



T.C

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YALIN YÖNETİM YAKLAŞIMI İLE
KARBON AYAK İZİNİN AZALTILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serdar KARACA

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Ülge TAŞ

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 222361424 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Serdar KARACA tarafından hazırlanan "**OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YALIN YÖNETİM YAKLAŞIMI İLE KARBON AYAK İZİNİN AZALTILMASI**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Mühendislik Yönetimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ülge TAŞ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi:/...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr.
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza

Serdar KARACA

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi konusu ve hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ülge TAŞ'a teşekkürlerimi ve hürmetlerimi sunarım.

Tez çalışmamı gerçekleştirdiğim değerli Orsan şirketine çok teşekkür ederim.

Son olarak gerek iş hayatımda gerekse yüksek lisans eğitim hayatımda bana desteklerini esirgemeyen ve ayrıca onların zamanlarından alarak tamamladığım yüksek lisans hayatım için değerli eşim ve kızlarıma şükranlarımı sunarım.

Serdar KARACA

AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

DOĞRULUK BEYANI	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Otomotivde Kalite Yönetimi	4
2.1.1 IATF 16949 Otomotiv kalite yönetim sistemi standardı	5
2.1.2 ISO 14001 Çevre yönetim sistemi standardı	6
2.1.3 ISO 50001 Enerji yönetim sistemi standardı	7
2.2 Yalın Yönetim	8
2.2.1 Değer akışı haritalandırma	9
2.2.2 Tam zamanında üretim	9
2.2.3 Tam sırasında üretim	10
2.2.4 Tam zamanında üretim ortamında çizelgeleme	10
2.2.5 Hızlı kalıp değiştirme.....	11
2.2.6 5S	12
2.2.7 Altı sigma.....	13
2.2.8 Poka-yoke	14
2.2.9 Kaizen	14
2.2.10 PUKÖ döngüsü	15
2.3 Sera Gazı	15
2.4 Karbon Ayak İzi	17
2.4.1 Sera gazı emisyonlarının azaltılması ve sera gazı etkisi protokolü	19
2.4.2 Dünyada karbon ayak izi	21
2.5 Literatür Tarama	23
3. MATERYAL ve YÖNTEM	30
3.1 Araştırmanın Yöntemi	30
3.2 Veri Toplama	31
3.3 Veri Analizi	33
3.4 Araştırmanın Yol Haritası	34
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	36
4.1 Bulgular	36
4.1.1 Planla	36
4.1.2 Uygulama.....	42
4.1.3 Kontrol et	55
4.1.4 Önlem al.....	56
4.2 Tartışmalar.....	57
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	59
5.1 Öneriler.....	61
KAYNAKÇA	63
ÖZGEÇMİŞ	69

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE YALIN YÖNETİM YAKLAŞIMI İLE KARBON AYAK İZİNİN AZALTILMASI

Serdar KARACA

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ ANA BİLİM DALI

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ülge TAŞ

ÖZET

Dünya nüfusunun artmasıyla şehirleşme ve sanayileşme ile çevresel problemler de hızla artmaktadır. Bu sorunlar arasında iklim değişikliği en önemli tehditlerden biri olarak öne çıkmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için öncelikle sera gazı emisyonlarını düşürmek gerekmektedir. Bu çalışmada, otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin karbon ayak izinin (CFP) ölçülmesi ve azaltılması amacıyla Yalın Yönetim Yaklaşımı olan Kaizen kullanılarak vaka analizi gerçekleştirilmiştir. Hem yasal zorunluluklar hem de müşteri talepleri, kurumsal prestij ve pazarlama stratejileri, işletmeleri Kurumsal CFP hesaplamalarını yapmaya yönlendirmektedir. ABC işletmesinde gerçekleştirilen vaka analizinde, 2023 yılında 7.308 ton karbondioksit eşdeğer (t CO₂ eşd.) olan karbon ayak izinin Kaizen uygulamaları sonucunda 5.351 t CO₂ eşd. seviyesine düşürülerek %27 iyileşme sağlandığı görülmüştür. Kaizen uygulamaları kapsamında, üretim verimliliğini artırmak amacıyla fire, hurda ve tamir işlemlerinin hedeflenen değerlere ulaşması, bakım organizasyonunun yenilenmesi ve kesintisiz ürün akışının sağlanması gibi adımlar atılmıştır. Bu iyileştirmeler sonucunda, makine vardiya üretimleri %45 artış göstermiş ve enerji tüketimi optimizasyonu sağlanmıştır. Bu çalışmanın bulguları, otomotiv yan sanayi sektöründe karbon ayak izinin azaltılması için yalın yönetim yaklaşımlarının etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Benzer iyileştirmelerin farklı firmalara uyarlanması durumunda hem ulusal hem de uluslararası düzeyde çevresel sorunların çözümüne katkı sağlanabileceği öngörülmektedir. Ayrıca, literatürdeki boşlukları doldurması açısından bu çalışma mevcut durum analizi ve sürekli iyileştirme faaliyeti ile önemli bir katkı sunmaktadır. Sonuç olarak bu çalışmanın bulguları gelecekteki çalışmalarda yapılacak araştırmaların literatür ve endüstriyel uygulamalar için yararlı sonuçlarının olacağı gösterdiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Emisyon Ölçümü, Kaizen, Karbon Ayak İzi, Otomotiv Endüstrisi, Yalın Yönetim.

Ağustos, 2024; 69 sayfa

M.Sc. THESIS

**REDUCING THE CARBON FOOTPRINT WITH A LEAN MANAGEMENT
APPROACH IN THE AUTOMOTIVE SECTOR**

Serdar KARACA

**AKSARAY UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCES
ENGINEERING MANAGEMENT MAJOR SCIENCE**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ülge TAŞ

ABSTRACT

The rise in global population, urbanization, and industrialization has led to a rapid escalation of environmental problems. Among these issues, climate change poses a significant threat. To tackle the effects of climate change, it is crucial to decrease greenhouse gas emissions. This study uses Kaizen, a Lean Management Approach, to analyze and reduce the carbon footprint (CFP) of a company in the automotive industry. Legal requirements, customer needs, company reputation, and marketing strategies drive businesses to calculate their Corporate CFP. In a case analysis at ABC Plant, it was found that the carbon footprint, which was 7,308 tons of carbon dioxide equivalent (t CO₂ equ.) in 2023, decreased to 5,351 t CO₂ equ. due to Kaizen practices, marking a 27% improvement. Within the scope of Kaizen practices, measures were implemented to enhance production efficiency, such as meeting targeted values for wastage, scrap, and repair operations, renewal the maintenance organization, and ensuring smooth product flow. These improvements resulted in a 45% increase in machine shift production and optimized energy consumption. The study demonstrates that lean management approaches effectively reduce the carbon footprint in the automotive industry. It is anticipated that similar enhancements if adopted by other companies, can help address environmental issues at both national and international levels. Furthermore, this study makes a significant contribution to the literature by providing an analysis of the current situation and continuous improvement efforts. As a result, the findings suggest that future research will yield valuable results for both the literature and practical industrial applications.

Key Words: Carbon Emission, Kaizen, Carbon Footprint, Automotive Industry, Lean Management

August 2024; 69 pages

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Sigma düzeylerine karşılık gelen DPMO'lar.	14
Çizelge 2.2. Sera etkisine doğrudan katkılarına göre gazların sıralaması.	16
Çizelge 2.3. Türkiye'de Karbon ayak izinin bileşenleri.	23
Çizelge 2.4. Literatür tarama.	23
Çizelge 4.1. Organizasyon tablosu.....	36
Çizelge 4.2. Kaizen gazetesi.	38
Çizelge 4.3. Kayıp analizi.	41
Çizelge 4.4. Yıllık baca gazı emisyon ölçümleri.	42
Çizelge 4.5. Enerji yönetim prosedürü.	45
Çizelge 4.6. Karbon ayak izi talimatı.....	47
Çizelge 4.7. 2023 Karbon ayak izi hesaplama tablosu.	49
Çizelge 4.8. 2024 Karbon ayak izi hesaplama tablosu.	50
Çizelge 4.9. İşletme performans göstergeleri.	55
Çizelge 4.10. Yeni iyileştirme konu listesi.	56
Çizelge 4.11. Sürekli iyileştirme listesi.	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Atmosferde bulunan sera gazlarının yoğunluğunun yıllara göre değişimi.	16
Şekil 2.2. Türkiye'de sektörlere göre ve gazlara göre emisyon oranları.	17
Şekil 2.3. Sera Gazı Protokol Standartları kategorilerine göre gaz emisyonları.	19
Şekil 2.4. Dünya geneli ülkelerin karbon salınım sıralaması.	22
Şekil 2.5. Yıllara göre toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu.	22
Şekil 3.1. MADUR GA-21 gaz analizör cihazı.	32
Şekil 3.2. Yol haritası.	34
Şekil 4.1. Balık kılçığı bilgilendirme çalışması.	39
Şekil 4.2. Balık kılçığı problem alt başlık çalışması.	40
Şekil 4.3. Balık kılçığı diyagramı.	40
Şekil 4.4. No: 1 Yıkama havuz brülörü ve bacası.	43
Şekil 4.5. No: 2 Yıkama havuz brülör ve bacası.	43
Şekil 4.6. Toz boya pişirme brülör ve bacası.	44
Şekil 4.7. 2023 yılı aylık doğalgaz ve elektrik tüketimi.	51
Şekil 4.8. 2023 yılı aylık birim elektrik ve doğalgaz tüketimi.	52
Şekil 4.9. 2023 ve 2024 yılı aylık CFP.	52
Şekil 4.10. 2023 ve 2024 yılı aylık birim CFP.	53
Şekil 4.11. 2023 ve 2024 yıllık CFP.	53
Şekil 4.12. 2023 ve 2024 yılı ilk çeyrek birim CFP.	54

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
CFP	Karbon Ayak İzi
CO	Karbon monoksit
CO₂	Karbondioksit
ÇYS	Çevre Yönetim Sistemi
DAH	Değer Akışı Haritalandırma
DPMO	Milyon Fırsatta Kusur Sayısı
EAI	Ekolojik Ayak İzi
EYS	Enerji Yönetim Sistemi
FKA	Faaliyet Karbon Ayak İzi
GCP	Global Karbon Projesi
ISO	Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu
JIS	Just-In-Sequence, Tam Sırasında Üretim
JIT	Just-In-Time, Tam Zamanında Üretim
OEE	Toplam Ekipman Etkinliği
OSD	Otomotiv Sanayi Derneği
PPM	Milyonda Bir Parçacık
SMED	Hızlı Kalıp Değiştirme
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
t CO₂ eşd. vd.	Ton Karbondioksit Eşdeğer Ve diğerleri

1. GİRİŞ

Otomotiv endüstrisi motorlu taşıt araçları üreten ana sanayi ve bu araçlara parça üreten yan sanayi işletmeleri ve bu işletmelere hizmet sağlayan kuruluşlardan oluşan çok büyük bir sektördür. Bu sektör, kendisi dışında birçok iş kolu ile yakın ilişki içindedir. Bunlar demir-çelik, lastik ve petrokimya gibi önemli endüstrilerdir. Ulaşım endüstrisi de ayrıca otomotiv ile doğrudan bağlantılıdır. Otomotiv sanayisi hem kendi içinde hem de bağlantılı olduğu sanayi dallarıyla beraber ülkelerin ekonomilerinde kalkınma için bir lokomotif görevi görmektedir (Özkan, 2018).

Uluslararası alanda yapılan karbon azaltıcı ve net sıfır karbon anlaşma ve uygulamalarda otomotiv endüstrisi en önemli konu başlığıdır. Avrupa Komisyonu tarafından 2019 yılında yayınlanan Türkiye'nin de dâhil olduğu Avrupa Yeşil Mutabakatı ile Avrupa'da 2050 yılından itibaren net sıfır karbon emisyonu hedefi konulmuştur. Avrupa Yeşil Mutabakatı çevre kirliliğini azaltmayı amaçlayan çok çeşitli politika, önlem ve sübvansiyonlardan oluşmaktadır (Leonard vd., 2021). Bu mutabakat 2050'ye kadar net sıfır karbon emisyonunun tüm üyeler tarafından taahhüt edilmesi ile bir yasa haline gelmiştir. Net sıfır karbon emisyonu için belirlenen 1,5°C küresel sıcaklık artışı hedefine ulaşmak için özellikle otomotiv sektörünün çok hızlı ve kapsamlı bir dönüşümü gerekmektedir (Mai Bui, 2020).

Otomotiv sektöründe üretilen araçların karbon emisyonsuz üretilmesi net sıfıra giden yolda en önemli aksiyondur. Fakat yeterli değildir. Bu araçlara parça üreten yan sanayiler için de karbon emisyonu azaltıcı, takip edici aksiyonlar gerekmektedir. Net sıfır karbon emisyonu ile daha temiz ve sürdürülebilir bir ulaşım için Avrupa Komisyonu, otomobillerden kaynaklanan karbon emisyonlarını azaltmak amacıyla 2030 yılında %55 daha düşük olması, 2035 yılına kadar net sıfır emisyonun sağlanması gibi çeşitli hedefler önermektedir. Net sıfır emisyonlu otomobillere ait pazarın büyümesini teşvik ederek elektrikli araçlar piyasaya sunulmaktadır (Chiaramonti vd., 2021).

Doğaya salınan zararlı sera gazları içerisinde en fazla pay karbon gazına ait olduğundan bireysel ya da kitlesel faaliyetler sonucu doğaya salınan karbon gazının ölçülmesi sonrasında ortaya çıkan sonuç Karbon Ayak İzi (Carbon Foot Print-CFP) terimi ile ifade edilmektedir (Plassmann ve Edwards-Jones, 2010).

Ülkelerin tek başına CFP azaltma amacına yönelik hedef koyamaması nedeniyle ortak bir dil oluşturmak için 2005 yılında 84 ülke tarafından Kyoto Protokolü imzalanmış ve sonrasında yürürlüğe girmesi ile bu sorun çözülmüştür (Norregaard ve Reppelin-Khll, 2001).

2020'de Kyoto Protokolü'nün taahhüt döneminin sona ermesi ve taraf ülkelerin taahhütlerini tam olarak yerine getirememesi nedeniyle 2020 sonrası dönem Paris İklim Anlaşması kabul edilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Kyoto Protokolü, karbon emisyonlarının azaltılmasında yeşil bir başlangıçken, Paris İklim Anlaşması küresel olarak insanın geleceği için yeni bir umut olarak değerlendirilmektedir (Demir, 2022). Buna bağlı olarak Türkiye'de Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından verilen Çevre İzni belgesine sahip olabilmek ve faaliyet gösterebilmeleri için işletmelerin Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği uyarınca iki yılda bir emisyon ölçümelerini yaparak rapor hazırlamaları gerekmektedir. Zorlayıcı mevzuatların yanında işletmeler yakın gelecekte rekabet unsuru haline gelecek olan CFP ölçümelerini düzenli olarak takip etmektedir.

Kalite, Çevre ve İnsan Sağlığı Yönetim Sistemleri ile karbon salınımının değerlendirilmesi sektörde belirleyici unsur haline gelmektedir. Müşteri memnuniyetini en yüksek düzeyde yakalamak ve rakipleri ile olan yarışta var olabilmek için işletmeler, çeşitli metodolojilere sahip kalite yönetim sistemleri ile işletilmektedir. Otomotiv sektöründe de kullanılan bu metodolojilerinden en etkili olanı Yalın yönetimdir ve Kalite yönetim sistemi (KYS) ise IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Standardıdır.

İşletmelerin otomotiv sektöründe en büyük pazar payı kapmaları ve kalıcı olarak faaliyet göstererek kâr sağlayabilmeleri doğru yönetilebilmeleri ile sağlanır. Yalın yönetim uygulamaları, en etkin faaliyet ortamının oluşturulmasına olanak sağlar. Bu sebeple kurumsal ya da kurumsal olmayan bütün işletmelerde uygulanması en çok benimsenmiş yönetim tekniklerinin başında Yalın yönetim uygulaması gelmektedir (Şahin ve Akolaş, 2020; Gerger, 2022).

Yalın yönetim teknikleri, kaliteyi artırarak müşteri beklentilerini karşılarken, aynı zamanda doğal kaynakları en efektif şekilde kullanmak, doğaya en az etki etmek amacıyla şirketlerin ve kurumların benimsediği kaynakları verimli kullanmak, etkin

Üretim süreçleri oluşturmak için etkin bir şekilde yürütülmektedir. Yalın yönetim çalışmaları, son zamanlarda sıfır karbon hedefiyle gündemde olan yeşil dönüşüm çalışmalarının yani sürdürülebilir üretim, uzun dönem yaşam ve kaynakların efektif kullanımı için yüksek öneme sahiptir.CFP azaltılması ile ilgili yalın tekniklerin kullanılması da bu sebeple etkin olmaktadır (Ng vd., 2015; Aydın, 2023).

Günümüzde bütün işletmelerde güncel olarak karbon ayak izi takibi ve ölçümleri yapılabilirmektedir. Otomotiv endüstrisinde faaliyetlerden kaynaklanan ölçümlerin yapılması ve sisteme dâhil edilmesi ile sistemsel olarak takibi konusunda açık olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın literatüre karbon ayak izi konusunun yalın yönetim tekniği ve kalite yönetim sistemine uygulanması hakkında katkıda bulunan araştırmalardan biri olması beklenmektedir. Bu çalışmada, otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede karbon ayak izi ölçümleri ve takibi Yalın yönetim uygulamaları ile azaltma aksiyonlarının yapılması sonrası işletmenin yönetim sistemine entegresi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Otomotivde Kalite Yönetimi

Otomotiv sektörü katma değer sağlamanın yanında oluşturduğu istihdam, yan sanayi, yeni imalat teknikleri ve farklı sektörlerle de sağladığı talepler ile ülkelerin ekonomilerine çok önemli katkıları bulunmaktadır (Özkan, 2018).

Global olarak kalite bilincinin yerleşmesi ve artması ayrıca standartlaşmaya olan gereksinimler sektöre özel standartların da ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kalite, müşteri kullanımına uygunluk veya hizmet/ürünün müşteri taleplerini karşılaması şeklinde tanımlanmaktadır (Hoyle ve Gerger, 2000).

Uluslararası rekabet şartlarında artan ürün ve hizmet sağlayıcıları rekabetçi malları ve verimlilik kabiliyetleri ile rekabet ortamını daha da zorlaştırmaktadır. Müşterinin pazarlık gücünün artması üreticiyi kısa teslim sürelerine zorlamaktadır. Kısa teslim süreleri, yüksek kalitede ürün, makul fiyat ve ayrıca sürekli gelişen ürünler gibi faktörler kritik başarı için önemini artırmaktadır. Pazarda yaşanan bu rekabetçi ortam sürekli devam eden, gelişen ve bitmeyecek süreç halini almıştır. Bu süreçte pazardan silinmek, arka sıralara düşmek istemeyen işletmeler yeniden yapılanmak zorundadır. Bu yapılanmanın amacı, üretimi verimli hale getirmek şeklinde olmalıdır. Otomotiv sektörünün insanlığın genel gelişimi ve özellikle de kalite anlayışında büyük katkısı vardır. Rekabetçi piyasada iyi olmanın yeterli değil ama gerekli olduğunu en iyilerin bulunduğu ortamda eşit teknolojik şartlarda konumun koruna bilmesi için geliştirilme ve iyileştirilmeyi başarmak gerektiğini ilk fark eden sektör otomotiv sektörüdür. Ürünlerin istenilen kalitede olmasını sağlamak için kullanılan birçok standart vardır (Yılmaz, 2012; Zorana vd., 2021).

Bir kuruluşun kalite uygulamaları (kalite kültürü ve bağlamı içerisinde yer alan) eylem ve prosedür olarak, işletme ve organizasyon tarafından yüksek kalite ürün ve hizmet sağlamak adına kayıt altına alınır (Barros vd., 2014).

Tedarikçilerin otomotiv endüstrisinde giderek artan bir rolü vardır. Kalite Yönetim Standartları (QMS) doğru seçilmiş ve nitelikli tedarikçilerden oluşan tedarikçi ağı oluşturmak için temel gereksinimlerdir (Fonseca ve Domingues, 2017).

2.1.1 IATF 16949 Otomotiv kalite yönetim sistemi standardı

IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Standardı, otomotiv sektörü için tedarik zincirinde dünya çapındaki çeşitli değerlendirme ve belgelendirme sistemlerini uyumlu hale getirmek amacıyla Uluslararası Otomotiv Görev Gücü (IATF) tarafından 1999 yılında başlatıldı. IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Standardı, otomotiv tedarikçilerinin QS9000 ISO Kalite Standartları, VDA6 Alman Kalite Yönetim Sistemleri ve EAQF Fransız Kalite Yönetim Sistemleri gibi birden fazla sektörel sertifikasyona olan ihtiyacını ortadan kaldırmayı amaçlamıştır (Laskurain vd., 2017).

IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Standardı, otomotiv sektörü için uluslararası bir KYS standardıdır. Bu standart, endüstrinin büyüklüğünden ayrı olarak tüm otomotiv sektörü için geçerlidir. IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Standardı, ISO 9001 Kalite Yönetim Standardı ve otomotiv endüstrisine özel ek gereksinimleri kapsamaktadır.

IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Standardı olarak tanımlanan bu sistem Uluslararası Otomotiv Görev Gücü (IATF: The International Automotive Task Force) tarafından geliştirilmiş ve işletilmiştir. Otomotiv sanayisinde faaliyet gösteren tüm dünyadaki tedarikçilerin değerlendirme ve belgelendirmeleri için sağlanan ortak platformdur (Gerger, 2022).

IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Standardı, Uluslararası Otomotiv Görev Gücü adıyla dünyada lider otomobil imalatçılarının oluşturduğu platform tarafından ortaya getirilen global bir sistem standardıdır. Bu standart tasarım, geliştirme, üretim, montaj ve bağlı servisleri de dâhil ederek bütün süreçleri içeren bir KYS oluşturmayı amaçlar. Ana sanayi otomotiv imalatçıları, dünyada yerleşik bütün yan sanayi üreticilerinin aynı dili konuşup anlaması ve müşterinin talep ettiği kaliteli ürünü imal etmek için özellikle otomotiv sektörüne hitap eden ve sektöre özel KYS oluşturmuşlardır. Bu KYS ile sektör taleplerini karşılayan, gereklilikler sağlayan ve sürekli yüksek performans gösteren işletmeler oluşturmak hedeflenmiştir. IATF 16949 Otomotiv Kalite Yönetim Sistemi Standardı, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi, OHSAS 45001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi gibi ISO standartlarıyla birleştirilerek uygulanması kolayca sağlanabilir. Tedarik zincirinde bulunan işletmeleri sürekli iyileştirmek, risk analizleri yapmak, hataları

önlemek, değişiklikleri ve israfı önlemek odak noktası olan bir sistemi geliştirmektir (Çağlayan, 2019; Gerger, 2022).

