

Hazır Beton Santralinin Karbon Emisyonlarının Belirlenmesi

Umut ÇÜMEN¹, Hakan SARIKAYA^{2*}

¹Uşak Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Uşak, Türkiye
ORCID No: 0000-0003-3036-633X, e-mail: umutcumen7@gmail.com

^{2*}Uşak Üniversitesi, Banaz Meslek Yüksekokulu, Uşak, Türkiye
ORCID No: 0000-0002-8043-3302, e-mail: hakan.sarikaya@usak.edu.tr

(Alınış/Arrival: 07.11.2023, Kabul/Acceptance: 08.12.2023, Yayınlanma/Published: 15.12.2023)

Özet

19. yüzyıldaki sanayi devriminden sonra artan İnsan faaliyetlerinin sonucu olarak ortaya çıkan sera gazlarının atmosferde birikmesi olayına küresel ısınma denilmektedir. Küresel ısınma küresel iklim değişikliğinin de sebebidir. İnşaat sektörü insan faaliyetlerinin yoğun olduğu bir alandır. Ekonomimizdeki payı da giderek artmaktadır. Yapılan bu çalışmada, İnşaatın temel yapı elemanlarından biri olan betonun üretilmesi ve ulaştırılması süreçlerinde karbon emisyonu tCO₂e olarak hesaplanmıştır. Elektrik, su, nakliye aşamasında dizel yakıt ve ısınma da linyit kömürü kullanımından elde edilen enerji tüketim verileri Hükûmetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (DEFRA) metodlarıyla hesaplanmış ve toplam karbon emisyonu 250.891 tco₂e bulunmuştur. CO₂ in sera gazları içindeki oranı daha fazla çıkmıştır. Bu oran %98.611 (247,405 tCO₂e) dir. CH₄ emisyonu %0,154 (0.387 tCO₂e) NO₂ ise %1,236 (3.099 tCO₂e) dir. Hazır beton üretim tesisinin faaliyetleri göz önünde bulundurularak en çok karbon emisyonu nakliye aşamasında ortaya çıkmıştır. Nakliye aşamasında %67.31 (168.857 tCO₂e), ısınmada %24.11 (60.494 tCO₂e), elektrik kullanımında %7.56 (18.947 tCO₂e), su kullanımında %1.04 (2.603 tCO₂e) olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Hazır beton, Karbon ayak izi, Uşak.

Determination Of Carbon Emissions Of Ready-Mixed Concrete Plants

Abstract

After the 19th century industrial revolution, the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere as a result of increasing human activities is called global warming. Global warming is also the cause of global climate change. The construction sector is an area where human activities are intense. Its share in our economy is also increasing. In this study, carbon emission was calculated as tco₂e in the processes of production and transportation of concrete, one of the basic building elements of construction. Energy consumption data obtained from the use of electricity, water, diesel fuel during transportation and lignite coal for heating were calculated with Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) methods and total carbon emission was found to be 250.891 tCO₂e. The proportion of CO₂ in greenhouse gases was higher. This rate is 98.611% (247.405 tCO₂e). CH₄ emission is 0.154% (0.387 tCO₂e) and NO₂ is 1.236% (3.099 tCO₂e). Considering the activities of the ready-mixed concrete production plant, the highest carbon emission occurred during the transportation phase. It was determined as 67.31% (168.857 tCO₂e) in transportation, 24.11% (60.494 tCO₂e) in heating, 7.56% (18.947 tCO₂e) in electricity use, 1.04% (2.603 tCO₂e) in water use.

Keywords: Ready-Mixed Concrete, Carbon Footprint, Uşak.

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden sonra insan etkisiyle sera gazları üretimi artmış ve endüstriyel fabrikalara yer açmak ve kentleşmenin hızlanmasıyla ormanlar tahrip edilmiştir. Ulaşım, ısınma, barınma ve endüstriyel fabrikaların enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında fosil yakıtların kullanılmasıyla ortaya çıkan sera gazları dünyanın ısınmasına ve bu ısınmanın sonucu olarak iklim değişikliğine sebep olmuştur. Sera gazları, (karbondioksit, su buharı ve diğer gazlar) dünyanın ısısının ayarlanmasında ve korunmasında önemlidir. Sera gazları, güneşten yansıyan ışınların dünyadan hemen ayrılmasını engelleyerek dünyanın canlılığını sağlar. Sera etkisi olarak adlandırılan bu durum iklim sisteminin bir parçasıdır ancak son zamanlara hızla artan sera gazları, yeryüzünde güneşten gelen ışınların uzaya yansımaya engel olmakta; sera etkisinin görülmesine ve bunun sonucunda yerkürenin ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışa (küresel ısınmaya) ve iklimde inanılmaz değişikliklere neden olmaktadır.

