

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OTOMATİV YAN SANAYİNE PLASTİK PARÇA ÜRETEN BİR
TESİSTE ISO 50001 ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNİN
UYGULANMASI**

ECEM ACAR

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMATİV YAN SANAYİNE PLASTİK PARÇA ÜRETEN BİR
TESİSTE ISO 50001 ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNİN
UYGULANMASI

ECEM ACAR

Dr.Öğr.Üyesi Selman ÇAĞMAN

Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Prof.Dr. Cenk ÇELİK

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Prof.Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

Jüri Üyesi, Karabük Üniv.

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 27.01.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

Bu tez çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından..... No'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....

(İmza)

Ecem ACAR

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....

(İmza)

Ecem ACAR

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Hayatta her şey önce düşünmekle başlar, sonra eyleme geçirmekle devam eder. Yüksek Lisansıma başlarken bende bu durumdaydım önce bir fikir geliştirdim aklımda ardından hazırlamış olduğum tezim.

Tezimi hazırlamakta bilgi ve birikimiyle her zaman yanımda olan, desteğini esirgemeyen hocam Dr. Öğr.Üyesi Selman ÇAĞMAN'a,

Bütün hayatım boyunca benden desteğini, sevgisini ve ilgisini eksik etmeyen ailem; Annem Vildan ACAR'a, Ablam Gizem ACAR'a ve merhum babam Erol ACAR'a
Tezimi yazarken kaynaklarını kullanımına izin veren ve beni destekleyen çalıştığım kurum Alba Plastik ve çalışanlarına,

Tam vazgeçmek üzereyken elimden tutup beni yeniden ateşleyen, yardımlarıyla hayata karşı bir adım önde olmamı sağlayan canım çalışma arkadaşım Makina Yüksek Mühendisi İpek ÇAĞLAYAN SARMAN'a

Ve çalışmalarımındaki en büyük destekçilerimden biri olan Birol YAPICI'ya sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık - 2021

Ecem ACAR

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ.....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİ.....	4
2.1. Enerji Kavramı ve Enerji Kaynakları.....	4
2.2. Enerji Verimliliği.....	7
2.3. Enerji Yoğunluğu.....	8
2.4. Enerji Yönetimi.....	10
3. TS EN ISO 50001 YÖNETİM SİSTEMİ.....	12
3.1. Enerji Yöneticisi.....	15
3.1.1. Enerji Yöneticisinin Görevleri Nelerdir?.....	15
3.2. Enerji Yönetim Ekibi.....	15
3.3. Enerji Yönetiminin Faydaları.....	16
3.4. Enerji Denetimi.....	16
4. ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	17
5. ISO 50001 ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNİN UYGULANMASI.....	20
5.1. Enerji Yönetim Ekibinin Kurulması.....	20
5.1.1. Ekip Liderine Atanan Görevler.....	21
5.1.2. İnsan Kaynaklar Temsilcisine Atanan Görevler.....	21
5.1.3. Satın Alma Temsilcisine Atanan Görevler.....	21
5.1.4. Tasarım Merkezi Temsilcisine Atanan Görevler.....	22
5.1.5. Kalite Temsilcisine Atanan Görevler.....	22
5.1.6. Bakım Ekibi Temsilcisine Atanan Görevler.....	22
5.2. Amaç ve Hedeflerinin Belirlenmesi.....	22
5.2.2. Hedefler.....	23
5.3. Enerji Yönetim Planının Oluşturulması.....	23
5.3.1. İç Denetimlerin Planlanması ve Soru Listesinin Oluşturulması.....	26
5.4. Risk Analizi Çalışması.....	27
5.4.1. FMEA Uygulaması.....	28
5.5. Aydınlatma Sisteminde Yapılan Verimlilik Uygulaması.....	32
5.6. Kompresör Sisteminde Yapılan Verimlilik Çalışması.....	36
5.6.1. Mevcut Durumun Tespiti.....	37
5.6.2. Mevcut Sistem Üzerinden Ölçümlerin Alınması.....	40
5.6.3. İyileştirici Faaliyetlerin Belirlenmesi ve Uygulanması.....	41
5.7. Plastik Enjeksiyon Makinalarında Isı Yalıtım Çeketi Uygulaması.....	43
5.8. Üretimde Uygulanan Kaizen Çalışmaları.....	49
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR.....	54
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER.....	58



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Otomativ Sektörü Üretim ve Satış Oranları	2
Şekil 1.2.	Sektörel İhracat Oranları	3
Şekil 2.1.	Eneji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	5
Şekil 2.2.	Seçilen Ülkelerde Enerji Talebindeki Değişim 2016 ~ 2040.....	5
Şekil 2.3.	CO ₂ Emisyon Hızı 2016 ~ 2040.....	6
Şekil 2.4.	Türkiye'nin Enerji Tüketimi (Petrol Karşılığı Milyon Ton).....	6
Şekil 2.5.	Dünya Enerji Tüketiminde Türkiye'nin Payı.....	6
Şekil 2.6.	Dünya üzerinde Enerji Verimliliği Yönetmeliğine Sahip Ülkeler	7
Şekil 2.7.	Sektörel Bazlı Enerji Verimliliği Yatırımları	8
Şekil 2.8.	Küresel Enerji Yoğunluğundaki Değişim	9
Şekil 2.9.	Yıllar İtibariyle Sektörel Nihai Enerji Yoğunluğu	9
Şekil 3.1.	PUKÖ Döngüsü.....	12
Şekil 3.2.	Otomativ Yan Sanayi Günümüz Yapısı	13
Şekil 5.1.	Proje Yönetim Ekibi Organizasyon Şeması	21
Şekil 5.2.	Enerji Yönetimi Planlama Takvimi.....	23
Şekil 5.3.	Planlama Hazırlanırken Baz Alınan Haftalık Yıl Takvimi 2021 Yılı	24
Şekil 5.4.	Planlama Hazırlanırken Baz Alınan Haftalık Yıl Takvimi 2022 Yılı	24
Şekil 5.5.	Planlamada Renklendirmenin Tanımı	25
Şekil 5.6.	FMEA Çalışması Çıktısı	28
Şekil 5.7.	FMEA Çalışması – Aydınlatma Çıktısı	32
Şekil 5.8.	FMEA Çalışması – Kompresör Çıktısı	37
Şekil 5.9.	Kompresör Sistemi – İzlenecek Adımlar	37
Şekil 5.10.	Basınç Ayar Grafiği	40
Şekil 5.11.	Mevcut Durumun Montaj Düzeni	40
Şekil 5.12.	Kompresör Ölçüm Değerleri	41
Şekil 5.13.	Uygulanacak Montaj Düzeni.....	42
Şekil 5.14.	Plastik Enjeksiyon Makinası Bölümleri	44
Şekil 5.15.	FMEA Analizi- Isı Yalıtımı Çıktısı.....	44
Şekil 6.1.	Enerji Tüketim Grafiği (Son 3 Yıl)	53

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1.	ISO 50001 Yönetim Sistemenin Faydaları.....	14
Tablo 5.1.	Şiddet Değerinin Belirlenmesi	30
Tablo 5.2.	Olasılık Tablosu	30
Tablo 5.3.	Tespit Edilebilirlik Tablosu.....	31
Tablo 5.4.	RPN Değerlendirme Tablosu	32
Tablo 5.5.	Mevcut Aydınlatma sistemi	34
Tablo 5.6.	Led Aydınlatma Sistemi Elektrik Tüketim Tablosu	35
Tablo 5.7.	Toplam Kazanç	36
Tablo 5.8.	Mevcut Kompresöre Özellik Tablosu	37
Tablo 5.9.	Basınçlı Hava Kullanım Noktaları	38
Tablo 5.10.	Kompresör Görselleri ve Etiket Değerleri	39
Tablo 5.11.	Yeni Kompresör Özellik Tablosu	41
Tablo 5.12.	Kompresör Tüketim Değerleri ve Verim Hesabı	42
Tablo 5.13.	Kompresör Boşta Çalışma Süresi Karşılaştırma Tablosu.....	43
Tablo 5.14.	Enjeksiyon Makinaları Listesi.....	44
Tablo 5.15.	Termal Ölçüm Sonuçları	45
Tablo 5.16.	Yalıtım Öncesi- Sonrası Enerji Tüketimi Karşılaştırma Tablosu	48
Tablo 5.17.	Yalıtım Öncesi – Sonrası Görsel Tablosu.....	48
Tablo 5.18.	Parçaların Robot Kol ile Taşınması	51
Tablo 6.1.	Verimlilik Çalışmaları Özet Tablosu	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
m ³	: Metreküp
°C	: Derece santigrat

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
CO ₂	: Karbondioksit
CO	: Karbonmonoksit
CW	: Calender Week (Takvim Haftası)
EnYS	: Enerji Yönetim Sistemi
FMEA	: Failure Mode and Effects Analysis (Hata Türleri ve Etkileri Analizi)
EnPI	: Energy Performance Indicator
GSYİH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
IEA	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
ISG	: İş sağlığı ve güvenliği
ISO	: International Organization for Standardization (Uluslar Arası Standartlar Organizasyonu)
Kg	: Kilogram
kW	: Kilo Watt
kWh	: Kilo Watt Saat
LED	: Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
O ₂	: Oksijen
OEM	: Original Equipment Manufacturer (Orjinal Ekipman Üreticileri)
PUKÖ	: Planla-Uygula Kontrol Et-Önlem Al
RPN	: Risk Priority Number (Risk Önceliklendirme Sayısı)
RÖS	: Risk Önceliklendirme Sayısı
USD	: United States Dollar (Amerikan Doları)
TDS	: Technical Data Sheet (Teknik Veri Listesi)
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TİM	: Türkiye İhracatçılar Meclisi
TS	: Türk Standardı

OTOMATİV YAN SANAYİNE PLASTİK PARÇA ÜRETEN BİR TESİSTE ISO 50001 ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNİN UYGULANMASI

ÖZET

Endüstriyel ve teknolojik olarak sektörel ve akademik bazda gelişmelerin hızla yaşandığı günümüzde, artan nüfus ihtiyacı, firmalar arası rekabet koşulları, her geçen gün enerji tüketiminin ve enerji ihtiyacının giderek artmasına sebep olmaktadır.

Enerji tüketiminin birim değerlerde en çok tüketildiği alanlardan otomotiv sektörü ön plana çıkmaktadır. Otomotiv sektörü ana sanayi kapsam olarak birçok faaliyet alanına direkt etki eden, teknolojik ve inovatif gelişmeleri getiren, 20. Yüzyıl ekonomisine katkı sağlayan sanayi kollarının başında gelmektedir. Bu sektör bünyesinde otomotiv yan sanayi, plastik, kauçuk, döküm, sac ve petrokimya gibi çeşitli alanları barındırmaktadır. Tüm bu süreçler artan enerji tüketiminin düzenli sistemlerle yönetilmesi ve ihtiyacın düşük tutulmasına yönelik birçok çalışma alanına gerek duyulmaktadır. Enerji uzmanları, enerjiye erişimin artan maliyetlerinin azaltılması, enerjide tasarrufa ve mevcut enerjinin verimli kullanılmasının sağlanmasının yanında çevreye olan duyarlılığı arttırmak amacıyla ‘‘ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi’’ adı altında standartlar getirerek kuruluşlar için yasal zorunluluk ve yükümlülük haline getirmişlerdir.

Çalışmada, otomotiv ana sanayisine plastik ve kromlu parça sağlayan Alba Plastik San. ve Tic. A.Ş. bünyesinde, ISO 50001 enerji yönetim sistemi kapsamında, çalışmalar yürütülmüştür.

Yürütülen çalışmalar neticesinde enerji yönetim ekibi kurulmuş, firması içerisindeki proseslerde kullanılan enerji tipi ve tüketim noktaları belirlenmiştir. Enerji tüketiminin gerçekleştiği noktalar;

Aydınlatma sistemi, plastik enjeksiyon makinalarındaki ısı kayıpları ve basınçlı hava sistemi olarak sıralanmıştır. Mevcutta enerji tüketiminin fazla olduğu düşünülen sistemden başlanılarak verimlilik çalışmaları yapılmıştır. Enjeksiyon makinalarında uygulanan ısı yalıtım ceketinin uygulamasıyla %5, aydınlatma sisteminde %73,5 ve basınçlı hava sisteminde %18,06 ‘e varan verim elde edilmiştir.

Yapılan öneriler sonucu sistemden elde edilen verim ile standardın uygulaması tamamlanmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Yönetim Sistemi, ISO 50001, Otomotiv Yan Sanayi.

ISO 50001 ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IMPLEMENTATION IN AUTOMOTIVE SUPPLY INDUSTRY

ABSTRACT

Currently, industrial and technological developments are experienced rapidly on a sectoral and academic basis, increasing population need, competition conditions between companies cause energy consumption consequently. The automotive sector stands out as one of the areas where energy consumption is needed the most. The automotive sector is one of the main industries that directly affects many fields, brings technological and innovative developments, and contributes to the economy of the 20th century.

This sector includes various sub-industries such as plastic, rubber, casting, sheet metal, and petrochemistry. All these processes require managing energy consumption with regular systems and to keep the need low. Energy experts introduced standards under the name of "ISO 50001 Energy Management System" to reduce costs of access to energy, and efficient use of existing energy, as well as to increase awareness of the environment, making them a legal obligation for organizations. Following ISO 50001 energy system, meetings started at Alba Plastik San. ve Tic. Inc including top management. By this planning in Alba Plastik, the most energy consumption expects parts such as compressors, the heat loss during the plastic injection, lightning systems were listed. Efficiency studies have been carried out, starting with the system, which is currently thought to have high energy consumption. With the heat insulation jacket application applied in injection machines, an efficiency of up to 6%, 73.5% in the lighting system and 18,06% in the compressed air system has been achieved. Related improvements and standards implate targeting efficiency suggestions are completed as defined and planned.

Keywords: Energy Managment System, ISO 50001, Automative Supply Industry.

1. GİRİŞ

Endüstriyel ve teknolojik olarak sektörel ve akademik bazda gelişmelerin arttığı günümüzde, nüfusun hızla artış göstermesi, firmalar arası rekabet koşulları, her geçen gün enerji tüketiminin artmasına, bu durum da enerji ihtiyacının ve tüketiminin giderek artmasına sebep olmaktadır. Enerji ihtiyacındaki artış ile ters orantılı olarak fosil enerji kaynakları (kömür, petrol, doğalgaz vb.) da hızla azalmakta, yenilebilir enerji (biyogaz, biyokütle, rüzgar, güneş vb.), enerjiyi verimli kullanma gibi alternatif çözümleri beraberinde getirmektedir.

Dünya üzerinde enerji ihtiyacının, enerji tüketiminin fosil kaynaklara olan etkisinin yanı sıra doğaya salınan çeşitli gazların (CO₂, CO vb.), atıkların çevreye olan etkileri de giderek artış göstermekte, çevre duyarlılığının artmasına, gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakabilmek adına sürdürülebilirlik çalışmalarına yönelilmesi hususuna dikkat çekilmektedir.

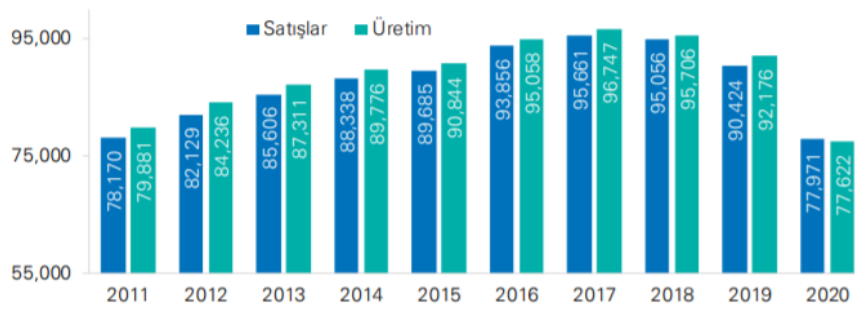
Enerji uzmanları, enerjiye erişimin artan maliyetlerini azaltmak, enerjide tasarruf, mevcut enerjinin verimli kullanımı ve bunun yanında çevreye olan duyarlılığı arttırarak, doğaya olan etkiliyi minimuma indirmek amacıyla “ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi” adı altında 2011 yılında belli başlı standartlar getirilerek kuruluşlar için yasal zorunluluk ve yükümlülük haline getirilmiştir.

ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemiyle birlikte dizayn aşamasından başlanılarak, tesislerde enerji tüketimine etki eden tüm enerji odakları (pompa, kompresör, fırın, aydınlatma, ısı kayıpları vs) belirlenmektedir. Belirlenmiş ekip ile birlikte tüketim çizelgeleri oluşturulup, oluşturulan çizelgeler ile birlikte performans değerleri takip edilmektedir. Performans değerleri neticesinde tüketimin fazla olduğu alanlar belirlenerek, tüketimi azaltmak ve mevcut enerjiyi verimli kullanmak için düzeltme faaliyetleri planlanarak çeşitli aksiyonların alınmasına ve kayıtlanmasına olanak sağlanmaktadır (Pekaçar, 2011).

Enerji yönetiminde firmaların yapması gereken faaliyetler ve yasal yükümlülükleri enerji verimliliği ve kaynakları mevzuatında detaylandırılmıştır. Endüstriyel kuruluşlarda ISO 50001'in büyük bir uluslararası kabulü olduğu varsayıldığında, önemli ölçüde enerji tasarrufu potansiyelleri ve CO₂ emisyonlarında bir azalma elde edilebilecektir.

Bu kapsamda enerji tüketiminin birim değerlerde en çok tüketildiği alanlardan göz önünde bulundurulacak olursa otomotiv sektörü öncül olacak şekilde ön plana çıkmaktadır. Otomotiv sektörü ana sanayi kapsam olarak birçok faaliyet alanına direkt etki eden, teknolojik ve inovatif gelişmeleri getiren, 20. Yüzyıl ekonomisine katkı sağlayan sanayi kollarının başında gelmektedir. Bu sektör bünyesinde otomotiv yan sanayi, plastik, kauçuk, döküm, sac ve petrokimya gibi çeşitli alanları barındırmaktadır. Otomotiv sektörü, 2016 yılı itibariyle küresel ekonominin yaklaşık %5'ini oluşturur. Türkiye, Çin Rusya, Hindistan, Brezilya olmak üzere yaş ortalamasının genç ağırlıklı olduğu ülkelerde, motorlu araçlara olan isteğin her geçen gün artması, bu da otomotiv sektörünün ilerleyen dönemlerde daha da artacağını göstermektedir (Pişkin, 2017).