2.1.2 ISO 14001 Çevre yönetim sistemi standardı

Çevre kirliliği sorunu 20. yüzyılın özellikle ikinci yarısından itibaren önem kazanmıştır. Çevre sorunlarının kirliliğin sınırları aşması sebebiyle küresel anlamda çözüm bulunmasını zorunlu hale getirmiştir. Ürün ve hizmetlerin gerçekleştirilmesi sürecinde oluşan atıkların azaltılması, geri dönüştürülmesi, çevrenin korunması ve doğal kaynakların verimli harcanmasını sağlamak amacı olan çevre yönetim sistemlerinin oluşturulması yürütülmesi önem kazanmıştır (Yontar, 2007).

Doğal kaynaklara verilen zararlar, insan gereksinimleri, üretim ve tüketim faaliyetlerinin çoğalması ile artış göstermiştir. Bu artış ile çevresel sorunlar da artarak toplumu etkiler hale gelmiştir. İmalat süreçlerinde çevreye verilen etkinin en az düzeyde olması için çaba harcanmalıdır. Çünkü toplum ve çevre bir bütündür.

Global dünyada iyi ürün ve hizmeti uygun maliyete sunmanın yanında çevreye verilen etkinin azaltılması da müşteriler için önemli odak noktasıdır. İşletmeler çevreye etkilerini azaltmak, ölçmek ve eksik noktalarını tamamlamak amacıyla ÇYS (Çevre Yönetim Sistemi)'ni uygulamaktadırlar.

Tüm bitki ve canlıların sağlıklı yaşamaları, gelecek nesillerin yaşanabilir, temiz ortamda yetişmeleri, doğal kaynakların korunması ve doğru kullanılması ile ekonomik gelişmenin sağlanması için çevre yönetiminin uygulanması büyük önem arz etmektedir.

Firmaların faaliyetlerinden kaynaklanan potansiyel çevre etkilerinin kontrol altına alınmalarını sağlayan standart yapısı ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Standardı olarak adlandırılır. Çevre kirliliğini azaltmak, atık ürünleri geri dönüşüme kazandırmak, enerji ve doğal kaynak tüketimini verimli hale getirerek, maliyetlerin düşürülmesini sağlamak ve ayrıca çevreye duyarlı ürünler pazarına girme fırsatının bu standartlar serisi ile yakalanması amaçlanmaktadır. ISO standartlarına uyum gönüllüğü getirmesine karşın sektörlerde ticari öncelik haline gelmesi zorunlu hale gelmesine neden olmuştur. Müşterilerin işletmelerden çevresel beklenti ve isteklerinde sürekli artış yaşanmaktadır (Ertuğrul ve Şavlı, 2013; Karaer ve Pusat, 2022).

Üst yönetim başarısının yakalanması adına, ÇYS' nin oluşturulması ve faaliyet, mal ve hizmetler ile ilgili çevre yönetiminin geliştirilmesi konusunda taahhüt vermelidir. Bundan sonra kontrol ve değerlendirmeler, rakiplerle karşılaştırmalar yapılarak ilk etapta gözden geçirmeler yapılmalıdır. Çevre performansları takip ve artırılması, çevre etkilerinin azaltılması adına işletme misyon ve vizyonu belirleyerek çevre politikası oluşturmalıdır. Firmanın çevre etki değerlendirmesi yapılmamış ise çevreye etkilerinden olan atık miktarları, derecesi, boyutu ve değerlendirmeleri yapılmalıdır (Üstün, 2000). Amaç ve hedeflerin ortaya konması, sistemin faal hale getirilerek izleme, ölçme ve değerlendirme yapılması sonraki aşamalardır. Kurulan yönetim sisteminin etkinliği, uygunluğu ve devam ettiğinin güvence altında olması için yönetim belirlediği aralıklarla gözden geçirmeler yapılmalıdır (Karaer ve Pusat, 2022).

2.1.3 ISO 50001 Enerji yönetim sistemi standardı

Küresel çapta ülkelerin ekonomik büyümelerini gerçekleştirebilmeleri için enerji en önemli parametredir. Üretim sanayisinde harcamaların %50'sinin enerji olduğu düşünüldüğünde enerji maliyetlerini düşürmek en büyük amaçtır. Enerji tasarrufu ve verimliliğine yapılacak yatırım en önemli aksiyondur. İşletmeler verimli kullanılan enerji kaynakları ile maliyetlerini düşürebilirler. Enerjinin bu denli önemli olduğu ve enerji maliyetinin firmalar açısından en büyük kazanç noktası olduğu durumda etkili enerji yönetim sisteminin kurulması kendi içerisinde zorunluluk halini almıştır. Bu bağlamda uluslararası anlamda çözüm, ISO 50001 Enerji Yönetim Standardı olarak karşımıza çıkmaktadır (İncekara, 2020).

Enerji yönetim sistemi (EYS) ile firmalar enerji verimliliğini kontrol altına lıp sistemsel olarak takip edebilir. ISO 50001 Enerji Yönetim Standardı, işletmelerin ve diğer kurumsal firmaların enerjinin kontrolünü, belgelendirmelerini ve tüm çalışanların farkındalığını artırarak enerji kullanımının azaltılmasını sağlar, enerjide sürdürülebilirlik oluşturur (Fiedler T. ve Mircea, 2012).

ISO 50001 Enerji Yönetim Standardı enerji yönetiminin yapılandırılmış uygulaması için bütünsel ve uluslararası bir çerçevedir. İlk olarak Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından 2011 yılında yayınlanmış ve 2018 yılında yenilenmiştir. ISO 50001 Enerji Yönetim Standardı'nın amacı kuruluşların sürekli olarak gelişmelerine

yardımcı olmaktadır. Standart, enerji yönetimi için kuruluşun derinlemesine ve sürdürülebilir gelişmesine olanak tanıyan gereklilikleri belirtir (Fuchs, 2020).

Enerji girdi harcamalarını azaltarak enerji verimliliğini sağlamak, faaliyet alanı fark etmeksizin bütün ulusal ve küresel işletmelerin ana amaçlarının en başında olmalıdır. Enerji kullanımının fazla olduğu sektörlerde enerji verimliliği potansiyel noktaları gözden kaçabilmektedir (Ural ve Ark, 2020). Bu potansiyel noktaların tespit edilmesi ve yapılan uygulamalar ile verimliliğe dönüştürülmesi firmanın olduğu gibi ülke ekonomisi açısından da en yararlı faaliyettir. Uygun kullanılan enerjinin ve sistemsel olarak yönetilmesi ile sera gazlarının da azaltılması maliyetlerinde düşürülmesi noktasında ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi küresel çapta birçok yerde uygulanmaktadır. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi standardıyla belirtilen enerji yönetimi, ana amaç olarak enerji verimliliği, kullanımı ve tüketimi ile ilgili ölçülebilir, değerlendirilebilir sonuçları ifade eden enerji performansının önce belirlenmesi ve sonrasında sürekli iyileştirilmesine odaklanır (Kıyılmaz vd., 2021)

2.2 Yalın Yönetim

Yalın yönetim firmaların müşterilerle beraber kazanç ortaklığını verimliliği artırarak pekiştiren etkin bir tekniktir (Abdulmalek ve Rajopal, 2007; Maruthamudhu vd, 2011; Monden, 2012; Okur, 1997; Shingo, 1983; Womack ve Jones, 2016). İsrafi yok etmek ve verimliliği artırmak yalın yönetim tekniklerinin amacıdır (Wee ve Wu, 2009). Katma değeri olmayan faaliyetler israf olarak ifade edilir (Imai, 2014). Yalın yönetim teknikleri Toyota Üretim Sistemine ile ortaya çıkmıştır ve bunlar; DAH (değer akışı haritalandırma, VSM-value stream mapping), JIT (just in time-tam zamanında üretim), JIS (just in sequence – tam sırasında üretim), Kanban (tam zamanında üretim ortamında çizelgeleme), Kaizen (sürekli iyileştirme), SMED (hızlı kalıp değiştirme), 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu ve Shitsuke adlı 5 adımdan oluşan temizlik ve düzen organizasyonu), Altı Sigma (üretimde hata oranını bir milyonda 3,4'e indirmek), Poka-yoke (hata önleyici düzenekler) gibi işletme üretim faaliyetlerinde örnek alınarak çoğunlukla uygulanan etkin verimli üretim araçlarıdır (Taş, 2021).

2.2.1 Değer akışı haritalandırma

Bir kâğıt kalem tekniği olarak adlandırılan Değer Akışı Haritalandırma (DAH) yalın yönetim teknikleri arasında en geniş kapsamlı iyileştirme yöntemlerindendir ve son zamanlarda üretim süreçlerinde sürelerin kısaltılmasına, verimliliğin yükseltilmesine çok fazla katkı yapmaktadır. Tedarikçiden son kullanıcıya kadar tüm süreçlerin görselleşmesini sağlamaktadır. Hazırlık süreleri, çevrim süreleri, stokta bekleme süreleri, taşıma süreleri, stok seviyesi gibi esas büyük görselde katma değeri olmayan değerlerin, tedarikçiden müşteriye kadar geçen süreçteki matematiksel değerlerinin azaltılması için yapılması gereken iyileştirmeleri gösteren şema olarak adlandırılır (Rother ve Shook, 1999).

DAH ilk defa Taiichi Ohno ve Shiego Shingo tarafından telaffuz edilmiştir (Özkan vd., 2005).

Toyota Üretim Sisteminde yalın yönetim metodu olarak adlandırılan bu yöntem, Rother ve Shook (1999) tarafından "Görmeyi Öğrenmek: Değer Yaratmak ve İsrafi Ortadan Kaldırmak İçin Değer Akışı Haritalandırma (Learning To See: Value Stream Mapping To Add Value and Eliminate Muda)" adı ile yayınlanan kitap ile kâğıt-kalem tekniği olarak literatüre tanıtılmıştır (Taş, 2021).

DAH'da yapılması gereken ilk adım, üreticiden son kullanıcıya kadar geçen prosesin hali hazırdaki durumunu bilgi ve malzeme akışı, stok, iş yapan ve makinenin temsili olarak resmetmektir. İkinci aşama iyileştirmeleri yaparak tekrar görselleştirmektir. Diğer bir tanım ile mevcut durum ve iyileştirme sonrası durum için iki adet görsel oluşturmaktır. İki görsel arasındaki fark iyileştirme ve verimlilik çalışmaları sonucu elde edilen kazanım miktarını verecektir.

DAH uygulamalarında mevcut durum ve iyileştirme sonrası durum için iki görsel elde edilirken ortak dil olması açısından evrensel simgeler kullanılarak çizim yapılır. DAH üretimin yalın hale gelmesinde bütün işlemlerin anlık görselini ortaya koyan ve üretimin iyileştirilmesinde kullanılan en iyi metotlardan birisidir (Duggan, 2002).

2.2.2 Tam zamanında üretim

Prosesin ihtiyaç duyduğu ürün ve malzemeyi bir önceki adımdan gerektiği kadar çekmesi ilkesi tam zamanında üretim sistemi tanımı ile ifade edilmektedir. Yapılan üretim planlaması çekme ilkesine göre yapılması halinde verimlilik yükselmektedir.

Sistemde olumsuz bir nokta bulunması halinde bu sistem ile tespit edilmesini sağlar ve stoksuz çalışma olanağı oluşturur (Üreten, 2005). Yalın yönetim de Tam Zamanında Üretim (JIT-Just In Time) ilkesi üzerine bina edilmiş ve bunun ile çekme ve tek parça akışı ilkesine göre yönetilen yapı ile çalışmaktadır (Sarı, 2017).

JIT, farklı sanayilerde faaliyet gösteren işletmeler için, çalışanları geliştirerek daha fazla fayda sağlamayı amaçlarken, değişkenlik meydana getiren girdileri azaltıp, kalite ile etkili bir stok yönetimi anlayışı ortaya koymaktadır (Sarıkaya, 2019).

2.2.3 Tam sırasında üretim

Tam Sırasında Üretim (JIST-Just In Sequence), Türkçe anlamı ile "zamanında sıralama" sözcüğü ile tanımlanmaktadır. JIS, üretim hatlarında oluşan değişimlere uyum sağlayarak JIT ile bu anlamda eşleşen bir stok felsefesidir. Çeşitlilik anlamında fazla sayıca düşük imalatları sürdürebilmek için uygulanmaktadır. Esas olarak, üretim için ihtiyaç duyulan ürün bileşenleri ihtiyaç duyuldukları sırayla hatta teslim edilir. Ürün bileşenlerini toplayan çalışan, üretim için parça seçimi yapmadan tedarik sırasındaki parça ve bileşenleri kullanarak işini gerçekleştirir. Üretilcek ürün alt parçaları hatta tam zamanında teslim edilir.

Hattaki geri besleme, proses alanı ve alandan uzaklaştırmayı organize etmek için kullanır. JIS, başarılı olarak uygulandığı takdirde esneklik, kalite ve verim kaybı yaşanmadan imalatın gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Güncel olarak otomotiv sektöründe başarılı olarak kullanılmaktadır (Sarıkaya, 2018).

2.2.4 Tam zamanında üretim ortamında çizelgeleme

Tam Zamanında Üretim Ortamında Çizelgeleme (Kanban) sistemi, JIT metodunu kullanan işletmede, malzeme hareketlerinin kontrol edilerek üretim faaliyetlerinin etkinlik planlamasının yapılması amacıyla geliştirilen yeni üretim kontrol felsefesidir.

JIT gerçekleştirebilmek için ön şart imalat işlemlerinin ne zaman ve ne sayıda üretim yapılacağının zamanında bilgi edinilmesi için bir bilgi sisteminin oluşturulmasıdır. JIT yaklaşımında bu görevi gerçekleştirmeye olanak sağlayan sistemin adı kanban sistemidir (Kanat, 2006; Aslantaş, 2014).

İmalatı kontrol eden sistemleri, çeken sistemler (pull systems) ve iten sistemler (push systems) olarak adlandırmak mümkündür. Bilinen genel sistemler iten sistemlerdir; imalat takibi ve kontrolü tahmine dayalıdır ve bu tahmini bilgilere göre imalat şeması oluşturulur. Zamanla bu şema dikkate alınarak imalat yapılır. Bu yöntemde bir sonraki işlem ihtiyacı kadar üretim yapılır. İten sistemlerde ara stok bulundurulur. Bu şekilde değişimlere ayak uydurulur. Bu şekildeki klasik yöntemli sistemlerde üretimin devamı için yüksek ara stoklarla çalışmak kaçınılmazdır (Kanat, 2006).

Çekme sisteminde ise bir sonraki işlem bir önceki işlem deposundan işlem süresi, hızı ve işlemdeki miktar kadar malzemeyi talep eder ve çeker. Parçalar talep kadar çekildiği için çekme sistemi olarak ifade edilir. JIT sistemleri çeken sistemlerdir. İmalat planı son ürün planına göre yapılır. Ürünün ne olduğu ve ne zaman ne miktarda üretileceği son proses tarafından bilindiği için bu teknikte birimler kendi ihtiyacı olan malzemeyi çeker. Bir sonraki süreçler parça çekimi yaptığı takdirde imalat gerçekleşeceği için tam zamanında üretim yapılmış olacaktır (Aslantaş, 2014).

2.2.5 Hızlı kalıp değiştirme

İşletmelerde küçük partilerde üretim faaliyetlerinde en olumsuz işlem, kalıp değişimi ve ayar süreleridir. Küçük miktarlarda üretimin esnek bir biçimde yapılabilmesi, hızlı kalıp değiştirme ve ayar işlemleri yapılarak, deneme üretimlerinin ortadan kaldırılması ile sağlanabilir. Bu gereklilik, her gün değişen pazar taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak, işletmelerin verimli ve daha yüksek Toplam ekipman verimliliği (OEE-Overall Equipment Effectiveness) ile mümkündür.

Shingo 1950'den itibaren küçük miktarlı, değişken üretim sistemlerini yürütebilmek amacıyla 18 yıl boyunca, öncü felsefe olan Hızlı Kalıp Değiştirme (SMED-Single Minute Exchange Of Dies) yöntemini geliştirmiştir.

Shingo'nun yöntemi, ayar için gerekli teoriyi ve ayrıca ayar işlemlerinin 10 dakikadan daha az yapabilmek için gerekli olan pratik işlemleri kapsamaktadır. SMED tekniği Shingo'ya göre her işletme ve her makineye uygulanabilir bir felsefedir. Yöntemin ilk adımı makine çalışmaz iken yapılabilen iç ayar işlemleri ile çalışır iken yapılabilen dış ayar işlemlerini birbirinden ayırmaktır (Tanık, 2010).

Dış unsurları artırmak ve iç unsurları azaltmak SMED yönteminin temel hedefidir. Klasik SMED yöntemi dört adımda uygulanır (Shingo, 1983);

Adım 1: Hazırlık süreci haritalandırılır.

Adım 2: Faaliyetler, iç değiştirme ve dış değiştirme olarak ayrılır.

Adım 3: İç değiştirme faaliyetlerini dış değiştirme faaliyeti haline getirilir.

Adım 4: Hem iç hem dış değiştirme işlemleri kolaylaştırılır (Akyurt, 2019).

2.2.6 5S

5S, işletmelerde çalışma ortamının kaliteli hale getirilmesi, tüm çalışanlar için en iyi çalışma ortamının oluşturması ve bunların sürekli devam ettirilmesini amaç edinen bir tekniktir. Takashi Osada tarafından Japonya'da, çalışan verimliliği ve kabiliyetlerini artırmak için 1980 yılında ortaya çıkarılmıştır. Çalışma verimliliği, güvenlik ve sağlık açısından ortamı uygun hale getirerek iyileştirme yapmayı hedefler (Mohd, 2010).

İşletmede çalışanların sağlıklı, temiz bir ortamda çalışmasını ve israfın önlenmesini sağlar. Düzenli, temiz bir çalışma alanı isteyen işletmelerin 5S tekniğini kullanması amaçlarını uygulayabilmeleri için en iyi tekniktir. Bu yöntemde çalışanların yaptığı işlerde kullandığı bütün araçların, olması gerektiği noktada düzenli olarak bulunması gerekmektedir. Boeing ve Toyota şirketleri kolay ve anlaşılır bir yöntem olan 5S'i başarılı bir şekilde uygulamaktadır (Gapp, 2008).

Çalışanlar çalışmalarını uygunsuz olarak etkileyecek bütün unsurları ortadan kaldırarak, kullanması gereken araçları kendileri için ayrılmış alanlarda muhafaza edecektir. 5S, her sayının bir Japonca sözcükle ifade edildiği beş kelimeden oluşmaktadır. Bu kavramlar aşağıda verilmiştir (Eskin vd., 2011).

- 1S. Sei-ri Ayıklama

Sistemin ilk adımı ayıklama; çalışma alanında kullanım sahası kalmayan malzemelerin alandan çıkarılmasıdır.

- 2S. Sei-ton Düzenli olma

İkinci adım düzenleme; çalışma sahasında daima bulunması gerekli olan malzeme ve ekipmanların kolay ve hemen bulunması ve kullanılması için düzenlenmesidir.

- 3S. Sei-so Temizlik

Üçüncü adım temizleme; kullanılan malzemelerin temiz tutulması, korunması ve ayrıca çalışma ortamının da temiz tutulmasını ifade eder.

- 4S. Sei-ke-tsu Standardizasyon

Dördüncü adım süreklilik; üç adımın işletme adına kültür haline gelmesi ve sürekliliğinin sağlanması için yapılan uygulamadır. Bu uygulamada kazanımların sürekliliğinin sağlanması, kontrol edilmesi ve varsa uygunsuzlukların giderilmesi için yapılan çalışmaları da ifade eder.

- 5S. Shi-tsu-ke Disiplin.

Son adım disiplin; diğer 4 adımı birbiri ile ilişkilendiren ve 5S mantığının tamamını kapsayan çalışmaların bütünüdür. Diğer 4 adımın yaygınlaştırılması için yapılan eğitim, farkındalık, iyileştirme, kampanya benzeri ödül uygulamalarını kapsayan süreçtir (Keleş vd., 2016).

2.2.7 Altı sigma

Tüm proses ve süreçlere uygulanabilen Altı Sigma tekniği, bütün faaliyet ve müşteri odaklı işlemlerin hatasızlığını hedefleyen ve tüm işletmeyi kapsayan bütüncül kalite iyileştirme programıdır.

Üst yönetim tarafından seçilen şampiyonlar ile koordine edilir ve orta düzey yöneticilerden seçilen kara ve yeşil kuşaklar tarafından yürütülür. Altı sigma, Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir ve Kontrol Et (Define, Measure, Analyze, Improve and Control = DMAIC) olarak adlandırılan uluslararası problem çözme yaklaşımı ile endüstride kullanılan istatistiksel bütün teknik verileri kapsayan ve bu veriler ışığında karar vermeyi önde tutan son derece yapısal disipline sahip bir tekniktir.

Ürün ve hizmetlerin kusursuzluğunu hedefler ve hatta ürünlerdeki bütün kusurların tariflenmesi, kusur oluşma olasılığının sıfırlanması amacıyla DPMO (Defects per Milllion Opportunities) yani "milyon fırsatta kusur sayısı" şeklinde yeni bir parametre tanımlar (Gitlow ve Levine, 2005, Raisinghani, 2005 Pyzdek 2003).

Değişimlerin ortadan kaldırılması ile kusursuz bir ortam oluşabilir. Tanımlanan alt ve üst tolerans sınırlarının yarısı süreç normal dağılım çıktılarında gösteriyor ise sürecin 6 sigma seviyesinde performans gösterdiğini ifade eder ve bu sürecin milyonda en fazla 3,4 kusurlu ürün üretme potansiyeline sahip olduğunu gösterir (Allen, 2005).

Aşağıdaki Tablo 1'de sigma düzeylerine karşılık gelen DPMO sayıları verilmiştir (Tanık ve Özler, 2014);

Çizelge 2.1. Sigma düzeylerine karşılık gelen DPMO'lar.

Sigma Düzeyi	Bir milyonda hata sayısı	Hata oranı (DPMO)
1	691,462	%69
2	308,538	%31
3	66,807	%6,7
4	6,21	%0,62
5	233	%0,023
6	3,4	%0,00034
7	0,019	%0,0000019

Çizelge 2.1'e göre proseslerin iyileştirilmesi ile altı sigma seviyesine ulaşarak hatasızlık oranında düşüş sağlanabilmektedir. Çizelgeye göre sigma seviyesi arttıkça hata oranının düştüğü buna bağlı olarak sigma seviyesi ile hata oranının ters orantılı olduğu söylenebilmektedir.

