekokulu	2019	217,5	[33]
Adıyaman Üniversitesi – Müh., Fak.	2018	15,6	[34]
Çankırı Karatekin Üniversitesi	2018	5.633,1	[35]
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü	2017	19706,1	[36]
Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü	2015	12.330,7	[37]
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	2014	56.036,5	[38]
Giresun Üniversitesi	2022 2021 2020	2618 1638,9 1696,2	Bu çalışma

BÖLÜM 3: MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Güre Yerleşkesi

Karadeniz Bölgesinin doğusunda yer alan Giresun ili, 6934 km²'lik yüzölçümüne ve 453.912 nüfusa sahiptir (Şekil 3.1). Giresun ili coğrafi konumu nedeniyle kıyı kesimde bol yağış almakta olup, zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. 600 m yüksekliğe kadar fındık ve meyve ağaçları yoğun olmakla birlikte kızılâğaç, akçaağaç, kayın, gürgen, meşe, köknar, ıhlamur, kestane gibi ağaçlar bulunur. Orman alanlarının geniş olması ise karbon ayak izine olumlu bir etki yapmaktadır.



Şekil 3.1. Giresun İli

Tez çalışması kapsamında incelenen, Giresun Üniversitesi'ne ait Güre Yerleşkesi, Merkez ilçesinde yer almakta olup 172.692,96 m²'lik alana sahiptir. 2022 yılı verilerine göre; üniversitemizde 1576 kadrolu personel olmak üzere toplam 1822 personel mevcuttur [39]. Yerleşkede bulunan ve bu çalışmaya dahil olan binalar aşağıda listelenmektedir. Güre Yerleşkesinde (Şekil 3.2) bulunan ağaçlık alanlar bu çalışmaya dahil edilmemiştir.



Şekil 3.2. Güre Yerleşkesi

Tez çalışması kapsamına dahil edilen yerleşkedeki binalar:

- Rektörlük Binası
- Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Binası
- Sağlık, Kültür ve Spor Daire Başkanlığı Binası
- Merkezi Araştırma Laboratuvarı Binası
- Mühendislik Fakültesi Binası
- Eğitim Fakültesi ve Diğer Binalar
- İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Binası
- Spor Bilimleri Fakültesi Binası

Diğer Binalar

- Kütüphane - Dokümantasyon Daire Başkanlığı Binası
- Devlet Konservatuvarı Binası
- Deney Hayvanları Araştırma Laboratuvarı Binası
- Personel Yemekhanesi Binası

3.2. Materyal

Tez çalışması kapsamında, Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesi karbon ayak izi hesaplamalarında, Sera Gazı Envanterinin belirlenmesinde kabul görmüş yöntemlerin en önemlileri arasında yer alan Greenhouse Gas Protocol (GHG Protokolü) ve TSE ISO 14064 Sera Gazı Envanteri Standartlarından faydalanılmıştır. GHG Protokolü, sera gazı envanteri hesaplamalarında ölçüm ve raporlamalarının ana

çerçevesini oluşturan bir uygulamadır [40]. Genel olarak üç kapsamda incelenmektedir:

Kapsam 1: Doğrudan Oluşan Emisyonlar (Fosil yakıt veya kuruluşa ait olan)

Kapsam 2: Enerji Kaynaklı Dolaylı Emisyonlar (Elektrik veya dışarıdan satın alınan)

Kapsam 3: Diğer Dolaylı Emisyonlar

GHG Protokolünün çizdiği bu sınırlar dikkate alınarak, sera gazlarının (SG) ölçülebilmesi için genel hesaplamalar yapılmaktadır. SGE raporlanmasında; her bireyin, kurumun veya ülkenin karbon ayak izi oluşumundaki etkileri dikkate alınarak hesaplamalar yapılmalıdır.

TSE ISO 14064 Sera Gazı Envanteri Standartları ise ulusal standartlar olarak kabul görmüş olup, sera gazı envanteri hesaplama ve iyileştirme çalışmalarına yön verebilmek adına 3 ana kılavuz içerir:

ISO 14064-1: SG salımlarının ve uzaklaştırmalarının kuruluş seviyesinde hesaplanmasına ve raporlandırılmasına dair kılavuz [41].

ISO 14064-2: SG'nın azaltılması veya giderilmesi iyileştirmelerinin miktarının belirlenmesi, izlenmesi ve raporlandırılması [42].

ISO 14064-3: SG beyanlarının doğrulanması ve geçerli kılınmasına dair özellikler ve kılavuz [43].

Bu üç kılavuz, sera gazının hesaplanması adına yapılacak çalışmaların sınırlarına, sera gazlarının azaltılması için neler yapılması gerektiğine ve bunların kabul edilebilirliğini belirleyen şartları içermektedir. Oldukça detaylı ve sınırları belli olan bu standartların kontrolü ve akrediteleri anlatan farklı kılavuzlar mevcuttur.

ISO 14065: Çevresel bilgileri geçerli kılan ve doğrulayan kuruluşlar için genel ilkeleri ve gerekleri belirten kılavuzdur.

ISO 14066: Sera gazları – Sera gazı geçerli kılma takımları ve doğrulama takımları için yeterlilik özelliklerini içermektedir.

ISO 14067: Sera gazları – Ürünlerin karbon ayak izi hesaplanması için gerekler ve kılavuzdur [18].

3.2.1. TS EN ISO 14064-1:2019 Standardları

TS EN ISO 14064-1:2019 standardları çerçevesinde, sera gazı envanterlerinin hesaplanma yöntemi aşağıda özetlenmektedir [41]. Hesaplamalarda, standardda verilen 6 ana başlık ve ek maddeleri dikkate alınır. Raporlandırılan her verinin kanıtlanabilir olması ve kuruluşun yapısına uygun şekilde detaylandırılması tavsiye edilmektedir.

Kategori 1: Doğrudan SGE ve Uzaklaştırmaları

1.1.Sabit yakma kaynaklı doğrudan emisyonlar

1.2.Hareketli yanmadan kaynaklı emisyonlar

1.3.Endüstriyel süreçlerden kaynaklı doğrudan proses emisyonları ve uzaklaştırmaları

1.4.Antropojenik sistemlerdeki sera gazının sızması/kaçması sonucu oluşan emisyonlar

1.5.Arazi kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklik, ormancılık faaliyetlerinden kaynaklı emisyonlar ve uzaklaştırmalar

Kategori 2: İthal Edilen Enerjiden Kaynaklı Dolaylı SGE

2.1. İthal edilen elektrikten kaynaklı dolaylı emisyonlar

2.2. İthal edilen enerjiden kaynaklı dolaylı emisyonlar

Kategori 3: Ulaşım Kaynaklı Dolaylı SGE

- 3.1. Ürün (kuruluşa gelen) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar
- 3.2. Ürün (kuruluştan giden) taşımacılığı veya dağıtımından kaynaklanan emisyonlar
- 3.3. Personelin işe gidişi geliş kaynaklı emisyonlar
- 3.4. Müşteriler ve ziyaretçilerin ulaşımı kaynaklı emisyonlar
- 3.5 İş seyahati kaynaklı emisyonlar

Kategori 4: Kuruluş Tarafından Kullanılan Ürünler Kaynaklı Dolaylı SGE

- 4.1. Ürünün imalatı ile ilişkili olan satın alınan hammadde/mamul vb. kaynaklı emisyonlar
- 4.2. Sermaye niteliğinde varlıklardan (taşınır & taşınmaz) kaynaklanan emisyonlar
- 4.3. Katı ve sıvı atıkların bertarafı kaynaklı emisyonlar
- 4.4. Kiralanan ekipmanların (kuruluş tarafından) kullanımı kaynaklı oluşan emisyonlar
- 4.5. Danışmanlık, temizlik, bakım, kurye, bankacılık vb. hizmet alımları kaynaklı emisyonlar

Kategori 5: Ürünlerin Üretim Sonrası Kullanımı Kaynaklı Dolaylı SGE

- 5.1. Ürünün kullanımı kaynaklı emisyonlar ve uzaklaştırmalar
- 5.2. Kiraya verilen ekipmanların (kuruluşa ait) kullanımı kaynaklı emisyonlar
- 5.3. Ürünün kullanım ömrünü tamamlanmasından sonraki emisyonlar (arıtma, bertaraf, geri kazanım vb.)
- 5.4. Yatırım kaynaklı emisyonlar

Kategori 6: Diğer Kaynaklardan Ortaya Çıkan Dolaylı SGE

Bu kategori, diğer kategoriler kapsamına girmeyen emisyonlar için kullanılmaktadır.

Karbon ayak izi, doğrudan tüketilen enerji kaynakları başta olmak üzere dolaylı şekilde kuruluşa ait olan tüketimler (ulaşım kaynaklı, üretim ve üretim sonrası oluşan

tüketimler) de dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Belirlenen tüketim verileri, belirli zaman dilimine göre, literatürdeki tanımı ile temel yıl seçilerek, hesaplama dahil edilmektedir.

GHG Protokolü baz alındığında ve TSE'nin envanterinden yararlanarak oluşturulan karbon ayak izi hesabı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Doğrudan Karbon Ayak İzi: Kuruluşun kendisinden oluşan veya kontrol ettiği kaynaklardan çıkan doğrudan etkili sera gazı emisyonlarıdır [25]. Fosil yakıtlar, ulaşım vb. durumlar sonucu ortaya çıkan emisyonlar bu kapsam dahilindedir.

Dolaylı Karbon Ayak İzi: Kuruluşun kendisine ait olmayan fakat kuruluş faaliyetleri sonucu açığa çıkan sera gazı emisyonlarıdır. Elektrik, buhar, ısıtma ve soğutma kaynaklıdır. Kuruluşa ait operasyon atıkları, satın alınan hizmetler vb. durumlar sonucu ortaya çıkan emisyonlar kapsam dahilindedir.

Diğer Dolaylı Karbon Ayak İzi: Kapsam 2 içerisine girmeyen diğer sera gazı emisyonlarını kapsamaktadır. Tüm personellerin üniversite kampüsüne ulaşımından kaynaklanan emisyonlar ve idari/akademik personellerin iş seyahatleri kapsamında oluşan emisyonlar, kuruluş tarafından üretilen ancak başka bir kuruluş tarafından yönetilen atıklar gibi durumlarla örneklendirilebilir [25].

3.3. Yöntem

Bu çalışmamızda, Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesinde yer alan binaların 2020, 2021 ve 2022 yılları enerji tüketim verileri kullanılarak yerleşkenin karbon ayak izi hesaplanmıştır. Faaliyet verileri incelendiğinde ve sera gazı envanteri ile karbon ayak izi kapsamları göz önüne alındığında; nicel olarak büyük olan doğalgaz, elektrik, benzin/motorin gibi yakıtların ortaya çıkardığı emisyonlar göz önüne alınmış ve dolaylı sera gazı bileşenleri hesaplamalarda kullanılmıştır. Diğer dolaylı karbon ayak izi dahilinde olan personel gidiş gelişleri, atık kaynaklı oluşan emisyonlar gibi veriler net bilgiler elde edilmediğinden ve sonuç olarak geniş bir yer tutmayacağı kabulü ile

hesaplamaların dışında tutulmuştur. Arazi kullanımı ve ormancılık kaynaklı emisyonlar bu çalışma kapsamında yer almamaktadır.

