Artvin Çoruh Üniversitesi
Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi
Doğal Afetler ve Çevre Dergisi

Artvin Çoruh University
Natural Hazards Application and Research Center
Journal of Natural Hazards and Environment

Araştırma Makalesi / Research Article, Doğ Afet Çev Derg, 2024; 10(2): 465-477, DOI: 10.21324/dacd.1410541

Bir Organize Sanayi Bölgesinde Sera Gazı Envanteri Hazırlanması ve Emisyon Azaltım Projelerinin Belirlenmesi

Merve Çakmak Arı[1,*], Sibel Başakçılardan Kabakcı[2]

[1]*Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 77100, Yalova.*
[2]*Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 77100, Yalova.*

Özet

Bu çalışmada Kütahya 30 Ağustos Organize Sanayi Bölgesinin sınırları içinde tüketilen doğalgaz, elektrik ve motorin nedeniyle oluşan sera gazı emisyonu hesaplanmış ve azaltım faaliyetlerine yönelik çalışmalar yapılmıştır. ISO 14064-1 Sera Gazı Emisyonlarının ve Uzaklaştırmalarının Kuruluş Seviyesinde Hesaplanmasına ve Rapor Edilmesine Dair Kılavuz ve Özellikler Standardı" ve "ISO 14067 Ürün Karbon Ayak İzi Hesaplama Standardı" kapsamında işletmelerin yıl bazında kayıt altında tuttukları veriler kullanılarak atmosfere salınan sera gazları miktarları hesaplanmıştır. Doğalgaz kaynaklı doğrudan emisyon 2019 yılında 105394,84 tCO2e olarak hesaplanmışken 2020'de bu emisyon azalmış, 2021'de tekrar 2019'u yakalamıştır. İthal elektrik kaynaklı dolaylı emisyon ise 2019 yılında 64269,12 tCO2e olurken, 2020 ve 2021'de elektrik kaynaklı emisyon miktarı artmıştır. Motorin kaynaklı doğrudan emisyon, miktar açısından doğalgaz ve elektrik kaynaklı emisyonlardan oldukça düşüktür. Fakat motorin kaynaklı emisyon da 2019 yılında 74,11 tCO2e olurken, 2020'de %75,5 oranında azalmış ve 2021'de 29,49 tCO2e değerine ulaşmıştır. Gerek elektrik gerekse doğalgaz tüketimi nedeniyle oluşan sera gazının büyük bir kısmı karo-seramik imalatı faaliyet alanında çalışan bir kuruluştan ve kâğıt-oluklu mukavva imalatı faaliyet alanında çalışan bir kuruluştan kaynaklanmaktadır. Organize sanayi bölgelerinde farklı faaliyet alanına giren çok sayıda kuruluş bulunur. Yapılan çalışma, bu bölgelerde mutlaka sera gazı emisyonlarının izlenmesi gerektiğini ve hangi kaynak nedeniyle sera gazı emisyonlarının oluştuğunun tespit edilmesi gerektiğini, aksi halde önerilecek azaltım metotlarının çok etkin olamayacağını göstermiştir.

Anahtar Sözcükler
Sera Gazı Envanteri, Emisyon Azaltma, Yeşil Organize Sanayi Bölgesi

Preparing Greenhouse Gas Inventory and Determining Emission Reduction Projects in an Organized Industrial Zone

Abstract

In this study, greenhouse gas emissions caused by natural gas, electricity and diesel fuel consumed within the boundaries of Kütahya 30 August Organized Industrial Zone were calculated and studies were explored for reduction activities. Within the scope of ISO 14064-1 Guidelines and Features Standard for Calculation and Reporting of Greenhouse Gas Emissions and Removal at the Establishment Level" and "ISO 14067 Product Carbon Footprint Calculation Standard", the amount of greenhouse gases released into the atmosphere was calculated by using the data recorded by the enterprises on a yearly basis. While the direct emissions from natural gas was calculated as 105394.84 tCO2e in 2019, these emissions decreased in 2020 and reached 2019 level again in 2021. Indirect emissions from imported electricity were 64269.12 tCO2e in 2019, while electricity-related emissions increased in 2020 and 2021. Direct emissions from diesel are considerably lower than those from natural gas and electricity in terms of quantity. However, while the emissions from diesel fuel was 74.11 tCO2e in 2019, these emissions decreased by 75.5% in 2020 and reached 29.49 tCO2e in 2021. A large part of the greenhouse gas generated due to both electricity and natural gas consumption originates from an organization operating in the field of tile-ceramic manufacturing and an organization operating in the field of paper-corrugated cardboard manufacturing. There are many organizations in different fields of activity in organized industrial zones. The study has shown that greenhouse gas emissions must be monitored in these regions and it is necessary to determine the source of greenhouse gas emissions, otherwise the proposed reduction methods will not be very effective.

Keywords
Greenhouse Gas Inventory, Emission Reduction, Green Organized Industrial Zone

1. Giriş

Ülkelerin gelişmişlik düzeyini gösteren en önemli göstergelerden biri sanayi üretimidir. Günümüzde sanayi-şehir-toplum ilişkisi artık farklı bir boyutta değerlendirilmektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023). Sanayi alanları şehirden uzakta sadece üretime odaklı yerler değil, yaptığı faaliyetler nedeniyle şehre sorumlu ve kimi zaman eğitim ve sağlık alanında da faaliyetleri barındıran bölgelerdir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2023).

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (226) 8155400 Faks: +90 (226) 8155401
E-posta: 130105018@ogrenci.yalova.edu.tr (Çakmak Arı M), sibel.kabakci@yalova.edu.tr (Başakçılardan Kabakcı S)

Gönderim Tarihi / Received :27/12/2023
Kabul Tarihi / Accepted : 26/06/2024

Türkiye'de sanayi üretiminin olumsuz etkilerinin azaltılması ve aynı zamanda da toplum yararına üretim yapılması için 12 Nisan 2000 yılında 4562 sayılı kanunla Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) kurulmasına karar verilmiştir. Bu kanuna göre organize sanayi bölgeleri uygun görülen yerlerde yapılandırılacak, bilişim teknolojilerinden yararlanabilecek, barındırdığı sanayi türleri belirli olacak, atıkların düzenli yönetilmesine imkân verecek, kaynak tasarrufu ve verimliliği arttırıcı üretim bölgeleri olacaktır (T.C. Resmi Gazete, 2000). Sanayi üretimi enerji-yoğun olduğu için iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının oluşumuna da maalesef ciddi katkı yapmaktadır. 2019 yılında Avrupa Komisyonu tarafından ortaya konulan ve Avrupa Birliği'nin iklim planı olan Avrupa Yeşil Mutabakatı, Avrupa'nın 2050 yılına kadar karbon nötr olmasını amaçlamaktadır. Avrupa Birliğine üye olma yolunda ilerleyen Türkiye'de de 2021 yılında Ticaret Bakanlığı tarafından Yeşil Mutabakat Eylem Planı yayımlanmıştır. Bu eylem planı 9 ana başlıkta, toplam 32 hedef ve 81 eylemi kapsamaktadır. Sanayide yeşil dönüşümün desteklenmesi için organize sanayi bölgelerinin yeşil üretimi benimsemesi ve yeşil organize sanayi bölgesi kavramının oluşturulması gerektiği belirtilmiştir. Bunu sağlamak için; organize sanayi bölgelerinde faaliyet gösteren işletmelerin enerji verimliliği konusunda bilinçlendirilmesi ve enerji verimliliği uygulamalarının gerçekleştirilmesi, organize sanayi bölgelerinde yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması, geri dönüşüm faaliyetlerinin arttırılması, su başta olmak üzere kaynak yönetimin sağlanması, Yeşil Endüstri Bölgesi Sertifikasyon Sistemi oluşturulması planlanmıştır (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021).

Yeşil organize sanayi bölgeleri, toplumun ihtiyaçlarını karşılamak için kurulan ve gelecek kuşakların da ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için gerekli çevresel faktörlerin zarar oranı minimum seviyede tutarak faaliyetlerini sürdüren bölgeler olarak tanımlanabilir. İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planında da sektörlere göre strateji kapsamında sanayiler için 8 strateji, 32 eyleme yer verilmiştir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021).