2.2.8 Poka-yoke

Poka-yoke, yalın yönetim yöntemlerinden biridir ve insan hatasını engelleyerek ortadan kaldırmayı hedefleyen mekanik veya elektronik uygulamalar olarak tarif edilmektedir. İlk olarak Toyota üretim sisteminde alt uygulama olarak tercih edilerek yürütülmüştür.

Hali hazırda akademik olarak ve bütün sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Japon işletmelerde ürün tasarım ve imalat işlemlerinin yanında Toplam Kalite Yönetimi (TKY) yaklaşımı olarak üretim dışı faaliyet alanlarında da kullanılmaktadır (Pekin ve Çil, 2015).

2.2.9 Kaizen

Japonya'da İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Kaizen'in temeli Masaaki Imai tarafından atılmıştır. Kaizen, Japon idaresinin ve Japon iş başarısının anahtarıdır. Kaizen'in amacı sürekli iyileştirmedir ve eski Japon geleneğinden esinlenmiş bir yönetim anlayışıdır. İsrafi azaltan hem gelişmek hem de geliştirmek için kullanılan yönetim felsefesi, örgütsel işlemleri kolaylaştıran idare aracıdır. Japonca kalite terimlerinden olan Kaizen terimi kai (gelişme), zen (sürekli) anlamında olan iki kelimeden oluşur, iyileşme ve sürekli gelişmeyi ifade eder (Imai, 1997; Ören, 2002).

Kaizen'in amacı, işletmelerin hali hazırdaki verimlilik, kalite, güvenlik, teslimat, maliyet ve müşteri memnuniyeti performanslarının daha iyi gerçekleşmesini sağlamaktır. Bunu gerçekleştirebilmek için bütün çalışanların uygulamaya katılmaları gerekir. İşletmelerde tüm çalışanların katılımı ile yapılan her iyileştirme çalışanların memnuniyet ve motivasyonlarını artıracak ve değişimin işletme genelinde gerçekleşmesini sağlayacaktır. Bu şartlar sağlanmaz ise değişimden beklenen sonuç elde edilemez (Çetinay, 2013).

Amaç olarak Kaizen, küçük sorunlara odaklanarak küçük yaratıcı yatırımlar yaparak gelişmeyi sağlamaktır. Bu noktalara odaklanmanın, büyük yatırım yapıp, çok büyük gelişmelere emek ve zaman harcamaktan daha doğru olduğunu uygun görür. Kaizen'in asıl gücü, küçük ve devamlı olarak iyileştirme yapmasıdır. İşletmedeki genel işlemlerini iyileştirip ve ayrıca israfı azaltan bir felsefe, Kaizen tekniğinin asıl amacıdır (Imai, 1997).

2.2.10 PUKÖ döngüsü

PUKÖ döngüsü; Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al kelimelerinin ilk harflerinden oluşan, kalite uygulamalarında sürekli iyileştirme hedefiyle kullanılan, kalite süreçlerinde sürekli iyileşme amacıyla kullanılan bir yönetim metodudur. Bu metod, 1930'larda Walter Andrew Shewhart tarafından oluşturulmuş, daha sonra William Edwards Deming tarafından geliştirilmiştir (Walasek, Kucharczyk ve Morawska-Walasek, 2011). 1939'da Shewhart'ın yazdığı "Kalite Kontrolü Açısından İstatistiksel Yöntem" kitabında tartışmaya açılan bu metodu Deming ilk olarak Shewhart Döngüsü ile ifade etmiştir. 1959'da tekrar güncellenmiş olan ve Deming tarafından Japonya'daki sanayi kuruluşlarında başarılı bir şekilde uygulanan bu döngü, Deming Döngüsü ve Deming Çarkı adlarıyla da anılmasına rağmen, son olarak PUKÖ döngüsü halini almıştır (Moen vd., 2009).

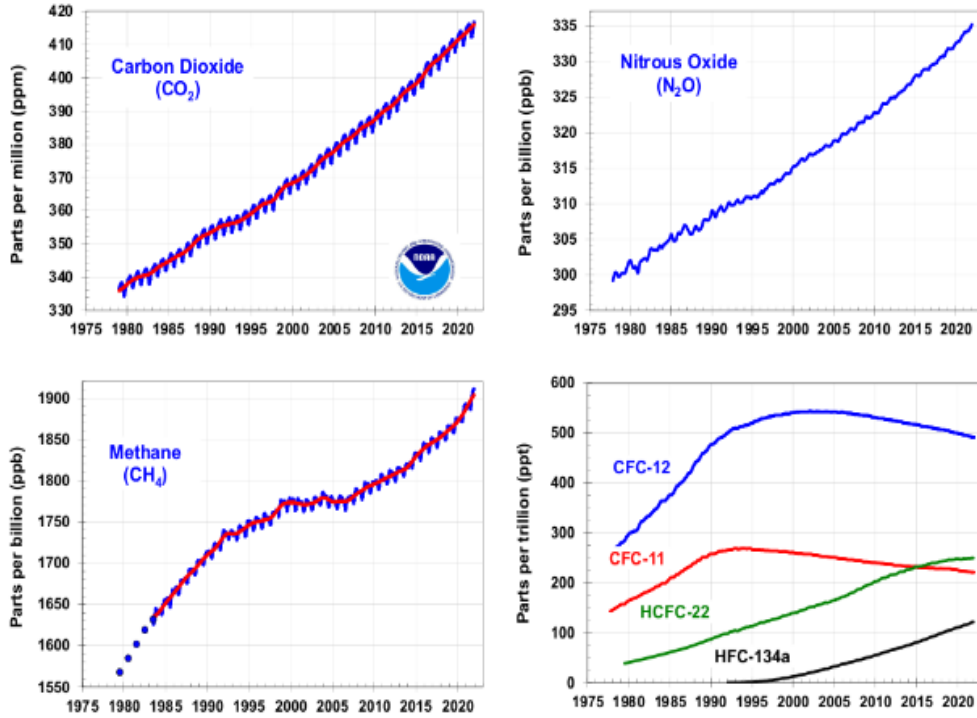
2.3 Sera Gazı

Güneşten dünyaya gelen ışınların, atmosferde biriken gazlar sebebiyle oluşturduğu etki Sera etkisi olarak tanımlanmaktadır. Bu gazların ve su buharının atmosferde artması ve oluşturdukları sera etkisi sebebiyle, güneşten gelen güneş ışınları yeryüzüne geri dönmektedir. Bunun sonucu olarak da dünya daha fazla ısınmaktadır (Özdemir ve Babaoğlu, 2022).

Dünya sıcaklığı her geçen gün insan faaliyetlerine bağlı olarak artmaktadır. Artan sıcaklıklar küresel olarak ısınmaya sebep olmaktadır. İnsan faaliyeti olarak ortaya çıkan küresel ısınma ile eko sistemin dengesi bozulmakta kuraklık ve aşırı yağışlar gibi etkileri sebebi ile yine insan yaşamını olumsuz olarak etkilemektedir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) 1970-2010 yıllarını kapsayan hesaplamasına göre toplam sera gazı emisyonu; %76 karbon dioksit (CO₂), %16 metan (CH₄), %6,2 diazotoksit (N₂O) ve %2 oranında florlu gazlarından oluşmaktadır (IPCC 2014; Dünder, 2021).

Çizelge 2.2. Sera etkisine doğrudan katkılarına göre gazların sıralaması.

Bileşik	Formül	Atmosfer Yoğunluğu (ppm)	Katkı (%)
<i>Su buharı ve bulutlar</i>	H ₂ O	10-50.000	%36-72
<i>Karbondiyoksit</i>	CO ₂	~400	%9-26
<i>Metan</i>	CH ₄	~1,8	%4-9
<i>Ozon</i>	O ₃	2-8	%3-7

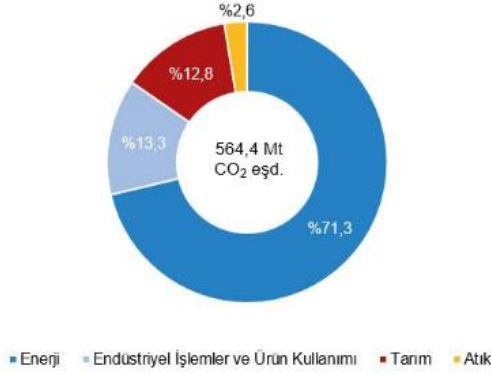


Şekil 2.1. Atmosferde bulunan sera gazlarının yoğunluğunun yıllara göre değişimi.

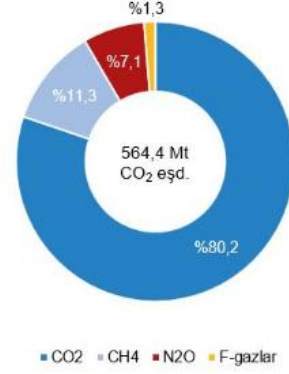
Çizelge 2.2 ve Şekil 2.1'e göre sera etkisi üzerinde en yüksek paya sahip olan karbon gazının dünyamıza etkisinden dolayı ortaya çıkan zararların ve tehlikenin boyutunu

ölçmek ve takip etmek amacıyla birçok kurum ve kuruluş karbon salınımını düzenli olarak takip etmektedir (Kiehl vd., 1997; Global Monitoring Laboratory, 2023).

Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2021



Gazlara göre sera gazı emisyon oranları, 2021



Şekil 2.2. Türkiye'de sektörlere göre ve gazlara göre emisyon oranları.

Şekil 2.2'de gösterildiği gibi otomotiv endüstrisi ve buna bağlı sektörler karbon gazı emisyonları genel değerlendirmelere göre en yüksek paya sahiptir (TÜİK, 2021). Sera gazları içerisinde de karbon gazı en yüksek orana sahiptir.

2.4 Karbon Ayak İzi

Sera gazlarının miktarı arttıkça yeryüzü daha fazla ısınmaktadır. Sera gazlarının artmasının ana nedeni insan faaliyetleri etkisidir. Bu faaliyetler doğrudan ya da dolaylı olarak gaz salınımına sebep olmaktadır.

İnsan odaklı faaliyetler sonucu atmosfere salınan eşdeğer karbondioksit miktarı sürekli artmaktadır. Bir bireyin, işletmenin veya bir kuruluşun sürdürdüğü faaliyetler sonucu atmosfere saldıgı sera gazlarının karbondioksit cinsinden karşılığı Karbon Ayak İzi (Carbon Foot Print-CFP) olarak adlandırılır (Plassmann ve Edwards-Jones, 2010).

CFP, işletmelerin çevreye zarar vermesinin yanı sıra çevreyi korumadaki temel rolü nedeniyle her türlü ulaşım için temel standartlardan biridir (Taş, 2022). Karbon ayak izi kişinin, kurumların ya da herhangi bir ürünün doğaya bıraktığı sera gazlarının genel toplam içindeki oranıdır. Karbon ayak izi hesaplanırken fosil yakıt miktarı, doğalgaz, elektrik, kullanılan enerji miktarı, ulaşım, ısınma, yeme-içme vb. birçok parametre dahil edilebilmektedir.

Sera gazı emisyonları küresel çapta gelişen ve gelişmekte olan tüm ülkelerin en önemli odak noktalarının başındadır. Endüstri devrimleri sonrası ortaya çıkan faaliyetler doğal olmayan iklim değişikliklerine sebebiyet vermiş, ayrıca insan faaliyetlerinin de buna ilave olarak iklimleri etkilediği dönem başlamıştır. Küresel ısınma iklim değişikliği konularının insan yaşamı ve doğal dengeyi etkilediği dönemde yaşamı sürdürebilmek ve aynı zamanda insan faaliyetlerini de devam ettirebilmek adına karbon salınımı düşük ekonomiye geçmeye yönelik adım ve çalışmalar yapılmaktadır (Kumaş vd., 2019).

1990'lı yılların başında Mathis Wackernagel ve William Rees ekolojik ayak izi (EAİ) kavramını ortaya atmışlardır. Bu kavramda ekolojik ayak izi ekolojik sürdürülebilirliği ölçen hesaplama aracı olarak ifade edilmiştir.

EAİ, bir topluluk, birey ya da işletmeden kaynaklı tüketilen kaynağı tekrar üretmek ve zararı mevcut teknoloji ve kaynak yönetimi ile ortadan kaldırmak için gerekli verimli biyolojik toprak ve su alanı olarak ifade edilmektedir. İnsanların faaliyetleri sonucu ortaya çıkan EAİ biyolojik kapasite ile karşılanmalıdır.

Coğrafi bir alanın yenilenebilir doğal kaynak üretebilme kapasitesine biyolojik kapasite tanımlaması yapılmaktadır. EAİ ve biyolojik kapasite arasındaki ilişki sürdürülebilirlik açısından çok önemli bir veri olarak değerlendirilmektedir (WWF, 2012a: 13).

EAİ bileşenleri aşağıdaki gibi sayılabilir (WWF, 2012a: 19);

- Karbon ayak izi
- Tarım arazisi ayak izi
- Orman ayak izi
- Yapılandırılmış alan ayak izi
- Balıkçılık sahası ayak izi
- Otlak ayak izi

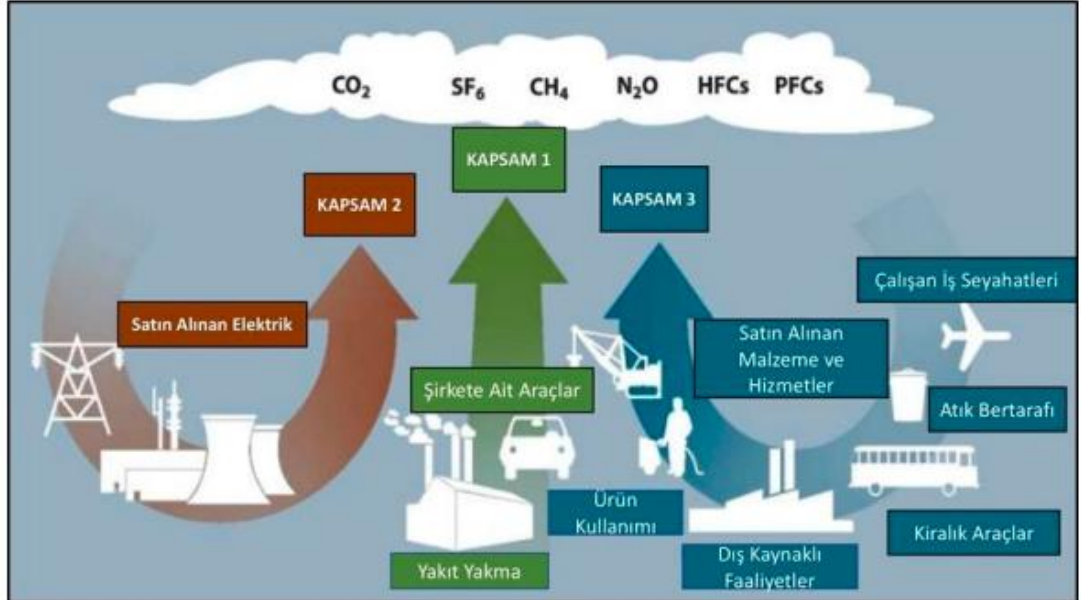
CFP ürün yaşam döngüsünün her aşamasında ortaya çıkan CO₂ salınımının hesaplanması, ölçülmesi anlamına gelmektedir. Sera gazı çeşitlerinin dünya çapında kalitesinin artırılması ve salınımlarının azaltılması hali hazırdaki lojistik politikalarının değişiminin temelini oluşturmaktadır. Tüm ülkelerin emisyonu sebep olan faktörlerin azaltılmasına yönelik tedbirleri ülkelerin en önemli gündem

başlıdır. Ülkeler sosyal ve ekonomik kalkınma planları oluştururken çevre sürdürülebilirliği konusunda oluşan hassasiyete göre planlarını oluşturma konusunda değişimlere ve güncellemelere gitmeye başlamışlardır (Wiedmann ve Minx, 2008; Taş, 2022).

2.4.1 Sera gazı emisyonlarının azaltılması ve sera gazı etkisi protokolü

CFP işletmelerin, bireylerin ya da üretim faaliyetlerinden kaynaklanan gazların doğaya salınmasını belirli formül ile hesaplanmaktadır. CFP hesabı, araçların kullanımı sonucu oluşan faaliyet, ısıtma-ısınma kaynaklı kullanılan enerji gibi birden çok değerleri kapsamaktadır. CFP doğrudan (birincil) ve dolaylı (ikincil) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Enerji tüketimi, ulaşım, fosil yakıt kullanımı ile oluşan CO₂ salınımları belirlemede birincil ayak izi, ürün yaşam döngüsü boyunca üretim ve bozulmasına kadar geçen sürede atmosfere salınan CO₂'yi belirlemede ise ikincil ayak izi kullanılır (Kumaş vd., 2019).

Kurumsal karbon ayak izi hesaplamalarında şirketlerin ilgili sera gazı emisyonlarını ve emisyon salan faaliyetleri belirlemek ve sınıflandırmak, hesaplamak, izlemek, raporlamak ve doğrulamak için en yaygın olarak kabul edilen yaklaşım ISO 14064 Sera Gazı ve Emisyonları Yönetim Sistemi Standardıdır.



Şekil 2.3. Sera Gazı Protokol Standartları kategorilerine göre gaz emisyonları.

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere kurumsal karbon ayak izi hesaplaması üç farklı kategori yapılması ile gerçekleştirilir (Akyüz vd. 2019).

Bu kapsamların geniş açıklamaları aşağıdaki gibidir:

Kapsam 1, işletme içinde gerçekleşen faaliyetler ile meydana gelen emisyonları ifade eder. Bu kapsamda incelenen emisyonlar;

- Yakıt tüketimi: İşletmede kullanılan sıvı, gaz veya katı halindeki yakıtlardan oluşan emisyonlardır.
- Şirket araçlarının yakıt tüketimi: İşletmenin sahip olduğu araçların işe gidiş ve gelişleri sonucu oluşan emisyonlardır.
- Soğuk gazlar, yangın koruma, kaçak emisyonlar: İşletme içerisinde iklimlendirme faaliyetleri için kullanılan soğutucu gazlardan kaynaklanan emisyonlardır.
- Forklift kullanımı: İşletmede kullanılan Forklift için elektrik harici yakıt tüketimi var ise Kapsam 1'de elektrik kullanımı yapıyorsa Kapsam 2'de değerlendirilir.

Kapsam 2, tedarik zinciri faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlardır. Bu kapsamda incelenen emisyonlar;

- Elektrik tüketimi: İşletmede bütün faaliyetler için kullanılan, satın alınan elektrik sonucu ortaya çıkan emisyonları ifade eder.
- Buhar tüketimi: İşletme buhar kullanımı yapıyor ise, buhar tüketiminden kaynaklanan emisyonlardır.

Kapsam 3, organizasyonun faaliyetlerinden kaynaklanan fakat doğrudan kontrol edilemeyen dolaylı sera gazı emisyonlarıdır. Bu kapsamda incelenen emisyonlar;

- Nakliye: İşletmenin şirkete hammadde girişi ve ürün çıkışında kullanılan lojistik faaliyetleri için kullanılan araçlar sonucu oluşan emisyonlardır.
- Atık yönetimi: Bertaraf edilmesi gereken atıkların taşınması sonucunda oluşan emisyonları ifade eder.
- İş seyahatleri: İşletmenin çalışanlarının seyahatleri ile oluşan emisyonlardır.
- Kiralık araçlar: İşletmede ve taşeron faaliyetleri için kullanılan araçlardan kaynaklanan emisyonlardır.
- Otel Konaklamaları: İşletme çalışanlarının ülke içi ve dışı konaklamalarından kaynaklanan, ülke ve kullanılan oda sayısına göre hesaplanan emisyonlardır.

Kurumsal karbon ayak izine ait bütün hesaplamalar sera gazı emisyonlarını azaltmak için yapılacak aksiyonlara yardımcı olmak ve işletmeyi daha sürdürülebilir bir işletme haline getirmek için önemlidir. Ayrıca tedarik zinciri faaliyetleri içinde

enerji, malzeme ve kaynak kullanımının nerede ve ne kadar gerçekleştiğini göstermesi açısından belirleyicidir (Çolak ve Türkmen; 2019).

Karbon emisyonundan kaynaklanan CFP belirli insan eylemleriyle atmosfere yayılan gazlardan (özellikle karbondioksit ve monoksit) oluşur. Karbon emisyonları çevrede fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanmaktadır. Bir insanın ihtiyacını gerçekleştirmek için yapılan herhangi bir eylem karbon emisyonuna neden olur.

Karbon emisyonları dünyanın en büyük hava kirleticilerinden biri olarak kabul edilen ve oranı genişlemeye devam eden karbon ayak izinin olumsuz etkileri ile başa çıkmak için, standardizasyon kuruluşları dünya çapında sera gazının insan sağlığına ve doğal kaynaklara verdiği zararı azaltmaya yönelik politikaları ISO 14064 Sera Gazı ve Emisyonları Yönetim Sistemi standardı ile çerçeve altına alıp yayınlanmıştır (Taş, 2022).

CFP hesaplamada Kyoto Protokolü kapsamındaki altı sera gazının hesaplanması ve raporlanması ele alınmaktadır. Kişilerin, işletmelerin ve devletlerin birincil ve ikincil olarak atmosfere saldırdığı karbondioksitin hacimsel karşılığı CFP değerini veriyor.