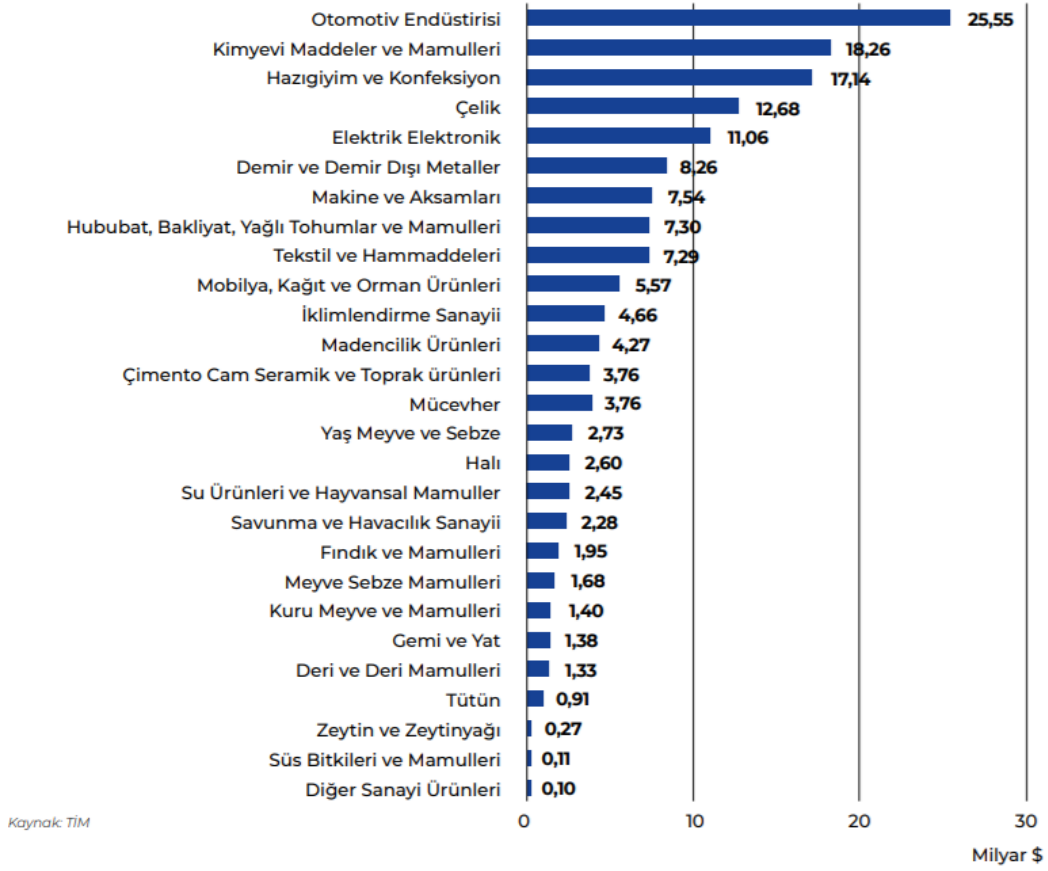
Dünya çapında 2019 yılının aralık ayında ortaya çıkan Covid 19 ve devamında 2021 de yaşanan çip krizine istinaden üretim ve satış oranlarında azalma gözüküyor olsa da (Şekil 1.1) ilerleyen dönemde satışların artarak eski konumuna geleceği düşünülmektedir. Bu sürecin dışında 2020 yılı içerisinde elektrikli araç satışları %20 oranında artış göstermiştir. International Energy Agency'nin (IEA) yapmış olduğu öngörüler doğrultusunda, dünya çapında elektrikli araç kullanımı 2030 yılında 125 milyona ulaşması beklenmektedir. Elektrikli araç talebindeki artış %17,5 oranında satış payı olacağı anlamına gelmektedir.



Şekil 1.1. Otomotiv Sektörü Üretim ve Satış Oranları

Dünya ekonomisinde hatırı sayılır bir oran ile katkı sağlayan otomotiv sektöründeki artış, enerji tüketimindeki artışı da beraberinde getirecektir. Türkiyedeki sektörel durum incelendiğinde TIM (Türkiye İhracatçılar Meclisi) raporları doğrultusunda Otomotiv sektörünün 2020 yılı ihracatında birinci sırada olduğu görülmektedir (Şekil 1.2). Bu durumun getirisi olarak, otomotiv sektörü yan sanayisi üzerinde ISO 50001 standardı

takip edilerek enerji odaklarının belirlenmesi, tüketim değerlerinin fazla olduğu noktalar için enerji tasarrufu ve enerji verimliliği çalışması yapılması sağlanacaktır.



Şekil 1.2. Sektörel İhracat Oranları

Enerji yönetimi verimliliğinin artmasında en büyük esastır, doğru enerji performans göstergelerinin (EnPI'ler) tanımlanması, özellikle süreç bazlı takip edilmesi en büyük potansiyeldir.

Enerji tüketiminde azalışın yanı sıra çevresel faktörlerin değerlendirilip, doğaya salınan atık gazların emisyon değerlerinin azaltılması, sürdürülebilirlik çalışmalarının da yapılması gerekecektir. Endüstriyel kuruluşlarda ISO 50001'in büyük bir uluslararası kabulü olduğu varsayıldığında, önemli ölçüde enerji tasarrufu potansiyelleri ve CO2 emisyonlarında bir azalma elde edilecektir (Liu ve McKane, 2017). Yapılan bu çalışmada otomatik yan sanayinde otomotiv ana sanayisine plastik ve kromlu parça sağlayan Alba Plastik San.ve Tic. A.Ş. bünyesinde, ISO 50001 enerji yönetim sistemi kapsamında, çalışmalar yürütülmüştür.

2. GENEL BİLGİ

2.1. Enerji Kavramı ve Enerji Kaynakları

Enerji kavramı günlük hayatta sık sık karşılaştığımız kavramlardan biridir. Fizikte, iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanan bu kavram, günlük hayatta, ısınma, soğutma (buzdolabı, klima vb.) ve aydınlanma gibi alanlarda karşımıza çıkar. Ateşin icadıyla beraber insanoğlu beslenme ihtiyacı gidermek için yemek pişirme, gece karanlığında aydınlanma için ışık ve soğuk günlerde ısınmak için ısı enerjini kullanmayı öğrenmeye başlamıştır. Ateşin kullanılmasının öğrenilmesiyle başlayan enerji tüketim, enerji olan ihtiyaç, 18. yüzyılın ikinci yarısında İngiltere’de başlayan sanayi devrimi ile devam ederek günümüze gelene kadar artarak gelmiştir.

Sanayi devrimi öncesi evlerde, atölyelerde enerji kaynağı kas gücü olan üretim yerini devrim sonrası buhar makinasının bulunmasıyla birlikte fabrikalarda fosil yakıt kullanımına, yakıtlardan gelen kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren yeni ekipmanların kullanıldığı üretim tipine bırakmıştır (Günay, 2002). Makineleşmenin getirisi, enerji tüketiminde artışa, daha fazla üretimde, daha fazla üretim de ülkelerin gelişmişlik düzeyini arttıracaktır.

Zamanla gelişen teknoloji ile beraber, fosil yakıtlarda ki azalma, insanoğlunu alternatif enerji kaynaklarını kullanmaya; rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji vb. yönlendirmiştir. Enerji kaynakları kullanımlarına ve dönüştürülebilirliklerine göre sınıflandırılmaktadır.

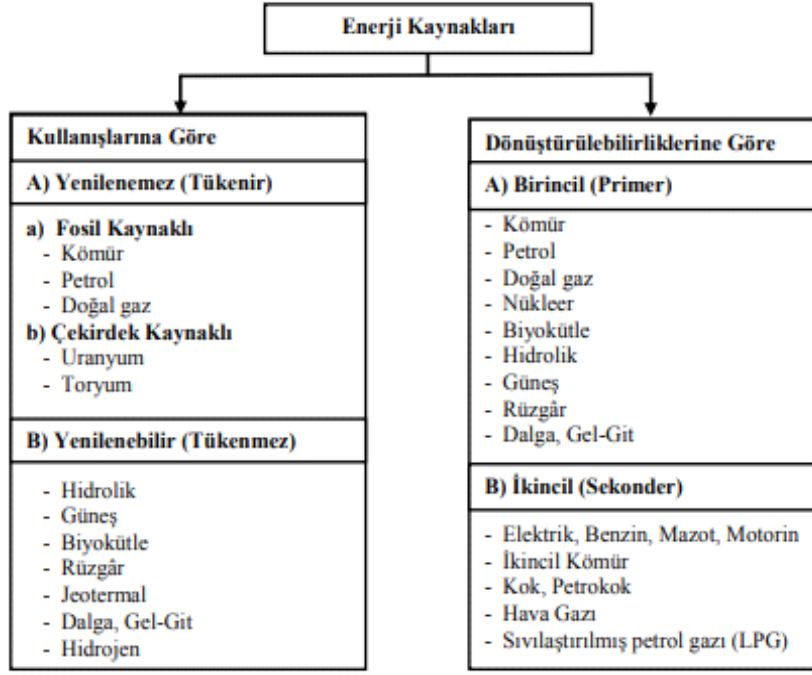
Enerji kaynakları dönüştürülebilirliklerine göre şu şekilde sınıflandırılırlar;

Primer (Birincil) Enerji Kaynakları: Petrol, kömür, güneş, doğalgaz, rüzgar vb. Sekonder (İkincil) Enerji Kaynakları: Benzin, mazot, elektrik, LPG vb.

Enerji kaynaklarının kullanılışlarına göre ise;

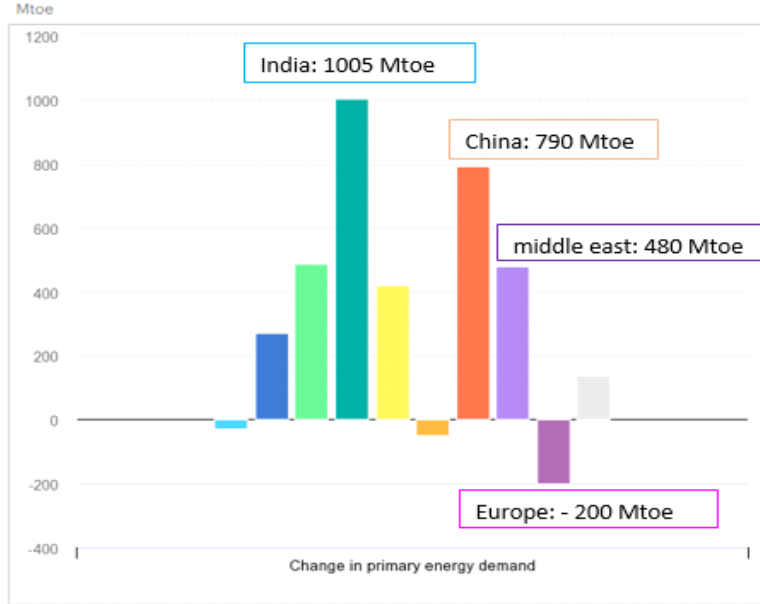
- Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Rüzgar, güneş, dalga vb.
- Yenilenemez Enerji Kaynakları: Petrol, kömür, uranyum vb.

Enerji kaynaklarının sınıflandırılması Şekil 2.1’de şematik olarak detaylı ve gruplandırılmış olarak gösterilmiştir (Koç ve Şenel, 2013).



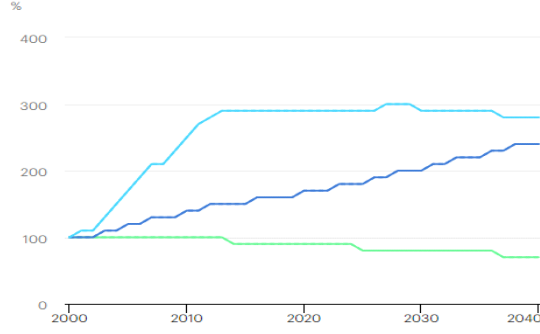
Şekil 2.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması (Koç ve Şenel, 2013).

Dünya genelinde enerji ihtiyacı geçmişe oranla daha az artış gösteriyor olsada (Şekil 2.2), enerji tüketimi artmaya devam etmektedir. 2040 yılına kadar, önümüzdeki 19 yıl içerisinde uzmanlar tarafından tüketim miktarının %30 oranında artması beklenmektedir.



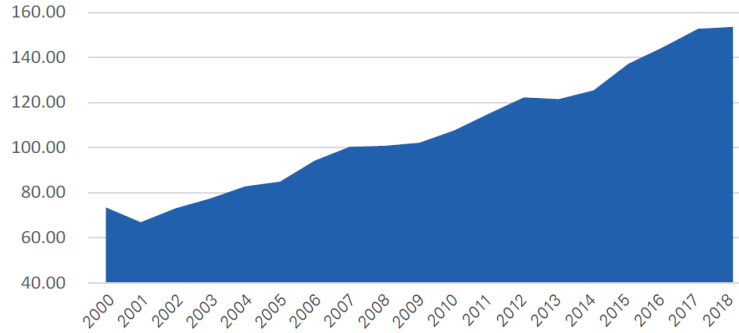
Şekil 2.2. Seçilen Ülkelerde Enerji Talebindeki Değişim 2016 ~ 2040

Son zamanlarda karbon emisyonlarında da bir azalma gözlenmemiyor olsada 2040 yılına kadar artış göstermeye devam edecektir (Şekil 2.3).



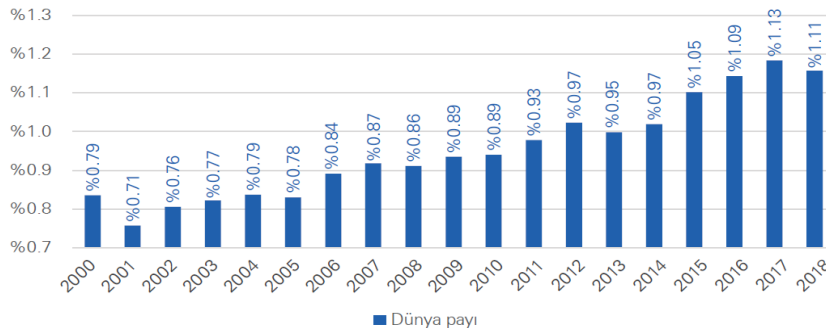
Şekil 2.3. CO₂ Emisyon Hızı 2016 ~ 2040

Türkiye'nin enerji tüketimi konusunda durumuna bakıldığında Şekil 2.4'de görüldüğü gibi, seneler içerisinde giderek artmakta olduğu, 2000 – 2018 yılları arasında yaklaşık 80 Milyon ton oranından artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 2.4. Türkiye'nin Enerji Tüketimi (Petrol Karşılığı Milyon Ton)

Türkiye'nin enerji tüketim oranının dünya pazarında aldığı paya bakıldığında Şekil 2.5'de 2018 yılında %1,11 civarında olduğu görülmektedir.



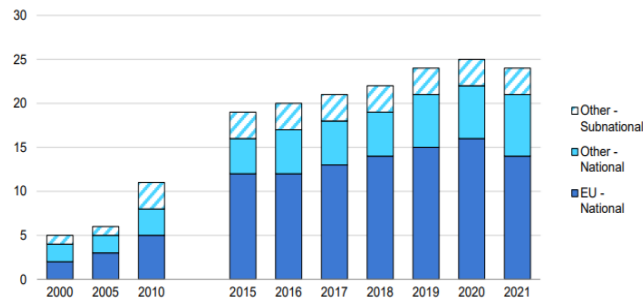
Şekil 2.5. Dünya Enerji Tüketiminde Türkiye'nin Payı

Enerji tüketimindeki ve karbon emisyonlarındaki artış göz önünde bulundurulduğunda küresel anlamda önlem alınması gerektiği ortadadır. Bu anlamda ISO 50001 Enerji yönetim sistemi, enerji yönetiminde organizasyonel bir sistem oluşturulmasına, enerji tasarrufu ve enerji giderlerinin azaltılmasına olanak sağlayacaktır.

2.2. Enerji Verimliliği

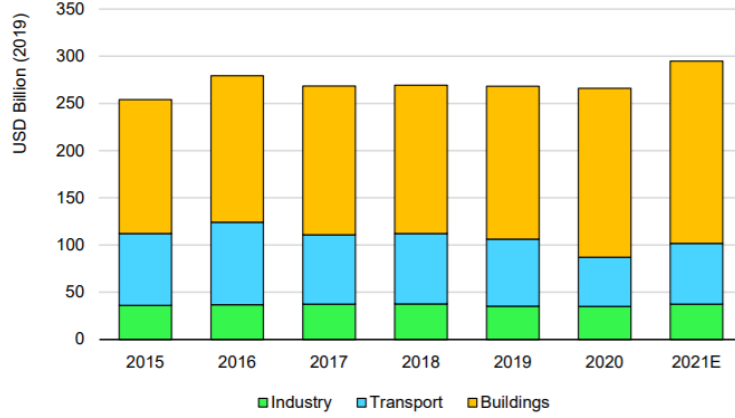
Basitçe söylemek gerekirse, enerji verimliliği, mevcutta gerçekleştirilen eylemin, daha az enerji kullanarak, mevcuttaki kalitesinden ödün vermeden yani enerji kaynaklarını israfının ortadan kaldırması anlamına gelmektedir. Bir çok işletme, bina ve ev ihtiyacı olduğundan daha fazla enerjiyi tüketmekte hatta ihtiyacı olandan fazla tükettiğinin farkına varmamaktadır. Enerji verimliliği çalışmaları kurumlara, kuruluşlara ve hatta dünyaya çeşitli faydalar sağlamaktadır. Küresel anlamda iklim değişiklikleri ile mücadele edilen günümüzde soluduğumuz havanın temiz kalması adına sera gazı emisyonlarında mümkün olduğunca en asgari duruma indirmek, işletmelerde enerji talebini azaltarak maliyetten kazanç sağlamayı amaçlanmaktadır.

Avrupa Birliği, 2014 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Direktifi'nin varsayılan politika aracı olarak enerji verimliliği yükümlülüklerini getirmiştir. Ancak üye ülkeler alternatif önlemleri tercih edebilmektedir. Revize edilmiş Enerji Verimliliği Direktifi'nin 2021'den 2030'a kadar olan yükümlülük döneminde, 2014'ten 2020'ye kadar olan olumlu deneyimlere dayanarak, enerji verimliliği yükümlülüğü varsayılan araç olarak korunmuştur. Şekil 2.6'da yasal yükümlülükere sahip ülkelerin sayılarında da gösterildiği gibi sayılarda azalma olmakla birlikte Danimarka, 2021'deki enerji verimliliği yükümlülüğünü sanayide, hizmet işletmelerinde ve binalarda enerji verimliliği iyileştirmeleri için ihaleye dayalı plana dönüştürmüştür.



Şekil 2.6. Dünya üzerinde Enerji Verimliliği Yönetmeliğine Sahip Ülkeler

Dünya üzerinde her geçen gün enerji verimliliğinin önemine olan bilincin artmasıyla, verimlilik çalışmasına istinaden yatırımlar artmaktadır. Sektörel bazda incelendiğinde Şekil 2.7, 2021 yılında ulaşımda enerji verimliliğine olan yatırımlar 110 milyar doların üstünde yer alırken, sanayide bu yatırım değerleri 50 milyar dolara yaklaşmaktadır.



Şekil 2.7. Sektörel Bazlı Enerji Verimliliği Yatırımları

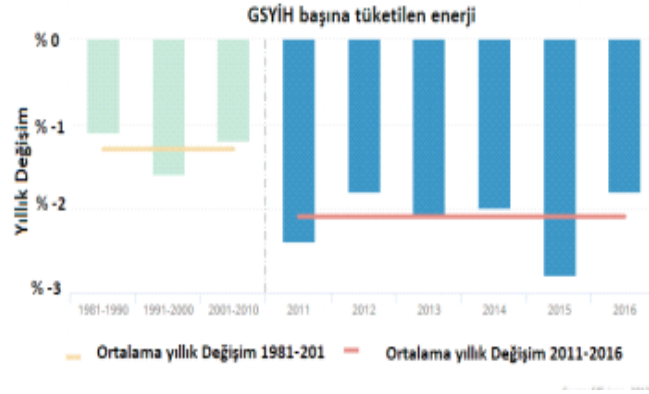
Türkiye de ise 2011 Ekim ayında resmi gazetede enerji verimliliğine istinaden yasal yükümlülükler mevzuatı olarak yayınlanmıştır.

2.3. Enerji Yoğunluğu

Tanımı gereği tüm dünyaca kullanılan, birincil enerji miktarının GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla) başına oranlanan enerji miktarı ve aynı zamanda verimliliğin ülkeler ve sektör bazlı kıyaslamalarının yapımında kullanılması gereken terimlerinden biridir Enerji Yoğunluğu. Uluslararası gösterimlerde genellikle Ton eşdeğer petrol (TEP) cinsinden tüketilen enerji miktarının, 1000 \$'lık hasıla üretilebilmesi için gereken enerji miktarı olarak kullanılır (1 TEP/1000\$).