İklim sistemi bir bütün olarak uzun yıllar boyunca süren ve izlenen doğa olaylarını kapsamaktadır. Bu sistemin değişmesi orada yaşayan canlılar için bir tehdit oluşturmaktadır. Yapılan bazı araştırmalarda dünyanın ikliminin ısındığı gözlemlenmektedir. Bu ısınma böyle devam ederse 2060 yılında 4°C seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu değişiklik küçük gibi görünse de dünyada bu denli bir ısınmanın etkilerinin büyük olabileceği ve bu ısınmanın önümüzdeki 100 yılda artmaya devam edeceği düşünülmektedir. Sanayi devriminden bu yana atmosferdeki (CO₂) %30, Metan (CH₄) %200 den fazla, (N₂O) ise %15 kadar artmıştır [1].

Bu gazların oranının atmosferde artışı yeryüzünde sıcaklığın gittikçe artmasına sebep olmaktadır. Bütün canlıların ve dolayısıyla fosil yakıtların temelini oluşturan karbon canlıların solunum faaliyetleri, topraktaki mikroorganizmaların faaliyetleri ve antropojenik yanma aktiviteleri sonucu CO₂ olarak atmosfere salınmaktadır. Küresel ısınma potansiyeli en düşük fakat atmosferdeki miktarı bakımından en önemli sera gazı olan CO₂ sera gazlarının başında gelmektedir [2].

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ye göre; "Sistemi ısınmaya zorlayan en önemli faktör atmosferdeki CO₂ gazın artışıdır ve tabii ki bu artış insan kaynaklıdır. İnsan etkisi, 21. yüzyıl boyunca atmosfer bileşimini değiştirmeye devam edecektir. CO₂, insan aktivitelerinden kaynaklanan en geniş ölçekteki sera gazıdır. Fosil yakıtlarının yakılması ya da biokütlelenin yakıt olarak kullanılması yakılması, örneğin arazi genişletme sırasında ormanların yakılması ve bazı endüstriyel ve kaynak çıkarma işlemleri ile karbondioksit salınır" [3].

Karbondioksit sera gazları içerisinde en büyük orana sahip olduğundan "Karbon Ayak İzi" hesaplamasında ana bileşen olarak kabul edilerek kullanılır. Karbon ayak izi kavramı ilk olarak William E. Rees ve Mathis Wackernagel tarafından ekolojik ayak izi kavramının bir parçası olarak ortaya çıkmıştır [4].

Karbon ayak izi, atmosfere yaşamsal faaliyetler sonucu salınan gazlardan karbondioksit, metan, azot oksit ve florlu gazların sera gazları adı altında en büyük orana sahip karbondioksit cinsinden eş değer CO₂ miktarı gram (CO₂e) olarak değerlendirilerek hesaplanmasıdır. Bireylerin ya da toplumların tüm yaşamsal faaliyetleri sonucunda doğaya salınan (CO₂) emisyon miktarına/eşdeğerine o bireyin ya da topluluğun karbon ayak izi denilmektedir [5].

Modern yaşama geçiş ve nüfus artışı ile öne çıkan sera gazı kaynakları, enerji üretimi ve kaynak kullanımı, taşıt ve toplu taşıma, sanayi ve tarımsal kullanımlar ve benzeri diğer insan faaliyetleri sonucu oluşan emisyonlardır. Karbon ayak izi temelde iki ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar birincil ve ikincil karbon ayak izi olarak adlandırılır. Birincil karbon ayak izinde temel bileşen

