

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MADEN SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ: BİR MADEN**  
**İŞLETMESİ ÖRNEĞİ**

**BERKAY BAYRAKTAR**

**KOCAELİ 2021**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MADEN SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ: BİR MADEN**  
**İŞLETMESİ ÖRNEĞİ**

**BERKAY BAYRAKTAR**

**Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN**  
**Danışman, Kocaeli Üniversitesi**

.....

**Prof. Dr. Fatma ÇANKA KILIÇ**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi**

.....

**Doç. Dr. Mustafa KARAGÖZ**  
**Jüri Üyesi, Karabük Üniversitesi**

.....

**Tezin Savunulduğu Tarih: 24.06.2021**

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Bu tez çalışması, Maden Sektöründe Enerji Verimliliği: Bir Maden İşletmesi Örneği'ni incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında desteğini esirgemeyen danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam süresince yanımda olan başta eşim olmak üzere aile fertlerime teşekkürü bir borç bilirim.

Ağustos-2021

Berkay BAYRAKTAR



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT .....	ix
GİRİŞ .....	1
1. MADENCİLİK .....	3
1.1. Dünyada Madencilik .....	3
1.2. Türkiye’de Madencilik.....	5
2. ENERJİ .....	7
2.1. Enerji Türleri.....	7
2.1.1. Mekanik enerji.....	7
2.1.2. Potansiyel enerji .....	7
2.1.3. Kinetik enerji.....	8
2.1.4. Isı enerjisi .....	8
2.1.5. Kimyasal enerji .....	8
2.2. Enerji Kaynakları .....	8
2.2.1. Yenilenemeyen (tükenbilir, fosil) enerji kaynakları.....	10
2.3. Enerji Verimliliği .....	26
2.3.1. Dünya’da enerji verimliliği çalışmaları.....	27
2.3.2. Türkiye’de enerji verimliliği çalışmaları.....	30
3. DENEYSEL MATERYAL VE METODLAR .....	32
4. BİR MADEN İŞLETMESİNDE ENERJİ VERİMLİLİK ÇALIŞMASI .....	33
5. ENERJİ YÖNETİMİ.....	34
5.1. Endüstriyel İşletmenin Enerji Tüketimi ve Üretimin İncelenmesi .....	34
5.2. Endüstriyel İşletmenin Üretim – Tüketim Analizleri.....	40
5.3. Endüstriyel İşletmenin Regresyon Analizleri .....	47
6. POMPA ANALİZLERİ .....	53
6.1. Pompalarda Enerji Verimliliği ve Verimliliği Etkileyen Faktörler.....	53
6.1.1. Tasarım.....	54
6.1.2. İşletme .....	54
6.2. Pompa Tasarımında Verimlilik .....	54
6.2.1. Uygun kapasitede ve tipte pompa seçimi ve boru tesisatı tasarımı.....	54
6.2.2. Uygun güçte elektrik motoru seçimi .....	55
6.2.3. Yüksek verimli elektrik motoru seçimi .....	56
6.2.4. Değişken debili sistem seçimi .....	57
6.2.5. Frekans konvertörlü sistemler .....	58
6.2.6. Yardımcı ekipmanlar .....	58
6.2.7. İşletmede tasarruf .....	59

6.3. Ünite ve Sistem Tarifi .....	60
6.4. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	62
6.5. Değerlendirmeler ve/veya Hesaplamalar .....	63
6.6. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları.....	64
7. BASINÇLI HAVA SİSTEMİ ANALİZLERİ .....	66
7.1. Genel Tasarruf İmkânları .....	66
7.2. Ünite ve Sistem Tarifi .....	68
7.3. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	69
7.3.1. Kompresör ölçümleri.....	69
7.3.2. Basınçlı hava sızıntıları .....	70
7.4. Değerlendirmeler ve/veya Hesaplamalar .....	72
7.4.1. Kompresörlerin spesifik enerji tüketimlerinin belirlenmesi.....	72
7.5. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları.....	76
8. SICAK YAĞ KAZANI ANALİZLERİ .....	79
8.1. Ünite ve Sistem Tarifi .....	83
8.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	84
8.3. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar.....	85
8.4. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları.....	87
9. KARBON FIRINI ANALİZLERİ .....	89
9.1. Ünite ve Sistem Tarifi .....	89
9.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	89
9.3. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar.....	90
9.4. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları.....	91
10. BLOWER ANALİZLERİ .....	93
10.1. Ünite ve Sistem Tarifi .....	94
10.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	95
10.3. Değerlendirmeler ve/veya Hesaplamalar .....	96
10.4. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları.....	97
11. FAN ANALİZLERİ .....	98
11.1. Ünite ve Sistem Tarifi .....	98
11.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	99
11.3. Değerlendirmeler ve/veya Hesaplamalar .....	100
11.4. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları.....	100
12. SOĞUTMA KULESİ ANALİZLERİ .....	102
12.1. Ünite ve Sistem Tarifi .....	102
12.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	103
12.3. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları.....	103
13. CHİLLER ANALİZLERİ .....	104
13.1. Ünite ve Sistem Tarifi .....	105
13.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	106
13.3. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları Ve Miktarları.....	106
14. DEĞİRMEN ELEKTRİK MOTORLARI ANALİZLERİ.....	107
14.1. Ünite ve Sistem Tarifi .....	110
14.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler.....	111
14.3. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları.....	111
15. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	112
KAYNAKLAR .....	116
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER .....	119
ÖZGEÇMİŞ .....	120