Hesaplanan bu oran ne kadar düşükse 1000\$'lık hasıla başına harcanacak olan birincil enerji miktarının az olacağını göstermiş olacaktır. Başka bir tabir kullanmak gerekirse daha az enerji harcayarak daha kaliteli ürünler elde edileceğini yani enerjinin verimli kullanıldığını ifade eder. Bir ülkenin enerji yoğunluğu ne kadar düşükse sahip olduğu enerjiyi verimli kullandığı anlamına gelmektedir.

Günümüzde çevre bilincinin artmasıyla birlikte değişiklik göstermeye başlayan enerji yoğunluğu politikaları sayesinde geçmiş yıllara oranla Şekil 2.8'de gösterildiği gibi enerji yoğunluğunun yılda %2,1 oranında azatılması sağlanmıştır.

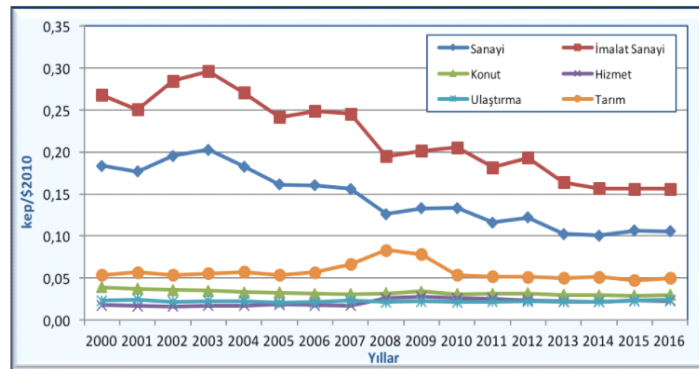


Şekil 2.8. Küresel Enerji Yoğunluğundaki Değişim

Kişi başı enerji tüketimi ülkeler bazlı karşılaştırıldığında, ülkelerin nüfus yoğunluğu, coğrafi koşullar gibi etmenlerde göz önünde bulundurulmalıdır. Nüfus yoğunluğunun az olduğu ülkelerde kişi başına harcanan enerji miktarı nüfus yoğunluğu fazla olan ülkelere oranla daha fazla görülecektir, keza aynı şekilde coğrafi konumu daha kuzeyde yer alan bir ülkede ısıtmaya harcanan enerji miktarı daha güneyde yer alan bir ülkeye göre fazla olacak ve kişi başına düşen enerji miktarını etkileyecektir.

Sektörel bazda enerji yoğunluğu incelendiğinde, imalat sektörü enerji yoğunluğunun en fazla olduğu sektörlerin başında gelmektedir. İmalat sektörünü, sanayi ve tarım sektörü takip etmektedir. Enerji yoğunluğunun sektörel dağılımı grafik gösterimi Şekil 2.9 de gösterilmektedir.

Sanayi ve İmalat sektörü enerji verimlilik çalışmaları açısından en büyük potansiyeli ve kazancı göstercek olan sektörlerdir. Bu alanda yapılacak olan çalışmalar ile enerji yoğunluğunda azalma sağlanabilecektir.



Şekil 2.9. Yıllar İtibariyle Sektörel Nihai Enerji Yoğunluğu

Potansiyeli yüksek olsada enerjinin sanayiden elde edilebilecek verimliliğin kazancı sınırlıdır. Bu nedenledir ki enerji yoğunluğu düşük fakat katma değeri yüksek bir sanayiye dönüşüm sağlanmalı bunun için gerekli olabilecek tüm analizler yapıp, gerekli programlama geliştirilmelidir. Dünya gündeminde genişçe bir yere sahip olan Endüstri 4.0 yani Dördüncü Sanayi Devrimindeki gelişmelerin takibi, sanayi tesislerinin entegrasyonu, uyumun artırılması ve gerekli dönüşümlerin enerji boyutları özenle yapılması gerekmektedir.

Aynı anlayış ve özenle aydınlatma, kojenerasyon, trijenerasyon, verimli motorlar, hız kontrolü, atık ısının geri kazanımı, talep tarafı yönetimi gibi alanlarda da mevzuat düzenlemeleri yapıp enerji verimliliğinin tüm sanayi ve ticari sektörlerde yaygınlaştırılması gerçekleştirilmelidir.

2.4. Enerji Yönetimi

Enerji yönetimi bir tesis içerisinde tüketilen enerji miktarının ve maliyetlerin azaltılmasına, kaynakların en verimli şekilde kullanılması, sürdürülebilirlik, fosil kökenli enerji kaynaklarından doğaya salınan emisyonların azalmasına yönelik çalışmaların yürütülmesini sağlayan bir yönetim sistemidir.

Enerji yönetim sistemi ile üst yönetim desteği alınarak, enerji yönetim ekibi kurulması, tesisteki genel durumun değerlendirilmesine, değerlendirme sonucunda enerji verimlilik artırıcı potansiyel noktaların belirlenerek, iyileştirme noktaları için aksiyon planı oluşturulmasına olanak sunmaktadır.

Yapılacak olan çalışmalar, proses iyileştirmelerinin yanı sıra tasarım iyileştirmeleri, enerji performansının değerlendirilmesi ve bakım kontrol uygulamaları yönündedir.

Belirli periyotlarda, aksiyonların takibi, performans değerlendirmesinin yapılabilmesi için gerekli ölçümlerin ve kontrollerin yapılması gerekmektedir.

Enerji yönetimi sistemi ile kurum ve kuruluşların, enerji tüketimini proste yada tesiste nerelerde gerçekleştiği, en yoğun tüketilen bölgelerin neresi olduğu ve tüketilen enerjinin kaynağı (elektrik, doğalgaz, fuel oil vb.) belirlenerek analiz edilmektedir.

Enerji yönetim sisteminin doğru ve etkin uygulanması durumunda bir tesiste asgari %10-%15 değer aralığında tasarruf sağlanabilmektedir.

Enerji verimliliği ve enerji kaynaklarının kullanımına istinaden 2011 tarihinde yayınlanan ve en son 14 Mart 2020 tarihinde güncellenen yönetmelik gereği 1000 TEP ve üzerinde yıllık enerji tüketimine sahip olan endüstriyel işletmelerde enerji yönetimi için gereken yükümlülükleri ve sorumlulukları takip etmek üzere şirket içerisinde veya dışarıdan sözleşmeleri olarak destek almak suretiyle enerji yöneticisi atanması gerekmektedir.

Sanayide yapılacak olan enerji yönetim sistemine istinaden yine aynı yasal mevzuat geçerli olacaktır. İlgili mevzuatın 8. Maddesinde yürütülecek faaliyetler detaylı olarak belirtilmiştir. Yapılacak faaliyetler, şirket içerisinde organizasyon şeması göz önünde bulundurularak, yönetim ekibinin oluşturulması, görevlerin ve sorumlulukların ilgili kişilere yazılı olarak bilgilendirilerek şirket içi duyurusunun yapılması gerekmektedir.

Yine mevzuat bilinçlendirme eğitimleri düzenlenmesi, maliyet analizlerinin yapılması, mevcut sistemin incelenmesi ve perodik kontrollerin olması gerekliliğine dikkat çekmektedir. Mevzuat içerisinde yıllar içerisinde eklemeler iyileştirmeler olmaktadır. 25 Ocak 2021 tarihinde her yıl Mart ayının son iş günü içerisinde enerji yönetim sistemine ilişkin yapılan tüm çalışmalar doğrudan bakanlığa bildirilmesi eklenmiştir. Yine aynı yıl içerisinde eklenen bir diğer not ise enerji yöneticisi ile birlikte çalışmak veya enerji yönetim birimi bulundurması gereken işletmelerde TS EN ISO 50001 standartının uygulanması ve belgelendirilmiş olması zorunluluk haline getirilmiştir. Şirket içerisinde yönetilen enerji faaliyetlerinden sorumlu olarak ilgili belgeye sahip kişi ve kurumlar sorumlu olacaklardır.

3. TS EN ISO 50001 YÖNETİM SİSTEMİ

Enerji yönetimi ve enerji tasarrufu, teknik komitesi tarafından 2011 yılında hazırlanmıştır. Kamu ve özel sektör kuruluşları için enerji tüketimini ve maliyetlerini optimize etmek için sağlam bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu standart ile kurum ve kuruluşlar, enerji yönetiminde yasal ve düzenleyici gereklilikleri yerine getirerek, sürekli iyileştirme sağlayacaklarını taahhüd etmiş olur. Enerji fiyatlarında olabilecek yükselişler ön görülüp, o yönde enerji verimlilik çalışmaları yapılması durumunda ciddi finansal tasarruflar sağlanacaktır (Amaral ve diğerleri 2013).

İşletme içerisindeki enerji performansını sistematik ve düzenli olarak sürekli iyileştirme odaklıdır. Planla-Uygula- Kontrol Et ve Önlem Al (PuKö) prensibine dayanmaktadır (Şekil 3.1). Kuruluşa ait enerji politikasının oluşturulması, risk ve fırsatların değerlendirilmesi, enerji performans değerlerinin kontrolü, tüketim noktalarının belirlenmesi düzenli olarak ölçüm ve denetimlerle kontrol edilerek enerji verimliliğini arttırmayı amaçlamaktadır.

ISO 50001 kuruluşlara, enerji yönetiminin kaliteyi ve çevre yönetimini iyileştirmeye yönelik katkıda bulunmaktadır. Kuruluşların çeşitli enerji türlerini nasıl kullandıklarını anlamalarına, tüketimi, emisyonları ve maliyetleri azaltmanın gerçekçi yollarını belirlemelerine yardımcı olmaktadır.

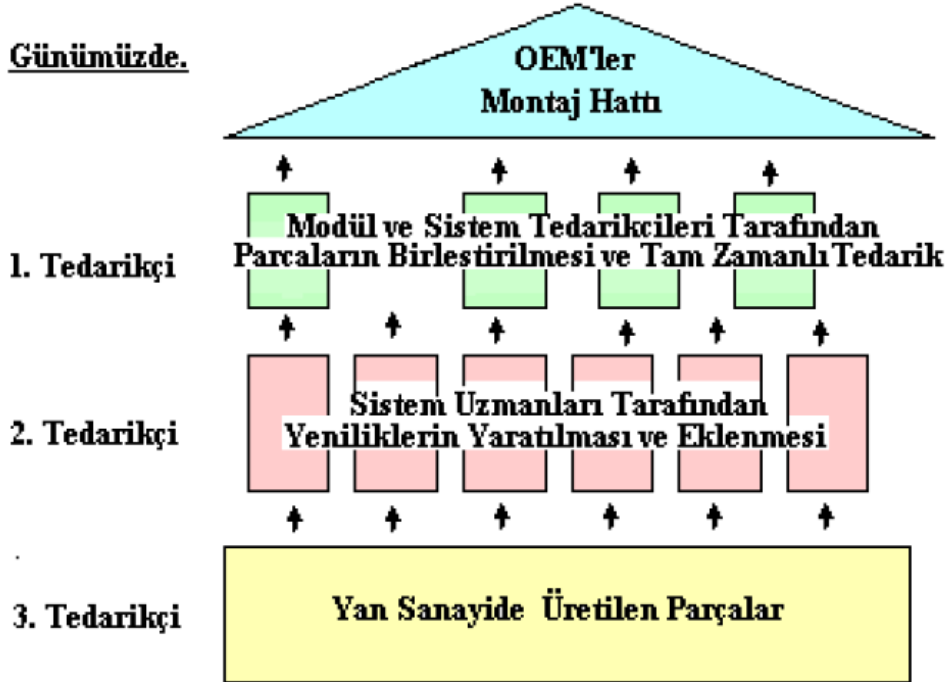


Şekil 3.1. PUKÖ Döngüsü

Anlaşılan yönetim sistemi modeline dayalı ve dünya çapındaki kuruluşlar tarafından uygulanan, geliştirilmiş enerji için daha uzun vadeli çabaları desteklerken, çok yakın gelecekte her tür kuruluş için olumlu bir fark yaratabilecektir. Enerji yönetiminin

faydaları ve ISO 50001 yönetim sisteminin faydaları Tablo 3.1 ‘de karşılaştırmaları olarak özetlenmiştir.

Enerji verimliliği, otomotiv endüstrisinde önemli bir faktördür. Orijinal Ekipman Üreticilerinin (OEM) bu sektördeki üretim tesisleri, kendi bünyesinde küresel bir rekabet içindedir. Genel merkez, üretim tesislerinden en üst düzeyde kalite, zamanında teslimat ve rekabetçi maliyetlerle büyük esneklik beklemektedir. Ortalama bir OEM otomobil üretim tesisindeki enerji tüketimi yüksek olduğundan enerji maliyetleri de yüksektir. Bu nedenle, enerji verimliliği, yukarıda bahsedilen iç rekabette önemli bir konu haline gelmiştir. Bu durum OEM firmalarının çeşitli çevre ve verimlilik programları oluşturmasına sebep olmuştur. Bunlardan bir kaçı, Think Blue/ Think Blue Factory (Volkswagen), Ultra (Audi) veya EfficientDynamics (BMW) ‘tir. Ayrıca Dünya’da ve Türkiye’de TOGG gibi yerli araçlarda OEM firmalarının bir çoğu elektrikli araç üretimine yönelmiş, Formula e (Elektrikli araba yarışı) gibi alternatif sporlar oluşturulmuştur. Türkiyede 2020 Eylül ayına kadar satışı gerçekleşen arabalar arasında 878 adet aracın elektrikli araç olduğu görülmektedir (Pişkin, 2017). OEM firmaları arasındaki bu rekabet Şekil 3.2’de gösterilen yapısal konumu gereği otomotiv yan sanayisini de doğrudan etkilemektedir.



Şekil 3.2. Otomotiv Yan Sanayi Günümüz Yapısı

Gelişen teknoloji ile birlikte otomatik yan sanayi içerisindeki rekabet giderek artmakta, çevre ve enerji yönetim standartlarının uygulanabilir olması OEM firmalar karşısında tercih edilebilirliği arttırmaktadır.

Tablo 3.1. ISO 50001 Yönetim Sisteminin Faydaları

Neden Enerji Yönetimi?	Neden ISO 50001?	ISO 50001 Firmaya Katkıları
Artan enerji maliyetleri	Hangi enerjinin nerede kullanıldığını belirlemeye yardımcı olmaktadır.	Daha iyi enerji yönetimi sayesinde para tasarrufu sağlanmış olur.
	Enerjinin boşa harcanıp harcanmadığını vurgulamaktadır.	Satın alma prosedürlerinde, daha çevreye duyarlı, verimlilik sınıfı yüksek alımların yapılmasına katkıda bulunmaktadır.
	Enerji kullanımınızı yönetmek için etkili operasyonel kontroller uygulamaktadır.	Daha az atık ve daha fazla verimlilik kuralını benimsetmektedir. Artan maliyetlerin etkisi azaltılmış olunur.
Firmaların mevcut yasal yükümlülükleri yerine getirmesi, cezai durumlarla karşılaşmaması	Geçerli yasal gerekliliklere uyulmasını, yasal ve diğer gerekliliklerle ilgili bilgileri çalışanlara ve ilgili taraflara iletilmesini sağlamaktadır.	Enerji Mevduatlarına uyum seviyesi arttırılmış olunur. Olası mevzuat değişikliklerine uyumu kolaylaştırmaktadır.
Zayıf çevresel referanslar, bir kuruluşun hem müşteriler hem de yatırımcılar nezdinde itibarına zarar verebilir.	Paydaşlara en iyi uygulama sistemlerinin yürürlükte olduğuna dair güvence vermektedir	İyileştirilmiş itibar, paydaş memnuniyetini arttırmaktadır.
	Enerji yönetimi süreçlerinin takip edilmesini ve sürekli olarak iyileştirilmesini sağlar	Yeni müşterilere, iş ortaklarına artan erişim ve ihale fırsatları, Piyasa içi rekabet avantajı sağlamış olur.
	Sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olur.	İklim değişikliğini azaltmaya yardımcı olmak karbon emisyonlarında azalma sağlamaktadır.

Tablo 3.1.(Devam) ISO 50001 Yönetim Sistemenin Faydaları

Enerji Kısıtlığı Tehidi	Enerjinin daha verimli ve tasarruflu kullanılmasının gerekliliğinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.	Şimdi ve gelecekte iyileştirilmiş enerji verimliliği, fosil yakıtlara bağımlılığın azalmasına katkı sağlamaktadır
-------------------------	---	---

3.1. Enerji Yöneticisi

Enerji yönetimi sertifikasına sahip kişilerdir. Şirket içerisinde veya dışarıdan hizmet olarak firmaların enerji faaliyetlerini takip edip yönetmek ve raporlamasını yapmaktır. Enerji yöneticisi sertifikasını almak isteyen kişilerin mutlaka Makine, Elektrik veya Elektrik Elektronik Mühendisliği ünvanından birine sahip olmaları gerekmektedir.

3.1.1. Enerji Yöneticisinin Görevleri Nelerdir?

Enerji yöneticisinin tesis içerisinde görevi enerji denetimlerinin yapılmasından fazlası olacaktır. Enerji yöneticisi, enerji analizini derinlemesine yapmasının yanı sıra kullanılan ekipmanları ve gelişen teknoloji hakkında bilgi edinmesi gerekmektedir. Enerji yöneticisinde olması gereken özelliklerden biri de gelecekteki enerji maliyetlerinin ne yönde değişeceğini tahmin etmesidir. Enerji hesaplamaları yapılırken denetimden sonra bir kaç yıl boyunca geçerli olacak şekilde hesaplama yapılmalıdır, enflasyon veya kurlardaki değişim, maliyetlerinde değişmesine sebep olacaktır (Energy Management Hand Book, 9th Edition).

3.2. Enerji Yönetim Ekibi

Enerji yönetim sistemi, üst yönetimde dahil olduğu ilerleyen süreci beraber takip edecek, firma içerisinde her departmandan çıkarılan temsilcilerin yer aldığı yönetim ekibidir. Bu ekibin liderliğini enerji yöneticisi veya sürece lider olması için atanan kişi gerçekleştirmektedir. Yönetim ekibinin görevleri arasında düzenli toplantılara katılmak, önleyici ve düzenleyici faaliyet önerilerinde bulunup, yapılacak çalışmalarda enerji yöneticisine destek vermektedir. Sürekli iyileştirmelerin yapılabilmesi adına koordinasyon içinde çalışmak çok önemlidir. Aksi durumda iletişim kopuklukları ve takip sıkıntıları yaşanacaktır.

3.3. Enerji Yönetiminin Faydaları

ISO 50001 uygulamasının güçlü yönlerinden biri, personelin ana görevleriyle rekabet etme riskini taşımasına rağmen enerji performansında üst yönetimin taahhüdüne katkıda bulunmasıdır.

Tablo 3.1 de detaylı olarak belirtildiği gibi gelecekteki enerji arzına istinaden riskler belirlenip, enerji kullanımını ölçerek ve izleyerek performans iyileştirici fırsatlar belirlenmektedir. Bilgi alışverişi yoluyla kurumsal öğrenmeyi teşvik ederek ve enerji verimliliğine olan yönelimi arttıracaktır.

3.4. Enerji Denetimi

Küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerindeki insan etkisinin artan anlayışının bir sonucu olarak, enerji denetimlerine olan ilgi son zamanlarda artmıştır. Enerji denetimi, denetlenen fabrika, bina vb. enerjiyi kullanım şeklini, verimlilik odaklarının anlaşılması amacıyla o işletmeye ait enerji akışlarının incelenmesi ve analizidir. Analiz yapılırken, faaliyette olan iş yerinin, fabrikanın üretimini ve genel işleyişini etkilemeden tesiste kullanılan enerjinin azaltılmasına yönelik fırsatlar aranması için bir enerji denetimi gerçekleştirilir. Denetim öncesi kapsamlı bir inceleme yapılması adına işletmeye ait son 3 yılın tüketim verileri (elektrik faturası, doğalgaz faturası vb.), bunun yanında üretim adet verileri de toplanmalıdır. Denetim sırasında bulunan nicel bilgiler, enerji tüketiminin net bir şekilde anlaşılmasını, üretim verimliliğinde sürekli iyileştirme ve enerji maliyetlerinde tasarruf noktalarının belirlenmesinde etkili olmaktadır.