evsel ve endüstriyel ısınma ve aydınlatma, enerji tüketimi ve ulaşım ve taşıma sonucu oluşan doğrudan fosil yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan CO₂ emisyonlarıdır. İkincil karbon ayak izi ise kullanıma sunulana kadar tüm üretim kullanım ve tabiatta bozulma sonucunda ortaya çıkan dolaylı CO₂ emisyonları olarak ifade edilmektedir. Bu verilerle karbon ayak izi hesabında hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ye göre 3 ana yaklaşım ile hesaplama yapılır. *Tier* adı verilen bu yaklaşımlar 3 farklı kategoriden oluşur. Bunlar *Tier 1*, *Tier 2* ve *Tier 3* yaklaşımlarıdır. *Tier 1* yaklaşımında, ülkenin enerji istatistiklerinden alınan veriler ve kullanılan yakıt türüne göre yakıt miktarı ile emisyon faktörleri kullanılarak hesaplama yapılır. *Tier 2* yaklaşımında ise *Tier 1*'e belirlenmiş ve ülkeye veya belirli bölgelere ait özel emisyon faktörleri ile yakma teknolojileri kullanılır. *Tier 3* yaklaşımında ise, yakıt istatistikleri ve yakma teknolojisine göre belirlenmiş teknolojiye bağlı emisyon faktörleri ile yakma tesislerinin yakıtı ait ısı güçleri ve istatistiksel bilgiler kullanılır [6].

İnsan faaliyetlerinin yoğun olduğu meslek kollarını içermektedir. İnşaat sektörünün ülkemizdeki gelişimi son yıllarda hızla artmakta ve ekonomimizde hatırı sayılır bir yer edinmektedir. Bu nedenle yoğun faaliyetlerin olduğu bu alanın insan yaşamına etkilerini incelemek ve olası olumsuz etkilerini tespit etmek önem arz etmektedir. İnşaat sektörünün en çok kullandığı yapı malzemesi olan betonun üretildiği kurumların, sayılarının her geçen gün artması ve şehirlere yakın olması nedeniyle incelenmesi gerekmektedir.

Betonun insanların barınmasındaki payı çok fazladır. Kişi başına yaklaşık yılda 1 m³ beton düşmektedir. Beton ülkemizin doğal kaynaklarıyla üretilebilmesi nedeniyle ülkemiz için vazgeçilmez bir yapı malzemesidir. Son yıllarda büyük miktarlarda üretilen bu malzemenin karbon ayak izinin tespiti için, kullanımını daha sürdürülebilir olması nedeni ve stratejilerin belirlenmesindeki önemi nedeniyle giderek beton teknolojisi olarak daha fazla önem kazanmaktadır [7]. Beton santrallerindeki üretimin karbon salınımındaki payının bilinmesi, azaltılması için önlemlerin alınmasını sağlayacaktır.

Bu çalışma da Uşak ilindeki bir hazır beton üretim tesisinin beton üretimi aşamalarında ve betonun kullanılacağı alana nakliyesi sırasındaki enerji tüketiminin bir sonucu olarak atmosfere salınan sera gazlarının oranını Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve İngiltere Çevre, Gıda ve Köy İşleri Bakanlığı (DEFRA) gibi uluslararası hesaplama yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu çalışmanın insan faaliyetleri sonucu artan sera gazlarının inşaat sektörü açısından değerlendirilme ve önlem alma çalışmalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

2. METOD

Bu çalışmada Uşak ilinde bulunan bir beton santralının betonun üretilmesi, nakliyesi aşamalarındaki karbon ayak izi IPCC Tier 1 metoduyla hesaplanmıştır. Karbon ayak izi hesabında hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ye göre 3 ana yaklaşım ile hesaplama yapılır. Tier adı verilen bu yaklaşımlar 3 farklı kategoriden oluşur. Bunlar Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 yaklaşımlarıdır. Tier 1 yaklaşımında, ülkenin enerji istatistiklerinden alınan veriler ve kullanılan yakıt türüne göre yakıt miktarı ile emisyon faktörleri kullanılarak hesaplama yapılır. Tier 2 yaklaşımında ise Tier 1'e belirlenmiş ve ülkeye veya belirli bölgelere ait özel emisyon faktörleri ile yakma teknolojileri kullanılır. Tier 3 yaklaşımında ise, yakıt istatistikleri ve yakma teknolojisine göre belirlenmiş teknolojiye bağlı emisyon faktörleri ile yakma tesislerinin yakıtı ait ısı güçleri ve istatistiksel bilgiler kullanılır [8]. Bu santral Uşak ilindeki yedi tane santralden biridir. Santralin, insanların yaşadığı yerde olması sebebiyle seçilmiştir. Santralde elektrik kullanımının yanında ısınma için kömür, nakliye aşamalarında

ise dizel yakıt kullanılmaktadır. Bir yılı hesaplamak için 2022 yılındaki verilerden yararlanılmıştır.