Temel yıl: 2020, 2021 ve 2022 yılları seçilmiştir.

Hesaplama Kullanılacak Faktörler:

A- Kütle, hacim, enerji veya parasal değer gibi faaliyet verileri

B- Emisyon faktörü

C- Kalorifik değerler

D- Küresel ısınma potansiyeli

E- Yoğunluk

F- Oksitlenen Karbon Yüzdesi

A- Tüketim Verileri

Tablo 3.1.'de verildiği gibi temel yakıtlar olan ısınma, ulaşım ve elektrik kaynaklı tüketimler ile oluşan emisyonlar hesaplamaya dahil edilmiştir. Kapsam 1 doğrudan oluşan emisyonlar ve Kapsam 2 dolaylı emisyonlar çalışmada yer almaktadır.

Tablo 3. 1. Kapsam 1 ve 2 Dâhilindeki Tüketimler

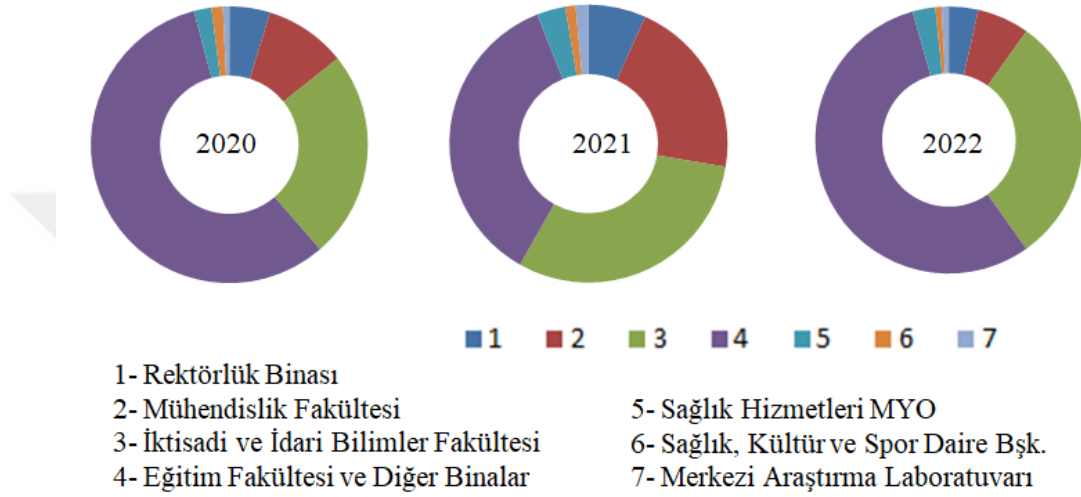
KAPSAM	YAKIT TÜKETİMİ	EMİSYONLAR
Kapsam 1	Isınma	Doğalgaz
Kapsam 1	Ulaşım	Benzin/ Motorin
Kapsam 2	Elektrik	Elektrik

Kapsam 1: Doğrudan Oluşan Emisyonlar

Doğrudan sera gazı emisyonlarını oluşturan doğalgaz ve üniversite filosuna ait araçların tüketim miktarları bu kapsama girmektedir.

Doğalgaz Tüketimi:

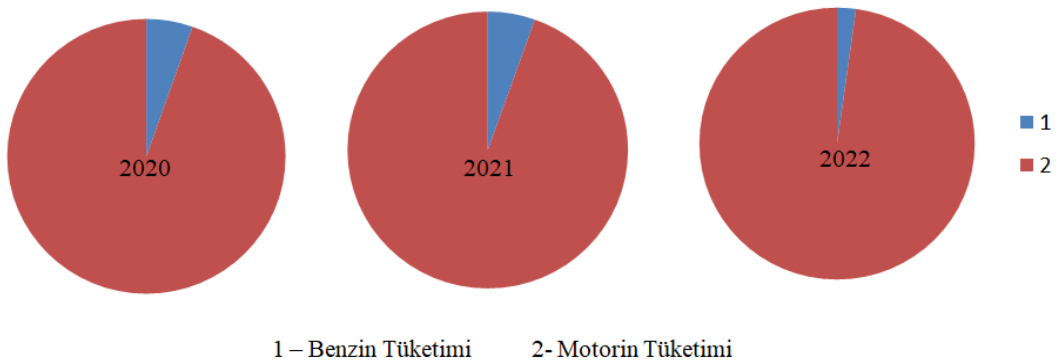
Yerleşkedeki binaların doğalgaz tüketimi Şekil 3.3'te görülmektedir. Binanın büyüklüğü, öğrenci ve akademisyen sayıları ile tüketim miktarlarının fazla olması farklılıkların oluşmasındaki önemli etkenlerdendir. Doğalgaz tüketiminde ilk sırayı her üç yıl için Eğitim Fakültesi ve Diğer Binalar almıştır.



Şekil 3.3. Doğalgaz Tüketiminin Binalara Göre Dağılımını Gösteren Grafik

Üniversitenin Araçlarına Ait Yakıt Tüketimi Verileri:

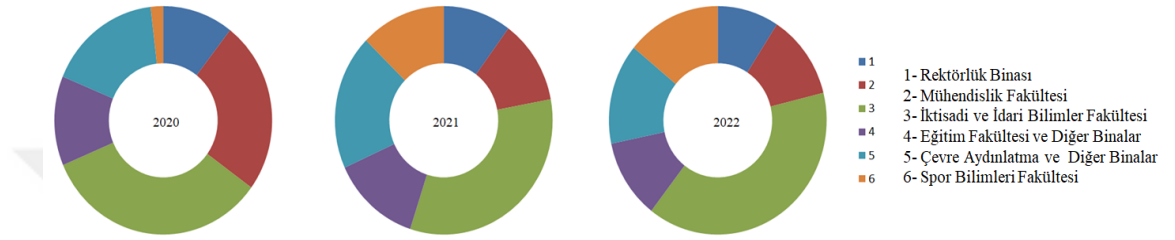
Üniversite filosuna ait araçlarda motorin yakıt tüketimi oldukça fazladır. Şekil 3.4'te görüldüğü gibi tüm yıllarda motorin tüketiminin benzin tüketimine göre yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4. Yakıt Tüketiminin Dağılımını Gösteren Grafik

Kapsam 2: Elektrik Tüketimi Kaynaklı Oluşan Emisyonlar

Kapsam 2 dahilinde olan elektrik tüketimlerinin tüm binalardaki oranı Şekil 3.5'te görülmektedir. En fazla elektrik tüketimi olan bina, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi binasıdır. Binanın dönemsel olarak fazla kullanımı tüketimde en büyük etkenlerden biridir.



Şekil 3.5. Elektrik Tüketiminin Binalara Göre Dağılımını Gösteren Grafik

Kapsam 3: Diğer Dolaylı Emisyonlar

Bu kapsamda, kiralık araçlarda tüketilen motorin verileri baz alınmış ve Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Kiralılık araçlarda sadece motorin tüketimi söz konusu olup, bu veriler Şekil 3.4'teki ulaşım kaynaklı benzin/motorin tüketiminin dağılımını gösteren grafiğe eklenmiştir.

Tablo 3.2. Diğer Dolaylı Emisyonların Tüketim Değerleri

	2020	2021	2022
Motorin (L)	3.845,26	5.385,80	7.088,72

B - Emisyon Faktörü

Karbon ayak izi, kullanılan yakıt tüketim miktarına bağlı olmakla birlikte yakıtın türüne göre değişen enerji değerleri ve emisyon faktörleri belirlenerek hesap edilmektedir. Bu faktörler, IPCC Tier 1 yöntemi ile belirlenmekte olup, Eşitlik 2 kullanılarak sera gazı emisyonu hesaplanmaktadır.

Eşitlik 2’de yer alan faaliyet verisi, binaların tüketim verilerini ifade etmektedir. Emisyonlar, ton CO₂ eşdeğeri (tCO_{2e}) birimi cinsinden hesaplanmaktadır.

$$\text{SGE} = \text{Faaliyet Verisi} \times \text{Emisyon Faktörü} \quad (\text{Eş. 2})$$

Yakıtların tüketimi sonucu atmosfere salınan emisyonların, yakıtların cinsine göre belirlenen karakteristik değerine emisyon faktörü denir. Yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası farklı değerler alabilmektedir. Çalışmada, Ek1’deki IPCC verileri kullanılarak, yakıt türüne göre emisyon faktörleri seçilmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yayımladığı, Türkiye geneli elektrik üretimi ve tüketimi ile ilgili emisyon faktörleri seçilen yıllar için Ek 2’de yer alan tablo kullanılarak belirlenmiştir. Tüketilen yakıt türlerine göre seçilen emisyon faktörleri Tablo 3.3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. 3. Sera Gazları İçin Emisyon Faktörleri

	CO ₂ (kg/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Doğalgaz	56100	1	0,1
Motorin	74100	3	0,6
Benzin	69300	3	0,6
Elektrik (kg/kWh)	0,484		

C - Net Kalorifik Değerler (NKD)

Net kalorifik değer, birim yakıttan elde edilebilecek enerjiyi ifade eden değerdir. Birimi TJ/Gg olarak ifade edilebilmektedir. NKD değerleri, Ek 3’te sunulan tablodan belirlenir. Yakıt türüne göre belirlenen NKD değerleri Tablo 3.4’te gösterilmiştir.

Tablo 3. 4. Yakıt Türlerinin Net Kalorifik Değerleri (TJ/Gg)

Doğalgaz	48.0
Benzin	44.3
Motorin	43.0

D - Küresel Isınma Potansiyeli (KİP)

Sera gazları toplamda ifade edilirken farklı etkiler oluşturacağından, aynı birim cinsine dönüştürülerek kıyaslanması daha doğru olacaktır. Küresel ısınma potansiyeli (KİP), karbondioksitin etkisinin bir birim kabul edilmesi halinde, her bir gazın belirli bir zaman diliminde (örneğin 100 yıllık zaman dilimi için) atmosferdeki göreceli etkisini gösteren bir değer olup, Ek 4'te verilen tablodan belirlenir. Tablo 3.5'te sera gazlarının türüne göre elde edilen KİP değerleri gösterilmiştir.

Tablo 3. 5.Sera Gazlarının Küresel Isınma Potansiyel Değerleri

CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

E - Yoğunluk Değerleri

Yoğunluk, maddenin birim hacminin kütlesidir. Başka bir ifade ile bir maddenin kütlesinin hacmine olan oranı olarak ifade edilebilir. Ek 5'te verilen değerlerden, yakıt türüne göre Tablo 3.6'da verilen yoğunluk değerleri bulunmuştur.