Yeşil organize sanayi bölgesi uygulamaları kapsamında yapılması gereken ilk çalışmalardan biri sera gazı envanterinin çıkarılmasıdır. Böylece sera gazı oluşumuna neden olan faaliyetler, bu faaliyetlerin oluşturduğu emisyon miktarı ve organize sanayi bölgeleri sınırları içinde hangi faaliyet alanının en fazla sera gazı salımına neden olduğu belirlenebilir. Arkasından da hangi önlemlerle ya da projelerle sera gazı azaltımı yapılabileceği değerlendirilebilir. Sera gazı envanteri, sınırlı bir bölge özelinde atmosfere salınan, dolaylı ve doğrudan sera gazı miktarının uluslararası standartlara uygun bir şeklide rapor edilerek belirlenmesidir (ICT Sert Danışmanlık Eğitim, 2022). Hazırlanan envanter dolaylı ve doğrudan sera gazı kaynaklarıyla birlikte sera gazı yutaklarını da kapsar. Sera gazı envanteri tanımı, sera gazı kaynaklarını, miktarlarını ve bu gazlar atmosfere salındığı zaman dilimini içermektedir. Bu envanter, küresel ısınma potansiyeli kullanılarak diğer sera gazlarını da karbon eşdeğeri olarak hesaplar (ICT Sert Danışmanlık Eğitim, 2022). Sera gazı envanteri uluslararası standartlara göre hesaplanmalı ve raporlanmalıdır. Sera gazı envanteri hazırlanmasında en yaygın kullanılan metot Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından hazırlanan ISO 14064-Sera Gazı Emisyonları, Hesaplama ve Raporlama Standardıdır. Bu standart, sera gazı envanteri hesaplanması ve doğrulanmasına ilişkin uluslararası düzeyde kabul görmüş prensiplere dayanmaktadır (Altuğ & Özkan, 2015).

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

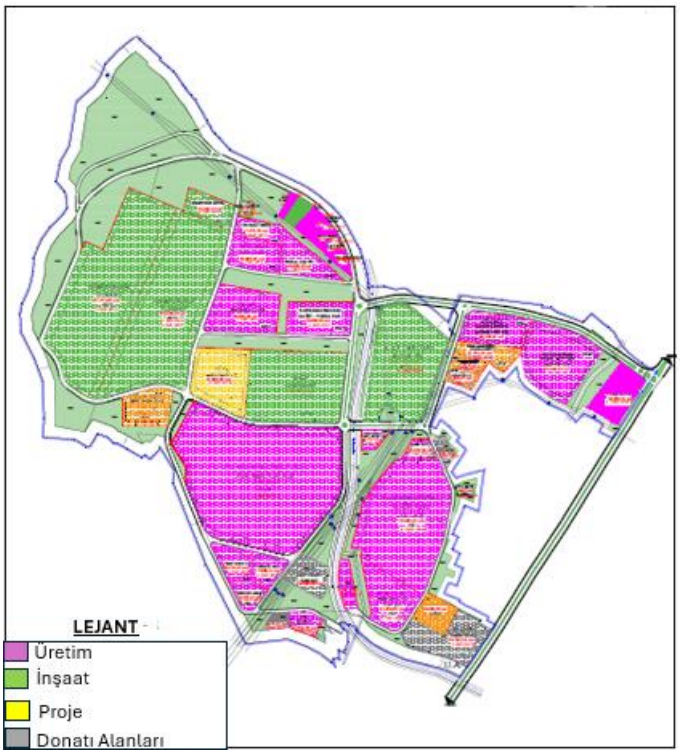
Bu çalışma, Kütahya ili idari sınırları içerisinde yer alan 30 Ağustos Organize Sanayi Bölgesi'nde yapılmıştır. Organize Sanayi Bölgesi toplamda 36 parsel ve 1.944.080,69 m^2 sanayi alanına sahiptir. Organize sanayi bölgesi genelinde bir kısım firma üretim faaliyetlerine devam ederken bir kısım firma ise inşaat aşamasındadır. Şekil 1'de organize sanayi bölgesi imar planı verilmiştir.

Toplamda organize sanayi bölgesi genelinde 2232 kişi istihdam edilmektedir. 1500 m^2 alana kurulu idari bina yer almaktadır. 22 personel ve 5 hizmet aracıyla organize sanayi bölgesi genelindeki tüm firmalara hizmet sağlamaktadır. Sınırlar içinde farklı alanlarda faaliyet gösteren 35 adet firma vardır. Bu firmaların faaliyet alanları içinde makine imalatı, seramik-beton, kâğıt üretim-mukavva, geri dönüşüm, ihracat, ahşap palet imalatı ve levha üretimi bulunmaktadır.

Çalışmada 2019, 2020 ve 2021 yılları baz alınmıştır. 2020 yılının COVİD-19 pandemi dönemine denk gelmesi nedeniyle 3 yıllık verinin ayrı ayrı kullanılması ve sonuçların birbirleriyle karşılaştırılması uygun görülmüştür.

Bu çalışmada emisyon hesaplamalarının güvenilir verilerle yapılması için organize sanayi bölgesi idari yetkilileriyle ortak çalışılmıştır. İdari biriminden 2019, 2020 ve 2021 yıllarını kapsayan doğal gaz, elektrik ve organize sanayi bölgesine ait araçların mazot tüketim verileri tedarik edilmiştir. Organize sanayi bölgesi sınırları içerisinde faaliyet gösteren firma sayıları, üretimlerinin ne olduğu ve firma NACE kodları derlenmiştir. Tüm bu veriler MS Excel'de toplanmış ve ilgili hesaplamalar yapılmıştır.

Çalışmanın sınırı organize sanayi bölgesinin fiziki sınırıdır. Bölge içinde tüketilen doğalgaz ve organize sanayi bölgesine ait araçların sınırları içinde tükettiği yakıt nedeniyle oluşan emisyonlar doğrudan emisyon olup kapsam-1 kategorisinde değerlendirilirken, satın alınan elektrik tüketimiyle oluşan dolaylı emisyonlar kapsam-2 altında hesaplanmıştır. Hesaplamalar için Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelinin 2006'da yayınladığı IPCC Ulusal Sera Gazı Envanterlerine İlişkin Kılavuzlar isimli rehberleri kullanılmıştır (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006).



Şekil 1: OSB alanı imar planı

Sera gazı emisyonlarının hesaplanması için gereken her bir parametre farklı kalitedeki verilerle belirlenir. Farklı kalitedeki verilerin kullanıldığı her bir metot katman ya da kademe veya daha bilinen adıyla kapsam olarak adlandırılır. Kapsam 1, IPCC'nin rehberlerinde bulunan tablolardaki genelleştirilmiş verilerin kullanıldığı metottur. Genel olarak daha az veri içeren temel bir yöntemdir. Dolayısıyla kapsam 1 en basit yöntemdir (Civelekoğlu & Bıyık, 2020). Fakat genelleştirilmiş veriler kullanıldığı için hata payı ve belirsizlik yüksektir. Kapsam 2 metodu, ülkeye özgü emisyon faktörlerinin yanı sıra emisyona neden olan faaliyete özgü verileri kullanır. Diğer bir ifadeyle, genelleştirilmiş veriler yerine ölçülmüş değerler ya da ülkenin kendi belirlediği emisyon faktörleri kullanılır. Kapsam 3 metodu faaliyete özgü izlenen ve kontrol edilebilen verileri kullanır. Örneğin yakıt için ölçülebilen yakıt karakteristikleri (karbon içeriği, moleküler ağırlık gibi) ve ölçülebilen yakıt miktarı (akış ölçerlerle, sensörlerle ölçüm) kullanılarak kütlesel CO_2 emisyonları hesaplanır (Yalılı Kılıç vd., 2021). Kapsam 3 metodu daha ayrıntılı ve ölçüme dayalı veriler kullanıldığı için hata payı ve belirsizliği en düşük metottur. Mevcut çalışmada organize sanayi bölgesinden gelen veri akışı kısıtlı olduğu için IPCC Kapsam 1 metodu ve ISO 14064 standartları baz alınarak (hesaplama temelli yöntemle) sera gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır. Dolayısıyla çalışmada, organize sanayi bölgesi sınırları içinde tüketilen doğalgaz, motorin ve elektrik esas alınmış ve IPCC kılavuzunda verilen emisyon faktörleri kullanılmıştır.

