

**T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**IPCC TIER 1 ve DEFRA METODLARI İLE
KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ:
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ**

Muhammed ÇERÇİ

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Aslıhan KURNUÇ SEYHAN

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ERZİNCAN
2021**

Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

IPCC TIER 1 ve DEFRA METODLARI İLE KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ: ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

Muhammed ÇERÇİ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Aslıhan KURNUÇ SEYHAN

Karbon ayak izi, küresel ısınmanın başlıca sebebi olmasından dolayı ekolojiyi, doğayı ve tüm insanlığı etkileyen günümüz ve geleceğimizin en büyük problemidir. Karbon ayak izi son zamanlarda üzerine önemli araştırmaların yapıldığı bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle binalarda karbon ayak izi hesaplamaları, küresel ısınmaya etkisi ve enerji verimliliği açısından oldukça önem kazanmıştır.

Bu çalışmada Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin 2019 ve 2020 yılına ait karbon ayak izi üniversitenin doğalgaz, kömür, benzin, motorin ve elektrik tüketim verileri kullanılarak önce IPCC Tier 1 yaklaşımıyla sonrasında ise DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. EBYÜ'nün birincil karbon ayak izi IPCC Metodolojisi Tier 1 yaklaşımıyla 2019 yılı için 2753,2 tCO₂e ve 2020 yılı için 2383,74 tCO₂e emisyonu hesaplanmıştır. 2019 yılı ile karşılaştırıldığında emisyon miktarında %13,42 azalma görülmektedir. DEFRA dönüşüm faktörleriyle ise 2019 yılı için 2314,53 tCO₂e ve 2020 yılı için 1826,54 tCO₂e emisyonu hesaplanmıştır. 2019 yılı ile karşılaştırıldığında emisyon miktarında %21,08 azalma görülmektedir. IPCC Tier 1 yaklaşımı ile DEFRA arasındaki bu fark IPCC Tier 1 yaklaşımı hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörlerinin genel olması ve DEFRA'nın İngiltere'nin ulusal verilerini kullanmasından kaynaklanmaktadır. Karbon salınımindaki bu azalmanın iklimdeki değişikliğin yanı sıra Covid-19 pandemi süreci sebebiyle 2020 yılında 13 Mart'tan itibaren eğitime iki hafta ara verilerek sonrasında derslerin uzaktan eğitimle yürütülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

2022, 66 Sayfa

Anahtar Kelimeler: IPCC, DEFRA, Karbon ayak izi, Karbon emisyonu

ABSTRACT

MScThesis

DETERMINATION OF CARBON FOOTPRINT WITH IPCC TIER 1 AND DEFRA METHODS: THE CASE STUDY OF ERZINCAN BINALI YILDIRIM UNIVERSITY

Muhammed ÇERÇİ

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Aslıhan KURNUÇ SEYHAN

Since carbon footprint is the main cause of global warming, it is the biggest problem of our day and future that affects ecology, nature and all humanity. Carbon footprint has recently emerged as a subject on which important research has been done. Especially in buildings, carbon footprint calculations have gained importance in terms of their effect on global warming and energy efficiency.

In this study, the carbon footprint of Erzincan Binali Yıldırım University for 2019 and 2020 was calculated using the university's natural gas, coal, gasoline, diesel and electricity consumption data. Calculation has done first with the IPCC Tier 1 approach, then using the conversion factors of DEFRA. The primary carbon footprint of EBYU has been calculated as 2753,2 tCO₂e for 2019 and 2383,74 tCO₂e for 2020, with the IPCC Methodology Tier 1 approach. Compared to 2019, there is a 13,42% decrease in the amount of emissions. With DEFRA conversion factors, 2314,53 tCO₂e emissions for 2019 and 1826,54 tCO₂e emissions for 2020 were calculated. Compared to 2019, there is a 21,08% decrease in the amount of emissions. This difference between the IPCC Tier 1 approach and DEFRA is due to the fact that the emission factors used in the IPCC Tier 1 approach calculations are general and DEFRA uses national data from the UK. It is thought that this decrease in carbon emissions is due to the change in the climate, as well as the Covid-19 pandemic process, due to the two-week break from March 13 in 2020, and then the conduct of the courses with distance education.

2022, 66 Pages

Keywords: IPCC, DEFRA, Carbon footprint, Carbon emission

TEŞEKKÜR

Gönül ve zihin dünyamın mimarı, bilgeliği ve hayat tecrübeleri ile yolumu aydınlatmış, her daim vizyoner bakış açısı ile ufka yönlendiren, akademik çalışma hayatındaki başarıları ile bana örnek olan ve bu çalışmaya da başlamam için vesile olmuş,

Hocam, Sevgili Babam ve Yol Arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Faris ÇERÇİ'nin,

Aziz hatırasını saygıyla yad ederek, şükranlarımı arz ediyorum.

Yüksek lisans sürecimde samimiyeti, sabrı ve teşvik edici yaklaşımlarıyla alakasını hiç eksik etmeyen, akademik bilgisiyle sonsuz destek olarak çalışmamızı yönlendiren, Çok Kıymetli Tez Danışmanı Hocam Dr. Öğr. Üyesi Aslıhan KURNUÇ SEYHAN'a teşekkürü borç bilirim.

Üniversite bünyesindeki akademik ve idari birimlerin yönetici ve çalışanlarının tamamına, veri temininde gösterdikleri anlayış ve yardımlar için teşekkür ederim.

Bilgisi ve katkıları için Değerli Dostum Sayın Öğr. Gör. Osman Mert KÜÇÜKGÖZE Hocama teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her döneminde hep yanımda olan, çalışma süresince tüm zorluklara benimle katlanan, manevi desteğini hiç eksik etmeyen ve tüm şükranları hak eden Sevgili Annem Gülsen ÇERÇİ'ye, Kıymetli Ailem ve Değerli Eşime sevgi ve sabırları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kadirşinas ve Saygıdeğer Aile Büyüğüm, Hayırsever İş Adamı ve İş Yeri Patronum, Asaş Group Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Saffet ÇERÇİ Abime gelecek planlarım, çalışma hayatım ve yüksek lisans dönemimdeki yol açıcı yaklaşımları, her türlü desteği ve katkıları için çok teşekkür ediyorum.

Çalışmamızın bitmesinden kısa bir süre önce aramıza katılan,

Oğlum Ahmet Faris'e Sevgilerimle...

Muhammed ÇERÇİ

Ocak, 2022

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
3. KURAMSAL TEMELLER.....	14
3.1 Sera Gazları	14
a. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)	16
b. Kyoto Protokolü	17
c. Paris Anlaşması.....	17
3.2. IPCC Metodolojisi	18
3.2.1. IPCC Tier yaklaşımları	19
a. Tier 1 yaklaşımı.....	20
b. Tier 2 yaklaşımı.....	20
c. Tier 3 yaklaşımı.....	21
3.3. DEFRA	22
4. MATERYAL YÖNTEM	23
4.1. Materyal	23
4.2. Üniversitenin Tüketim Verileri.....	27
4.2.1. Doğalgaz tüketim verileri	27
4.2.2. Kömür tüketim verileri	27
4.2.3. Benzin tüketim verileri	28
4.2.4. Motorin tüketim verileri	28
4.2.5. Elektrik tüketim verileri.....	29
4.3. Yöntem	29
4.3.1. IPCC Tier 1 hesaplama metodolojisi ve emisyon faktörlerinin seçimi	30

4.3.2. DEFRA hesaplama metodolojisi ve emisyon faktörlerinin seçimi	32
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	34
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR	50
EKLER.....	55
EK 1. IPCC Net kalorifik değer tablosu	56
EK 2. IPCC CO ₂ , CH ₄ ve N ₂ O Emisyon faktörleri tablosu	57
EK 3. IPCC Yanma için etkili CO ₂ emisyon faktörleri ve Oksitlenen Karbon Yüzdesi tablosu	59
EK 4. 2019 DEFRA dönüşüm tablosu (Kapsam-1 ve Kapsam-2 için)	61
EK 5. 2020 DEFRA dönüşüm tablosu (Kapsam-1 ve Kapsam-2 için)	64

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Yıllara göre CO ₂ emisyon verileri	1
Şekil 1.2. Ülkelere göre CO ₂ emisyon verileri.....	2
Şekil 1.3. Küresel sera gazı emisyonları	3
Şekil 1.4. Ekonomik sektörler'e göre küresel sera gazı dağılımı	4
Şekil 1.5. 2019 yılı sera gazı emisyonlarının sektörler'e ve gazlara göre dağılımı.....	5
Şekil 1.6. Karbon ayak izi	7
Şekil 2.1. Farklı üniversitelerde kişi başına düşen karbon ayak izi	12
Şekil 3.1. İklim değışikliğı ile ilgili önemli görüşmeler	15
Şekil 4.1. Erzincan	23
Şekil 5.1. IPCC Tier 1 ile 2019 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri	39
Şekil 5.2. IPCC Tier 1 ile 2020 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri	40
Şekil 5.3. IPCC Tier 1 ile 2019 ve 2020 yılı CO ₂ e emisyon miktarları	41
Şekil 5.4. DEFRA ile 2019 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri.....	42
Şekil 5.5. DEFRA ile 2020 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri.....	43
Şekil 5.6. DEFRA ile 2019 ve 2020 yılı CO ₂ e emisyon miktarları	44
Şekil 5.7. IPCC-DEFRA ile 2019 ve 2020 yılı CO ₂ e emisyon miktarları	44

TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Sektörlere göre sera gazı emisyonları	4
Tablo 2.1. Üniversitelerde ölçülen karbon ayak izi çalışmaları	11
Tablo 3.1. Kyoto Protokolünde baz alınan sera gazları	15
Tablo 4.1. Merkez ve ilçe kampüsler	24
Tablo 4.2. EBYÜ merkez ve ilçe kampüsleri emisyon kaynakları	26
Tablo 4.3. 2019 ve 2020 yılı doğalgaz tüketim verileri	27
Tablo 4.4. 2019 ve 2020 yılı kömür tüketim verileri	28
Tablo 4.5. 2019 ve 2020 yılı benzin tüketim verileri	28
Tablo 4.6. 2019 ve 2020 yılı motorin tüketim verileri	29
Tablo 4.7. 2019 ve 2020 yılı elektrik tüketim verileri	29
Tablo 4.8. Yakıtların yoğunluk değerleri	30
Tablo 4.9. Yakıtların net kalorifik değerleri	31
Tablo 4.10. Yakıtların emisyon faktörleri	31
Tablo 4.11. Yakıtların oksitlenen karbon yüzdeleri	31
Tablo 4.12. CO ₂ , CH ₄ ve N ₂ O'nun küresel ısınma potansiyelleri	32
Tablo 4.13. Elektrik emisyon faktörü	32
Tablo 4.14. DEFRA dönüşüm faktörleri	33
Tablo 5.1. 2019 ve 2020 yılı tüketim verileri	34
Tablo 5.2. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2019 yılı CO ₂ emisyonu hesabı	35
Tablo 5.3. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2020 yılı CO ₂ emisyonu hesabı	36
Tablo 5.4. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2019 yılı CO ₂ emisyonu hesabı	37
Tablo 5.5. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2020 yılı CO ₂ emisyonu hesabı	38
Tablo 5.6. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2019 yılı tCO ₂ e emisyonu	39
Tablo 5.7. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2020 yılı tCO ₂ e emisyonu	40
Tablo 5.8. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2019 yılı tCO ₂ e emisyonu	41
Tablo 5.9. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2020 yılı tCO ₂ e emisyonu	43

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

<i>Br</i>	Brom
<i>C</i>	Karbon
<i>CFC</i>	Kloroflorokarbon
<i>CH₄</i>	Metan
<i>Cl</i>	Klor
<i>CO</i>	Karbonmonoksit
<i>CO₂</i>	Karbondioksit
<i>CO₂e</i>	Karbondioksit eşdeğeri
<i>EF</i>	Emisyon faktörü
<i>ET</i>	Enerji tüketim değeri
<i>F</i>	Flor
<i>GgCO₂</i>	Gigagram karbondioksit
<i>H₂O</i>	Su Buharı
<i>HCFC</i>	Hidrokloroflorokarbon
<i>HFC</i>	Hidroflorokarbon
<i>kWh</i>	Kilowatt-saat
<i>kgCO₂e</i>	Kilogram karbondioksit eşdeğeri
<i>m³</i>	Metreküp
<i>MtCO₂e</i>	Milyon ton karbondioksit eşdeğeri
<i>N₂O</i>	Diazotmonoksit
<i>NMHC</i>	Metan olmayan hidrokarbon
<i>NO₂</i>	Azotdioksit
<i>NO_x</i>	Azot oksit
<i>O₂</i>	Oksijen
<i>O₃</i>	Troposferik ozon
<i>PFCs</i>	Perfloro karbonlar
<i>SF₆</i>	Kükürt hekzaflorür
<i>SO₂</i>	Kükürtdioksit
<i>T</i>	Ton
<i>tCO₂e</i>	Ton karbondioksit eşdeğeri
<i>TJ</i>	Terajoule

Kısaltmalar

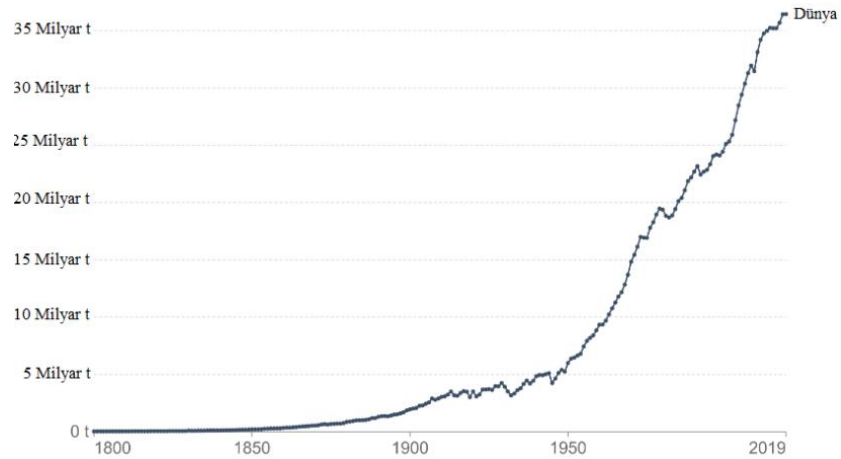
BM	Birleşmiş Milletler
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CCCC	İklim Değişikliği Koordinasyon Komitesi
DEFRA	İngiltere Çevre, Gıda Ve Köy İşleri Bakanlığı

EBYÜ	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
GHG	Sera Gazı
GWP	Küresel Isınma Potansiyeli
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NMVOC	Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşik
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNCED	Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı
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

1. GİRİŞ

İnsan faaliyetleri dünyanın doğal dengesini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu etkinin büyüklüğü “iklim değişikliği” ifadesi ile anlatılır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklim değişikliğini “iklim durumundaki, ortalama ve/veya özelliklerinin değişkenliğindeki değişikliklerle tanımlanabilen ve uzun bir süre, tipik olarak on yıllar boyunca devam eden bir değişiklik” olarak tanımlamaktadır. Doğal değişkenlik veya insan faaliyetlerinden kaynaklanan zaman içinde iklimde meydana gelen herhangi bir değişikliği ifade eder (IPCC, 2006). Öte yandan, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve onun Kyoto protokolü kapsamında iklim değişikliğini “Doğal iklim değişkenliğine ek olarak, küresel atmosferin bileşimini değiştiren insan faaliyetlerine doğrudan veya dolaylı olarak atfedilen bir iklim değişikliği” olarak tanımlamaktadır (Birleşmiş Milletler, 1992).

19. yüzyılda sanayi devriminin büyük rol oynamasıyla birlikte nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, sanayileşmedeki rekabet, yaşam kalitesinin artması, enerji ihtiyacını artırdı. Buhar motorunun icadı, büyük miktarlarda fosil yakıtların yakılmasının yolunu açtı. İklim değişikliği ve dünya üzerindeki etkileri Şekil 1.1’de görüldüğü gibi 1950’li yıllarından itibaren daha belirgin hale gelmiştir.

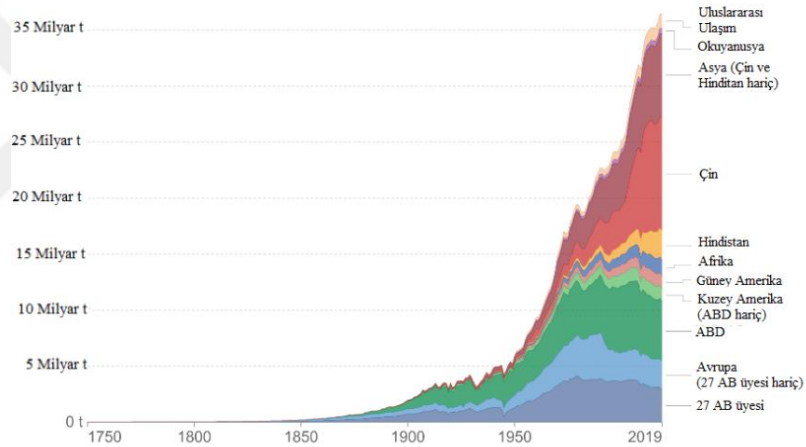


Şekil 1.1. Yıllara göre CO₂ emisyon verileri (Global Carbon Project, 2021)

Atmosferdeki sera gazlarının konsantrasyonları çarpıcı bir artış göstermiştir. (1750 ile 1800) öncesi ve sanayi devrimi sonrasında kaydedilen sera gazları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve azot oksit (NO_x) konsantrasyonlarının sırasıyla %26, %115 ve %8 arttığını göstermektedir. 1800'den sonraki yüzyılda, küresel yüzey hava sıcaklığı,

normalde olacağı ile karşılaştırıldığında, eşit olmayan bir şekilde 0,3°C ila 0,6°C arttı (IPCC, 1990). Bu şiddetli değişiklikler, insan kaynaklı faaliyetler ile yerkürenin ısınması arasındaki ilişkiye dikkat çekmektedir. Şekil 1.2’de bu artışların ülkelere göre değişimleri gösterilmiştir.

20. yüzyıla kadar küresel emisyonlara Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nin hakim olduğu görülmektedir. 1900'de, emisyonların %90'ından fazlası Avrupa veya ABD'de üretilirken, 1950'de bile, her yıl emisyonların %85'inden fazlasını oluşturuyordu. Ancak son yıllarda bu oran önemli ölçüde değişmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısında, dünyanın geri kalanında, özellikle Asya'da ve en önemlisi Çin'de emisyonlarda önemli bir artış göstermektedir. ABD ve Avrupa şimdi emisyonların üçte birinden daha azını oluşturmaktadır.



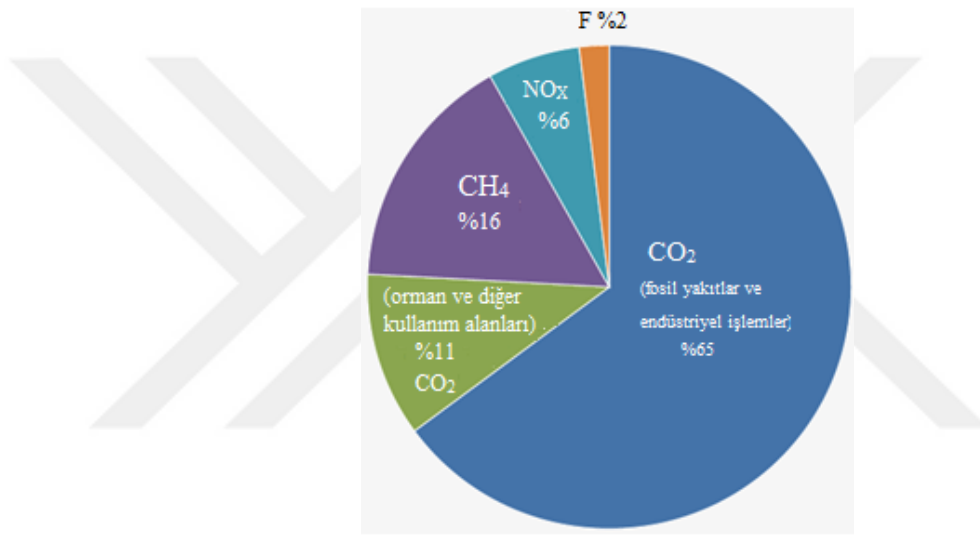
Şekil 1.2. Ülkelere göre CO₂ emisyon verileri (Global Karbon Project, 2021)

Birçok iklim bilimci, iklim değişikliğinin temel oluşum sebebinin havadaki artan sera gazı emisyon miktarı olduğu konusunda fikir birliğine sahiptir. Başka bir grup bilim insanı, sera emisyon miktarlarındaki değişikliklerin ekonomik zararlar sonucunda bir neden-sonuç zincirini tetiklediğini savunmaktadır (Shine vd., 2005).

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) istatistiklerine göre, “Atmosferik CO₂, CH₄ ve NO_x konsantrasyonlarının uzun yıllar seviyesinin yükseldiği ve CO₂ salınımının 1956'da 315,71 ppm'den 2014'te 398,78 ppm'ye yükseldiği belirtilmektedir (NASA, 2015). Bütün bu veriler, sera gazı emisyonlarının hızla artmasında insan faktörünün en önemli faktörlerden biri olduğunu kanıtlamıştır. Sera gazlarının mevcut durumunun

sınırlandırılması veya en azından farkında olunması, sonuçları çarpıcı biçimde belirgin hale geldikçe önem kazanmaktadır.