CFP hesaplama formülü olarak birçok farklı yapılar kullanılmaktadır. En genel ve basit formül aşağıdaki gibidir:

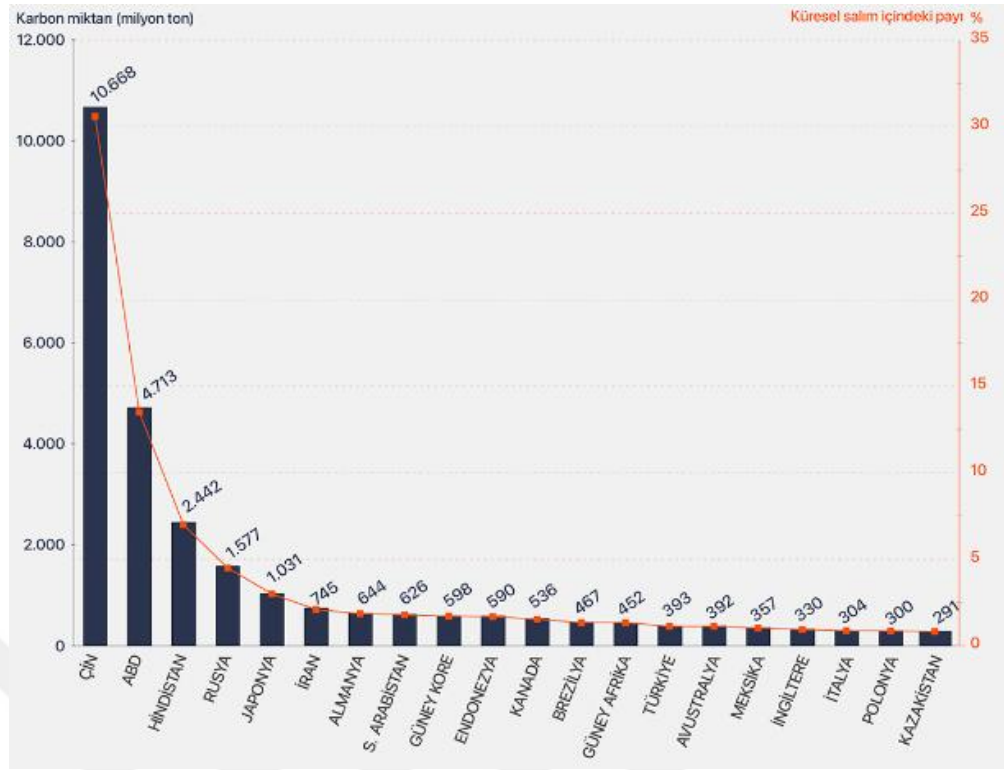
- Karbon ayak izi = Yakıt Tüketimi x Emisyon Faktörü

Formüldeki yakıt sadece aracınızın yaktığı değil gün içerisinde attığımız her adımda kullanılan ürünlerin CFP de buraya dahil edilmektedir (Çolak ve Türkmen, 2023).

2.4.2 Dünyada karbon ayak izi

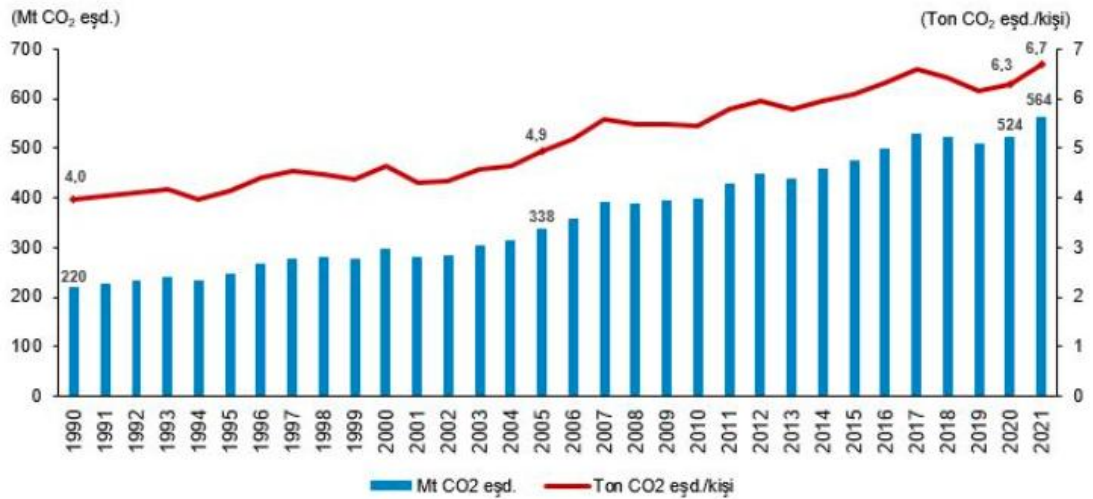
Ekonomik büyüklüğe ve sanayileşmede en yüksek seviyede olan ülkeler aynı zamanda karbon salınımında da en yüksek paya sahip olanlardır. Karbon ayak izinin azaltılmasında küresel ısınmanın önce yavaşlatılması ve sonrasında durdurulması konularında öncelikle refah seviyesi yüksek olan bu ülkelerin alacağı önlemler çok önemli paya sahiptir.

Ekonomik büyüklükte en önde olan bu ülkelerin genellikle en büyük ilk 3 şehri ulusan karbon salınımının ¼'ünden fazlasını oluşturmaktadır.



Şekil 2.4. Dünya geneli ülkelerin karbon salınım sıralaması.

Şekil 2.4'te görüldüğü üzere dünya geneli karbon salınımı Küresel Karbon Projesi (Global Carbon Project-GCP) verilerine bakıldığında bu emisyonun yüzde 51,1'i Çin, ABD ve Hindistan tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir (GCP 2022; Pamuk, 2022).



Şekil 2.5. Yıllara göre toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu.

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi 2021 yılında oluşan toplam sera gazı emisyonu önceki yıla göre %7,1 oranında artış göstererek 564 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğer olarak saptanmıştır. Türkiye'de kişi başına düşen toplam emisyon miktarı G20 ülkelerine

göre düşük olmasına rağmen artış hızı oldukça yüksektir. Türkiye'de kişi başına düşen karbon emisyonu 1990 yılında 4 ton CO₂ eşdeğer iken nüfus artışına rağmen 2021 yılında 6,7 ton CO₂ eşdeğer (t CO₂ eşd.) değerine yükseldiği gözlemlenmiştir (TÜİK 2022).

Çizelge 2.3. Türkiye'de Karbon ayak izinin bileşenleri.

Ekolojik ayak izi bileşenleri	Payları
Elektrik tüketimi	0,26
İmalat sanayi ve inşaat	0,22
İthal ürünlerin gömülü emisyonları	0,16
Ulaştırma	0,15
Konut ve hizmetler	0,12
Uluslararası taşımacılık kaynaklı emisyonlar	0,04
Tarım, orman, balıkçılık	0,02

Çizelge 2.3'te görüldüğü üzere elektrik üretim sektörü CFP değerleri incelendiğinde en fazla paya sahiptir. Sonra inşaat ve imalat sanayi, ulaştırma ve ithalat son olarak konut ve hizmetlerden oluşmaktadır (WWF 2012; Erden, 2014).

Türkiye'de çizelgede belirtilen sektörlerin yoğunlaştığı şehirler karbon salınım sıralamasını da oluşturmaktadır. Sıralama aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir;

1-İstanbul, 2-Ankara, 3-İzmir, 4-Antalya, 5-Bursa, 6- Kayseri, 7-Gaziantep.

2.5 Literatür Tarama

Çizelge 2.4. Literatür tarama.

Yıl	Yazar	Bulgu	Sektör	Amaç
2004	Lin	Yalın yönetimin, işletmelerin rekabet avantajını artırmak için üretimde kullanılan performansla dayalı bir süreç olduğunu ifade etmiştir.	Eğlence mekanları tabela üretim endüstrisi	Üretim sürecini araştırmak ve iş emrinin yerleşim departmanı tarafından dağıtıldığı andan bitirildiği ana kadar farklı iş emirleri için mevcut durum değer akış haritası geliştirmektir.

Çizelge 2.4 (devam). Literatür tarama.

2011	Marudhamuthu vd.	Yalın yönetim tekniklerinin atıkları ve nedenlerini belirlenmesine yardımcı olduğunu ve ayar sürelerinin azaltılmasına yardımcı olduğunu iddia etmektedir.	Tekstil	İsrafı ortadan kaldırmak ve verimliliği artırmak için çeşitli stratejiler geliştirmek ve test etmektir.
2011	Letete vd.	Çalışmalarında Cape Town Üniversitesinin karbon ayak izini hesaplamışlardır. Hesaplama kampüsün enerji tüketimi, ulaşım, mallar ve katkı hizmetleri gibi parametreler kullanılmıştır. Karbon ayak izi miktarının %80'nin elektrik tüketiminden kaynaklandığını tespit etmişlerdir.	Eğitim	Üniversitenin karbon ayak izini belirlemek, yalnızca Üniversitenin karbon sürdürülebilirlik düzeyinin diğer akademik kurumlarla karşılaştırılabileceği somut bir rakam vermek değil, aynı zamanda gelecekte karbon ayak izini azaltma çabalarına karşı çok ihtiyaç duyulan temeli sağlamak.
2013	Aroonsrimorakot vd.	Çalışmalarında Mahidol Üniversitesinde karbon ayak izini hesaplamışlardır. Karbon ayak izini hesabında elektrik ve su tüketimi, atık su ve çöp miktarı, yakıt miktarı vb. parametreleri kullanmışlardır. Sonuç olarak karbon ayak izinin en fazla elektrik tüketiminden oluştuğunu ve bunu katı atıkların izlediğini tespit etmişlerdir.	Eğitim	Üniversite karbon ayak izi ölçme veri kaynakları ve azaltma noktalarının tespit edilmesini sağlamak.

Çizelge 2.4 (devam). Literatür tarama.

2016	Sreng	Otomotiv endüstrisinde yapılan çalışmada uluslararası standartlar ile karbon ayak izi hesaplama ve raporlama yöntemleri, karbon ayak izinin insan sağlığı, iklimi ve küresel otomotiv endüstrisine etkileri ve çözümleri konuları ele alınmıştır.	Otomotiv	Karbon ayak izi hesabı ve güneş enerjisinden yararlanmanın karbon ayak izi üzerindeki azaltma etkisi hesaplamalar ile gösterilmiştir.
2018	Binboğa ve Ünal	Manisa Celal Bayar Üniversitesinin karbon ayak izini hesaplamışlardır. Karbon salınım değerinin en fazla elektrik tüketiminden, en az ise benzin tüketiminden kaynaklı olduğunu ifade etmişlerdir.	Eğitim	Karbon ayak izi hesaplama ve karbon salınımında en yüksek paya sahip tüketimin tespit edilmesi amaçlanmıştır.
2019	Aldy	Şirketlerin iklim riskini en aza indirmek adına öncelikle karbon ayak izini düzenli takibinin gerektiği ifade edilmektedir.	Genel	İklim değişikliğine yönelik politikaların şirketin stratejisi ve gelirleri üzerindeki etkisinin öneminin anlaşılmasını sağlamak.
2019	Argun vd.	Enerji verimliliğinin karbon ayak izinin düşmesine önemli katkı sağlayacağını vurgulamaktadır.	Hizmet	Karbon ayak izi hesaplama ve çıkan sonucun değerlendirilmesinin yapılması.
2019	Kumaş vd.	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Sağlık Yüksekokulu'na ait karbon ayak izi hesaplanmaktadır.	Eğitim	Karbon ayak izi hesaplama ve emisyon dağılımının değerlendirilmesinin yapılması.

Çizelge 2.4 (devam). Literatür tarama.

2020	Şahin ve Akolaş	Yalın yönetimin otomotiv sektöründe en çok kullanılan ve en etkin yönetim tekniklerinden olduğunu belirtmektedir. Araştırma sonucunda karbon salınımı miktarının en fazla doğalgazdan, en az ise benzinli araçlardan kaynaklandığı tespit edilmiştir.	Otomotiv	Yalın üretim sistemleri, kullandığı araçlar ve önemi üzerine bir araştırma yapmıştır.
2021	Coşkun ve Doğan	Karbon ayak izinin azaltılmasında modern ekipman teknolojisinin tercih edilmesi, enerji tasarrufu, giyim süresi dolan kumaşların tekrar hammadde olarak kullanımı, makinelerin düzenli olarak bakımlarının yapılması, sıcak su tanklarının yalıtımlı hale getirilmesi ve enerji tasarruflu aydınlatma elemanlarının kullanımının büyük oranda katkı sağladığını tespit etmiştir.	Tekstil	Karbon ayak izi hesaplama ve azaltma yapılabilecek alanları belirlemek amaçlanmıştır.
2021	Kaplan ve Ramanna	Çalışmalarında işletmelerde karbon ayak izinin hesaplanması ve raporlanmasının sera gazı emisyonlarının takibi açısından önemini vurgulamışlardır.	Genel	Şirketlerin karbon ayak izi hesaplama ve raporlamalar konusunda genel değerlendirme yapılmıştır.

Çizelge 2.4 (devam). Literatür tarama.

2021	OECD	Filipinler’de yapılan araştırmaya göre, çalışmanın önemli sonuçlarından biri karbon ayak izinin en çok lojistikte çıktığıdır.	Lojistik	En çok karbon salımının sebep olduğu sektörün tespit edilmesi.
2021	Aşıcı	Türkiye’de en çok karbonun kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtlardan çıkışını ve net sıfır karbon emisyonuna ulaşacağı tarih hedefini açık politikalarla belirlemesi gerektiğini savunmuştur.	Genel	Sınırdaki Karbon Uyarılama mekanizmasının işleyişi ve Türkiye ekonomisi üzerine olası etkilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.
2022	Eccles ve Mulliken	Çalışmaya göre şirketlerin karbon emisyonunda mevcut durumunu ölçüp iyileştirmesi gerekliliğini savunmuşlardır.	Genel	Karbon fiyatlandırması sebebiyle şirketlerin karbon salınımını azaltmak için yapacağı çalışmaların maliyet açısından şirketler için öneminin anlaşılması amaçlanmıştır.
2022	Özgür ve Çağatay	11. Kalkınma Planına göre Türkiye’de öncelikli sektörler arasında olan otomotiv sektörü gibi sektörler için ekonomik büyüme sağlarken, su tüketimi ve sera gazı salınımının fazla yaptıkları ortaya çıkarmışlardır.	Genel Endüstri	Ekonomik hedeflerle uyumlu olarak tasarruf sağlayan ve emisyon azaltan alternatiflerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Çizelge 2.4 (devam). Literatür tarama.

2022	Alagöz vd.	Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) Merkez Kampüs Yerleşkesi içindeki emisyon kaynakları olarak, doğalgaz, elektrik, su tüketim verileri, kampüs içindeki araçlar için tüketilen yakıt miktarı ölçülmüştür.	Enerji	Karbon ayak izi hesaplama, sonuçları değerlendirme ve azaltma faaliyetlerinin tespit edilmesi ve farkındalık oluşturulması amaçlanmıştır.
2023	Çolak ve Türkmen	Sera gazı emisyonlarının azaltılmasında en önemli adım, emisyonların kaynağının, nasıl üretildiğinin ve gerekli iyileştirme önlemlerinin belirlenmesi olduğunu savunmaktadır.	Kimya	Karbon ayak izi hesaplama ve hesaplama yöntemlerinin örnek oluşturması hedeflenmiştir.
2023	Baş	Net sıfır karbon anlayışı doğrultunda, araştırma, "Türkiye Çelik Sektörünün Karbonsuzlaşması Projesi" kapsamında demir-çelik sektöründeki karbonsuzlaşmaya dair fırsatlar ve ihtiyaçlar analiz edilmiş ve geleceğe ilişkin nasıl önlemler alınması gerektiği ortaya konulmuştur.	Çelik	Karbon azaltma ve net sıfır hedeflerine ulaşılması amacıyla çelik sektörünün hammaddeden ürüne kadar geçen üretim faaliyetleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

CFP konusu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde CFP ölçümleri, vaka analizleri ve kurum, kuruluş ve işletmelerin mevcut durumda CFP ölçümlerinin durumsal ve karşılaştırmalı hesaplamalar ile ortaya konduğu belirlenmiştir. Fakat özellikle ülkelerin ekonomik olarak lokomotif sektörlerinden biri olan otomotivde CFP gibi

bir konunun KYS sistemi içerisinde yalın yönetim teknikleri ile işlenerek sistemlere entegre edilmesi konusunda sistemsel ve sektöre örnek olacak çalışmalar konusunda boşluk olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma ile otomotiv sanayisinde en çok ve etkin olarak kullanılan yalın yönetim tekniklerinden Kaizen tekniği ile ulusal ve uluslararası çapta en önemli gündem maddesi olan karbon salınımının azaltılması için CFP ölçümleri ve sistemsel takibi için KYS, ÇYS ve EYS sistemlerine entegre edilmesi ile işletmelerin çevreye etkisinin azaltılması ve üretim verimliliği konularında çok önemli katkı sağlayacak bir çalışma olacağı öngörülmektedir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede vaka analizi şeklinde yürütülmüştür. Araştırmaya konu olan otomotiv endüstrisindeki üretim süreçlerinde CFP bulgularının tespit edilebilmesi amacıyla Kaizen metodunda yer alan adımlar aşamalı olarak izlenerek bir vaka analizi yapılmıştır. Otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren ABC üretim firmasında 2023 yılı ve 2024 nisan ayına kadar olan faaliyetlerini kapsayan dönemdeki karbon emisyon verileri; önce kendi içinde karşılaştırılıp ve sonrasında karbon ayak izi hesaplaması ile çıkan sonuçlar geçmiş veriler ile karşılaştırılmıştır. Kaizen kapsamında ortaya çıkan iyileştirme ortaya konmuştur. Ortaya çıkan veri ve değerlendirmelerin kalıcı olması ve sürekli takibi açısından kalite yönetim sistemine talimat ve formlarla entegrasyonu sağlanması planlanmıştır. Araştırmaya konu olan otomotiv endüstrisindeki faaliyetlerden kaynaklanan karbon salınımının hesaplanması, yalın yönetim tekniği ile takibi ve kalite yönetim sistemine dahil edilmesi amacıyla bir vaka analizi yapılmıştır.

Konunun incelendiği bu vaka çalışmasında; ABC olarak anılan otomotiv fabrikasından 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun ilgili hükümleri gereğince Resmî Gazete'de yayınlanan "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" (S.K.H.K.K.Y.) gereği 2024 yılında baca gazı emisyon ölçümleri yapılmıştır. Daha önce yapılan baca gazı ölçümlerinin metodu TS ISO 12039 Oksijen ve Karbon monoksit Tayini Standardına göre yapılmıştır. Bu veriler 2024 yılında yapılan ölçüm verileri ile kıyaslanmıştır. Mevcut ölçümlerde emisyon değerleri sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir.

3.1 Araştırmanın Yöntemi

Araştırmanın amacına ulaşabilmek için vaka analizi yaklaşımından yararlanılan çalışmada CFP ile ilgili bulgular elde edilmiş olup, elde edilen bu veriler Kaizen ile iyileştirilmiştir. 2023 yılı mevcut durum CFP, 2024 Nisan ayına kadar olan CFP ise Kaizen metodu uygulandıktan sonraki yeni durum olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar Sera Gazı Protokolü ISO 14064-1 Sera Gazı Emisyonları ve Giderilmesi Miktarının Belirlenmesi ve Raporlanması standardına göre yapılmıştır. Yalın yönetim yaklaşımı ile firma 16949 IATF Kalite Yönetim Sistemine Karbon Ayak İzi azaltma faaliyeti kayıt altına alınmıştır. Ayrıca karbon ayak izi ölçüm

metodolojisi işletmenin ISO 14001: 2015 Çevre Yönetim Sistemine dâhil edilerek sistemsal düzenli takip yapılması hedeflenmiştir. Sera gazı ölçümleri, karbon ayak izi hesaplamaları ile karşılaştırmalı veriler elde edilmiştir. Bu veriler yalın yönetim yaklaşımı ve kalite yönetim sistemine dâhil edilmesi ile kapsamlı bir vaka analizi çıktısı elde edilmiştir.

Otomotiv sektöründe gerçekleşen, emisyon ölçümleri ile başlayan ve sonucunda sistemsal aksiyona dönüşen çalışmanın karbon ayak izi çalışmalarına farklı bir bakış açısı sunması anlamında faydalı olması beklenmektedir. Bu çalışmanın amacını karşılama açısından uygun olması ve bu tür uygulamalarda teşvik edici bir rol oynaması nedeniyle çalışma alanı olarak otomotiv sektörü tercih edilmiştir. Otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren ABC firmasının Aksaray ilindeki fabrikasında çalışma yürütülmüştür. İlgili fabrika 2017 yılından beri Aksaray ilinde faaliyet yürütmektedir. Yaklaşık 134 çalışanı bulunan ABC firmasının 1 fabrikası bulunmaktadır. Bu çalışmada analiz için 2023 yılı mevcut durum olarak, 2024 Nisan ayına kadar olan hesaplamalar yeni durum olarak değerlendirilmiştir.

3.2 Veri Toplama

Vaka analizinde, bir faaliyet, bir kişi, bir alan veya bir yöntem ele alınabilmektedir (Green ve Thorogood, 2004). Bu çalışmada ele alınan vaka, uygulamaya karşılık gelen bir otomotiv işletmesinin üretim prosesleridir. İşletmede yapılan işlemler, çıktılara ait belgeler ve yapılan hesaplamalarla toplanan veriler ışığında, veriler analiz edilip, çözüme yönelik bulgular raporlanabilir hale getirilmiştir. Araştırma yapan bireyler, hesaplama ve gözlem yaparken katılımcı gözlemci olarak vakanın bir parçası olabilirler (Teddlie ve Tashakkori, 2015).

Bu çalışmada karbon ayak izi hesaplamaları ve Kaizen'e entegrasyon uygulamalarında, yardımcı ve uygulamacı olarak çalışan üyeler, organizasyonda üretim devam ettiği için aynı zamanda katılımcı gözlemci olarak veri toplamıştır. Baca emisyon ölçümleri, Kaizen'de oluşturulan talimat/prosedür ve takip formları veri olarak toplanmıştır.

Bu vaka çalışmasındaki aşamalar; vaka seçme, veri toplama ve analiz etme, veriyi yorumlama ve bulguları raporlama şeklinde yapılmıştır. Veriler toplanırken baca gazı ölçümleri Şekil 3.1'de gösterilen MADUR marka GA-21 model gaz analizör cihazı ile yapılmıştır.



Şekil 3.1. MADUR GA-21 gaz analizör cihazı.

Şekil 3.1'deki Elektrokimyasal Hücre Prensibine göre çalışan MADUR GA-21 gaz analizörü olarak tanımlanan cihazlar bir proses akışından alınan numune gazı, yardımcı ekipmanlar ile koşullandırıp, proses dışında ayrı bir ünite olarak ölçülmesini sağlayan araçlardır. Cihaz ölçüm kayıtlarını, ölçüm sonuçlarını, kalibrasyon ve bakım verilerine ilişkin kayıt işlemlerini hafızasında tutmaktadır. Ölçüm sonucu kayıtlarını hem elektronik ortamda hem de kâğıt çıktısı olarak saklayabilmemize imkân vermiştir. Değerler, cihaz üzerindeki okuma ekranından okunarak da kayıt altına alınabilmektedir. Ölçümler %95 güven aralığında hesaplanarak rapor edilmektedir.