Tablo 3. 6. Yakıt Türlerinin Yoğunluk Değerleri (kg/m³)

Motorin	0,83
Benzin	0,735
Doğalgaz	0,67

F - Oksitlenen Karbon Yüzdesi

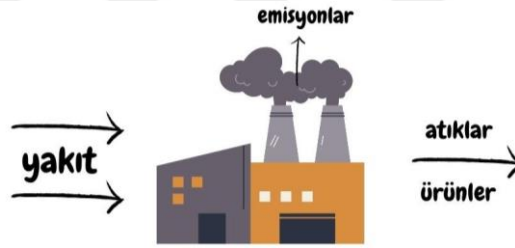
Yanan karbonun ne kadarının oksidasyona uğradığının hesaplanması sonucu belirlenen değerler, Tablo 3.7’de gösterilmiştir. IPCC Tier-1 yaklaşımlarında tüm değerler 1 alınmaktadır.

Tablo 3. 7. Yakıt Türlerinin Oksitlenen Karbon Yüzdesi

Doğalgaz	0,995= 1
Benzin / Motorin	0,99 =1

3.4. Kullanılan Standart

Güre Yerleşkesinin karbon ayak izi hesaplamasında, “Standart Yöntem” kullanılmıştır. Basit bir gösterim ile Şekil 3.6’daki gibi ifade edilebilir [25].



Şekil 3.6. Standart Yöntemin Basitleştirilmiş İfadesi

Standart yöntem, temelde yakıt girdisi sonucu oluşan ürünler veya atıklardan dolayı açığa çıkan emisyonun hesap edilmesidir. Matematiksel ifadesi Eşitlik 3’te özetlenmektedir.

$$E = FV \times EF \times YF \quad (\text{Eş.3})$$

E: Emisyonlar (tCO₂)

FV: Faaliyet verisi

YF: Yükseltgenme faktörü birimsizdir ve yakıtlar için 1 olarak kabul edilecektir.

$$FV = \text{Yakıt Miktarı} \times \text{NKD} \quad (\text{Eş. 4})$$

NKD: Net kalorifik değer (TJ/Gg)

EF: Emisyon faktörü (kg/TJ)

Aksi bir durum yoksa gaz ve sıvı yakıtlar için faaliyet verisi Eşitlik 5'teki formül ile kütleyle çevrilmelidir.

$$d = m/V \quad (\text{Eş. 5})$$

d: Yoğunluk (kg/m^3), m : kütle (kg), V : Hacim (m^3)'dir.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. HESAPLAMALAR

Bu bölümde, TSE EN ISO 14064-1:2019 standardı, SG salımlarının ve uzaklaştırmalarının hesaplanmasına ve raporlanmasına dair kılavuza dayanarak kuruluş düzeyinde sera gazı envanteri ile karbon ayak izi hesabı yapılmıştır.

Sera Gazı envanterinin enerji tüketimi kaynaklı olan kısmının dahil edildiği çalışmada, Güre kampüsünün karbon ayak izi hesaplanmasında sera gazı envanterinin gruplandırılması GHG Protokolü çerçevesinde gerçekleştirilmiştir [41].

Tez çalışması kapsamında, sera gazlarının karbondioksit eşdeğerleri (tCO₂e) bulunarak Güre Yerleşkesinin karbon ayak izi 2020, 2021 ve 2022 yılları için hesaplanmıştır. 2020 yılının emisyon değerleri Tablo 4.1’de, 2021 yılının emisyon değerleri Tablo 4.2’de ve 2022 yılının emisyon değerleri Tablo 4.3’te verilmiştir. Toplam karbondioksit emisyon değerine ulaşmak için CH₄ ve NO₂ emisyonları, küresel ısınma potansiyel değerleri ile çarpılır ve karbondioksit cinsinden eşdeğeri hesaplanır. Sonuçta tüm yakıtların eşdeğer karbondioksit miktarına ulaşılır [25].

Hesaplama kullanılan ana denklem Eşitlik 6’da gösterilmektedir.

$$\text{Faaliyet Verisi} = \text{Toplam Tüketim} \times \text{Yoğunluk} \times \text{Net Kalorifik Değer} \times \text{Emisyon Faktörü} \times \text{Oksitlenen Karbon Yüzdesi} \times \text{Küresel Isınma Potansiyeli} \quad (\text{Eş. 6})$$

Tablo 4.1. 2020 Yılı'nın CO₂ Hesabı

	ENERJİ TÜRÜ		FAALİYET VERİSİ	YOĞUNLUK	TÜKETİM	NKD	ENERJİ TÜKETİMİ	EMİSYON FAKTÖRÜ	EMİSYON	OKSİTLENEN KARBON YÜZDESİ	KİP	CO ₂ EMİSYONU
REKTÖRLÜK BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	18.39	0,67	12,323	48	0,591	56100	33,184	1	1	33,184
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	18.39	0,67	12,323	48	0,591	1	0,059x10 ⁻²	1	21	0,0124
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	18.39	0,67	12,323	48	0,591	0,1	0,006x10 ⁻²	1	310	0,0186
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	213.527,03					0,484 (kg/kWh)				103,347
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	136,562
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	36.79	0,67	24,655	48	1,183	56100	66,392	1	1	66,392
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	36.79	0,67	24,655	48	1,183	1	0,118x10 ⁻⁴	1	21	0,248x10 ⁻³
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	36.79	0,67	24,655	48	1,183	0,1	0,001x10 ⁻⁴	1	310	0,031x10 ⁻³
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	497.573					0,484 (kg/kWh)				240,825
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	307,218
İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	93.97	0,67	62,961	48	3,022	56100	169,540	1	1	169,540
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	93.97	0,67	62,961	48	3,022	1	0,302 x10 ⁻²	1	21	0,0635
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	93.97	0,67	62,961	48	3,022	0,1	0,0302x10 ⁻²	1	310	0,0937
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	682.058,41					0,484 (kg/kWh)				330,116
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	499,813

Tablo 4.1. 2020 Yılı'nın CO₂ Hesabı (Devamı)

EĞİTİM FAKÜLTESİ ve DİĞER BİNALAR												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	221.033,9	0,67	148,09	48	7,108	56100	398,784	1	1	398,784
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	221.033,9	0,67	148,09	48	7,108	1	0,711x10 ⁻²	1	21	0,1494
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	221.033,9	0,67	148,09	48	7,108	0,1	0,071 x10 ⁻²	1	310	0,2204
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	257.085,3					0,484 (kg/kWh)				124,429
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	523,83
SAĞLIK HİZMETLERİ MYO												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	7.904	0,67	5,295	48	0,254	56100	14,260	1	1	14,2602071
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	7.904	0,67	5,295	48	0,254	1	0,254x10 ⁻³	1	21	0,534x10 ⁻²
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	7.904	0,67	5,295	48	0,254	0,1	0,030x10 ⁻³	1	310	0,0093
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	14,275
SAĞLIK, KÜLTÜR VE SPOR DAİRE BAŞK. BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	5,122	0,67	0,003432	48	0,165x10 ⁻³	56100	0,009241	1	1	0,0093
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	5,122	0,67	0,003432	48	0,165x10 ⁻³	1	1,647x10 ⁻⁷	1	21	3,459x10 ⁻⁶
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	5,122	0,67	0,003432	48	0,165x10 ⁻³	0,1	1,647x10 ⁻⁸	1	310	5,106x10 ⁻⁶
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	0,00925
MERKEZİ ARAŞTIRMA LAB. BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	2,875	0,67	0,00193	48	0,925x10 ⁻⁴	56100	0,00519	1	1	0,00519
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	2,875	0,67	0,00193	48	0,925x10 ⁻⁴	1	9,246x10 ⁻⁸	1	21	1,942x10 ⁻⁶
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	2,875	0,67	0,00193	48	0,925x10 ⁻⁴	0,1	9,246x10 ⁻⁸	1	310	2,866x10 ⁻⁶
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	0,00519

Tablo 4.1. 2020 Yılı'nın CO₂ Hesabı (Devamı)**ÜNİVERSİTEYE AİT ARAÇ FİLOLARININ OLUŞTURDUĞU CO₂ EMİSYONLARI**

KAPSAM 1	CO ₂	Motorin (L)	7653	0,83	6,32	43	0,273	74100	20,22	1	1	20,22
		Benzin (L)	655,04	0,735	0,481	44,3	0,0213	69300	1,464	1	1	1,464
CH ₄	Motorin (L)	7653	0,83	6,32	43	0,273	3	0,082x10 ⁻²	1	21	0,0172	
		Benzin (L)	655,04	0,735	0,481	44,3	0,0213	3	0,006x10 ⁻²	1	21	0,00126
N ₂ O	Motorin (L)	7653	0,83	6,32	43	0,273	0,6	0,016x10 ⁻²	1	310	0,0496	
		Benzin (L)	655,04	0,735	0,481	44,3	0,0213	0,6	0,001x10 ⁻²	1	310	0,0031
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											20,31	

DiĞER ELEKTRİK TÜKETİMLERİ (kWh)

KAPSAM 2	Sahil Sosyal Eğ. T.	13.223,55						0,484(kg/kWh)			6,4002
	Spor Bilimleri Fak.	37.842,36						0,484(kg/kWh)			18,316
	Çevre Aydınlatma vd.	342.858,33						0,484(kg/kWh)			165,943
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											190,659

DOLAYLI TÜKETİMLER

KAPSAM-3 (Kiralık Araç)	CO ₂	Motorin (L)	3.845,26	0,83	3,192	43	0,137	74100	10,1693	1	1	10,169
		CH ₄	3.845,26	0,83	3,192	43	0,137	3	0,041x10 ⁻²	1	21	0,00865
		N ₂ O	3.845,26	0,83	3,192	43	0,137	0,6	8,234x10 ⁻⁵	1	310	0,0255
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											10,203	

2020 yılı toplam CO₂ salımı = 1696,234 tCO₂e

Tablo 4.2. 2021 Yılı'nın CO₂ Hesabı

	ENERJİ TÜRÜ	FAALİYET VERİSİ	YOĞUNLUK	TÜKETİM	NKD	ENERJİ TÜKETİMİ	EMİSYON FAKTÖRÜ	EMİSYON	OKSİTLENEN KARBON YÜZDESİ	KİP	CO ₂ EMİSYONU	
												(kg/m ³)
REKTÖRLÜK BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	20.577	0,67	13,786	48	0,662	56100	37,124	1	1	37,124
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	20.577	0,67	13,786	48	0,662	1	0,066x10 ⁻²	1	21	0,0139
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	20.577	0,67	13,786	48	0,662	0,1	6,618x10 ⁻²	1	310	0,0205
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	217.470,33					0,484 (kg/kWh)				405,256
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	142,415
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	64.671	0,67	43,329	48	2,0798	56100	116,678	1	1	116,678
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	64.671	0,67	43,329	48	2,0798	1	0,208x10 ⁻²	1	21	0,0437
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	64.671	0,67	43,329	48	2,0798	0,1	0,0208x10 ⁻²	1	310	0,0645
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	256.579					0,484 (kg/kWh)				124,184
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	240,971
İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	94.008	0,67	62,985	48	3,023	56100	169,607	1	1	169,61
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	94.008	0,67	62,985	48	3,023	1	0,00302	1	21	0,0635
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	94.008	0,67	62,985	48	3,023	0,1	0,000302	1	310	0,0937
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	682.058,41					0,484 (kg/kWh)				330,116
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	499,882