Kritik işletme parametrelerini ölçmek için saha ölçümleri de yapılacaktır. Enerji tüketim profilinin oluşturulmasının ardından potansiyel enerji tasarrufu fırsatları belirlenecektir. Enerji yönetimi stratejisi ve özel enerji azaltma programları, enerji denetimi sonuçlarına göre organize edilebilecektir ve planlanacaktır. Gelecekte, CO₂ emisyonlarının giderek daha önemli hale gelmesi çok muhtemeldir. Enerji denetimleri, CO₂ emisyonlarını azaltmak için de bir araç olacaktır. Enerji denetimleri iç denetimlerle kontrol edilebilir fakat yasal yükümlülük anlamında standartın getirisi olarak denetim yetkisi olan kurum veya yetkilendirme belgesi almış kişiler tarafından ilgili denetimler gerçekleştirilebilir.

4. ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Enerji yönetim sisteminin uygulamalarına istinaden literatür araştırması yapılmış olup, mevcutta uygulanan çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir.

İncelenen çalışmalardan ilki 2011 yılında, YILMAZ (2011) tarafından Enerji Yönetim Sisteminin Örnek Bir İşletmede Uygulanması'dır. Yapılan çalışma ISO 50001 standartının temelini oluşturan TS EN 16001 yönetim standartına göre yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda enerji yönetim sistemi uygulaması ile enerji maliyetlerinde ve enerji tüketiminde %7 ile %18 arasında kazanç sağlandığı tespit edilmiştir.

Bir diğer çalışma, TANER (2013) tarafından Ocak 2013 yılında gıda sektöründe hizmet veren bir şeker fabrikasında gerçekleştirilen enerji verimliliği ve enerji yönetimi uygulamasıdır. Enerji tüketimin en fazla olduğu proses ve noktalar belirlenmiş, alternatif senaryolar ile yapılacak olan verimlilik çalışmaları özetlenmiştir. Yapılan hesaplamalar da 3 farklı türbin gücü artırma senaryolarına göre maliyet analizleri ortaya konulmuştur.

ARKAT (2013), enerji verimliliği ve yönetim sistemini havaalanı uygulaması olarak incelemiştir. Havaalanı içerisinde gerçekleştirilebilecek 6 çalışmanın üzerinde durulmuştur. Yapılan çalışmalardan bir kaç, aydınlatma armatür değişimi, kayar kapıların döner kapıya dönüşümü gibi işletme önemleri olmakla birlikte, 1 yıl 10 gibi amortisman süresine sahip iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

AKDAĞ (2013), yüksek lisans tezi olarak Eylül 2013 yılında Camiler de enerji yönetimi ve enerji tasarrufu çalışması ile ısıtma ve soğutma sistemleri için ısı pompaları uygulaması, elektrik ihtiyacının yenilebilir ve temiz enerjiden sağlanması adına güneş panelleri kullanımının üzerinden durulmuştur. Yapılan çalışma da enerji verimlilik noktaları belirlenmiş. Isı yalıtımı uygulaması ile %30 verim elde edilebileceği vurgulanmıştır.

AKCENGİZ (2020), OSTİM OSB Örneği enerji yönetim sistemi örneği ile eko endüstriyel parklarda çalışma gerçekleştirmiştir. Günlük, aylık ve yıllık periyotlarla talaşlı imalat ve benzer prosese sahip işletmelerde 1,4 kat üretimin arttığına dair çalışmasını ortaya koymuştur.

ÖZTÜRK (2019), Enerji yönetim modellemesi hastane örneğini yüksek lisans tezi olarak oluşturmuştur. Yapılan çalışmada güneş enerjisi kullanılarak, hastanenin ihtiyaçlarının karşılanması için gereken güneş paneli ihtiyacı modellenmiştir. Güneş enerjisi olmayan durumlar için ise hibrit model çalışması gerekliliği vurgusu yapıp çalışma tamamlanmıştır.

MET (2010), Enerji yönetim sistemi çalışmasını termik santraller üzerine gerçekleştirmiştir, Termik santral verimini % 41,5'a çıkartabilecek, akışkan yakma teknolojisine istinaden öneride bulunmuştur. Uygulanacak olan santral rehabilitasyon ile 4,5 milyar kWh üretim artışı ön görülmüştür.

ÖZBAKIR (2006), yapmış olduğu çalışmada Enerji yönetim sistemini anlatmıştır. Sektörel bazda yapılan çalışmaları incelemiş, farklı sektörlere binalarda ve sanayide uygulanan çalışma örneklerini aktartılmıştır.

ÇINAR (2008), Tekstil Sanayisinde enerji yönetimi çalışması yürütmüştür. Tekstil sektöründe yapılabilecek enerji verimlilik çalışmaları ile enerji tasarruf noktalarının incelemesi yapılmıştır. Isı ve elektrik enerji tüketiminin en yoğun olduğu noktalar olarak belirlenmiştir. Enerji tüketiminin kontrol ve takip edilmesi için otomasyon sistemlerinin kullanılması gerekliliği, yatırım maliyetleri yüksek olsada uzun vadede kazanç sağlayacağı, takip edilen sistem ile değişen tüketim değerlerinin tespit edilip kısa vadede çözüm bulunabileceği belirtilmiştir.

ENGİN (2018), Enerji yönetim sisteminin enerji verimliliği açısından etkinliğini çimento, demir-çelik, tekstil, çimento ve kimya sektöründe değerlendirmiş olup, sanayide yapılan uygulamalar ile 33.160 TEP tasarruf sağlandığını çalışmasında ortaya koymuştur. Tasarruf oranı %10, enerji verimliliği oranının %16,55 olarak çıktığını tespit etmiştir. Ayrıca CO₂ emisyonlarında 175.486 Ton azalma olduğu vurgulanmıştır.

M.B. KIYILMAZ (2019), Çalışmasında gıda üretim tesisinde yapılan enerji etüdü ve tespitlerinin neticesinde gerçekleştirilen verimlilik çalışmasını ortaya koymuş. Sanayide ISO 50001 standartının uygulanması önerilmiş, enerji yönetim sistemi uygulaması ile doğrudan %1, yılda 47,3 TEP tasarruf yapacağını belirtmiştir.

Son olarak, KOÇAK (2020) tarafından 4 farklı sanayi sektöründe Tekstil, Demir-Çelik,

Ağaç Sanayi ve Gıda Sektöründe enerji verimlilik çalışmaları incelenmiştir. Enerji yönetim sistemi uygulaması ile teksit sektörüne hizmet eden kuruluşta %1,04 enerji tasarrufu sağlanmıştır. Demir-Çelik sektöründe faaliyet gösteren firmada uygulanan yönetim sistemi ile birlikte, doğalgaz tüketiminde %2 tasarruf sağlanmıştır. Gıda sektörüne hizmet eden firma içerisinde aydınlatma sisteminde uygulanan çalışma ile %1,06 oranında tüketimde azaltma yapıldığı vurgulanmıştır.

Tüm bu çalışmalar incelendiğinde, enerji yönetim sisteminin uygulanmasının enerji tüketiminde azalmaya ve verimlilik arttırmaya yönelik etkisi görülmüştür. Otomotiv yan sanayide plastik parça üreten bir firmada uygulaması gerçekleştirilecektir.



5. ISO 50001 ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİNİN UYGULANMASI

Otomotiv yan sanayide OEM firmalara birinci ve ikinci dereceden plastik parça sağlayan firma içerisinde ISO 50001 enerji yönetimi sistemi uygulaması için takip edilecek adımlar aşağıdaki gibidir;

- Enerji Yönetim ekibinin kurulması
- Gerekli Talimatların ve Planlamanın oluşturulması
- Enerji tüketiminin gerçekleştiği proseslerin, noktaların belirlenmesi
- En çok enerji tüken prosesin ve en çok sapmanın nerelerde olduğunun belirlenmesi
- Enerji tüketim noktalarına göre enerji kaynağının sınıflandırılması (elektrik, doğalgaz vb.)
- İyileştirici aksiyonların FMEA bazlı belirlenmesi
- Aksiyonların alınması, Kaizen çalışması
- Ölçüm ve raporlama

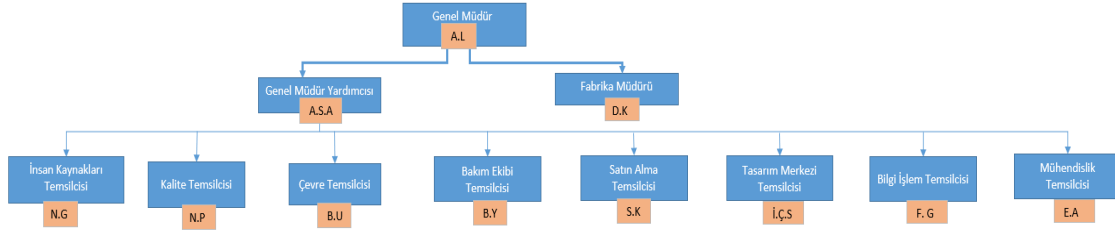
ISO 50001 Standardına göre proses noktalarının belirlenmesi için çalışma yöntemi, bakım ve üretimin yer aldığı standart çalışma gruplarının kurulması, toplantılar düzenlenecektir. Veri toplama ve veri yönetimi için çalışma ortamı oluşturulacaktır. Geçmişe dönük verilerin taranması, hangi aylarda, hangi prosesde değerlerin arttığının gözlemlenecektir (elektrik, doğalgaz faturalarının kontrol edilmesi).

Yapılacak çalışmalar ayrıca kaizen ekibinin de dahil olmasıyla birlikte şirket içi yıllık yapılan kaizen çalışmaları raporuna da eklenecektir. Kaizen japonca “değişim” ve “daha iyi” anlamına gelen iki japonca kelimenin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş bir kelimedir. Kaizen’in amacı enerji yönetim standartında olduğu gibi problemlerin tespiti, çözüm ve yeni fikirlerin üretilmesi, çözümlerin test edilmesi, düzenli ölçüm ve çözümün benimsenerek sürekliliğinin sağlanmasını hedefleyen bir döngüdür. Sürekli iyileştirmeyi hedefler, bu sebeple enerji yönetim ekibiyle birlikte şirket içi yapılacak verimlilik çalışmalarının sürdürülebilirliği konusunda birbirlerini desteklemektedir.

5.1. Enerji Yönetim Ekibinin Kurulması

Enerji yönetim sistemi için düzenlenen ilk toplantıda şirketin organizasyonel durumu göz önünde bulundurularak çalışacak olan ekip belirlenmiştir.

Belirlenen ekipte her bölümden birer temsilci olması önemlidir. Oluşturulan ekip içerisinde bir kişi Ekip Lideri olarak atanmıştır. Atanan ekip lideri ilerleyen süreçte yapılacak olan çalışmaların yürütülmesi, aksiyonların takip edilip düzenli toplantıların oluşturulması ve toplantı notlarının paylaşılmasında görevlendirilmiştir. Seçilen ekip liderinin eşliğinde, ekip içerisinde yer alan kişilere ait görev ve sorumluluk atamaları yapılmıştır



Şekil 5.1. Proje Yönetim Ekibi Organizasyon Şeması

5.1.1. Ekip Liderine Atanan Görevler

ISO 50001:2018 standardına uygun olarak enerji yönetim sisteminin kurulması, uygulanması, devam ettirilmesi ve sürekli geliştirilmesi için çalışmalarda bulunmak. Kendi sorumlu olduğu alandaki faaliyetlerden oluşan çalışmaların çevre- sağlık koşullarına ve ISG (İş sağlığı ve güvenliği) talimatlarına uygun olarak uygulanmasından sorumludur. İç ve Dış denetimlerin oluşturulması, çıkan aksiyonların takibinden, İç denetimlerde verilen görevleri yerine getirilmesi, tespit edilen bulgu ve diğer uygunsuzluklarla ilgili düzeltici ve/veya iyileştirici faaliyetlerin başlatılmasında görev alınması ve genel değerlendirme raporlarının hazırlanmasından sorumludur. Enerji Yönetim sistemi kapsamında yapılacak enerji verimliliği çalışmalarının planlanması, şirket içerisinde duyurusunun ve takibinin yapılmasından sorumludur.

5.1.2. İnsan Kaynaklar Temsilcisine Atanan Görevler

Enerji yönetimi, enerji politikaları ve stratejilerinin tüm çalışanlarca (beyaz yaka / mavi yaka) bilinmesi amacıyla eğitimlerin düzenlenmesi, yetkinliklerin takip edilmesinden sorumludur.

5.1.3. Satın Alma Temsilcisine Atanan Görevler

Yapılacak olan enerji verimliliği uygulamalarına istinaden tekliflerin toplanması ve üst

yönetime sunulması, mevcut tedarikçilerde enerji verimliliği, enerji yönetim bilincinin oluşturulmasına katkı sağlaması, güncel teknolojilerin takip edip temin edilecek ekipman, makine vb ürünlerin enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi ve en uygun ürünün/hizmetin alınmasıdır.

5.1.4. Tasarım Merkezi Temsilcisine Atanan Görevler

Yeni teknolojilerin takip edilmesi, yapılacak olan Ar-ge çalışmalarının enerji verimliliği göz önünde bulundurularak yapılması, Verimlilik açısından yeni teknolojilerin ekipman, makine vb araştırılıp şirket içi bilgilendirmesinin yapılması. Proses veya süreç bazlı önerilerin projelendirilip değerlendirilmesidir.

5.1.5. Kalite Temsilcisine Atanan Görevler

- Proses ve ürüne olan risklerin belirlenmesi,
- Ekip lideri ile birlikte şirket içi enerji yönetim sistemi el kitabının oluşturulması,
- Yapılacak olan risk analizi ve FMEA çalışmalarına önderlik etmesidir.

5.1.6. Bakım Ekibi Temsilcisine Atanan Görevler

- Enerji tüketim Noktalarının Belirlenmesi
- Kullanılan ekipmanların envanter listesinin oluşturulması
- Çıkan arıza ve yapılan bakımların kaydının tutulması
- Periyodik ölçümlerin gerçekleştirilmesi, ekip ile paylaşılması
- Tüketim değerlerinin kontrol edilmesi
- Mevcutta kullanılan ekipman özelliklerinin kontrol edilmesidir.

5.2. Amaç ve Hedeflerinin Belirlenmesi

Enerjinin daha verimli kullanılabilmesi ve uzun vadede yapılacak çalışmalara istinaden şirket içi politikanın belirlenmesi, bu politikayı karşılayabilmek adına hedef ve amaçların koyulması gerekmektedir. Bu doğrultuda enerji yönetim ekibi bir araya gelerek gerçekleştirdiği toplantılarda şirket işi hedefleri ve politikayı belirlemiştir. Belirlenen hedef ve amaçlar sabitlenerek şirket içerisinde duyurusu mail yolu ile yapılmıştır.

5.2.1. Amaçlar

- Enerjiyi doğru kullanmanın önemini iyi anlaşılması

Planlama aylık olarak oluşturulmuş ve haftalık olarak detaylandırılmıştır. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4’de baz alınan yıl takvimlerine göre, haftalık detaylandırma yılın 52 hafta olması sebebiyle 4 Ocak 2021 – 10 Ocak 2021 haftası Calender Week 1 yani kısacası “CW1” olarak değerlendirilerek yıl 52 haftaya bölünmüştür. Açılış toplantısı Eylül ayında 2021 yılının 36. haftasına denk gelmesi sebebiyle planlama “CW36” olarak başlatılmıştır.

Takvim 2021

< Takvim 2020 | 2021 | Takvim 2022 > | Ay Takvimi

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 53 1 4 5 6 7 8 9 10 2 11 12 13 14 15 16 17 3 18 19 20 21 22 23 24 4 25 26 27 28 29 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 5 1 2 3 4 5 6 7 6 8 9 10 11 12 13 14 7 15 16 17 18 19 20 21 8 22 23 24 25 26 27 28 9	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 9 1 2 3 4 5 6 7 10 8 9 10 11 12 13 14 11 15 16 17 18 19 20 21 12 22 23 24 25 26 27 28 13 29 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 13 1 2 3 4 14 5 6 7 8 9 10 11 15 12 13 14 15 16 17 18 16 19 20 21 22 23 24 25 17 26 27 28 29 30	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 17 1 2 18 3 4 5 6 7 8 9 19 10 11 12 13 14 15 16 20 17 18 19 20 21 22 23 21 24 25 26 27 28 29 30 22 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 22 1 2 3 4 5 23 6 7 8 9 10 11 12 13 24 14 15 16 17 18 19 20 25 21 22 23 24 25 26 27 26 28 29 30
Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 26 1 2 3 4 27 5 6 7 8 9 10 11 28 12 13 14 15 16 17 18 29 19 20 21 22 23 24 25 30 26 27 28 29 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 30 1 31 2 3 4 5 6 7 8 32 9 10 11 12 13 14 15 33 16 17 18 19 20 21 22 34 23 24 25 26 27 28 29 35 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 35 1 2 3 4 5 36 6 7 8 9 10 11 12 37 13 14 15 16 17 18 19 38 20 21 22 23 24 25 26 39 27 28 29 30	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 39 1 2 3 40 4 5 6 7 8 9 10 41 11 12 13 14 15 16 17 42 18 19 20 21 22 23 24 43 25 26 27 28 29 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 44 1 2 3 4 5 6 7 45 8 9 10 11 12 13 14 46 15 16 17 18 19 20 21 47 22 23 24 25 26 27 28 48 29 30	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 48 1 2 3 4 49 5 6 7 8 9 10 11 12 50 13 14 15 16 17 18 19 51 20 21 22 23 24 25 26 52 27 28 29 30 31

Şekil 5.3. Planlama Hazırlanırken Baz Alınan Haftalık Yıl Takvimi 2021 Yılı

Yapılan planlamada, planlanan aktiviteler sarı renk ile takip edilirken, tamamlanmış olan aktiviteler yeşil renk ile gösterilmiştir. Renklendirme yöntemi ayırt edilebilmesi adına planlamanın altında yer alan tanımlama ile gösterilmiştir. Planlamanın üzerinden her toplantıda geçilmekte olup, revizyon tarihi, revizyon numarası ve güncel içinde bulunulan hafta yeşil kesikli çizgiye sahip kare kutu içerisinde yer alan GÜNCEL HAFTA imleci ile takip edilmektedir.