Hazır beton üretim süreci, hazır betonun bilgisayar sistemleri ile belirlenen miktarlarda üretilmesi, taşınması ve şantiye ortamında dökümü ve yerleştirilmesi aşamalarını içermektedir. Hazır beton santralinde çimento depolamak için silolar, agrega depolamak için bunkerler, tartım için tartı bunkerleri, su depolamak için su tankları, katkı depolamak için tanklar ve panmikser bulunmaktadır [9].

2.1. Beton Santralinin Yıllık Tüketim Verileri

Beton santralin de bantların, karıştırıcıların ve suyun geri dönüşümü için elektrik, Isınma için kömür, nakliye için dizel yakıt ve betonda ve toz emisyonunda su kullanılmaktadır. Bu aşamalarda üretilen karbon ayak izini belirleyebilmek için santral kayıtlarından yararlanılmıştır. Tablo 1’ de beton santralinin yıllık verileri verilmiştir. Bu veriler ışığında hesaplamalar yapılarak CO₂ ve CO_{2e} emisyon miktarlarına kısaca beton santralinin karbon ayak izine ulaşılmıştır.

Tablo 1. Beton santrali yıllık tüketim verileri

<u>Tüketim</u>	<u>Miktar</u>
Elektrik	97965 kw/yıl
Dizel Yakıt	62340 lt/yıl
Su	17472 lt/yıl
<u>Katı Yakıt (Linyit kömür)</u>	<u>55000 kg/yıl</u>

2.2. Karbon Ayak İzi Hesaplama Metodu

Bu çalışmada, hazır beton santralinde bilgisayar sistemleri ile belirlenen miktarlarda üretim ve nakliye sonucu ulaşım ve ısınmadan aynı zamanda elektrik ve sudan kaynaklanan CO₂ emisyonu hesaplamalarında IPCC tarafından önerilen Tier yaklaşımları kullanılmaktadır. Bu yapılan çalışmada karbon ayak izi hesaplamaları için IPCC kılavuzunda yer alan Tier-1 yaklaşımının hesaplama metodolojisi ve emisyon faktörleri seçimi kullanılarak gerçekleştirilmiştir [3]. Tier 1 yaklaşımı, 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 dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple CH₄ ve N₂O emisyonlarının CO₂ miktarları dikkate alınmıştır. Hesaplamalar yapılırken IPCC raporunda her yakıt için ayrı ayrı verilmiş emisyon faktörleri, kalorifik değerleri esas alınmıştır. Elektrik tüketimi ve su tüketimine bağlı karbon ayak izi hesaplamasında DEFRA tarafından belirlenmiş emisyon faktörleri kullanılmıştır. Fosil yakıtlar için karbon ayak izi hesaplanırken yanma işleminden kaynaklanan CH₄ ve N₂O emisyonlarının küresel ısınma potansiyelleri kullanılarak CO₂ eşdeğerine çevrilerek hesaplanmıştır. Karbon ayak izi hesaplamasında kullanılacak denklemler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. IPCC Tier 1 yöntemi denklemleri

$$\text{Enerji Tüketimi [TJ]} = \text{Yakıt Tüketimi [t]} \times 10^{-3} \times \text{Dönüşüm Faktörü [TJ/kt]} \quad (1)$$

$$\text{Karbon İçeriği [Gg C]} = \text{Karbon Emisyon Faktörü [TC/TJ]} \times \text{Enerji Tüketimi [TJ]} \times 10^{-3} \quad (2)$$

$$\text{Karbon Emisyonu [Gg C]} = \text{Karbon İçeriği [Gg C]} \times \text{Karbon Oksitlenme Oranı} \quad (3)$$

$$\text{Karbondioksit Emisyonu [Gg CO}_2\text{]} = \text{Karbon emisyonu [Gg C]} \times 44/12 \quad (4)$$