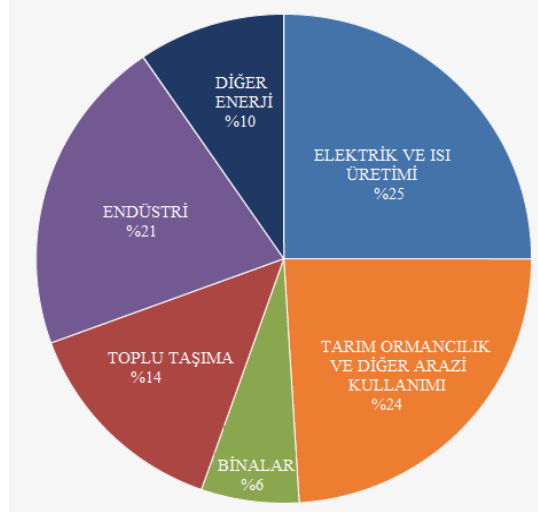
Karbon (C), atmosferde CO₂ olarak (%2), kara bitkilerinde ve topraklarda biyokütle (%5), çeşitli jeolojik rezervuarlarda fosil yakıtlar olarak (%8) ve okyanusta iyon topluluğu olarak (%85) depolanabilir (McKinley G., 2009). İnsan faaliyetleri sonucunda yayılan başlıca sera gazı %54,7 ile CO₂ olup, bunu %30 ile CH₄, %9,8 ile diğer gazlar, %4,9 ile NO_x ve %0,6 ile florlu gazlar izlemektedir (IPCC, 2007). Bu oranlar IPCC 2014 raporunda Şekil 1.3'deki gibi değişmiştir. CO₂ oranı artarken diğer sera gazları azalmıştır.



Şekil 1.3. Küresel sera gazı emisyonları (IPCC, 2014)

IPCC 4. Değerlendirme raporunda belirtildiği gibi, CO₂ konsantrasyonlarındaki artış, insanoğlunun ulaşım, ısıtma ve soğutma, imalat ve diğer endüstriyel faaliyetler için fosil yakıt kullanımı gibi doğrudan ve dolaylı faaliyetleri ile açıklanabilir. Bu faaliyetlerin oransal gösterimi IPCC 2014 raporlarına göre belirtilmiştir. (Bkz. Şekil 1.4) En büyük oran elektrik ve ısı üretimindedir.

Ormansızlaşma ve mahsul ekimi gibi arazi yönetimi de diğer önemli insan faaliyetleri olarak gözlemlenebilir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ emisyonları, iklim değişikliğine katkıda bulunan en büyük antropojenik faktör olarak kabul edilmektedir (IPCC, 2007). Bu antropojen faaliyetler sonucu artan sera gazı emisyonları sıcaklık artışı ile birlikte yağış, nem, hava hareketleri vb ekstrem koşulları da beraberinde getirir. Dolayısıyla insan faaliyetleri, gezegenin iklim koşullarını yavaş, ama kalıcı ve tehlikeli bir şekilde değişikliğe uğratabilmektedir.



Şekil 1.4. Ekonomik sektörlere göre küresel sera gazı dağılımı (IPCC, 2014)

Ülkemizde 1990 ile 2019 yılları arasındaki sektörlere göre sera gazı emisyon dağılımı Tablo 1.1’de görülmektedir. En büyük pay enerji sektörüne aittir. Enerji sektöründeki karbondioksit eşdeğeri (CO₂e) emisyon değeri 2017 yılına kadar önceki yıllara nazaran artmakta iken 2017 yılından sonra bir önceki yıla oranla az miktar da olsa azalmaktadır. 2019 yılı CO₂e emisyon değeri 2018 yılına göre %2,3 azalmıştır.

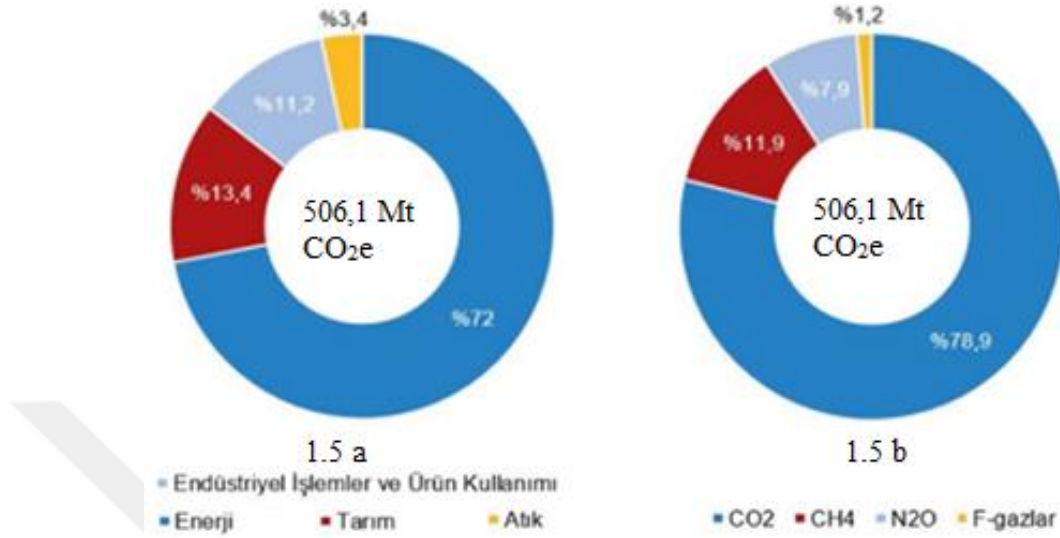
Tablo 1.1. Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2019 (TÜİK, 2021)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990-2019 değişim (%)	2018-2019 değişim (%)
Toplam Emisyon	219,6	299,0	399,1	473,3	498,9	525	522,5	506,1	130,5	-3,1
Enerji	139,6	216,1	287,0	340,9	359,7	379,9	373,1	364,4	161	-2,3
Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	22,8	26,2	48,1	57,2	61,4	64	65,9	56,4	147,1	-14,3
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68	47,7	4,1
Atık	11,1	14,3	19,5	19,0	19	17,8	18,1	17,2	55,7	-5

Milyon tCO₂e

2019 yılına ait sera gazı emisyon istatistikleri incelendiğinde sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımında %72 oranı ile enerjinin en büyük paya sahip olduğu

görülmektedir. (Bkz. Şekil 1.5a) Sera gazı emisyonlarının gazlara göre dağılımında ise CO₂'nin %78,9 paya sahip olduğu görülmektedir. (Bkz. Şekil 1.5b)



Şekil 1.5. 2019 yılı sera gazı emisyonlarının a) sektörlere ve b) gazlara göre dağılımı (TÜİK, 2021)

Artan sera gazları iklim değişikliğinin başlıca nedeni ve kullanılan popüler terimi ile küresel ısınma; günümüzün önemli tartışma konusu haline gelmiştir. Fosil yakıtların yanması ile ormansızlaşma, kentleşme, endüstriyel büyüme, arazi kullanımı değişiklikleri, tarım ve hayvancılıkta değişiklikler, atık yönetimi gibi insan kaynaklı faaliyetlerin iklim üzerinde olumsuz etkileri olduğu artık bir gerçek olarak kabul edilmektedir. Popüler inanışın aksine, küresel ısınma yeni bir olgu değildir. Fosil yakıtların yanması olan insan kaynaklı bir faaliyet ile küresel ısınma arasında bir ilişki olduğuna dair ilk iddia 1800'lerin sonlarına kadar uzanmaktadır.

İsveçli bir bilim insanı (Arrhenius, 1896), dünya yüzey sıcaklıklarının normalden daha yüksek olduğuna ve sıcaklıkların dünya üzerinde eşit olmadığına işaret eden bir bilimsel makale yayınladı. Bunu, modern endüstrinin bir sonucu olarak atmosferik CO₂ seviyelerinin değişmesine bağladı. CO₂ seviyelerindeki artışların dünya yüzey sıcaklığını artıracaklarını ve küresel ısınmaya neden olacağını tahmin etti.

Bir asır sonra günümüzde, insan kaynaklı iklim değişikliğinin sonuçlarını her zamankinden daha fazla yaşıyoruz. Başta fosil yakıt yanması olmak üzere giderek artan sera gazlarının bir sonucu olarak, atmosfer ve okyanus daha önce hiç olmadığı kadar

ısındı. Buzullar eridi, deniz seviyeleri yükseldi. 1880 ile 2012 arasında küresel ortalama sıcaklıklar 0,85°C arttı. CO₂, CH₄ ve NO_x konsantrasyonları sırasıyla %40, %150 ve %30 oranında artarak sanayi devriminden bu yana en yüksek seviyeye ulaştı. Artan CO₂ konsantrasyonları okyanus asitlenmesine neden oldu. Gelişmiş iklim modelleri, 21. yüzyılın sonunda küresel yüzey sıcaklığı değişiminin 1,5 °C'yi geçeceğini tahmin ediyor. Bu ısınma bölgesel olarak tek tip olmayacaktır. Daha da endişe verici bir tahmin ise, küresel ortalama yüzey ısınmasının birincil düzenleyicisi olan kümülatif CO₂ emisyonlarının 21. yüzyılın sonunda durdurulsa bile, iklim değişikliği etkilerinin çoğunun devam edeceği yönünde (IPCC, 2013).

Söz konusu tahminler hesaplandığında, dünya üzerindeki her ülkenin iklim değişikliğinin sonuçlarından olumsuz etkileneceği sonucuna varılabilir. Tekdüze olmayan ısınma bazı bölgelerde kuraklığa neden olurken, diğer bölgeler ciddi sel vakalarıyla karşı karşıya kalacak. Türkiye, kuraklık yaşayacak ülkelere makul bir örnektir. Yükselen deniz seviyeleri ada ülkeleri için tehlike oluşturacak, artan emisyonlar hava kalitesini düşürecek, biyoçeşitlilik kaybı yaşanacak, bitki örtüsü ve hayvan türleri büyük ölçüde azalacaktır. Bu nedenle GHG emisyonlarının en aza indirilmesinin hayati önem taşıdığı aşîkardır. Bu da ancak dünya ülkelerinin ve dünya vatandaşlarının ortak çabalarıyla başarılabilir.

Karbon ayak izi, insanlar, kuruluşlar, olaylar ve ürünler tarafından üretilen doğrudan veya dolaylı eylemler yoluyla yayılan sera gazlarının (GHG) toplamı olarak bilinir. Karbon ayak izini hesaplamak için, her gün ürettiğimiz kirlilik veya GHG emisyon seviyelerini tam olarak bilmek gerekir. Şekil 1.6'da görüldüğü gibi, iş faaliyetlerimiz, elektrik tüketimi, ambalaj kullanımı, malzeme, ulaşım, atık yönetimi vb. aracılığıyla doğrudan ve dolaylı olarak bıraktığımız karbon ayak izi hakkında veri toplamayı gerektirir. Karbon ayak izi, ton CO₂ eşdeğeri (tCO₂e) olarak ölçülür ve faaliyet verilerinin emisyon faktörleriyle çarpılmasıyla hesaplanır. Elde ettiğimiz sonuç, potansiyel tasarrufları belirlememize, yasaların gerektirdiği çevresel gereksinimleri karşılamamıza, karbon ayak izimizi en aza indiren iyileştirmeler sunmamıza yardımcı olacaktır (Noeco, 2021).



Şekil 1.6. Karbon ayak izi (Yalova Valiliği, 2016)

Bu tez çalışmasında; küresel ısınmanın sebebi olan sera gazlarının oluşumuna önemli derecede etki eden elektrik, doğalgaz, benzin ve motorin kullanımından açığa çıkan CO₂ salınımı ve güncel tabiri ile karbon ayak izi incelenmiştir. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi (EBYÜ)'nin 2019 ve 2020 doğalgaz, kömür, benzin, motorin ve elektrik tüketim verilerinden yola çıkılarak birincil karbon ayak izine ulaşılmıştır. Yapılan hesaplamalarda IPCC'nin önermiş olduğu yöntemler kullanılmıştır. Ulaşılabilir bilgi ve değerlendirmeler ışığında çalışma Tier 1 yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca aynı tüketim verileri ile İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (UK government Department for Environment, Food and Rural Affairs - DEFRA)'nın dönüşüm faktörleri kullanılarak tekrar hesaplama yapılmıştır. Her iki yöntemle çıkan emisyon miktarları karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde üniversitelerin karbon ayak izi değişimine yönelik yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Çalışmaların bir kısmı eğitim dönemi süresince kampüs içindeki öğrencilerin aktiviteleri kaynaklı (Chung vd., 2014, Gökçek vd., 2019), öğrenci ve çalışanların aktiviteleri kaynaklı (Sreng vd., 2017, Mendoza-Flores vd., 2019), akademisyen ve idari personel kaynaklı (Başoğlu, 2018), üniversitelerin enerji tüketimi ve/veya atıkları kaynaklı (Yazdani vd., 2013, Binboğa, 2018, Budihardjo vd., 2020, Aroonsrimorakot vd., 2013) CO₂ emisyonu hesaplamalarını kapsamaktadır.

CO₂ emisyonu hesaplamalarında IPCC tarafından önerilen Tier yaklaşımları kullanılmaktadır (Atabey, 2013). Diyarbakır ilinde ulaşım, barınma ve enerji kullanımı dolayısıyla meydana gelen CO₂ emisyonlarını belirleyerek ilin karbon ayak izini hesaplamıştır. Emisyon hesaplamalarında IPCC tarafından önerilen Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımlarını kullanmıştır. 2010-2012 yılları arasında ulaşımda yapılan hesaplamalara göre CO₂ emisyonlarında en yüksek oranın kamyonetlere, 2009-2011 yılları arasında ildeki hanelerin yakıt türüne göre CO₂ emisyonlarında en büyük payın kömüre, endüstriyel işletmelerden kaynaklı CO₂ salınımında daha büyük payın kömür ve LNG kullanan tesislere ait olduğu tespit edilmiştir.

Aroonsrimorakot vd. (2013) Tayland Mahidol Üniversitesi Salaya Kampüs'ünde yer alan Çevre ve Kaynak Çalışmaları Fakültesinin 2010 yılındaki doğrudan ve dolaylı olarak sera gazı emisyonu kaynaklarını üç kapsamda incelemişlerdir. Bunlardan birinci kapsam atık su arıtma proseslerinden ve yakıt tüketiminden kaynaklanan, ikinci kapsam elektrik ve su temininden kaynaklanan, üçüncü kapsam ise kâğıt, kimyasal ve laboratuvar malzemelerinin kullanımı ile üretilen atıklardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını içermektedir. Sera gazı emisyonlarını IPCC yönergelerine uygun olarak kendi ulusal veri tabanı verileri ile uluslararası alanda yaygın olarak kullanılan emisyon faktörünün çarpımıyla hesaplamışlardır. Sera gazı salınımında en büyük paya elektrik enerjisi kullanımının sahip olduğunu ve ardından üretilen katı atıkların geldiğini ifade ederek fakültenin toplam sera gazı emisyonunun 1.091,85 tCO₂ olduğunu belirtmişlerdir.

Yazdani vd. (2013), çalışmalarını Malezya Teknoloji Üniversitesinin 2011 yılı mevcut karbon ayak izini hesaplamak ve daha sürdürülebilir bir organizasyon haline gelmek için karbon emisyonunu azaltma stratejilerini belirlemek amacıyla yapmışlardır. Elektrik,

ulaşım ve katı atık bertarafının 2011 yılında toplam karbon ayak izinin 57,576 MtCO₂ olduğunu hesaplayarak en büyük karbon emisyonunun %84 elektrikten, en düşük ise %3,5 oranla katı atık bertarafından kaynaklandığını belirtmişlerdir. 2011 yılında kişi başına emisyon miktarı 2,1 MtCO₂ olarak hesaplanmıştır.

Kumaş vd. (2019), Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak yerleşkesindeki üç farklı Yüksekokulun (Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Hikmet Tolunay Meslek Yüksekokulu ve Zeliha Tolunay Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu) karbon ayak izi hesaplamalarını ele almışlardır. Annex 2014 hesaplama yöntemleri ile karbon ayak izinin yıllık miktarını tespit etmişlerdir. Karbon ayak izi değeriinin bulunmasında birimlerin kullandığı toplam elektrik tüketimi, ısınma ihtiyacı için kullanılan doğalgaz tüketimi, personellere ait araçların yakıt türleri ve öğrencilerin günlük ulaşım değerlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda karbon emisyon miktarının en fazla doğalgaz tüketiminden, en az ise benzinli araçların sebep olduğu tespit edilmiştir.

Yaka vd. (2015), Annex 2014 hesaplama kriterlerini kullanarak Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okuluna ait karbon ayak izi değeri 98.307 kg/yıl olarak hesaplamışlardır. Karbon ayak izi hesabında personelin ulaşım verileri ve binadaki toplam elektrik enerjisi tüketim değerleri göz önüne alınmıştır. Ulaşım verileri birimdeki 25'i akademik personel olmak üzere, 16 idari ve teknik personel ile bire bir görüşölüp toplanan günlük verilerin ortalama hesaplama yıllık veriler haline dönüştürölmesiyle oluşturulmuştur. Hesaplamalar sonucunda karbon salınımında en büyük payın elektrik tüketimine ait olduğu belirtilmiştir.

Sreng vd. (2017), Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsünün 2015 yılı sera gazı emisyonlarını hesaplamışlardır. Hesaplamalarında IPCC Tier 1 metodu, Dünya Kaynakları Enstitüsü (WRI)'nin sınır belirleme metodu ve Sürdüröllebilir Kalkınma için Dünya İş Konseyi (WBCDS)'nin yöntemlerini kullanmışlardır. Direkt ve dolaylı emisyon katkısı olarak 3 kapsamda değerlendirmişlerdir. Birinci kapsam direkt emisyon olarak kampüsün ısıtma ve soğutması için kullanılan doğalgazı, ikinci kapsam dolaylı emisyon olan elektrik tüketimini, üçüncü kapsam ise öğrenci ve çalışan etkinliklerini, su teminini, atık suyu, katı atık ve kullanılmış kâğıdı içermektedir. Kampüsün sera gazı emisyon miktarını 12.330,73 tCO₂ olarak hesaplamış ve elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonların en büyük paya sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Bıyık, 2020’de yaptığı çalışmasında Isparta şehrindeki karayolu ulaşım sektörü kaynaklı karbon ayak izi hesaplamasını yapmıştır. Ulaşım sektörü bazlı ortaya çıkan sera gazlarında CO₂ gazı oranının fazla bulunması sebebiyle, özellikle CO₂ emisyonu değerleri ile karbon ayak izi hesabı yapılmıştır. Emisyon hesaplamaları için IPCC yöntemleri içerisinde önerilmiş olan Tier yaklaşımlarından, Tier 1 ve Tier 2 hesaplama metodolojisi kullanılmıştır. 2010-2016 yılları arasındaki Isparta ilinde kayıtlı karayolu araçlarının karbon ayak izi hesaplamaları bu yöntemle elde edilmiştir. Tier 1 yaklaşım metodu ile 2010 yılında hesaplanan 351,90 GgCO₂ karayolu ulaşımı kaynaklı karbon ayak izi miktarı %34 artışla 2016 yılında 471,84 GgCO₂’e çıkmıştır. 2010 yılında Tier 2 yöntemi ile hesaplanan karbon ayak izi miktarı 1605 GgCO₂ iken 2016 yılında %43 artarak 2292 GgCO₂’e ulaşmıştır. Tier 2 yöntemi hesabı ile karayolu ulaşımı kaynaklı karbon ayak izinde 2010-2016 yılları arası benzinli otomobiller %23, dizel otomobiller %48 ve LPG’li otomobiller ise %1 oranında karbon ayak izi miktarlarını arttırmışlardır. Minibüs, otobüs ve kamyonetler, kamyon araç grubuna ait karbon ayak izi miktarını 2010- 2016 yılları arasında %48, motosiklet grubu ise %23 oranında arttırmıştır.

Gökçek vd. (2019), Çalışmasında, Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi kampus alanında bulunan dokuz fakültenin öğrencileri arasındaki tüketim tercihleri ölçümlenmiştir. Yapılan anket değerlendirmesiyle istatistiksel olarak SPSS uygulaması ile analizler yapılmıştır. Eğitim alınan fakültelere göre oluşturdukları karbon ayak izi değişimleri ve bunun belirtilen yere göre dağılımı Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) katkısıyla ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılarak incelenmiştir. CO₂ emisyonunun fakültelere göre değişkenlik gösterdiği tespit edilen çalışmada, erkek öğrencilerin CO₂ emisyonu 392 kg/yıl iken kız öğrencilerin 354 kg/yıl olarak hesaplanmış ve erkeklerin sebep olduğu emisyon miktarının daha fazla olduğu ortaya çıkarılmıştır. Sonuç olarak üniversite kampüsü gibi bölgesel bir alanın bireysel CO₂ emisyonunun mekâna bağlı dağılımı incelenmiştir. Bu emisyon dağılımı ile fakülteler arasında bir dengelenme durumuna ilişkin çözüm önerileri sunulup farkındalık sağlanması amaçlanmıştır.

Literatürde ülke, bölge, şehir, üniversiteler/kampüsler ve belediyeler bazında birçok çalışma yapılmış olup halen çalışmalar sürmektedir. Ülkemizde Devlet Planlama Teşkilatı’nın Kalkınma Planı çalışmalarında İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporlarında çeşitli alanlardaki sera gazı ve CO₂ salımlarında mevcut duruma yer verilerek bu gazların kontörleri için hedefler belirlenmektedir. Ayrıca üniversitemizde

karbon ayak izi konusunda araştırmalar/ tezler yapılmakla beraber belediyelerin yürüttüğü enerji kaynaklı karbon ayak izi envanterinin belirlenmesi ve analizi konulu projeler de mevcuttur.