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması .....	9
Şekil 2.2. Fosil yakıtların oluşması .....	10
Şekil 2.3. Kömür oluşumu .....	11
Şekil 2.4 Petrolün oluşması .....	12
Şekil 2.5 Petrolün unsur ve süreçleri .....	13
Şekil 2.6 2018 yılı bölgelere göre dünya ispatlanmış petrol rezervi .....	14
Şekil 2.7 2019 yılı Türkiye'nin ithal ettiği petrolün dağılımı .....	15
Şekil 2.8 2018 yılı dünya ispatlanmış doğal gaz rezerv dağılımı .....	16
Şekil 2.9 2019 yılı Türkiye'de ithal edilen doğal gazın dağılımı .....	18
Şekil 2.10.Rüzgâr türbini .....	21
Şekil 2.11.Hidroelektrik santrali .....	22
Şekil 5.1. 2018 yılı aylara göre enerji tüketimleri.....	36
Şekil 5.2. 2019 yılı aylara göre enerji tüketimleri.....	37
Şekil 5.3. 2020 yılı aylara göre enerji tüketimleri.....	37
Şekil 5.4. 2018 yılı aylara göre üretim miktarı .....	38
Şekil 5.5. 2019 yılı aylara göre üretim miktarı .....	39
Şekil 5.6. 2020 yılı aylara göre üretim miktarı .....	39
Şekil 5.7. 2018 yılı üretim-tüketimlerinin aylara göre dağılımı.....	41
Şekil 5.8. 2018 yılı üretim-toplam enerji tüketimleri trend grafiği.....	41
Şekil 5.9. 2018 yılı Cusum grafiği .....	42
Şekil 5.10.2018 yılı spesifik enerji tüketim grafiği.....	42
Şekil 5.11.2019 yılı üretim-tüketimlerinin aylara göre dağılımı.....	43
Şekil 5.12.2019 yılı üretim-toplam enerji tüketimleri trend grafiği.....	43
Şekil 5.13.2019 yılı Cusum grafiği .....	44
Şekil 5.14.2019 yılı spesifik enerji tüketim grafiği.....	44
Şekil 5.15.2020 yılı üretim-tüketimlerinin aylara göre dağılımı.....	45
Şekil 5.16.2020 yılı üretim-toplam enerji tüketimleri trend grafiği.....	45
Şekil 5.17.2020 yılı Cusum grafiği .....	46
Şekil 5.18.2020 yılı spesifik enerji tüketim grafiği.....	46
Şekil 5.19.2019-2020 yılları üretim miktarları .....	47
Şekil 5.20.2019-2020 yılları elektrik tüketimleri.....	47
Şekil 5.21.2019-2020 yılları doğalgaz tüketimleri.....	48
Şekil 5.22.2018-2020 yılları spesifik enerji (elektrik) tüketimi grafiği .....	48
Şekil 5.23.2018-2020 yılları spesifik enerji (doğalgaz) tüketimi grafiği.....	49
Şekil 5.24.2019 yılı üretim (ton)- elektrik tüketimi ilişkisi .....	50
Şekil 5.25 2019 yılı üretim (ton)- doğalgaz tüketimi ilişkisi .....	51
Şekil 6.1. Elektrik motorlarında enerji tüketimi dağılımı .....	53
Şekil 6.2. Motor verimini etkileyen faktörler .....	55
Şekil 6.3. Motor veriminin yüklenmeye göre değişimi.....	56
Şekil 6.4. Pompa periyodik bakımlarının verime etkisi .....	59

Şekil 6.5. Ekonomik ömrünü tamamlamış bir pompa çarkı örneği .....	60
Şekil 6.6. Baraj pompaları.....	61
Şekil 6.7. Kademeli pompa .....	62
Şekil 6.8. Pompalarda aktif güç ölçümü .....	63
Şekil 7.1. Kompresörün ortalama elektrik enerjisi tüketimi dağılımı.....	67
Şekil 7.2. Bir hava kompresörünün ömrü boyunca maliyet dağılımı .....	67
Şekil 7.3. 01 kompresörü .....	68
Şekil 7.4. 02 kompresörü .....	69
Şekil 7.5. Tesis kompresör dairesi .....	69
Şekil 7.6. Kompresörlerde aktif güç ve debi ölçümü.....	70
Şekil 7.7. Ultrasonik sızıntı dedektörü.....	71
Şekil 7.8. Basınçlı hava kaçakları ölçümleri.....	71
Şekil 7.9. Basınçlı hava kaçaklarının sebep olduğu enerji kayıp maliyeti.....	74
Şekil 8.1. Tam yanma örneği .....	80
Şekil 8.2. Eksik yanma örneği.....	81
Şekil 8.3. Fazla hava ile yanma örneği .....	81
Şekil 8.4. Sıcak yağ kazanı .....	83
Şekil 8.5. Sıcak yağ kazanı brülörü.....	83
Şekil 9.1. Karbon fırını.....	89
Şekil 9.2. Karbon fırınında baca gazı ölçümü.....	90
Şekil 10.1.A blower .....	94
Şekil 10.2.A1 blower .....	94
Şekil 10.3.B blower.....	95
Şekil 10.4.B1 blower.....	95
Şekil 10.5.B bloweri aktif güç ölçüm grafiği.....	96
Şekil 11.1.Baca fanları .....	98
Şekil 11.2.Tahliye fanı .....	99
Şekil 12.1.Soğutma kulesi çalışma prensibi.....	102
Şekil 13.1.Chiller çalışma prensibi .....	104
Şekil 13.2.Örnek bir hava soğutmalı chiller.....	104
Şekil 13.3.Su soğutmalı chillerler .....	105
Şekil 13.4.Chiller .....	105
Şekil 14.1.Elektrik motorlarında verim sınıfları .....	107
Şekil 14.2.Sanayide kullanılan elektrik motorlarının güç dağılımları .....	108
Şekil 14.3.Elektrik motoru girdileri ve çıktıları .....	108
Şekil 14.4.Elektrik motoru kayıpları .....	109
Şekil 14.5.Sanayide elektrik motorlarında VSD kullanım oranları .....	110
Şekil 14.6.Elektrik motoru kullanım ömrü ortalama maliyet dağılımı .....	110
Şekil 14.7.Değirmenler .....	111

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 5.1. 2018 yılı aylara göre elektrik tüketim bilgileri .....	34
Tablo 5.2. 2019 yılı aylara göre elektrik tüketim bilgileri .....	34
Tablo 5.3. 2020 yılı aylara göre elektrik tüketim bilgileri .....	35
Tablo 5.4. 2018 yılı aylara göre LNG tüketim bilgileri .....	35
Tablo 5.5. 2019 yılı aylara göre LNG tüketim bilgileri .....	35
Tablo 5.6. 2020 yılı aylara göre LNG tüketim bilgileri .....	36
Tablo 5.7. 2018, 2019 ve 2020 yılları motorin tüketim bilgileri.....	36
Tablo 5.8. 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait üretim bilgileri .....	38
Tablo 6.1. Pompalardan alınan bilgiler ve ölçümler .....	63
Tablo 6.2. Pompaların akışkan güçleri ve sistem verimleri .....	64
Tablo 7.1. Kompresörlerden alınan bilgiler ve ölçümler .....	70
Tablo 7.2. Basınçlı hava sızıntı ölçümleri.....	72
Tablo 7.3. Kompresörlerin spesifik enerji tüketimleri .....	72
Tablo 7.4. Basınçlı hava kaçaklarının enerji kaybı ve maliyeti .....	75
Tablo 8.1. Sıcak yağ kazanından alınan bilgiler ve ölçümler .....	84
Tablo 8.2. Sıcak yağ kazanının dinamik basınç ölçümü ve baca alanı .....	85
Tablo 8.3. Sıcak yağ kazanının verim hesabı.....	85
Tablo 8.4. Yanma ayarı uygulaması sonrası kazan verimi hesabı .....	86
Tablo 8.5. Yanma ayarıyla elde edilecek enerji tasarrufu hesabı .....	87
Tablo 8.6. Baca gazı atık ısı potansiyelinin belirlenmesi.....	87
Tablo 9.7. Karbon fırınından alınan bilgiler ve ölçümler .....	90
Tablo 10.1.B blowerından alınan bilgiler ve ölçümler .....	96
Tablo 10.2.B blower akışkan gücü ve sistem verimi .....	96
Tablo 11.1.Fanlardan alınan bilgiler ve ölçümler .....	99
Tablo 11.2.Fan kanat değişimi ile elde edilebilecek enerji tasarrufu.....	100
Tablo 14.1.Değirmen motorlarından alınan bilgiler .....	111