Tesiste elektrik kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi için denklem;

$$\text{Karbondioksit Emisyonu [ton CO}_2\text{]} = \text{Elektrik Tük. [KW]} \times \text{Emisyon Fak. [kg/kW]} \quad (5)$$

Su kullanımından kaynaklanan karbon ayak izi ise;

$$\text{Karbondioksit Emisyonu [kg CO}_2\text{]} = \text{Emisyon Faktörü [kg/L]} \times \text{Su Tük. [L]} \quad (6)$$

Hesaplamalarda yakıt tüketimi ton üzerinden hesaplandığı için dizel yakıtın hacimden ağırlığa dönüştürülmesi gerekmektedir. TSE tarafından yayınlanan TS EN 590 standart otomotive yakıtları ile ilgili standartları belirlemektedir [10]. Bu standarttaki değerler referans alınarak dizel yakıtın yoğunluğu 0,830 g/l olarak alınmıştır. Yakıtların net kalorifik değerleri Tablo 3’ te verilmiştir.

Tablo 3. Yakıtların Net Kalorifik Değerleri

Yakıt	Net kalori değeri KD_{net}
Dizel	43 tonJ / Gg
Linyit	
Kömür	11,90 tonJ / Gg

Yakıtların emisyon faktörleri, IPCC ve DEFRA’dan derlenerek Tablo 4’ de verilmiş ve bu değerler kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

Tablo 4. Yakıtların Emisyon Faktörleri

	Birim	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Kaynak
Dizel	Kg/tJ	74100	3,9	3,9	(IPCC, 2006)
Linyit Kömür	Kg/tJ	101000	10	1,5	(IPCC, 2006)
Elektrik	Kg/KW	0,19121	0,0008	0,00137	Defra2022
Su	Kg/m ³	0,149	0	0	Defra2022

3. BULGULAR

Hazır beton üretim tesisinin enerji tüketim verileri Tablo 5’ de verilmiştir.

Tablo 5. Enerji Tüketimi Verileri

	Tüketim	Tüketim TG(Gg)	Net Kalorifik Değerleri KD_{NET} (tonJ/Gg)	Enerji Tüketimi TE (ton J)
Dizel	62340 lt/yıl	0,051742	43 tonJ / Gg	2,224
Linyit	55000 kg/yıl	0,05	11,90 tonJ / Gg	0,595

Hazır beton üretim tesisinin 2022 yılı Enerji tüketiminden kaynaklanan sera emisyonları hesabı Tablo 6’ de verilmiştir. Toplam sera gazı emisyonları ise Tablo 7’ de verilmiştir.

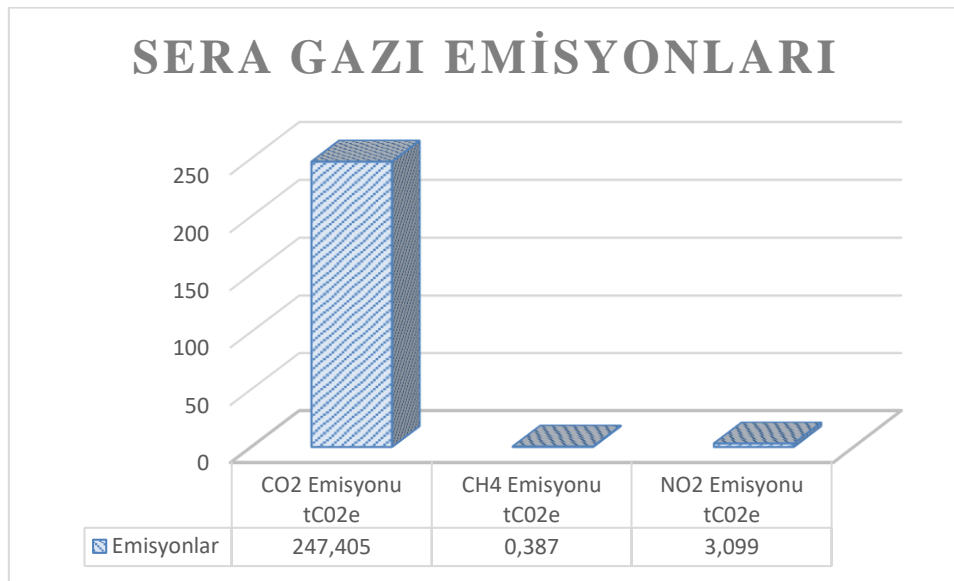
Tablo 6. IPCC Tier 1 Yaklaşımına Göre 2021 Yılı Karbon Ayak İzi Hesabı