2023 yılı için mevcut CFP verileri baca gazları emisyon ölçümlerinden toplanmıştır. Bu veriler mevcut durumu göstermektedir. Sonrasında işletmede CFP değerlerini iyileştirmek için yalın yönetim yaklaşımı olan Kaizen çalışması uygulanmıştır. 2024 Ocak-Nisan ayı baca gazları emisyon ölçümleri yeniden yapılmış ve yeni durum verileri olarak kayıt altına alınmıştır.

Doğalgaz ve elektrik sarfiyat verileri ilgili dağıtım hizmetlerinin Organize Sanayi Müdürlüğü (OSB)'ne ait olması sebebiyle aylık düzenli olarak gönderilen doğalgaz ve elektrik faturalarından toplanmıştır. Doğalgaz ve elektrik dağıtım hizmetleri ve ayrıca sarfiyatların ölçüldüğü ekipman bakım ve kalibrasyon faaliyet sorumlulukları da OSB'ye aittir.

Karbon ayak izi hesaplama verilerinden işletme araçları, kiralık araçlar ve personel taşıma araçları aylık kilometre bilgileri farklı marka araçların kilometre saatlerinden aylık düzenli takip ile elde edilmiştir.

3.3 Veri Analizi

Otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren ABC üretim firmasında 2023-2024 dönemindeki veriler; mevcut/yeni durumda karşılaştırmalı olarak analiz edilip raporlanmıştır. Bu araştırmada toplanan sayısal veriler analiz edilmiş olup bu analizde 2023 yılı için toplanan mevcut veriler ve 2024 Ocak-Nisan ayı yeni durum verileri düzenlenmiştir. Araştırmanın amacının uygunluğu test edilene kadar veriler incelenmiş olup sabit anlam yapısı bulunduğu anda araştırma sonucu raporlanmıştır.

Veriler analiz edilirken Kaizen süreci fabrika müdürü önderliğinde Kaizen çalıştay yapılarak Kaizen gazetesi ile çerçevesi çizilen yol haritasına bağlı kalarak, çalıştay üyeleri belli aralıklarla bir araya gelmişlerdir. Uygulama periyodunda gerçekleştirilen faaliyetler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- (1) Kaizen çalıştay yapılarak aksiyonlar ve terminleri gösteren takımları oluşturan Kaizen gazetesi hazırlanmıştır.
- (2) Nitel analizin sonucuna göre balık kılçığı metodu ile problemlerin ana unsurları ve unsurlara bağlı alt dalları tespit edilmiştir. Pareto analizi yapıp en kolay ve hızlı düzeye sahip olan sorunlar hedef alınarak, problem kök nedenleri bulunmuştur.
- (3) Problemlerin meydana geldiği noktalar bulunduktan sonra geçici ve kalıcı aksiyon planları oluşturulmuştur.
- (4) Örgütsel yapının oluşturulması ve süreçlere ait görev, sorumluluk ve yetkilerin kişilere teslim edilmesi sonrasında veri analizleri için periyodik takiplere başlanmıştır.
- (5) Mevcut durum analizinde 2023 yılı CFP kapsam 1, kapsam 2, kapsam 3 ve baca emisyonları verileri toplanmıştır. Yeni durum olarak 2024 yılı ocak-nisan ayları için CFP kapsam 1, kapsam 2, kapsam 3 ve baca emisyonları verileri toplanmıştır.
- (6) Sayısal olarak toplanan verileri kalite yönetim sistemlerine kaydetmek ve hesaplamaları gerçekleştirmek adına işletmede ISO 14001 Çevre Kalite Yönetim Sistemi içerisine prosedür ve takip formu güncellemesi ile yeni talimat ve form oluşturulmuştur.

(7) Mevcut durum ve yeni durum verileri ve kayıtları yapıldıktan sonra ortaya çıkan CFP dahil performans çıktıları grafiklere aktarılarak görselleştirilmiştir. Kaizen çalışmasının sonuçları ve etkinliği değerlendirilmiştir.

Çalışmanın başından sonucuna kadar ortaya çıkarılan veriler sayesinde işletmede önemli verimlilik ve iyileştirme noktalarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada CFP azaltma hedefinin Kaizen ile birleştirilmesi çalışması ile sadece işletmenin çevreye CFP azaltma ile etkisinin azaltılması değil ayrıca üretimde hata azaltma, zamanda iyileştirme, maliyet optimizasyonu, hatasız müşteri sipariş karşılama gibi kazançları ile sürekli iyileştirmeler motivasyonu kazandıran bir ortam oluşmasını sağlamıştır.

Oluşan bu ortamda iki durum arasındaki israfı için önlemler alınarak iyileştirmeler sağlanmıştır. Bu çalışmada tedarikçiden müşteriye ve son kullanıcıya kadar mümkün olduğu kadarı ile bütün israf dallarına odaklanılarak tavsiye edilen iyileştirmelerle işletme verimliliğinin nasıl gerçekleştirilebileceği hazırlanan raporlar ile gösterilmiş ve Kaizen yönteminin kazanımları yeni durum olarak raporlanmıştır.

3.4 Araştırmanın Yol Haritası

Yalın yönetim uygulamalarından Kaizen ile ilgili çalışma yol haritası oluşturma adımı ile başlatılmıştır. Yol haritası PUKÖ döngüsü ile oluşturulmuştur.

P		Mevcut durum analizi Organizasyon oluşturma Problemleri araştırma Görev ve sorumluluk dağıtımı Eğitim Aksiyon planı
U		Kaizen çalıştay 1M: Organizasyon dağılımı tüm bölüm sorumlulukları dahilinde problem çözümü 2M: Bütün bölümlerin mevcut durum göstergelerinin ölçülmesi 3M: Tüm bölümlerde talimat, prosedür, takip formlarının oluşturulması 4M: Standartlara göre ölçümlerin yapılması 5M: Makine problemlerinin geçici/kalıcı çözümü 6M: Müşteri kaynaklı problemlerin müşteri ile çözülmesi 7M: Aksiyon planının uygulanmasına destek
K		İyileştirme sonrası göstergelerin değerlendirilmesi İyileştirilmiş göstergelerin belirlenmesi İyileştirme yapılacak fırsatların belirlenmesi Görev ve sorumlulukların tekrar gözden geçirilmesi İlk adım raporların oluşturulması
Ö		Planlı eğitimler Tekrar iyileştirme noktaları raporlar Organizasyon eksik fazla raporları Yeni durum aksiyon planı Takımların takdir edilmesi

Şekil 3.2. Yol haritası.

Şekil 3.2'ye göre;

Planla: Bu aşama takımın kurulma ve problemlerin tanımlanma sürecidir. Zaman kayıplarının önlenmesi için takıma Kaizen eğitimi verilmiştir. Kaizen eğitiminde işletmenin darboğazı olan CFP konusunun önemi vurgulanmıştır. Problem tanımlanırken problemin boyutu, büyüklüğü ve örgütsel performansına etkisini tanımlayacak göstergeler hesaba katılmıştır.

Uygula: Bu aşamada Kaizen takımının önderliğinde Kaizen gazetesi çıkarılmıştır. Bu gazetede CFP ile ilgili sorunlar, bunların önlemleri, önlemleri alacak sorumlu takım üyeleri ve terminler belirlenmiştir.

Kontrol Et: Uygulama yapıldıktan sonraki iyileştirilmiş değerlerin kontrolü yapılmış ve görselleştirilmiştir.

Önlem Al: Aynı problemin ortaya çıkmaması için eğitimler planlanmış, yeni durum standardize edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Bulgular

Çalışmanın bulguları PUKÖ döngüsü ile uyumlu olarak Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al şeklinde organize edilmiştir.

4.1.1 Planla

Bu aşama takım oluşturma, görev dağılımı ve problemin tanımlanmasından oluşmaktadır.

4.1.1.1 Takım oluşturma ve görev dağılımı

Bu adımda fabrika müdürü (aynı zamanda bu çalışmanın araştırmacısı) Kaizen sürecini organizasyon planı ile başlatmıştır. Üst yönetime sunulan yeni fabrika organizasyonu gerekli sunum ve savunmalar sonrası kabul edilmiştir. Takımlar KYS sisteminde belirtilen süreçlere uygun olarak mevcut yönetim sisteminde olan ve ayrıca yeni istihdam edilen kişilerden oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1. Organizasyon tablosu.

Süreçler	Sorumlu	Mevcut durum sorumlu 2023	Yeni durum sorumlu 2024	Açıklama
Yönetim	Var	Fabrika müdürü	Fabrika müdürü	Yeni müdür başladı.
İnsan kaynakları	Var	İk uzmanı	İk uzmanı	Değişim yok.
Kaynak yönetimi	Var	Mali ve İdari iş müdürü	Mali ve İdari iş müdürü	Değişim yok.
Mühendislik	Yok	Merkezden yönetim	Merkezden yönetim	Değişim yok.
Üretim	Var	Üretim sorumlusu	Üretim şefi	Yeni üretim şefi başladı.
Sevkiyat	Var	Lojistik takım lideri	Sevkiyat sorumlusu	Değişim yok.
Üretim Planlama ve Stok Kontrol	Yok	Ambar ve depo sorumlusu	Planlama ve Stok kontrol sorumlusu	Sevkiyata bağlı süreç bağımsız olarak güncellendi.
Satın alma	Yok	Vekaleten muhasabe şefi	Satın alma mühendisi	Yeni satın alma mühendisi başladı.
Kalite güvence	Var	Kalite güvence mühendisi	Kalite güvence şefi	Yeni kalite güvence şefi başladı.
Bakım	Var	Bakım şefi	Bakım mühendisi	Yeni bakım mühendisi başladı.

Çizelge 4.1'e mevcut organizasyon yapısı ve Kaizen çalışması ile oluşturulan yeni organizasyon yapısı bulunmaktadır. Yapının oluşturulması sonrasında bütün bölüm sorumluları ve vekilleri belirlenerek bu çalışmadaki görevleri ve sorumlulukları hakkında eğitimler verilmiştir. Bütün bölüm sorumluları ve destek personelleri için verilen eğitim 5 gün boyunca işletme kalite yönetim sistemleri içerisinde yer alan belgelere göre;

- Görev tanımları,
- Yetki ve sorumlulukları,
- Vekalet detayları,
- İşletme süreç ve etkileşimleri,
- Sorumlulukları altındaki çalışanlar ve çalışanlara karşı sorumlulukları,
- Karbon ayak izi ulusal/uluslararası antlaşmalar, politikalar,
- Kaizen başlangıç eğitimi,

Konularında eğitimler verilmiştir.

İşletme süreçleri incelediğinde işletmenin belirlenen kalite yönetim sistemi süreçlerine uygun organizasyon yapısının bulunmadığı görülmektedir. Asıl süreç sahiplerinin olmaması ilgili süreç görev sorumluluklarında eksiklik oluşması ve ayrıca diğer süreçlere de ek yükler getirdiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda 2024 yılı için mevcut beyaz yaka sayısını değiştirmeden yeni personel alımı ve bölümler arası değişimlerle yeni organizasyon oluşturularak süreçlerin etkin çalışması hedeflenmiştir.

4.1.1.2 Kaizen çalıştay

Kaizen çalıştayına başlamadan önce Kaizen'i uygulayabilecek uzmanlık bilgisine sahip ekip kurulmuştur. Ekibe problem ile ilgili tüm bilgiler ve belgeler temin edilmiştir. Bunun amacı, problemin çözümünün gerçekleştirilmesi için sorunun yaşandığı yerde ürün/proses hakkında yeterliliğe sahip bir ekip kurmaktır (Korenko vd., 2013). Ekip kurmadaki amaç, problemin tek kişi tarafından çözülmeyecek kadar karmaşık olduğu tespit edilmiş olmasıdır. Uygun ekibin oluşturulması, Kaizenin başarılı bir şekilde uygulanması açısından oldukça önemli bir safhadır. Bu çalışmada gerekli donanımlara sahip 9 kişiden oluşan bir ekip kurulmuştur. Problem ile ilgili tanımlamalara geçmeden önce ekibe CFP, Kaizen ve yapılacak araştırma ile ilgili

eğitim verilmiştir. Kaizen ekibi; 1 fabrika müdürü (araştırmacı), 6 mühendis (bakım, üretim, satın alma, üretim planlama, kalite ve lojistik mühendisi) ve 2 idari personelden oluşmaktadır.

Ekip üyeleri belirlendikten sonra verilen ayrıca eğitimlerle ekibe hedefler, çalışma prosedürleri ve rolleri aktarılmıştır. Fabrika organizasyonu içinden kurulan Kaizen ekibine başlangıç eğitimi araştırmacı tarafından verilmiştir. Bu aşamada ekip tarafından literatür tarama ve sanayi uygulamaları araştırmaları sonrasında CFP prosedür, talimat ve ölçme formları oluşturulmuştur. Hesaplamalarda kullanılan veriler Muhasebe şefi ve İnsan kaynaklarından alınmıştır. Oluşturulan formlar ile CFP aylık olarak ve aylık birim ürün olarak hesaplanmıştır. Mevcut durum olarak 2023 verileri hesaplanmıştır. 2024 yılı ocak-nisan verileri yeni durum olarak hesaplanmıştır. Kaizen çalışmayı yapılarak Kaizen uygulaması için yol haritası oluşturulmuştur.

Çizelge 4.2. Kaizen gazetesi.

Kaizen Gazetesi					
Workshop No	01/2023	İncelenen Konu			Açıklama
Tarih	01.08.2023	Karbon Ayak İzi			
No	Önlem	Sorumlu	Hedef termin	Tamamlanma Oranı	Not
1	Takım Kurma	S.K.	31.08.2023	100%	
2	Emisyon ölçümleri	H.D.	15.08.2023	100%	
3	Üretim planlama	R.A.	10.08.2023	100%	Yalın üretim yöntemi ile yeni üretim planı oluşturulacak
4	Makine periyodik bakım listesi oluşturma	H.D.	25.08.2023	100%	Yıllık bakım ve kestirimci bakım güncel duruma göre oluşturulacak
5	Brülör bakım için servis çağırma	H.İ.Y.	15.08.2023	100%	
6	Müşteri bakiye sevkiyat acilleri belirleme	H.B.	15.08.2023	100%	
7	İç kalitesizlik raporu	S.Ö.	31.08.2023	100%	
8	5S denetim formu oluşturma ve denetimler	M.T.	31.01.2024	100%	
9	Elektrik ve Doğalgaz aylık sarfiyatları	M.S.	10.05.2024	100%	
10	Firma araç ve servis aylık km verileri	F.Ö.	10.05.2024	100%	

Çizelge 4.2 (devam). Kaizen gazetesi.

11	Karbon Ayak İzi prosedür oluşturma	S.K.	30.03.2024	100%
12	Karbon Ayak İzi talimat oluşturma	S.K.	30.03.2024	100%
13	Karbon Ayak İzi hesaplama formu oluşturma	S.K.	30.03.2024	100%
14	Karbon ayak izi verilerini oluşturma	M.T.	24.05.2024	100%

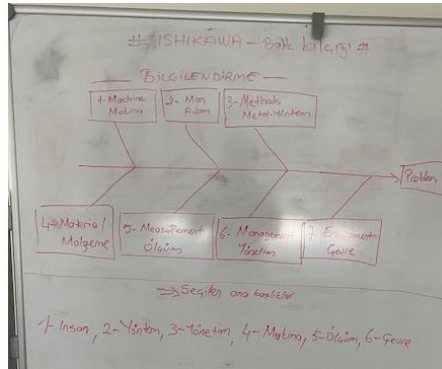
Çizelge 4.2'ye görüldüğü üzere Kaizen çalıştay yapılarak Kaizen gazetesi ile yazılı toplantı çıktısı oluşturulmuştur. Yeni organizasyonun oluşturulması sonrasında aksiyonlar buradan takip edilmiştir.

4.1.1.3 Problem tanımlama

Problem tanımlama adımı Balık kılçığı metodu ile Kaizen yapılacak problem merkezleri ve problem merkezlerinin alt dallarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Kayıp analizi ile de verimsizlik noktalarının tespit edilmesi ve iyileştirme hedeflerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

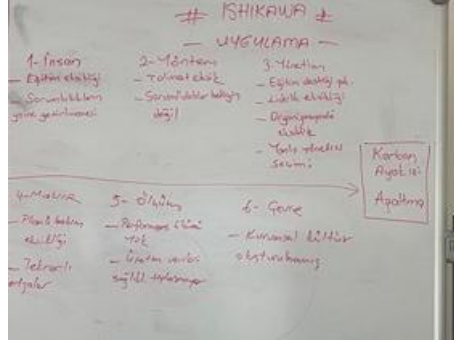
4.1.1.3.1 Kök neden analizi

CFP hesaplama, sisteme dahil etme, talimat ve form oluşturma ve CFP azaltma konusu problem olarak tanımlanmıştır. Ayrıca hesaplamalar sonrası oluşacak mevcut durum ve iyileştirmeler Kaizenin problemin bir sonraki problem konusu olarak tanımlanmıştır. Problem çözme tekniklerinden Balık kılçığı diyagramı oluşturulmadan önce Kaizen çalıştay ekipleri toplandı. Problem ana ve alt detaylar için beyin fırtınası yapıldı.



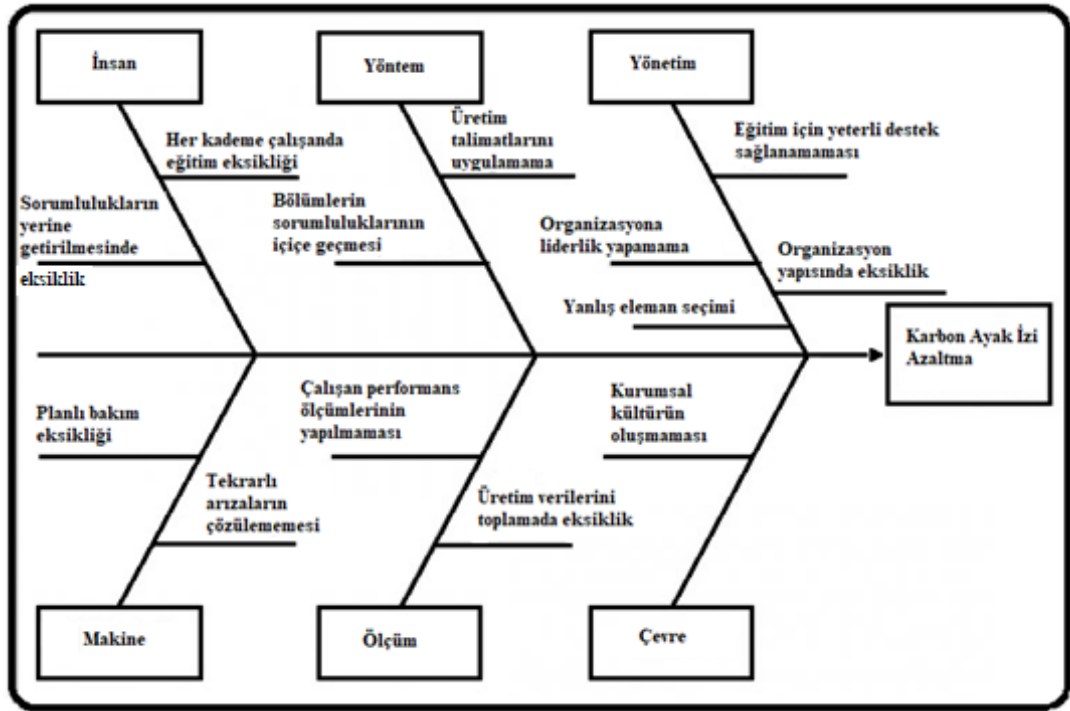
Şekil 4.1. Balık kılçığı bilgilendirme çalışması.

Şekil 4.1'e görüldüğü üzere Balık kılçığı çalışmasından önce çalıştay üyelerine genel bilgilendirme eğitimi yapılmıştır. Ayrıca işletme için problem ana başlıkları belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Balık kılçığı problem alt başlık çalışması.

Şekil 4.2'de belirlenen problem ana başlıkları sonrasında alt unsurlar çalıştay ekip üyeleri ile belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Balık kılçığı diyagramı.

Problem ana ve alt unsurlar tespit edildikten sonra Balık kılçığı diyagramı uygulanarak Şekil 4.3'te görüldüğü gibi verimsizlik ve kalite sorunlarının neden olduğu yüksek kurumsal karbon ayak izi potansiyel sebepleri belirlenmiştir. Tespit edilen altı unsur problemin ortaya çıkmasında eşit paya sahip oldukları için önceliklendirme yapılamamıştır. Kaizen çalışması ile yapılan kök neden analizinde

balık kılçığı problem çözme tekniği kapsamında altı unsurun bütün dallarına ait alt dallar tespit edilmiştir. Pareto ilkesi (birçok durumda sonuçların %80'inin, nedenlerin %20'sinden kaynaklandığını ifade eder) ile hareket edilerek, en kolay ve en hızlı sorunlar tartışılarak kök sebepleri ortaya koyulmuştur.

4.1.1.3.2 Kayıp analizi

Kaizen uygulamasında kök neden analizi sonrasında mevcut kayıpların incelenmesi ile sonraki aşamaya geçilmiştir. Yalın yönetim prensibinde israf kaynakları 7 başlıkta toplanmıştır;

- Gereksiz İşlem Süreç İsrafi
- Gereksiz Hareket İsrafi
- Taşıma İsrafi
- Fazla Üretim
- Kusurlu Üretim
- Bekleme İsrafi
- Stok İsrafi

İsraf noktalarından 6 adet konu işletmede tespit edilmiştir. Bu konuların mevcut durumları analiz edilerek hedefler belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Kayıp analizi.

Kayıplar	Birim	Mevcut durum 2023	Hedef
Fire	Yüzde	13	10
Hurda	Yüzde	2,8	1,9
Yeniden İşlem	Yüzde	19	15
Makine kapasitesi	Adet	135	300
Taşıma süreleri	Saat/vardiya	1	0
Arızasız gün sayısı	Gün	7	10
Ara stok	Gün	1 hafta	1 vardiya

Çizelge 4.3'te kayıpların incelenmesi sonrasında oluşan mevcut durum ve hedefler bulunmaktadır. Tabloya göre;

- **Fire, Hurda, Yeniden İşlem:** Hatalı üretim ve ürün tamirinin standart otomotiv işletmesi ve proseslere göre fazla olduğu saptanmıştır.