2.2. Doğalgaz Kullanımı Nedeniyle Oluşan Sera Gazı Envanterinin Hesaplanması

Organize sanayi bölgesi sınırları içinde tüketilen doğalgazın hangi kapsamda değerlendirileceği ve hangi sera gazlarından sorumlu olduğu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Doğalgazın yakılmasını içeren kapsam, alt kapsam ve doğalgazın yanmasıyla oluşacak sera gazları

	Kapsam	**Alt Kapsam**	**Sera Gazları**		
			CO_2	CH_4	N_2O
Doğalgaz	Kapsam 1 Doğrudan Emisyon	Kapsam 1.1. Sabit Yanma	+	+	+

İlk olarak organize sanayi bölgesi içindeki firmaların 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait aylık doğalgaz kullanımları temin edilmiştir. Bu veriler işlenerek aylık ve yıllık doğalgaz miktarı (sm^3) bulunmuştur. Doğalgaz tedariğini yapan firmalanın doğruladığı yoğunluk (0,72 kg/sm^3) kullanılarak doğalgaz miktarı hesaplanmıştır. Yakıtın net kalorifik değeri (48 TJ/Gg) IPCC'nin 2006 'da yayınladığı IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories rehberinin birinci bölümdeki Tablo 1.2'den alınmıştır (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023).

Kapsam-1 metodu baz alınarak doğalgazın yanması sonucu oluşan sera gazlarının emisyon miktarını hesaplamak için eşitlik 1-3 kullanılmıştır.

$$\text{SG Emisyonu } (\text{kg}CO_2) = \text{FV (TJ)x Doğalgaz EF } \left(\frac{\text{kg}CO_2}{\text{TJ}}\right) \text{x OF} \quad (1)$$

$$\text{SG Emisyonu } (\text{kg}CH_4) = \text{FV (TJ)x Doğalgaz EF } \left(\frac{\text{kg}CH_4}{\text{TJ}}\right) \text{x OF} \quad (2)$$

$$\text{SG Emisyonu } (\text{kg}N_2O) = \text{FV (TJ)x Doğalgaz EF } \left(\frac{\text{kg}N_2O}{\text{TJ}}\right) \text{x OF} \quad (3)$$

SG Emisyonu: Sera gazı emisyonu (kg CO_2, kg CH_4, kg N_2O)
FV: Faaliyet verisi (TJ cinsinden tüketilen doğalgaz miktarı)
EF: Emisyon faktörü (birim enerji başına emisyon miktarı) (kgCO_2/TJ, kgCH_4/TJ, kgN_2O /TJ)
OF: Oksidasyon veya yükseltgenme faktörü (tam yanma olması durumunda 1 olarak kabul edilmektedir)

Tablo 2'de IPCC tablolarında bulunan imalat sanayi alanında sabit yanmaya dair genelleştirilmiş emisyon faktörleri verilmiştir.

Tablo 2: Doğalgaza ait emisyon faktörleri (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006)

Yakıt	CO_2 **(kg/TJ)**	CH_4 **(kg/TJ)**	N_2O **(kg/TJ)**
Doğalgaz	56100	1	0,1

Yakıtın toplam eşdeğer CO_2 miktarını hesaplamak için CH_4 ve N_2O emisyonları bu gazların küresel ısınma potansiyelleriyle çarpılmalıdır. IPCC'nin 5. değerlendirme raporunda belirtilen ve 100 yıllık zaman dilimi esas alınarak hesaplanmış küresel ısınma potansiyelleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Küresel ısınma potansiyelleri (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014)

Küresel ısınma potansiyeli	CO_2	CH_4	N_2O
	1	28	265

2.3. Elektrik Tüketimi Nedeniyle Oluşan Dolaylı Sera Gazı Emisyonu Hesabı

Elektrik tüketiminin hangi sera gazlarına yol açacağı, ana emisyon kategorisi ve alt kategorisi Tablo 4'te belirtilmiştir.

Tablo 4: Elektrik tüketimini içeren kapsam, alt kapsam ve elektrik tüketimi nedeniyle dolaylı oluşacak sera gazları

	Kapsam	Alt Kapsam	Sera Gazları		
			CO_2	CH_4	N_2O
Doğalgaz	Kapsam 2 İthal Enerji	Kapsam 2.1. İthal Elektrik	+	+	+

Elektrik tüketimi kaynaklı emisyon hesaplamaları için Denklem 4 kullanılmıştır.

$$(\text{t}CO_2\text{eşd}) = \text{FV (MWh)x EF } \left(\text{t}CO_2 \frac{\text{eşd}}{\text{MWh}}\right) \quad (4)$$

Emisyon faktörü olarak Türkiye ulusal elektrik şebekesi birleşik marj emisyon faktörü kullanılmıştır. Tablo 5'te birleşik marj emisyon faktörü verilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Tablo 5: Birleşik marj emisyon faktörü

Faktör Türü	**Değeri (tCO_2eşd/MWh)**	**Kaynak**
Birleşik marj emisyon faktörü (2019)	0,7258	T.C Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı (Türkiye Ulusal Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü Bilgi Formu)

Satın alınan elektriğe ait kayıp-kaçak nedenli dolaylı emisyon kapsam 4 altında incelenmektedir. Bu çalışmada kayıp-kaçak nedenli dolaylı emisyon değerlendirilmeye alınmamıştır.

2.4. Motorin Tüketimi Nedeniyle Oluşan Dolaylı Sera Gazı Emisyonu Hesabı

Organize sanayi bölgesi genelinde motorinin araçlarda yakıt olarak kullanılması mobil yanma alt kategorisiyle doğrudan emisyona neden olan bir faaliyet olup, sera gazı olarak CO_2, CH_4 ve N_2O oluşur. Motorin kullanımına dair emisyon hesaplamaları Denklem (1-3) kullanılarak yapılmıştır. Motorinin net kalorifik değeri (43 TJ/Gg) için IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories rehberinin 1. bölümündeki Tablo 1.2 kullanılmıştır. Motorinin mobil yanması sonucu oluşan sera gazlarına ait emisyon faktörleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: Motorine ait emisyon faktörleri (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006)

Yakıt	CO_2(kg/TJ)	CH_4(kg/TJ)	N_2O(kg/TJ)
Motorin	74100	3,9	3,9

Bulunan sonuçların CO_2 eşdeğeri olarak ifade edilebilmesi için Tablo 3'te yer alan küresel ısınma potansiyelleri ile her bir emisyon çarpılmıştır.

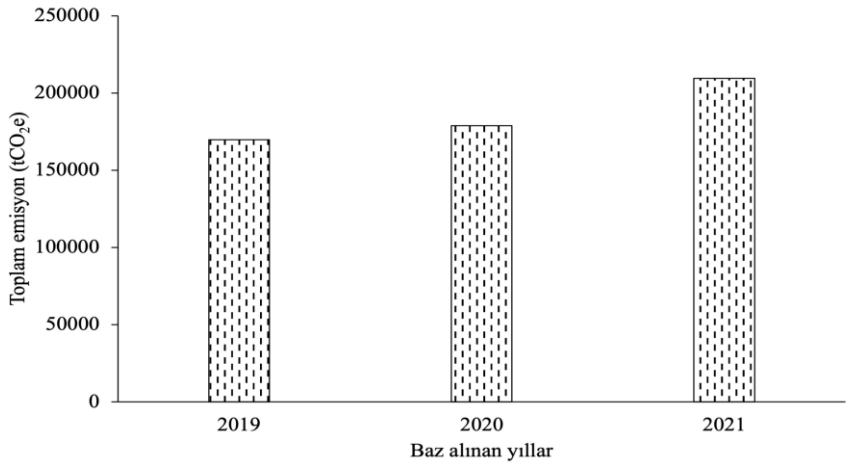
2.5. 2019-2020-2021 Yıllarına Ait Emisyonlar