CO₂					
	Oksitlenme oranı pc	Emisyon faktörü EF	Gaz Emisyonu kg E	GWP G	CO ₂ e Emisyonu t CO ₂ E _{CO₂}
Dizel	1	74100kg CO ₂ / ton J	165984	1	165,984
Linyit	1	101000kg CO ₂ / ton J	60095	1	60,095
Elektrik		0,19121kg CO ₂ e/KW	18723,169		18,7232
Su		0,149 kg CO ₂ e/m ³	2603,328		2,603
CH₄					
	Oksitlenme oranı pc	Emisyon faktörü EF	Gaz Emisyonu Kg E	GWP G	CO ₂ e Emisyonu t CO ₂ E _{CO₂}
Dizel	1	3,9kg CO ₂ / ton J	8,674	21	0,183
Linyit	1	10kg CO ₂ / ton J	5,95	21	0,125
Elektrik		0,0008 kg CO ₂ e/KW	78,372		0,079
Su		0 kg CO ₂ e/m ³	0		0
NO₂					
	Oksitlenme oranı pc	Emisyon faktörü EF	Gaz Emisyonu kg E	GWP G	CO ₂ e Emisyonu t CO ₂ E _{CO₂}
Dizel	1	3,9kg CO ₂ / ton J	8,674	310	2,69
Linyit	1	1,5 kg CO ₂ / ton J	0,893	310	0,274
Elektrik		0,00137 kg CO ₂ e/KW	135		0,135
Su		0 kg CO ₂ e/m ³	0		0

Tablo 7. Hazır Beton Santralinin Sera Gazı Emisyonları

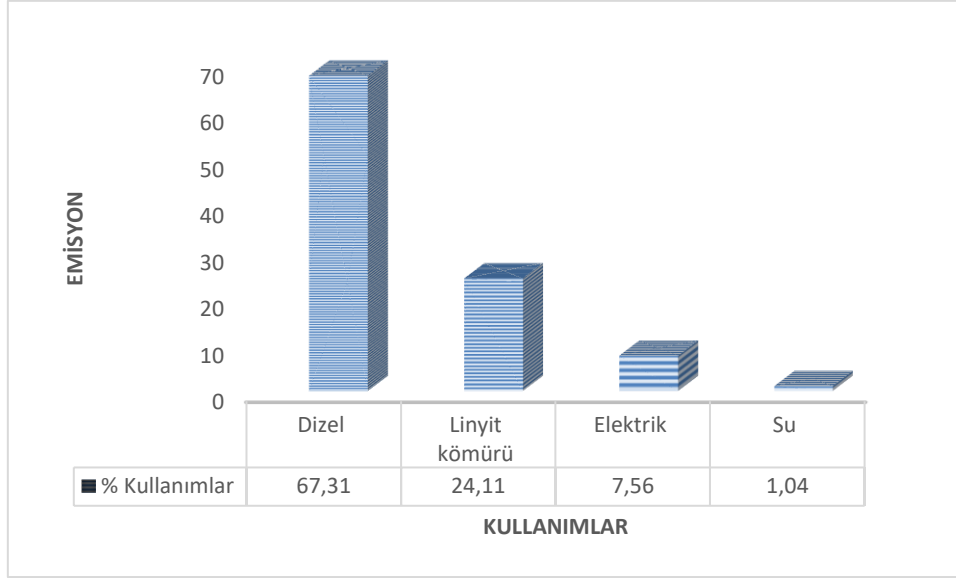
Emisyonlar	Miktarlar tCO2e
CO₂ Emisyonu	
Dizel	165,984
Linyit	60,095
Elektrik	18,7232
Su	2,603
CH₄ Emisyonu	
Dizel	0,183
Linyit	0,125
Elektrik	0,079
Su	0
NO₂ Emisyonu	
Dizel	2,69
Linyit	0,274
Elektrik	0,135
Su	0
Toplam	250,891