- **Ara stok:** Hat akışının bozuk olması, zamanında üretimin yapılamaması nedeniyle hatta verimsiz fazla ara stok tespit edilmiştir.
- **Makine kapasitesi:** Makine asgari çevrim süresinden daha fazla bekleme ve makine tamir sürelerinin fazlalığı bulunmaktadır. Bu sebeplerle makine vardiya üretim adetleri kapasitenin çok altındadır.
- **Arızasız gün sayısı:** Ürün iş akışında olmayan ürün, işletmeye katma değeri olmayan değersiz işlerin fazlalığı sebebiyle hat akışına ve yalın yönetime uygun olmayan üretim planlamaları söz konusudur. Tek seferde yarı mamul ürünlerin üretime verilmediği ek tesviye işlemleri olduğu görülmüştür.
- **Taşıma süreleri:** Aşırı stok sebebiyle yarı mamul ürünlerin sürekli taşınması söz konusudur. 5S çalışma alanı oluşturulmadığı için katma değeri olmayan çalışan ve ürün hareketleri bulunmaktadır. Bu sebeplerle makine vardiyalık üretim adetleri kapasitenin çok altındadır.

4.1.2 Uygulama

Uygulama adımları sıra ile emisyon ölçümlerinin yapılması ve gerektiğinde iyileştirme faaliyetlerinin tespit edilmesi ve başlatılması, karbon ayak izinin hesaplanabilmesi için belge güncelleme ve yeni belge oluşturma ve hesaplamalardır.

4.1.2.1 Emisyon ölçümleri

2872 sayılı Çevre Kanunu'nun ilgili hükümleri gereğince Resmî Gazete 'de yayınlanan "Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği" gereği yıllık yapılan baca gazı emisyon ölçümleri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

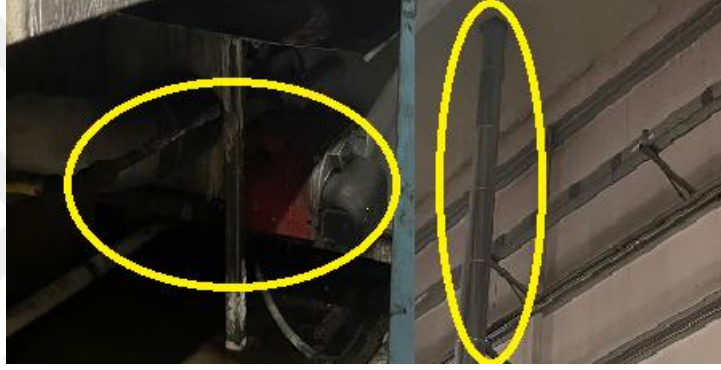
Çizelge 4.4. Yıllık baca gazı emisyon ölçümleri.

Makine	Değer	Mevcut durum 2023 ölçüm	Yeni durum 2024 ölçüm
No: 1 yağ alma havuz brülörü	CO ₂ (%)	8,8	8,69
	CO (ppm)	40	2
No: 2 yağ alma havuz brülörü	CO ₂ (%)	8,57	8,69
	CO (ppm)	0	2
Toz boya pişirme brülörü	CO ₂ (%)	8,8	8,69
	CO (ppm)	40	2

Çizelge 4.4'te 2023 yılında düzenli baca gazı ölçümlerinde No:1 yağ alma havuz brülörü ve Toz boya pişirme brülörü değerleri yüksek olarak ölçülmüştür.

- CO₂ (%): Bacadan çıkan gazın içinde bulunan karbondioksit gazının yüzde olarak değerini ifade eder.
- CO (ppm): Bacadan çıkan gazda bulunan parçacıklardan karbon monoksit gazın parçacık ölçümünün milyonda bir parçacık (ppm-parts per million) birimi üzerinden değerlendirilmesini ifade eder.

Yönetmelik gereği ve doğalgaz sarfiyatının azaltılması Kaizen uygulamaları ile brülör yanma ayarları yapılmıştır. Kaizen sonrası oluşan son emisyonlar tabloda görülmektedir.



Şekil 4.4. No: 1 Yıkama havuz brülörü ve bacası.

Şekil 4.4'te baca emisyon ölçümlerinde tolerans değerlerin üzerinde karbondioksit gaz çıkışı tespit edilen No: 1 Yıkama havuz brülörü ve bacası bulunmaktadır. Brülör gaz ve hava ayarları yapılarak tolerans değerlerde yanma gerçekleştirilmiştir. Yıllık bakım planlaması ile bundan sonraki bütün rutin ölçümlerde uygun sonuç alması sağlanmıştır.



Şekil 4.5. No: 2 Yıkama havuz brülör ve bacası.

Şekil 4.5'te baca emisyon ölçümlerinde tolerans değerlerde karbondioksit gaz çıkışı tespit edilen No: 2 Yıkama havuz brülörü ve bacası bulunmaktadır. Brülör gaz ve hava ayarları rutin kontroller yapılarak tolerans değerlerde yanma gerçekleştirilmiştir. Yıllık bakım planlaması ile bundan sonraki bütün rutin ölçümlerde uygun sonuç alması sağlanmıştır.



Şekil 4.6. Toz boya pişirme brülör ve bacası.

Şekil 4.6'da baca emisyon ölçümlerinde tolerans değerlerin üzerinde karbondioksit gaz çıkışı tespit edilen toz boya pişirme brülörü ve bacası bulunmaktadır. Brülör gaz ve hava ayarları yapılarak tolerans değerlerde yanma gerçekleştirilmiştir. Yıllık bakım planlaması ile bundan sonraki bütün rutin ölçümlerde uygun sonuç alması sağlanmıştır.

Emisyon değerleri;

- Brülör yanma ayarlarının yapılması
- Kestirimci bakım kapsamında motor temizliklerinin yapılması
- Yıl sonu yıllık bakım kapsamında baca temizliklerinin yapılması sonrasında emisyon değerleri normal şartlara indirgenmiştir.

Çizelge 4.4'te görüldüğü üzere Kaizen çalışmaları ile emisyon ölçüm ve takibi sonrasında yönetmelik ile istenen değerler sağlanmaktadır. Çevreden alınan doğal kaynak tüketimi azaltılmış ve çevreye bırakılan emisyonlar normal değerlerde tutulmuştur.

Baca gazı emisyon ölçümleri işletmenin faaliyet gösterebilmesi adına alması gereken çevre izni için düzenli yapılması gereken uygulamadır. Bu uygulamada çevre mevzuatları, çevre mevzuatlarına uyumu zorunlu kılan ve işletmenin yan sanayi olarak ana sanayi firmalara imalat yapabilmesi adına zorunluluk olan ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi standardı ve ayrıca yine yan sanayi olarak ana sanayi

firmalara imalat yapabilmesi adına zorunluluk olan IATF 16949 Kalite Yönetim Standardı başlıkları entegre olarak sistemselsel takibi yapılmaktadır.

4.1.2.2 Belge hazırlama

Otomotiv ana sanayi firmalarına üretim yapan yan sanayi fabrikasında (ABC firması) 2024 ocak ve nisan ayları yeni durumu göstermektedir. 2023 yılı değerlendirme yapabilmek adına mevcut durum olarak dahil edilerek gerçek veriler ışığında işletme CFP hesaplaması yapılmıştır.

Sistemselsel takibinin sürekli yapılabilmesi adına ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi içerisine prosedür, talimat ve takip formları oluşturularak firmaya katma değer sağlayan bir çalışma olması sağlanmıştır. Ayrıca aylık ve yıllık veriler ışığında, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.5. Enerji yönetim prosedürü.

CP 12 ENERJİ YÖNETİM PROSEDÜRÜ

1. AMAÇ

Fabrikada tüketilen enerjinin kontrollü ve verimli kullanımını sağlamaktır.

2. KAPSAM

Tüm firma personelini, işletmede çalışan yabancı firma personelini, işletmeye gelen ziyaretçileri, konuyla ilgili tarafları kapsar.

2.1. Giriş

Fabrikada kullanılan enerji çeşitlerini ve miktarlarını tespit etmek, tüketimini kontrol altına almak ve minimuma indirmek, verimli kullanımını sağlamak için yapılacak faaliyetleri belirlemektir.

3. ETKİLENEN BÖLÜMLER

Tüm bölümler.

4. SORUMLULUK VE YETKİ

Bu prosedürün tüm organizasyonda sürekli olarak uygulanmasından ve uygulandığının kontrolünden Çevre Yönetim Temsilcisi ve/veya fabrika müdürü sorumludur.

5. İLGİLİ DÖKÜMANLAR

CPF 02-00-01 Çevre Performans Tablosu, CPTF 12-01-01 Karbon Ayak İzi Takip Formu

6. TANIMLAR

Çizelge 4.5 (devam). Enerji yönetim prosedürü.

Enerji Yönetim Ekibi (EYE): Fabrika içerisindeki enerji tüketimi ile ilgili aktivitelerinin koordinasyonunu sağlamak için kurulan ekiptir. Ekipte görev alanlar;

- Çevre Yönetim Temsilcisi, - Bakım Şefi, - Fabrika Müdürü,

7. GENEL

Orsan Firmasında aylık bazda tüketilen enerji miktarları Muhasebe ve İdari İşler Müdürlüğü tarafından takip edilir.

7.1. EY Ekibi

İşletmedeki enerji tüketiminden sorumlu Enerji Yönetim Ekibi'ne liderlik edecek Ekip Liderini belirler. Orsan da EY ekip lideri fabrika müdürüdür.

7.2. Çevre Yönetim Temsilcisi ve Enerji Yönetim Ekip Lideri

İlgili birim müdürleri ile görüşerek EYE'nin kurulmasını ve düzenli olarak, Enerji Yönetim Ekibi Çalışma Talimatına) göre ve Çevresel Amaç ve Hedeflere ve Çevre Gelişim Programlarına uygun olarak çalışmasını sağlar.

7.3. Enerji Yönetim Ekibi

ORSAN fabrikasındaki enerji ile ilgili aktiviteleri belirler.

7.4. Enerji Yönetim Ekibi

Fabrikada tüketilen enerjinin azaltılması için Çevre Etkenlerinin Amaç, Hedeflerin ve Programların Belirlenmesi etkenler, amaçlar ve hedefler belirler ve bunların gerçekleşmesi için Faaliyet Programı hazırlar.

Yönetimi Gözden Geçirmesi Prosedüründe belirlenen periyotlara göre bunları değerlendirerek Çevre Yönetim Temsilcisine raporlar. Enerji Yönetim Ekibi Çalışma Talimatlarına ve uygun olarak yönetimi bilgilendirir, enerji tasarrufunu gündemde tutan çalışmalar yapar. Acil durumlarda bu raporu derhal yayınlar.

7.5. Enerji Yönetim Ekip Lideri

Fabrikada tüketilen enerji miktarlarını aylık olarak Bakım mühendisliğinden alır.

7.6. Üretim Planlama Müdürlüğü

ORSAN Fabrikasında aylık bazda üretilen toplam ürün miktarını hesaplayarak EY Ekip Liderine bildirir.

7.7. Enerji Yönetim Ekip Lideri

Aylık bazda birim ürün başına tüketilen enerjiyi hesaplar ve üretilen ürün başına düşen enerji miktarlarını ve karbon ayak izini aylık değerlendirir ve değerlendirme sonucunu CPF 02-00-01 Çevre Performans Tablosuna kaydeder.

Fabrika Müdürü'ne ve Çevre Yönetim Temsilcisi'ne yayınlar ve saklanır. Fabrika geneli ve bölüm enerji tüketim miktarlarını aylık olarak ilgili bölümlere e-posta ile yayınlamak bölümün kendi tüketimlerini inceleyerek gidişat hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlar.

Çizelge 4.5 (devam). Enerji yönetim prosedürü.

7.8. Enerji Yönetim Ekibi

Yönetimi Gözden Geçirmesi Prosedürüne göre YGG toplantılarında alınan kararların doğrultusunda, Faaliyet Programını ve hedefleri yenilerler. Alınan kararları uygular.

8. KAYITLAR

CPF 02-00-01 Çevre Performans Tablosu

CPTF 12-01-01 Karbon Ayak İzi Takip Formu

9. FORMLAR

CPF 02-00-01 Çevre Performans Tablosu

CPTF 12-01-01 Karbon Ayak İzi Takip Formu

CFP'nin işletme kalite yönetim sistemlerine girişi CP 12 Enerji Yönetim Prosedürü üzerinden gerçekleştirilmiştir.

CP 12 Enerji Yönetim Prosedürü ile sisteme girişi yapılan CFP'nin hesaplama metodunu anlatan CPT 12-01 Karbon Ayak İzi Talimatı formu ile CFP hesaplamasının nasıl yapılacağı tarif edilmiştir.

Çizelge 4.5'te görüldüğü üzere çevre yönetim sisteminde ilk olarak enerji yönetim prosedürü içerisine CFP konusu güncellenerek, 7.7, 8 ve 9 No'lu bölümlere karbon ayak izi takibi ve formları eklendi.

Çizelge 4.6. Karbon ayak izi talimatı.

CPT 12-01 KARBON AYAK İZİ TALİMATI

1. AMAÇ

Bu talimatın amacı, Orsanda üretim işlem sonucu ortaya çıkan sera gazlarının doğal kaynaklara verdiği zararı azaltmaya yönelik politikaları ISO 14064 standardı ile belirlenerek Karbon Ayak İzi terimi ile takip edilmesidir.

2. KAPSAM

Üretim işlemleri sonucu ortaya çıkan gazların Karbon Ayak İzi formülü ile hesaplanmasıdır. Bu kapsamda elektrik ve doğalgaz tüketimi ve işletme araçlarından kaynaklanan emisyonları kapsamaktadır.

3. İLGİLİ KAYITLAR

Elektrik tüketimi, Doğalgaz tüketimi, Araç km-yakıt tüketimi,

4. TERİMLER/TANIMLAR

CFP: Karbon Ayak İzi

CO₂: Karbondioksit

EŞD: Eş Değer

Çizelge 4.6 (devam). Karbon ayak izi talimatı.

FKA: Faaliyet Karbon Ayak İzi

GCP: Global Karbon Projesi

ISO: Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu

OSD: Otomotiv Sanayi Derneği

PPM: Milyonda Bir Parçacık

5. SORUMLULAR

Üretim Şefi, Kalite Güvence Şefi, Muhasebe Şefi

6. İŞLEMLER

6.1 KAPSAM 1 HESAPLAMALARI

6.1.2 DOĞALGAZ TÜKETİMİ

İşletme doğalgaz tüketimi aylık kWh olarak takip edilerek veriler Kalite güvence bölümüne iletilecek.

6.1.3 İŞLETME ARAÇLARI YAKIT TÜKETİMİ

İşletme araçları yakıt tüketimi kullanılan yakıtın km üzerinden aylık takip edilir ve Kalite güvence bölümüne iletir.

6.2 KAPSAM 2 HESAPLAMALARI

6.2.1 ELEKTRİK TÜKETİMİ

İşletme elektrik tüketimi aylık kWh olarak takip edilerek veriler Kalite güvence bölümüne iletilecek.

6.3 KAPSAM 3 HESAPLAMALARI

6.3.1 KİRALIK ARAÇ ve SERVİS YAKIT TÜKETİMİ

İşletme araçları yakıt tüketimi kullanılan yakıtın km üzerinden aylık takip edilir ve Kalite güvence bölümüne iletir.

6.4 KARBON AYAK İZİ HESAPLAMASI

Elektrikten kaynaklanan CFP

$$CFP(E) = (\text{Kullanılan Elektrik}/1000) * 0,84$$

Doğalgazdan kaynaklanan CFP

$$CFP(D) = (\text{Kullanılan Doğalgaz (kWh)}/1000) * 0,84$$

İşletme Araçlarından Kaynaklanan CFP

$$CFP(A) = (\text{Kullanılan km})/100 * 0,02$$

Kiralık ve Servis Araçlarından Kaynaklanan CFP

$$CFP(KA) = (\text{Kullanılan km})/100 * 0,02$$

Çizelge 4.6 (devam). Karbon ayak izi talimatı.

İşletme Toplam CFP

Kapsam 1 CFP= CFP(D)+CFP(A)

Kapsam 2 CFP= CFP(E)

Kapsam 3 CFP= CFP(KA)

CFP(T)= Kapsam 1 +Kapsam 2 + Kapsam 3

= CFP(D)+CFP(A)+CFP(E)+CFP(KA)

7. İLGİLİ DOKÜMANLAR

CP12 Enerji Yönetim Prosedürü

CPTF 12 01 01 Karbon Ayak İzi Hesaplama Formu

CPF 02-00-01 Çevre Performans Takip Formu

Çizelge 4.6’da CP 12 Enerji Yönetim Prosedürü ile sisteme girişi yapılan CFP'nin hesaplama metodunu anlatan CPT 12-01 Karbon Ayak İzi Talimatı formu ile CFP hesaplamasının nasıl yapılacağı tarif edilmiştir.

Çizelge 4.7. 2023 Karbon ayak izi hesaplama tablosu.

	Üretim adetleri	Kapsam 1 aylık CFP	Kapsam 1 aylık Br CFP	Kapsam 2 aylık CFP	Kapsam 2 aylık Br CFP	Kapsam 3 kiralık araç CFP	Kapsam 3 Seris araç CFP	Kurumsal Aylık CFP	Kurumsal Aylık Br CFP
Ocak	27765	457.299,10	16,47	255593,52	9,206	28665,4	18840	606,45	0,022
Şubat	29366	493.906,21	16,82	277704	9,457	29324,3	16830	655,7	0,022
Mart	37209	419.591,83	11,28	302909,04	8,141	28450,7	20520	614,64	0,017
Nisan	28236	365.489,20	12,94	282121,56	9,992	27573,2	16980	551,21	0,02
Mayıs	35078	421.037,58	12	336052,08	9,58	33853,6	19470	644,67	0,018
Haziran	33289	352.722,54	10,6	282935,52	8,499	27943,6	17070	541,25	0,016
Temmuz	31783	350.908,43	11,04	360360	11,338	30150,5	19140	605,41	0,019
Ağustos	38582	414.098,90	10,73	347805,3	9,015	24906,1	20490	647,03	0,017
Eylül	46497	514.107,40	11,06	344395,8	7,407	25867	19920	728,31	0,016
Ekim	45541	430.799,60	9,46	306008,64	6,719	21386,3	20460	625,24	0,014
Kasım	47674	392.602,10	8,24	306623,52	6,432	22962,7	19110	593,85	0,012
Aralık	31256	348.954,02	11,16	232923,6	7,452	15993,6	18930	493,87	0,016
Toplam	432276	4.961.516,91	141,8	3635432,6	103,237	317077	227760	7307,63	0,208
Ortalama	36023	413.459,74	11,82	302952,72	8,603	26423,083	18980	608,97	0,017

Çizelge 4.7’de Mevcut durum 2023 CFP hesaplamalarının CPT 12-01 Karbon Ayak İzi Talimatına göre hesaplamalarını gösteren, aylık takibini sağlayan ve yeni oluşturulan CPT 12-01-01 Karbon Ayak İzi Hesaplama Formu ile hesaplanan veriler

bulunmaktadır. Bu form ile CFP hesaplamaları ve hesaplamalara bağı olarak CFP takibi hedeflenmiştir. Br CFP ile ifade edilen 1 adet ürün için t CO2 eşd. olarak ortaya çıkan karbon ayak izi değeridir.

Çizelge 4.8. 2024 Karbon ayak izi hesaplama tablosu.

	Üretim adetleri	Kapsam 1 aylık CFP	Kapsam 1 aylık Br CFP	Kapsam 2 aylık CFP	Kapsam 2 aylık Br CFP	Kapsam 3 aylık CFP	Kapsam 3 aylık Br CFP	Kurumsal Aylık CFP	Kurumsal Aylık Br CFP
Ocak	37.614	446.232,39	11,86	264.383,28	7,03	14.611,43	19.710	601,81	0,016
Şubat	18.037	269.728,38	14,95	194.178,60	10,77	18.907,32	11.640	394,627	0,022
Mart	32.474	316.894,45	9,76	212.005,08	6,53	17.218,39	13.530	449,072	0,014
Nisan	17.728	240.113,58	13,54	156.849,84	8,85	18.270,89	11.430	338,246	0,019
Mayıs									
Haziran									
Temmuz									
Ağustos									
Eylül									
Ekim									
Kasım									
Aralık									
Toplam	105.853	1.272.968,80	50,12	827.416,80	33,17	69.008,04	56.310	1.783,76	0,071
Ortalama	26.463,25	318.242,20	12,53	206.854,20	8,29	17.252,01	14.077,50	148,646	0,018

Çizelge 4.8’de yeni durum 2024 CPT 12-01 Karbon Ayak İzi Talimatına göre CFP hesaplamalarını gösteren, aylık takibini sağlayan ve yeni oluşturulan CPT 12-01-01 Karbon Ayak İzi Hesaplama Formu ile hesaplanan veriler bulunmaktadır. Bu form ile CFP hesaplamaları ve hesaplamalara bağı olarak CFP takibinin 2024 verilerinin takibi sağlanmıştır.

Br CFP ile ifade edilen 1 adet ürün için t CO2 eşd. olarak ortaya çıkan karbon ayak izi değeridir. İşletmenin çevresel faktörlerini takip ettiği CPF 02-00-01 Çevre Performans Tablosu bulunmaktadır.

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Standardına göre takip edilen göstergelere CFP sonuçları da eklenerek işletme için kalıcı, sürekli takip edilebilir ve sistemsel aksiyon olarak CFP hesaplamaları dahil edilmiştir. Klasik CFP ölçümlerine farklı bir yaklaşım olarak kurumsal CFP değerlendirmenin yanında işletmede üretilen her bir ürün için oluşan CFP sadece yıllık değil Kaizen ile değişimlerin aylık takibi için takip formları oluşturulmuştur. Sistemsel CFP hesaplaması ve devamlılığı açısından önce ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi içerisinde bulunan Enerji Yönetim

Prosedürü (EYP) CFP'yi içerecek şekilde güncellenmiştir. EYP' ye bağlı CFP hesaplama talimatı ile hesaplama yöntemi tarif edilmiştir. Son olarak CFP hesaplama formu ile aylık olarak takibi sağlanmıştır.