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
°K	: Kelvin
GW	: Brüt Ağırlık
m/s	: Çizgisel Hız
m <sup>3</sup>	: Metreküp
m <sup>3</sup> /h	: Debi
MW	: Megawatt
TW	: Terawatt

### Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BGÖS	: Basit Geri Ödeme Süresi
CEMEP	: Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi
CUSUM	: Cumulative Sum (Kümülatif Toplam)
dB	: Desibel
EBRD	: European Bank for Reconstruction and Development
E <sub>k</sub>	: Kinetik Enerji
E <sub>m</sub>	: Kompresör Motor Verimi
EnYS	: Enerji Yönetim Sistemi
E <sub>p</sub>	: Potansiyel Enerji (kgm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
g	: Yerçekimi İvmesi (m/s <sup>2</sup> )
h	: Yükseklik
H	: Hava hattının yıllık basınç altında olduğu
IAEA	: Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu
k	: Yay Sabiti
k	: Havanın Spesifik Isı Oranı (1,4)
m	: Kütle
MW <sub>e</sub>	: Megawatt Elektrik
MW <sub>t</sub>	: Isısal Güç
N	: Kademe Sayısı
ODEX	: Enerji Verimliliği Endeksi
OECD	: İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı
P <sub>o</sub>	: Kompresör Çalışma Basıncı
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TSKB	: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
TWh/yıl	: Terawatt saat/ yıl
USD	: United States Dollar
V <sub>f</sub>	: Kaçan Hava Debisi
VSD	: Variable Speed Driver (Değişken Hız Sürücüsü)

## MADEN SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ: BİR MADEN İŞLETMESİ ÖRNEĞİ

### ÖZET

Türk Madencilik sektörünün önümüzdeki yıllarda ihracat artış hedefi bulunurken, bu hedefi hayata geçirebilmek için hammadde olarak ihraç edip işlenmiş ürün olarak ithal ettiğimiz modelin yerine katma değerli ürüne ağırlık veren ve üretimde de verimliliği esas alan yeni bir model geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Maden sektörü; genel olarak enerjinin en yoğun kullanıldığı sektör olma özelliğine sahiptir. Bu nedenle sektörde verimliliğin artırılması; enerjide dışa bağımlılığının azaltılması ve çevrenin korunmasının yanında sektörün rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın içeriğinde maden sektöründe enerji verimliliği hususunda yapılabilecek iyileştirmeler incelenmiştir. Bu amaçla endüstriyel kuruluşlarda gerçekleştirilen enerji verimliliği proje örnekleri ele alınmış, projeler bazında tasarruf miktarı, tasarrufun mali olarak karşılığı, yatırım tutarı ve geri ödeme sürelerine ait bilgiler paylaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Etüdü, Enerji Tasarrufu, Enerji Verimliliği, Küresel Isınma, Maden Sektöründe Enerji.

## **ENERGY EFFICIENCY IN THE MINING SECTOR: EXAMPLE OF A MINING BUSINESS**

### **ABSTRACT**

While it can be aimed to obtain from the material obtained from Turkish Mining production, it can be aimed to target a new model that is used as a product used and targeted in production to have a product used in production as a product used as a material instead of the production model as a used product. Mining industry; In general, it has the feature of being the most intense student of energy. This evolutionary transformation; can be developed in a way that can be improved in the use of the developer and the environment in energy. In this budget, they qualify the success in the mining sector. An example of an exemplary project in these intended industrial establishments is discussed, and information is given about the amount of savings on the basis, the amount of time spent and the time spent as an example.

**Keywords:** Energy Audit, Energy Saving, Energy Efficiency, Global Warming, Energy of Mining Sector.

## GİRİŞ

Enerji ülkelerin ekonomik, sosyal kalkınmasının itici güçlerinden ve en temel ihtiyaçlarından birisi haline gelmiştir. Bu ihtiyaca doğru orantılı olarak enerjiyi verimli kullanmak; güvenilir, kesintisiz ve ucuz yollardan bularak ve bulunan bu kaynakları da çeşitlendirme ihtiyacı doğmuştur. [1]

Ülkemizin enerji talebi son on yılda önemli ölçüde artış göstermiştir. Teknolojik gelişmelerden büyük ölçüde beslenen ekonomik ve sosyal kalkınma, enerji talebini arttıran temel unsurlardan biri olmuştur. Nüfus artışı ve artan sanayileşme de enerji talebini arttıran diğer önemli etkenlerdir. Devamlı artış gösteren dünya nüfusu, sanayileşmeyi, tüketimi ve bunlara bağlı olarak daha fazla enerji ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır. [2]

Enerjinin en yoğun kullanıldığı sektörlerden biri de madenciliktir. Türkiye, tektonik ve jeolojik yapısından dolayı birçok maden yatağını bulundan bir ülkedir. Son yüzyıllarda gerçekleşen sanayi devrimi ile beraber madenler ve yeraltı kaynaklarının önemi giderek artmış, gelişmekte olan teknoloji ve endüstride hayvancılık, tarım, kimya, inşaat, imalat, makine gibi birçok sektörde hammadde olabilme özelliği elde etmiştir. Ülkelerin ekonomisi için, mevcut maden potansiyellerini iyi değerlendirerek bu madenleri ürüne dönüştürüp ticaretini yapmak katkı sağlayan çok önemli bir unsurdur. Madencilik faaliyetleri 2010 senesinde 1,5 trilyon dolar büyüklüğünde geniş bir pazar ve 10 milyar ton değerinde bir işleme hacmine çıktığı tahminleri bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Kanada ve Çin madenciliğin en gelişmiş olduğu ülkeler olarak bilinmektedir.

Türkiye, dünya çapında ticareti gerçekleşen 90 çeşit maden mineralinden 77'sini bulundurmaktadır. Bu noktada Türkiye yeraltı kaynaklarıyla madencilik sektöründe çok önemli bir potansiyeli barındırmaktadır. Mermer, bor mineralleri, doğal taşlar, feldspat, sünger taşı, krom, trona, kalsit, perlit ve bentonit gibi maden rezervlerimiz dikkat çekmektedir. Türkiye madencilik sektöründe başlıca ABD, İtalya, Çin, Hindistan, Suudi Arabistan, İngiltere ve Rusya'ya ihracat yapmaktadır.