Hazır beton tesisin enerji kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonu hesaplanmış ve toplam karbon emisyonu 250,891 tCO₂e bulunmuştur. Sera gazları içinde karbondioksit diğer gazlara oranla daha fazla salınmıştır. Bu oran %98,611 (247,405 tCO₂e)'dir. CH₄ emisyonu %0,154 (0,387 tCO₂e) NO₂ ise %1,236 (3,099 tCO₂e)'dir. Hesaplanan sera gazı emisyonları Şekil 1'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 1. Hazır beton tesisinin sera gazı emisyonları

Hazır beton santralinde faaliyetlere göre karbon emisyonu karşılaştırması Şekil 2 de verilmiştir. Nakliye aşamasında %67,31(168,857 tCO₂e), ısınmada %24,11 (60,494 tCO₂e), elektrik kullanımında %7,56 (18,947 tCO₂e), su kullanımında %1,04 (2,603 tCO₂e) olarak tespit edilmiştir.



. Şekil 2. Hazır beton tesisinin karbon emisyonu karşılaştırması

4. SONUÇLAR

Atmosferde artan ve yaşamı tehdit eden sera gazlarından büyük oranda insan faaliyetleri sorumludur. İnsan faaliyetlerinin çeşitli olması ile birlikte araştırılması ve karbon ayak izinin belirlenmesi gerekmektedir. Yakın bir gelecekte iklim değişikliği sonucu insanlığı zor zamanlar beklemektedir. Bu araştırma da bu düşünceden yola çıkılarak bir insan faaliyeti olan ve en çok kullanılan yapı malzemesi olan betonun üretim tesisinin sera gazı emisyonunu tCO₂e cinsinden hesaplanmıştır. Barınma ihtiyacı her geçen gün nüfusa oranla artmakta ve bu durumla doğru orantılı olarak beton üretimi de artmaktadır. Hazır beton üretim tesislerinin artan sayıları ve şehre yakın hatta içlerinde yer almaları göz önünde bulunduğunda bu çalışma önem kazanmaktadır. Tesisin ısınmasında linyit kömürü, malzemelerin karışması için bantların ve karışan malzemenin miksera aktarılması, atık suyun dönüşümü için elektrik, nakliye aşamasında dizel yakıt ve beton karışımında ve toz emisyonunun sağlanması için su kullanılmaktadır. Bu değerler santralin yıllık kayıtlarından elde edilmiştir. IPCC ve DEFRA gibi uluslararası hesaplama metodları kullanılarak tier 1 yöntemiyle hesaplama yapılmıştır. Yapılan hesaplama da toplam karbon emisyonu 250,891 tCO₂e bulunmuştur. Sera gazları içinde karbondioksit diğer gazlara oranla daha fazla salınmıştır. Bu oran %98,611 (247,405 tCO₂e)'dir. CH₄ emisyonu %0,154 (0,387 tCO₂e) NO₂ ise %1,236 (3,099 tCO₂e)'dir. Karbondioksitin sera gazları içinde en fazla orana sahip gaz olduğu bu çalışmada da gözler önüne serilmiştir. Santralin faaliyetleri içinde en fazla sera gazı salınımı nakliye aşamasında gerçekleşmiştir. Nakliye aşamasında %67,31(168,857 tCO₂e), ısınmada %24,11 (60,494

tCO₂e), elektrik kullanımında %7,56 (18,947 tCO₂e), su kullanımında %1,04 (2,603 tCO₂e) olarak tespit edilmiştir. Bu durum betonun üretiminden çok nakliyesinin sera gazı üretiminden büyük oranda sorumlusu olduğunu göstermiştir. Yerel bir firma olması ve üretim kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle büyük şehirlerdeki daha büyük ve daha çok beton üreten santrallere göre sonuçların sınırlı olduğunu söylemeliyiz. Daha fazla beton üreten santrallerde enerji tüketimi daha fazla olacak dolayısıyla atmosfere saldıkları sera gazları da daha fazla olacaktır. Nakliye aşamasında tüketimi azaltmak santralin karbon emisyonunu büyük oranda azaltacaktır.