Organize sanayi bölgesi sınırları içinde tüketilen yıllık doğalgaz, elektrik, motorin Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Organize sanayi bölgesinin 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait tüketim verileri

Yıl	Doğalgaz (m^3)	Elektrik (MWh)	Motorin (L)
2019	54307657,88	88549,35	27931
2020	40713773,27	137421,74	6836
2021	54002568,71	144236,36	11116

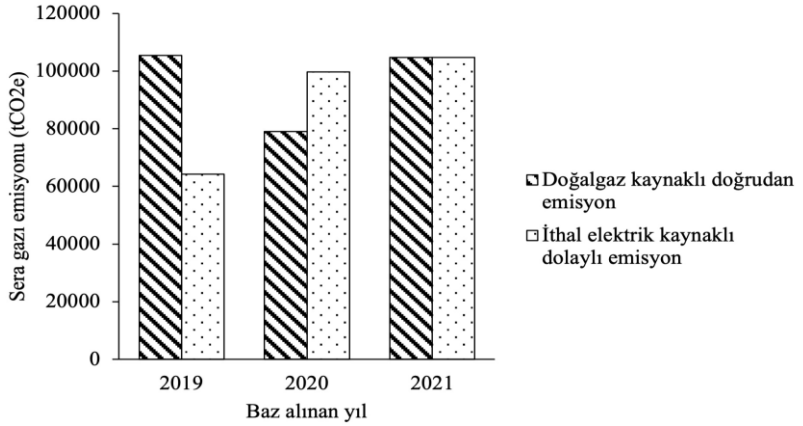
Organize sanayi bölgesinin 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait toplam emisyon miktarları Şekil 2'de verilmiştir.



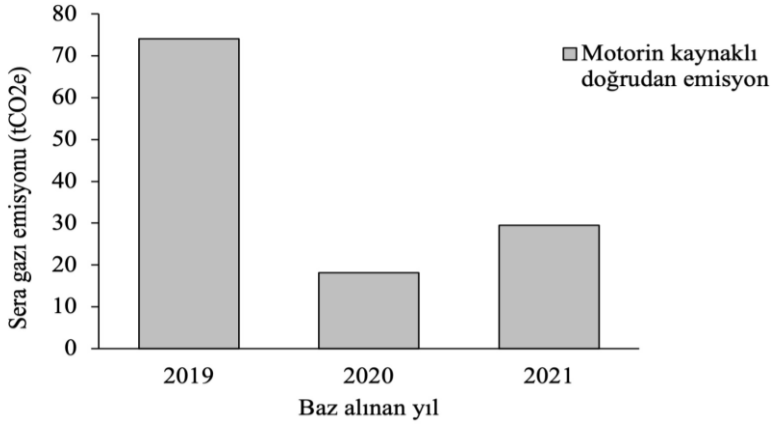
Şekil 2: 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait toplam doğalgaz, elektrik ve motorin kaynaklı toplam CO_2 emisyonu

2019, 2020 ve 2021 yıllarında bölge sınırları içinde toplam emisyona katkı yapan doğalgaz, elektrik ve motorine ait emisyon karşılaştırmaları Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir. Doğalgaz kaynaklı doğrudan emisyon 2019 yılında 105394,84 tCO_2e olarak hesaplanmışken 2020'de bu emisyon azalmış, 2021'de tekrar 2019'u yakalamıştır. İthal elektrik kaynaklı dolaylı emisyon ise 2019 yılında 64269,12 tCO_2e olurken, 2020 ve 2021'de elektrik kaynaklı emisyon miktarı artmıştır. Diğer bir ifadeyle elektrik talebi artmıştır. Motorin kaynaklı doğrudan emisyon, miktar açısından doğalgaz ve elektrik kaynaklı emisyonlardan oldukça düşüktür.

Fakat motorin kaynaklı emisyon da 2019 yılında 74,11 tCO_2e olurken, 2020'de %75,5 oranında azalmış ve 2021'de 29,49 tCO_2e değerine ulaşmıştır. Doğrudan emisyonların 2020'de düşmesinin en büyük nedeni Covid-19 nedeniyle yaşanan kapanmalardır.

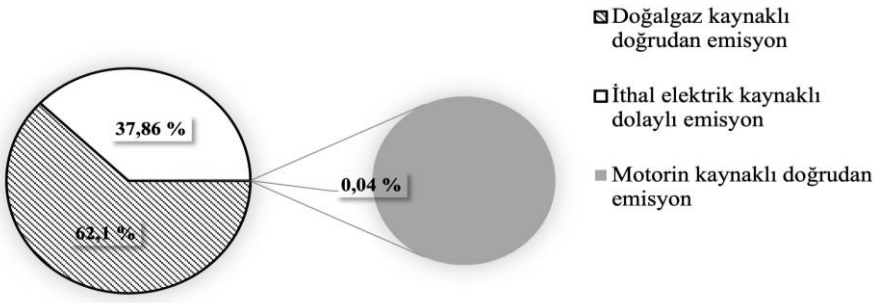


Şekil 3: 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait doğalgaz ve elektrik kaynaklı CO_2e emisyonu



Şekil 4: 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait motorin kaynaklı CO_2e emisyonu

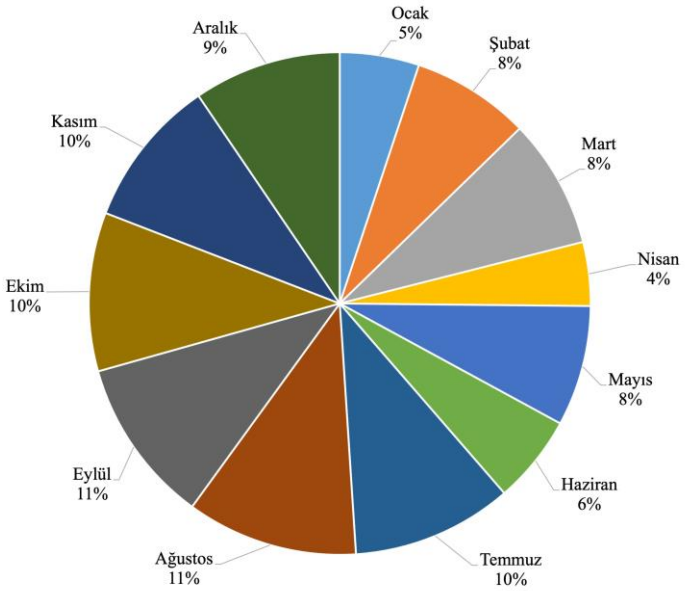
2019 yılında organize sanayi bölgesi sınırları içinde tüketilen doğalgaz, elektrik ve motorine ait toplam sera gazı emisyonu 169738,076 tCO_2e'dir. Doğalgaz, elektrik ve motorinin bu emisyona katkıları Şekil 5'te verilmiştir. 2019 yılındaki toplam emisyonların %62,14'ü Kapsam 1 altında değerlendirilen ve doğrudan emisyona neden olan doğalgazın ve motorinin yanmasına aittir. Toplam emisyonların %37,86'sı Kapsam 2 altında değerlendirilen ve satın alınan elektriğin dolaylı emisyonuna aittir.



Şekil 5: IPCC Kapsam 1 yaklaşımı ile 2019 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

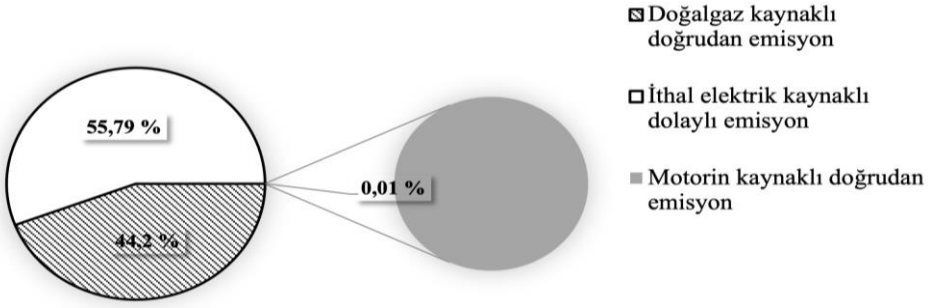
2019 yılına ait toplam emisyona en büyük katkıyı doğalgaz tüketimi yapmıştır. 2019 yılının aylık doğalgaz verileri ve aylık sera gazı üretimleri incelendiğinde her ayın birbirine yakın katkı yaptığı görülmektedir (Şekil 6). 2019 yılındaki doğalgaz kaynaklı toplam emisyonların %11'i ayrı ayrı ağustos ve eylül aylarında, %10'u ayrı ayrı temmuz, ekim ve kasım aylarında olmuştur.