Çok yoğun enerjinin kullanıldığı madencilik sektöründe verimliliğin artırılması; enerjide dışa bağımlılığının azaltılması ve çevrenin korunmasının yanında sektörün rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma içerisinde maden işletmesinde enerji verimliliği yönünden yapılabilecek iyileştirmeler araştırılmıştır. Bu doğrultuda çalışma dört farklı ana bölümde tamamlanmıştır. Birinci bölümde madencilik ele alınmıştır. Türkiye’de Madencilik ve Dünyada Madencilik tanımlanmıştır. İkinci bölümde enerji, enerji kaynakları ve enerji verimliliğinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde deneysel materyal ve metotlar bildirilerek dördüncü bölümde bir maden işletmesindeki enerji verimliliğine yönelik çalışmalarda verimlilik, tasarrufun mali karşılığı, tasarruf miktarı, geri ödeme sürelerine ait sayısal bilgiler ve yatırım tutarı paylaşılmıştır. [3]

## **1.MADENCİLİK**

İnsanların yaşamında önemli yeri olan Madencilik sektörü, geçmişten günümüze ülkelerin gelişiminde etkin rol oynamıştır. Hammadde gereksinimini sağlayan üretim faaliyetlerinden biri olmuştur.

Doğal kaynaklarını aktif anlamda kullanan ülkeler, maden sektörü sayesinde ekonomik olarak büyük ilerleme kaydetmiştir. Bu ilerlemenin başlıca sebeplerinden biri ise madenciliğin imalat sektörüne sağlamış olduğu katkıdır. Madencilik sektörü katma değerde büyük bir orana sahip olmasının yanı sıra istihdam yaratma konusunda da büyük bir orana sahiptir.

Genellikle kırsal alanlara yakın yerlerde gerçekleştirildiği ve buna bağlı istihdam yaratmasından dolayı bölgesel kalkınmayı hızlandırarak şehre olabilecek göçü engellemektedir.

Sosyal sorumluluk kapsamında iş istihdamları kırsal alanlardaki maden işletmeleri alanından başlayıp genele doğru yayılmaktadır. Bu şekilde yörenin ekonomik kalkınması, yeni iş imkânları sunulurken güçlendirilmeye çalışılmaktadır. Bu gibi doğru politikalarla ekonomik, istihdam ve üretim gibi göstergeler sektör için önemli katkılar sergileyerek ülke için de imalat sanayi için sürükleyici bir güç olacaktır. [4]

### **1.1. Dünyada Madencilik**

Dünya maden rezervinde etkili paylara sahip olan aynı zamanda dünya maden üretiminde de etkili olan ülkelerin başında Çin, Avustralya, ABD, Rusya, Güney Afrika ve Kanada gelmektedir. Maden sektörüne girmeyen ancak petrol üretiminde büyük rezervlere sahip olan Türk Cumhuriyetleri, Suudi Arabistan, İran, Kuveyt ve Rusya enerji noktasında büyük bir role sahiptir.

Dünya ticareti sektöründe madencilik mahsulü içerisinde ihracat değerlerine göre ham petrol, demir dışı metaller ve endüstriyel mineralleri mühim yere sahiptir.

Dünya ticaret rakamları tetkik edildiğinde çelik, bakır, kurşun ve kalay gibi geleneksel metallerin tüketimi düşerken ileri seramik malzemeleri, plastik ve polimer menşeli malzemelere benzer ileri teknoloji malzemelerinin kullanımının giderek çoğaldığı görülür. [4]

Sektör birçok endüstrinin ilk tedarikçisi olmasından dolayı küresel iktisadın yapı taşlarından biridir. Örnek olarak dünya ekonomisinin lokomotifini olan ABD’de maden ve madencilik için sanayilerin toplam üretimi 27,6 milyar dolar olup ABD ekonomisindeki toplam katma değeri 2,28 trilyon dolara ulaşmaktadır.

Yine dünya madencilikinde önemli bir yere sahip olan Kanada’da ise toplam madencilik üretimi 2009 yılında 45,3 milyar dolar kadar olup sektörden elde edilen vergi geliri ise yıllık 13,5 milyar dolar civarındadır. [4]

Ekonomiye sağladığı yararların açıkça görüldüğü madencilik sektörü, her geçen gün yatırımcıların dikkatini çekmektedir. Özellikle bu yatırımcılara ABD, Kanada, Avustralya gibi madencilik faaliyetlerine önem veren ülkeler de rastlanmaktadır. Bu söz konusu ülkelerin toplam arama bütçesi yaklaşık %69’una karşılık gelen 12,6 milyar dolarlık bir harcama ile gerçekleşmektedir. [4]

Sektör fiyatları, metal ve mineral pazarlarındaki arz ve talebe bağlı olarak dönemsel şekilde hareket etmektedir. 2001 yılından beri bilhassa Çin, Hindistan ve Brezilya gibi büyümekte olan ekonomilerdeki fazla talep miktarı global madencilik sanayisinin yoğun büyüme prosesinin arkasındaki destek kuvvet olmuştur. Bu güçlü istem artışına dayalı olarak metal fiyatlarında da 2002-2008 yılları arasında önemli artışlar gerçekleşmiştir. Hakikaten dünyanın 40 büyük madencilik şirketi ile yapılan bir araştırmada başta 2006 yılında maden sektöründe faaliyet gösteren firmaların kazançlarının rekor düzeye ulaştığı ve piyasa değerlerinin de gözle görülür oranda arttığı gözlemlenmiştir.

Bütün bu gelişmeler ışığında 2008 yılının sonuna doğru tesirini hissettiren küresel kriz, madencilik sektörünü durma noktasına getirmiştir. 2009 yılından itibaren dünya ekonomisinin yola girmesi ve talebin artmasıyla sektörün yeniden düzelmeye sürecine girdiği görülmektedir. [4]

## 1.2. Türkiye’de Madencilik

Ülkemizin içinde bulunduğu jeolojik ve tektonik bünyesi muhtelif maden yataklarının oluşmasına yol açmıştır. Dünyada neredeyse 90 tür maden üretiminin yapıldığı görülürken Türkiye’de 60’ın üstünde maden türünün çıkarımı yapılmaktadır. MTA’nın donelerine göre dünyada 132 devlet arasında toplam maden üretim değeri bakımından 28’inci sırada yerini almış olan Türkiye, maden çeşitliliği yönünden 10’uncu sırada yer almaktadır.