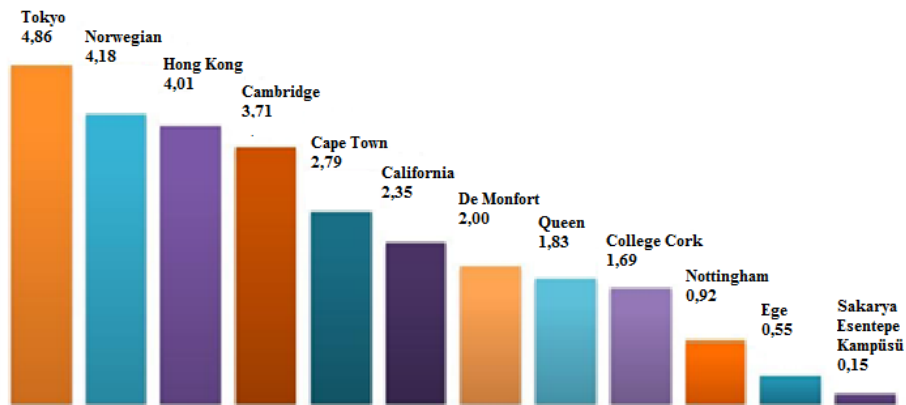
Çevresel etkiyi değerlendirmek ve üniversite kampüsünün sürdürülebilirliğini raporlamak için karbon ayak izi kavramı kullanılır. Üniversitelerin karbon ayak izi ile ilgili seçilmiş önemli çalışma, metodoloji ve göstergelerini özetleyen Tablo 2.1 üniversitelerle ilgili kapsamlı bir çalışma listesi değil, yoğun bir literatür taramasından sonra seçilmiş bir dizi çalışmadır.

Tablo 2.1. Üniversitelerde Ölçülen Karbon Ayak İzi Çalışmaları (Yanez vd., 2020)

Yazar	Yıl	Ülke	Yöntem	Sonuçlar	Öne Çıkanlar
Lolacono vd.	2018	İspanya	ISO 14064	Öğrenci başına 0,31 tCO ₂ e Çalışan başına 2,69 tCO ₂ e	Valencia Politeknik Üniversitesi 3 kampüsü ele alır. Ölçüm yalnızca kapsam-1 ve kapsam-2'yi dikkate alır
Güereca vd	2013	Meksika	Sera Gazı Protokolü	Kişi başına 1,46 tCO ₂ e	Meksika Ulusal Özerk Üni.Mühendislik Enstitüsünü ele alır.
Vásquez vd.	2015	İspanya, Meksika, ABD, Norveç	Sera Gazı Protokolü	Öğrenci başına 3,1 tCO ₂ e	Madrid Üni. (Ormancılık Fakültesi), Meksika Özerk, Minnesota Mankato Eyalet Üni, Duquesne ve Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi
Vásquez vd.	2015	Çin	Ankete dayalı yeni metodoloji	Kişi başına 3,84 tCO ₂ e	Şanghai Tongji Üniversitesi, bir öğrencinin kişisel karbon ayak izini öğrenci faaliyetleri ile GHG emisyonlarını içerir.
Li vd.	2011	Güney Afrika	Uyarlanmış sera gazı protokolü	Öğrenci başına 4 tCO ₂ e	Cape Town Üni. Öğrenci başına 3,2 t CO ₂ e enerji tüketimi ile ilgilidir (%80)
Larsen, vd.	2013	Norveç	Sera Gazı Protokolü /EEIO	Öğrenci başına 4,6 tCO ₂ e Çalışan başına 16,7 tCO ₂ e	Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi. Mali kriterler Kapsam-3'e odaklanır
Almudafi ve Irfan	2016	Amerika Birleşik Devletleri	Sera Gazı Protokolü	Öğrenci başına 7,9 tCO ₂ e Öğrenci başına 13,1 tCO ₂ e Öğrenci başına 24,6 tCO ₂ e Öğrenci başına 36,4 tCO ₂ e	Delaware Üniversitesi Pensilvanya Üniversitesi Yale Üniversitesi Massachusetts Teknoloji Enstitüsü

Listelenen bu önceki çalışmalar ISO 14064 ve GHG protokolünün üniversitelerde karbon ayak izi ölçmek için ana metodolojiler olduğunu göstermektedir. Ölçüm birimleriyle birlikte protokoldeki nüanslar ve her bir çalışmaya dâhil edilen varsayımlar göz önüne alındığında, bu tür analizlerin sonuçları farklı olacaktır. Ayrıca, çalışmaların sonuçları öğrenci/çalışan/kişi başına tCO₂e olarak ifade edilir. Emisyon kaynağı olarak kampüslerde yaşayan tüm insanlar düşünüldüğünde, bu çalışmalar kişi başına sonuçlarını göstermektedir. Sürdürülebilir üniversite girişimi, karbon ayak izi sonuçlarından sonra kaydedilen verilere dayalı eylemleri teşvik eder. Karbon ayak izini bir çevre yönetim aracı olarak ele almak, süreç boyunca toplanan veriler, kampüslerin çevresel performansı hakkında daha geniş bir bakış açısı sağlayarak karar vermeyi kolaylaştırır (Yanez vd., 2020).

Dağlıoğlu, 2021’de yaptığı çalışmasında dünyada birçok üniversitenin kullandığı Greenmetric değerlendirme yönteminin Ege Üniversitesi tarafından da kullanıldığını ifade etmektedir. Bu değerlendirme yönteminde enerji, su, ulaşım, altyapı, eğitim ve atık başlıkları altında çevresel sürdürülebilirliğin puanlanması ile sıralama yapıldığını ve bu sıralama sistemleri sayesinde, üniversitelerin kendi bünyelerinde aldıkları puanların değerlendirilmesinde önemli bir adım sağladığını ifade etmektedir. Sürdürülebilirlik adımları için bir yol haritası olan bu yöntemin değerlendirmeleri arasında enerji başlığı altında karbon ayak izi de yer almaktadır. Bu şekilde birçok üniversite kendi karbon ayak izini ve kişi başına düşen CO₂ emisyon değerlerini hesaplayabildiğini ve Avrupa, Asya ve Amerika'daki üniversitelere kıyasla Türkiye'deki iki üniversitenin çok daha az emisyonu sahip olduğu belirtmektedir.



Şekil 2.1. Farklı üniversitelerde kişi başına düşen karbon ayak izi (tCO₂)

(Bkz. Şekil 2.1) Ege Üniversitesinin 2016 yılından beri uyguladığı bu sistemde enerji başlığı ve karbon ayak izinin azaltılması gerekliliğinin öne çıktığını, enerji kategorisinden alınan düşük puanların da fosil yakıtlardan temiz enerji kaynaklarına geçişi ve enerji verimliliği yüksek cihazların kullanımına olan ihtiyacı desteklediğini ifade etmektedir.

Kullanılan ve tasarlanan binaların büyük kısmını kamu yapıları, kamu yapılarının büyük çoğunluğunu da eğitim yapıları oluşturmaktadır. Eğitim yapıları, uzun kullanım süresine sahip ve enerji tüketim oranı yüksek yapı gruplarındandır. Eğitim yapıları, birer bina ve çevresel mekân olmanın ötesinde; gelecek nesillerin şekillendirildiği yerler olarak önem kazanmaktadır. Eğitim kalitesini etkileyen faktörlerin başında mekânın ışık, ses, ısı gibi fiziksel özellikleri gelmektedir ve bu özelliklerin iyileştirilmesiyle kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanması hedeflenmektedir (Çağlar, 2021). Tabi ki bu durum da enerji tüketimini artırmaktadır.

Çalışmada Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi'nin ısınma amaçlı kullandığı doğalgaz/kömür, aydınlanma ve sınıf/ofis araç gereçleri için kullanılan elektrik, üniversiteye ait araçlarda kullanılan benzin ve motorin tüketimleri dikkate alınarak Üniversite'nin karbon ayak izi belirlenmiştir. Hesaplama yöntemleri ve emisyon faktörlerinin seçimi için IPCC Rehberinden faydalanılmıştır. Excel formatlı hesaplama tablosu kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1 Sera Gazları

İklim değışikliğinin itici gücünün, insan faaliyetleri sonucunda artan sera gazlarının bileşimi olduğu açıktır. Sera gazlarının bir kısmı atmosferde doğal olarak oluşur ve onu sıcak tutarak Dünya üzerindeki yaşamı sağlar. Bununla birlikte, atmosferdeki bileşimlerindeki önemli artışlar, iklimin doğal dengesini bozarak ısıyı tutma yeteneklerini artırır. CO₂, CH₄ ve NO_x doğal olarak oluşan sera gazlarına örnektir. Bu gazların atmosferde yüzyıllara kadar çok uzun ömürleri vardır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2018).

Sera gazlarının bir kısmı tamamen insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu gazlara topluca “halokarbonlar” denir. Halokarbonlar, brom (Br), klor (Cl) ve flor (F) içerir. Örnekler arasında; Hidrokloroflorokarbon (HCFC), Hidroflorokarbon (HFC), Kloroflorokarbon (CFC), Karbonmonoksit (CO), Azot dioksit (NO₂), Kükürt dioksit (SO₂) ve Troposferik ozon (O₃) troposferik gazlar olarak adlandırılır. Bu gazların ömrü kısadır ve hava kirleticidir. O₃, CO, NO_x ve metan olmayan hidrokarbonlardan (NMHC) oluşur. O₃ bileşimlerindeki değışiklikler hava kalitesi ve iklim değışikliği ile ilişkilidir.

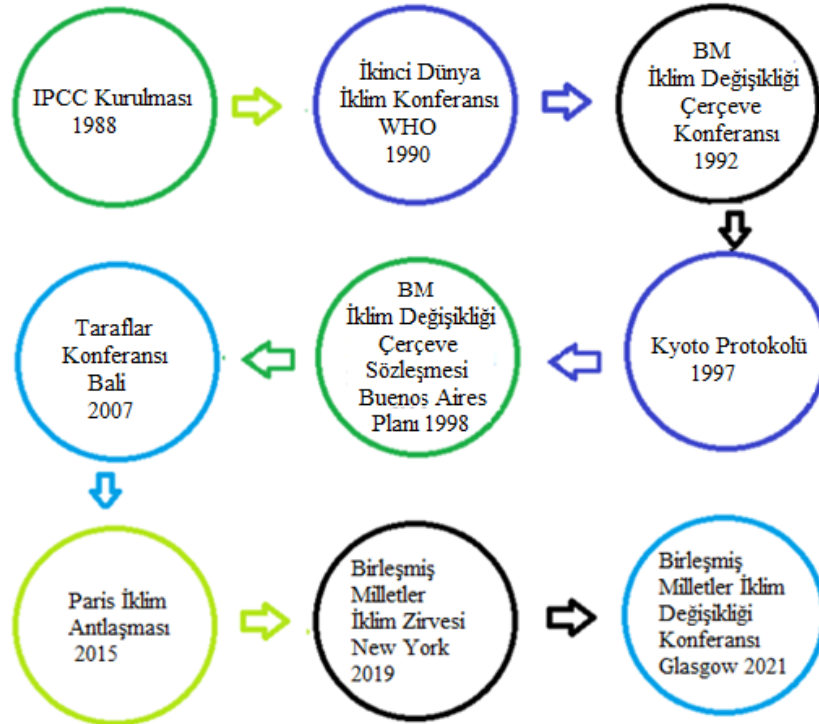
Su buharı, sera etkisine katkılarından dolayı önemli bir sera gazı olmasına rağmen, insan kaynaklı emisyonlardan ziyade öncelikle hava sıcaklığına bağılı olarak atmosferdeki konsantrasyonları nedeniyle bir geri besleme ajanı olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, insan faaliyetlerinden kaynaklanan su buharı emisyonlarının iklim değışikliğine katkısı ihmal edilmektedir (IPCC, 2007).

Yaşanabilir bir hayat adına tüm insanlık olarak zarar verdiğimiz doğayı kurtarmak için dünya ülkeleri bir araya gelerek çeşitli protokol ve anlaşmalar ile sera gazı salınımlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar sunmuşlardır. UNFCCC, Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması gibi yasal düzenlemeleri gönüllüğü esas alarak dünyanın içerisine sürüklendiği durumun daha da vahim hale gelmemesi için alınabilecek tedbirler değerlendirilmiştir.

Altı sera gazının düzenlenmesi Kyoto Protokolü tarafından zorunludur. Bu gazlar; CO₂, N₂O, CH₄, HFC, Perflorokarbon (PFC), Kükürt heksaflorür (SF₆). Kyoto Protokolü'nde baz alınan sera gazlarının kaynakları ve CO₂ eşdeğerleri Tablo 3.1'de görülmektedir.

Tablo 3.1. Kyoto Protokolü'nde baz alınan sera gazları (Gielen vd., 1998)

Sembol	İsim	CO ₂ Eşdeğeri	Kaynak
CO ₂	Karbondioksit	1	Fosil yakıtlarının yanması, orman yangınları, çimento üretimi
CH ₄	Metan	21	Landfill sahaları petrol ve doğalgaz üretim ve dağıtım, çiftlik hayvanlarının sindirim sistemlerindeki fermentasyon
N ₂ O	Nitroksit	310	N ₂ O fosil yakıtların yanması, gübreler, naylon üretimi
HFC	Hidroflorakarbon	140~11.700	Buzdolabı gazları, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi
PFC	Perflorokarbon	6.500~9.200	Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi
SF ₆	Sülfürheksaflorür	23.900	Elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, magnezyum üretimi



Şekil 3.1. İklim değişikliği ile ilgili önemli görüşmeler

İklim değışikliğı ve sonuçlarının tüm insanlığı etkileyecek olması, dünya milletlerini bu konuda birçok çalışma, konferans ve sözleşmeler yapmaya zorunlu kılmıştır. Şekil 3.1’de yıllara göre yapılan çalışmalar gösterilmiştir. Bu görüşmelerden birkaçı detaylı olarak ele alınacaktır

a. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)

Modern endüstrinin bir sonucu olarak atmosferdeki artan CO₂ bileşimlerinin dünyanın ısınmasıyla doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koyan İsveçli bilim insanı Svante Arrhenius'un bulgularının ardından, insanlığın önleyici tedbirler alması neredeyse bir asır aldı. 1988 yılında, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ortak bir çalışma ile IPCC' ni bir araya getirdi. Çok sayıda ülkeyi temsil eden bilim insanı, iklim değışikliğinin sosyal, çevresel ve ekonomik düzeylerdeki etkilerine ilişkin mevcut tüm bilimsel bilgileri değerlendirmek ve uygun yanıtları stratejilendirmek amacıyla bir araya geldi. 1990 yılında IPCC, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından yaptırılan ilk raporunu yayınladı. Bilimsel değerlendirme, etki değerlendirmesi ve yanıt stratejileri ile çalışmalarını sürdüren Meclis (UNGA), İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin temellerini atmaya başladı (IPCC-1990). Ürün olarak, iklim değışikliğine karşı ilk önemli uluslararası eylem olarak kabul edilen UNFCCC, Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenmiş ve Avrupa Birliği dahil 196 ülke tarafından imzalanmıştır. Taraf ülkelerin iş birliği ile “ortak fakat farklı sorumluluklar ve ilgili yetenekler” temelinde sera gazı emisyonlarını belirli bir seviyede tutmak amaçlanmaktadır.

Türkiye, sera gazı emisyonlarını azaltma yükümlülüğü olmaksızın Ek-1'de (tarihi sorumluluklar) özel koşullara sahip tek ülke olan gelişmekte olan bir ülke olarak 12 yıl sonra UNFCCC'ye 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olmuştur. 2001 yılında Türkiye'de iklim değışikliğı konusunda izlenecek politikaları ve alınacak önlemleri belirlemek üzere İklim Değişikliği Koordinasyon Komitesi (CCCC) kurulmuştur. 2004 yılında Türkiye'nin UNFCCC'ye katılımının ardından, kamu ve özel kurum ve kuruluşlar arasındaki koordinasyonu sağlamak ve Türkiye'nin özel koşullarına uygun iç ve dış politikaları belirlemek amacıyla CCCC yeniden oluşturulmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından yürütülen GHG Envanteri Teknik Çalışma Grubu olmak üzere 11 teknik çalışma grubu oluşturulmuştur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı- İklim Değişikliği

Koordinasyon Komitesi). Türkiye, 1990-2004 yılları arasındaki sera gazı envanterlerini, projeksiyonları, alınması gereken önlemleri, mali değerlendirmeyi ve iklim değişikliğinin Türkiye üzerindeki etkilerini içeren İklim Değişikliği İlk Ulusal Tebliği'ni 2007 yılında yayınlamıştır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).

b. Kyoto Protokolü

Japonya'nın Kyoto kentinde Aralık 1997'de kabul edilen ve 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolü, CO₂ ve diğer GHG emisyonları konusunda 37 sanayileşmiş ülke için ilk kez yasal olarak bağlayıcı sınırlar belirleyen uluslararası bir anlaşmadır. 2008'den 2012'ye kadar olan beş yıllık dönemde, 1990 seviyelerine göre ortalama yüzde 5'lik bir sınıra denk geliyor. Şubat 2011 itibariyle, 192 ülke Protokolü imzalamış ve onaylamıştır (UNFCCC, 2011). Bu Protokol, 1992 yılında Rio de Janeiro'daki UNCED sırasında imzaya açılmış olan UNFCCC ile bağlı değerler içerir. Sözleşmenin temel amacı, iklim sistemi içinde tehlikeli antropojenik müdahaleyi önleyecek bir seviyede atmosferik sera gazı konsantrasyonlarını stabilize etmektir. Çerçeve Sözleşmesi sanayileşmiş ülkeleri GHG emisyonlarını stabilize etmeye teşvik ederken, Kyoto Protokolü onları bunu yapmaya taahhüt ettiriyor (UNFCCC, 2011). Bu nedenle, onaylayan ülkeler için yasal olarak bağlayıcı emisyon hedefleri sağlar. Beş yıllık bir bütçe dönemine dayanan hedeflerle üç alanda taahhütler içermektedir: sanayileşmiş ülkeler için bağlayıcı emisyon azaltma hedefleri; bu ülkelerin uygun politika ve önlemleri uygulaması veya daha fazla detaylandırması için bir gereklilik ve UNFCCC tüm taraflarıyla ilgili belirli taahhütlerin uygulanmasını yeniden onaylayan ve ilerletmeye çalışan hükümler bulunur.

Ülkemiz 2009'da Kyoto Protokolü'ne taraf olmuştur. Protokolün kabulü sırasında Türkiye UNFCCC tarafı olmadığı için, Protokolün Ek-B listesine dahil edilmemiştir. Bu nedenle, sayısallaştırılmış emisyon değeri azaltma veya sınırlandırma taahhüdü ülkemizin bulunmamaktadır (Dışişleri Bakanlığı, Kyoto Protokolü).

c. Paris Anlaşması

Türkiye, 22 Nisan 2016 tarihinde Paris Anlaşması'na gelişmekte olan bir ülke olarak taraf olmuştur. Paris Anlaşması, tüm taraf ülkelerin katkılarıyla küresel sıcaklık artışını 2 °C'nin altında tutmayı hedefliyor. Paris Anlaşması'nın ayırt edici özelliği, UNFCCC'nin “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve ilgili yetenekler” esasını dikkate

almamasıdır. Anlaşma, gelişmiş ülkelerin, sera gazı emisyonlarını azaltma kapasitelerini artırmak için en az gelişmiş ülkelere ve gelişmekte olan ülkelere gerekli finansmanı ve teknoloji transferini sağlamasını öngörüyor. Türkiye, “Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı Amaçlı” (INDC) beyanı ile sera gazı emisyonlarının 2030 yılına kadar o zamanki %21 artışından azalacağını açıkladı (Dışişleri Bakanlığı, Paris Antlaşması).

3.2. IPCC Metodolojisi

1988 yılında Kanada’nın Toronto şehrinde düzenlenen IPCC, Değişen Atmosfer Konferansı neticesinde Birleşmiş Milletler’e bağlı, UNEP ve WMO’nün katkıları ile çalışmalarına başlamıştır. İnsan faaliyetlerinin sebebiyet verdiği iklim değişikliği risklerini ele almak üzere kurulan bu panel, uluslararası özerk bir kuruluştur. Panel bünyesinde aktif olarak çalışan ve genel itibari ile gelişmiş ülkelerin bilimsel kuruluşlardır. Bunun yanı sıra enstitüler ve Birleşmiş Milletler’in uzman kuruluşlarından birçok deneyimli bilim insanı iklim değişikliğinin daha iyi anlaşılması adına gerekli bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgileri değerlendirerek ve en yeni bilgilerin gözden geçirilmesi ile analizlerini yaparak İklim Değişikliği Değerlendirme Raporlarını ortaya koymaktadır. 1990 yılında ilk raporu yayınlanan panel, yaklaşık beş yılda bir düzenli rapor yayınlamaya devam etmektedir. Kuruluş 2007 yılında Nobel Barış Ödülü’ nü kazanmıştır (IPCC, 1997). UNFCCC ile küresel çaplı çevre ve ekonomik gelişmelere karşı en temel tehlike durumunun iklim değişikliği olduğu kabul görmüştür. Sözleşme, iklim sisteminin insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan sera gazları ile oluşacak zararı düzenleme ve önlem almayı amaçlamaktadır. Sözleşme, bunlara ek olarak bütün taraflara; periyodik şekilde ulusal envanterlerini geliştirme, yenileme ve yayınlaması için çağrıda bulunmaktadır. GHG emisyon envanterlerindeki kıyaslamalı yöntemler kullanılması yönünde tavsiyelerde bulunmaktadır. IPCC Kılavuzları, sözleşmenin tarafı olan ülkelere belirtilen hedefleri tutturması için yardımcı olunması amaçlanmaktadır (IPCC, 1997).

IPCC’nin yayımladığı raporlar başlıca şunlardır; Değerlendirme Raporları, Özel Raporlar, Yöntem Metodları, BM dışı dillere çevirilerdir.

IPCC Kılavuzu çeşitli kitapçıklardan oluşmaktadır. Bunlar ulusal envanter çıkarılabilmesi için, kademeli bir şekilde verilerin nasıl toplanması gerektiği, bu veriler ışığında değerlendirilmenin nasıl yapılacağı ve ortaya çıkan sonuçların son aşamada nasıl bildirilmesi gerektiğini içeren raporlama bilgilerinden meydana gelmektedir. Ayrıca

raporlama için kullanılacak olan tabloları ihtiva eden ve nasıl hesaplama yapılması gerektiğini gösteren bir çalışma kitabı ve metotların kullanılmasına yardımcı olan, ülkelerin kendi altyapıları ile ulaşamadığı veriler için onların yerine konulacak ortalama değerlerin bulunduğu referans alınacak kitaplarıdır. Sera gazı envanter hesaplamaları için IPCC şu ana başlıkları kullanmıştır: enerji, endüstriyel işlemler, solvent ve diğer ürün kullanımları, tarım, yeryüzü coğrafyası ve ormanların kullanımı, atıklar, genel rehberlik ve raporlama.