Doğalgaz kullanımları firma bazında incelendiğinde ise doğalgaz tüketimi nedeniyle en fazla sera gazı emisyonunu (>%90) karo ve seramik imalatı faaliyet alanına giren firma yapmıştır. Kâğıt ve oluklu mukavva faaliyet alanına giren diğer bir firma da sera gazı emisyonunda ikincidir.



Şekil 6: 2019 yılına ait doğalgaz kaynaklı doğrudan emisyonlara aylık emisyon katkıları

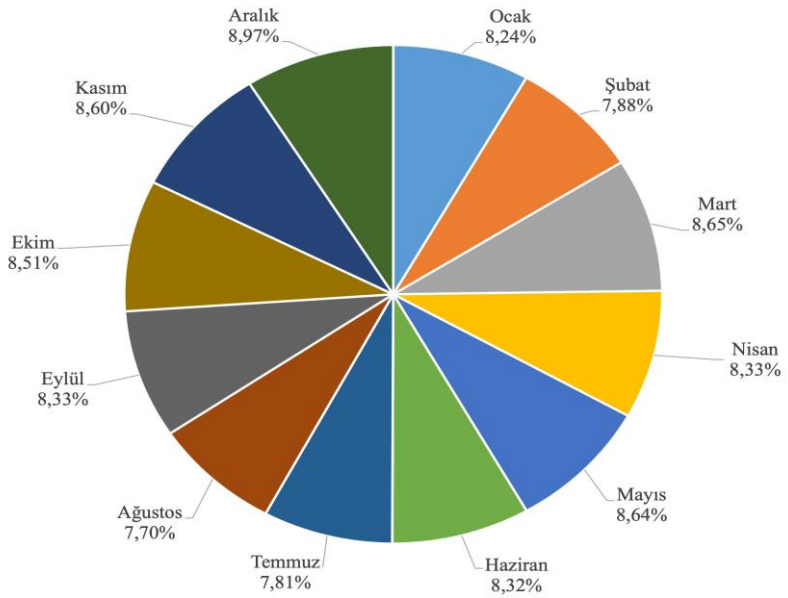
2020 yılına ait toplam sera gazı emisyonu 178772,038 t CO_2e'dir. 2020 yılı Covid-19 etkisinde geçmesine rağmen toplam emisyonlarda 2019 yılına kıyasla %5,32'lik artış olmuştur. Fakat 2019 yılından farklı olarak, 2020 yılında toplam emisyona en fazla katkıyı dolaylı emisyona neden olan ithal elektrik yapmıştır (Şekil 7).



Şekil 7: IPCC Kapsam 1 yaklaşımı ile 2020 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

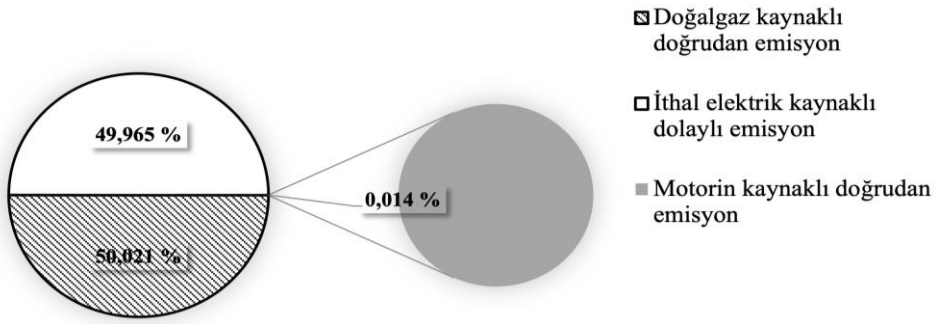
2020 yılı doğalgaz ve elektrik tüketim verileri daha dikkatli incelendiğinde doğalgaz tüketiminin 2019 yılına kıyasla %25 azaldığı, elektrik tüketiminin 2019 yılına kıyasla %55,19 oranında arttığı görülmüştür. Bu artışın nedenlerinden bir tanesi 2020 yılında organize sanayi bölgesi bünyesine doğalgaz tüketimi fazla olmayan fakat elektrik tüketimi olan 8 firmanın katılmış olmasıdır. Bu artışın diğer bir nedeni de elektrik talebinin firma bazında da artmış olmasıdır.

2020 yılı emisyonlarına en fazla katkı elektrik tüketiminden gelmiştir. Elektrik tüketimi ve oluşan sera gazları aylık bazda incelendiğinde, 2020 yılı içinde her ay birbirine yakın yüzdelerle toplam sera gazı miktarına katkı yapıldığı görülmüştür. Şekil 8'de görüldüğü üzere, 2020 toplam elektrik tüketimi nedeniyle dolaylı oluşan sera gazlarının %8,97'si aralık ayında (tüm aylar içinde en yüksek yüzdeliğe sahip), %7,70'i ağustos ayında (tüm aylar içinde en düşük yüzdeliğe sahip) oluşmuştur. Firma bazında bakıldığında da elektrik tüketimi nedeniyle en yüksek dolaylı sera gazı emisyonunu oluşturan birinci firma karo ve seramik imalatı faaliyet alanına giren ve doğalgaz tüketiminde de en fazla katkıyı yapan firmadır. Onu takip eden ise kâğıt ve oluklu mukavva faaliyet alanına giren kuruluştur.



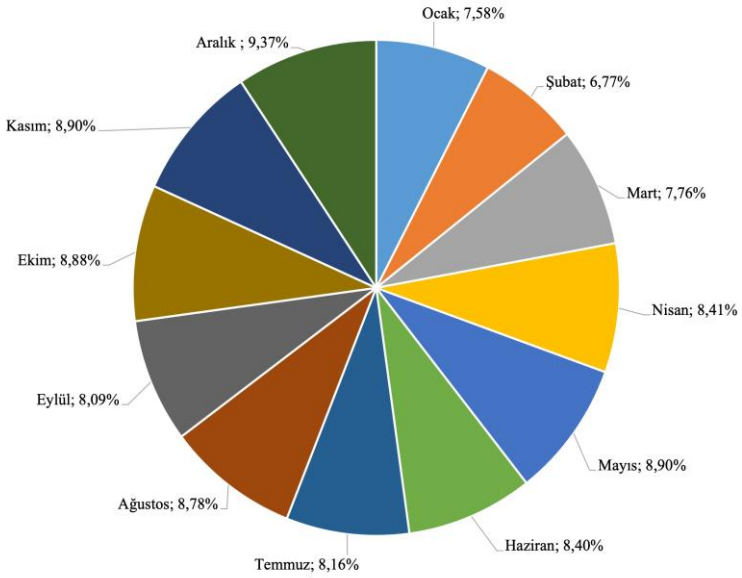
Şekil 8: 2020 yılına ait elektrik kaynaklı dolaylı emisyonlara aylık emisyon katkıları

2021 yılına ait toplam sera gazı emisyonu 209519 tCO_2e'dir. 2019 ve 2020'den farklı olarak, toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %50'si elektrik kaynaklı dolaylı emisyon, diğer %'0'si ise doğalgaz kaynaklı doğrudan emisyondur (Şekil 9). 2021 yılında motorin kaynaklı doğrudan emisyon oldukça düşüktür (tüm emisyonların %0,014'ü).