Takvim 2022

< Takvim 2021 | 2022 | Takvim 2023 > | Şimdi | Ay Takvimi

Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 52 1 2 3 4 5 6 7 8 9 2 10 11 12 13 14 15 16 3 17 18 19 20 21 22 23 4 24 25 26 27 28 29 30 5 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 5 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 10 11 12 13 7 14 15 16 17 18 19 20 8 21 22 23 24 25 26 27 9 28	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 9 1 2 3 4 5 6 10 7 8 9 10 11 12 13 11 14 15 16 17 18 19 20 12 21 22 23 24 25 26 27 13 28 29 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 13 1 2 3 14 4 5 6 7 8 9 10 15 11 12 13 14 15 16 17 16 18 19 20 21 22 23 24 17 25 26 27 28 29 30	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 17 1 2 18 2 3 4 5 6 7 8 19 9 10 11 12 13 14 15 20 16 17 18 19 20 21 22 21 23 24 25 26 27 28 29 22 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 22 1 2 3 4 5 23 6 7 8 9 10 11 12 24 13 14 15 16 17 18 19 25 20 21 22 23 24 25 26 26 27 28 29 30
Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 26 1 2 3 27 4 5 6 7 8 9 10 28 11 12 13 14 15 16 17 29 18 19 20 21 22 23 24 30 25 26 27 28 29 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 31 1 2 3 4 5 6 7 32 8 9 10 11 12 13 14 33 15 16 17 18 19 20 21 34 22 23 24 25 26 27 28 35 29 30 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 35 1 2 3 4 36 5 6 7 8 9 10 11 37 12 13 14 15 16 17 18 38 19 20 21 22 23 24 25 39 26 27 28 29 30	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 39 1 2 40 3 4 5 6 7 8 9 41 10 11 12 13 14 15 16 42 17 18 19 20 21 22 23 43 24 25 26 27 28 29 30 44 31	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 44 1 2 3 4 5 6 45 7 8 9 10 11 12 13 46 14 15 16 17 18 19 20 47 21 22 23 24 25 26 27 48 28 29 30	Pt Sa Ça Pe Cu Ct Pa 48 1 2 3 4 49 5 6 7 8 9 10 11 50 12 13 14 15 16 17 18 51 19 20 21 22 23 24 25 52 26 27 28 29 30 31

Şekil 5.4. Planlama Hazırlanırken Baz Alınan Haftalık Yıl Takvimi 2022 Yılı



Şekil 5.5. Planlamada Renklendirmenin Tanımı

2021 yılının son çeyreği Eylül ayı ilk haftasında CW36'da yapılmış olan açılış toplantısında, enerji yönetim ekibi oluşturulmuş olup görev ve sorumlulukları atanmıştır. Ocak ayı sonuna kadar olan süreçte aylık toplantılar ise sırasıyla CW38/21 – CW42/21 – CW46/21 – CW51/21 ve CW3/22 olarak planlanmıştır. Enerji yönetim sistemine ait amaçlar ve hedefler CW38/21'de planlanan ilk toplantıda gerçekleştirilerek yayınlanmıştır. Yine toplantı sırasında alınan karar doğrultusunda CW39/21 haftasında plastik enjeksiyon üretim tesisi ve krom kaplama tesislerindeki enerji tüketim noktalarının belirlenmesi planlanmış ve ilgili hafta içerisinde gerçekleştirilmiştir. Renklendirme Şekil 5.5'deki gibi ilerleme durumu olarak gösterilmiştir. Yapılan toplantılarda enerji yönetim sistemi ekibi ile beraber Alba plastik ve krom tesisi içerisinde yer alan enerji tüketim noktaları belirlenerek alt alta listelenmiştir.

Plastik Enjeksiyon Üretim Tesisi;

- Basınçlı Hava (Montaj hatlarında, Robot tutucu sistemlerinde (Gripper), hammadde besleme tanklarında)
- Aydınlatma Sistemi
- Enjeksiyon Makinası Isı kayıpları

Krom Kaplama Tesisi;

- Pompa Sistemleri
- Sıcak Su Kazanları
- Sürücü Sistemleri
- Redresör Sistemleri

Belirlenen enerji tüketim noktalarına istinaden ilk olarak aydınlatma sistemleri ile çalışmalara başlanmıştır. İlgili çalışma 4 adımdan oluşmakta olup CW40/21-CW42/21 tarihleri arasında planlanarak gerçekleştirilmiştir. İlgili çalışmaya ait olan 4 adım; 1. Mevcut aydınlatma noktalarının tespiti, adeti ve armatür tipinin belirlenmesi, 2. Lüks

ölçümlerinin alınması ve yetersiz olanların belirlenmesi 3. Ölçüm sonuçları ve armatür tipinin değerlendirilmesi 4. İlgili alanlara uygun lumen ve lüks değerlerine sahip daha düşük enerji tüketimine sahip armatürler ile değişiminin gerçekleştirilmesi. İlgili verimlilik çalışması 5.5. Aydınlatma Sisteminde Verimlilik Uygulaması bölümünde detaylı olarak anlatılacaktır. Aydınlatma çalışmasının tamamlanmasının ardından değerlendirme toplantısı yapılarak kompresör sistemlerine geçilmiştir. Kompresör sistemlerine istinaden yapılan çalışma CW43/21- CW49/21 tarihleri arasında planlanarak ilgili tarihlerde tamamlanmıştır. Yapılan çalışma 5.6. Bölümünde Kompresör sistemlerinde yapılan çalışma da detaylandırılacaktır.

Enerji tüketim noktası olarak FMEA Analizi sonucunda kararlaştırılan bir diğer alan ise, plastik enjeksiyon makinalarının ocak kısmında gerçekleşen ısı kayıplarıdır. Mevcutta kullanılmakta olan enjeksiyon makinalarının bir çoğunda ısı yalıtım ceketinin bulunmaması, enjeksiyon çalışma parametre sıcaklıklarının sağlanması sırasında ürettiği enerjinin bir kısmını konvansiyonel ve radyasyon kayıpları olarak çevreye yayılmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıklara sahip açıkta bulunan ocak kısmı, çalışanların sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Çalışan sağlığı ve enerji kayıpları göz önünde bulundurulduğunda yönetim planlamasında CW50-CW52 2021 tarihlere arasına çalışma planlanmıştır.

5.3.1. İç Denetimlerin Planlanması ve Soru Listesinin Oluşturulması

Enerji yönetiminin sürdürülebilirliği açısından belli periyotlarda öncelikle iç tetkitleerin gerçekleştirilmesi, uygulanabilirliğin takip edilmesi gerekmektedir. Yapılan iç denetimlerin sonucunda çıkan aksiyonlara ait sorumluların atanmasının yapılması ve kısa süre içerisinde açık konuların kapatılması gerekmektedir. Enerji denetimlerinin yasal kurumlar ve kişiler tarafından gerçekleştirilmesi gerektiği biliniyor olsa da, yasal denetimlerin öncesinde açık aksiyonların tespit edilmesi ve kapatılması şirketin amaçları doğrultusunda önemli bir yer tutmaktadır.

Bu sebeple yönetim sisteminin uygulanmaya başlamasından itibaren ilk denetim, yönetim sistemi başlangıcında olmak üzere her 6 ay'da bir kez, sene içerisinde toplamda 2 kere olmak üzere periyodik olarak yapılması planlanmıştır.

İç denetim soru listesinde yer alan maddeler kısaca şu şekildedir,

- Enerji yönetim sistemi ekibi belirlenmiş midir?
- Enerji yönetim sistemine atanan lider belirlenmiş midir?
- Şirkete ait enerji politikası belirlenmiş midir?
- Şirkete ait enerji yönetim sistemi hedef ve amaçları belirlenmiş midir?
- İç eğitimler planlanmış mıdır? Eğitim planlaması ne şekildedir?
- Yapılan eğitimlere ait eğitim katılım formları mevcut mudur? Kanıtları saklanmış mıdır?
- Şirket içi polivalans tabloları oluşturulmuş mudur? Polivalans (yetkinlik) tabloları güncel midir?
- Risk analizi ve FMEA çalışmaları yapılmış mıdır? Çıkan aksiyonlar belirlenip kapatılmış mıdır? Kapatılmadı ise alınacak aksiyonların termin süreleri belirlenmiş midir?
- Enerji tüketim noktaları belirlenmiş midir?
- Belirlenen tüketim noktaları için önceliklendirme çalışması yapılmış mıdır?
- 6 aylık periyotta yapılan çalışmaların çıktıları nelerdir?
- Periyodik olarak yapılan toplantı tutanakları mevcut mudur? Alınan kararlar uygulanmış mıdır?
- Ölçüm ve sayaç kalibrasyonları yapılmış mıdır? Dokümanları mevcut mudur?
- Yasal şartlar ve yükümlülüklerin takibi ne şekildedir? Güncelliği kontrol ediliyor mudur?
- Geçmişe yönelik enerji tüketim değerleri var mıdır? Bu değerler kontrol ediliyor mudur? Geleceğe yönelik değerlendirme analizi yapılmış mıdır?
- Geleceğe yönelik tahmin edilen değerler ile gerçekleşen değerler arasında sapma oranı ne şekildedir?
- İç denetimler periyodik olarak belirlendiği tarihlerde gerçekleştirilmiş midir? Gerçekleştirildi ise notları nelerdir, aksiyonları alınmış mıdır?

5.4. Risk Analizi Çalışması

Enerji yönetim ekibi bir araya gelerek, öncelik olarak enerji yönetim sisteminin uygulanmaması durumunda karşılaşılabilecek risklerin tespit edilmesi amacıyla otomatik sektöründe en yaygın olarak kullanılan hata türlerinin etki analizine istinaden kalite yöneticisinin önderliğinde FMEA (Failure failure mode and effect analysis) analiz

çalışması yürütülmüştür (Şekil 5.6). Yapılan çalışma öncelikli olarak yönetim sistemi ile başlıyor olsada, ilerleyen süreçte verimlilik çalışması yapılacak olan alanlara yönelik yapılacaktır. FMEA çalışmasından örnekler 5.5. Aydınlatma sisteminde yapılan verimlilik uygulaması, 5.6. Kompresör Sisteminde Yapılan Verimlilik Çalışması ve 5.7. Plastik Enjeksiyon Makinalarında Isı Yalıtım Ceketi Uygulaması bölümlerinde sunulacaktır.

Process Function	Standards Related to	Potential Failure Mode	Potential Effects Of The Failure	Potential Cause(s) Mechanism(s) Of The Failure	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	RPN	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Date For Completion	Actions Taken	Rev	Cre	Det	RPN
Enerji Yönetim ekibinin oluşturulması	ISO 50001	Ekibin oluşturulmaması	Yasal yükümlülük yerine getirilmemiş olur	9	Standartın gerekliliklerinin bilinmemesi	1	9							0
Enerji Tüketim Noktalarının tespit edilmesi	Enerji Kontrolleri	Tüketim noktalarının belirlenmemesi	Hangi prosedürde enerji tüketiminin bulunduğu tespit edilemez	8	Standartın gerekliliklerinin bilinmemesi	3	48							0
	Enerji Kontrolleri	Eksik belirlenmesi	enerji tüketimi gözükmemekte fakat doğru değerlendirme yapılamaması	7	Standartın gerekliliklerinin bilinmemesi	3	42							0
Enerji Tüketim verilerinin yanlış girilmesi	Faturalar	Değerlendirmenin yanlış yapılması	Tüketimi fazla olan alanın saptanamaması	7	Verilerin sisteme yanlış aktarılması	6	126	Tüketim verilerinin ERP sistemi ile kontrol edilmesi sistem üzerinden karşılaştırma yapılması, farklı bir sonuç verdiğinde uyarı vermesi	F.G					0
		Tüketimi normal olan alana yönlendirilmesi	Verilerin sisteme yanlış aktarılması	7	Verilerin sisteme yanlış aktarılması	6	126							0

Şekil 5.6. FMEA Çalışması Çıktısı

5.4.1. FMEA Uygulaması

Öncelikli olarak havacılık sanayinde uygulanmaya başlayan hata modu etkisi ölçüm analizi zamanla diğer sektörlerde de yaygınlaşarak uygulanmaya başlamıştır. FMEA'nın amacı süreç analizinin yapılması ve olası hata türlerinin üzerine odaklanarak aksiyon alınacak noktaların belirlenmesidir. Süreç içerisinde zayıf noktaların belirlenmesinde, önleyici ve düzenleyici faaliyetlerin planlanması yönünde öneriler sunmaktadır.

Kritik noktaların belirlenerek, kontrol talimatlarına eklenmesinde rol oynamaktadır. Önceliklendirme, analiz sonucunda çıkan puanlamaya istinaden yapıldığından, nerden başlanması gerektiğine dair karışıklığı önleyerek çözüm sunmaktadır. Ayrıca ilerleyen süreçte, yapılan çalışmalara istinaden tarihenin tutulmasına, geçmişe dönük Lesson learned (öğrenilmiş dersler) olarak saklanmasını sağlamaktadır. Hata türlerinin nedenlerini ortadan kaldıracak, ortaya çıkmalarını azaltacak ve saptanma düzeylerini iyileştirecek potansiyel önlem listesinin oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

İlk adım, fonksiyon ve proses adımlarının tanımlanmasıdır. Yapılacak olan işleme dair kısa tanımlama yapılmaktadır. Örneğin Aydınlatma sistemi, Enerji yönetimi vb. İkinci adımda bu fonksiyonu gerçekleştirmek için gereken gereksinimler FMEA'yı

oluşturacak ekip tarafından beyin fırtınası yapılarak detaylı olarak alt alta listelenir. İlgili gereksinimlerin yazılmasının ardından ilgili gereksinimleri gerçekleştirme sırasında oluşabilecek hatalar, yine ekip tarafından eski tecrübelerden yararlanılarak detaylandırılmaktadır.

Hatanın gözlenen türü, herhangi bir fonksiyonun anormal işlemesi veya işlenmemesi vb gibi tanımlanmalıdır. Hata türleri belirlenirken cevap aranması gereken sorular için neden sonuç ilişkisi kurularak yazılmalıdır. Proses ile ilgili problem nedir? Ne olabilir? soruları sorulmalıdır. Belirlenen tüm hata modlarına istinaden olası hatanın, sisteme ve bir sonraki prosese olan etkisi değerlendirilmektedir. Mevcut sistemde, ilgili hatanın önlenmesine yönelik kontrol bulunuyorsa belirtilmelidir. Mevcut durumda yapılan kontrollerin hatayı önlemeye yönelik etkisi doğrultusunda önleyici faaliyet alınması gerekip, gerekmediği ortaya çıkmış olacaktır.

Hatanın şiddetinin değerlendirilmesi Tablo 5.1, hatanın meydana gelme olasılığı Tablo 5.2 ve tespit edilebilirliğinin değerlendirilmesi Tablo 5.3 'e göre uygulanarak, risk öncelik sayısı (RÖS/RPN) hesaplanacaktır.

RÖS (RPN) = Şiddet (S) x Olasılık (O) x Saptanabilirlik (D) kuralına göre hesaplanmaktadır. Buna göre FMEA'da RÖS değeri 1 ve 1000 arasında bir değer olacaktır. Çıkan RPN değeri doğrultusunda Tablo 5.4 'de belirtilen renklendirme neticesinde önleyici faaliyet alınması gerekiyor ise, nasıl bir aksiyon alınması gerektiği, sorumlusunun kim olacağı ve ne zaman tamamlanacağına dair açıklamalar yazılarak çalışma tamamlanmış olacaktır. Hatanın şiddetinin belirlenmesi hatanın oluşturacağı önem ve tehlikenin derecelendirilmesidir. Derecelendirme 1-10 arasında yapılmaktadır. Her bir hata türü için şiddet derecelendirmesi yapılır. Belirli bir etki yaratan tüm olası hata nedenleri aynı şiddet değerini almaktadır. Şiddet derecelendirmesi aşağıdaki tablo kullanılarak yapılacaktır. Hatanın çıkma olasılığı aynı hata türünün ne kadar sıklıkta oluşabileceğidir. Olasılık derecelendirmesi "1"den "10"a kadar sayısal olarak yapılır. Olasılık, sebepler ve hata türleri ile ilişkilidir. Derecelendirme, grup üyelerinin tecrübesine ve elindeki verilerine bağlıdır.

Saptanabilirlik, olası hataların tespit edilebilmesine yönelik olarak 1 ile 10 puan arasında yapılmakta, mevcut durumda yer alan kontroller ve önlemler göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmaktadır.

Tablo 5.1. Şiddet Değerinin Belirlenmesi

Etki	Kriter	Derece
Emniyet ve Yasal gereksinimlerin karşılanmaması	Yasal yükümlülükleri karıştırmayan hata, herhangi bir uyarı sistemi bulunmamakta, çok ciddi maddi ve işçilik kayıpları	10
	Yasal yükümlülükleri karıştırmayan hata uyarı sistemi bulunuyor ise, çok ciddi maddi ve işçilik kayıpları	9
Birincil fonksiyonlarda kayıp yaşanması	Fonksiyon kayıpları, ciddi maddi kayıplar	8
	Fonksiyonların etkisinin azalması, ciddi maddi kayıplar	7
İkincil fonksiyon kayıpları	Konfor kayıpları, performans kayıpları yaşanması	6
	Konfor ve performanslarda azalma	5
Hoşnutsuzluk Etki Yok	Herhangi bir problem oluşturmaz düşük etki (%50)	3
	Herhangi bir problem oluşturmaz düşük etki (%25)	2
		1

Tablo 5.2. Olasılık Tablosu

Hatanın Gerçekleşme Olasılığı	Kriter	PPM	Derece
Çok Yüksek	≥ 1.000 'de 100	100.000	10
Yüksek	1000'de 50	50.000	9
	1000'de 20	20.000	8

Tablo 5.2.(Devam) Olasılık Tablosu

Yüksek	1000'de 10	10.000	7
Orta	1000'de 2	2000	6
	1000'de 0,5	500	5
	1000'de 0,1	100	4
Düşük	1000'de 0,01	10	3
	100.000'de 1	1	2
Çok Düşük	Hata önleyici bakım ile giderilebilir	0	1

Tablo 5.3. Tespit Edilebilirlik Tablosu

Saptanma Fırsatı	Saptanma Olasılığı	Derece
Saptanma Fırsatı yok	10	Hemen hemen imkansız
Herhangi bir aşamada keşfedilmesi zor	9	Çok zor
Ana işlemde sonra saptanır	8	Zor
	7	Çok Az
	6	Az
Hata kaynağında saptanır	5	Orta
	4	Ortanın Üstü
	3	Yüksek
Hatanın oluşmadan saptanması	2	Çok Yüksek
Hata oluşma riski yok	1	Hemen Hemen Kesin

RPN değeri Tablo 5.4'deki gibi 1 ile 18 değer aralığı arasında gelmesi durumunda yeşil renk, aksiyon alınmasına gerek yok, 20 ile 56 değer aralığında çıkması durumunda sarı

renk, aksiyon alınabilir, 56 değerinin üzerindeyse aksiyon alınıp, iyileştirici faaliyetlerin yapılması gerektiği anlamına gelmektedir.

Tablo 5.4. RPN Değerlendirme Tablosu

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ETKİ	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		OLASILIK								

5.5. Aydınlatma Sisteminde Yapılan Verimlilik Uygulaması

Enerji ekibinin bir araya gelerek aldığı karar doğrultusunda geri ödeme ve uygulama süresi en kısa olan, enerji tüketimine doğrudan etki eden ve yapılan FMEA çalışmasında Şekil 5.7 'de RPN değeri 96'nın üzerinde çıkmasından kaynaklı olarak aydınlatma sistemlerinde çalışma yapılması kararlaştırılmıştır. Çalışma planlandığı tarihte CW40/21'de başlamıştır.

Process Function	Gereklere Related to	Potential Failure Mode	Potential Effects Of The Failure	Sev	Potential Cause(s) Mechanism(s) Of The Failure	Current Process Controls Prevention	Occur	Current Process Controls Detection	Detect	RPN
Aydınlatma sistemleri	Faturalar	Enerji tüketiminin fazla olması	Verimlilik sınıfı düşük armatür kullanılması	8	Alınan armatürlerin tüketim değerinin kontrol edilmemesi	Satın alma talep formunda kontrol	2	giriş kalitede gelen ürünlerin kontrolü	2	32
Aydınlatma sistemleri	Faturalar		Verimlilik sınıfı düşük armatürlerin kullanılması	8	Armatürlerin verimliliği yüksek LED ile değiştirilmemiş olması	Saha kontrolleri	6		2	96

Şekil 5.7. FMEA Çalışması – Aydınlatma Çıktısı

Işık görmeyi uyarıcı ve nesnelere görünür kılan doğal veya yapay bir maddedir. Aydınlatma ise gözle görülebilmek ve nesneyi algılayabilmek adına o nesnenin yüzey alanına düşen ışık miktarıdır. Ayrıca işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği standartlarına uygun olarak belirli üretim alanlarında bazı lüks değerlerini sağlamları gerekmektedir.