Doğrudan yakıtın yanmasıyla bağlantılı bir gaz olan CO₂, diğer gazlardan farklı olarak daha net sonuçlarla hesaplanabilmektedir. Yanmanın sonucu olarak ortaya çıkan CO₂, kullanılan yakıtın verimli yanıp yanmadığının da bir karşılığı olarak karşımıza çıkmaktadır. CO₂'nin yanmanın doğal çıktısı olması bunun başlıca sebebidir. CO₂ emisyonu, yakıtın satış veya tüketim verilerini kullanarak birkaç düzeltme katkısıyla kolayca hesaplanan değerlerdir. Her ülkenin birçok alandaki yakıt tüketim değerlerinin bilinmesinin yanında özellikle ticari araç sektöründeki tüketimler bilinmektedir. Bu verilere ilaveten bir önemli konu da emisyon faktörleridir. Emisyon faktörleri (EF), önceden hesaplanmış ortalama değerler şeklinde IPCC Kılavuzlarında bulunur. Ancak ulusal envanter çıkarılması aşaması için, eğer o ülkenin böyle bir imkânı varsa, kendi emisyon faktörlerini oluşturarak kullanma alması tavsiye edilmektedir.

3.2.1. IPCC Tier yaklaşımları

Fosil yakıt yanmasından kaynaklanan emisyonları tahmin etmek için 2006 IPCC Kılavuzunda sunulan üç aşama vardır. Ek olarak bir referans yaklaşım sunulmaktadır. Envanter derleyicisi için yalnızca çok sınırlı kaynaklar ve veri yapıları mevcutsa, sektörel yaklaşımın bağımsız bir kontrolü olarak ve ulusal sera gazı emisyonlarının birinci dereceden bir tahminini üretmek için kullanılabilir. 2006 IPCC kılavuzları, salınan türler açısından karbon emisyonlarını tahmin etmektedir. Yanma işlemi sırasında, çoğu karbon hemen CO₂ olarak yayılır. Bununla birlikte, bazı karbonlar CO, CH₄ veya metan olmayan uçucu organik bileşik (NMVOC) olarak salınır. Bu CO₂ olmayan türler olarak yayılan karbonun çoğu, sonunda atmosferde CO₂'ye oksitlenir. Bu miktar, CO₂ olmayan gazların emisyon tahminlerinden yaklaşım sağlanabilir. Yakıtın yanması durumunda, bu CO₂ olmayan gazların emisyonları, CO₂ tahmini ile karşılaştırıldığında çok küçük miktarlarda karbon içerir ve Tier 1'de, CO₂ tahminini yakıttaki toplam karbona dayandırmak daha

doğrudur. Bunun nedeni, yakıttaki toplam karbonun yalnızca yakıta bağlı olması, CO₂ olmayan gazların emisyonlarının ise genel olarak iyi bilinmeyen teknolojiler, bakım vb. gibi birçok faktöre bağlı olmasıdır. Daha yüksek kademelerde, bu CO₂ olmayan gazlardaki karbon miktarı açıklanabilir (IPCC, 2006).

a. Tier 1 yaklaşımı

Tüm yanma kaynaklı oluşan salınımlar, yakılan yakıt miktarları (genellikle ulusal enerji istatistik verileri) ve ortalama emisyon faktörleri temelinde tahmin edilebildiğinden, Tier 1 yöntemi yakıt tabanlıdır. İlgili tüm doğrudan sera gazları için Tier 1 emisyon faktörleri mevcuttur.

Bu emisyon faktörlerinin kalitesi gazlar arasında farklılık gösterir. CO₂ için emisyon faktörleri esas olarak yakıtın karbon içeriğine bağlıdır. Yanma koşulları (yanma verimliliği, cüruf ve küllerde kalan karbon vb.) nispeten önemsizdir. Bu nedenle, CO₂ emisyonları, yakılan toplam yakıt miktarına ve yakıtların ortalama karbon içeriğine dayalı olarak oldukça doğru bir şekilde tahmin edilebilir.

Ancak metan ve azot oksit için emisyon faktörleri, yakma teknolojisine ve çalışma koşullarına bağlıdır ve hem bireysel yakma tesisleri arasında hem de zamanla önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu değişkenlik nedeniyle, teknolojik koşullarda büyük bir değişkenliği hesaba katması gereken bu gazlar için ortalama emisyon faktörlerinin kullanılması, nispeten büyük belirsizlikler getirecektir (IPCC, 2006).

b. Tier 2 yaklaşımı

Enerji için Tier 2 yönteminde, yanmadan kaynaklanan emisyonlar, Tier 1 yöntemindeki kullanıma benzeyen yakıt istatistiklerinden tahmin edilir, ancak Tier 1 varsayılanları yerine ülkeye özgü emisyon faktörleri kullanılır. Mevcut ülkeye özgü emisyon faktörleri farklı özel yakıtlar, yakma teknolojileri ve hatta bireysel tesisler için farklılık gösterebileceğinden, faaliyet verileri bu tür ayrıştırılmış kaynakları uygun şekilde yansıtmak için daha fazla ayrıştırılabilir. Bu ülkeye özgü emisyon faktörleri gerçekten de kullanılan farklı yakıt partilerindeki karbon içeriğine ilişkin ayrıntılı verilerden veya ülkede uygulanan yakma teknolojilerine ilişkin daha ayrıntılı bilgilerden elde ediliyorsa, tahminin belirsizlikleri azalır ve zaman içindeki eğilimler daha iyi tahmin edilebilir. Bir

envanter derleyicisi, CO₂ olmayan gazlarda yayılan veya oksitlenmemiş karbon miktarının iyi belgelenmiş ölçümlerine sahipse, ülkeye özgü emisyon faktörlerinde bu aşamada dikkate alınabilir. Bunun nasıl yapıldığını belgelemek iyi bir uygulamadır (IPCC, 2006).

c. Tier 3 yaklaşımı

Enerji için Tier 3 yöntemlerinde, uygun olduğunda ya ayrıntılı emisyon modelleri ya da bireysel tesis düzeyindeki ölçümler ve veriler kullanılır. Düzgün bir şekilde uygulandığında, bu modeller ve ölçümler, daha ayrıntılı bilgi ve çaba pahasına olsa da, öncelikle CO₂ dışı sera gazları için daha iyi tahminler sağlamalıdır. Baca gazlarının sürekli emisyon izlemesi, genellikle yalnızca CO₂ emisyonlarının doğru ölçümü için (nispeten yüksek maliyet nedeniyle) gerekçelendirilmez, ancak özellikle SO₂ veya NO_x gibi diğer kirleticilerin ölçümü için monitörler kurulduğunda yapılabilir. Sürekli emisyon izleme, özellikle yakıt akış hızlarını ölçmenin daha zor olduğu veya yakıtların çok değişken olduğu veya yakıt analizinin pahalı olduğu durumlarda katı yakıtların yanması için yararlıdır.

Kalite güvenceli yakıt akış ölçerler kullanılarak özellikle gaz veya sıvı yakıtlar için yakıt akışının doğrudan ölçülmesi, bu yakıt akış ölçerleri kullanan sektörler için CO₂ emisyonu hesaplamalarının doğruluğunu artırabilir. Ölçüm verilerini kullanmayı düşünürken, numunenin temsil edilebilirliğini ve ölçüm yönteminin uygunluğunu değerlendirmek iyi bir uygulamadır. En iyi ölçüm yöntemleri, resmi standart kuruluşları tarafından geliştirilmiş ve operasyonel özelliklerini belirlemek için sahada test edilmiş olanlardır. Bu tür modellerin kullanımı yoluyla ek belirsizlik türlerinin ortaya çıktığı ve bu nedenle, hesaplanan yakıt tüketiminin enerji istatistikleriyle karşılaştırılması, belirsizliklerin kapsamlı değerlendirmeleri ve sistematik hatalar dahil olmak üzere ölçümlerin iyi bir şekilde doğrulanması gerektiği belirtilmelidir.

Bir envanter derleyicisi, CO₂ olmayan gazlarda yayılan veya oksitlenmemiş karbon miktarının iyi belgelenmiş ölçümlerine sahipse, ülkeye özgü emisyon faktörlerinde bu aşamada dikkate alınabilir. Bunun nasıl yapıldığını belgelemek iyi bir uygulamadır. Emisyon tahminleri ölçümlere dayanıyorsa, o zaman sadece doğrudan CO₂ emisyonlarını içerecektir (IPCC, 2006).

3.3. DEFRA

İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (DEFRA) katsayıları doğal çevreyi korumak, desteklemek ve sürdürülebilirlik sağlamayı amaçlamaktadır. Bu kurum özellikle küresel ısınma ve sera gazı emisyonu kapsamında sürdürülebilirlik açısından çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmaları yapabilmek amacı ile her yıl düzenli olarak tüm emisyon gazları, ulaşım araçları, gıda tüketimleri ve tüm enerji tüketimleri gibi çok geniş bir alanda karbon emisyon katsayılarını yayınlamaktadır. Karbon ayak izi DEFRA'nın yayınladığı katsayılar göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır (Yavuz, 2020).

Çalışmada Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi (EBYÜ)'nin karbon ayak izi ulusal enerji istatistik verileri ve ortalama emisyon faktörlerinin kullanıldığı IPCC Tier 1 yaklaşımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı olan DEFRA'nın yayınlamış olduğu standartlar göz önüne alınarak EBYÜ'nin karbon ayak izi hesaplanmıştır. IPCC Tier 1 yaklaşımı ve DEFRA sonuçları karşılaştırılmıştır.

4. MATERYAL YÖNTEM

4.1. Materyal

Çalışmada Erzincan (Bkz. Şekil 4.1) ilinde bulunan Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi (EBYÜ)'nin karbon ayak izi hesaplanmıştır. Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Kuzey Batı bölümünde Yukarı Fırat havzasında yer alan, 1521 km² yüz ölçümlü ve 235.994 kişilik toplam nüfusa sahip bir ildir. Karasal iklim özelliğine sahip Erzincan'da yüzey şekilleri, ovalar ve dağlarla çevrili olmasından dolayı yer yer değişik karakterli iklimler ortaya çıkmaktadır. Doğu Anadolu bölgesinde yer alan birçok ilden daha ılıman iklim yapısına sahip olup yıllık ortalama sıcaklık 16,6 °C'dir (Vikipedi, 2020).



Şekil 4.1. Erzincan

EBYÜ Merkez ve İlçe Kampüslerden oluşmaktadır. Üniversite 3 Enstitü, 12 Fakülte, 3 Yüksekokul, 12 Meslek Yüksekokulu, 20 Uygulama ve Araştırma Merkezi, 13 Koordinatörlük, 23631 Öğrenci, 1086 Akademik Personel ve 564 İdari Personel ile akademik faaliyetlerine devam etmektedir (EBYÜ, 2021). Merkez ve ilçe kampüsler Tablo 4.1 de görülmektedir. Çizelgeden de görüleceği üzere merkezde birden fazla kampüs bulunmaktadır. Ana kampüs olan Yalnızbağ Yerleşkesine 2020 yılı Mayıs ayında Rektörlük Biriminin de taşınmasıyla içerdiği birimler bakımından ana kampüs daha da yoğunlaşmıştır. Merkez ve ilçe kampüsler Tablo 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.1. Merkez ve ilçe kampüsler

Merkez Kampüsler	Yalnızbağ Yerleşkesi (Ana Kampüs)	• Rektörlük Binası • Kongre Kültür Merkezi • Sosyal Tesisler • Uygulama ve Araştırma Merkezleri • Koordinatörlükler Fakülteler • Dış Hekimliği Fakültesi • Eczacılık Fakültesi • Eğitim Fakültesi • Fen Edebiyat Fakültesi • Güzel Sanatlar Fakültesi • İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi • İlahiyat Fakültesi • Mühendislik-Mimarlık Fakültesi • Spor Bilimleri Fakültesi Yüksekokullar • Ali Cavit Çelebioğlu. Sivil Havacılık Yüksekokulu • Yabancı Diller Yüksekokulu Meslek Yüksekokulları • Merkez Meslek Yüksekokulu Enstitüler • Fen Bilimleri Enstitüsü • Sağlık Bilimleri Enstitüsü • Sosyal Bilimler Enstitüsü
	Hukuk Fakültesi Kampüsü	• Hukuk Fakültesi • Adalet Meslek Yüksek Okulu • Turizm ve Otelcilik Meslek Yüksekokulu
	Sağlık Kampüsü	• Sağlık Bilimleri Fakültesi • Tıp Fakültesi • Dış Hekimliği Fakültesi • Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
	Çayırli Kampüsü	• Çayırli Meslek Yüksekokulu
	İliç Kampüsü	• İliç Dursun Yıldırım Meslek Yüksekokulu
İlçe Kampüsler	Kemah Kampüsü	• Kemah Meslek Yüksekokulu
	Kemaliye Kampüsü	• Kemaliye Hacı Ali Akın Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu • Kemaliye Hacı Ali Akın Meslek Yüksekokulu
	Refahiye Kampüsü	• Refahiye Meslek Yüksekokulu • Refahiye Bahar Yıldırım Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
	Tercan Kampüsü	• Tercan Meslek Yüksekokulu
	Üzümlü Kampüsü	• Üzümlü Meslek Yüksekokulu

EBYÜ'nün karbon ayak izi hesaplaması için tüketim verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Üniversite birimlerinden ısınma amaçlı kullanılan doğalgaz/kömür, aydınlanma ve sınıf/ofis araç gereç kullanımları için elektrik ayrıca üniversiteye ait araçların benzin/mazot tüketim verileri talep edilmiştir.

Üniversitemizde İliç, Kemah, Kemaliye, Refahiye ve Tercan Meslek Yüksekokulu'nda ısınma amaçlı kömür kullanılırken diğer tüm birimlerde doğalgaz kullanılmaktadır.

Karbon ayak izini hesaplamak için, tek tek GHG emisyon miktarları, IPCC 100 yıllık periyottaki Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) faktörleri kullanılarak CO_{2e} dönüştürülür (Boguski, 2010). Böylece karbon, küresel ısınmaya katkıda bulunan tüm farklı sera gazlarının kısaltmasıdır.

EBYÜ dikkate alındığında üniversiteye ait veya üniversite tarafından kontrol edilen kaynaklardan gelen emisyonlara doğrudan sera gazı emisyonları adı verilir. Örneğin üniversiteye ait olan veya kontrol altındaki kazanlarda, fırınlarda, araçlarda vb. yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır.

Dolaylı sera gazı emisyonları, üniversitenin faaliyetleri sonucu olan ancak başka bir şirkete ait olduğu veya kontrol altındaki kaynaklarda ortaya çıkan emisyonlardır. Buna örnek olarak üniversite tarafından tüketilen, satın alınan elektrik üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını örnek verebiliriz. Satın alınan elektrik, satın alınan veya başka bir şekilde şirketin organizasyonel sınırına getirilen elektrik olarak tanımlanır.

Diğer dolaylı sera gazı emisyonları, üniversitenin faaliyetlerinin bir sonucudur, ancak üniversiteye ait olmayan veya üniversitenin kontrolünde olmayan kaynaklardan oluşmaktadır. Örneğin, satın alınan malzemelerin kullanımı ve atık üretilmesi, ürün ve hizmetlerin kullanımı, atık bertarafı ve akademisyenlerin/çalışanların iş seyahati (Schmitz vd., 2004, Aroonsrimorakot vd., 2013).

Karbon ayak izini incelemek için, doğrudan veya dolaylı emisyonları dikkate alarak çeşitli kapsamlar oluşturulmuştur.

- Kapsam-1; hesaplama yapılan kuruluşun veya araçları kaynaklı direkt sera gazı emisyonlarını oluşturur. Bu nedenle de doğrudan karbon ayak izi olarak değerlendirilir.

- Kapsam-2; elektrik, buhar, ısıtma ve soğutmadan kaynaklı dolaylı sera gazı emisyonlarını içerir. Operasyon atıkları, satın alınan mal ve hizmetler, vb. bu emisyon kapsamına örnektir.
- Kapsam-3; Kapsam-2 içerisine girmeyen diğer dolaylı sera gazı emisyonlarını içermektedir. Personellerin üniversiteye geliş-gidişleri kaynaklı emisyonlar ve idari/akademik personellerin iş seyahatlerinden kaynaklanan emisyonlar, kuruluş tarafından üretilen ancak başka bir kuruluş tarafından yönetilen atıklar vb. örnekler Kapsam-3 emisyonlarını açığa çıkarır.

EBYÜ merkez ve ilçe kampüsleri dâhilinde kapsamlar Tablo 4.2’de verilmektedir. Buna göre üniversitenin ısıtma amaçlı yakıt kaynağı olarak kullandığı doğalgaz/kömür tüketimi ve üniversiteye ait araç filosunun (iş makineleri dahil) oluşturduğu emisyonlar Kapsam-1 altında değerlendirilirken, satın alınan elektrik tüketimiyle atmosfere salınan emisyonlar Kapsam-2 altında değerlendirilmiştir.

ISO 14064-1 standardı göz önüne alınarak yapılan karbon ayak izi analizinde, hesaplamada kullanılacak faaliyet verileri yeterli ve güvenilebilir olması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında; personellerin seyahatleri ile araç kullanarak üniversiteye gidiş-gelişlerinden kaynaklı emisyonlar, atıkların bertarafı, buzdolabı, su sebili ve klimalarda soğutucu gaz kullanımı ile ortaya çıkan bağlı kayıp/kaçak emisyonları Kapsam-3 başlığı altında muhtemel sera gazı emisyonları arasındadır. Ancak yeterli faaliyet verisine ulaşılamamış olduğu için bu çalışmada Kapsam-3 değerlendirilmemiştir.

Tablo 4.2. EBYÜ Merkez ve ilçe kampüsleri emisyon kaynakları

Kaynak	Kapsam	Emisyonlar
Isıtmada kullanılan yakıt tüketimi	Kapsam-1	Birimlerin ısınma ihtiyacı için kullandığı yakıtların (Doğalgaz- Kömür) doğrudan emisyonları
Ulaşım Kaynaklı yakıt tüketimi	Kapsam-1	Üniversiteye ait araçların (iş makineleri dahil) benzin ve motorin kullanımından oluşan emisyonlar
Elektrik Tüketimi	Kapsam-2	Aydınlanma ve sınıf/ofis araç gereçlerinde kullanılmak üzere üniversitenin satın aldığı elektriğin tüketiminden kaynaklanan dolaylı emisyonlar

Sera gazlarının emisyon hesaplaması için baz alınan yıl seçimi, kullanılacak verilerin ulaşılabilir ve doğru olması göz önüne alınır. Covid 19 pandemi sürecinde gerek eğitimin uzaktan yürütülmesi ve gerekse esnek çalışma saati uygulamasından dolayı kişi başına düşen CO₂ emisyon miktarı değil de üniversitenin toplam CO_{2e} emisyon miktarı hesaplanmıştır. Pandemi etkisini de görmek adına karbon ayak izi hesaplamaları için 2019 ve 2020 yılları seçilmiştir.

4.2. Üniversitenin Tüketim Verileri

EBYÜ bünyesindeki merkez ve ilçelerdeki tüm birimlerden elde edilen doğalgaz, kömür, motorin, benzin ve elektrik tüketim verileri ilgili alanda tablo halinde sunulmuştur. Bu veriler ışığında hesaplamalar yapılarak CO₂ ve CO_{2e} emisyon miktarlarına kısaca Üniversitenin karbon ayak izine ulaşılmıştır.

4.2.1. Doğalgaz tüketim verileri

Üniversitedeki ısınma amaçlı doğalgaz kullanımı rektörlük binası da dahil merkez kampüslerde bulunan tüm fakülte, yüksekokul, meslek yüksekokulu, spor salonu ve kongre merkezi gibi bütün birimlerin tüketimlerini içermektedir. 2019 ve 2020 yılı doğalgaz tüketim verileri Tablo 4.3’de sunulmuştur.

Tablo 4.3. 2019 ve 2020 yılı doğalgaz tüketim verileri

Yıl	Doğalgaz(m³)
2019	275103
2020	174925

4.2.2. Kömür tüketim verileri

Üniversite birimlerinden İliç, Refahiye, Kemah, Kemaliye ve Tercan Meslek Yüksek Okulu ısınma amaçlı kömür kullanmaktadır. Kömür tüketimleri, ilgili birimlerin fiili tüketimleri olmayıp, ilçelerdeki birimlerin talepleri doğrultusunda ihale yoluyla temin edilmektedir. Her sene bir önceki senenin durumuna göre birim talebini belirtmektedir. Kömür verileri ihale yolu ile alınan miktarlar olup tüketilen net kömür miktarı değildir.

Çalışma 2019 ve 2020 yıllarını kapsamaktadır. 2020 yılının kömürü bir önceki yıl talep edilerek ihale yolu ile alındığından COVID-19 pandemi sürecinin etkisini barındırmamaktadır. Bu sebeple 2020 yılında üniversitenin doğalgaz tüketimindeki %36,415’lik azalma oranı kömür tüketimi içinde aynı oran düşünülerek 2020 yılı hesaplamasında $152,604 \approx 153$ ton kömür kullanımı kabulü yapılmıştır. 2019 ve 2020 yılı kömür tüketim verileri Tablo 4.4’de sunulmuştur.

Tablo 4.4. 2019 ve 2020 yılı kömür tüketim verileri

Yıl	Kömür (t)
2019	240
2020	280*

* Hesaplama $152,604 \approx 153$ ton kömür kullanımı kabulü yapılmıştır.

4.2.3. Benzin tüketim verileri

Üniversite bünyesinde bulunan benzinli araçların 2019 ve 2020 yılı tüketim verileri Tablo 4.5’de sunulmuştur.