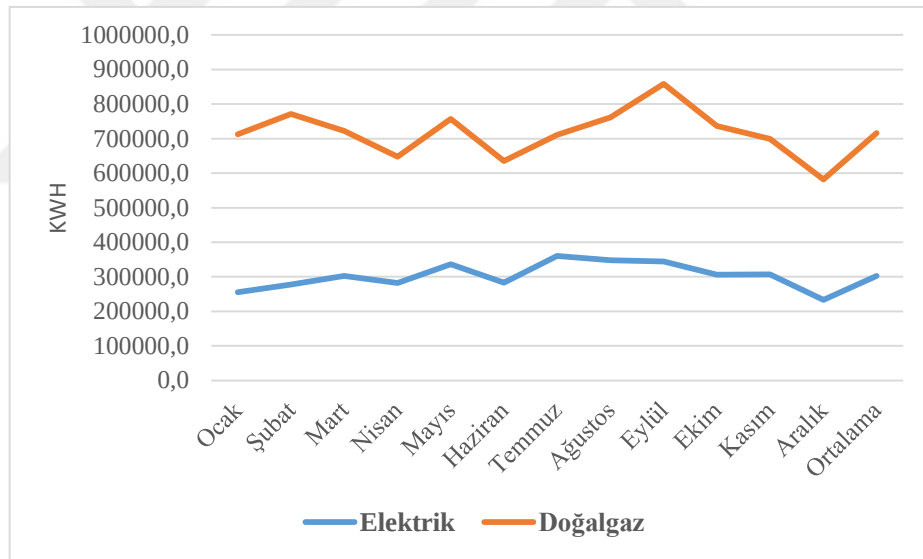
4.1.2.3 Hesaplamalar

Veriler elde edilirken CFP kapsamı göz önünde bulunarak veriler toplanmıştır. Veriler 2023 çalışma yılı dahil edilerek 2024 yılı nisan ayına kadar toplanmış ve işlenmiştir.

CFP hesaplamaları kapsam 1, kapsam 2 ve kapsam 3 için Kyoto protokolündeki aşağıda yer alan formül kullanılmıştır;

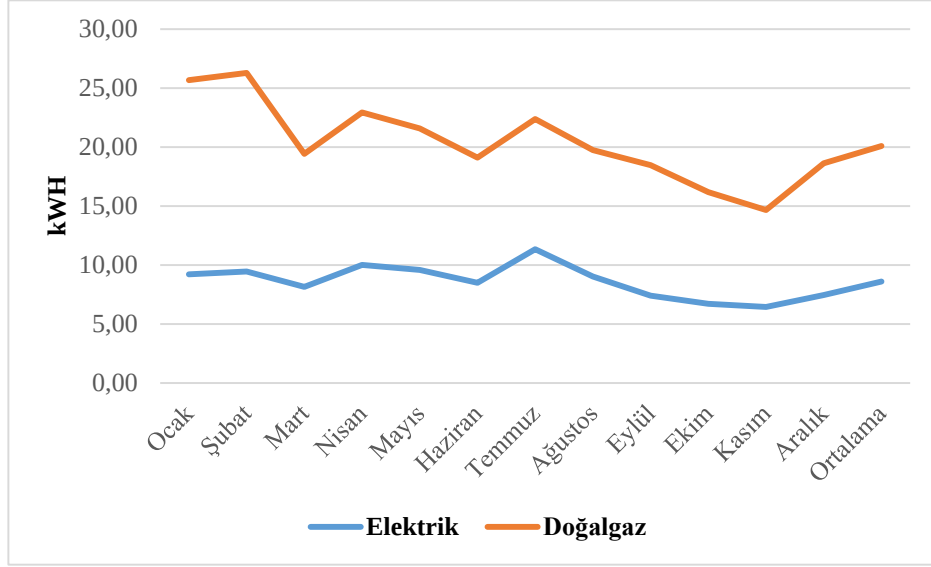
- Karbon ayak izi = Yakıt Tüketimi x Emisyon Faktörü

Formülü ile karbon ayak izi formuna işlenerek elde edilmiştir. Veriler grafikler halinde aşağıda gösterilmiştir.



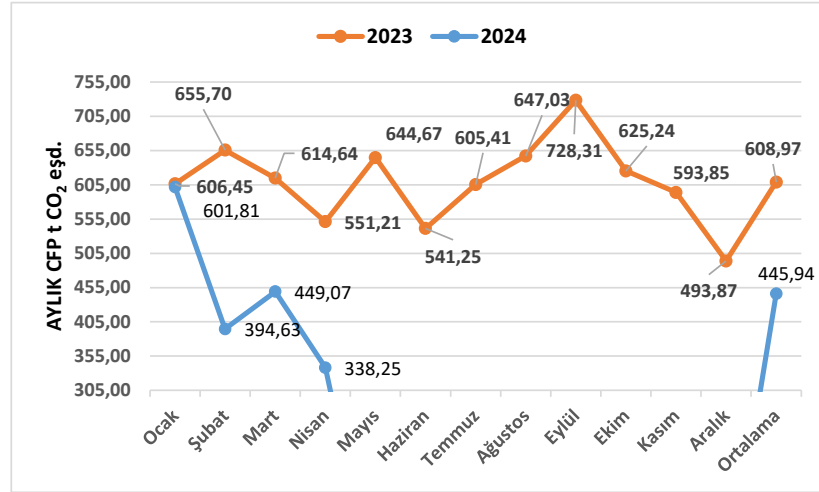
Şekil 4.7. 2023 yılı aylık doğalgaz ve elektrik tüketimi.

Şekil 4.7’de 2023 yılı aylık doğalgaz tüketim grafiği incelendiğinde aylara göre dalgalanmalar bulunmaktadır. Dalgalanmaların anlam kazanması açısından üretilen ürünlere göre harcanan elektrik ve doğalgazın hesaplanmasına ihtiyaç vardır. Yani birim ürün için harcanan elektrik ve doğalgaz hesabı ile işletmedeki verimlilik ortaya çıkacaktır. İşletme içinde CFP değerlerini en çok etkileyen doğalgaz ve elektrik sarfiyatıdır. Alınan aksiyonların sonuçları en iyi şekilde bu veriler üzerinden görülmektedir.



Şekil 4.8. 2023 yılı aylık birim elektrik ve doğalgaz tüketimi.

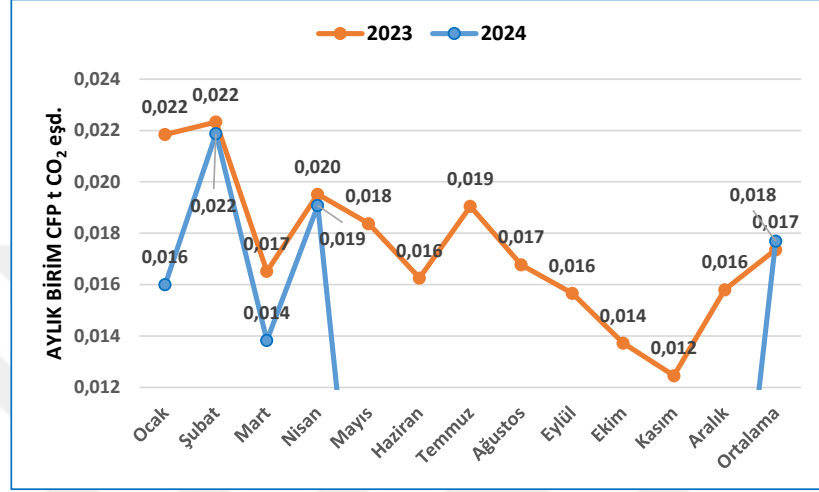
Şekil 4.8'deki 2023 yılı aylık elektrik ve doğalgaz tüketimi o ay üretilen ürüne kıyaslandığında yani firmanın bir ürün üretmek için harcadığı elektrik ve doğalgaz aylık olarak görülmektedir. Özellikle 2023 Ocak-Şubat ayları ve sonrası gözlemlendiğinde belirgin düşüş görülmektedir. Yıllık emisyon ölçümlerine göre müdahale edilen yanma değerleri sonrasında birim ürün için tüketilen doğalgazın düştüğü gözlenmektedir.



Şekil 4.9. 2023 ve 2024 yılı aylık CFP.

Şekil 4.9'da aylık CFP gerçekleştirmeleri görülmektedir. 2024 yılında gözlenen düşüş üretim adetlerinin düşmesine bağlı gerçekleşen CFP'dir. Grafik eğrileri genel anlamda üretim dalgalanmalarına eşdeğerdedir. Verimlilik konusunda yorum yapabilmek için birim ürün için ortaya çıkan CFP değerinin ölçülmesi

gerekmektedir. Kaizen ile yapılan iyileştirme öncesi 2023 yılı Ocak ve Şubat ortalaması CFP 631 t CO₂ eşd.'dir. İyileştirme sonrası 2023 yılı kalan aylar ortalama CFP 604,5 t CO₂ eşd.'dir. Kaizen çalışmaları kapsamında aşağıda tespit edilmiş olan verimsizlik noktalarının tespit edilmesi ve iyileştirmeler sonrasında belirlenen hedeflere ulaşılması sonucu CFP değerlerinin düşmüş olduğu Şekil 4.10'da görülmektedir.



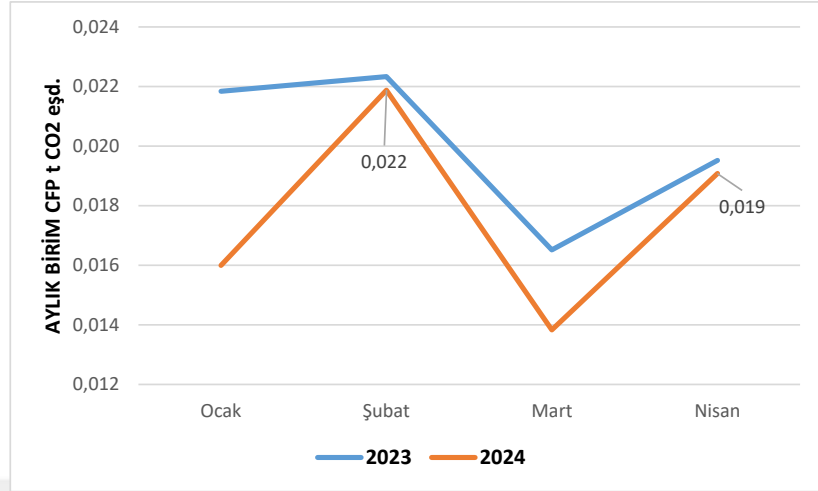
Şekil 4.10. 2023 ve 2024 yılı aylık birim CFP.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere Kaizen çalışmalarının olumlu sonuçları şekilde görülmektedir. Birim CFP 2023 yılı aynı ayına göre daha düşük sonuçlanmıştır. Firma özelinde 2024 yılı döneminde müşteri siparişlerindeki düşüşler sebebiyle CFP değerlerinin beklenenden daha az düştüğü gözlenmiştir. Buna rağmen iyileşme açıkça görülmektedir.



Şekil 4.11. 2023 ve 2024 yıllık CFP.

Şekil 4.11'de firma kurumsal CFP ölçümleri görülmektedir. Kaizen ile firma sistemine CFP takibi eklenmiş ve güncel olarak izlenmektedir.



Şekil 4.12. 2023 ve 2024 yılı ilk çeyrek birim CFP.

Şekil 4.12'de Kaizen çalışmaları sonucu ortaya çıkan durumu daha iyi değerlendirebilmek adına işletme ilk çeyrek karbon ayak izi hesaplamaları yapılarak incelendiğinde aylık birim CFP değeri 2023 yılı için 0,020 t CO₂ eşd. olurken 2024 yılında 0,019 t CO₂ eşd. olarak gerçekleşmiştir. Aylık CFP ortalamasında %5 iyileşme gerçekleşmiştir.

İyileşmenin yani elektrik ve doğalgaz sarfiyatını azaltan ve CFP'nin azalmasında Kaizen iyileşme noktalarını aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Kayıp analizinde tespit edilen fire, hurda ve tamir işlemlerinin hedeflenen değerlere ulaşması ile üretim verimliliği artarak makinenin devrede olduğu süre içerisinde daha fazla ürün imal etmesi sağlanmıştır.
- Bakım bölümünün organizasyonunun yenilenmesi ile öncelikle kestirimci bakım yapılmış ve sonrasında yıllık bakımlarının yapılması ile makine verimlilikleri artırılmıştır. Bu sayede makine vardiya üretimleri 135 adetten 300 adet üretime %45 iyileşme oranı ile yükseltilmiştir.
- Makine verimliliklerinin artırılması sonrasında personel sayısında optimizasyon yapılmıştır. CFP değerinde servis km değerlerinde azalma yaşanmıştır.

- Üretimin vardiyada artması sonucu boyahaneyi besleyen ürünlerde hem düzenli akış sağlanmış hem de artış sonrası ürün başına doğalgaz kullanımı azaltılmıştır.
- Satın alma ve planlama bölümlerinin organizasyonu sonrası ürün akışı ve üretim planlamasında iyileşme sonrasında yalın yönetim tekniği ile kesintisiz ürün akışı sağlanmıştır. Bu sebeple üretim duruşları yaşanmadan hammaddeden final ürüne kesintisiz akış sağlanmıştır.

4.1.3 Kontrol et

Üçüncü adımda prosedür, talimat ve formların uygulanabilirliği kanıtlanmış ve işletme KYS sistemine dahil edilmiştir. Kaizen ekibi çalışmaları planlama, satın alma ve üretim alanlarında değerlendirilmiştir. Yapılan iyileştirmeler işletme bütün göstergeler üzerinde görüldüğü gibi CFP hesaplamalarında da ürün CFP değeri üzerinde de görülmüştür.

Çizelge 4.9. İşletme performans göstergeleri.

İyileştirme göstergeleri	Birim	Mevcut durum 2023	Hedef	Yeni durum 2024
Fire	Yüzde	13	11	10
Hurda	Yüzde	2,8	2	1,9
Yeniden İşlem	Yüzde	19	15	15
Makine kapasitesi	Adet	135	300	300
Devamsızlık	Yüzde	7,28	5	3,5
Fazla mesai	Saat/yıl	14794	0	0
Sevk bakiye	Adet/ay	8608	0	0
Müşteri kalite performansı	Ppm	1089	700	690
Elektrik sarfiyatı	kWH/adet	8,71	8	7,72
Doğalgaz sarfiyatı	m ³ /adet	1,12	1,11	1,11
Arızasız gün sayısı	Gün	7	10	10,5
Çalışan sayısı	Adet	178	165	164
Ara stok	Gün	1 hafta	1 vardiya	1 vardiya

Çizelge 4.9'da işletmeye ait Kaizen çalışmasında hedef alınan ve iyileştirme için aksiyon alınan maddeler bulunmaktadır. 2023 yılı mevcut 2024 yılı yeni durum olarak göstergeler tablo ile takip edilmiştir. Tabloda görüleceği üzere Kaizen çalışması sonrasında bütün göstergelerde olumlu sonuç alınmıştır. Hedeflenen değerlere ulaşılması Çizelge 4.4, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 görüldüğü üzere yalın yönetim yaklaşımı ile karbon ayak izinin azaltılması sonucu ortaya çıkmıştır.

4.1.4 Önlem al

PUKÖ döngüsünün ilk döngü sonu ve diğer döngü başlangıç adımıyla üst yönetim ile hatların kullanımı, personel sayısı/verimliliği, makine kullanımı/verimliliği adına yapılan yılın ilk çeyrek değerlendirmeleri sonrasında yeni aksiyon planı alınmıştır. Belirlenen bütün maddeler enerji kullanımı, iyileştirmesi ve CFP kapsamında değerlendirilmiştir. Maddelerin çevresel etkileri olduğu gibi işletme maliyetlerine de olumlu yansıması kaçınılmazdır.

Çizelge 4.10. Yeni iyileştirme konu listesi.

İyileştirme konuları	Birim	Mevcut durum 2024	Hedef
Hurda	Yüzde	1,9	1,5
Yeniden İşlem	Yüzde	15	10
Makine kapasitesi	Adet	300	320
Müşteri kalite performansı	Ppm	690	500

Çizelge 4.10'da PUKÖ döngüsü yeni iyileştirme konuları ve hedefleri görülmektedir. Yapılan her iyileştirme üretim verimliliği, maliyet azaltma ve karlılık konularını etkilediği gibi karbon ayak izi azaltıcı etkileri de yapılan bu çalışmamızda açıkça görülmüştür.

Çizelge 4.11. Sürekli iyileştirme listesi.

Kaizen No	Öneri	Sorumlu	Problem	Çözüm	Mevcut Durum	Hedef
1	Doğalgaz sarfiyatını azaltma	S.K.	Doğalgaz gideri	Yıkama havuzların soğuk çalışan kimyasal kullanımı	1.11 kWh/adet	1,0 kWh/adet
2	Lazer kaynak hattının kapatılması	S.C.	Elektrik gideri	Lazer hattı fiber lazer uygulaması ile elektrik sarfiyatını azaltma	7,72 kWh/adet	7,5 kWh/adet
3	Kaynak makinasına tek tip kalıp yapma	S.K.	Kalıp değişim süresini azaltma	Kaynak makinası tek taraf çap kalıplarının tek tip yapılması ile kalıp değişim süresini azaltıp makine kapasitesi artırılabilir	300 adet/vardiya üretim	320 adet/vardiya üretim

Çizelge 4.11 (devam). Sürekli iyileştirme listesi.

4	Çevre kaynak makinası tamburun kaymasını önleme için rulman yatak yapılması	H.B.	Hurda azaltma	Çevre kaynak makinasındaki yatay kaymayı önlemek için silindirik konik rulman ile karşı yatak yapılarak kayma önlenir kaynak hataları önlenir.	1,90%	1,50%
5	Boy kaynak makinası bakır altlık genişliğini arttırma	O.D.Ö.	Yeniden işlem azaltma	Boy kaynak kök çukuru 1mm yerine 3,5mm ve 206mm çap yerine 246mm çap olarak işlenmesi halinde yeniden işlem adetleri düşecektir.	15%	10%

Çizelge 4.11'de PUKÖ döngüsünün ikinci döngüsü için Çizelge 4.10'da belirlenen konulara ulaşmak amacı ile oluşturulmuş iyileştirme listesi bulunmaktadır. Kaizen sürekli iyileştirme kapsamında öneri olarak liste oluşturulmuştur.

4.2 Tartışmalar

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ekonomik faaliyetleri sonucu ortaya çıkan iklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi sonuçlar ile yüzleşmek zorunda kalmaktadırlar. Hem kalkınma faaliyetlerini yürütmek hem de çevreye olan etkilerini daha kontrol edilebilir noktaya çekmek adına kullanılan fosil yakıtların kullanımını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeleri gerekmektedir. Özellikle otomotiv sanayisinde faaliyet yürüten işletmeler, küresel iklim değişikliği sorununda sektörün ülkelerin kalkınma lokomotifleri olması ve aynı zamanda CFP konusunda en fazla katkısı olan kurumlar olması sebebiyle uluslararası amaçlara erişebilmek için bu küresel çaptaki problem ile başa çıkmak adına yapacakları çabalar çok önemlidir (Huang vd. 2009).

Bu durumda işletmeler karbon salınımını düşürmek adına ilk adım olarak CFP hesaplamalarını bir metot, sistemsel aksiyon ve KYS içinde ölçmeleri, kayıt altına almaları ve değerlendirmelerini gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda iklim değişikliği konu özelinde çevreye etkilerini görüp sonrasında bir metoda dayalı

yönetebilmelerini sağlayabilmektedirler. CFP ülkelerin doğrudan ya da dolaylı sera gazı emisyonlarının ölçüldüğü ve aynı zamanda kalkınma göstergesi olan bir parametredir (Huang vd. 2009; Mensah 2019).

İşletmelerin CFP değeri özellikle otomotiv sanayisinde üretim faaliyetlerinden kaynaklanan çevreye salınım yapılması sonucu iklim değişikliğine sebep olan sorunun CO₂ eşdeğer cinsinden tanımlanmasıdır. Günümüzde CFP hesaplamaları yasal gereklilik, yatırımcı veya müşteri talepleri, pazarlama stratejileri, emisyon ticaret zorunluluğu ve kurumsal prestij için hesaplaması, raporlanması ve gerektiğinde iletilmesi çok önemlidir (Üreden ve Özden 2018).

Yaşam döngüsü ürün, proses ve hizmetlerin kurumsal çerçevedeki sürdürülebilirliğine etki etmektedir. Bu noktada işletme CFP değeri hammadde kullanım, nakliye, üretim faaliyetleri, dağıtım, geri dönüştürme ve nihai elden çıkarma süreçlerindeki girdi ve çıktılar uygulanabilecek iyileştirmeler açısından çok önemlidir (Finkbeiner ve König 2013; Harangozo ve Szigeti 2017).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Artan dünya nüfusu, şehirleşme ve sanayileşme ile çevresel problemler de hızla ortaya çıkmaya başlamıştır. Bunların arasında iklim değişikliği en önemli sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir.

İklim değişikliğinin zararlarını azaltmanın en önemli yollarından birisi sera gazı salınımlarının azaltılmasıdır. Emisyon zararlarının azaltılması için öncelikle işletmelerin bulunduğu konumlarının ölçülebilmesi gerekmektedir. Bir ölçümün yapılabilmesi içinde bir metodoloji geliştirilmelidir. CFP iklim değişikliği ile ilgili en yaygın kullanılan çevresel göstergelerden biri olarak görülmektedir.

İşletme işlevlerinin sonucu olarak ortaya çıkan hizmet veya ürünlerin sebep olduğu emisyonlar nedeniyle süreçlerini gözden geçirmeye başlamış ve daha çevreci politikalar almaya yönelmiştir. Otomotiv yan sanayi sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının kurumsal boyutta belirlenmesi çok büyük önem taşımaktadır.

Yasal zorunlulukların yanında müşteri talepleri, kurumsal prestij ve imaj, pazarlama misyonları gereği geline son dönemde zorunluluğun yanında gönüllü olarak Kurumsal CFP hesaplamasını yapmaktadırlar. Bu takip edilen parametre ile sürdürülebilir işletme ve pazarda yerini sağlama alma olanağına sahip olmaktadır.

Kurumsal Karbon Ayak İzi hesaplamaların yapılması ve yönetim sistemleri için takip edilmesi ve ayrıca özel çaba sarf etmeleri gerekmektedir. Bu süreç işletmenin tüm faaliyet alanları iş ve yönetim süreçlerini ve ayrıca paydaşlarını da kapsamaktadır.

Yan sanayi yönetimlerinin kurumsal karbon yönetimlerini ayrıca ya da mevcut kalite yönetim sistemleri ile entegre etmeleri gerekmektedir. İşletme geleceği için engel olarak görünen bu konu ile ilgili yapılacak olan çalışmalar bu engeli kaldırarak onları ileriye taşıyacak önemli konu olarak görülmektedir. Kaizen uygulamaları ile güncel CFP hesaplamaları, sisteme dahil edilmesi, iyileştirme çalışmaları, raporlanması, sunulması ve değerlendirilmesi de yapılabilmektedir.