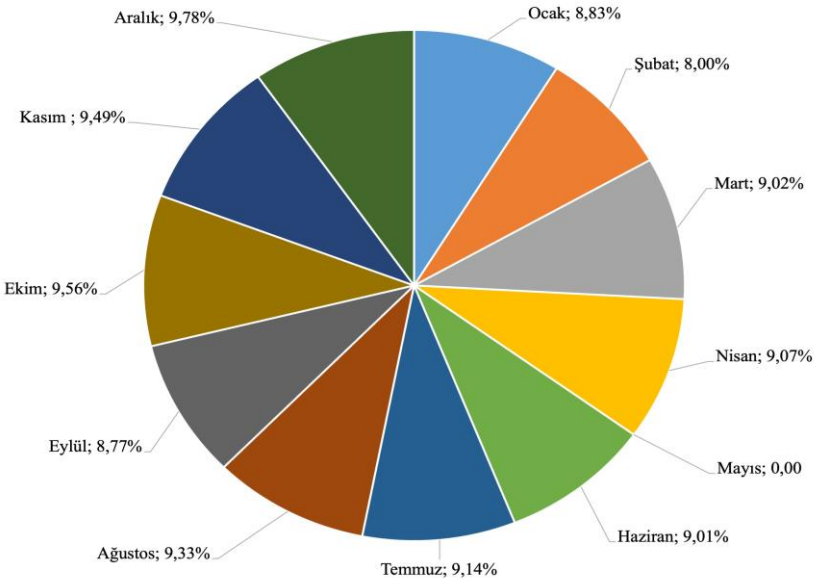
Şekil 9: IPCC Kapsam 1 yaklaşımı ile 2021 yılı emisyon miktarlarının dağılım yüzdeleri

2021 yılında doğalgaz nedeniyle oluşan doğrudan emisyonların aylık dağılımı Şekil 10'da verilmiştir. 2021 yılının toplam doğalgaz emisyonlarının % 9,37'si aralık ayında oluşmuştur. Ay bazında doğalgaza bağlı en düşük emisyon şubat ayında (% 6,77) olmuştur. Firma bazında yine en fazla doğal gaz kullanımı seramik faaliyeti yapan kuruluş tarafından olmuştur. Bu firmanın doğalgaz nedeniyle oluşan sera gazlarına aylık katkısı % 95-98 arasındadır. Takip eden kuruluş ise kâğıt ve oluklu mukavva üretimi yapan firmadır. Bu kuruluşun doğalgaz nedeniyle oluşan sera gazlarına aylık katkısı %1,8-1,5 arasındadır.



Şekil 10: 2021 yılına ait doğalgaz kaynaklı doğrudan emisyonlara aylık emisyon katkıları

Şekil 11'de 2021 yılına ait ithal elektrik kaynaklı dolaylı emisyonların ay bazında değişimi görülmektedir. 2021 yılında elektrik tüketimi nedeniyle oluşan toplam emisyonların % 9,78'i aralık ayında görülmüştür.



Şekil 11: 2021 yılına ait ithal elektrik kaynaklı dolaylı emisyonlara aylık emisyon katkıları

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada sera gazları ve sera gazı hesaplama yöntemlerine ilişkin temel bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda sera gazı hesaplamalarının yapılacağı organize sanayi bölgesi alanı hakkında genel bilgiler verilmiş olup, bu alan içerisinde yer alan fabrikalar genelinde sera gazı envanteri hazırlanmıştır. Sera gazı azaltım çalışmaları kapsamında ilk olarak sera gazına neden olan kaynaklar belirlenmiştir. Ardından bu kaynaklar neticesinde sistematik bir çalışma hazırlanarak ne kadar sera gazı emisyonu elimine edildiğine dair hesaplama yapılarak öngörü sunulmuştur. Yapılan çalışmalar ve hesaplamalar neticesinde temel olarak karbon ayak izinin, yani sera gazlarının atmosfere salınmasında insan faaliyetleri oldukça etkilidir ve sonuç olarak, insanlık ve doğal dünya, iklim değişikliğinin neden olduğu tehditlere karşı karşıya kalacaktır. Bu bağlamda organize sanayi bölgelerinin yeşil dönüşümlerinin desteklenmesi ve hızlı aksiyonlar alıp ülke genelinde tüm organize sanayi bölgelerinde bu dönüşümün yapılması ve tüm sürdürülebilirlik sorunlarının çözümüne destek olunmalıdır.

Sanayi sektörünün, enerji tüketimi ve karbon emisyonunda büyük payının olması sebebiyle enerji dönüşümü için öncelik verilmesi gereken alanları mevcuttur. Bu bağlamda organize sanayi bölgeleri genelinde üretim alanında faaliyet gösteren firmalar için öneriler arasında ilk sırada ürün ve malzeme verimliliği ile dönüşüm gelmektedir.

3.1. Sanayide Karbonsuzlaşma

Emisyona sebep olan faktörler bütün sektörler için etkisi aynı değildir ve sektörler arası büyük değişiklikler göstermektedir. Bu sebeple, emisyon azaltımı için uygulanacak sektörel stratejilerin ne kadar başarılı olacağı, bu farklılıkların ne kadar dikkate alınmış olduğuyla ilgilidir(Hiçyılmaz vd., 2022). IPCC'nin yakın zamanda yayınlanan raporu, söz konusu bu farklılıklara vurgu yaparak, tüm sektörlerde mevcut olan birçok seçeneğin, net emisyonları 2030 yılına kadar azaltmak için önemli bir potansiyel olduğunu göstermektedir. Net sıfır emisyon hedefine katkısı; enerji sektörü için rüzgar ve güneş enerjisi; ulaştırma sektörü için toplu taşıma, etkin akaryakıt kullanımı ve elektrikli hafif araçlar; konut sektörü için etkin aydınlatma ekipmanları gibi alternatiflerde bulunulurken, sanayi sektörü için enerji etkinliği, malzeme etkinliği ve ikamesi, yakıt değişimi (elektrik, hidrojen vb.), karbon yakalama ve yararlanma (CCU) ve depolama (CCS) teknolojileri, ve CO_2 harici emisyonların azaltımı gibi seçenekler karşımıza çıkmaktadır (Hiçyılmaz vd., 2022).

OSB genelinde imalat alanında faaliyet gösteren bu firmaların etkin malzeme kullanımı ile ürün bileşiminde yer alan bazı emisyon yoğun malzemelerin daha az emisyon yoğun malzemeler ile ikame edilmesi, ya da doğrudan daha az malzeme kullanılması aracılığıyla söz konusu ürünün aynı amaçlar ile aynı işlevleri sağlayabilen malzemelerin tercih edilmesi ile emisyon azaltımına katkı sağlayacaktır (Hiçyılmaz vd., 2022).

3.2. Elektrikli Araçlara Geçiş

Organize sanayi bölge müdürlüğüne ait olan traktör, pikap ve otomobillerin elektrikli araca dönüştürülmesi motorin kaynaklı emisyonların azaltılması için iyi bir seçenektir. Fakat bu azaltım, elektrikli araçlara güç sağlayacak enerjinin kaynağına da bağlıdır. Diğer bir ifadeyle eğer enerji üretiminde ağırlıklı olarak fosil kökenli yakıtlar (özellikle kömür) kullanılıyorsa ve yenilenebilir enerjinin payı düşükse, elektrik şebekeden alındığı sürece elektrikli araca geçiş CO_2 emisyonunda dramatik bir düşmeye neden olmayacaktır. Tablo 8'de 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait her bir farklı aracın yol aldığı kilometre başına CO_2 emisyonları ve farklı araçlardan kaynaklanan sera gazı emisyonları verilmiştir. Her bir aracın aynı km ve traktörün aynı çalışma süresinde motorin tüketiminin yerine elektrik tüketimi (kWh) hesaplanmıştır.