Tablo 4.5. 2019 ve 2020 yılı benzin tüketim verileri

Yıl	Benzin (lt)
2019	5660,62
2020	5489,06

4.2.4. Motorin tüketim verileri

Üniversite bünyesinde bulunan dizel motorlu araçların ve iş makinelerinin motorin tüketim verileri kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Yalnızbağ Kampüsü’nün çevre düzenlemesinin çoğu 2020 yılında yapılmıştır. Çevre düzenlemesi hem üniversitenin hem de İl Özel İdaresinin iş makineleri ile gerçekleştirilmiştir. İl Özel İdaresinin iş makinelerinin kullandığı motorin üniversitemiz tarafından karşılanmıştır.

Ayrıca Erzincan merkezde bulunan Rektörlük birimleri 2020 mayıs ayında Yalnızbağ Kampüsü’ne taşınmıştır. Hem çevre düzenlemesi işleri hem de rektörlük birimlerinin taşınma işlemleri 2020 yılı motorin tüketimini artacak yönde etkilemiştir. Bu sebeple

2020 yılı motorin tüketim verileri için benzin verilerinde 2020 yılındaki %3,031'lik azalma oranı kullanılarak 2020 yılı motorin tüketimi 34326,95≈34327 lt kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır. 2019 ve 2020 yılı motorin tüketim verileri Tablo 4.6'da sunulmuştur.

Tablo 4.6. 2019 ve 2020 Motorin Tüketim Verileri

Yıl	Motorin (Lt)
2019	35399,92
2020	50500*

* Hesaplama 34326,95 ≈ 34327 litre motorin kullanımı kabulü yapılmıştır.

4.2.5. Elektrik tüketim verileri

Üniversitedeki elektrik kullanımı rektörlük birimleri de dahil olmak üzere tüm fakülte, yüksekokul, meslek yüksekokulu, spor salonu ve kongre merkezi gibi bütün birimlerin tüketimlerini içermektedir. 2019 ve 2020 yılı elektrik tüketim verileri Tablo 4.7'de sunulmuştur.

Tablo 4.7. 2019 ve 2020 yılı elektrik tüketim verileri

Yıl	Elektrik (kWh)
2019	3884307,91
2020	3717524,64

4.3. Yöntem

Bu çalışma kapsamında EBYÜ'nin karbon ayak izi hesaplanmıştır. İlk olarak 2006 IPCC Rehberi kılavuz olarak dikkate alınıp Tier 1 yaklaşımının hesaplama metodolojisi ve emisyon faktörlerinin seçimi yapılmıştır, hesaplama için Excel formatlı hesaplama tablosu kullanılmıştır.

Sonrasında ise İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı olan DEFRA'nın yayınlamış olduğu İngiltere sera gazı dönüşüm faktörleri göz önüne alınarak Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesinin karbon ayak izi hesaplanmıştır. IPCC Tier 1 yaklaşımı ve DEFRA sonuçları karşılaştırılmıştır.

4.3.1. IPCC Tier 1 hesaplama metodolojisi ve emisyon faktörlerinin seçimi

Tier 1 yaklaşımı, üniversitenin doğalgaz, kömür, motorin, benzin ve elektrik kullanım verileri ışığında, yakıt türlerinin 2006 IPCC Rehberinde varsayılan emisyon faktörleriyle yapılan hesaplamaları içermektedir. Denklem 1 ile elde edilen sonuçlar sera gazı emisyon miktarını vermektedir. Yakıtların yanması sırasında CH₄ ve N₂O emisyonlarının üretimi de olduğunda hesaplamaya dahil edilmesi gerekmektedir. CH₄ ve N₂O emisyonlarının da CO₂ dikkate alınmıştır.

$$Emisyon_{sera\ gazı,yakıt} = Yakıt\ tüketimi_{yakıt} \cdot Emisyon\ Faktörü_{CO_2,yakıt} \quad (1)$$

CO₂ emisyonlarının hesabını yapabilmek için

- Kullanılan yakıtın tüketim miktarı
- Kullanılan yakıtın türünün enerji değerleri
- Her yakıt çeşidi için uygun emisyon faktörleri

tespit edilir ve bu değerler kullanılarak yakıtın içerisinde bulunan toplam CO₂ miktarı tayin edilir. Yakıtın toplam CO₂e ulaşmak için CH₄ ve N₂O emisyonlarının küresel ısınma potansiyellerinin CO₂ cinsinden ifade edilmesi gerekmektedir.

CH₄ ve N₂O emisyonlarının, CO₂ emisyon cinsinden hesabını yapabilmek için yakıtın tüketim miktarı ve enerji değerleri tayin edildikten sonra her yakıt çeşidi için uygun CH₄ ve N₂O emisyon faktörleri saptanır. CH₄ ve N₂O'nin küresel ısınma potansiyelleri dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucu tüketilen yakıtın CO₂, CH₄, ve N₂O'un toplam CO₂ miktarına ulaşılıp, bunların da toplamı ile yakıtın CO₂e değerine ulaşılmıştır.

Doğalgaz, benzin ve motorin için ton cinsinden tüketim verilerine ihtiyaç duyulduğundan yakıtların yoğunluk bilgisi gerekmektedir. Hesaplama da kullanılan yoğunluk değerleri Tablo 4.8'da verilmiştir.

Tablo 4.8. Yakıtların yoğunluk değerleri (Resmi Gazete, 2011)

Yakıt	Yoğunluk (kg/m ³)
Doğalgaz	0,67
Benzin	0,735
Motorin	0,830

Yakıtların net kalorifik değerleri (TJ/Gg) dönüşüm faktörleri EK 1'de bulunan tabloya göre seçilen değerler Tablo 4.9'da özetlenmiştir.

Tablo 4.9. Yakıtların net kalorifik değerleri (IPCC, 2006)

Yakıt	Dönüşüm Faktörü (TJ/Gg)
Doğalgaz	48
Kömür	11,9
Benzin	44,3
Motorin	43

Yakıtların emisyon faktörleri EK 2'de bulunan tabloya göre seçilen değerler Tablo 4.10'da özetlenmiştir.

Tablo 4.10. Yakıtların emisyon faktörleri (IPCC, 2006)

Yakıt	CO ₂ (kg/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Doğalgaz	56100	5	0,1
Kömür	101000	10	1,5
Benzin	69300	25	8
Motorin	74100	3,9	3,9

Yakıtların oksitlenen karbon yüzdeleri EK 3'de bulunan tabloya göre seçilen değerler Tablo 4.11'de özetlenmiştir. IPCC Tier 1 yaklaşımı hesaplamalarında tüm değerler 1 olarak alınmaktadır.

Tablo 4.11. Yakıtların oksitlenen karbon yüzdeleri (IPCC, 2006)

Yakıt	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Oksitlenen Karbon Yüzdesi (IPCC Tier 1)
Doğalgaz	0,995	1
Kömür	0,98	1
Benzin	0,99	1
Motorin	0,99	1

CO₂, CH₄ ve N₂O'nın küresel ısınma potansiyelleri Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12. CO₂, CH₄ ve N₂O'nın Küresel ısınma potansiyelleri (United Nations Climate Change, 2021)

Emisyon	Küresel ısınma potansiyeli
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

Şimdiye kadar hesabı yapılan doğalgaz, kömür, benzin ve motorin CO₂ emisyonları Kapsam-1 içerisinde. Elektrik ise Kapsam-2'de yer almaktadır. Üniversitenin elektrik tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonu IPCC Tier 1 yaklaşımında tüketim miktarının Tablo 4.13'de yer alan emisyon faktörü ile çarpımından hesaplanmıştır.

Tablo 4.13. Elektrik emisyon faktörü (EPA, 2021)

Yakıt	Emisyon Faktörü (kg/kWh)
Elektrik	0,478

4.3.2. DEFRA hesaplama metodolojisi ve emisyon faktörlerinin seçimi

İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı olan DEFRA'nın 2019 (GOV.UK, 2021) ve 2020 (GOV.UK, 2021) yılında yayınlamış olduğu İngiltere sera gazı dönüşüm faktörleri raporlarından faydalanılarak Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesinin karbon ayak izi hesaplanmıştır. DEFRA yayınladığı dosya için yardımcı teknoloji kullanıcıları için uygun olmayabilir açıklamasını yapmıştır. Raporda yakıt türlerine ve birimlerine göre kg CO₂, kg CH₄, kg N₂O ve kg CO₂e dönüşüm faktörü verilmiştir. Denklem 2 kullanılarak yakıtların CO₂ emisyon miktarları hesaplanmıştır.

$$Emisyon_{CO_2,yakıt} = Yakıt\ tüketimi_{yakıt} \cdot Dönüşüm\ Faktörü_{CO_2,yakıt} \quad (2)$$

DEFRA hesaplamalarında EK 4 ve EK 5'de bulunan tabloya göre seçilen değerler Tablo 4.14'de özetlenmiş ve burada yer alan dönüşüm faktörleri kullanılarak CO₂ emisyonları hesaplanmıştır.

Tablo 4.14. DEFRA dönüşüm faktörleri

	Yakıt	Birim		kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Kapsam-1	Doğalgaz	m ³	2019	2,03053	2,02680	0,00267	0,00107
			2020	2,02266	2,01888	0,00271	0,00107
	Kömür	ton	2019	2.744,72	2.505,61	204,22	34,89
			2020	2.883,26	2.632,00	214,60	36,66
	Benzin	lt	2019	2,20904	2,19585	0,00688	0,00631
			2020	2,16802	2,15532	0,00669	0,00601
	Motorin	lt	2019	2,59411	2,55956	0,00030	0,03425
			2020	2,54603	2,51072	0,00025	0,03506
	Elektrik	kWh	2019	0,2556	0,25358	0,00065	0,00137
			2020	0,23314	0,23104	0,00072	0,00138

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin 2019 ve 2020 yılı karbon ayak izini hesaplamak için ısınma amaçlı kullanılan doğalgaz/kömür, üniversitenin araç filosunun yakıt tüketimi ve birimlerin elektrik tüketimi verileri kullanılmıştır.

Üniversite bünyesindeki merkez ve ilçelerdeki tüm birimlerden 2019 ve 2020 yıllarına ısınma amaçlı kullanılan doğalgaz/kömür, üniversiteye ait araçların ve iş makinelerinin motorin/benzin ve birimlerin elektrik tüketim verileri aşağıda Tablo 5.1'de sunulmuştur.

Bu veriler ışığında IPCC Tier 1 yaklaşımı ve DEFRA dönüşüm faktörleriyle hesaplamalar yapılarak CO₂ ve CO_{2e} emisyon miktarlarına ulaşılmıştır. Böylelikle üniversitenin karbon ayak izi elde edilmiştir.

Tablo 5.1. 2019 ve 2020 yılı tüketim verileri

Yıl	Doğalgaz (m ³)	Kömür (t)	Benzin (lt)	Motorin (lt)	Elektrik (kWh)
2019	275103	240	5660,62	35399,92	3884307,91
2020	174925	153	5489,06	34327	3717524,64

Üniversitenin IPCC Tier 1 yaklaşımına göre CO₂ emisyonu Microsoft Excel programı ile hesaplanmış ve 2019 yılı hesabı Tablo 5.2'de, 2020 yılı hesabı Tablo 5.3'de sunulmuştur. Yakıt tüketim miktarları ton cinsinden ifade edilmiş ve enerji tipine göre ilgili dönüşüm faktörü kullanılarak enerji tüketimi belirlenmiştir. Enerji tipine göre ilgili emisyon faktörü kullanılarak emisyon içerdiğine ulaşılmıştır.

CO₂, CH₄ ve N₂O'nin küresel ısınma potansiyelleri dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucu tüketilen yakıtın CO₂, CH₄, ve N₂O'un toplam CO₂ miktarına ulaşıp, bunların da toplamı ile yakıtın CO_{2e} değerine ulaşılmıştır.

Tablo 5.2. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2019 yılı CO₂ emisyonu hesabı

2019	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon İçeriği	Emisyon İçeriği	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Küresel Isınma Potansiyeli	CO ₂ Emisyonu
			kg/m ³	ton	TJ / Gg	TJ	kg/TJ	kg	ton	%		ton
Kapsam-1	CO ₂ Emisyonu											
	Doğalgaz	275103,00 m ³	0,670	184,32	48	8,85	56100	496334,23	496,33	1	1	496,33
	Kömür	240,00 ton	-	240,00	11,9	2,86	101000	288456,00	288,46	1	1	288,46
	Benzin	5660,62 lt	0,735	4,16	44,3	0,18	69300	12772,86	12,77	1	1	12,77
	Motorin	35399,92 lt	0,830	29,38	43	1,26	74100	93619,66	93,62	1	1	93,62
	CH ₄ Emisyonu											
	Doğalgaz	275103,00 m ³	0,670	184,32	48	8,85	5	44,24	0,0442	1	21	0,9290
	Kömür	240,00 ton	-	240,00	11,9	2,86	10	28,56	0,0286	1	21	0,5998
	Benzin	5660,62 lt	0,735	4,16	44,3	0,18	25	4,61	0,0046	1	21	0,0968
	Motorin	35399,92 lt	0,830	29,38	43	1,26	3,9	4,93	0,0049	1	21	0,1035
	N ₂ O Emisyonu											
	Doğalgaz	275103,00 m ³	0,67	184,32	48	8,85	0,1	0,88	0,0009	1	310	0,2743
	Kömür	240,00 ton	-	240,00	11,9	2,86	1,5	4,28	0,0043	1	310	1,3280
	Benzin	5660,62 lt	0,735	4,16	44,3	0,18	8	1,47	0,0015	1	310	0,4571
	Motorin	35399,92 lt	0,830	29,38	43	1,26	3,9	4,93	0,0049	1	310	1,5275
											Kapsam-1 Toplam CO ₂ e Emisyonu	
		Yakıt Tüketimi		Emisyon Faktörü	CO ₂ Emisyonu							
				kg/kWh	kg							
Kapsam-2	Elektrik	3884307,91 kWh		0,478	1856699,18					Kapsam-2 Toplam CO ₂ e Emisyonu		1856,70
										Üniversitenin Toplam CO ₂ e Emisyonu		2753,20

Tablo 5.3. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2020 yılı CO₂ emisyonu hesabı

2020	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	Yoğunluk	Yakıt Tüketimi	Dönüşüm Faktörü	Enerji Tüketimi	Emisyon Faktörü	Emisyon İçeriği	Emisyon İçeriği	Oksitlenen Karbon Yüzdesi	Küresel Isınma Potansiyeli	CO ₂ Emisyonu
			kg/m ³	ton	TJ / Gg	TJ	kg/TJ	kg	ton	%		ton
Kapsam-1	CO₂ Emisyonu											
	Doğalgaz	174925,00 m ³	0,670	117,20	48	5,63	56100	315595,49	315,595	1	1	315,60
	Kömür	153,00 ton	-	153,00	11,9	1,82	101000	183890,70	183,891	1	1	183,89
	Benzin	5489,06 lt	0,735	4,03	44,3	0,18	69300	12385,75	12,386	1	1	12,39
	Motorin	34327,00 lt	0,830	28,49	43	1,23	74100	90782,18	90,782	1	1	90,78
	CH₄ Emisyonu											
	Doğalgaz	174925,00 m ³	0,670	117,20	48	5,63	5	28,13	0,0281	1	21	0,5907
	Kömür	280,00 ton	-	153,00	11,9	1,82	10	18,21	0,0182	1	21	0,3823
	Benzin	5489,06 lt	0,735	4,03	44,3	0,18	25	4,47	0,0045	1	21	0,0938
	Motorin	34327,00 lt	0,830	28,49	43	1,23	3,9	4,78	0,0048	1	21	0,1003
	N₂O Emisyonu											
	Doğalgaz	174925,00 m ³	0,67	117,20	48	5,63	0,1	0,56	0,0006	1	310	0,1744
	Kömür	280,00 ton	-	153,00	11,9	1,82	1,5	2,73	0,0027	1	310	0,8466
	Benzin	5489,06 lt	0,735	4,03	44,3	0,18	8	1,43	0,0014	1	310	0,4432
	Motorin	34327,00 lt	0,830	28,49	43	1,23	3,9	4,78	0,0048	1	310	1,4812
		Yakıt Tüketimi	Emisyon Faktörü	CO₂ Emisyonu								
			kg/kWh	kg								
										Kapsam-1 Toplam CO₂e Emisyonu		606,77
										Kapsam-2 Toplam CO₂e Emisyonu		1776,98
										Üniversitenin Toplam CO₂e Emisyonu		2383,74

Üniversitenin DEFRA dönüşüm faktörlerine göre CO₂ emisyonu Microsoft Excel programı ile hesaplanmış ve 2019 yılı hesabı Tablo 5.4'te, 2020 yılı hesabı Tablo 5.5'de sunulmuştur.

Tablo 5.4. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2019 yılı CO₂ emisyonu hesabı

2019	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	kg CO ₂	CO ₂ Emisyonu	CO ₂ Emisyonu
				kg	ton
Kapsam-1	CO ₂ Emisyonu				
	Doğalgaz	275103,00 m ³	2,02680	557578,76	557,58
	Kömür	240,00 ton	2505,61	601346,40	601,35
	Benzin	5660,62 lt	2,19585	12429,87	12,43
	Motorin	35399,92 lt	2,560	90608,22	90,61
	CH ₄ Emisyonu				
	Doğalgaz	275103,00 m ³	0,00267	734,525	0,735
	Kömür	240,00 ton	204,22	49012,800	49,013
	Benzin	5660,62 lt	0,00688	38,945	0,039
	Motorin	35399,92 lt	0,000	10,620	0,011
	N ₂ O Emisyonu				
	Doğalgaz	275103,00 m ³	0,00107	294,360	0,294
	Kömür	240,00 ton	34,89	8373,600	8,374
	Benzin	5660,62 lt	0,00631	35,719	0,036
	Motorin	35399,92 lt	0,035	1241,121	1,241
	Kapsam-1 Toplam CO ₂ e Emisyonu			1321704,94	1321,70
Kapsam-2	Elektrik	Yakıt Tüketimi	kg CO ₂	CO ₂ Emisyonu	CO ₂ Emisyonu
		kWh		kg	ton
		3884307,91 kg CO ₂	0,25358	984982,80	984,98
		3884307,91 kg CH ₄	0,00065	2524,80	2,52
		3884307,91 kg N ₂ O	0,00137	5321,50	5,32
	Kapsa- 2 Toplam CO ₂ e Emisyonu			992829,10	992,83
Üniversitenin Toplam CO ₂ e Emisyonu				2314,53	

Yapılan hesaplamalar sonucu tüketilen yakıtın CO₂, CH₄, ve N₂O'un toplam CO₂ miktarına ulaşıp, bunların da toplamı ile yakıtın CO₂e değerine ulaşılmıştır.

Tablo 5.5. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2020 yılı CO₂ emisyonu hesabı

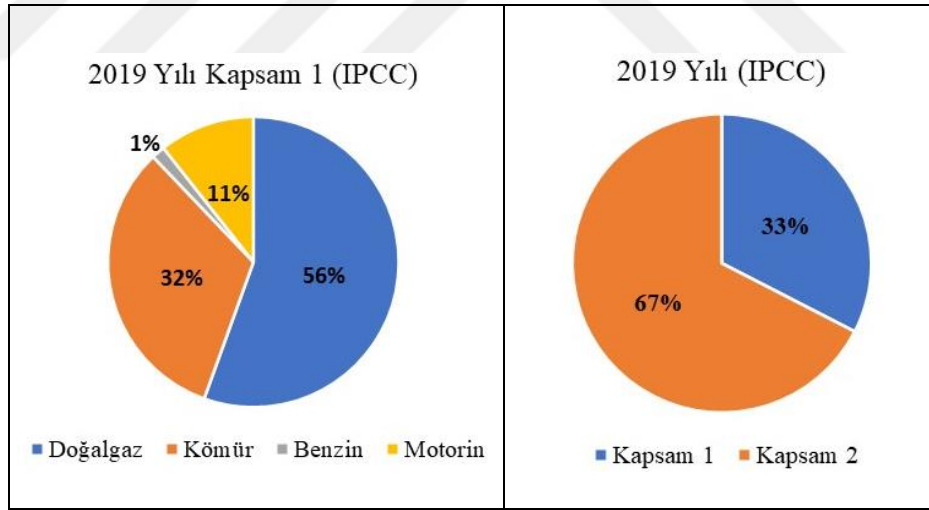
2020	Enerji Tipi	Yakıt Tüketimi	kg CO ₂	CO ₂ Emisyonu	CO ₂ Emisyonu
				kg	ton
Kapsam-1	CO ₂ Emisyonu				
	Doğalgaz	174925,00 m ³	2,02680	354537,99	354,54
	Kömür	153,00 ton	2505,61	383358,33	383,36
	Benzin	5489,06 lt	2,19585	12053,15	12,05
	Motorin	34327,00 lt	2,560	87862,02	87,86
	CH ₄ Emisyonu				
	Doğalgaz	174925,00 m ³	0,00267	467,050	0,467
	Kömür	153,00 ton	204,22	31245,660	31,246
	Benzin	5489,06 lt	0,00688	37,765	0,038
	Motorin	34327,00 lt	0,000	10,298	0,010
	N ₂ O Emisyonu				
	Doğalgaz	174925,00 m ³	0,00107	187,170	0,187
	Kömür	153,00 ton	34,89	5338,170	5,338
	Benzin	5489,06 lt	0,00631	34,636	0,035
Motorin	34327,00 lt	0,035	1203,505	1,204	
Kapsam-1 Toplam CO ₂ e Emisyonu				876335,74	876,34
Kapsam-2	Elektrik	Yakıt Tüketimi	kg CO ₂	CO ₂ Emisyonu	CO ₂ Emisyonu
		kWh		kg	ton
		3717524,64 kg CO ₂	0,25358	942689,90	942,69
		3717524,64 kg CH ₄	0,00065	2416,39	2,42
		3717524,64 kg N ₂ O	0,00137	5093,01	5,09
		Kapsam-2 Toplam CO ₂ e Emisyonu			950199,30
Üniversitenin Toplam CO ₂ e Emisyonu					1826,54

EBYÜ'nin 2019 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre CO₂, CH₄ ve N₂O ve CO₂e emisyon miktarları Tablo 5.6'da verilmiştir. 2019 yılında doğalgaz tüketiminden 497,54 tCO₂e, kömür tüketiminden 290,38 tCO₂e, benzin tüketiminden 13,33 tCO₂e, motorin tüketiminden 95,25 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Bu emisyonların toplamı 896,5 tCO₂e olup Kapsam-1'den kaynaklanmaktadır. 2019 yılında Kapsam-2'de yer alan elektrik tüketiminden 1856,7 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Böylece EBYÜ'nin 2019 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 2753,2 tCO₂e'dur.