Öncelikle endüstriyel ham maddeler olmak üzere bir takım metalik madenler, linyit ve jeotermal kaynak gibi enerji ham maddeleri yönünden ülkemiz oldukça zengin topraklara sahiptir. [4]

Dünya endüstriyel ham madde rezervlerinin %2,5’i, kömür rezervlerinin %1’i, jeotermal potansiyelinin %0,8’i ve metalik maden rezervlerinin %0,4’ü ülkemiz sınırları içerisinde varlık gösterir. Ülkemizde çok miktarda bulunan madenler içerisinde ilk sırayı bor mineralleri almaktadır. Ülkemizdeki bor rezervi dünya rezervlerinin %72’sini kapsamaktadır. [4]

Dünya rezervlerine bakıldığı zaman birkaç maden türü dışında rezervlerimiz kısıtlı görülmektedir. Dünya maden sektör rezervi içerisinde üretimi ve ticareti gerçekleştiren 90 tür maden ve mineral içinden 13’ünün ekonomik noktada varlığı ülkemizde henüz tespit edilememiştir. 50 tür madende kısmen yeterli kaynağa sahip olan ülkemiz, 27 tür maden ve mineralin rezervi için ekonomiklik noktasında yetersizdir. Ülkemiz, maden kaynağı ve çeşitliliği bakımından kendi kendine bir noktaya kadar yetebilmektedir. Ülkemizde zengin mineral kaynaklar arasında; mermer, kireçtaşı, bor tuzları, zeolit, perlit, sodyumsülfat, profilit, linyit, pomza, feldspat, sepiyolit, barit, doomit, lüle taşı, stronsiyum tuzları, jips, flüorit, olivin, diyatomit, kuvars-kuvarsit, altın, siliskumu, zımpara, trona, bentonit, kalsit, kaya tuzu ve asbest sayılabilir. Önemli mineral kaynaklar arasında ise; gümüş, civa, krom, kaolen, boksit, karbondioksit, molibden, turba, volfram, diatomit, nefelin siyenit, tuğla toprağı, antimuan, tras, kumçakıl, toryum sayılabilir. Yetersiz mineral kaynaklar arasında ise; alüminyum, zirkon, maden kömürü, kükürt, demir, fosfat, nikel, kil, mika, kurşun, grafit, boya toprakları, titan, talk, arsenik, çinko, manganez mineralleri sayılabilmektedir. [4]



Maden sektöründeki ihracat 2017 yılında 4,4 milyar dolar seviyesine gelerek 2016 yılına göre %24 oranında bir artış göstermiştir. 2019 yılında ise, 2018 yılına göre %15'e yakın bir artış gösteren maden ihracatı 4,9 milyar dolar olmuştur.

Maden sektöründeki bu ihracat değeri 2019 yılındaki 171 milyar dolarlık toplam ihracatın %2,90'una tekabül etmektedir. Sektörün 2023 yılındaki ihracat hedefi ise 15 milyar dolardır. Bu hedefe ulaşılabilmesi için her yıl ortalama %25'lik bir artış olması gerekmektedir.

Ülkemizde 2018 yılında maden sektöründe gerçekleşen ihracatın %36'sı Çin'e yapılmıştır. Maden sektöründe ihracat noktasında Türkiye'nin büyük pazarlarından olan Çin'e ihracat artmaya devam etmektedir. [4]

2018 Ocak ayındaki Gümrük ve Ticaret Bakanlığının dış ticaret bilgilerine göre dış ticaret açığı %108,5 artarak 9,06 milyar dolar oldu. Bu sert artışın sebepleri arasında enerji ithalatı ve kıymet taşlar, metaller gösterilmektedir. Ocak ayı içinde çok artış gösteren ve altın içeren kıymetli taşlar bu artışta etkili olmuştur. Bu olay da altın ihracatının altın ithalatının önüne geçemediğini göstermiştir. [4]

## 2.ENERJİ

İşe dönüştürebilen değere enerji denmektedir. Fiziksel sistemin ne kadar Isı transferi ve ne kadar iş yapabileceğini belirleyen işlevdir. [5]

Enerji, insanların yaratılışından günümüze kadar kritik bir öneme sahiptir. Başlangıçta ısınma, barınma ve beslenme ihtiyaçları için kullanılan enerji, insanlar belirli konumlara yerleşip geliştikçe, yeni şeyler imal ettikçe ve keşfettikçe kilit bir unsur haline gelmiştir. [6]

### 2.1. Enerji Türleri

#### 2.1.1. Mekanik enerji

Faydalı olarak iş gerçekleştiren hareket enerjisidir. İş yapma koşulu ile kinetik enerji mekanik enerjiye dönüşmektedir. Mekanik enerjiye dönüşme için, elektrik santrallerindeki türbine çarpan su örneği verilebilir. Tornavida ile vida sıkarken veya pense ile elektrik kablosu keserken ise mekanik enerji üretimi söz konusudur. Meydana gelen mekanik enerji ile iş gerçekleştirilebileceği gibi, elektrik de üretilebilir. [5]

#### 2.1.2. Potansiyel enerji

Bir cismin konumundan ötürü, başka cisimlere göre enerjisidir. Depolanmış enerji de denilebilir. Cisimlerin buldukları fiziksel durumlarından dolayı depolanan enerjidir. Potansiyel enerji, yükseklik potansiyel enerjisi ve esneklik potansiyel enerjisi olmak üzere iki şekilde incelenir. Yükseklik potansiyel enerjisi, cismin pozisyonundan ötürü sahip olduğu enerjidir. [5]

$$E_p = m \times g \times (h_2 - h_1) \quad h_2 > h_1 \quad (2.1)$$

Esneklik potansiyel enerjisi: esnek cisimlerin sıkıştırılmış veya gerdirilmiş durumda iken depolama yaptıkları enerjidir. Bir yayın s kadar sıkıştırılması durumunda, yayda depolanan enerji aşağıdaki gibi belirlenir.

$$W = 1 / 2 k \times s \quad (2.2)$$

### **2.1.3. Kinetik enerji**

Cisimlere hareketin sebep olduğu enerji türüdür. İş miktarı dikkate alınarak kinetik enerji aşağıdaki gibi belirlenir. [5]

$$E_k = 1 / 2 m \times v^2 \quad (2.3)$$

### **2.1.4. Isı enerjisi**

Farklı sıcaklıktaki iki madde arasında aktarılan enerjiye denir. Isıtmak, maddedeki taneciklerin kendi aralarındaki çarpışmalarını arttırma işlemidir.

Termodinamiğin birinci yasasına göre, ısı bir enerji biçimi olup, mekanik işten elde edilebileceği gibi mekanik işe de dönüştürülebilir. [5]

### **2.1.5. Kimyasal enerji**

Kimyasal tepkimeden dolayı ortaya çıkan enerjiye denir. Akü ve piller kimyasal enerjiyi elektriğe dönüştüren sistemlerdir.