Tablo 4.2. 2021 Yılı'nın CO₂ Hesabı (Devamı)

EĞİTİM FAKÜLTESİ TÜM BLOKLAR, KÜTÜPHANE VE DÖKÜMANTASYON DAİRE BAŞKANLIĞI BİNASI, DEVLET KONSERVARVATUVARI BİNASI, DENEY HAYVANLARI ARAŞTIRMA LABORATUVARI, PERSONEL YEMEKHANESİ												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	110.217	0,67	73,845	48	3,545	56100	198,851	1	1	198,851
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	110.217	0,67	73,845	48	3,545	1	0,00355	1	21	0,0744
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	110.217	0,67	73,845	48	3,545	0,1	0,000355	1	310	0,1099
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	283.939,6					0,484 (kg/kWh)				137,427
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	336,462
SAĞLIK HİZMETLERİ MYO												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	10.207	0,67	6,839	48	0,328	56100	18,415	1	1	18,415
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	10.207	0,67	6,839	48	0,328	1	0,03 x10 ⁻²	1	21	0,0069
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	10.207	0,67	6,839	48	0,328	0,1	3,283x10 ⁻⁵	1	310	0,0102
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	18,433
SAĞLIK, KÜLTÜR VE SPOR DAİRE BAŞK. BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	3.737	0,67	2,504	48	0,120	56100	6,742	1	1	6,742
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	3.737	0,67	2,504	48	0,120	1	0,00012	1	21	0,0025
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	3.737	0,67	2,504	48	0,120	0,1	1,202x10 ⁻⁵	1	310	0,0037
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	37,130
MERKEZİ ARAŞTIRMA LAB. BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	4,562	0,67	0,306x10 ⁻²	48	0,147x10 ⁻³	56100	1,467x10 ⁻⁷	1	1	1,467x10 ⁻⁷
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	4,562	0,67	0,306x10 ⁻²	48	0,147x10 ⁻³	1	1,467x10 ⁻⁷	1	21	3,081x10 ⁻⁶
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	4,562	0,67	0,306x10 ⁻²	48	0,147x10 ⁻³	0,1	1,467x10 ⁻⁸	1	310	4,548x10 ⁻⁶
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	7,776x10 ⁻⁶

Tablo 4.2. 2021 Yılıının CO₂ Hesabı (Devamı)

ÜNİVERSİTEYE AİT ARAÇ FİLOLARININ OLUŞTURDUĞU CO₂ EMİSYONLARI												
KAPSAM 1	CO ₂	Motorin (L)	6920	0,83	5,744	43	0,247	74100	18,301	1	1	18,301
		Benzin (L)	709,71	0,735	0,522	44,3	0,384x10 ⁻³	69300	0,0266	1	1	0,027
	CH ₄	Motorin (L)	6920	0,83	5,744	43	0,247	3	0,741x10 ⁻³	1	21	0,0156
		Benzin (L)	709,71	0,735	0,522	44,3	0,384x10 ⁻³	3	1,150x10 ⁻⁶	1	21	2,41544E-05
	N ₂ O	Motorin (L)	6920	0,83	5,744	43	0,247	0,6	0,015x10 ⁻²	1	310	0,046
		Benzin (L)	709,71	0,735	0,522	44,3	0,384x10 ⁻³	0,6	2,300x10 ⁻⁷	1	310	7,1313E-05
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											18,383	
DİĞER ELEKTRİK TÜKETİMLERİ (kWh)												
KAPSAM 2	Sahil Sosyal Eğitim T.		6.636,49				0,484 (kg/kWh)				3,2121	
	Spor Bilimleri Fak.		272.298,84				0,484 (kg/kWh)				131,793	
	Çevre Aydınlatma vd.		411.517,94				0,484 (kg/kWh)				199,175	
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											334,179	
DOLAYLI TÜKETİMLER												
Kiralık araç	CO ₂	Motorin (L)	5.385,8	0,83	4,470	43	0,192	74100	14,243	1	1	14,243
		CH ₄	5.385,8	0,83	4,470	43	0,192	3	0,577x10 ⁻³	1	21	0,0121
		N ₂ O	5.385,8	0,83	4,470	43	0,192	0,6	0,115x10 ⁻³	1	310	0,0358
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											14,291	
2021 yılı toplam CO₂ salımı =1638,93 tCO₂e												

Tablo 4.3. 2022 Yılı'nın CO₂ Hesabı

	ENERJİ TÜRÜ	FAALİYET VERİSİ	YOĞUNLUK	TÜKETİM	NKD	ENERJİ TÜKETİMİ	EMİSYON FAKTÖRÜ	EMİSYON	OKSİTLENEN KARBON YÜZDESİ	KİP	CO ₂ EMİSYONU	
			(kg/m ³)	(t)	(TJ/Gg)	(TJ)	(kg/TJ)	(t)			(tCO ₂ e)	
REKTÖRLÜK BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	25.761	0,67	17,26	48	0,828	56100	46,477	1	1	46,477
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	25.761	0,67	17,26	48	0,828	1	0,083x10 ⁻²	1	21	0,0174
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	25.761	0,67	17,26	48	0,828	0,1	8,285x10 ⁻⁵	1	310	0,0257
KAPSAM 2	Elektrik (kWh)	.237.909						0,484 (kg/kWh)				115,148
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											161,668	
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	45.620,57	0,67	30,566	48	1,467	56100	82,307	1	1	82,307
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	45.620,57	0,67	30,566	48	1,467	1	0,147x10 ⁻²	1	21	0,0308
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	45.620,57	0,67	30,566	48	1,467	0,1	0,147x10 ⁻³	1	310	0,0455
KAPSAM 2	Elektrik (kWh)	312.042,02						0,484 (kg/kWh)				151,03
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											233,4	
İKTİSADİ VE İDARİ BİLİMLER FAKÜLTESİ												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	219.195,57	0,67	146,86	48	7,049	56100	395,47	1	1	395,47
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	219.195,57	0,67	146,86	48	7,049	1	0,007	1	21	0,148
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	219.195,57	0,67	146,86	48	7,049	0,1	0,0007	1	310	0,218
KAPSAM 2	Elektrik(kWh)	1.023.593,61						0,484 (kg/kWh)				495,42
Toplam Emisyon (tCO ₂ e)											891,25	

Tablo 4.3. 2022 Yılı'nın CO₂ Hesabı (Devamı)

EĞİTİM FAKÜLTESİ TÜM BLOKLAR, KÜTÜPHANE VE DÖKÜMANTASYON DAİRE BAŞKANLIĞI BİNASI, DEVLET KONSERVARVATUVARI BİNASI, DENEY HAYVANLARI ARAŞTIRMA LABORATUVARI, PERSONEL YEMEKHANESİ												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	401.192,37	0,67	268,8	48	12,902	56100	723,82	1	1	723,82
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	401.192,37	0,67	268,8	48	12,902	1	0,0129	1	21	0,271
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	401.192,37	0,67	268,8	48	12,902	0,1	0,129x10 ⁻²	1	310	0,399
KAPSAM 2		Elektrik (kWh)	293.355,12						0,484 (kg/kWh)			115,847
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	840,34
SAĞLIK HİZMETLERİ MYO												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	19.973	0,67	13,382	48	0,642	56100	36,035	1	1	36,035
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	19.973	0,67	13,382	48	0,642	1	0,064x10 ⁻²	1	21	0,0135
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	19.973	0,67	13,382	48	0,642	0,1	6,423x10 ⁻⁵	1	310	0,0199
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	36,0687
SAĞLIK, KÜLTÜR VE SPOR DAİRE BAŞK. BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	5.406	0,67	3,622	48	0,174	56100	9,753	1	1	9,753
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	5.406	0,67	3,622	48	0,174	1	0,174x10 ⁻³	1	21	0,365x10 ⁻²
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	5.406	0,67	3,622	48	0,174	0,1	1,739x10 ⁻⁵	1	310	0,539x10 ⁻²
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	9,762
MERKEZİ ARAŞTIRMA LAB. BİNASI												
KAPSAM 1	CO ₂	Doğalgaz (m ³)	6.344	0,67	4,25	48	0,204	56100	11,446	1	1	11,446
	CH ₄	Doğalgaz (m ³)	6.344	0,67	4,25	48	0,204	1	0,0002	1	21	0,430 x10 ⁻²
	N ₂ O	Doğalgaz (m ³)	6.344	0,67	4,25	48	0,204	0,1	2,040x10 ⁻⁵	1	310	0,632x10 ⁻²
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	11,456

Tablo 4.3. 2022 Yılı'nın CO₂ Hesabı (Devamı)

ÜNİVERSİTEYE AİT ARAÇ FİLOLARININ OLUŞTURDUĞU CO₂ EMİSYONLARI												
KAPSAM 1	CO ₂	Motorin (L)	21.736,56	0,83	18,041	43	0,776	74100	57,485	1	1	57,485
		Benzin (L)	650,73	0,735	0,478	44,3	0,0212	69300	1,468	1	1	1,468
	CH ₄	Motorin (L)	21.736,56	0,83	18,041	43	0,776	3	0,230x10 ⁻²	1	21	0,049
		Benzin (L)	650,73	0,735	0,478	44,3	0,0212	3	6,356x10 ⁻⁵	1	21	0,00133
	N ₂ O	Motorin (L)	21.736,56	0,83	18,041	43	0,776	0,6	0,460x10 ⁻³	1	310	0,1443
		Benzin (L)	650,73	0,735	0,478	44,3	0,0212	0,6	1,271x10 ⁻⁵	1	310	0,0039
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	59,152
DiĞER ELEKTRİK TÜKETİMLERİ (kWh)												
KAPSAM 2	Spor Bilimleri Fak.		365.278,41				0,484 (kg/kWh)				176,79	
	Çevre Aydınlatma vd.		370.489				0,484 (kg/kWh)				179,32	
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	356,11
DOLAYLI TÜKETİMLER												
Kiralık araç	CO ₂	Motorin (L)	7.088,72	0,83	5,884	43	0,253	74100	18,75	1	1	18,75
		CH ₄	7.088,72	0,83	5,884	43	0,253	3	0,076x10 ⁻²	1	21	0,016
		N ₂ O	7.088,72	0,83	5,884	43	0,253	0,6	0,015x10 ⁻²	1	310	0,047
											Toplam Emisyon (tCO ₂ e)	18,81
												2022 yılı toplam CO₂ salımı =2618,035 tCO₂e