Tablo 5.6. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2019 yılı CO₂e emisyonu (ton)

2019 Yılı		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Kapsam-1	Doğalgaz	496,33	0,9290	0,2743	497,54
	Kömür	288,46	0,5998	1,3280	290,38
	Benzin	12,77	0,0968	0,4571	13,33
	Motorin	93,62	0,1035	1,5275	95,25
Toplam Kapsam-1					896,5
Kapsam-2	Elektrik				1856,7
Toplam CO₂e Emisyonu					2753,2

Şekil 5.1 incelendiğinde EBYÜ'nin 2019 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre Kapsam-1'de olan yakıtların CO₂e emisyon miktarlarını dağılım yüzdeleri yönünden en büyük pay %56 ile doğalgaza aittir. Onu sırasıyla %32 ile kömür, %11 ile motorin ve %1 ile benzin takip etmektedir. 2019 yılına ait emisyonlar Kapsam-1 ve Kapsam-2 olarak incelendiğinde toplam CO₂e emisyonun %67'sini Kapsam-2 yani elektrik emisyonları oluşturmaktadır.



Şekil 5.1. IPCC Tier 1 ile 2019 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

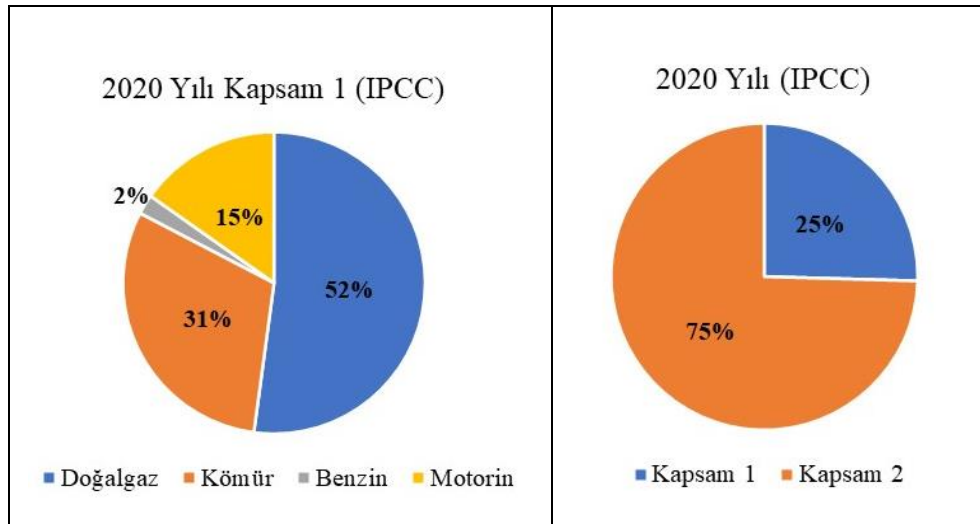
EBYÜ'nin 2020 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre CO₂, CH₄ ve N₂O ve CO₂e emisyon miktarları Tablo 5.7'de verilmiştir. 2020 yılında doğalgaz tüketiminden 316,36 tCO₂e, kömür tüketiminden 185,12 tCO₂e, benzin tüketiminden 12,92 tCO₂e, motorin tüketiminden 92,36 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Bu emisyonların toplamı 606,77 tCO₂e olup Kapsam-1'den kaynaklanmaktadır. 2020 yılında Kapsam-2'de yer alan elektrik

tüketiminden 1776,98 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Böylece EBYÜ'nin 2020 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 2383,74 tCO₂e'dur.

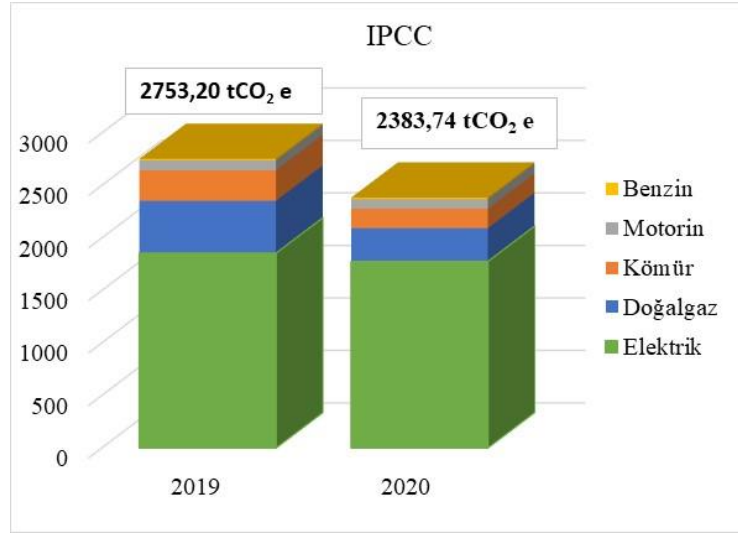
Tablo 5.7. IPCC Tier 1 yaklaşımına göre 2020 yılı CO₂e emisyonu (ton)

2020 Yılı		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Kapsam-1	Doğalgaz	315,60	0,5907	0,1744	316,36
	Kömür	183,89	0,3823	0,8466	185,12
	Benzin	12,39	0,0938	0,4432	12,92
	Motorin	90,78	0,1003	1,4812	92,36
Toplam Kapsam-1					606,77
Kapsam-2	Elektrik				1776,98
Toplam CO₂e Emisyonu					2383,74

Şekil 5.2 incelendiğinde EBYÜ'nin 2020 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre Kapsam-1'de olan yakıtların CO₂e emisyon miktarlarını dağılım yüzdeleri yönünden en büyük pay %52 ile doğalgaza aittir. Onu sırasıyla %31 ile kömür, %15 ile motorin ve %2 ile benzin takip etmektedir. 2020 yılına ait emisyonlar Kapsam-1 ve Kapsam-2 olarak incelendiğinde toplam CO₂e emisyonun %75'ini Kapsam-2 yani elektrik emisyonları oluşturmaktadır.



Şekil 5.2. IPCC Tier 1 ile 2020 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri



Şekil 5.3. IPCC Tier 1 ile 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarları

EBYÜ'nin 2019 yılı IPCC Tier 1 yaklaşımına göre toplam eşdeğer CO₂ emisyonu 2753,20 tCO₂e olup, 2020 yılında toplam CO₂e emisyon miktarı 2019 yılına oranla %13,42 azalmış ve toplam CO₂e emisyon miktarı 2383,74 tCO₂e olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.3'de 2019 ve 2020 yılı eşdeğer CO₂ emisyon miktarları görülmektedir. Hesaplamalar neticesinde IPCC Tier 1 yaklaşımına göre elektrik kaynaklı karbon salınımından sonra en fazla etki ısınma amaçlı kullanılan doğalgaz tüketiminden, en az ise benzin tüketiminden kaynaklanmaktadır.

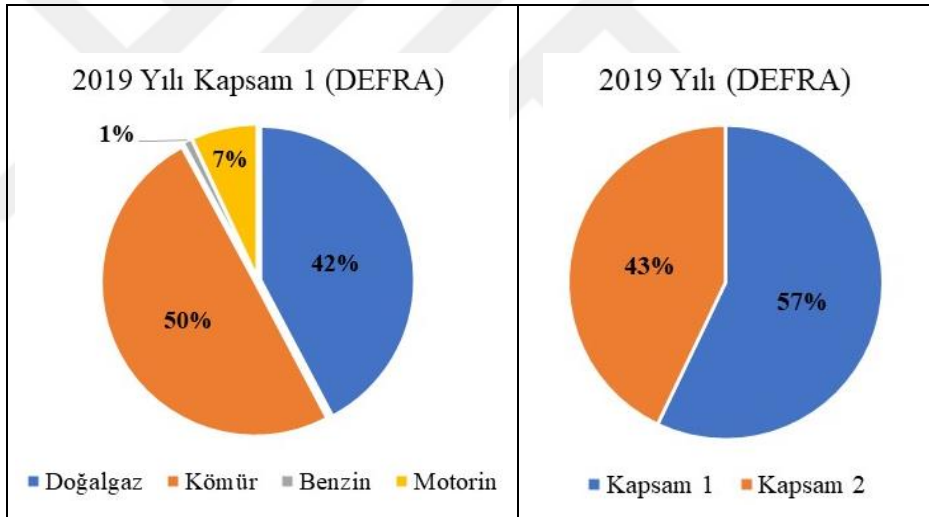
EBYÜ'nin 2019 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan CO₂, CH₄ ve N₂O ve CO₂e emisyon miktarları Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.8. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2019 yılı CO₂e emisyonu (ton)

2019 Yılı		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Kapsam-1	Doğalgaz	557,58	0,735	0,294	558,61
	Kömür	601,35	49,013	8,374	658,73
	Benzin	12,43	0,039	0,036	12,50
	Motorin	90,61	0,011	1,241	91,86
Toplam Kapsam-1					1321,7
Kapsam-2	Elektrik	984,98	2,525	5,322	992,83
Toplam CO₂e Emisyonu					2314,53

2019 yılında doğalgaz tüketiminden 558,61 tCO₂e, kömür tüketiminden 658,73 tCO₂e, benzin tüketiminden 12,50 tCO₂e, motorin tüketiminden 91,86 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Bu emisyonların toplamı 1321,7 tCO₂e olup Kapsam-1'den kaynaklanmaktadır. 2019 yılında Kapsam-2'de yer alan elektrik tüketiminden 992,83 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Böylece EBYÜ'nin 2019 yılı DEFRA dönüşüm faktörlerine göre toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 2314,53 tCO₂e'dur.

Şekil 5.4 incelendiğinde EBYÜ'nin 2019 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan Kapsam-1'de olan yakıtların CO₂e emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri yönünden en büyük pay %50 ile kömüre aittir. Onu sırasıyla %42 ile doğalgaz, %7 ile motorin ve %1 ile benzin takip etmektedir. 2019 yılına ait emisyonlar Kapsam-1 ve Kapsam-2 olarak incelendiğinde toplam eşdeğer CO₂ emisyonun %57'sini Kapsam-1, %43'ünü Kapsam-2 yani elektrik emisyonları oluşturmaktadır.



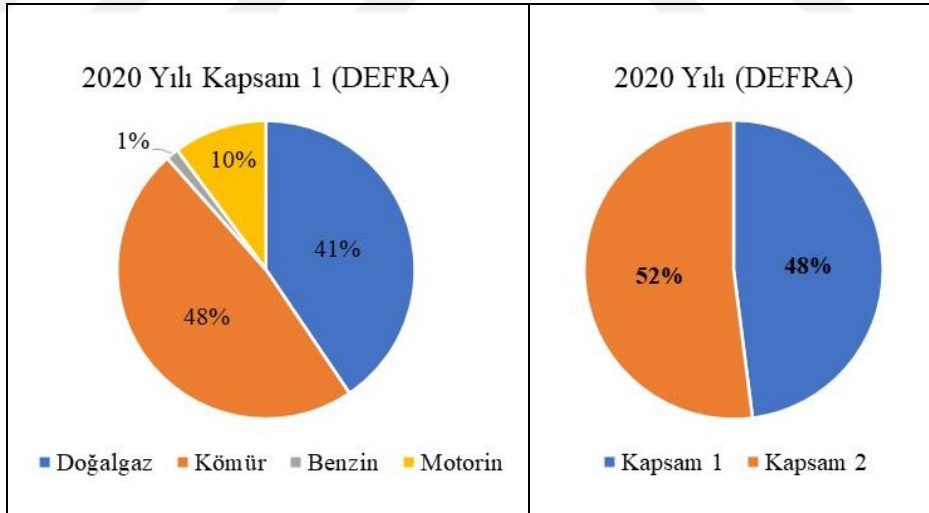
Şekil 5.4. DEFRA ile 2019 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

EBYÜ'nin 2020 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan CO₂, CH₄ ve N₂O ve CO₂e emisyon miktarları Tablo 5.9'da verilmiştir. 2020 yılında doğalgaz tüketiminden 355,19 tCO₂e, kömür tüketiminden 419,94 tCO₂e, benzin tüketiminden 12,13 tCO₂e, motorin tüketiminden 89,08 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Bu emisyonların toplamı 876,34 tCO₂e olup Kapsam-1'den kaynaklanmaktadır. 2020 yılında Kapsam-2'de yer alan elektrik tüketiminden 950,2 tCO₂e emisyon oluşmuştur. Böylece EBYÜ'nin 2020 yılı DEFRA dönüşüm faktörlerine göre toplam eşdeğer CO₂ emisyon miktarı 1826,54 tCO₂e'dur.

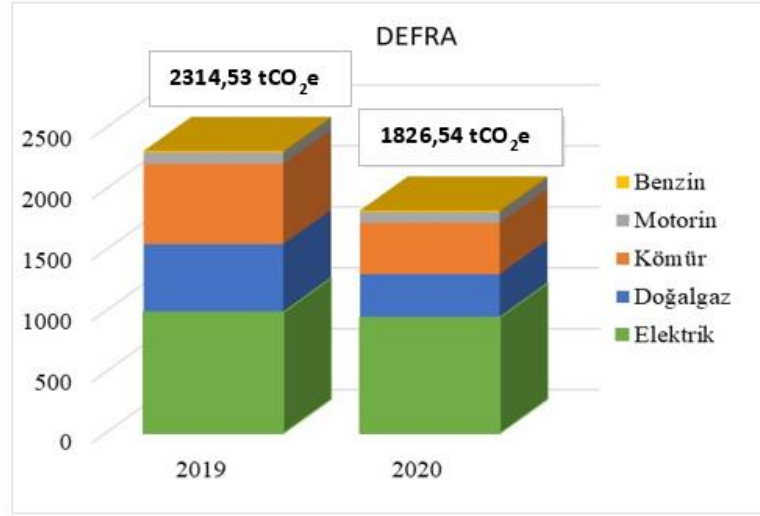
Tablo 5.9. DEFRA dönüşüm faktörlerine göre 2020 yılı eşdeğer CO₂ emisyonu (ton)

2020 Yılı		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Kapsam-1	Doğalgaz	354,54	0,467	0,187	355,19
	Kömür	383,36	31,246	5,338	419,94
	Benzin	12,05	0,038	0,035	12,13
	Motorin	87,86	0,010	1,204	89,08
Toplam Kapsam-1					876,34
Kapsam-2	Elektrik	942,69	2,416	5,093	950,2
Toplam CO₂e Emisyonu					1826,54

EBYÜ'nin 2020 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan Kapsam-1'de olan yakıtların CO₂e emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri yönünden en büyük pay %48 ile kömüre aittir. (Bkz. Şekil 5.5) Onu sırasıyla %41 ile doğalgaz, %10 ile motorin ve %1 ile benzin takip etmektedir. 2020 yılına ait emisyonlar Kapsam-1 ve Kapsam-2 olarak incelendiğinde toplam eşdeğer CO₂ emisyonunun %52'sini Kapsam-2 yani elektrik emisyonları oluşturmaktadır.

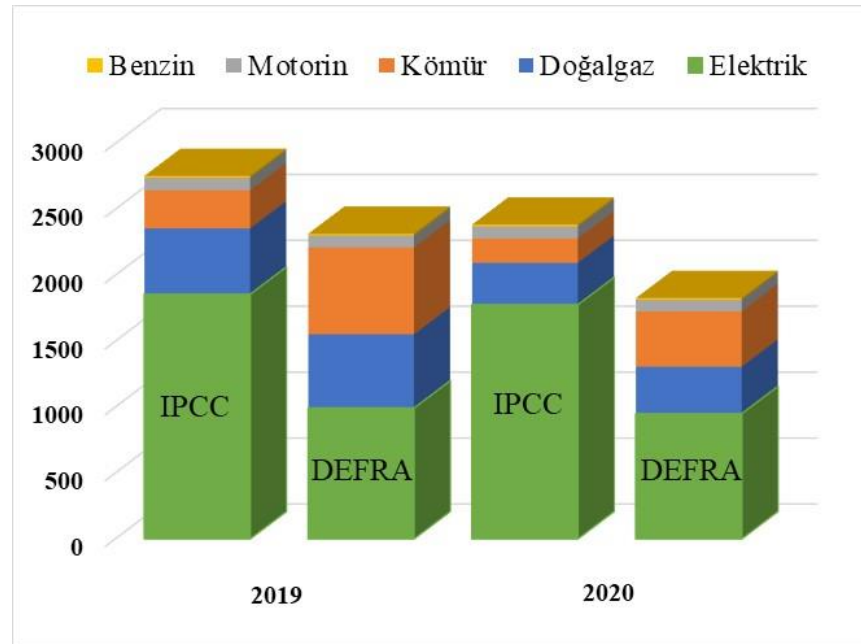


Şekil 5.5. DEFRA ile 2020 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri



Şekil 5.6. DEFRA ile 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarları

EBYÜ'nün 2019 yılı DEFRA dönüşüm faktörleri kullanılarak hesaplanan toplam emisyonu 2314,53 tCO₂e olup, 2020 yılında toplam emisyon miktarı 2019 yılına oranla %21,08 azalmış ve toplam 1826,54 tCO₂e olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.6'da 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarları görülmektedir. DEFRA dönüşüm faktörü hesaplamasında da en fazla karbon salınımı elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Sonrasında ise kömür tüketimi gelmektedir. En az karbon salınımı ise IPCC Tier 1 yaklaşımına benzer şekilde benzinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.7. IPCC-DEFRA ile 2019 ve 2020 yılı CO₂e emisyon miktarları

IPCC ve DEFRA sonuçları Şekil 5.7’de karşılaştırılmıştır. Yıl bazında incelendiğinde DEFRA’nın toplam CO₂e emisyon sonuçları IPCC Tier 1 yaklaşımından daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi IPCC Tier 1 yaklaşımı hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörlerinin genel olmasından kaynaklanmaktadır. Bu fark DEFRA’nın İngiltere’nin ulusal verilerini raporlamasından kaynaklanmaktadır.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Temel olarak karbon ayak izinin, yani sera gazlarının atmosfere salınmasından insan faaliyetleri sorumludur ve sonuç olarak, insanlık ve doğal dünya, iklim değişikliğinin neden olduğu büyük tehditlerle karşı karşıya kalacaktır (Sreng vd., 2017).

Bu çalışmadaki amaç Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin birincil karbon ayak izini iki farklı metod ile (IPCC Tier 1 ve DEFRA) hesaplayarak üniversite bünyesinde kullanılan kaynakların sürdürülebilir kullanımına ve küresel iklim değişikliği ile mücadelede yapılması gerekenlere dikkat çekmektir. Böylece üniversitelerin sorumluluk ve üstlendiği rollerin önemi de ortaya koymaktır.

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin 2019 ve 2020 yılı karbon ayak izini hesaplamak için ısınma amaçlı kullanılan doğalgaz/kömür, üniversitenin araç filosunun yakıt tüketimi ve birimlerin elektrik tüketimi verileri kullanılmıştır. Bu verilerle EBYÜ'nin birincil karbon ayak izi IPCC Metodolojisi Tier 1 yaklaşımıyla 2019 yılı için 2753,2 tCO₂e ve 2020 yılı için 2383,74 tCO₂e emisyonu hesaplanmıştır. 2019 yılı ile karşılaştırıldığında emisyon miktarında %13,42 azalma görülmektedir.

Aynı verilerle EBYÜ'nin birincil karbon ayak izi DEFRA dönüşüm faktörleriyle 2019 yılı için 2314,53 tCO₂e ve 2020 yılı için 1826,53 tCO₂e emisyonu hesaplanmıştır. 2019 yılı ile karşılaştırıldığında emisyon miktarında %21,08 azalma görülmektedir.

2019 ve 2020 yıllarında Erzincan'ın en düşük sıcaklıkları incelendiğinde soğuk geçen aylar ve yılın geneline bakıldığında 2020 yılının daha sıcak geçtiği görülmektedir (Weather Online, 2021). Erzincan'ın en yüksek sıcaklıkları incelendiğinde, 2020 yılının yine 2019 yılına göre sıcak geçen ayları artmıştır (Weather Online, 2021)

Küresel ısınma ve iklim değişikliği 2020'deki sıcaklık artışları ile daha belirgin olarak görülmektedir. Karbon salınımındaki bu azalmanın iklimdeki değişikliğin yanı sıra Covid-19 pandemi süreci sebebiyle 2020 yılında 13 Mart'tan itibaren eğitime iki hafta ara verilerek sonrasında derslerin uzaktan eğitimle yürütülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hesaplamalar neticesinde IPCC Tier 1 yaklaşımına göre elektrik kaynaklı karbon salınımından sonra en fazla etki ısınma amaçlı kullanılan doğalgaz tüketiminden, en az

ise benzin tüketiminden kaynaklanmaktadır. DEFRA dönüşüm faktörü hesaplamasında da en fazla karbon salınımı elektrik tüketiminden kaynaklanmaktadır. Sonrasında ise kömür tüketimi gelmektedir. En az karbon salınımı ise IPCC Tier 1 yaklaşımına benzer şekilde benzinden kaynaklanmaktadır.

IPCC Tier 1 yaklaşımı ile DEFRA arasındaki bu fark IPCC Tier 1 yaklaşımı hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörlerinin genel olması ve DEFRA'nın İngiltere'ye ait ulusal verilerini kullanmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışma 2019 ve 2020 yılları verileri ile sınırlıdır. Karbon ayak izindeki eğilimi ortaya koymak için daha uzun dönemlere ait verilerin elde edilmesi gerekmektedir. Yeni kampüs oluşumu ve birimlerin kampüs değişimleri sebebiyle önceki dönemler için sağlıklı veri elde edilmesi sağlanamamış olup sonraki yıllarda yapılabilecek çalışmalar için bu sağlanabilecektir.