Kimyasal enerji; ışık, mekanik ve ısı enerjisine dönüştürülebilir.[5]

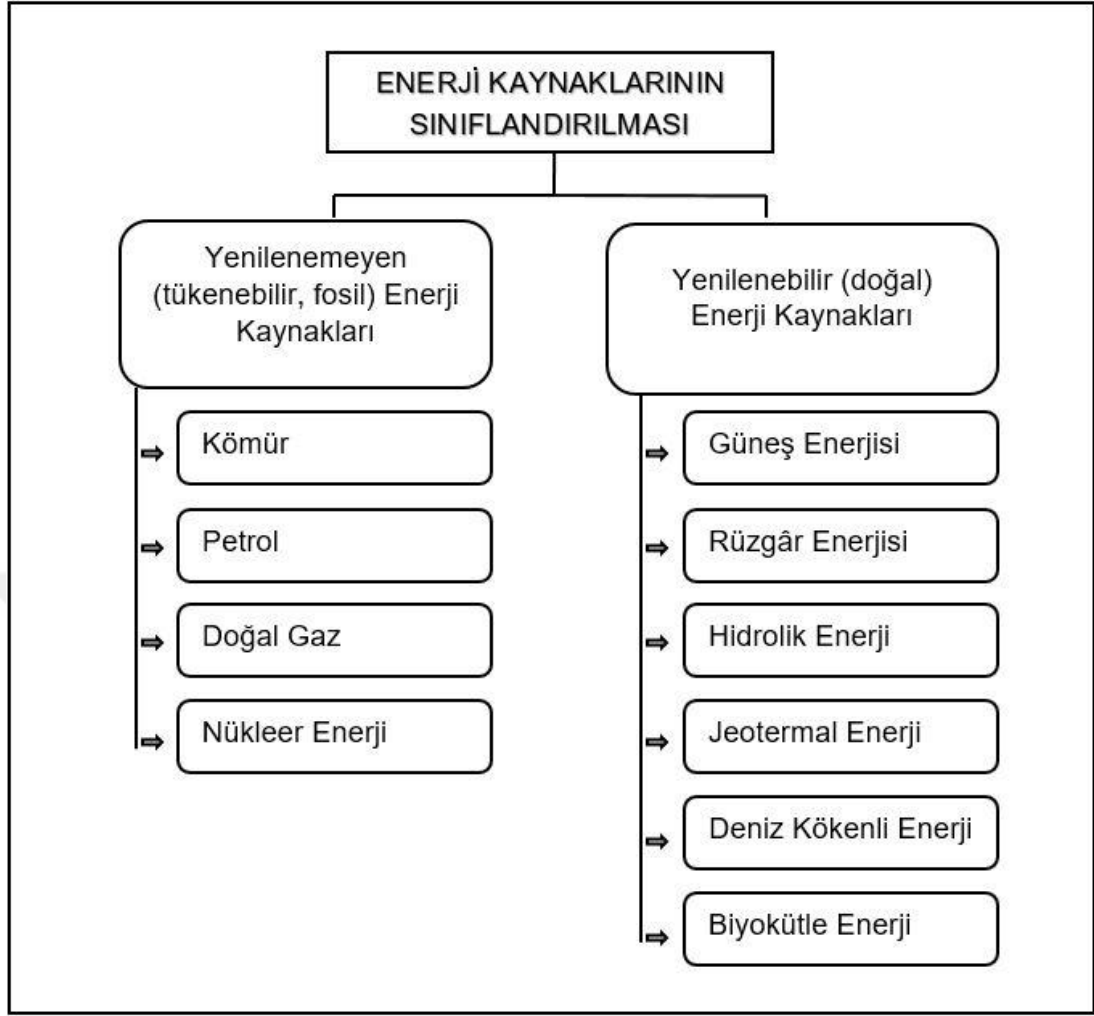
## **2.2. Enerji Kaynakları**

Sosyo-ekonomik gelişme yönünde enerji kaynakları özellikle günümüzde çok önemli hale gelmiştir.

Endüstri devrimi akabinde insanların enerji kaynaklarına olan isteği artmış ve ilgili artış her geçen gün devam etmiştir. [7]

Herhangi bir şekilde enerji üretimini mümkün kılan kaynaklar enerji kaynakları olarak adlandırılır.

Enerji kaynağının işlenip işlenmediği dikkate alınarak kaynaklar sınıflandırıldığında yenilenemeyen (tükenbilir, fosil) enerji kaynakları ve yenilenebilir (doğal) enerji kaynakları olmak üzere ikiye sınıflandırılmıştır. [8]



Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması

Günümüzde dünyanın enerji ihtiyacının çoğunu karşılayan kaynaklar Yenilenemeyen (tükenebilir, fosil) yakıtlar, hidrolik ve nükleer enerji olarak sıralanmıştır. Bahsedilen bu enerji kaynaklarının kullanım oranı %95'in üstündedir. Bu sebeple ilerleyen yıllarda bu kaynakların tükenebileceği şüphesiz kaçınılmaz bir gerçektir.

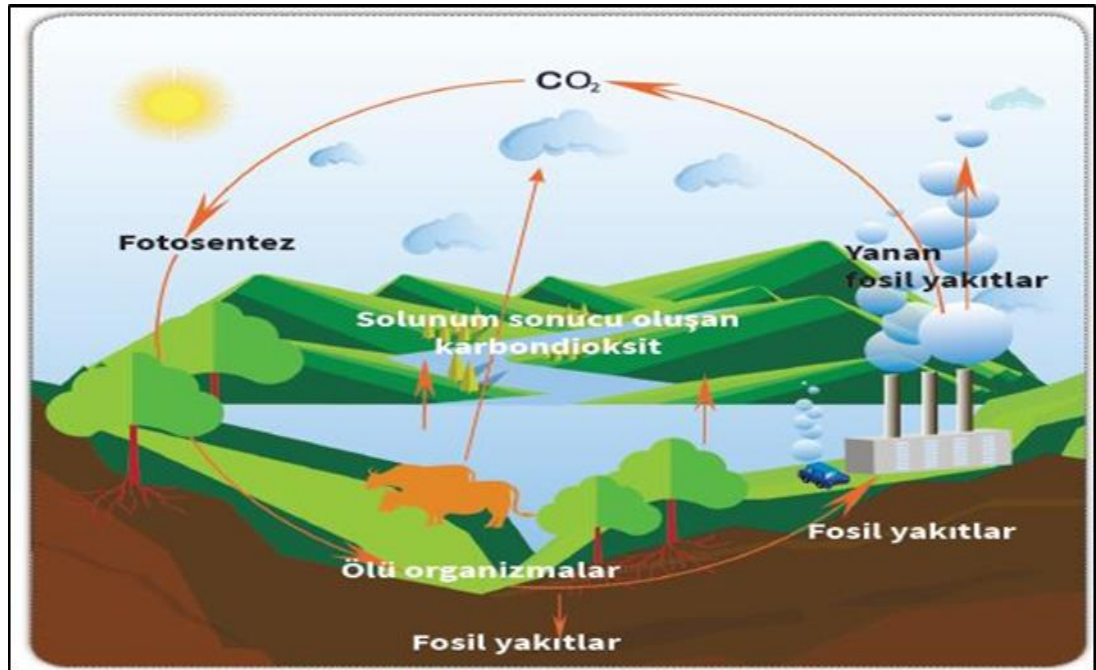
Kalan %5'lik dilime sahip olan güneş ve rüzgâr gibi enerji kaynaklarının kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşacaktır. Bunlarla birlikte hidrojen ve yeni tip yakıt hücreleri noktasında yeni enerji kaynaklarına gerçekleştirilmesi gereken yatırımlar ve cevaba kavuşturulması gereken pek çok proje mevcuttur. Bu sebeple fosil yakıtlar ile geleneksel enerji türleri günümüzde hala önemi devam ettirmektedir.[8]