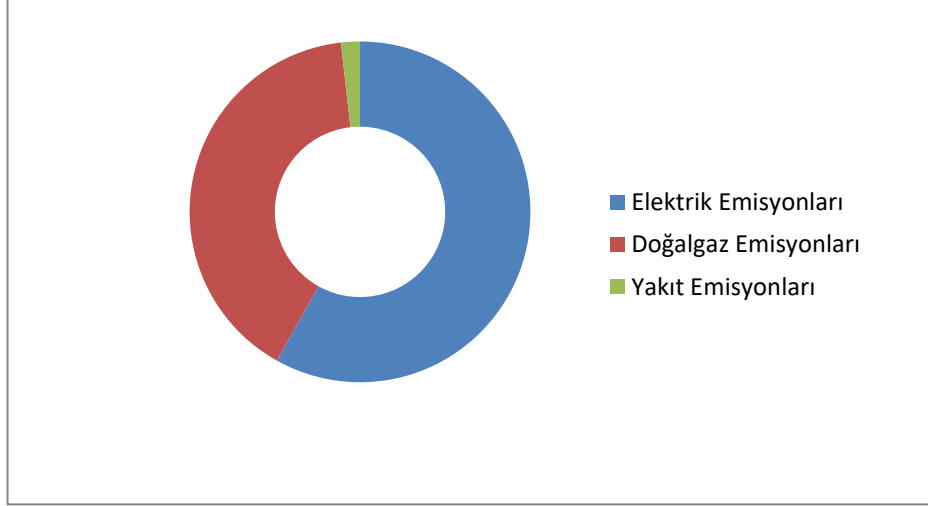
4.2. Değerlendirme

Hesaplama sonuçlarına göre, Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesinin üç yıllık toplam karbon salımı 5954,1 tCO_{2e} ve ortalama karbon salımı yaklaşık olarak 1984,7 tCO_{2e} olarak bulunmuştur. Toplam emisyon miktarında en büyük payın elektrik emisyonlarına ait olduğu Şekil 4.1, 4.3 ve 4.5'te görülmektedir. Bu durumun başlıca nedeni, 2020 yılı mart ayı itibariyle başlamış olan ve 2021 döneminde devam eden Covid19 pandemisi sonucu uzaktan eğitime geçiş yapılmasıdır. 2022 yılına gelindiğinde ortaya çıkan fark, bu durumu netleştirmektedir.

Hesaplamalarda, ısınma faaliyetlerinin oluşturduğu düşük karbon emisyon değerleri, Giresun ilinin ılıman iklime sahip olması ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca, pandemi nedeni ile uzaktan eğitim süreci ısınma ihtiyacının ve doğalgaz tüketiminin az olmasında etkili olmuştur. Benzer şekilde pandemi süreci, ulaşım kaynaklı emisyonların da karbon ayak izi üzerindeki etkisini en aza indirmiştir.

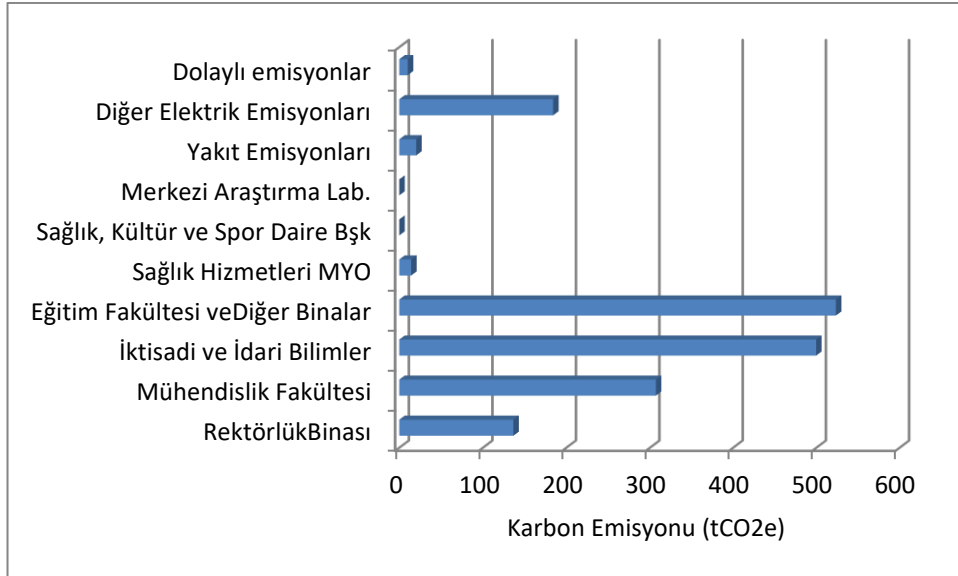
4.2.1. Güre Yerleşkesinin 2020 Yılı Karbon Ayak İzi

2020 yılı temel alındığında toplam emisyon miktarı 1696,234 tCO_{2e} olarak bulunmuştur. Şekil 4.1'de 2020 yılı toplam emisyonların enerji türüne göre dağılımı verilmiştir. 2020 yılı toplam emisyonların oluşmasında en çok elektrik kaynaklı tüketimlerin etkili olduğu görülmektedir. %57,95 ile ilk sırada yer alan elektrik kaynaklı tüketimleri, %40,25 ile doğalgaz kaynaklı emisyonlar ve %1,8 ile ulaşım kaynaklı emisyonlar takip etmektedir.



Şekil 4.1. 2020 Yılı Toplam Emisyonların Enerji Türüne Göre Dağılımı

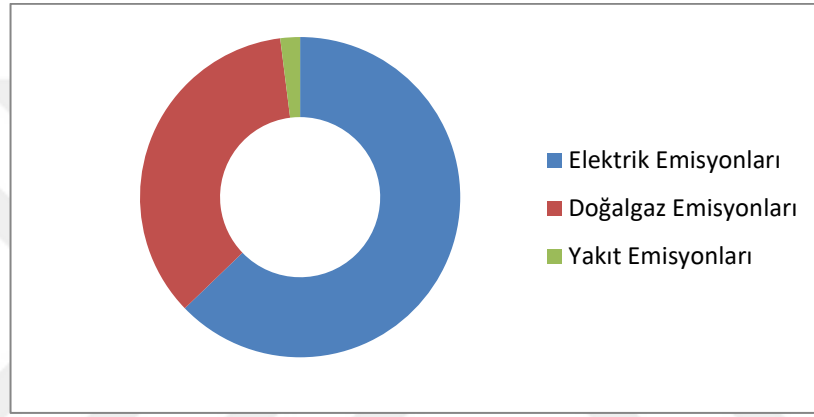
2020 yılı karbon emisyonlarının binalara göre dağılımı Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Binalar ayrıntılı olarak incelendiğinde en fazla emisyon oluşturan binaların Eğitim Fakültesi Tüm Bloklar, Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı Binası, Devlet Konservatuvarı Binası, Deney Hayvanları Araştırma Laboratuvarı ve Personel Yemekhanesinin olduğu görülmektedir. Daha sonra bu sırayı İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Binası takip etmekte olup, son sırayı Mühendislik Fakültesi Binası almaktadır.



Şekil 4.2. 2020 Yılı Karbon Emisyonlarının Binalara Göre Dağılımı

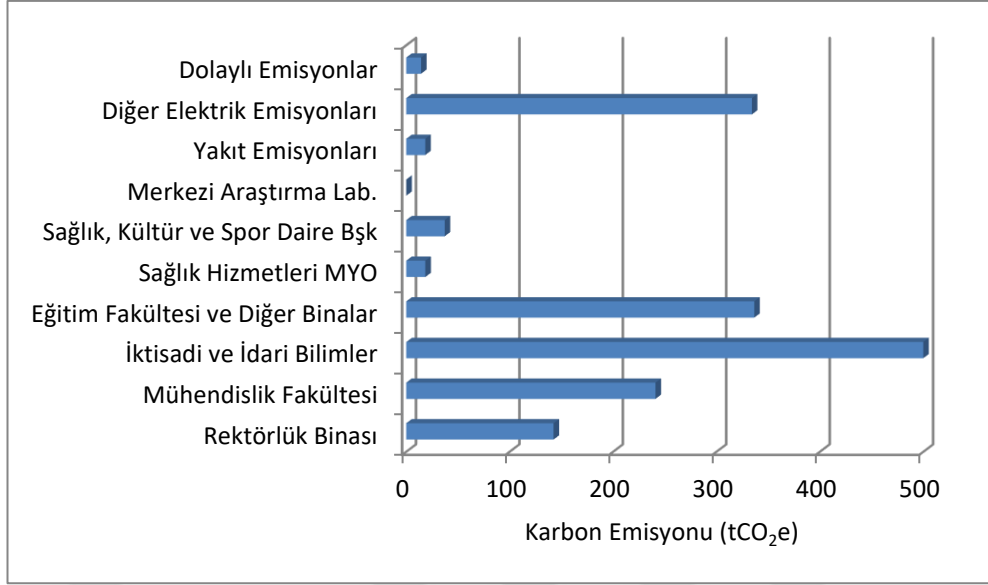
4.2.2. Güre Yerleşkesinin 2021 Yılı Karbon Ayak İzi

2021 yılı temel alındığında toplam salım miktarı 1638,93 tCO₂e olduğu hesaplanmıştır. Şekil 4.3'te 2021 yılı emisyonların enerji kaynağına göre dağılımı verilmiştir. Şekilden, 2021 yılında karbon ayak izindeki en büyük payın elektrik tüketimi kaynaklı olduğu görülmektedir. %67,72 ile ilk sırada yer alan elektrik emisyonlarını, %35,28 ile doğalgaz kaynaklı emisyonlar ve %2 ile ulaşım kaynaklı emisyonlar takip etmektedir.



Şekil 4.3. 2021 Yılı Emisyonların Enerji Kaynağına Göre Dağılımı

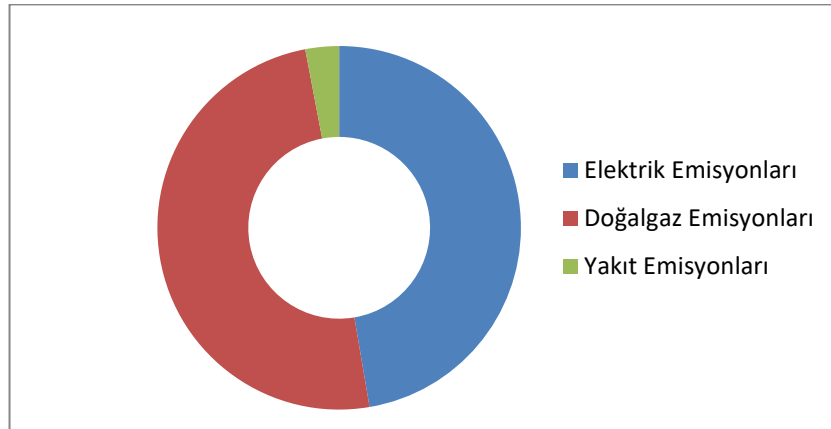
2021 yılı karbon emisyonlarının binalara göre dağılımı Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Binalar incelendiğinde, en fazla emisyon oluşturan binanın İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Binası olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra bu sırayı Eğitim Fakültesi Tüm Bloklar, Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı Binası, Devlet Konservatuvarı Binası, Deney Hayvanları Araştırma Laboratuvarı ve Personel Yemekhanesi ve diğer elektrik emisyonlarının takip ettiği görülmektedir. Üçüncü sırayı ise Çevre Aydınlatma, Spor Bilimleri Fakültesi Binası, Sağlık, Kültür ve Spor Dairesi Başkanlığı Binası, Sağlık Hizmetleri MYO Binası, Merkezi Araştırma Laboratuvar Binası, Mühendislik Fakültesi Ek Binası almıştır.