Karbon ayak izi ton eşdeğer CO₂ olarak hesaplanmıştır. Kişi başına karbon ayak izi hesaplaması yapılabilseydi literatürde kıyaslama yapılması daha kolay olabilirdi. Ancak Covid-19 pandemi süreci sebebiyle akademik olarak online eğitime geçilmiş olması ve idari personellerde esnek çalışma uygulaması sebebiyle sağlıklı sonuç vermeyeceğinden kişi başına düşen CO₂ hesaplanamamıştır.

Karbon ayak izinde en büyük pay elektrik tüketimine aittir. Bu nedenle elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması karbon ayak izini düşürmekte önemli bir adımdır. Elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon salınımını azaltmak için üniversitemiz yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeli ve binalarda enerjinin etkin kullanımı için yapılan çalışmalara hız verilmelidir. Elektrik tüketimi genel olarak aydınlatma, ısıtma/ soğutma, sınıf/ofis araçları ve asansör kullanımından kaynaklanmaktadır. Üniversitemizde genel olarak tasarruflu lambalar kullanılmaktadır. Fotoselli lamba kullanımı vardır ancak bunun daha da yaygınlaştırılması, gereksiz ofis araçlarının kapatılması, sınıf ve ofislerde kullanılan ekipmanların enerji tasarruflu araçlarla değiştirilmesi, asansör kullanımı yerine hem çevre hem de sağlığımız için merdivenlerin tercih edilmesi elektrik kaynaklı karbon salınımını azaltacaktır.

Yeni yapıların tasarım aşamasında, gün ışığından maksimum düzeyde faydalanılması planlanmalıdır. Hem mevcut yapılara hem de yeni yapılara yenilenebilir enerji kaynakları

ile enerji etkin aydınlatma çözümleri ele alınabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi çalışma bölgemiz için en uygun kaynaklardan biridir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlasına göre Erzincan ili ikinci kuşakta yer almaktadır. Üniversitemizin bulunduğu Erzincan ilinin yer aldığı bölgede yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olması sebebiyle fotovoltaik sistemlerin kullanımıyla elektrik enerjisi ihtiyacının bir kısmının karşılanması mümkündür. Binaların kendi elektriğini üretmesi için fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin kullanımına yönelik çalışma planları yapılmaktadır ancak henüz aktif bir sistem yoktur. Bu sistemler hayata geçirildiğinde karbon salınımını azaltacaktır.

Yakıt tüketiminden kaynaklanan CO₂ salınımları azaltmak için düşük hacimli motorlar ve enerji verimliliği yüksek araçların kullanımı ile minimum düzeyde enerji tüketimi sağlanarak karbon salınımını azaltılabilecektir.

Bu veriler ışığında Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesinde sürdürülebilir yaşamı destekleyerek küresel ısınmadan kaynaklı iklim değişikliğini önlemede karbon ayak izini düşürebilecek öneriler şu şekilde sıralanabilir;

- Çevre sorunları ve küresel iklim değişikliği ile ilgili farkındalık oluşturacak/ artıracak eğitim seminerleri/çalıştaylar düzenlenmeli ve projeler üretilmelidir.
- Karbon ayak izini direk etkileyen doğalgaz/kömür, elektrik, ısınma, ulaşım gibi konularda tasarruf sağlayıcı düzenlemeler yapılmalıdır.
- Üniversite bünyesinde bulunan Fakülte/Yüksekokul/MYO'ların Bölüm/Program'larında çevre kirliliği, iklim değişiklikleri ve doğal kaynaklarımızın doğru kullanımına yönelik uygun seçmeli derslerin müfredat içerisinde bulundurulması ve bu tür derslerin öğrenciler tarafından seçilmesi desteklenmelidir.
- Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı yeterince teşvik edilmeli ve bu alana yönelik çalışmalar iyice hızlandırılmalıdır. Üniversitemiz kendi kullandığı elektriğin bir kısmını üretecek hale gelmelidir.
- Isınma, aydınlatma, ulaşım, mekanik/elektronik cihaz ve sistemlerin zamanında bakımlarının yaptırılması sera gazı emisyonlarının artışı önleyici rol alacaktır.

- Karbon tutumunu artırmak için kampüslerde ve yerleşkede ağaçlandırmaya biraz daha odaklanılmalıdır.

Ayrıca Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin yerleşke ve kampüslerinde karbon ayak izini azaltmak için enerji verimliliği çalışmaları ve güneş santrali projeleri içeren bir çevre politikası bulunmaktadır ve bu çalışmaların tümü yakın gelecekte benimsenecektir.

Yapılan çalışma karbon ayak izini azaltmaya yönelik alınacak tedbirler için oldukça önemlidir. Belirtilen önlem ve önerilerin gerçekleştirilmesi ile Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesinin karbon ayak izi azaltılacaktır. En kalıcı önlem karbon salımının minimum seviyede olduğu teknolojilerinin geliştirilmesi ve insan hayatına entegre edilmesidir.

Ancak bahsedilen önlemler karbon ayak izini azaltsa da yeterli olmayabilir. Bu durumda alternatif önlemler almak gereklidir. Alınabilecek alternatif önlemler için karbon yutaklarının kurulması, karbon ihracatı ya da karbonun karbon rezervuarlarında hapsedilmesi örnek olarak verilebilir. Bu önlemlerden hangisinin yapılması gerektiği noktasında seçim yapmak oldukça güçtür. Bu tamamen bilimsel-teknolojik gelişmelere bağlıdır. Teknoloji ve bilim geliştikçe tabiki farklı çözüm yolları da karşımıza çıkacaktır.

Karbon ayak izini düşürmek için iklim değişikliği eylem planı hazırlamak konu ile ilgili bir altyapı oluşturması, sorunu tanımlaması ve çözümler üretmesi anlamında oldukça önemlidir. Ancak planların sadece yolu tarif ettiği ve hedefe ulaşabilmek için ülke genelinde asıl işin buradan sonra başlayacağı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Aroonsrimorakot, S., Yuwaree, C., Arunlertaree, C., Hutajareorn, R. and Buadit, T. (2013) "Carbon Footprint of Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya Campus, Thailand", **APCBEE Procedia**, 5, 175–180.
- Almufadi, F. ve Irfan, M. (2016) "Initial estimate of the carbon footprint of Qassim University, Saudi Arabia", **Int. J. Appl. Eng. Res.**, 11, 8511–8514.
- Arrhenius, Svante. (1896) "On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground", **Philosophical magazine and journal of science**, (5), 237- 276.
- Atabey, T. (2013) "Karbon Ayak İzinin Hesaplanması: Diyarbakır Örneği", Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ.
- Başoğlu, Y. (2018) "Akademisyen ve İdari Personelin Ekolojik Ve Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Örneği", **Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi**, 6(3), 464–470.
- Binboğa, G. (2018) "Sürdürülebilirlik Ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin Karbon Ayak İzinin Hesaplanmasına Yönelik Bir Araştırma", **Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi**, 0–3.
- Birleşmiş Milletler. (1992) "United Nations Framework Convention on Climate Change Convention", <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, Son erişim tarihi: 21.11.2021
- Boguski, T. K. (2010) "Life cycle carbon footprint of the National Geographic magazine", **International Journal of Life Cycle Assessment**, 15(7), 635–643.
- Budihardjo, M. A., Syafrudin, S., Putri, S. A., Prinaningrum, A. D. and Willentiana, K. A. (2020) "Quantifying Carbon Footprint of Diponegoro University: Non-Academic Sector", **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 448(1).
- Chung, C. Y., Miaw, C. L., Huang, Y. C., Chung, C. C. and Lo, T. J. (2014) "Investigation of carbon footprint on campus - A case study of Tajen University", **Advanced Materials Research**, 962–965, 1495–1499.
- Civelekoğlu, G. ve Bıyık, Y. (2020) "İspata İlinde Karayolu Kaynaklı Karbon Ayak İzinin Hesaplanması", **Bilge International Journal of Science and Technology Research**, 4(2), 78-87.

- Çağlar, H. (2021) “Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Eğitim Yapılarının Enerji Etkin Aydınlatma Açısından İncelenmesi ve Uygulama Örneklerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, İstanbul.
- Çevre ve Orman Bakanlığı. (2007) “Türkiye'nin İklim Değişikliği İlk Ulusal Tebliği”, https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/editordosya/Turkiye_Iklim_Degisikligi_Altinci_Ulusal_Bildirimi.pdf Son erişim tarihi: 21.11.2021
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. “İklim Değişikliği Koordinasyon Komitesi”, <http://idub.csb.gov.tr/SayfaIcerik.aspx?Id=899280d5-41d7-4dd0-b245-6a68b5ea4fe5>. Son erişim tarihi: 19.08.2021
- Dağlıoğlu, S. T. (2021) “Carbon Footprint Analysis of Ege University within the Scope of Environmental Sustainability”, **Commagene Journal of Biology**, 5(1), 51-58
- Dışişleri Bakanlığı. “Kyoto Protokolü”, http://www.mfa.gov.tr/kyoto_protokolu.tr.mfa Son erişim tarihi: 20.08.2021.
- Dışişleri Bakanlığı. “Paris Anlaşması”, <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> Son erişim tarihi: 17.08.2021.
- Earth Science Communications Team at NASA Jet Propulsion Laboratory. (2015) “Global Climate Change; Vital Signs of the Planet”, <http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-diokside/> Son erişim tarihi: 02.04.2019.
- EPA. (2021) “ABD Sera Gazı Emisyonları Envanteri 1990–2019”. <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks> Son erişim tarihi: 15.08.2021
- Yaka, İ. F., Koçer, A. ve Güngör, A. (2015) “Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Karbon Ayak İzinin Tespiti”, **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 12(3), 37-45.
- Gielen, D. and Kram, T. (1998) “The Role of Non-CO2 Greenhouse Gases in Meeting Kyoto Targets”, <https://www.oecd.org/dev/1923119.pdf> Son erişim tarihi: 11.11.2021.
- Global Carbon Project, <https://www.globalcarbonproject.org/> Son erişim tarihi: 22.08.2021.
- GOV.UK, Greenhouse gas reporting: conversion factors 2019 - GOV.UK (www.gov.uk) Son erişim tarihi: 25.08.2021.
- GOV.UK, <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2020> Son erişim tarihi: 26.08.2021

- Gökçek, B., Bozdağ, A. ve Demirbağ, H. (2019) “Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Örneğinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi”, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 721-730.
- Güereca, L. P., Torres, N. and Noyola, A. (2013) “Carbon footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico”, *J. Clean. Prod.*, 47, 396–403.
- Intergovernmental Panel on Climate Change Working Groups I, II and III. (2007) “Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland Available”,
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm Son erişim tarihi: 19.02.2014
- IPCC. (1990) “First Assessment Report, Working group I: Scientific Assessment of Climate Change”, <https://www.ipcc.ch/report/climate-change-the-ipcc-1990-and-1992-assessments/> Son erişim tarihi: 29.11.2021.
- IPCC. (2006) “Energy. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”,
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> Son erişim tarihi: 24.11.2021.
- IPCC. (2013) “Fifth Assessment Report. Working group I: Scientific Assessment of Climate Change: The Physical Science Basis”,
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf Son erişim tarihi: 25.11.2021.
- IPCC. (2014) “İklim Değişikliği Sentez Raporu. Çalışma Grupları I, II ve III'ün Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin Beşinci Değerlendirme Raporu”,
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf Son erişim tarihi: 22.11.2021.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA. (1997) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1”,
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/tdbusum.pdf> Son erişim tarihi: 18.11.2021.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA. (1997) “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II: Workbook, Chapter 1”,
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/tdbusum.pdf> Son erişim tarihi: 17.11.2021.
- IPCC/UNEP/OECD/IEA. (1997) “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume III: Reference Manual, Chapter 1”
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdfiles/tdbusum.pdf> Son erişim tarihi: 16.11.2021.
- Kumaş, K., Akyüz, A. ve Güngör, A. (2019) “Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Yerleşkesi Yüksek öğretim Birimlerinin Karbon Ayak İzi Tespiti”, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 1277–1291.

- Larsen, H., Pettersen, J., Solli, C. and Hertwich, E. (2013) "Investigating the Carbon Footprint of a University-The case of NTNU", *J. Clean. Prod.*, 48, 39–47.
- Letete, T., Wandile, N., Guma, M. and Marquard, A. (2011) "Carbon footprint of the University of Cape Town", *J. Energy South. Afr.*, 22, 2–12.
- Li, X., Tan, H. and Raches, A. (2015) "Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China" *J. Clean. Prod.*, 106, 97–108.
- Lo-Iacono, V., Torregrosa, J. and Capuz, S. (2018) "The use of carbon footprint as a key performance indicator in higher education institutions", *22nd International Congress on Project Management and Engineering*, Madrid, Spain, 1291-1303.
- McKinley, G. (2009) "Carbon and Climate; Basic Information on the Major Components of the Global Carbon Cycle", <http://corboncycle.aos.wisc.edu/> Son erişim tarihi: 01.01.2018.
- Mendoza-Flores, R., Quintero-Ramírez, R. and Ortiz, I. (2019) "The carbon footprint of a public university campus in Mexico City" *Carbon Management*, 10(5), 501–511.
- Naeco, <https://naeco.com/en/news/how-can-we-reduce-the-carbon-footprint-in-the-logistics-area-of-our-company/> Son erişim tarihi: 19.08.2021.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2017 Yılı İklim Değerlendirmesi, (2018) https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/11_kureseliklimdegisikligietkile ri.pdf Son erişim tarihi: 25.11.2021.
- Resmi Gazete. (2011) "Enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına dair yönetmelik", <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/10/20111027-5.htm> Son erişim tarihi: 25.11.2021.
- Schmitz, S., Dawson, B., Spannagle, M., Thomson, F., Koch, J. and Eaton, R. (2004) "The Greenhouse Gas Protocol - A Corporate Accounting and Reporting Standard", *The GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*, 9, 116.
- Shine, K., Fuglestvedt J., Hailemariam K. and Stuber N. (2005) "Alternatives to the Global Warming Potential For Comparing Climate Impacts of Emissions of Greenhouse Gases" *Climate Change*, 68(3), 281-302.
- Sreng, R. ve Gümrükçüoğlu Y. M. (2017) "Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü 2015 Yılı Karbon Ayak izi Çalışması" *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(5), 1–1.
- Toröz, A. (2015) Gemi Kaynaklı Atıkları Alan ve Atık kabul tesisinde karbon ayak izinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*.

- TÜİK. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2019-37196> Son erişim tarihi: 23.08.2021.
- UNFCCC. (2011) <https://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/07.pdf> Son erişim tarihi: 14.08.2021.
- United Nations Climate Change, <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials> Son erişim tarihi: 03.11.2021.
- Vikipedi, “Erzincan” <https://tr.wikipedia.org/wiki/Erzincan> Son erişim tarihi: 11.10.2021.
- Vásquez, L., Iriarte, A., Almeida, M. and Villalobos, P. (2015) “Evaluation of greenhouse gas emissions and proposals for their reduction at a university campus in Chile” *J. Clean. Prod.* 924-930.
- Weather Online, <https://www.havaturkiye.com/weather/maps/city> Son erişim tarihi: 23.08.2021.
- Weather Online, <https://www.havaturkiye.com/weather/maps/city?LANG=tr&CEL=C&SI=kph&MAPS=over&CONT=trtr&LAND=TU®ION=0005&WMO=17092&UP=0&R=0&LEVEL=150&NOREGION=1> Son erişim tarihi: 11.08.2021.
- Yaka, İ, F, Koçer Güngör, A. (2015) “Akdeniz Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Karbon Ayak İzinin Tespiti” *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (elektronik)*, 12, 37-45.
- Yalova Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2016) “Karbon ayak izi nedir?”, <https://yalova.csb.gov.tr/karbon-ayak-izi-nedir-haber-42218>, Son erişim tarihi: 19.08.2021.
- Yañez, P., Sinha, A. And Vásquez, M. (2020) “Carbon Footprint Estimation in a University Campus: Evaluation and Insights” *Sustainability*, 12, 181.
- Yavuz, A.B. (2020) “Turizmde karbon ayak izi: Beş yıldızlı otel”, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde.
- Yazdani, Z., Talkhestan, G. A. and Kamsah, M. Z. (2013) “Assessment of carbon footprint at University Technology Malaysia (UTM)” *Applied Mechanics and Materials*, 295–298, 872–875.



EKLER

EK 1. IPCC Net kalorifik değer tablosu

Volume 2: Energy

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
	Aviation Gasoline	44.3	42.5
	Jet Gasoline	44.3	42.5
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
	Paraffin Waxes	40.2	33.7
	White Spirit and SBP	40.2	33.7
	Other Petroleum Products	40.2	33.7
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
	Gas Coke	28.2	25.1
Coal Tar ³		14.1	55.0
Derived Gases	Gas Works Gas ⁴	38.7	19.6
	Coke Oven Gas ⁵	38.7	19.6
	Blast Furnace Gas ⁶	2.47	1.20
	Oxygen Steel Furnace Gas ⁷	7.06	3.80
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 2. IPCC CO₂, CH₄ ve N₂O Emisyon faktörleri tablosu

Volume 2: Energy

TABLE 2.4 DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE COMMERCIAL/INSTITUTIONAL CATEGORY (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	10	3	30	0.6	0.2	2
Orimulsion		r 77 000	69 300	85 400	10	3	30	0.6	0.2	2
Natural Gas Liquids		r 64 200	58 300	70 400	10	3	30	0.6	0.2	2
Gasoline	Motor Gasoline	r 69 300	67 500	73 000	10	3	30	0.6	0.2	2
	Aviation Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	10	3	30	0.6	0.2	2
	Jet Gasoline	r 70 000	67 500	73 000	10	3	30	0.6	0.2	2
Jet Kerosene		r 71 500	69 700	74 400	10	3	30	0.6	0.2	2
Other Kerosene		71 900	70 800	73 700	10	3	30	0.6	0.2	2
Shale Oil		73 300	67 800	79 200	10	3	30	0.6	0.2	2
Gas/Diesel Oil		74 100	72 600	74 800	10	3	30	0.6	0.2	2
Residual Fuel Oil		77 400	75 500	78 800	10	3	30	0.6	0.2	2
Liquefied Petroleum Gases		63 100	61 600	65 600	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Ethane		61 600	56 500	68 600	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Naphtha		73 300	69 300	76 300	10	3	30	0.6	0.2	2
Bitumen		80 700	73 000	89 900	10	3	30	0.6	0.2	2
Lubricants		73 300	71 900	75 200	10	3	30	0.6	0.2	2
Petroleum Coke		r 97 500	82 900	115 000	10	3	30	0.6	0.2	2
Refinery Feedstocks		73 300	68 900	76 600	10	3	30	0.6	0.2	2
Other Oil	Refinery Gas	n 57 600	48 200	69 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Paraffin Waxes	73 300	72 200	74 400	10	3	30	0.6	0.2	2
	White Spirit and SBP	73 300	72 200	74 400	10	3	30	0.6	0.2	2
	Other Petroleum Products	73 300	72 200	74 400	10	3	30	0.6	0.2	2
Anthracite		r 98 300	94 600	101 000	10	3	30	1.5	0.5	5
Coking Coal		94 600	87 300	101 000	10	3	30	1.5	0.5	5
Other Bituminous Coal		94 600	89 500	99 700	10	3	30	1.5	0.5	5
Sub-Bituminous Coal		96 100	92 800	100 000	10	3	30	1.5	0.5	5
Lignite		101 000	90 900	115 000	10	3	30	1.5	0.5	5
Oil Shale and Tar Sands		107 000	90 200	125 000	10	3	30	1.5	0.5	5
Brown Coal Briquettes		n 97 500	87 300	109 000	n 10	3	30	r 1.5	0.5	5
Patent Fuel		97 500	87 300	109 000	10	3	30	n 1.5	0.5	5
Coke	Coke Oven Coke and Lignite Coke	n 107 000	95 700	119 000	10	3	30	1.5	0.5	4
	Gas Coke	n 107 000	95 700	119 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3

EK 2. IPCC Emisyon faktörleri tablosu (devam)

TABLE 2.4 (CONTINUED)										
DEFAULT EMISSION FACTORS FOR STATIONARY COMBUSTION IN THE <u>COMMERCIAL/INSTITUTIONAL</u> CATEGORY (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
Coal Tar		n 80 700	68 200	95 300	n 10	30	30	n 1.5	0.5	5
Derived Gases	Gas Works Gas	n 44 400	37 300	54 100	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Coke Oven Gas	n 44 400	37 300	54 100	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Blast Furnace Gas	n 260 000	219 000	308 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Oxygen Steel Furnace Gas	n 182 000	145 000	202 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Natural Gas	56 100	54 300	58 300	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Municipal Wastes (non-biomass fraction)		n 91 700	73 300	121 000	300	100	900	4	1.5	15
Industrial Wastes		n 143 000	110 000	183 000	300	100	900	4	1.5	15
Waste Oils		n 73 300	72 200	74 400	300	100	900	4	1.5	15
Peat		106 000	100 000	108 000	n 10	3	30	n 1.4	0.5	5
Solid Biofuels	Wood / Wood Waste	r 112 000	95 000	132 000	300	100	900	4	1.5	15
	Sulphite lyes (Black Liquor) ^a	n 95 300	80 700	110 000	n 3	1	18	n 2	1	21
	Other Primary Solid Biomass	n 100 000	84 700	117 000	300	100	900	4	1.5	15
	Charcoal	n 112 000	95 000	132 000	200	70	600	1	0.3	3
Liquid Biofuels	Biogasoline	n 70 800	59 800	84 300	10	3	30	0.6	0.2	2
	Biodiesels	n 70 800	59 800	84 300	10	3	30	0.6	0.2	2
	Other Liquid Biofuels	n 79 600	67 100	95 300	10	3	30	0.6	0.2	2
Gas Biomass	Landfill Gas	n 54 600	46 200	66 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Sludge Gas	n 54 600	46 200	66 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
	Other Biogas	n 54 600	46 200	66 000	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Other non-biomass	Municipal Wastes (biomass fraction)	n 100 000	84 700	117 000	300	100	900	4	1.5	15