Fosil kaynakların hızlı bir şekilde tükenmesi, nükleer enerji, petrol, kömür gibi kendini yenileme imkânı olmayan enerji kaynaklarının bilinçsizce tüketilmesi insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmeye başlamıştır.

Enerji kaynaklarının devamlılığı geçmiş tarihten bu zamana dünyanın kritik sorun ve konularından biri haline gelmiştir. Bilim insanları dünyanın sürekli artan enerji talebine cevap verebilmek için her alanda yenilenebilir enerji kaynağı kullanımını arttırmak adına çok fazla araştırma yaparak rüzgârdan yararlanarak rüzgâr değirmenleri, güneşten yararlanarak güneş pilleri gibi projeler geliştirmişlerdir. [9]

### 2.2.1. Yenilenemeyen (tükenebilir, fosil) enerji kaynakları

Yenilenemeyen (tükenebilir, fosil) enerji kaynakları, hidrokarbon içeren kömür, doğalgaz ve petrol gibi kaynağından dışarı çıktığı gibi tüketilebilen enerji kaynaklarıdır. Milyonlarca yıldır hayvan ve bitkilerin çürümesi sayesinde fosil yakıtlar oluşabilmiştir. Fosil yakıtlar kazarak veya delerek yeryüzüne çıkarılabilir. Günümüzde de yeraltında basınç ve ısıyla fosil yakıtlar oluşmaktadır. Ancak fosil yakıt oluşum hızı, tüketim hızından çok daha yavaştır. Bu nedenle fosil yakıtlar, kısa sürede yenilenemeyen enerji kaynakları olarak kabul edilebilir. Özellikle artan nüfus, kentleşme ve sanayileşme bu yakıtların karşıladığı enerji talebinde artışa neden olmuştur. Fosil enerji kaynaklarının tükenmesi ve fiyatların sürekli artmasının yanı sıra yanmanın çevreye verdiği zarar ve insan sağlığına olan etkisi de çok önemlidir. [10]

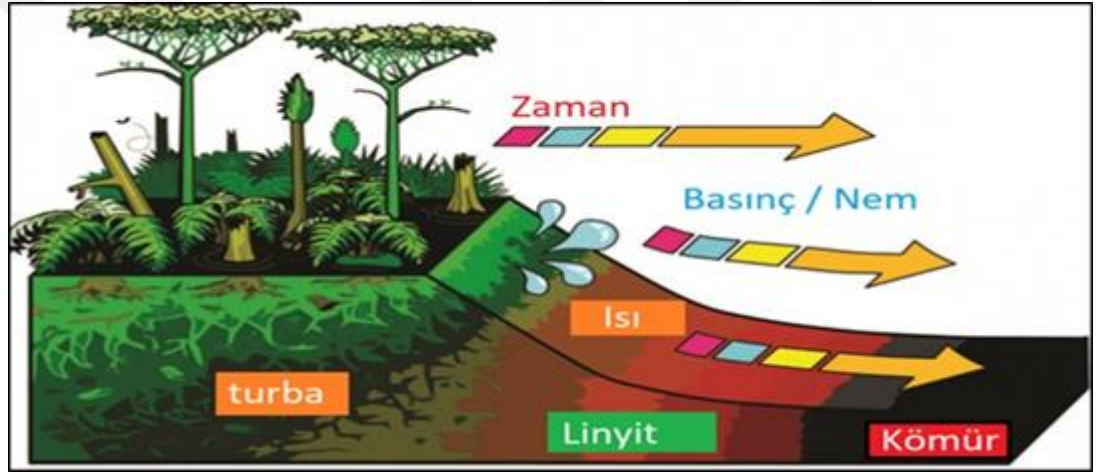


Şekil 2.2. Fosil yakıtların oluşması

Kömür;

Kömür oluşumu organik ve inorganik bileşenlerden ortaya çıkan bir tür tortul kayadır. Bu organik ve inorganik bileşenler, bitki artıkları ve inorganik minerallerin yüksek basınç ve yüksek sıcaklık altında sıkıştırılıp katılaşmasından sonra oluşur. Kömürleşmede jeolojik zaman çok önemlidir.

Rank kömürleşme derecesine verilen isimdir. İlk rank derecesine sahip olan turbalardır. Turbalar, katılaşması az, su oranı çok olan çökellerdir. Turbalardan sonra jeolojik zamana göre oluşan kömürler sırasıyla linyit ve taş kömürüdür. Rank değeri ilerledikçe ısı kalite değerleri artar. [11]



Şekil 2.3. Kömür oluşumu [11]

Son 35 yılda dünya kömür üretimi iki katına çıkmıştır. Kömür üretimindeki artış büyük ölçüde Asya Kıtasındaki (özellikle Çin) elektrik talebinden kaynaklanmaktadır. Asya-Pasifik bölgesinde elektrik üretiminde en sık kullanılan kaynak kömürdür. 2019'da Çin tek başına kömür üretiminde dünyadaki payın %47'sini(3.846 milyon ton) gerçekleştirmiştir.