Tablo 8: 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait km-kWh cinsinden tüketim verileri

2019 yılı tüketim verileri				
Araçlar	**Motorin tüketim (L)**	**Menzil(km)**	**Tüketim(kWh)**	**Elektrik kaynaklı emisyon(tCO_2eşd)**
Ford F150 Pikap	6982,75	50599	13402	9,73
Otomobil(2 adet)	6982,75	116379	40732	29,56
Traktör	6982,75		11056	8,02
Toplam (kWh)			**65190**	**47,3**
2020 yılı tüketim verileri				
Araçlar	**Motorin tüketim (L)**	**Menzil(km)**	**Tüketim(kWh)**	**Elektrik kaynaklı emisyon(tCO2eşd)**
Ford F150 Pikap	1709	12384	3280	2,38
Otomobil(2 adet)	1709	4984	9969	7,24
Traktör	1709		2705	1,96
Toplam (kWh)			**15954**	**11,6**
2021 yılı tüketim verileri				
Araçlar	**Motorin tüketim (L)**	**Menzil(km)**	**Tüketim(kWh)**	**Elektrik kaynaklı emisyon(tCO2eşd)**
Ford F150 Pikap	27781	20135	5331	3,87
Otomobil(2 adet)	27781	92600	16205	11,76
Traktör	27781		4398	3,19
Toplam (kWh)			**25934**	**18,8**

Organize sanayi bölgesi genelinde yapılan çalışmada ZY marka elektrikli prototip traktörün batarya kapasitesinin 95 kWh ve 10 saatlik çalışma süresine (firmanın bu model için verdiği batarya kapasitesinin çalışma süresi) sahip olacağı belirlenmiştir (ZY Elektrikli Traktör, 2023). Saatte 9,5 kWh saatlik tüketim yapacağı, elektrikli pikabın da 100km mesafede 26,48 kWh tüketim yapacağı bulunmuştur.

Otomobilin ise 100km'de ortalama 15-20 kWh saatlik tüketim yaparak çalışacağı öngörülerek hesaplama yapılmıştır. Bununla birlikte organize sanayi bölgesinden alınan motorin kullanımları da 100km'de otomobil ve pikap için sırasıyla 6 L-13,8 L' dir, traktör için ise yapacağı iş ve markaların tüketimi değişiklik göstermektedir. Bu çalışmada ortalama saat bazlı tüketim olarak saatlik 4 L motorin kullanımı baz alınmıştır. OSB genelinde kullanılan araçların değişimiyle gerçekleştirilecek azaltımlar Tablo 9'da verilmiştir. Hesaplama sonucuna göre, elektrikli araçlara geçildiğinde sırasıyla 2019 yılında %37, 2020 yılında % 37 ve 2021 yılında ise %49 oranında bir CO_2 emisyon azaltımı sağlanacaktır.

Tablo 9: 2019-2020-2021 yıllarına azaltım miktarları

Yıl	Elektrikli araç kullanımı ile oluşan (tCO_2eşd) emisyon	Motorin kullanımı kaynaklı emisyon miktarları (tCO_2eşd)	Yüzde (%) değişim
2019	47,135	75,17	%37
2020	11,579	18,40	%37
2021	18,823	36,81	%49

3.3. Binalarda Enerji Verimliliği

Elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon salımını azaltmak için bir diğer yöntem ise binalarda enerjinin etkin kullanımının sağlanmasıdır. Enerji etütleri yapılarak bu yönde bir kazanım sağlanmış olacaktır. Sanayide kullanılan verimsiz elektrik motorlarının enerji verimliliği yüksek olan motorlarla değiştirilmesi, binalarda kullanılan aydınlatmaların LED lambalarla değiştirilmesi aydınlatmadan kaynaklı enerji sarfında azaltıma gidecektir (Zöhra & Akar, 2019; Yılmaz & Sungur, 2020).

3.4. Doğalgazın Endüstride Verimli Kullanılması

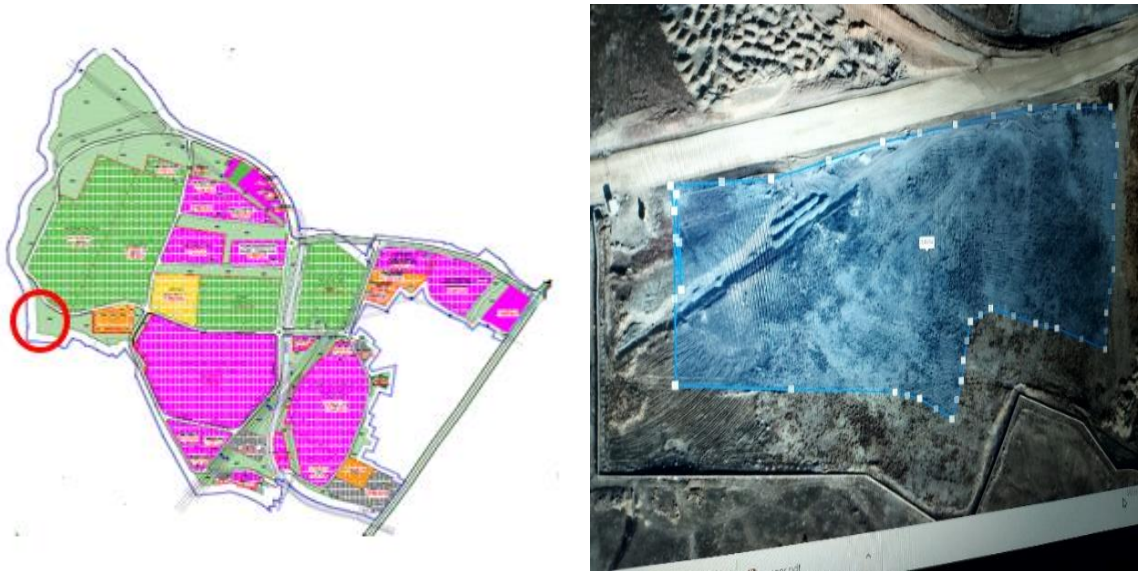
Doğalgazın verimli kullanılması sadece sera gazı azaltımı için değil dışa bağımlılığımızı azaltmak için de önemlidir. Doğalgazın verimli kullanılması için öncelikle doğalgazı en fazla tüketen endüstrilerin yanma şartlarını kontrol edip, tam yanmanın sağlanması için hava menfezleri temiz havayı yeterli miktarda yanma odasına vermelidir. Organize sanayi bölgesi genelinde yer alan firmaların doğalgaz kullanımlarını faaliyet alanlarına göre belirleyip emisyon azaltımı için kendi özelinde aksiyon planlarının oluşturulması ile daha özelde veri akışını sağlayacaktır. Baca çıkışlarının ve bacanın iç cidarlarının belirli aralıklarla kontrol edilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca baca gazı analizleri yapılarak yanmanın verimi kontrol edilmelidir. İyi bir ısı izolasyonu yapılarak ısı kayıpları en aza indirilmelidir. Atık ısı mutlaka değerlendirilmelidir. Öneride daha özele inmek organize sanayi bölgeleri için daha gerçekçi reçete sunumu olmuş olur.

3.5. OSB Sınırları İçinde Ağaçlandırma Çalışmaları

Bitkiler hem kendi bünyesinde hem de toprak altında köklerinde karbondioksiti tutarak karbon yutağı görevi görür (Karbon Yutağı, 2023). Özellikle ağaçlar CO_2 absorplamada oldukça önemlidir (Köhl & Martes, 2023). Çalışma genelinde karbon emisyonlarının azaltılması doğrultusunda OSB alanı içerisinde ağaçlandırma çalışmaları yapılarak karbon yutakları oluşturulması hedeflenmiştir. OSB sınırları içerisinde yer alan 20 dönümlük boş arazide ağaçlandırma çalışması yapılarak karbon yutağı oluşturulabilir. Her ağacın cinsine, yaşına, büyüklüğüne ve bulunduğu lokasyona göre emisyon tutma miktarı değişmektedir (Gül vd., 2021). Hopkins vd. (2022) yapmış olduğu çalışmada ağaç türleri arasında en fazla karbon tutma kapasitesinin meşe ağacına sahip olduğunu belirtmiştir. 1 dönümlük araziye 75 meşe ağacı dikilebilmektedir (Mississippi State University, 2015). Verilen 20 dönümlük boş arazi üzerinde 1500 adet meşe ağacı dikilebilmektedir. Bu da meşe ağaçları olgunluğa ulaştığında yıllık ortalama 33000 kg CO_2 absorplanmasına denk gelmektedir.