Şekil 4.4. 2021 Yılı Karbon Emisyonlarının Binalara Göre Dağılımı

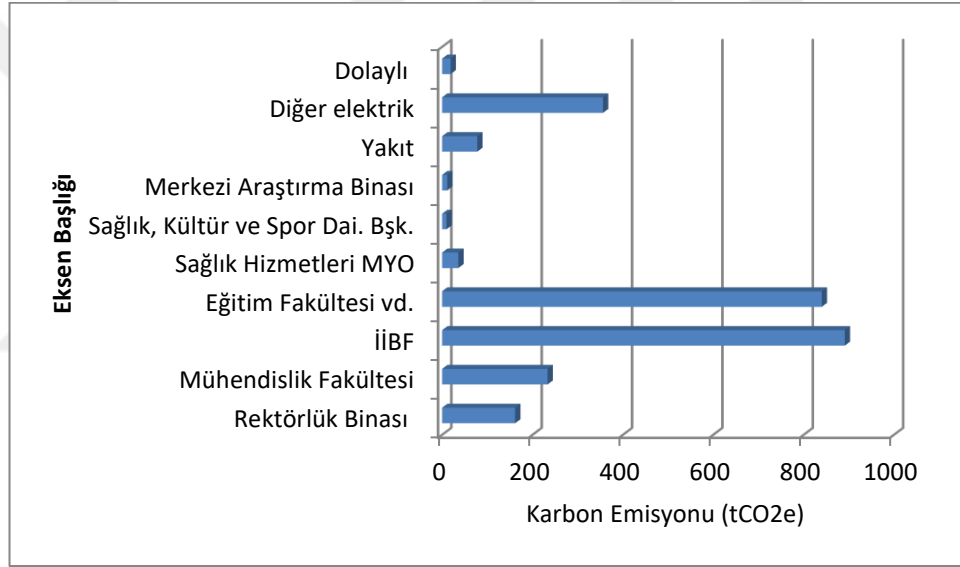
4.2.3. Güre Yerleşkesinin 2022 Yılı Karbon Ayak İzi

2022 yılı temel alındığında toplam salım miktarı 2618,035 tCO₂e olduğu hesaplanmıştır. Şekil 4.5’de 2022 yılı emisyonların enerji kaynağına göre dağılımı verilmiştir. Şekilden, 2022 yılında karbon ayak izindeki en büyük payın doğalgaz kaynaklı emisyonlar olduğu görülmüştür. Doğalgaz kaynaklı emisyonlar ile elektrik emisyonlarının değerlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Emisyon salımı enerji türüne göre sıralandığında ilk sırayı %49,9 ile doğalgaz kaynaklı emisyonlar, ikinci sırayı %47,1 ile elektrik emisyonları ve son sırayı ise %3 ile ulaşım kaynaklı emisyonların aldığı görülmektedir.



Şekil 4.5. 2022 Yılı Emisyonların Enerji Kaynağına Göre Dağılımı

2022 yılı karbon emisyonlarının binalara göre dağılımı Şekil 4.6'da gösterilmiştir. En fazla emisyonun İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi binası tarafından oluşturulduğu görülmektedir. İkinci sırayı Eğitim Fakültesi Tüm Bloklar, Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı Binası, Devlet Konservatuvarı Binası, Deney Hayvanları Araştırma Laboratuvarı ve Personel Yemekhanesinin olduğu bina almaktadır. Üçüncü olarak, diğer elektrik tüketimlerinin olduğu Spor Bilimleri Fakültesi Binası ve Çevre Aydınlatma, Sağlık, Kültür ve Spor Dairesi Başkanlığı Binası, Sağlık Hizmetleri MYO Binası, Merkezi Araştırma Laboratuvar Binası, Mühendislik Fakültesi Ek Binasının yer aldığı görülmektedir.



Şekil 4.6. 2022 Yılı Karbon Emisyonlarının Binalara Göre Dağılımı

Pandemi sürecinin etkisinin azalması ile birlikte, 2022 yılında üniversitede örgün eğitim-öğretimin yeniden başlaması ile yerleşkedeki emisyon değerlerinin daha anlamlı hale geldiği söylenebilir. Emisyon değerleri, 2020 ve 2021 yılları ile kıyaslandığında 2022 yılında yaklaşık olarak %30 artış göstermiştir.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sanayi Devrimi ile başlayan çevre sorunları, iklim değişikliğine sebep olarak canlı yaşamını tehdit eder bir hal almıştır. Sera gazlarının etkisi ile ortaya çıkan karbon ayak izi kavramı, aynı zamanda atmosferdeki kirliliğe insan etkisinin ne seviyede olduğunu da göstermektedir. İnsan kaynaklı bu etkinin en önemli nedeninin ise, gelişen teknoloji ile birlikte artan enerji tüketimi olduğunu söylemek mümkündür.

Ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi gibi başlıca enerji kullanımı günlük hayatın her anında enerji tüketilmesine ve sonuç olarak emisyonla neden olmaktadır. Bu emisyonların hesaplanması ise farklı yöntemler ile yapılmaktadır. Üniversitelerin yanı sıra belediyelerin de çevre ve enerji temelli yürüttüğü projeler ile karbon ayak izinin hesaplanması daha geniş etki alanının belirlenmesini sağlamaktadır [33].

Bu tez çalışmasında; Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesinin birincil karbon ayak izi, GHG Protokolü ve ISO standartları temelinde, IPCC Tier-1 metodu kullanılarak hesaplanmış; yerleşkede üniversite adına farkındalık oluşturulması ve Giresun Üniversitesi'nin misyonu gereğince ulusal kalkınmaya, insan yaşamına, çevreye ve doğaya sürdürülebilir katkılar sunulması hedeflenmiştir.

Çalışmada, yerleşkenin 2020, 2021 ve 2022 yıllarındaki doğalgaz, elektrik ve yakıt olmak üzere başlıca enerji tüketim verileri kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucu Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesinde yer alan binaların karbondioksit emisyon değerleri; 2020 yılında 1696,234 tCO₂e, 2021 yılında 1638,93 tCO₂e, 2022 yılında ise 2618,035 tCO₂e olarak bulunmuştur. 2020 ve 2021 yılın toplam sera gazı emisyon değerleri birbirine oldukça yakındır. Enerji tüketimlerinin 2022 yılına göre düşük olması Mart 2020'de başlayan pandemi sürecinin bir sonucu olarak değerlendirilmiştir. Hesaplamalara göre 2020 ve 2021 yılları için enerji karbon salımı en çok elektrik tüketimi kaynaklıdır. 2022 yılına bakıldığında ise doğalgaz

tüketiminin az bir fark ile elektrik tüketimini aşarak daha fazla emisyonu neden olduğu görülmüştür.

Karbondioksit eşdeğeri cinsiyile ifade edilen değerlere karşılık gelen ağaç miktarlarının hesaplanması, elde edilen değerleri daha anlaşılabilir kılmaktadır. Aslında her ağacın türü ve yaşına göre emisyon tutma miktarı farklıdır. Bu doğrultuda, Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesi için hesaplanan üç yıllık toplam emisyon 5954,1 tCO₂e'nin değeri yaklaşık olarak 180 bin ağaca (bir ağacın yıllık 11 kg CO₂ absorbe ettiği kabul edilmiştir) tekâmül etmektedir [44].

Karbon ayak izini oluşturan tüketimlerde ise büyük pay sahibi ısınma ve elektrik kaynaklı tüketimler olmuştur. Bu bağlamda karbon ayak izi çalışmalarında, sera gazı emisyonlarının enerji tüketimiyle doğru orantılı olduğu açıkça görülmektedir. Fakat kapsam altına almadığımız; Güre Yerleşkesinde önemli adımların atıldığı atık ve geri dönüşüm çalışmalarının ve Giresun ilinin coğrafi konumundan kaynaklı ormanlık alanlarının karbon ayak izine yaptığı olumlu etki yadsınamaz. Elde edilen veriler doğrultusunda, enerji tüketimleri için tasarruf çalışmaları yapılması ve azaltılmasına yönelik hedefler belirlenmesi karbon ayak izini azaltmak için önemli bir adım olacaktır.

Emisyon değerlerini azaltabilmek için öncelikle enerji verimliliğini sağlamak ilk adım olacaktır. Daha verimli teknolojilerin kullanılması; özellikle aydınlatma armatürlerinin verimli hale getirilmesi, üniversite içinde daha az enerji kullanılmasını sağlamak adına önemli bir adımdır. Elektrik tüketiminin ana kaynakları aydınlatma, ısıtma/soğutma, asansör ve bilgisayar kullanımınıdır. Fotoselli lambaların kullanımı, bilgisayarların gerektiğinde kapatılması, asansör yerine merdiven kullanımının tercih edilmesi karbon salımında etkili olabilecek ve verimliliği artıracak eylemlerdir. Binalarda enerji verimliliği için ısı yalıtımı yapılması ve böylece ısı kayıplarının önlenmesi de karbon ayak izinin azaltılmasına etki edecektir [45].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının binalara entegrasyonu, enerji tüketimini azaltabilmek ve verimliliği artırabilmek adına önemli bir adımdır. Tükettiği enerjiyi yöneten ve üreten tüketiciler durumuna gelmek öncelikle meskenlerde ve özellikle

üniversitelerde bu duruma yer verilmesi yenilenebilir sisteme geçiş dönemini kolaylaştırabilir. Geçiş dönemini kolaylaştırmanın en önemli adımını, ülke genelinde binalar için ekonomik olarak uygun şartlara indirgenmesidir. Hükümetlerin bunu desteklemesi, tüm paydaşları belirleyerek önyak olması ve sosyo-demografik yapılarına göre düzenlemesi oldukça önemlidir.

Çalışmamız, Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesi ışınlam değeri yıllık 1100 kWh/m² olan Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) göz önüne alındığında, güneyden kuzeye doğru gidildikçe güneşlenme potansiyelinin az olduğu bilinmektedir. Coğrafi konumu ve yağmurlu gün sayısının fazlalığı bu durumun ana sebepleridir. Fakat Almanya'nın en fazla ışınlam değeri yıllık 1200 kWh/m² olması ve buna rağmen güneş enerjisinde lokomotif bir ülke konumunda olması ile aslında ülke olarak bu duruma gereken önemin verilmediğini açıkça göstermektedir [46].

Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesinin karbon ayak izini azaltmak için yapılması gerekenler ve alınması gereken tedbirler kısaca özetlenirse;

- Üniversitelerde yapılan çalışmaların, sürdürülebilirlik ve iklim değışikliğı farkındalığına önyak olabilmesi, yaygınlaştırabilmesi ve alınabilecek önlemlerin belirlenmesi adına önemlidir [47]. Üniversite olarak bu tip çalışmaların, seminerlerin ve projelerin artırılması; çevre sorunlarının bilincinde olarak karbon ayak izi azaltma faaliyetleri adına atılacak önemli adımlardandır.
- Fen Bilimlerinde, özellikle mühendislik ve mimarlık bölümlerinde yeşil bina çalışmalarının artırılması, proje geliştirilmeleri ve Sosyal Bilimler adına ise yeşil dönüşümün ekonomik, sosyal ve günlük hayata uygulanarak fayda çalışmalarıyla katkı sunmaları önerilebilir.
- Binalarda enerji verimliliğı çalışmaları yapılarak özellikle elektrik kaynaklı tüketimleri kontrol altına alınmalıdır. Verimliliğı artırıcı çalışmalar ile tasarruf önlemlerinin alınması tüketimi kısıtlayarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olacaktır. Tüketimin fazla

olduğu elektrik, üniversitenin yenilenebilir sistemlere geçişi ile kendi enerji tüketimlerini karşılayan üretici konumuna getirilmesi sağlanmalıdır.

- Ulaşım konusunda pratikte yapılabilecek bisiklet, martı gibi çevreci araçların kullanımının yaygınlaştırılması kampüse yönelik olumlu çalışmalardan olacaktır. Bu çalışma, ulaşımdan kaynaklı enerji tüketimleri konusunda ileride yürütülecek daha kapsamlı çalışmalar için ön kaynak oluşturmuştur. Daha detaylı çalışmalarla bu konunun desteklenmesi sağlanabilir.
- Giresun ili coğrafyası gereği ormanlık alanları geniş bir bölgededir. Üniversitenin de ağaçlandırma çalışmaları artırılarak kampüsün kendi yutak alanının oluşturulması karbon ayak izini azaltıcı yönde etki edecektir.
- Atık dönüşümünde önemli bir gelişme kaydeden üniversitemiz, bu işlemlere ivme kazandırarak karbon ayak izinin azalmasında olumlu bir etki yaratacaktır. Geri dönüşüm çalışmalarında stratejileri olan Giresun Üniversitesi, bu konuyu daha da geliştirerek hatta öğrencileri daha fazla paydaş kılarak detaylı bir ayrıştırma rotası izleyebilir.

Kümülatif bir şekilde meydana gelen çevre sorunları, zaman içerisinde nasıl antropojenik etkenlerle oluşturulduysa önlemler de aynı şekilde alınmalıdır [48]. Kriterlerin sağlanarak sera gazını azaltma eylemlerine yönelik yapılan tüm çalışmalar aslında belirsiz bir gelecekte bizleri korumaya yöneliktir. Geleceğe yön veren üniversiteler ise bu alandaki çalışmalarla ülkeye ve topluma küresel bir bakış açısı kazandırmaktadır.

İklim değişikliği konusu önümüzdeki dönemlerde daha sıklıkla duyulacak ve hatta etkileri ne yazık ki daha sert şekilde hissedilecektir. Tüm bunlar insanın çevre hakkından ziyade yaşama hakkına el konulacağını göstermektedir. Bu bağlamda tez kapsamında yapılan çalışma Maslow'un İhtiyaçlar Hiyerarşisine benzetilirse, piramidin temelinde yer alan fizyolojik ihtiyaçlar kısmı toplumda oluşacak farkındalıkla başlar, denilebilir [49]. Çünkü birey olmanın ilk koşulu bilinçli olmaktır. Ara katmanlarda yer alan sosyal, güvenlik ve saygı ihtiyaçlarını ise

yapılacak olan ağaçlandırma, atık yönetimi, enerji verimliliği ve üniversitedeki çalışmalar şeklinde sınıflandırabiliriz. Son olarak, piramidin tepesinde yer alan kendini gerçekleştirme ihtiyacı ise, yenilenebilir sistemlere geçiş, çevreci araç kullanımı gibi tüketilen enerjinin üretilerek hayata değer katılması olarak ele alınabilir.

Belirtilen önlemler, Giresun Üniversitesi Güre Yerleşkesinin karbon ayak izini azaltmaya yöneliktir. Sera gazlarının azaltılması için bireye, topluma ve hükümetlere büyük sorumluluklar düşmektedir. Üniversite için alınabilecek tedbirlerin yerel hedefler ve stratejilerle oluşturulması, küreselde büyük fayda sağlayacaktır. Karbon salımını azaltmak için ilerleyen dönemlerde gelişen teknoloji ile birlikte daha kalıcı çözümler geliştirilebilir. Bunun için gelişen teknolojiyi takip etmek, uyarlamak ve çözüme kavuşturmak en önemli hedeflerdendir.

KAYNAKLAR

- [1] Yağcı, G., Türkiye'nin Enerji Dönüşümü: Türkiye'nin Enerji Kaynaklarını Enerjide Dışa Bağımlılılık Karşısında Etkin Kullanımı, İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.
- [2] Binboğa, G. ve Ünal, A., Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 21, 187-202, 2018.
- [3] Resmi Gazete, Çevre Kanunu, 1983.
- [4] Talınlı, İ., Sorularla Çevre, İstanbul: Yaratıcı Yayıncılık ve Tanıtım, 1998.
- [5] Demir, A., Enerji ve Çevre İlişkileri. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 48, 35-46, 1993.
- [6] Aracı, F., Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Termal Enerji Kaynaklarından Yararlanma, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
- [7] Koc, A., Ugurlu, I. ve Yağlı, H., Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. Mühendis ve Makina, 59(692), 2018.
- [8] Yılmaz, Ş., Dünyada ve Türkiye’de Birincil Enerji Arzı. Makine Mühendisleri Odası, Ankara, 2020.
- [9] IEA, World Energy Outlook, 2022.
- [10] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Göstergeler. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yakita-gore-birincil-enerji-tuketimi-i-85801>. Erişim Tarihi: 31.05.2023.
- [11] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Ulusal Enerji Planı. 2022.
- [12] T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Göstergeler. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-nihai-enerji-tuketimi-i-85804>. Erişim Tarihi: 31.05.2023.
- [13] Kaçar, O. ve Uçan, E., Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Nüfus İlişkisi: Türkiye Örneği. Verimlilik Dergisi, 2, 2017.
- [14] Aksay, C., Ketenoglu, O. ve Kurt, L., Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. 1(25), 29-42, 2005.

- [15] Uysal, Y., İklim Taşınma ve Küresel Isınma İle Mücadelede Yerel Yönetimlerin Rolü: Tespitler ve Öneriler. 8(30), 2022.
- [16] Kadiođlu S. ve Tellioglu, Z., Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Çevreye Etkileri. Türkiye Enerji Sempozyumu, Ankara, 1996.
- [17] Sadiođlu U. ve Ağıralan, E., İklim Değişikliği Çerçevesinde 25. Taraflar Konferansı (COP25), 11(1), 2020.
- [18] Mirici, M., Küresel Bir Çıkamaz Olarak Karbon Emisyonları ve Karbonun Sosyal Maliyeti:Değişim/Dönüşüm/Özgünlük. Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Eskişehir, 2018.
- [19] Yüksel Acı, E., Sürdürülebilir ve Yeşil Büyüme Stratejisi Olarak Avrupa Yeşil Mutabakatı, Ekin, 35-44, 2022.
- [20] Akıllı, H., Kemahli, F., Okudan, K. ve Polat, F., Ekolojik Ayak İzinin Kavramsal İçeriği ve Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde Bireysel Ekolojik Ayak İzi Hesaplaması, Akdeniz İİBF Dergisi, 8(15), 1-25, 2008.
- [21] Kaypak, S., Ekolojik Ayak İzinden Çevre Barışına Bakmak. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 1, 154-159, 2013.
- [22] WWF, Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzi Raporu, 2012.
- [23] OECD, «OECD Library,» [Çevrimiçi].
<https://www.oecd-ilibrary.org/sites/0a834e8c-en/index.html?itemId=/content/component/0a834e8c-en>
Erişim Tarihi:01.07.2023
- [24] Carfi, S., Kamu Binalarının Karbon Ayak İzi Miktarındaki Rolü, Bilecik: Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022.
- [25] TSE, Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanması ve Raporlandırılması Eğitimi Sunumu, Türk Standardları Enstitüsü, 2022.
- [26] TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2021.
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2021-49672>. Erişim Tarihi: 31.05.2023.
- [27] Yaka, İ., Koçer A. ve Güngör, A., Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Karbon Ayak İzinin Tespiti. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 12(3), 37-45, 2015.
- [28] U. Aydın, Sivas Cumhuriyet Üniversitesinin Karbon Ayak İzi Envanterinin Hesaplaması, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2023.

- [29] Gursoy, F., Erciyes Üniversitesi Kampüsünde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi, Kayseri: Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2023.
- [30] Çerçi, M., IPCC TIER 1 ve DEFRA Metodları ile Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Örneği, Erzincan: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2022.
- [31] Kırbas, I. ve Kocakulak, T., Burdur İli Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 24(70), 2022.
- [32] Gursoy Haksevenler, B., Celik Onat, G., Akpınar, B. ve Bedel, H., Yerel Yönetimler İçin Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Ümraniye Belediyesi Örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6(2), 319-333, 2020.
- [33] Akyuz, A., Kumaş, K., Zaman, M. ve Gungor, A., Sürdürülebilir Bir Çevre İçin Karbon Ayak İzi Tespiti: MAKÜ Bucak Sağlık Yüksekokulu Örneği. El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 6, 108-117, 2019.
- [34] Başoğul, Y., Akademisyen ve İdari Personelin Ekolojik ve Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(3), 464-470, 2018.
- [35] Ureden, A., Sürdürülebilir Yaşam İçin Karbon Ayak İzi (Çankırı Karatekin Üniversitesi Örneği), Çankırı: Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [36] Özçelik, G., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Kampüsü'nün Enerji ve Karbon Ayak İzi Açısından Değerlendirilmesi, Çanakkale: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- [37] Sreng, R. ve Gümrükçüoğlu, Y., Carbon Footprint Studies on Esentepe Campus of Sakarya University, 2017.
- [38] Turanlı, A., Estimation of Carbon Footprint: A Case Study For Middle East Technical University, Ankara: Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
- [39] Giresun Üniversitesi, 2022 Yılı İdare Faaliyet Raporu, Giresun, 2022.
- [40] World Resources Institute, The Greenhouse Gas Protocol. <https://www.wri.org/initiatives/greenhouse-gas-protocol>. Erişim Tarihi: 31.05.2023.
- [41] TSE, TS EN ISO 14064-1 Sera Gazı Salımlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Raporlanmasına Dair Kılavuz ve Özellikler, Türk Standardları Enstitüsü, 2019.