Mevcut durumda plastik enjeksiyon üretim alanında, yemekhane ve ofislerde 400Watt'lık floresanlı armatür kullanılmaktadır. Yemekhane ve üretimde 24 saat boyunca aydınlatma sağlanması sebebiyle günlük enerji tüketimi 24 saat boyunca devam etmektedir. Ofislerde ise aydınlatma çalışma saatlerini kapsamakta ve ortalama 14 saat boyunca sürmektedir.

Günlük enerji tüketimi = Armatür adeti x tüketilen güç miktarı x günlük çalışma süresi ile hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}\text{Üretimdeki Günlük Enerji Tüketim} &= 100 \times 400 \text{ W} \times 24 \text{ h/gün} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \\ &= 960 \text{ kWh/gün'dür}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Yemehanedeki Günlük Enerji Tüketimi} &= 50 \times 400 \text{ W} \times 24 \text{ h/gün} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \\ &= 480 \text{ kWh/gün'dür}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ofislerdeki Günlük Enerji Tüketimi} &= 60 \times 400 \text{ W} \times 14 \text{ h/gün} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \\ &= 336 \text{ kWh/gün'dür}\end{aligned}$$

Günlük enerji tüketimi x Yıllık çalışma gün sayısı ile çarpılması sonucunda yıllık enerji tüketimi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}\text{Üretim Yıllık enerji tüketimi} &= 960 \text{ kWh/gün} \times 300 \text{ gün/yıl} \\ &= 288.000 \text{ kWh/yıl}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Yemekhane Yıllık enerji tüketimi} &= 480 \text{ kWh/gün} \times 300 \text{ gün/yıl} \\ &= 144.000 \text{ kWh/yıl}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ofislerdeki Yıllık enerji tüketimi} &= 336 \text{ kWh/gün} \times 300 \text{ gün/yıl} \\ &= 100.800 \text{ kWh/yıl}\end{aligned}$$

Enerji tüketimlerinin yıllık maliyeti, yıllık enerji tüketimi ve elektrik birim maliyetinin çarpılması sonucunda hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}\text{Üretim Yıllık Enerji Tüketim Maliyeti} &= 288.000 \text{ kWh/yıl} \times 0,42 \text{ TL/yıl} \\ &= 120.960,00 \text{ TL / yıl 'dır.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Yemekhane Yıllık Enerji Tüketim Maliyeti} &= 144.000 \text{ kWh/yıl} \times 0,42 \text{ TL/yıl} \\ &= 60.840,00 \text{ TL / yıl 'dır.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ofislerdeki Yıllık Enerji Tüketim Maliyeti} &= 100.800 \text{ kWh/yıl} \times 0,42 \text{ TL/yıl} \\ &= 42.336,00 \text{ TL / yıl 'dır.}\end{aligned}$$

Kullanılan armatürlerin bir yıl içerisindeki tüketim miktarı aşağıdaki Tablo 5.5 'de gösterilmiştir. Yıllık çalışma süresi 300 gün olarak hesaplanmıştır, elektrik maaliyeti 0,42 TL/kWh olarak alınmıştır.

Tablo 5.5. Mevcut Aydınlatma sistemi

	Mevcut Durum					
	Adetler	Güç (Watt)	Günlük çalışma süresi (h)	Günlük Enerji Tüketimi (kWh/gün)	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh/yıl)	Elektrik tüketimi (TL)
Yemekhane	50	400	24	480	144.000	60.480,00
Üretim	100	400	24	960	288.000	120.960,00
Ofisler	60	400	14	336	100.800	42.336,00

Mevcut aydınlatma değerleri göz önünde bulundurulduğunda, gereken lüks değerini sağlayabilmesi adına aydınlatma sistemine dair üretim alanına öncelik verilerek fizibilite çalışması yapılmış olup, fizibilite çalışması sonucu plastik enjeksiyon üretim alanına en uygun enerji tüketim miktarı daha düşük olan sıva üstü yüksek tavan LED armatür tipi seçilmiştir.

Seçilen armatür RVS 106U 40KC00 LB model 106 W tüketim gücüne sahiptir. Seçilen armatür ile üretim, yemekhane ve ofislerdeki enerji tüketimleri,

$$\begin{aligned} \text{Üretimdeki Günlük Enerji Tüketim} &= 100 \times 106 \text{ W} \times 24 \text{ h/gün} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \\ &= 254,4 \text{ kWh/gün'dür} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Yemehanedeki Günlük Enerji Tüketimi} &= 50 \times 106 \text{ W} \times 24 \text{ h/gün} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \\ &= 127,2 \text{ kWh/gün'dür} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ofislerdeki Günlük Enerji Tüketimi} &= 60 \times 400 \text{ W} \times 14 \text{ h/gün} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \\ &= 89,04 \text{ kWh/gün'dür} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Üretim Yıllık Enerji Tüketimi} &= 254,4 \text{ kWh/gün} \times 300 \text{ gün/yıl} \\ &= 7.6320 \text{ kWh/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Yemekhane Yıllık Enerji Tüketimi} &= 127,2 \text{ kWh/gün} \times 300 \text{ gün/yıl} \\ &= 3.8160 \text{ kWh/yıl} \end{aligned}$$

Ofislerdeki Yıllık Enerji Tüketimi = 89,04 kWh/gün x 300 gün/yıl
= 2.6712 kWh/yıl

Üretim Yıllık Enerji Tüketim Maliyeti = 76.320 kWh/yıl x 0,42 TL/yıl
= 32.054,40 TL / yıl 'dır.

Yemekhane Yıllık Enerji Tüketim Maliyeti = 38.160 kWh/yıl x 0,42 TL/yıl
=16.027,20TL / yıl 'dır.

Ofislerdeki Yıllık Enerji Tüketim Maliyeti = 26.712 kWh/yıl x 0,42 TL/yıl
= 11.219,04 TL / yıl 'dır.

Mevcut system LED aydınlatma ile değiştirildiğinde yeni tüketim miktarı (Tablo 5.6) yıllık bazlı olarak %73,5 oranında azalma göstermektedir. Toplam kazanç mevcut sistemde tüketilen enerji miktarından, değişiklik sonrası tüketilen enerji miktarının çıkarılması sonu 391,608 kWh/yıl olarak (Tablo 5.7) tespit edilmiştir.

Tablo 5.6. Led Aydınlatma Sistemi Elektrik Tüketim Tablosu

LED Aydınlatma						
	Adetler	Güç (Watt)	Günlük çalışma süresi (h)	Günlük Enerji Tüketimi (kWh/gün)	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh/yıl)	Elektrik tüketimi (TL)
Yemekhane	50	106	24	127,2	38160	16.027,20
Üretim	100	106	24	254,4	76320	32.054,40
Ofisler	60	106	14	89,04	26712	11.219,04

Toplam Kazanç= Mevcut Yıllık Enerji Tüketimi – Değişiklik sonrası Enerji Tüketimi
= 532.800 kWh/yıl – 141.192 kWh/yıl
= 391.608 kWh/yıl

Toplam Kazanç (TL) = Mevcut Yıllık Maliyeti - Değişiklik Sonrası Yıllık Maliyet
= 223.776 TL/yıl – 59.301 TL/yıl

= 164.475 TL/yıl

Tablo 5.7. Toplam Kazanç Tablosu

Toplam Kazanç (kWh/yıl)	Toplam Kazanç (TL)
391.608	164.475

Led armatür değişikliği yatırım maliyeti bir Led armatür fiyatı 508 TL olarak alındığında,

Toplam yeni alınan Led armatür maliyeti 106.980 TL olmaktadır.

Armatür Maliyeti = Armatür birim maliyeti x Armatür Adeti

= 580 TL / Adet x 210 Adet

= 106.980 TL

Yıllık ortalama maliyet kazancının 106.980 TL'si yatırım maliyetine harcanması durumunda,

$$\text{Amortisman süresi} = \frac{106.980 \text{ TL}}{164.475 \frac{\text{TL}}{\text{Yıl}} \times \frac{1 \text{ Yıl}}{12 \text{ ay}}}$$

= 7,8 Ay'dır.

Bu durumda; 7,8 ay içerisinde yeni aydınlatma yatırımı kendi kendini amorte etmektedir.

5.6. Kompresör Sisteminde Yapılan Verimlilik Çalışması

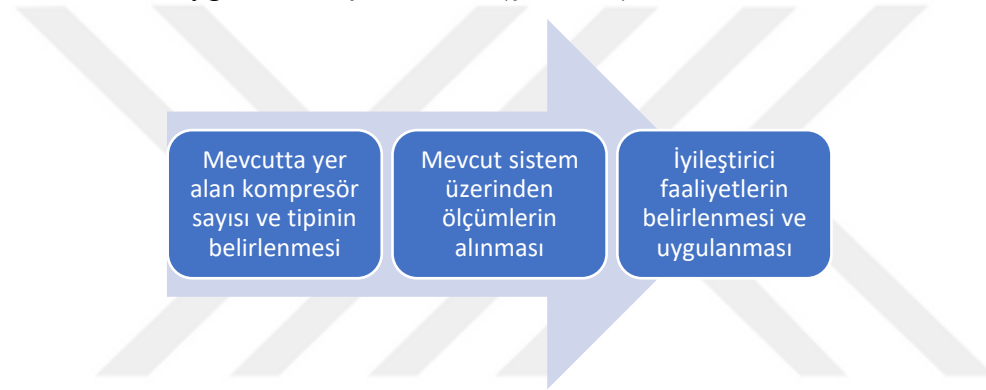
Enerji yönetim ekibi ile birlikte yapılan toplantılar sırasında belirlenen enerji tüketim noktalarından bir diğeri de basınçlı hava sistemleridir. Basınçlı hava, üretimde plastik enjeksiyonda üretilen parçaların kalıptan otomatik olarak alınmasında kullanılan Robot tutucu sistemleri Gripper'ların çalışmasında, Montaj hatlarında, enjeksiyon makinalarının hammadde besleme tanklarına hammadde tedarikinde ve enjeksiyon öncesinde hammaddenin kurutulması için nemli hava kurutucusu ve hammadde fırınlama sistemlerine hammadde beslemesinde vakumlama işleminde kullanılmaktadır. Yapılan FMEA çalışmasında Şekil 5.8, kompresör sisteminin ihtiyaç duyulandan daha fazla

basıncılı hava üreteceği ihtimali düşünülmüş, RPN değeri 160 çıkması sebebiyle aksiyon alınmasına karar verilmiştir.

Process Function	Gerakler Related to	Potential Failure Mode	Potential Effects Of The Failure	Sev	Potential Cause(s) Mechanism(s) Of The Failure	Current Process Controls Prevention	Occur	Current Process Controls Detection	Detect	RPN
Kompresör Sistemi		İhtiyacın üstünde kompresör tercih edilmesi	Gereğinden fazla enerjinin tüketilmesi	8	Gerekli hava ihtiyacının hesaplanmamış olması	-	10	Saha Ölçümü yapılması	2	160

Şekil 5.8. FMEA Çalışması – Kompresör Çıktısı

Yapılacak olan çalışma 3 adımda gerçekleşmiştir. Mevcutta yer alan kompresör sayısı ve tipinin belirlenmesi, mevcut sistem üzerinden ölçüm alınması, iyileştirici faaliyetlerin belirlenmesi ve uygulanması şeklindedir (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Kompresör Sistemi – İzlenecek Adımlar

5.6.1. Mevcut Durumun Tespiti

Bakım ekibinin eşliğinde tesis içerisinde yer alan, basınlı havanın kaynağı olan kompresörün yeri tespit edilmiş olup (Tablo 5.9) bulunduğu konuma gidilerek kaç adet olduğu, marka model bilgisi ve etiket bilgileri kontrol edilmiştir (Tablo 5.10). Plastik enjeksiyon üretim tesisi içerisinde aktif olarak çalışan 1 adet Ekomak marka (Tablo 5.8) 75CD VST tipi 8 bar basınç ve 12,4 m³/dk kapasiteye sahip vidalı hava kompresörü ile beraber aktivite göstermeyen iki adet yedek kompresör bulunmaktadır.

Tablo 5.8. Mevcut Kompresöre Özellik Tablosu

Kompresör Tipi	Marka	Model	Min FAD	Max FAD	Min Güç	Max Güç	Boşaltma Gücü
Vidalı Hava Kompresörü	Ekomak	75CD VST	85 l/s	206 l/s	37,85 kW	92 kW	14,5 kW

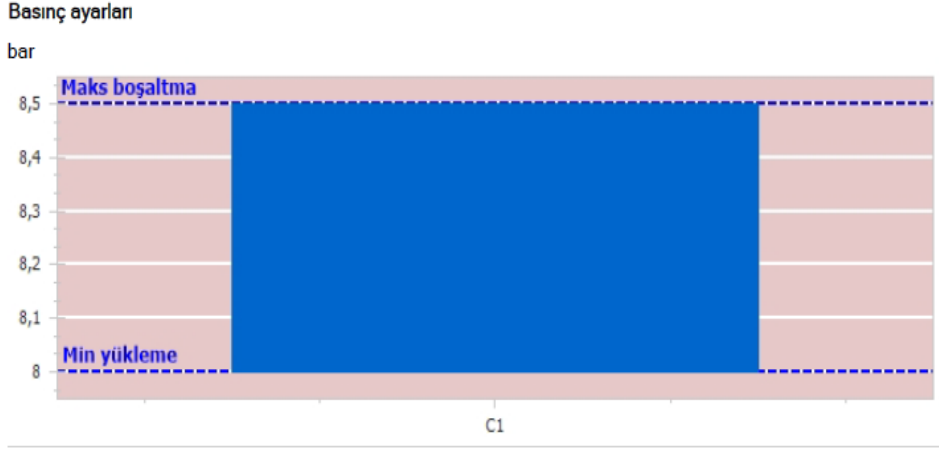
Tablo 5.9. Basınçlı Hava Kullanım Noktaları

<p>PLASTİK PARÇAYI KALİPTAN ALMAYA YARAYAN ROBOT KOLLARIN ÇALIŞMASI</p>	
<p>MONTAJ HATLARI</p>	
<p>ENJEKSİYON MAKİNELERİNE HAMMADDE BESLENMESİ</p>	

Tablo 5.10. Kompresör Görselleri ve Etiket Değerleri

Kompresör Görseli	Etiket Değerleri
	
	
	

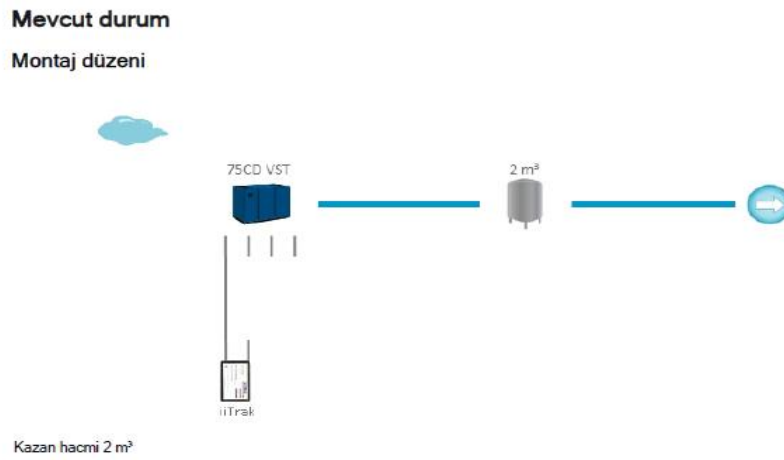
Aktif olarak çalışmakta olan kompresör mevcutta 0,50 bar basınç bandı içerisinde çalışmaktadır. Bu, kompresörün 8,00 bar ile 8,50 bar arasındaki dalgalanma basıncı talebi içerisinde yüklenip boşalacağı anlamına gelmektedir (Şekil 5.10). Ne zaman kompresör boşa geçerse, motor çalışmakta (rölanti) olup enerji tüketimi olmaktadır ve hava üretememektedir.



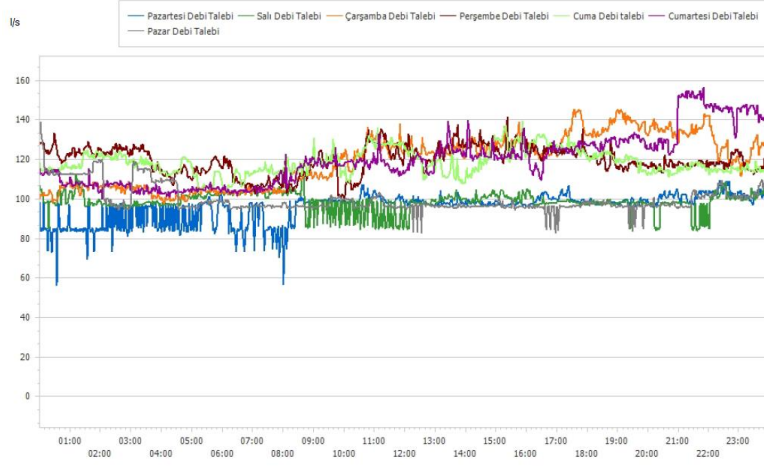
Şekil 5.10. Basınç Ayar Grafiği

5.6.2. Mevcut Sistem Üzerinden Ölçümlerin Alınması

15.11.2021 00:00:05 - 22.11.2021 00:00:05 arasında sistemdeki her kompresör için yük çevrimi oluşturan ekipmandan ölçüm alınmıştır. Haftalık olarak alınan sonuçlar kompresör havasının yıllık kullanımının, kullanılan enerjinin ve maliyetinin ortaya çıkarılması için simule edilmiştir. Simulasyon yapılırken kurulu kompresör performansı ile kombinasyonlar oluşturulmuştur. Ayrıca mevcut durumun montaj düzeni Şekil 5.11'deki gibi simule edilmiştir. (Her bir ekipmanın aynı anda çalışması, boşta çalışma vs.) içerisinde tipik bir debi profili oluşturulmuştur. Yıl şirket için 2 haftalık duruş göz önünde bulundurularak 50 çalışma haftası olarak düşünülmüştür. Ölçüm sonuçları doğrultusunda maximum debinin 166 l/s ve ortalamanın 110 l/s olduğu görülmüştür (Şekil 5.12).



Şekil 5.11. Mevcut Durumun Montaj Düzeni



Şekil 5.12. Kompresör Ölçüm Değerleri

5.6.3. İyileştirici Faaliyetlerin Belirlenmesi ve Uygulanması

Mevcutta kullanılmakta olan kompresöre ait ölçüm sonuçları değerlendirilmiş olup, kompresör kapasitesinin, ihtiyaç duyulan hava ihtiyacından fazla olduğu aynı zaman da yine ölçümler neticesinde çıkan sonuçlar doğrultusunda boşta çalışma süresinin fazla olmasından kaynaklı olarak enerji tüketiminin haftalık 17 kWh olduğu tespit edilmiştir. Bu duruma istinaden ihtiyaç duyulan max debi dikkate alındığında (166 l/s) daha düşük kapasite de regülatörlü GA55VSD+ model (Tablo 5.11) kompresör tercih edilip Şekil 5.13 de simule edilerek, hem gereğinden fazla hava üretiminin önüne geçilmiş olacak, aynı zamanda da boşta çalışma süresi azaltılarak (Tablo 5.13) enerji tüketiminde yapılan hesaplamalar (Tablo 5.12) sonucunda yaklaşık % 18 oranında verim elde edileceği tespit edilmiştir.