3.6. OSB Genelinde Güneş Enerjisi Santrali (GES) Çalışmaları

Organize sanayi bölgesi alanı içerisinde bulunan 20 dönümlük arazi üzerine GES kurulumu yapılarak elektrik ihtiyacının bir bölümünün karşılanması mümkün olabilir. Bu sayede elektrik kaynaklı karbon emisyonlarında azaltım amaçlanmıştır. Şekil 12'de kurulum yapılması öngörülen alan verilmiştir.



Şekil 12: GES kurulum sahası

GES hesaplamaları PVsyst (Sürüm 7.2.8) kullanılarak (şebekeye bağlı, gölgelemesiz, eğim/azimut: 25/3°) yapılmıştır. PV modülü için CW Enerji'nin CWT450-144PM-166 seçilmiştir. Birim gücü 450 Wp ve PV modül sayısı 4448 birimdir. Toplam panel yüzeyi 9682 m2'dir. Huawei Technologies markalı ve modeli SUN2000-100KTL-M1-400Vac olan 16 adet invertör seçilmiştir (toplam güç: 1600 kWac). Simülasyon sonucuna göre 3144 MWh/yıl güneş enerjisi üretileceği hesaplanmıştır. 20 dönümlük bir arazi üzerinde kurulacak olan GES ile 2283 tCO_2e karbon emisyon azaltımı yapılacağı hesaplanmıştır. Bununla birlikte bölge içerisinde yer alan boş arazilerin değerlendirilmesi ve bölge genelinde firmalar ile görüşülüp çatı tipi GES kurulması emisyon azaltımını artıracaktır.

Bu çalışma 2019 yılının pandemi öncesi, 2020 için pandemi dönemi ve 2021 pandemiden çıkış olarak incelenmiştir. Bu incelemeler doğrultusunda 2019 yılındaki toplam emisyon miktarının 2020'de pandemi kaynaklı azaldığını görmekteyiz. Fakat 2021'de tekrar 2019'u yakalamıştır. İthal elektrik kaynaklı dolaylı emisyon ise 2020 ve 2021 yıllarında 2019 yılına göre elektrik talebinin artmasıyla emisyon değerlerinde de artışı beraberinde getirmiştir. Motorin kaynaklı doğrudan emisyon, miktar açısından doğalgaz ve elektrik kaynaklı emisyonlardan oldukça düşüktür. Genel olarak farklı kaynaklardaki emisyonların 2020 yılında düşmesi pandemi kaynaklı firmaların kapanmalarıdır. Bölge sınırları içindeki faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı miktarı IPCC ve ISO 14064 standardı gereğince hesaplanmış, sera gazı oluşumuna en fazla katkı yapan faaliyetler ve firmalar tespit edilmiş ve bölge genelinde sera gazı azaltımına katkı yapabilecek unsurlar/projeler belirlenmiştir. Organize sanayi bölgesi alanına geliş -gidişten kaynaklı emisyonları ve personellerin iş seyahatlerinden kaynaklanan emisyonları, kuruluş tarafınca üretilen fakat farklı bir kuruluş tarafından bertarafı sağlanan atıklar kapsam-3 dahilinde olup bu çalışmada kapsam-3 değerlendirmeye alınmamıştır. Buna göre organize sanayi bölgesinin kullandığı doğal gaz ve organize sanayi bölgesine ait araçların (OSB sınırları içinde) kullandığı yakıt nedeniyle oluşan emisyonlar kapsam-1 kategorisinde değerlendirilmiştir. Hesaplanan envantere göre ileriki dönemlerde emisyon azaltım faaliyetlerinin yapılan çalışmada öngörüldüğü şekilde gerçekleştirilmesi için firmaların faaliyet bazında kapsam-3 de dahil edilerek detaylandırılması için çalışılması öngörülmüştür. ISO 14064 standartları göz önüne alınarak yapılan sera gazı envanterinde, hesaplamada kullanılacak faaliyet verilerinin yeterli ve güvenilebilir olması göz önüne alınmıştır. Proje önerilerine ek olarak, organize sanayi bölgesi genelinde çalışmaların desteklenebilmesi için toplumsal bilinçlendirme çalışmaları yapılmalı ve bu doğrultuda projeler geliştirilmelidir.

Kaynaklar

Altuğ, T., & Özkan, F. (2015). Sera gazı emisyonlarının izlenmesi, doğrulanması ve raporlanması. *Verimlilik Dergisi, 2,* 67-86. https://dergipark.org.tr/en/pub/verimlilik/issue/21774/234007

Civelekoğlu, G., & Bıyık, Y. (2020). Isparta ilinde karayolu kaynaklı karbon ayak izinin hesaplanması. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, *4*(2), 78-87.

Gül, A., Tuğluer, M., & Akkuş, F. G. (2021). Kentsel yol ağaçlarında yaprak yüzeyi karbon tutma değerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Forest Science, 5*(2), 516-535.

Hiçyılmaz, B., Alataş, S., & Karakaya, E. (2022). Sanayide karbonsuzlaşma: malzeme etkinliği stratejilerinin rolü. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi, 1*(2), 81-118.

Hopkins, L. P., January-Bevers, D. J., Caton, E. K., & Campos, L. A. (2022). A simple tree planting framework to improve climate, air pollution, health, and urban heat in vulnerable locations using non-traditional partners. *Plants, People, Planet*, *4*(3), 243–257. https://doi.org/10.1002/ppp3.10245

ICT Sert Danışmanlık Eğitim. (2022). *ISO 14064 sera gazı karbon ayak izi standartları nedir nelerdir*. 20 Ağustos 2023'de https://www.isokalitebelgesi.com/iso-14064-standardi-nedir-iso-14064-standartlari-nelerdir adresinden alındı.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 2: Stationary Combustion*. 22 Ağustos 2023'de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf adresinden alındı.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis report. contribution of working groups ı, ıı and ııı to the fifth assessment report of the ıntergovernmental panel on climate change.* 22 Ağustos 2023'de https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=195/ adresinden alındı.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. 22 Ağustos 2023'de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/ adresinden alındı.

Karbon Yutağı. (2023). *Çevresel Göstergele*r. 18 Nisan 2023'de https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yutak-alanlar-ve-karbon tutumlari-85723 adresinden alındı.

Köhl, M., & Martes, L. M. (2023). Forests: a passive CO_2 sink or an active CO_2 pump. *Forest Policy and Economics*, *155*, Article 103040. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.103040

Mississippi State University. (2015). *Oak Regeneration for the Future*. 22 Ağustos 2023'de https://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/p2625_0.pdf

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023, 22 Ağustos). *Türkiye Ulusal Elektrik Şebekesi Emisyon Faktörü Bilgi Formu*. 22 Ağustos 2023'de https://www.greensolarnetwork.org/assets/attachments/dosyalar/Elektrik-Şebekesi-Emisyon-Faktörü.pdf adresinden alındı.

T.C. Resmi Gazete. (2000). *Organize Sanayi Bölgeleri Kanunu*. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.4562.pdf

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). *Organize Sanayi Bölgeleri Hizmetleri*. 7 Şubat 2023'de https://www.sanayi.gov.tr/sanayi-bolgeleri/organize-sanayi-bolgeleri-hizmetleri

T.C. Ticaret Bakanlığı. (2021). *Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021*. 22 Ağustos 2023'de https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YEŞİL.pdf adresinden alındı.

Yalılı Kılıç, M., Dönmez, T., & Adalı, S. (2021). Karayolu ulaşımında yakıt tüketimine bağlı karbon ayak izi değişimi: Çanakkale örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11*(3), 943-955.

Yılmaz, S., & Sungur, C. (2020). Kamu binalarında mevcut aydınlatma elemanlarının LED aydınlatma elemanlarına dönüştürülmesi ile elde edilecek elektrik enerjisi tasarrufunun belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *Özel Sayı*, 214-218. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1324146

Zöhra, B., & Akar, M. (2019). Türkiye'de verimli elektrik motorlarına geçiş süreci ve şebeke kalkışlı sabit mıknatıslı senkron motorlar. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, *3*(2), 236-242.

ZY Elektrikli Traktör. (2023, 4 Nisan). *Teknolojimiz*. https://www.zyelektrikli.com/teknolojimiz