Bu çalışmanın işletme içinde Kaizen ve CFP konusunun beraber ele alınması çerçeve çizilmesi, mevcut durum analizi ve sürekli iyileştirme faaliyeti planlanarak işletmeye, bulunduğu çevreye ve küresel çapta ülkeye katkısı yüksek olan bir çalışma

olması hedeflenmiştir. Günümüzde bütün işletmelerde güncel olarak karbon ayak izi takibi ve ölçümleri yapılabilmektedir. Otomotiv endüstrisinde faaliyetlerden kaynaklanan ölçümlerin yapılması, sisteme dâhil edilmesi ve sistemselsel olarak takip edilmesi konusunda açık olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın karbon ayak izinin Kaizen uygulanmasıyla iyileştirilmesi konusunda literatüre katkıda bulunan araştırmalardan biri olması beklenmektedir. Bu çalışmada, otomotiv endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede karbon ayak izi ölçümleri ve takibi Kaizen ile iyileştirmenin yapılması sonrası işletmenin sistemselsel yönetim sistemine entegrasi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın bulgularına dayalı olarak; vaka analizinin gerçekleştiği ABC işletmesinde 2023 yılında 7.308 t CO₂ eşd. olan karbon ayak izi 5.351 t CO₂ eşd. seviyesine düşerek Kaizen uygulaması ile %27 iyileştirme sağlandığı görülmektedir. Kaizen çalışmaları sonucu ortaya çıkan durumu daha iyi değerlendirebilmek adına işletme ilk çeyrek karbon ayak izi hesaplamaları yapılarak incelendiğinde aylık birim CFP değeri 2023 yılı için 0,020 t CO₂ eşd. olurken 2024 yılında 0,019 t CO₂ eşd. olarak gerçekleşmiştir. Aylık CFP ortalamasında %5 iyileşme gerçekleşmiştir. Kaizenin CFP'nin azalmasında en önemli etkisi tespit edilen fire, hurda ve tamir işlemlerinin hedeflenen değerlere ulaşması ile üretim verimliliği artarak makinenin devrede olduğu süre içerisinde daha fazla ürün imal etmesi noktasındadır. Ayrıca bakım bölümünün organizasyonunun yenilenmesi ile öncelikle kestirimci bakım yapılmış ve sonrasında yıllık bakımlarının yapılması ile makine verimlilikleri artırılmıştır. Bu sayede makine vardiya üretimleri 135 adetden 300 adet üretime %45 iyileşme oranı ile yükseltilmiştir. Makine verimliliklerinin artırılması sonrasında personel sayısında optimizasyon yapılmıştır. Böylece personelin enerji tüketimi ve lojistik kaynaklı CFP değerleri de azalmıştır. Üretim akışındaki bu değişiklikler sonrasında yeni duruma göre ürün başına doğalgaz kullanımı azaltılmıştır. Kaizen sonrası kesintisiz ürün akışı sağlanmıştır. Bu sebeple üretim duruşları yaşanmadan hammaddeden final ürüne kesintisiz akış sağlanmıştır.

Bu vaka analizi sonucunda ABC işletmesinde elde edilen ve Çizelge 10'da İşletme performans göstergelerinde görülen işletme üretim faaliyetleri ve verimlilik konusunda raporlanan iyileşme ve bu iyileşmeler sonucunda işletme kurumsal ve ürün CFP'de ortaya çıkan olumlu sonuçların farklı firmalara uyarlanması durumunda

benzer olumlu sonuçların elde edilmesi beklenmekle birlikte uygulanan iyileştirmeler sayesinde hem ulusal hem de uluslararası arenada CFP'nin azaltılarak çevresel sorunların çözümüne katkı sağlamasının beklenmesi de çalışmanın olumlu sonuçları arasında sayılabilir. Benzer şekilde elde edilen olumlu sonuçların literatüre katkı sağlaması beklenmektedir. Bu çalışmanın bulguları, otomotiv yan sanayi sektöründe karbon ayak izinin azaltılması için yalın yönetim yaklaşımlarının etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışma yapılırken vaka analizi sırasında birtakım sorunlarla karşılaşmıştır. Bu sorunlardan birincisi literatürde yeterli sayıda ayrıntılı ve kapsamlı raporların olmamasıdır. Mevcut çalışmaların genel itibariyle tüketilen enerji türünün fosil yakıtlardan elektrikli yakıtlara geçilmesini öneren çalışmaların yoğunlukta olması nedeniyle diğer çalışmalarla karşılaştırma yapılamaması bir sorun oluşturmaktadır.

5.1 Öneriler

Çalışma bulgularına dayalı olarak ileride yapılacak çalışmalara ya da uygulamaya aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

- ABC firmasında yapılan bu Kaizen uygulaması kendisine bağlı tedarikçi firmalara da uygulanması sağlanarak CFP değeri düşürülebilir.
- Gelecek çalışmalarda ya da uygulamada başka yalın yönetim teknikleri kullanılarak CFP azaltılabilir bu çalışmanın bulgularıyla bir kıyaslama yapılabilir. Bu raporların literatüre katkı sağlayacağı söylenebilir.
- CFP azaltılmasında kullanılan Kaizen Otomotiv sektörü dışındaki endüstrilere de uygulanabilir ve bu çalışmanın bulguları ile kıyaslama yapılabilir. Bu raporların literatüre katkı sağlayacağı söylenebilir.
- Kaizen'in CFP azaltılmasında ve bir iyileştirme sağlamada bir kalite aracı olduğu söylenebilir.
- Özellikle otomotiv sektöründe uygulama alanı her geçen gün yaygınlaşan Kaizenin iyileştirmelerde bu çalışmanın sonucundaki CFP'ye ait sayısal verilerle mevcut bilimsel raporların kıyaslanması literatüre katkı sağlayabilir.
- Bu vaka analizinde yol haritası olarak kullanılan PUKÖ döngüsü basit sistematığın anlatılmasında organizasyonlara ve literatüre odak sağlaması açısından önem arz edebilir.

- Sadece otomotiv sektöründe bir firma ile sınırlandırılan bu çalışma genişletilerek farklı sektörlerde ya da birkaç üretim firmasında uygulanabilir.

Araştırmanın sınırlılığı sadece otomotiv sektöründe bir firma ile çalışmanın yapılmasıdır. Sonuç olarak bu çalışmanın bulguları gelecekteki çalışmalarda yapılacak araştırmaların literatür ve endüstriyel uygulama için yararlı sonuçlarının olacağı gösterdiği söylenebilir.



KAYNAKÇA

- Argun E.A., Ergüç R., Sarı Y., 2019. Konya/Selçuklu ilçesi karbon ayak izinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7,2, 287-297.
- Akyurt, İ. Z., & Eren, E., 2019. Hazırlık süresinin azaltılmasında smed yöntemi uygulaması, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 15,3, 315-331.
- Alagöz, İ., Coşkun, E., Babaoğlu, S., Kaykaç, R., Cıdacı, A., 2022. EÜAŞ merkez kampüs 2021 yılı karbon ayak izinin hesaplanması, Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik, 23,2, 161-166.
- Aldy, E. J., 2019. Geleceğe dönük iklim stratejisi, Harvard Business Review Türkiye, URL Adres: <https://hbrturkiye.com/dergi/gelecege-donuk-iklim-stratejisi> Erişim tarihi: 21.06.2024.
- Allen, T. T., Tseng, S. H., Swanson, K., & McClay, M. A., 2009. Improving the hospital discharge process with six sigma methods, Quality Engineering, 22,1, 13-20.
- Aroonsrimorakot S., Yuwareeb C., Arunlertareeb C., Hutajareornb R., Buaditb T., 2013. Carbon footprint of faculty of environment and resource studies, Mahidol University, Salaya Campus, APCBEE Procedia, 5,175-180.
- Aslantaş, T., 2014. Yalın üretim felsefesi, yöntemleri ve kanban tekniğinin otomotiv sektörüne uygulanması, Gazi Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği ABD.
- Aşıcı, A. A., 2021. Avrupa Birliği'nin sınırda karbon uyarlaması mekanizması ve Türkiye ekonomisi, İstanbul Politikalar Merkezi İPM–Mercator Politika Notu, 1-16.
- Aydın, E., 2023. Kurumsal yönetim ve yeşil dönüşüm, Sosyal, Beşerî ve İdari Bilimler Alanında Gelişmeler, 426-440.
- Babaoğlu Özdemir, B., Babaoğlu, B., 2022. Lise öğrencilerinin "iklim değişikliği, küresel ısınma, sera etkisi" kavramlarına yönelik metaforik algıları, Anadolu Öğretmen Dergisi, 6, 2, 339-354.
- Barros S., Sampaio P., Saraiva P., 2014. Quality management principles and practices impact on the companies' quality performance, Proceedings of the 1st International Conference on Quality Engineering and Management.
- Baş, D., 2023. Türkiye çelik sektörünün karbonsuzlaşması: Mevcut durum, İstanbul Politikalar Merkezi, 3-117.
- Binboğa G., Ünal A., 2018. Sürdürülebilirlik ekseninde Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin karbon ayak izinin hesaplanmasına yönelik bir araştırma, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 21,187-202.
- Br, Z. H., Xu, B., Chen, H. H., Wang, Z. J., & Huang, J. Z., 2009. Lance-adams sendromlu bir olgunun klonazepam ile başarılı tedavisi, Anestezi dergisi, 17, 2, 105-116.
- Chiaromonti, D., Talluri, G., Vourliotakis, G., Testa, L., Prussi, M., & Scarlat, N., 2021. Can lower carbon aviation fuels (LCAF) really complement sustainable

- aviation fuel (SAF) towards EU aviation Decarbonization? *Energies*, 14, 19, 6430.
- Coşkun S., Doğan N. A., 2021. Tekstil endüstrisinde karbon ayak izinin belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 25, 1, 28-35.
- Çağlayan, E., Görener, A., & Toker, K., 2021. Otomotiv kalite yönetim sistemi uygulamaları ile işletme performansı arasındaki ilişkinin incelenmesi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 11, 3, 1807–1822.
- Çetinay, H., 2013. Kaizen el kitabı- Sürekli iyileştirme, Treem Kaizen El Kitabı, Treem Eğitim Danışmanlık.
- Çolak G., Türkmen B. A., 2023. Kurumsal karbon ayak izi analizi: Bir kimya fabrikası için örnek hesaplama, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 9, 1, 191-201.
- Demir, Aynur, 2022. Paris Anlaşması ve 26. Taraflar Konferansı (COP 26)'nda Türkiye değerlendirmesi: Yükümlülükler ve sorumluluklar, *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 15, 2, 162-170.
- Duggan, K. J., 2002. Creating mixed model in value streams, Productivity Press, New York.
- Dündar A. O., 2021. Türkiye'deki büyükşehirlerin karayolu ulaşımı kaynaklı sera gazı emisyon miktarının karşılaştırmalı analizi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7, 2, 318-337.
- Eccles, R.G. ve Mulliken, J., 2022. Karbon, şirketinizin en büyük finansal sorumluluğu olabilir, *Harvard Business Review Türkiye*. URL Adres: <https://hbrturkiye.com/blog/karbon-sirketinizin-en-buyuk-finansal-sorumlulugu-olabilir>. Erişim tarihi: 24.04.2024
- Erden C., 2014. Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi, *International Conference in Economics September 03-05*.
- Ertuğrul, İ., & Şavlı, A., 2013. ISO 14001 Çevre yönetim sistemi ve bakır mamulleri sanayine uyarlanması, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3, 2, 223-238.
- Eskin, M., Tiryakioğlu, U. ve Yüceil, D., 2011. Sanayide sürekli gelişme için: Kaizen, İstanbul Sanayi Odası, İkinci Baskı, İstanbul.
- Fiedler T. and Mircea P.-M., 2012. Energy management systems according to the ISO 50001 standard: Challenges and benefits, 2012 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE), Craiova, Romania, pp. 1-4.
- Finkbeiner M., König P., 2013. Carbon footprint and life cycle assessment of organizations, *Journal of Environmental Accounting Management*, 1, 1, 55-63.
- Finlay, L., 2007. Qualitative research towards public health, *Theory and Research In Promoting Public Health*, 273-296.
- Fonseca L. M., Domingues J. P., 2017. Reliable and flexible quality management systems in the automotive industry: Monitor the context and change effectively, *Procedia Manufacturing* 11, 1200-1206.
- Fuchs H., Aghajanzadeh A., Therkelsen P., 2020. Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis, *Energy Policy*, Volume 142, 111443.

- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K., 2008. Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system, *Management decision*, 46, 4, 565-579.
- Gerger, A., 2022. IATF 16949: 2016 Otomotiv kalite yönetim sistemi ve yalın yönetim üzerine, *Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar* 4, 342-362.
- Gitlow, H. S., & Levine, D. M., 2005. Six sigma for green belts and champions: Foundations, DMAIC, tools, cases, and certification. Saddle River: Pearson/Prentice Hall.
- Harangozo G., Szigeti C., 2017. Corporate carbon footprint analysis in practice: With a special focus on validity and reliability issues, *Journal of Cleaner Production*, 167, 1177-1183.
- Imai, M., 1997. Kaizen, Kalder Yayınları, İstanbul.
- Imai, M., 2014. Gemba Kaizen: Sürekli iyileştirmeye sağduyulu bir yaklaşım, (O. Yamak, Çev.), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- İncekara, Ç. Ö., 2020. Bulanık mantık ile sanayii sektöründe ISO 50001 Enerji yönetim sistemi uygulaması, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20, 6, 991-1013.
- Kanat, S., & Güner, M., 2006. Tam zamanında üretim sisteminin tekstil ve konfeksiyon sanayine uygulanabilirliği, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16, 4, 274-278.
- Kaplan, R. S., Ramanna, K., 2021. İklim değişikliği için hesap tutabilmek, *Harvard Business Review Türkiye*, URL Adres: <https://hbrturkiye.com/dergi/iklim-%20degisikligi-icin-hesap-tutabilmek>. Erişim tarihi: 30.04.2024
- Karaer, F. ve Pusat, T., 2002. ISO 14001 Çevre yönetim sistemi standardının otomotiv yan sanayiine uygulanması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7, 1, 11-20.
- Keleş, A. E., Gürsoy, G., & Çelik, G. T., 2016. 5s sistemi aşamaları ve örnek bir uygulama, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28, 2, 51-60.
- Kıyılmaz, M. B., Keçebaş, A., & Ertürk, M., 2021. Sanayide enerji yönetimi sistemi için bir gıda tesisinin enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 7, 1, 51-62.
- Kiehl, J. T., Trenberth, Kevin E., 1977. Earth's annual global mean energy budget, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 2, 197-197.
- Kumaş K., Akyüz A. Ö., Zaman M., ve Güngör A., 2019. Sürdürülebilir bir çevre için karbon ayak izi tespiti: MAKÜ Bucak sağlık yüksekokulu örneği, *ECJSE*, 6, 1, 108-117.
- Langley GL, Moen R, Nolan KM, Nolan TW, Norman CL, Provost LP., 2009. The Improvement guide: A practical approach to enhancing organizational performance (2nd Edition), Jossey-Bass Publishers, San Francisco.
- Laskurain I., Arana G., Saizarbitoria I. H., 2017. Adopting ISO/TS 16949 and IATF 16949 standards: An exploratory and preliminary study, *ISO 9001, ISO 14001, and New Management Standards*, 131-143.

- Leonard, M., Pisani-Ferry, J., Shapiro, J., Tagliapietra, S., & Wolff, G. B., 2021. The geopolitics of the European green deal (No. 04/2021), Bruegel policy contribution.
- Letete T.C.M., Mungwe N.W., Guma M., Marquard A., 2011. Carbon footprint of the University of Cape Town, *Journal of Energy in Southern Africa*, 22, 2, 2-12.
- Mai Bui, N. M. D., 2020. Energy ve environment series: Carbon capture and storage (N. M. D. Mai Bui, Ed.). URL Adres: https://play.google.com/store/books/details?id=thjBDwAAQBAJ&rdid=book-hjBDwAAQBAJ&rdot=1&source=gbs_vpt_read&pcampaignid=books_booksearch_viewport. Erişim tarihi: 30.04.2024
- Marudhamuthu, R., Krishnaswamy, M. & Pillai, D.M., 2011. The development and implementation of lean manufacturing techniques in Indian garment industry, *Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 5, 6, 527-532, Jordan.
- Mensah J., 2019. Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review, *Cogent Social Sciences*, 5, 1, 1653531.
- Mohd Asaad, M. N., Saad, R., & Yusoff, R. Z., 2015. 5S, kaizen and organization performance: Examining the relationship and level of implementation using Rasch Model in Malaysian automotive company, *International Academic Research Journal of Business and Technology*, 1, 2, 214-226.
- Monden, Y., 2012. *Toyota production system: An integrated approach to just in time*, Boca Raton: CRC Press.
- Ng, R., Low, J. S. C., & Song, B., 2015. Integrating and implementing lean and green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric, *Journal of Cleaner Production*, 95, 242-255.
- Norregaard, M. J., & Reppelin, M. V., 2001. Controlling pollution: Using taxes and tradable permits, *International Monetary Fund*.
- Okur, A.S., 1997. *Yalın üretim: 2000'li yıllara doğru Türkiye sanayii için yapılanma modeli*, Söz Yayın, İstanbul
- Ören, K., 2002. *Toplam kalite yönetiminde insan gücü faktörü*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Özgür, Ö.R. ve Çağatay, S., 2022. Yenilenebilir enerji kullanımı ve büyüme-su tüketimi-sera gazı salınımı ilişkisi: Sektörel bir analiz, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 18, 1, 15-37.
- Özkan, K., Birgün, S. & Kılıçoğulları, P., 2005. Müşteriden tedarikçiye değer yaratma: Otomotiv endüstrisinde değer akışı haritalandırma uygulaması, *İstanbul Ticaret Üniversitesi, V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, 307-312, 25-27 Kasım 2005, İstanbul.
- Özkan, M., 2018. Otomotiv sanayiinin gelişimi ve Türkiye ekonomisine olan katkıları, *Karatahta İş Yazıları Dergisi*, 69, 92.
- Pekin, E., & Çil, İ., 2015. Kauçuk sektörü poka-yoke uygulaması, *Sakarya University Journal of Science*, 19, 2, 163-170.

- Plassmann, K., & Edwards-Jones, G., 2010. Carbon footprinting and carbon labelling of food products, In Environmental Assessment and Management in the Food Industry, 272-296, Woodhead Publishing.
- Pyzdek, T., & Keller, P. A., 2003. Quality engineering handbook. CRC Press.
- Raisinghani, M. S., Ette, H., Pierce, R., Cannon, G., & Daripaly, P., 2005. Six Sigma: concepts, tools, and applications, industrial management & data systems, 105, 4, 491-505.
- Rother, M. & Shook, J., 1999. Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda, Brookline, Massachusetts: The Lean Enterprise Institute Inc.
- Sarı, E. B., 2017. Otomotiv yan sanayinde kaizen uygulamaları ile üretim alanı problemlerinin çözülmesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 4, 11, 819-831.
- Sarikaya, K., 2019. JIT (Just-In-Time) yaklaşımından JIS (Just-In-Sequence) yaklaşımına geçiş ve JIS'in otomobil endüstrisinde modellenmesi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2, 2, 74-82.
- Shingo, S., 1983. A revolution in manufacturing: The SMED system, Productivity Press, Cambridge.
- Sreng, R., 2016. Otomotiv endüstrisinde karbon ayak izi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya.
- Şahin, B., & Akolaş, D. A., 2020. Yalın üretim yöntemlerinin incelenmesi ve otomotiv sektöründe bir uygulama, Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12, 4, 37-48.
- Tanık, M., 2010. Kalıp ayar sürelerinin smed metodolojisi ile iyileştirilmesi: Bir yalın altı sigma uygulaması, Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 25, 117-140.
- Tanık, M., & Özler, C., 2014. İstatistiksel mühendislik algoritmasının altı sigma projelerinde kullanılması üzerine bir araştırma, Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 32, 1-15.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023. Kyoto protokolü, URL Adres: <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-kyoto-protokolu>. Erişim tarihi: 12.07.2024
- Teddle, C., & Tashakkori, A., 2015. Karma yöntem araştırmalarının temelleri.
- Taş Ü., 2021, Üretim süreçlerinde 8d metodu ile hata analizi: Otomotiv endüstrisinde bir uygulama, Aksaray Üniversitesi, Aksaray.
- Taş, Ü., & Bolakar Tosun, H., 2022. Assessment of the highway logistics on carbon footprint. Environmental Research and Technology, 5, 3, 241-248.
- Üreden, A., & Özden, S., 2018. Kurumsal karbon ayak izi nasıl hesaplanır: Teorik bir çalışma, Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 4, 2, 98-108.
- Üreten S., 2005. Üretim/işlemler yönetimi: Stratejik kararlar ve karar modelleri, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Üstün, B., 2000. Çevre yönetimine bakış, Arıtım Dünyası Dergisi, 14.

- Wee, H., Wu, S., 2009. Lean supply chain and its effect on product cost and quality-a case study on Ford motor company, 335-341, Supply Chain Management: An International Journal, VL 14, 10.1108/13598540910980242
- Wiedmann, T., & Minx, J., 2008. A definition of 'carbon footprint', Ecological economics research trends, 1-11.
- Womack, J.P. & Jones, D.T., 2016. Yalın düşünce, (O. Yamak, Çev.), Optimist Yayın, İstanbul.
- Yılmaz A., 2012. Yalın yaklaşım ve yalın üretim, Anahtar Dergisi, 278, 18-23.
- Yontar İ. G., 2007. Review of social, economic and business studies, 9, 477-499, Hakemli Dergi.
- Zorana T., Jokić A., Janjić G., Bobrek M., Kosec B., 2021. Business process improvement in the automotive industry-quality methods and tools, Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering, 14(4), 49-54.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Serdar KARACA

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi Makineleri
İşletme Mühendisliği Bölümü, 2003-2008

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Yönetimi
Anabilim Dalı, 2022-

MESLEKİ DENEYİM

1. Beşiktaş Denizcilik / Uzak yol Vardiya Mühendisi
2. Atlantik Denizcilik / Uzak yol Vardiya Mühendisi
3. Beşiktaş Denizcilik / Uzak yol İkinci Mühendis
4. Beşiktaş Tersanesi / Supervisor Chief Engineer
5. Chemfleet / Uzak yol Baş Mühendis
6. Exact Systems / Bölge Müdürü
7. Orsan / Kalite Güvence Mühendisi
8. Orsan / Kalite Güvence Müdürü
9. Orsan / Fabrika Müdürü

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Makaleler

1. Karaca S., & Taş Ü., 2024. Otomotiv sektöründe yalın yönetim yaklaşımı ile karbon ayak izinin azaltılması, Ankara Bilim Üniversitesi, 20th UBAK, 266-274, 29-30 Haziran, Ankara.