Elde edilen veriler ışığında beton santrali için küresel ısınmadan kaynaklı karbon emisyonunu azaltacak ve ileriki çalışmalara kaynak olacak öneriler şu şekilde sıralanabilir:

- Karbon emisyonunun hazır beton santralleri için bir zorunluluk olarak yasa da yer alması ve firmaların düzenli olarak sonuçlarını açıklanması sağlanmalıdır.
- Küresel ısınma kaynaklı karbon emisyonu farkındalığı için personele seminerler düzenlenmeli açıklayıcı bilgiler verilmelidir.
- Karbon ayak izini direk etkileyen doğal gaz/kömür, elektrik, ısınma, ulaşım gibi konularda tasarruf sağlayıcı düzenlemeler yapılmalıdır.
- En çok karbon emisyonunun nakliye aşamasında olduğu elde edilen verilerden görülmektedir. Nakliye aşamasında araçların bakımını yaptıрма, gereksiz çalışmasını önleme, tam beton miktarının söylenmesini isteyerek ilave beton oluşmasını önleme, betonun kıvamını doğru ayarlama geri dönmesi ihtimalini azaltma gibi önlemler alınabilir. Gelecekte teknolojinin gelişmesiyle elektrikli trans mikserlerin piyasaya sürüleceği düşünülmektedir. Bu durum daha çevre dostu bir nakliye aşaması oluşturacaktır.
- Elektrik kullanımını azaltmak için güneş enerjisine bağlı paneller kurulmalı, elektriğini kendi üretir konuma gelmeli ve gereksiz kullanımdan kaçınılmalıdır.
- Beton Santrallerindeki tüm elektronik araçların bakımları yapılmalıdır.
- Isınma için kömür kullanımını yerine daha çevre dostu olan doğalgaz kullanımına geçilmelidir.
- Gereksiz su kullanımından kaçınılmalıdır. Atık suların geri dönüşümü sağlanmalıdır.
- Santral çevresi ağaçlandırılmalıdır.

Bu öneriler sonucunda sürdürülebilir bir gelecek için beton santralinde karbon emisyonunun azalacağı düşünülmektedir. Ülkemizin son yıllarda betonarme yapı da yoğunlaşan üretimin çevreye olan etkilerinin azaltmak için bu öneriler yeterli değildir. Karbon emisyonu için daha kapsamlı önlemler alınması, gelişen teknoloji ile birlikte karbon emisyonunun tehlike arz edecek seviyelerden düşürülmesi gerekmektedir. Dünyanın geleceğini korumak adına yapılan çalışmalar değerlidir. Ülkelerin uyguladığı standartların genişletilmesi, yenilerinin yürürlüğe koyulması, ülkelerin bu konuya daha ciddi yaklaşması sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir. Karbon emisyonunun azaltılması için daha çok yolumuzun olduğu asıl işin şimdi başladığı gelecek için araştırmaların devam etmesi gerektiği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] wwf.org.tr., (2022). İklim Değişikliği.
https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/iklim_degisikligi/
(02.01.2023)
- [2] Dulkadioğlu, H., (2018). Türkiye’de elektrik üretiminin sera gazı emisyonları açısından incelenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(1), 67-74.
- [3] IPCC., (2006.) Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual (Volume 3). IPCC National Greenhouse Gas Inventory Program. Intergovernmental Panel on Climate Change. Paris.
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- [4] Bazan, G., (1997). Our Ecological Footprint: reducing human impact on the earth. Electronic Green Journal, 1(7). doi:10.5070/g31710273
- [5] Chen, R., Zhang, R. ve Han, H., (2021). Where has carbon footprint research gone? Ecological Indicators, 120, 106882. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106882>
- [6] Kotchen, M. & Mansur, E., (2016). Reassessing the contribution of natural gas to US CO2 emission reductions since 2007. Nature Communications, 7, 10648. doi:10.1038/ncomms10648
- [7] Yılmaz, D., (2019). Elektronik Atık Geri Dönüşüm Tesisinde Yaşam Döngüsü Yönetimi: Karbon Ayak İzinin Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [8] Kotchen, M. & Mansur, E., (2016). Reassessing the contribution of natural gas to US CO2 emission reductions since 2007. Nature Communications, 7, 10648.
- [9] Orhon A.V. (2012). Tasarımdan Yapıma, Sürdürülebilir Beton Yaklaşımları, 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, Urla, Bildiriler Kitabı, 700-706.
- [10] TS EN 590, 2023. Otomotiv yakıtları - Dizel (motorin) - Gereklere ve deney yöntemleri. Ankara.