- [42] TSE, TS EN ISO 14064-2 Sera Gazı Salım Azaltımlarının veya Uzaklaştırma İyileştirmelerinin Proje Düzeyinde Hesaplanması, İzlenmesi ve Raporlanmasına Dair Kılavuz ve Özellikler, Türk Standardları Enstitüsü, 2019.
- [43] TSE, TS EN ISO 14064-3 Sera Gazı Beyanlarının Doğrulanması ve Geçerli Kılınmasına Dair Özellikler ve Kılavuz, Türk Standardları Enstitüsü, 2019.
- [44] Bekiroğlu, O., Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi.
https://www.emo.org.tr/ekler/49c17cab08ed10e_ek.pdf
Erişim Tarihi: 01.07.2023
- [45] IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change.
<https://www.ipcc.ch/>. Erişim Tarihi: 31.05.2023.
- [46] Özgür, E., Türkiye'de Güneş Enerjisi, Makine Mühendisleri Odası, 2020.
- [47] Ertekin, M., Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Tüketimi, CO₂ Salımı ve Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi Türkiye Örneği, Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [48] Akgun, M., Batur, B., Celik, M. ve Yurtsever, O., Enerji Yoğun Sektörlerde Dekarbonizasyon, İzmir: 15. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2023.
- [49] Çoban, G.S., Maslow'un İhtiyaçlar Hiyerarşisi Kendini Gerçekleştirme Basamağında Gizil Yetenekler, European Journal of Educational & Social Sciences, 6(1), 111-118, 2021.
- [50] BP, Statistical Review of World Energy.
<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Erişim Tarihi: 31.05.2023.



EK 1. IPCC METODUNA GÖRE EMİSYON FAKTÖRLERİ

TABLE 2.2
DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE ENERGY INDUSTRIES
(kg of greenhouse gas per TJ on a Net Calorific Basis)

Fuel		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper	Default Emission Factor	Lower	Upper
Crude Oil		73 300	71 100	75 500	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Orimulsion		r 77 000	69 300	85 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Natural Gas Liquids		r 64 200	58 300	70 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Jet Kerosene		r 71 500	69 700	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Other Kerosene		71 900	70 800	73 700	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Shale Oil		73 300	67 800	79 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Gas/Diesel Oil		74 100	72 600	74 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Residual Fuel Oil		77 400	75 500	78 800	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Liquefied Petroleum Gases		63 100	61 600	65 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Ethane		61 600	56 500	68 600	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Naphtha		73 300	69 300	76 300	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Bitumen		80 700	73 000	89 900	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Lubricants		73 300	71 900	75 200	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Petroleum Coke		r 97 500	82 900	115 000	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Refinery Feedstocks		73 300	68 900	76 600	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Other Oil	Refinery Gas	n 57 600	48 200	69 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Paraffin Waxes	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
	Other Petroleum Products	73 300	72 200	74 400	r 3	1	10	0.6	0.2	2
Anthracite		98 300	94 600	101 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Coking Coal		94 600	87 300	101 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Other Bituminous Coal		94 600	89 500	99 700	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Sub-Bituminous Coal		96 100	92 800	100 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Lignite		101 000	90 900	115 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Oil Shale and Tar Sands		107 000	90 200	125 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Brown Coal Briquettes		97 500	87 300	109 000	n 1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Patent Fuel		97 500	87 300	109 000	1	0.3	3	n 1.5	0.5	5
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	r 107 000	95 700	119 000	1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
	Gas Coke	r 107 000	95 700	119 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Coal Tar		n 80 700	68 200	95 300	n 1	0.3	3	r 1.5	0.5	5
Derived Gases	Gas Works Gas	n 44 400	37 300	54 100	n 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Coke Oven Gas	n 44 400	37 300	54 100	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Blast Furnace Gas	n 260 000	219 000	308 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
	Oxygen Steel Furnace Gas	n 182 000	145 000	202 000	r 1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Natural Gas		56 100	54 300	58 300	1	0.3	3	0.1	0.03	0.3

EK 2. ELEKTRİK EMİSYON FAKTÖRÜNÜN SEÇİMİ

Faktör Türü	Yılı	Değeri (tCO₂/MWh)	Değeri (tCO₂-eşd./MWh)
İletim Hattından Bağlı Tüketim Noktası Emisyon Faktörü	2020	0,444	0,447
Dağıtım Hattından Bağlı Tüketim Noktası Emisyon Faktörü	2020	0,481	0,484



EK 3. DÖNÜŞÜM FAKTÖRLERİ

TABLE 1.2
DEFAULT NET CALORIFIC VALUES (NCVS) AND LOWER AND UPPER LIMITS OF THE 95% CONFIDENCE INTERVALS ¹

Fuel type English description		Net calorific value (TJ/Gg)	Lower	Upper
Crude Oil		42.3	40.1	44.8
Orimulsion		27.5	27.5	28.3
Natural Gas Liquids		44.2	40.9	46.9
Gasoline	Motor Gasoline	44.3	42.5	44.8
	Aviation Gasoline	44.3	42.5	44.8
	Jet Gasoline	44.3	42.5	44.8
Jet Kerosene		44.1	42.0	45.0
Other Kerosene		43.8	42.4	45.2
Shale Oil		38.1	32.1	45.2
Gas/Diesel Oil		43.0	41.4	43.3
Residual Fuel Oil		40.4	39.8	41.7
Liquefied Petroleum Gases		47.3	44.8	52.2
Ethane		46.4	44.9	48.8
Naphtha		44.5	41.8	46.5
Bitumen		40.2	33.5	41.2
Lubricants		40.2	33.5	42.3
Petroleum Coke		32.5	29.7	41.9
Refinery Feedstocks		43.0	36.3	46.4
Other Oil	Refinery Gas ²	49.5	47.5	50.6
	Paraffin Waxes	40.2	33.7	48.2
	White Spirit and SBP	40.2	33.7	48.2
	Other Petroleum Products	40.2	33.7	48.2
Anthracite		26.7	21.6	32.2
Coking Coal		28.2	24.0	31.0
Other Bituminous Coal		25.8	19.9	30.5
Sub-Bituminous Coal		18.9	11.5	26.0
Lignite		11.9	5.50	21.6
Oil Shale and Tar Sands		8.9	7.1	11.1
Brown Coal Briquettes		20.7	15.1	32.0
Patent Fuel		20.7	15.1	32.0
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	28.2	25.1	30.2
	Gas Coke	28.2	25.1	30.2
Coal Tar ³		28.0	14.1	55.0
Derived Gases	Gas Works Gas ⁴	38.7	19.6	77.0
	Coke Oven Gas ⁵	38.7	19.6	77.0
	Blast Furnace Gas ⁶	2.47	1.20	5.00
	Oxygen Steel Furnace Gas ⁷	7.06	3.80	15.0
Natural Gas		48.0	46.5	50.4
Municipal Wastes (non-biomass fraction)		10	7	18
Industrial Wastes		NA	NA	NA
Waste Oil ⁸		40.2	20.3	80.0
Peat		9.76	7.80	12.5

EK 4. KÜRESEL ISINMA POTANSİYELLERİ

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide	CO ₂	1	1	1
Methane	CH ₄	21	25	28
Nitrous oxide	N ₂ O	310	298	265



EK 5. YOĞUNLUK DEĞERLERİ

Miktar	Enerji Kaynağı	Yoğunluk	Alt Isıl Değer	Birim	TEP Çevrim Katsayısı
1 ton	Taşkömürü		6.100.000	kCal	0.610
1 ton	Kok Kömürü		7.200.000	kCal	0.720
1 ton	Briket		5.000000	kCal	0.500
1 ton	Linyit teshin ve sanayi		3.000.000	kCal	0.300
1 ton	Linyit santral		2.000.000	kCal	0.200
1 ton	Elbistan Linyiti		1.100.000	kCal	0.110
1 ton	Petrokok		7.600.000	kCal	0.760
1 ton	Prina		4.300.000	kCal	0.430
1 ton	Talaş		3.000.000	kCal	0.300
1 ton	Kabuk		2.250.000	kCal	0.225
1 ton	Grafit		8.000.000	kCal	0.800
1 ton	Kok tozu		6.000.000	kCal	0.600
1 ton	Maden		5.500.000	kCal	0.550
1 ton	Elbistan Linyiti		1.100.000	kCal	0.110
1 ton	Asfaltit		4.300.000	kCal	0.430
1 ton	Odun		3.000.000	kCal	0.300
1 ton	Hayvan ve Bitki Artığı		2.300.000	kCal	0.230
1 ton	Ham Petrol		10.500.000	kCal	1.050
1 ton	Fuel Oil No: 4		9.600.000	kCal	0.960
1 ton	Fuel Oil No: 5	0.920 Kg/lt	10.025.000	kCal	1.003
1 ton	Fuel Oil No: 6	0.940 Kg/lt	9.860.000	kCal	0.986
1 ton	Motorin	0.830 Kg/lt	10.200.000	kCal	1.020
1 ton	Benzin	0.735 Kg/lt	10.400.000	kCal	1.040
1 ton	Gazyağı	0.780 Kg/lt	8.290.000	kCal	0.829
1 ton	Siyah Likör		3.000.000	kCal	0.300
1 ton	Nafta		10.400.000	kCal	1.040
bin m ³	Doğal Gaz	0.670 Kg/m ³	8.250.000	kCal	0.825
1 ton	Kok Gazı		8.220.000	kCal	0.820
bin m ³	Kok Gazı	0.490 Kg/m ³	4.028.000	kCal	0.403
1 ton	Yüksek Fırın Gazı		535.000	kCal	0.054
bin m ³	Yüksek Fırın Gazı	1.290 Kg/m ³	690.000	kCal	0.069
bin m ³	Çelikhane Gazı		1.500.000	kCal	0.150
bin m ³	Rafineri Gazı		8.783.000	kCal	0.878
bin m ³	Asetilen		14.230.000	kCal	1.423
bin m ³	Propan		10.200.000	kCal	1.020
1 ton	LPG		10.900.000	kCal	1.090
bin m ³	LPG	2.477 Kg/m ³	27.000.000	kCal	2.700
bin kWh	Elektrik		860.000	kCal	0.086
bin kWh	Hidrolik		860.000	kCal	0.086
bin kWh	Jeotermal		860.000	kCal	0.860

ÖZGEÇMİŞ

Gözde TOSUN ilk, orta ve lise eğitimini Trabzon'da tamamladı. 2013 yılında Akçaabat Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nü 2020 yılında bitirdi. Aynı yıl Giresun Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Oyman Makina'da proje mühendisi olarak çalışmaktadır.