Tablo 5.11. Yeni Kompresör Özellik Tablosu

Kompresör Tipi	Marka	Model	Min FAD	Max FAD	Min Güç	Max Güç	Boşaltma Gücü
	Atlas Copco	GA55VSD+	25,73 l/s	179 l/s	13,24 kW	68,1 kW	-

Mevcut sistemde haftalık enerji tüketimi = Yüklenen enerji + Yükboş enerjisi

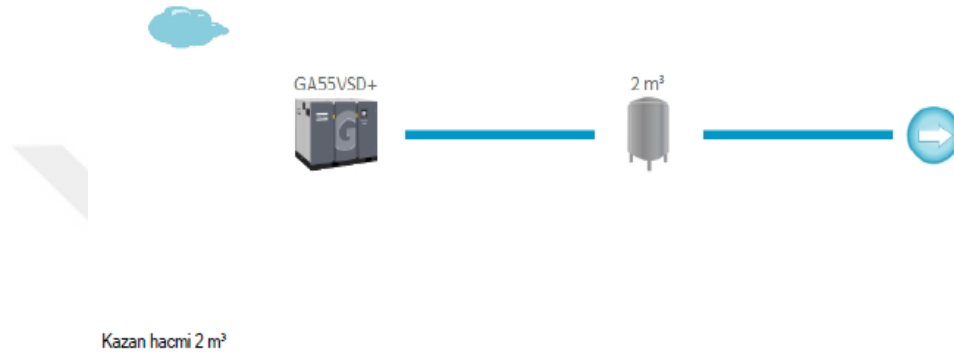
$$= 8.235 \text{ kWh} + 17 \text{ kWh}$$

$$= 8.252 \text{ kWh}$$

Mevcut çalışma süresi 50 hafta olarak hesaplandığında toplam 412.610 kWh kompresörde enerji tüketimi gerçekleşirken bunun 868 kWh (17 kWh*50) kısmı boşta

çalışma ile kaybedilmektedir. Yeni kompresör sistemi ile haftalık tüketim miktarı 6.761 kW'a azaltılmıştır. Maximum ihtiyaca yakın kompresör seçilmesi sebebiyle boşta çalışma süresi 1 saatten 0,005 saate düşürülerek (Tablo 5.13), boşta çalışma ile enerji kaybı önlenmiştir.

Montaj düzeni



Şekil 5.13. Uygulanacak Montaj Düzeni

Enerji Kazancı = Mevcut Sistemde Yıllık Enerji Tüketimi – Yeni Sistemdeki Enerji Tüketimi

$$= 412.610 \text{ kWh} - 338.043 \text{ kWh}$$

$$= 1.491 \text{ kWh'tır.}$$

Tablo 5.12. Kompresör Tüketim Değerleri ve Verim Hesabı

	Ölçüm Sonucu	Toplam Akış	Toplam Enerji	Yüklenen Enerji	Yükboş Enerjisi	Enerji Düşüşü	Yıllık Tasarruf
Mevcut	1 Haftalık	66,6 m3	8252 kWh	8.235 kWh	17 kWh	-	
	50 Haftalık	3.329 m3	412.610 kWh	411.750 kWh	868 kWh	-	
Önerilen	1 Haftalık	66,6 m3	6.761 kWh	6,761 kWh	-	1.491 kWh	
	50 Haftalık	3.329 m3	338.043 kWh	338.043 kWh	-	75 MWh	18,06%

Elde edilen verimlilik oranı= Enerjideki Azalma Miktarı / Mevcut Sistem Enerji Tüketimi

* 100

= 74.567 kWh / 412.610 kWh

≅ % 18,06' dır.

Tablo 5.13. Kompresör Boşta Çalışma Süresi Karşılaştırması Tablosu

	Yük Saatleri	Yük Boş Saatleri	Duruş Saatleri	Yük/Yük Boş Döngüsü
Mevcut	166,8 h	1 h		288
Önerilen	168 h	-	0,005 h	-

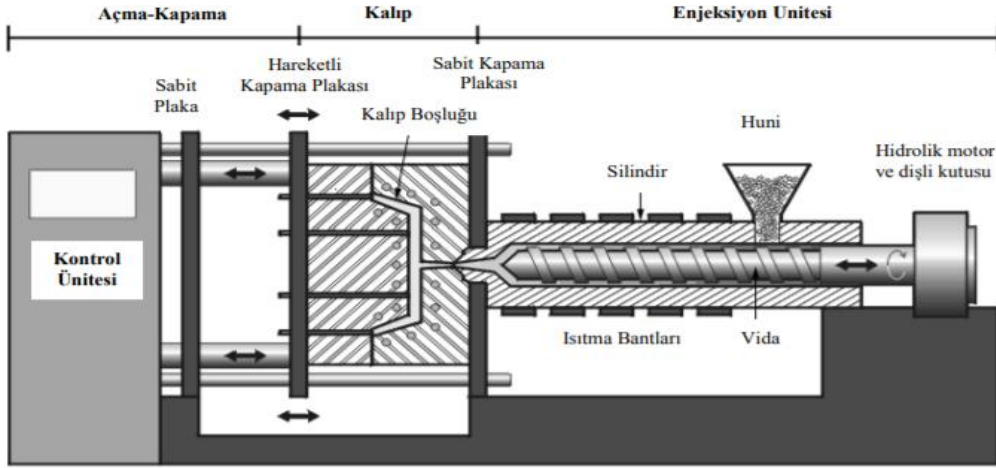
5.7. Plastik Enjeksiyon Makinalarında Isı Yalıtım Ceketinin Uygulanması

Plastik enjeksiyon, plastik hammaddelerin (ABS, PA66, PA6, POM, PP vb.) eritilmesi, nihai ürünü üretmek için eriğiğin katılaştıran bir kalıp boşluğuna basınçla enjekte edilmesi işlemidir. Üretilen parça için hammadde cinsine bağlı olarak belli bir sıcaklık altında belli bir süre boyunca kurutulması gerekmektedir. Kurutma sıcaklık değerleri ve süresi hammaddeye özelliklerinin yer aldığı teknik özellik dosyasında “TDS” yani “Technical Data Sheet” içerisinde üreticisi tarafından bildirilmektedir. Kurutulan hammadde enjeksiyon işleminin gerçekleştirilebilmesi için enjeksiyon makinasında yer alan hammadde hunisine/ hammadde besleyicisine yerleştirilmektedir.

Enjeksiyon makinasının çalıştırılması birlikte, vidalar dönmeye ve hammaddeyi besleyiciden çekmeye başlar. Dönen vidalar içindeki sürtünmeyle beraber sıcaklık artmakta, hammadde erimeye başlamaktadır. Vidaların dönüşü ve sıcaklığın hızla artmasıyla birlikte konveksiyon ve radyasyon yoluyla ısı kayıpları olmaya başlamaktadır. Besleme ünitesinden başlayan sıcaklık artışı vida yolu boyunca artarak devam etmekte ısı kayıpları fazlalaşmaktadır. Proses koşulları hammadde ve parça cinsine göre farklılık gösteriyor olsa besleme tankından enjeksiyon makinası meme ucuna kadar sıcaklıklar 240 °C – 300 °C arasında değişmektedir.

Enjeksiyon kovanında Şekil 5.14 enjeksiyon ünitesi olarak gösterilen bölge boyunca istenilen sıcaklık değerlerinin sağlanması gerekmektedir. Sıcaklığın fazla olduğu noktalar da artan ısı kayıpları, enerji tüketimini de aynı oranda arttırmaktadır.

Artan enerji tüketimini azaltmak ve istenilen sıcaklık değerlerini korumak adına ısı ceketini bulunmayan plastik enjeksiyon makinalarında FMEA sonucunda (Şekil 5.15) çıkan yüksek RPN neticesinde ısı yalıtım ceketlerinin uygulanmasına karar verilmiştir.



Şekil 5.14. Plastik Enjeksiyon Makinası Bölümleri (Temiz, 2002)

Process Function	Gereklere Related to	Potential Failure Mode	Potential Effects Of The Failure	Sev	Potential Cause(s) Mechanism(s) Of The Failure	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detec	RPN
Plastik Enjeksiyon		Isı kayıpları	Ocak bölgesinde ısı kayıplarının fazla olması, enerji tüketimini arttırması	8	Ocak kısmına yalıtım yapılmamış olması	-	10 Saha Kontrolleri	2	160

Şekil 5.15. FMEA Analizi- Isı Yalıtımı Çıktısı

Mevcutta yer alan ısı yalıtım ceketi bulunmayan plastik enjeksiyon makinaları marka, model, tip ve adet olarak (Tablo 5.14) listelenmiştir.

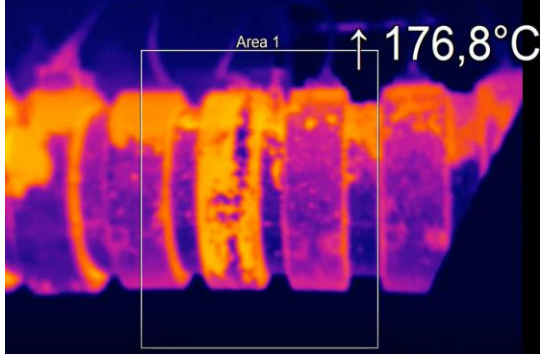
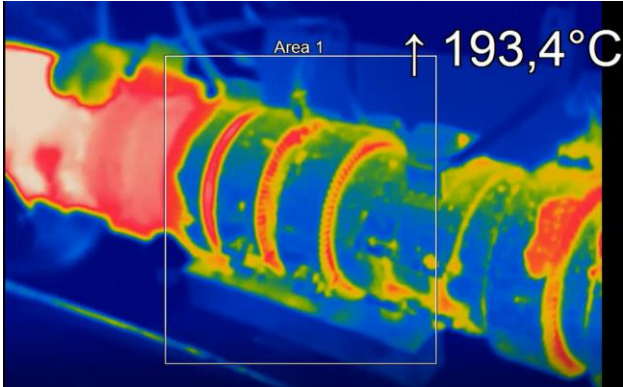
Tablo 5.14. Enjeksiyon Makinaları Listesi

Makina Tipi	Marka	Model	Makine Tonajı	Adet
MA1600	Haitian	160W	160 Ton	1 Adet
VC750/160SPEX	Engel	750/160	160 Ton	1 Adet
1050/220SPEX	Engel	VC 1050/220	220 Ton	2 Adet
MA 3800	Haitian	MA3800	380 Ton	1 Adet
MA 4700	Haitian	MA4700	470 Ton	1 Adet
	Engel	Engel 500	500 Ton	1 Adet
6100 MX	Krauss Maffei	KM800	800 Ton	1 Adet
HTF1000XSM	Haitian	HTF 1000X	1000 Ton	1 Adet
HTF1300W	Haitian	HTF1300W	1300 Ton	2 Adet

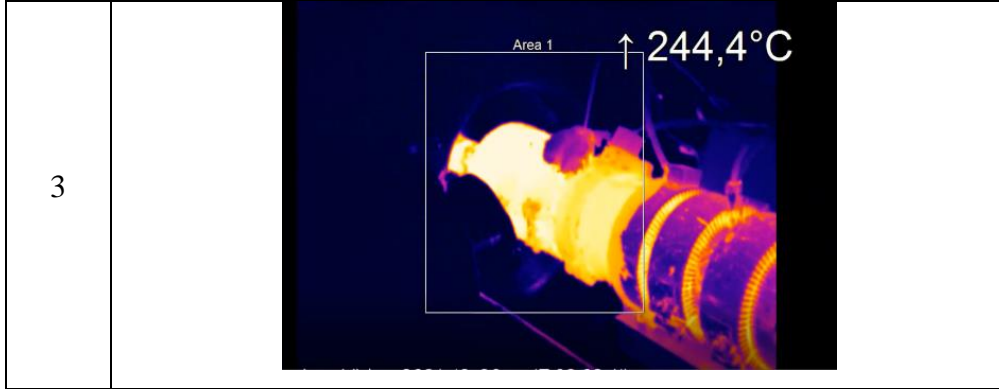
Öncelikle termal kamera yardımı ile büyük tonajlı enjeksiyon makinalarından başlanılarak küçük tonajdaki en küçük montaj makinasına kadar termal ölçümler alınmıştır (Tablo 5.15), sıcaklığın ve ısı kaybının en yüksek olduğu alanlar tespit edilmiştir. Termal ölçümlerin tamamlanmasının ardından enerji analizörü bağlanarak saatlik ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler neticesinde en yüksek tonajlı enjeksiyon makinasından başlanarak, düşük tonajlı makinalarda ısı yalıtım ceketı uygulaması yapılmıştır. Isı yalıtım ceketı uygulaması ile birlikte, kalıp rejime girme süresinde kısalma, elektrik tüketiminde ve proses sıcaklık değerlerinde azalma hedeflenmiştir. Kaplanacak yalıtım ceketı özellikleri şu şekildedir:

Üst Yüzey: Su, yağ, kir ve eriyik tutmayacak özelliklere sahip 550 °C dayanıklı teflon kaplı kumaştır. Alt yüzey: silikat kumaş ve 1.200 °C ya kadar dayanıklıdır. Yalıtım malzemesi, yüksek yoğunluklu, seramik karışım elyaf battaniyedir. Dikiş ipliği, teflon kaplı, yanmaz 550 °C dayanıklı cam elyaftır.

Tablo 5.15. Termal Ölçüm Sonuçları

ÖLÇÜM NOKTASI	TERMAL KAMERA GÖRÜNTÜLER
1	
2	

Tablo 5.15. (Devam) Termal Ölçüm Sonuçları



Yalıtım ceketini uygulaması yapılmadan önce enerji analizörü ile elektrik ölçümü yapılmıştır. Yalıtım ceketinin uygulanmasının ardından tüm parametreler sabit tutularak, (aynı enjeksiyon makinası, aynı ürün ve aynı proses parametreleri) ölçüm alınmıştır. Makina 1’de kalıp göz sayısı 2 adet, çevrim süresi 90 s, parça ağırlığı yaklaşık 365,5g ürün üretilmiştir. Ocak sıcaklığı 300 °C olup, 1 saatlik üretimde yalıtım öncesi 136,4 kWh enerji tükettiği, yalıtım sonrası tüketilen enerji miktarının 127,28 kWh’a düştüğü ölçülmüştür. Parça ağırlığı ve çevrim süresi düşünüldüğünde, 1 çevrim süresi (90 s) de, 2 adet parça için tüketilen enerji miktarı:

1 saatte tüketilen enerji miktarı / 1 saatlik çevrim süresi * parça ağırlığı * göz sayısı

$$136,4 \text{ kWh} / \frac{1\text{h}}{90 \text{ s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1\text{h}} * 365,5 \text{ g} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * 2$$

$$= 4,66 \text{ kWh/ kg}$$

Yalıtım sonrası tüketim miktarı

$$127,28 \text{ kWh} / \frac{1\text{h}}{34 \text{ s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1\text{h}} * 365,5 \text{ g} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * 2$$

$$= 4,35 \text{ kWh/ kg}$$

$$\text{Ürün 1 ve makina 1 için verimlilik oranı} = 1 - \frac{\text{Yalıtım Öncesi}}{\text{Yalıtım Sonrası}} \times 100$$

$$\approx \% 6,68$$

İlgili parçaya ait yıllık üretim miktarı düşünüldüğünde 18.275 kg parça için sağlanacak kazanç

$$\text{Kazanç} = \text{Elektrik tüketim farkı} * \text{Yıllık Parça Üretim Adeti} * \text{Birim Fiyat}$$

$$\text{Kazanç} = (4,66 \text{ kWh/kg} - 4,35 \text{ kWh/kg}) * 18,275 \text{ kg} * 0,42 \text{ TL/kWh}$$

= 2.532 TL'dir.

Makine 2'de yapılan ölçüm sonucunda yalıtım öncesi enerji tüketim değeri 70,53 kWh ve yalıtım sonrası 66,45 kWh değerindedir. Ocak sıcaklığı 300 °C, çevrim süresi 41 s ve parça ağırlığı yaklaşık 48,1 g'dır.

1 saatte tüketilen enerji miktarı / 1 saatlik çevrim süresi * parça ağırlığı * göz sayısı

$$70,53 \text{ kWh} / \frac{1h}{41 s} * \frac{3600 s}{1h} * 48,1 \text{ g} * \frac{1 kg}{1000 g} * 4$$

$$= 4,17 \text{ kWh/ kg}$$

Yalıtım sonrası tüketim miktarı

$$66,45 \text{ kWh} / \frac{1h}{34 s} * \frac{3600 s}{1h} * 48,1 \text{ g} * \frac{1 kg}{1000 g} * 4$$

$$= 3,93 \text{ kWh/ kg}$$

$$\text{Ürün 2 için verimlilik oranı} = 1 - \frac{\text{Yalıtım Öncesi}}{\text{Yalıtım Sonrası}} \times 100$$

$$\approx \% 5,78$$

İlgili parçaya ait yıllık üretim miktarı düşünüldüğünde 6.944,245 kg parça için sağlanacak kazanç

Kazanç= Elektrik tüketim farkı * Yıllık Parça Üretim Adeti * Birim Fiyat

$$\text{Kazanç} = (4,17 \text{ kWh/kg} - 3,93 \text{ kWh/kg}) * 6.944,245 \text{ kg/yıl} * 0,42 \text{ TL/kWh}$$

$$= 699,98 \text{ TL/yıl}$$

Makina 3 için yalıtım öncesi enerji tüketim değeri 44,69 kWh, yalıtım sonrası ise 42,17 kWh olarak ölçülmüştür.

Ürün 3' ün Ocak sıcaklığı 300 °C, kalıp göz sayısı 32 adet olup, parça ağırlığı 2,4 g ve çevrim süresi 12,5 s'dir.

1 saatte tüketilen enerji miktarı / 1 saatlik çevrim süresi * parça ağırlığı * göz sayısı

$$44,69 \text{ kWh} / \frac{1h}{12,5 s} * \frac{3600 s}{1h} * 2,4 \text{ g} * \frac{1 kg}{1000 g} * 32$$

$$= 2,02 \text{ kWh/ kg}$$

Yalıtım sonrası tüketim miktarı

$$42,17 \text{ kWh} / \frac{1\text{h}}{34 \text{ s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1\text{h}} * 2,4 \text{ g} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * 32$$

$$= 1,90 \text{ kWh/ kg}$$

$$\text{Ürün 3 için verimlilik oranı} = 1 - \frac{\text{Yalıtım Öncesi}}{\text{Yalıtım Sonrası}} \times 100$$

$$\approx \% 5,64$$

İlgili parçaya ait yıllık üretim miktarı düşünüldüğünde 43.565,73 kg parça için sağlanacak kazanç

Kazanç= Elektrik tüketim farkı * Yıllık Parça Üretim Adeti * Birim Fiyat

$$\text{Kazanç} = (2,02 \text{ kWh/kg} - 1,90 \text{ kWh/kg}) * 43.565,73 \text{ kg/yıl} * 0,42 \text{ TL/kWh}$$

$$= 2.195,713 \text{ TL/yıl}$$

Tablo 5.16. Yalıtım Öncesi- Sonrası Enerji Tüketimi Karşılaştırma Tablosu

Ürün Grubu	Yalıtım Öncesi Tüketim Miktarı (kWh/kg)	Yalıtım sonrası tüketim miktarı (kWh/kg)	Tasarruf Oranı
Ürün 1 – Makina 1	4,66	4,35	%6,68
Ürün 2 -Makina 2	4,17	3,93	%5,78
Ürün 3 – Makina 3	2,02	1,90	%5,63

Öncesi ve sonrası arasında çalışmanın yapıldığı ürüne ve proses parametrelerine istinaden Tablo 5.16’da , yaklaşık %6 oranında enerji tüketimlerinde azalma olduğu görülmüştür. Enerji tüketimi enjeksiyon makinası, ürünün gramajı ve çevrim süresine göre farklılık göstermektedir. Yapılan çalışma kış ayında yapılmış olup, yaz aylarında verimliliğin yaklaşık %3 - %4’e düşmesi beklenmektedir.