(a) Includes the biomass-derived CO₂ emitted from the black liquor combustion unit and the biomass-derived CO₂ emitted from the kraft mill lime kiln.
n indicates a new emission factor which was not present in the 1996 Guidelines
r indicates an emission factor that has been revised since the 1996 Guidelines

EK 3. IPCC Yanma için etkili CO₂ emisyon faktörleri ve Oksitlenen Karbon Yüzdesi tablosu

TABLE I.4 DEFAULT CO ₂ EMISSION FACTORS FOR COMBUSTION ¹					
Fuel type English description	Default carbon content (kg/GJ)	Default carbon oxidation factor	Effective CO ₂ emission factor (kg/TJ) ²		
			Default value ³	95% confidence interval	
	A	B	$C=A*B*44/12*1000$	Lower	Upper
Crude Oil	20.0	1	73 300	71 100	75 500
Orimulsion	21.0	1	77 000	69 300	85 400
Natural Gas Liquids	17.5	1	64 200	58 300	70 400
Gasoline	Motor Gasoline	1	69 300	67 500	73 000
	Aviation Gasoline	1	70 000	67 500	73 000
	Jet Gasoline	1	70 000	67 500	73 000
	Jet Kerosene	1	71 500	69 700	74 400
Other Kerosene	19.6	1	71 900	70 800	73 700
Shale Oil	20.0	1	73 300	67 800	79 200
Gas/Diesel Oil	20.2	1	74 100	72 600	74 800
Residual Fuel Oil	21.1	1	77 400	75 500	78 800
Liquefied Petroleum Gases	17.2	1	63 100	61 600	65 600
Ethane	16.8	1	61 600	56 500	68 600
Naphtha	20.0	1	73 300	69 300	76 300
Bitumen	22.0	1	80 700	73 000	89 900
Lubricants	20.0	1	73 300	71 900	75 200
Petroleum Coke	26.6	1	97 500	82 900	115 000
Refinery Feedstocks	20.0	1	73 300	68 900	76 600
Other Oil	Refinery Gas	1	57 600	48 200	69 000
	Paraffin Waxes	1	73 300	72 200	74 400
	White Spirit & SBP	1	73 300	72 200	74 400
Other Petroleum Products	20.0	1	73 300	72 200	74 400
Anthracite	26.8	1	98 300	94 600	101 000
Coking Coal	25.8	1	94 600	87 300	101 000
Other Bituminous Coal	25.8	1	94 600	89 500	99 700
Sub-Bituminous Coal	26.2	1	96 100	92 800	100 000
Lignite	27.6	1	101 000	90 900	115 000
Oil Shale and Tar Sands	29.1	1	107 000	90 200	125 000
Brown Coal Briquettes	26.6	1	97 500	87 300	109 000
Patent Fuel	26.6	1	97 500	87 300	109 000
Coke	Coke oven coke and lignite Coke	1	107 000	95 700	119 000
	Gas Coke	1	107 000	95 700	119 000
Coal Tar	22.0	1	80 700	68 200	95 300
Derived Gases	Gas Works Gas	1	44 400	37 300	54 100
	Coke Oven Gas	1	44 400	37 300	54 100
	Blast Furnace Gas ⁴	1	260 000	219 000	308 000
	Oxygen Steel Furnace Gas ⁵	1	182 000	145 000	202 000

EK 3 IPCC Yanma için etkili CO₂ emisyon faktörleri ve Oksitlenen Karbon Yüzdesi tablosu (devam)

Volume 2: Energy

TABLE I.4 (CONTINUED) DEFAULT CO ₂ EMISSION FACTORS FOR COMBUSTION ¹					
Fuel type English description	Default carbon content (kg/GJ)	Default carbon oxidation Factor	Effective CO ₂ emission factor (kg/TJ) ²		
			Default value	95% confidence interval	
	A	B	$C=A*B*44/12*1000$	Lower	Upper
Natural Gas	15.3	1	56 100	54 300	58 300
Municipal Wastes (non-biomass fraction)	25.0	1	91 700	73 300	121 000
Industrial Wastes	39.0	1	143 000	110 000	183 000
Waste Oil	20.0	1	73 300	72 200	74 400
Peat	28.9	1	106 000	100 000	108 000
Solid Biofuels	Wood/Wood Waste	1	112 000	95 000	132 000
	Sulphite lyes (black liquor) ⁵	1	95 300	80 700	110 000
	Other Primary Solid Biomass	1	100 000	84 700	117 000
	Charcoal	1	112 000	95 000	132 000
Liquid Biofuels	Biogasoline	1	70 800	59 800	84 300
	Biodiesels	1	70 800	59 800	84 300
	Other Liquid Biofuels	1	79 600	67 100	95 300
Gas biomass	Landfill Gas	1	54 600	46 200	66 000
	Sludge Gas	1	54 600	46 200	66 000
	Other Biogas	1	54 600	46 200	66 000
Other non-fossil fuels	Municipal Wastes (biomass fraction)	1	100 000	84 700	117 000

Notes:

¹ The lower and upper limits of the 95 percent confidence intervals, assuming lognormal distributions, fitted to a dataset, based on national inventory reports, IEA data and available national data. A more detailed description is given in section 1.5

² TJ = 1000GJ

³ The emission factor values for BFG includes carbon dioxide originally contained in this gas as well as that formed due to combustion of this gas.

⁴ The emission factor values for OSF includes carbon dioxide originally contained in this gas as well as that formed due to combustion of this gas

⁵ Includes the biomass-derived CO₂ emitted from the black liquor combustion unit and the biomass-derived CO₂ emitted from the kraft mill lime kiln.

EK 4. 2019 DEFRA dönüşüm tablosu (Kapsam-1 ve Kapsam-2 için)

Emissions source:	Fuels	Expiry:	31.07.2020	Factor set:	Condensed set
Scope:	Scope 1	Version:	1,3	Year:	2019

Activity	Fuel	Unit	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Gaseous fuels	CNG	tonnes	2542,04	2537,36	3,34	1,34
		litres	0,44486	0,44404	0,00058	0,00023
		kWh (Net CV)	0,20428	0,20390	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18385	0,18351	0,00024	0,00010
	LNG	tonnes	2550,04	2545,37	3,34	1,34
		litres	1,15387	1,15175	0,00151	0,00060
		kWh (Net CV)	0,20492	0,20455	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18443	0,18409	0,00024	0,00010
	LPG	tonnes	2936,86	2933,01	1,94	1,91
		litres	1,52260	1,52060	0,00101	0,00099
		kWh (Net CV)	0,23029	0,22999	0,00015	0,00015
		kWh (Gross CV)	0,21447	0,21419	0,00014	0,00014
	Natural gas	tonnes	2542,04	2537,36	3,34	1,34
		cubic metres	2,03053	2,02680	0,00267	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20428	0,20390	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18385	0,18351	0,00024	0,00010
	Natural gas (100% mineral blend)	tonnes	2550,04	2545,37	3,34	1,34
		cubic metres	2,03693	2,03320	0,00267	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20492	0,20455	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18443	0,18409	0,00024	0,00010
	Other petroleum gas	tonnes	2610,26	2607,71	1,17	1,39
		litres	0,95614	0,95521	0,00043	0,00051
		kWh (Net CV)	0,20164	0,20145	0,00009	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18551	0,18533	0,00008	0,00010

EK 4 2019 DEFRA dönüşüm tablosu (Kapsam-1 ve Kapsam-2 için) (Devam)

Activity	Fuel	Unit	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Liquid fuels	Aviation spirit	tonnes	3.218,92	3.127,67	61,46	29,80
		litres	2,29105	2,22610	0,04374	0,02121
		kWh (Net CV)	0,25742	0,25013	0,00491	0,00238
		kWh (Gross CV)	0,24455	0,23762	0,00467	0,00226
	Aviation turbine fuel	tonnes	3.181,37	3.149,67	1,91	29,80
		litres	2,54306	2,51772	0,00152	0,02382
		kWh (Net CV)	0,26080	0,25820	0,00016	0,00244
		kWh (Gross CV)	0,24776	0,24529	0,00015	0,00232
	Burning oil	tonnes	3.165,36	3.149,67	7,85	7,84
		litres	2,54042	2,52782	0,00630	0,00630
		kWh (Net CV)	0,25974	0,25845	0,00064	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,24675	0,24553	0,00061	0,00061
	Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3.088,23	3.047,00	0,36	40,86
		litres	2,59411	2,55956	0,00030	0,03425
		kWh (Net CV)	0,26023	0,25677	0,00003	0,00343
		kWh (Gross CV)	0,24462	0,24137	0,00003	0,00322
	Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3.205,55	3.164,33	0,36	40,86
		litres	2,68697	2,65242	0,00030	0,03425
		kWh (Net CV)	0,26880	0,26534	0,00003	0,00343
		kWh (Gross CV)	0,25267	0,24942	0,00003	0,00322
	Fuel oil	tonnes	3.217,82	3.205,85	4,16	7,81
		litres	3,17966	3,16784	0,00411	0,00771
		kWh (Net CV)	0,28492	0,28386	0,00037	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,26782	0,26683	0,00035	0,00065
	Gas oil	tonnes	3.229,86	3.190,00	3,43	36,43
		litres	2,75821	2,72417	0,00293	0,03111
		kWh (Net CV)	0,27315	0,26978	0,00029	0,00308
		kWh (Gross CV)	0,25676	0,25359	0,00027	0,00290
	Lubricants	tonnes	3.181,89	3.171,09	3,19	7,61
		litres				
		kWh (Net CV)	0,26909	0,26818	0,00027	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,25294	0,25208	0,00025	0,00061
	Naphtha	tonnes	3.142,87	3.131,33	3,41	8,13
		litres				
		kWh (Net CV)	0,24894	0,24803	0,00027	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,23650	0,23563	0,00026	0,00061
	Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2.997,50	2.979,53	9,37	8,60
		litres	2,20904	2,19585	0,00688	0,00631
		kWh (Net CV)	0,24603	0,24458	0,00075	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,23373	0,23235	0,00072	0,00066
	Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3.152,96	3.135,00	9,37	8,60
		litres	2,31495	2,30176	0,00688	0,00631
		kWh (Net CV)	0,25367	0,25223	0,00075	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,24099	0,23961	0,00072	0,00066
	Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3.217,82	3.205,85	4,16	7,81
		litres	3,17966	3,16784	0,00411	0,00771
		kWh (Net CV)	0,28492	0,28386	0,00037	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,26782	0,26683	0,00035	0,00065

	Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3.229,86	3.190,00	3,43	36,43
		litres	2,75821	2,72417	0,00293	0,03111
		kWh (Net CV)	0,27315	0,26978	0,00029	0,00308
		kWh (Gross CV)	0,25676	0,25359	0,00027	0,00290
	Refinery miscellaneous	tonnes	2.944,82	2.933,33	3,39	8,09
		litres				
		kWh (Net CV)	0,25966	0,25864	0,00030	0,00071
		kWh (Gross CV)	0,24667	0,24571	0,00028	0,00068
	Waste oils	tonnes	3.225,02	3.171,09	3,19	50,74
		litres				
		kWh (Net CV)	0,28556	0,28078	0,00028	0,00449
		kWh (Gross CV)	0,26842	0,26393	0,00027	0,00422
	Marine gas oil	tonnes	3.250,08	3.205,99	0,82	43,27
		litres	2,77547	2,73782	0,00070	0,03695
		kWh (Net CV)	0,27486	0,27113	0,00007	0,00366
		kWh (Gross CV)	0,25836	0,25486	0,00007	0,00344
	Marine fuel oil	tonnes	3.159,55	3.113,99	1,28	44,29
		litres	3,12209	3,07707	0,00126	0,04376
		kWh (Net CV)	0,27976	0,27573	0,00011	0,00392
		kWh (Gross CV)	0,26298	0,25918	0,00011	0,00369

Activity	Fuel	Unit	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Solid fuels	Coal (industrial)	tonnes	2.464,95	2.439,07	6,89	18,99
		kWh (Net CV)	0,34930	0,34563	0,00098	0,00269
		kWh (Gross CV)	0,33183	0,32835	0,00093	0,00256
	Coal (electricity generation)	tonnes	2.264,93	2.251,00	0,63	13,29
		kWh (Net CV)	0,32170	0,31972	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,30561	0,30373	0,00009	0,00179
	Coal (domestic)	tonnes	2.744,72	2.505,61	204,22	34,89
		kWh (Net CV)	0,36288	0,33127	0,02700	0,00461
		kWh (Gross CV)	0,34473	0,31470	0,02565	0,00438
	Coking coal	tonnes	3.094,60	3.073,83	7,45	13,32
		kWh (Net CV)	0,36841	0,36593	0,00089	0,00159
		kWh (Gross CV)	0,34998	0,34764	0,00084	0,00151
	Petroleum coke	tonnes	3.393,76	3.384,12	3,02	6,62
		kWh (Net CV)	0,35964	0,35861	0,00032	0,00070
		kWh (Gross CV)	0,34165	0,34068	0,00030	0,00067
	Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2.264,93	2.251,00	0,63	13,29
		kWh (Net CV)	0,33853	0,33645	0,00009	0,00199
		kWh (Gross CV)	0,32161	0,31963	0,00009	0,00189

Emissions source:	UK electricity	Expiry:	31.07.2020	Factor set:	Condensed set
Scope:	Scope 2	Version:	1,3	Year:	2019

Activity	Country	Unit	Year	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Electricity generated	Electricity: UK	kWh	2019	0,2556	0,25358	0,00065	0,00137

EK 5. 2020 DEFRA dönüşüm tablosu (Kapsam-1 ve Kapsam-2 için)

Emissions source:	Fuels	Next publication date:	1.06.2021	Factor set:	Standard set
Scope:	Scope 1	Version:	1,0	Year:	2020

Activity	Fuel	Unit	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Gaseous fuels	CNG	tonnes	2533,00	2528,26	3,40	1,33
		litres	0,44327	0,44245	0,00059	0,00023
		kWh (Net CV)	0,20374	0,20336	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18387	0,18352	0,00025	0,00010
	LNG	tonnes	2542,41	2537,68	3,40	1,33
		litres	1,15041	1,14827	0,00154	0,00060
		kWh (Net CV)	0,20449	0,20411	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18455	0,18421	0,00025	0,00010
	LPG	tonnes	2938,81	2934,82	2,14	1,86
		litres	1,55537	1,55325	0,00113	0,00099
		kWh (Net CV)	0,23030	0,22999	0,00017	0,00015
		kWh (Gross CV)	0,21448	0,21419	0,00016	0,00014
	Natural gas	tonnes	2533,00	2528,26	3,40	1,33
		cubic metres	2,02266	2,01888	0,00271	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20374	0,20336	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18387	0,18352	0,00025	0,00010
	Natural gas (100% mineral blend)	tonnes	2542,41	2537,68	3,40	1,33
		cubic metres	2,03017	2,02640	0,00271	0,00107
		kWh (Net CV)	0,20449	0,20411	0,00027	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18455	0,18421	0,00025	0,00010
	Other petroleum gas	tonnes	2601,11	2598,56	1,17	1,39
		litres	0,95279	0,95185	0,00043	0,00051
		kWh (Net CV)	0,20094	0,20074	0,00009	0,00011
		kWh (Gross CV)	0,18486	0,18468	0,00008	0,00010

EK 5. 2020 DEFRA dönüşüm tablosu (Kapsam-1 ve Kapsam-2 için) (Devam)

Activity	Fuel	Unit	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Liquid fuels	Aviation spirit	tonnes	3.218,60	3.127,67	61,13	29,80
		litres	2,29082	2,22610	0,04351	0,02121
		kWh (Net CV)	0,25805	0,25076	0,00490	0,00239
		kWh (Gross CV)	0,24514	0,23822	0,00466	0,00227
	Aviation turbine fuel	tonnes	3.181,41	3.149,67	1,95	29,80
		litres	2,54310	2,51772	0,00156	0,02382
		kWh (Net CV)	0,26086	0,25826	0,00016	0,00244
		kWh (Gross CV)	0,24782	0,24535	0,00015	0,00232
	Burning oil	tonnes	3.165,32	3.149,67	7,81	7,85
		litres	2,54039	2,52782	0,00627	0,00630
		kWh (Net CV)	0,25964	0,25835	0,00064	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,24666	0,24544	0,00061	0,00061
	Diesel (average biofuel blend)	tonnes	3.028,61	2.986,60	0,30	41,71
		litres	2,54603	2,51072	0,00025	0,03506
		kWh (Net CV)	0,25568	0,25214	0,00003	0,00352
		kWh (Gross CV)	0,24057	0,23724	0,00002	0,00331
	Diesel (100% mineral diesel)	tonnes	3.206,62	3.164,33	0,30	41,99
		litres	2,68787	2,65242	0,00025	0,03520
		kWh (Net CV)	0,26891	0,26536	0,00003	0,00352
		kWh (Gross CV)	0,25278	0,24944	0,00002	0,00331
	Fuel oil	tonnes	3.221,37	3.209,38	4,18	7,81
		litres	3,18317	3,17133	0,00413	0,00771
		kWh (Net CV)	0,28484	0,28378	0,00037	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,26775	0,26675	0,00035	0,00065
	Gas oil	tonnes	3.229,34	3.190,00	3,31	36,03
		litres	2,75776	2,72417	0,00282	0,03077
		kWh (Net CV)	0,27310	0,26978	0,00028	0,00305
		kWh (Gross CV)	0,25672	0,25359	0,00026	0,00286
	Lubricants	tonnes	3.181,42	3.171,09	3,05	7,28
		litres				
		kWh (Net CV)	0,28131	0,28039	0,00027	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,26443	0,26357	0,00025	0,00061
	Naphtha	tonnes	3.142,87	3.131,33	3,41	8,13
		litres				
		kWh (Net CV)	0,24898	0,24807	0,00027	0,00064
		kWh (Gross CV)	0,23653	0,23566	0,00026	0,00061
	Petrol (average biofuel blend)	tonnes	2.942,05	2.924,82	9,08	8,16
		litres	2,16802	2,15532	0,00669	0,00601
		kWh (Net CV)	0,24164	0,24022	0,00075	0,00067
		kWh (Gross CV)	0,22920	0,22786	0,00071	0,00064
	Petrol (100% mineral petrol)	tonnes	3.152,58	3.135,00	9,26	8,32
		litres	2,31467	2,30176	0,00680	0,00611
		kWh (Net CV)	0,25390	0,25248	0,00075	0,00067
		kWh (Gross CV)	0,24120	0,23986	0,00071	0,00064
	Processed fuel oils - residual oil	tonnes	3.221,37	3.209,38	4,18	7,81
		litres	3,18317	3,17133	0,00413	0,00771

		kWh (Net CV)	0,28484	0,28378	0,00037	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,26775	0,26675	0,00035	0,00065
	Processed fuel oils - distillate oil	tonnes	3.229,34	3.190,00	3,31	36,03
		litres	2,75776	2,72417	0,00282	0,03077
		kWh (Net CV)	0,27310	0,26978	0,00028	0,00305
		kWh (Gross CV)	0,25672	0,25359	0,00026	0,00286
	Refinery miscellaneous	tonnes	2.944,82	2.933,33	3,39	8,09
		litres				
		kWh (Net CV)	0,25966	0,25864	0,00030	0,00071
		kWh (Gross CV)	0,24667	0,24571	0,00028	0,00068
	Waste oils	tonnes	3.224,58	3.171,09	3,17	50,33
		litres				
		kWh (Net CV)	0,27494	0,27038	0,00027	0,00429
		kWh (Gross CV)	0,25674	0,25248	0,00025	0,00401
	Marine gas oil	tonnes	3.249,99	3.205,99	0,81	43,20
		litres	2,77540	2,73782	0,00069	0,03689
		kWh (Net CV)	0,27485	0,27113	0,00007	0,00365
		kWh (Gross CV)	0,25836	0,25486	0,00006	0,00343
	Marine fuel oil	tonnes	3.159,50	3.113,99	1,27	44,24
		litres	3,12204	3,07707	0,00126	0,04372
		kWh (Net CV)	0,27937	0,27535	0,00011	0,00391
		kWh (Gross CV)	0,26261	0,25883	0,00011	0,00368

Activity	Fuel	Unit	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Solid fuels	Coal (industrial)	tonnes	2.380,01	2.354,55	9,66	15,80
		kWh (Net CV)	0,33726	0,33365	0,00137	0,00224
		kWh (Gross CV)	0,32040	0,31697	0,00130	0,00213
	Coal (electricity generation)	tonnes	2.222,94	2.209,75	0,60	12,59
		kWh (Net CV)	0,33333	0,33135	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,31666	0,31478	0,00009	0,00179
	Coal (domestic)	tonnes	2.883,26	2.632,00	214,60	36,66
		kWh (Net CV)	0,36276	0,33115	0,02700	0,00461
		kWh (Gross CV)	0,34462	0,31459	0,02565	0,00438
	Coking coal	tonnes	3.222,04	3.200,96	7,56	13,52
		kWh (Net CV)	0,38358	0,38107	0,00090	0,00161
		kWh (Gross CV)	0,36440	0,36201	0,00085	0,00153
	Petroleum coke	tonnes	3.397,79	3.388,18	3,10	6,50
		kWh (Net CV)	0,36006	0,35904	0,00033	0,00069
		kWh (Gross CV)	0,34206	0,34109	0,00031	0,00065
	Coal (electricity generation - home produced coal only)	tonnes	2.219,47	2.206,30	0,60	12,57
		kWh (Net CV)	0,33333	0,33135	0,00009	0,00189
		kWh (Gross CV)	0,31666	0,31478	0,00009	0,00179

Emissions source:	UK electricity	Next publication date:	1.06.2021	Factor set:	Standard set
Scope:	Scope 2	Version:	1,0	Year:	2020

Activity	Country	Unit	Year	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O
Electricity generated	Electricity: UK	kWh	2020	0,23314	0,23104	0,00072	0,00138