Tablo 5.17. Yalıtım Öncesi – Sonrası Görsel Tablosu



Enerji verimliliği çalışmasının yanı sıra yalıtım öncesi ocak kısmı açık olan plastik enjeksiyon makinasının Tablo 5.17, yalıtım ceketinin uygulaması sonrası çalışanların sağlığı açısından oluşturduğu riskte ortadan kalkmıştır.

5.8. Üretimde Uygulanan Kaizen Çalışmaları

Enerji yönetim sistemi ekibi ile Kaizen ekibinin bir araya gelmesi sonucunda üretimde uygulanacak iyileştirme çalışmalarının enerji tüketimine olan etkisi değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda hem üretimde sürekli iyileştirme adına çalışma yapılmış, yapılan çalışmanın sonucunda enerji kullanımında verimlilik elde edilmiştir.

Bu çalışmada 1600 Tonaj plastik enjeksiyon makinasında üretilen plastik parçalardan iki referans, her çevrim süresi bitiminde kalıptan bir operatör tarafından alınıp, kontrol alanına bırakılmakta, diğer operatör tarafından kontrol edilmektedir. Parçaların kalıptan alınma süresi boyunca plastik enjeksiyon makinası boşta çalışmaya devam etmekte ve bu süre boyunca enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Plastik hammaddenin kalıba dolma süresi, kalıbın açma ve parçanın operatör tarafından alınması yani çevrim süresi yaklaşık 100 saniye sürmektedir. Ayrıca bu işlem için üretimden 2 operatör aynı anda görev almaktadır. Çevrim süresini kısaltmak ve orada görev alan operatör sayısını azaltmaya yönelik olarak, ilgili referanslara ait parçanın kalıptan çıkar çıkmaz operatör tarafından değil, robot kol tarafından alınması sağlanmış, robot kolun parçayı alması sonucunda çevrim süresi 100 saniyeden 75 saniyeye inmiştir. Bu durumda uygulamaya öncesinde çevrim süresinin 25 saniyesi boyunca enjeksiyon makinası enerji tüketimi gerçekleştirmekte bu enerjiyi boşa harcamaktadır. Proseste kazanılan 25 saniye enerji tüketiminde %24, 83 Verimlilik elde edilmesini sağlamıştır. 1600 T enjeksiyon makinasının 1 saatte tükettiği enerji miktarı 132 kWh'tır. İlgili referansa ait kalıp iki gözlü olup parça gramajı yaklaşık olarak 0,48 kg'dır. Yıllık üretilmesi gereken parça adeti 15823 adettir. Uygulama öncesi enerji tüketim miktarı parça başına 1,83 kWh/Adet iken yıllık enerji tüketimi yaklaşık olarak 28.956 kWh'tir.

$$1 \text{ Adet parça için tüketilen enerji miktarı} = \frac{1 \text{ Saatte tüketilen enerji miktarı}}{1 \text{ saatlik çevrim adeti} * \text{Kalıp Göz Sayı}}$$

$$= \frac{132 \text{ kWh}}{\frac{1 \text{ h}}{100 \text{ s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * 2 \text{ adet}}$$

≈1,83 kWh/adet

İlgili referansın yıllık parça üretimi 15.823 adet olduğu düşünüldüğünde yıllık olarak enerji tüketim miktarı;

1,83kWh/adet * 15.823 adet = 28.956,09 kWh'tır.

Robot kolu ile parçaların alınmasının uygulanması sonrasında tüketilen enerji miktarı parça başına 1,375 kWh, yıllık enerji tüketimi ise yaklaşık 21.757 kWh olmaktadır.

$$1 \text{ Adet parça için tüketilen enerji miktarı} = \frac{1 \text{ Saatte tüketilen enerji miktarı}}{1 \text{ saatlik çevrim adeti} * \text{Kalıp Göz Sayı}}$$

$$= \frac{132 \text{ kWh}}{\frac{1h}{75s} * \frac{3600s}{1h} * 2 \text{ adet}}$$

$$= 1,375 \text{ kWh/adet}$$

İlgili referansın yıllık parça üretimi 15.823 adet olduğu düşünüldüğünde yıllık olarak enerji tüketim miktarı;

1,375 kWh/adet * 15.823 adet = 21.756,625 kWh'tır.

Uygulama öncesi ve sonrası değerlendirildiğinde parça başına enerji tüketimi 0,455 kWh azalma göstermektedir, yıllık üretim göz önünde bulundurulduğuna yaklaşık olarak 7.199,465 kWh kazanç elde edilmesi anlamına gelmektedir.

Enerji verimliliğindeki oranına bakıldığında yaklaşık % 24,83 oranında enerjiden verimlilik elde edildiği tespit edilmiştir.

$$\text{Verim} = 100 - \frac{\text{uygulama sonrası tüketilen enerji} * 100}{\text{uygulama öncesi tüketilen enerji miktarı}}$$

$$= 100 - \frac{21765,625 * 100}{28956,09}$$

$$= \% 24,83$$

Elde edilen enerji verimliliğinin maliyet olarak hesaplanması durumunda yılda 3.023,775 TL kazanç elde edilecektir.

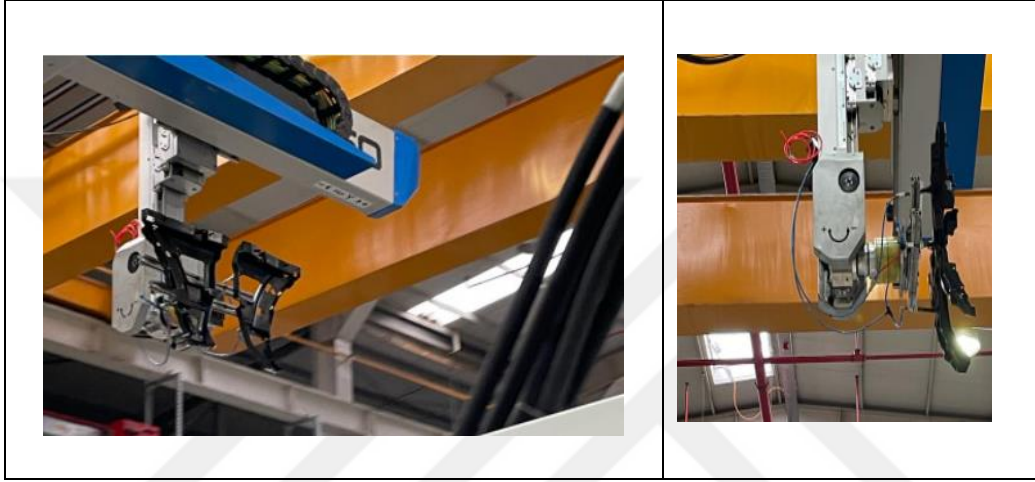
Maliyet Kazancı= Elektrik tüketim farkı * Elektrik birim Fiyat

= 7.199,465 kWh/yıl * 0,42 TL/kWh

= 3.023,775 TL/yıl

Robot kol ile parça alınması işlemi (Tablo 5.18) için robot kolun hareketi basınçlı hava ile sağlanmakta ve mevcutta kullanılan kompresörün sağladığı hava miktarı yeterli olmaktadır.

Tablo 5.18. Parçaların Robot Kol ile Taşınması



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Otomativ yan sanayinde plastik parça üreten Alba Plastik San.Tic Aş. Bünyesinde ISO 50001 Enerji Yönetim Sisteminin uygulanması kapsamında enerji yönetim ekibi kurulup, düzenli toplantılar düzenlenerek, uygulamanın beklentilerini karşılamaya yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan çalışmalarda üst yönetimin desteğiyle, gerek şirket içi, gerekse tedarikçilerinde enerjinin verimli kullanılması gerektiğine dair gerekli bilinçlendirmeler yapılmıştır. Şirket için organizasyonlarla, tüm departmanlardan birer temsilci seçilip, enerji yönetim sisteminin uygulanabilirliği konusunda yönetim ekibi ve birimi oluşturulmuştur. Yapılan çalışmalarda, enerji yönetim sistemi ekibi oluşturulmuş, görev ve sorumluluklar atanıp şirket için hedefler ve stratejiler belirlenmiştir. Yapılan çalışma uzun vadede devam etmekte olup, sürekliliğinin sağlanması adına enerji yönetim planlaması oluşturulmuş, periyodik toplantılar ve eğitimler ayarlanmıştır. Uygulamaya geçiş daha başlangıç aşamasında olmasına rağmen, yapılan çalışmalarda Tablo 6.1 'de görüldüğü gibi ilk aşamada tüketim değerlerinin fazla olabileceği düşünülen noktalarda çalışmalar yapılmış, montaj hatlarında, aydınlatma ve plastik enjeksiyon da tüketilen enerji miktarından çeşitli oranlarda kazanç sağlanmıştır.

Tablo 6.1. Verimlilik Çalışmaları Özet Tablosu

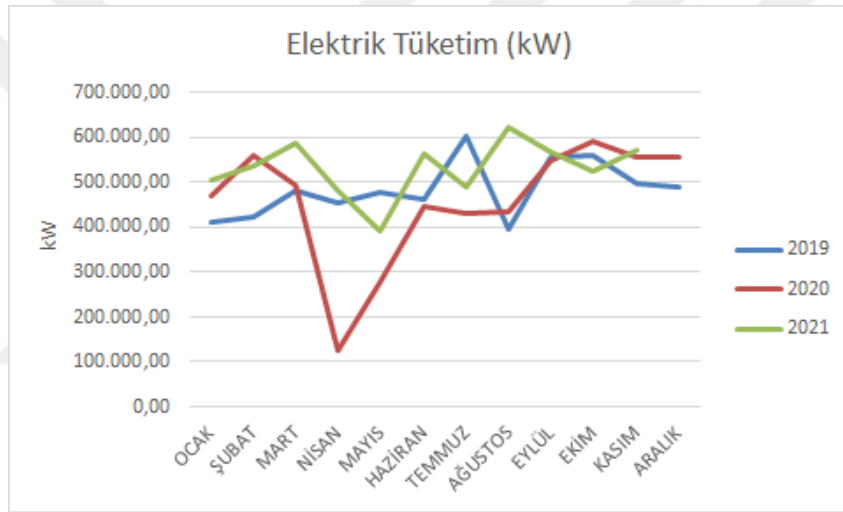
Verimlilik Çalışması Uygulama alanları	Verimlilik Oranı
Aydınlatma	% 73,5
Basınçlı Hava	% 18,06
Plastik Enjeksiyon Makinası Isı Ceket Uygulaması	% 6
Kaizen Uygulamaları	% 24,83

Uygulama firma içerisinde devam etmek olup, ilerleyen süreçte tüm enjeksiyon makinalarına ve montaj hatlarına enerji analizörü yerleştirilip, enerji tüketimi makina bazlı alt kalemlere bölünerek takip edilmesi planlanmaktadır.

Kış ayında gerçekleşen ısı yalıtım ceket uygulaması % 6 civarında kazanç sağlarken, yaz aylarında bu değer %3-4 oranına düşeceği öngörülmektedir. Plastik enjeksiyon makinalarında ısı yalıtım ceket uygulamasının getirisi olarak kaizen çalışması yapılacak olup hammaddenin ocak içerisinde bekleme süresinde kısaltmaya istinaden parça çevrim

süresi düşürülecektir. Proses çalışması sonucunda azalan çevrim süresinde 1 saniye kısalmanın yaklaşık %1 civarında kWh/kg oranında enerjiden kazanç sağlayacağı tespit edilmiştir.

Kaizen ekibi ile birlikte yürütülen çalışmalardan bir diğerinde operator tarafından el ile parçanın alınması robot kol sistemi ile otomatikleştirilmiştir. Yapılan bu işlem sonrasında parça üretimi için gereken çevrim süresinde 25 saniye gibi bir azalma olurken, enerji tüketiminde %24,8 oranında kazanç sağlandığı gözlemlenmiştir. Kaizen çalışmalarının yaygınlaştırılması ve tüm referansların geneline bu yöntemin uygulanması, enerjiden sağlanacak kazancı arttıracaktır.



Şekil 6.1. Enerji Tüketim Grafiği (Son 3 Yıl)

Son 3 yıla ait enerji tüketim verilerine bakıldığında (Şekil 6.1) tüketim verileri proses bazlı bölünerek, üretim adetleri ile birlikte kontrol edilecek, ilerleyen dönem için proses bazlı enerji tüketim trendleri oluşturmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Gerçekleşen durumun ve ön görülen durumun takip edilerek, enerji yönetiminde doğru yolda olup olunmadığı kontrol edilmiş olunacaktır. Sürekliliği sağlayarak doğrudan proses ve makina bazlı iyileştirmeler yapılmaya devam edecek, ISO 50001 standartının gerekliliklerinden biri daha böylece karşılanacaktır.

KAYNAKLAR

- Akcengiz, Y. P. (2020). Eko Endüstriyel Parklarda Enerji Yönetimi: Ostim OSB Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 634795.
- Akdağ, R. (2013). Toplanma Amaçlı Binalar Özelinde Camilerde Enerji Yönetimi ve Enerji Tasarrufu. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 346577.
- Alarcon, M., Gomez de Leon Hijes, F.C., Martinez-Garcia, F.M. (2021). *Energy and Maintenance Management Systems in The Context of Industry 4.0. Implementation in a Real Case*. Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110841>/(Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2021).
- Amaral, J., Mesquita Brandão, R.F., Reis, C. (2013). *Energy Management Systems*. IEEE, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6715015/> (Ziyaret Tarihi: 30 Aralık 2020).
- Anderson, E., Dernegard, H., Thollander, P., Wallen, M. (2021). *Decarbonization of Industry: Implementation of Energy Performance Indicators for Successful Energy Management Practices in Kraft Pulp Mills*. Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.03.009/> (Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2021).
- Arkat, A. (2013). Bir Havalimanında Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetim Sisteminin Kurulumunun Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 343908.
- Bayod-Rújula, A.A., Tejero-Gómez, J.A. (2021). *Energy Management System Design Oriented for Energy Cost Optimization in Electric Water Heaters*, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111012/> (Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2021).
- Çınar, T. (2008). Tekstil Sanayisinde Enerji Yönetimi ve Enerji Verimlilik Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 179483.
- De Sousa Jabbour, A.B.L., Jabbour, C.J.C., Verdério Júnior, S.A. (2017). Toward greener supply chains: Is There a Role for the New ISO 50001 Approach to Energy and Carbon Management? *Energy Efficiency*, 10, 777–785. DOI: 10.1007/s12053-016-9478-z.
- Doty, S., Roosa, S., Turner, W.C. (2020). *Energy Management Handbook* (9th Edition). Denmark: River Publishers.
- Dzene, I., Polikarpova, I., Rosa, M., Zogla, L. (2015). Application of ISO 50001 for Implementation of Sustainable Energy Action Plans. *Energy Procedia*, 72, 111-118. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.06.016

- Engin, P. (2018). Türkiye’de Enerji Yönetim Sistemi Uygulamalarının Sanayi Kuruluşları ve Sanayide Enerji Verimliliği Projeleri Açısından Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 505403.
- Eras, J.J.C., Gutierrez, A.S., Santos, V.S., Ulloa, M.J.C. (2020). *Energy Management of Compressed Air Systems Assessing the Production and Use of Compressed Air in Industry*. Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118662/> (Ziyareti Tarihi: 30 Aralık 2021).
- Erler, F., Franz, E., Langer, T., Putz, M., Richter, M., Schlegel, A., Stoldt, J. (2017). Requirements and Tasks for Active Energy Management Systems in Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 8, 175-182. DOI: 10.1016/j.promfg.2017.02.022
- Günay, D. (2002). Sanayi ve Sanayi Tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 31, 8-14.
- Karaer, N., Katip, A., Özengin, N. (2014). Otomotiv Sektörünün Çevresel Açısından Değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 51-65.
- Karayığit, S. (2015). Enerji Yönetmeliğine Göre Konutların Farklı Isı Yalıtım Malzemeleri ile Yalıtılmasının Ekonomik Analizi Üzerine Bir Araştırma: Kahramanmaraş Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 379715.
- Kılıç, L. (2020). Şişecam Enerji Yönetim Sisteminde Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti Uygulaması. *Politeknik Dergisi*, 23(4), 1167-1175.
- Kıyılmaz, M.B. (2019). Sanayide Enerji Yönetimi Esasları ve Enerji Verimliliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Kocaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 558714.
- Koç, E., Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 54 (639), 32-44.
- Koçak, Ö. (2020). Türkiye’de Sektörel Bazda Enerji Yönetim Sistemi Uygulamalarının Enerji Verimliliğine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 630199.
- Liu, J., McKane, A. (2017). *Guide for Determining Energy Savings from Changes in Operations, Behavior, and Maintenance Procedures*. Lawrence Berkeley National Laboratory, <https://escholarship.org/uc/item/4xk6n3gw/> (Ziyaret Tarihi: 30 Aralık 2021).
- Lourenço, R., Pio, D., Ruivo, L., Russo, M. (2021). *Energy Management in The Portuguese Ceramic Industry: Analysis of Real-World Factories*. Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121628/> (Ziyaret Tarihi: 30 Aralık 2021).

- Lucchi, E. (2018). Applications of The Infrared Thermography in The Energy Audit of Buildings: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews. *Elsevier*, 82(P3), 3077-3090.
- Met, Aykut. (2010). Termik Santrallerde Enerji Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 292192.
- Özbakır, P. (2006). Enerji Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 180523.
- Öztürk, A.Ö. (2019). Hastanelerde Enerji Yönetiminin Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 586871.
- Pekaçar, M. (2011). ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi, *II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi*, İzmir, Türkiye, 24-27 Kasım 2011.
- Pişkin, S. (2017). *Otomotiv Sektör Raporu, Türkiye Otomotiv Sanayi Rekabet Gücü ve Talep Dinamikleri Perspektifinde 2020 İç Pazar Beklentileri*. Otomotiv Sanayi Derneği, http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/otomotiv_sektor_raporu_tskb-2208.pdf / (Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2021).
- Taner, T. (2013). Gıda Sektöründe Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi: Şeker Fabrikası Örneği. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 330636.
- Temiz, V. (2002). Plastik Malzemelerle Konstrüksiyon, Ders Notları (7-8), İstanbul Teknik Üniversitesi.
- URL-1: [https://sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/stratejibelgeleri / mu0203011616/](https://sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/stratejibelgeleri/mu0203011616/), (Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2021).
- URL-2: https://tim.org.tr/files/downloads/Strateji_Raporlari/TIM_Ihracat_2021_Raporu.pdf/ (Ziyaret tarihi: 20 Aralık 2021).
- URL-3: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017/> (Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2021).
- URL- 4: https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Plan.pdf/, (Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2021).
- URL-5: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2021/> (Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2021).
- URL-6: https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2020/04/EnerjiArzGuvenligi_ve_Verimliliği_OzelliklerKomisyonuRaporu.pdf/ (Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2021)
- URL-7: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2019.pdf/> (Ziyaret Tarihi: 09 Aralık 2021)

Yılmaz, E. (2011). Enerji Yönetim Sisteminin Örnek Bir İşletmede Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 297598.



KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Acar, E., Çağlayan Sarman, İ., Çağman, S., (2021). Otomatik Yan Sanayisinde ISO 50001 Enerji Yönetim Sisteminin Uygulanması Örneği, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 10-11 Aralık 2021.



ÖZGEÇMİŞ

Reşat Nuri Güntekin İlköğretim Okulunda, orta öğretimini tamamladı. Ardından Özel Sezin Lisesinden 2013 yılında mezun olmuştur. Kocaeli Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini 2017 yılında tamamlamıştır. 2018 senesinde Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2021 Yılında IMASCON'da otomotiv yan sanayisinde uygulanacak olan ISO 50001 standartına yönelik bildiri sunumu gerçekleştirmiştir.