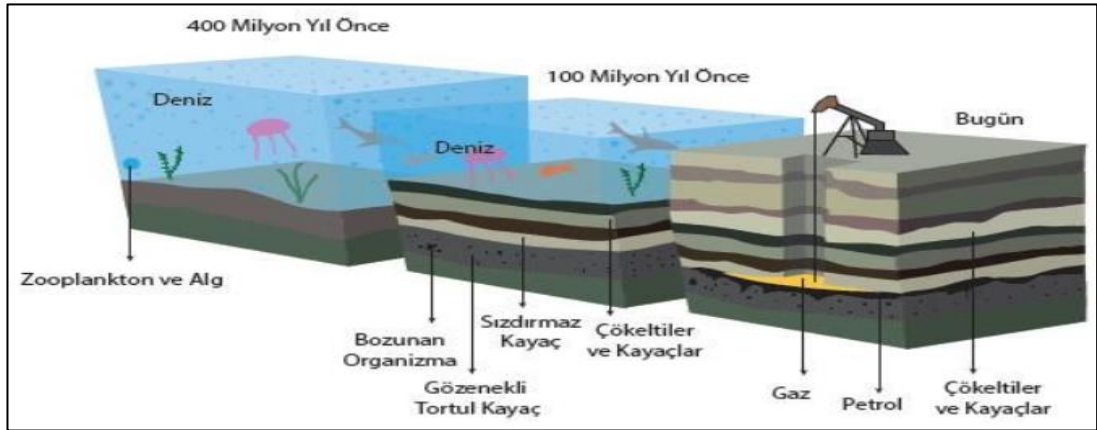
Üretimde ikinci sırada bulunan Hindistan'ın payı %9,3(756,4 milyon ton), ABD üçüncü büyük üretici olarak %7,9(639,8 milyon ton) ve dördüncü sırada Endonezya %7,5(610 milyon ton) oranındadır. Bu ülkeleri Avustralya, Rusya, Güney Afrika ve Almanya takip etmektedir. Bahsedilen sekiz ülke dünya üretimi içerisinde %90'luk paya sahiptir. Toplam üretimin neredeyse %89'u taşkömürü, %11'lik kısmı ise linyit kategorisindedir. [11]

Türkiye’de mevcut bulunan fosil enerjisinde en yüksek oran kömüre aittir. Üretilen kömür ağırlıklı olarak konut ısıtması, çimento sektörü, termik santraller ve demir çelik sektöründe kullanılır. 2019 yılında ülkemizde toplam kömür üretimi 90,5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Dünya üretiminin ortalama %0,1’i gibi çok az bir orana tekabül etmektedir. 90,5 milyon tonluk bu üretimin 88,63 milyon tonu linyit, 1,8 milyonu taş kömürüdür. Türkiye, 2018 verilerine göre linyit üretiminde dünyada Almanya’dan sonra %10,3 lük pay ile ikinci sırada yer almıştır.

Yerli kömür üretimi 2018 yılında, ülkemizdeki enerji tüketiminin %11,52’sini karşılamıştır. Yerli kömür, ülkemizde yerli üretim ile karşılanan enerji tüketiminin neredeyse yarısını oluşturmaktadır. [11]

Petrol;

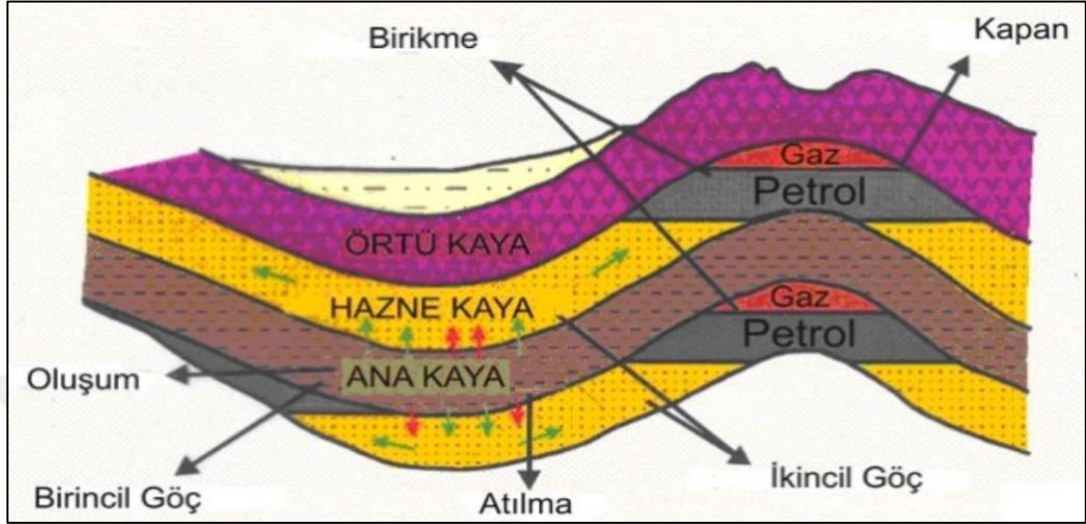
Petrol, yağ manasına gelen oleum ile taş manasına gelen petra sözcüklerinin birleşiminden oluşmuştur. Petrol, yüz milyonlarca yıl önce denizlerde yaşamış hayvan veya bitki kalıntılarının veya karadan denize sürüklenmiş bu kalıntıların denizlerde toplanan çökel katmanların alt kısmında ve oksijensiz ortamda çürüme göstererek yüksek basınç ve sıcaklık altında ayrışması sonucu oluşmaktadır. [12]



Şekil 2.4 Petrolün oluşması [12]

Katmanları bulunan bu oluşumda meydana gelen petrol yüksek basınç altında sıkışan ana kayadan ufak damlalar şeklinde sızarak hazne kayaya ulaşır. Hazne kaya, ana kayaya göre daha gözeneklidir. Hazne kayacın bir üstünde ise petrolün yükselerek kaçışını engelleyen geçirimsiz bir yapıya sahip olan örtü kayaç katmanı bulunmaktadır.

Hazne kayaç katmanı içinde hidrokarbon yüksek yoğunluktan az yoğunluğa göre, gaz-ham petrol-su şekliyle yer almaktadır. Petrol gaz sıvı veya katı halde bulunabilmektedir. [12]



Şekil 2.5 Petrolün unsur ve süreçleri [12]

Bir varil petrolün eş değeri 42 galon ham petroldür. (159 Litre) Bir varil ham petrolden 1,7 galon sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), 1,7 galon ağır akaryakıt, 4 galon jet yakıtı, 10 galon dizel yakıt, 19,6 galon benzin ve 7,6 galon diğer türevlerin üretimi yapılabilmektedir.

Petrol, işlenip rafine edildikten sonra değerli hale gelebilmektedir. Petrol, enerji kaynakları arasında en çok kullanılan enerji kaynağı olmayı devam ettirmektedir. [12]

Petrol 2018 senesi verileri itibarıyla dünya enerji ihtiyacının %33,6'sını karşılamıştır. Birçok uluslararası kurum tarafından yapılan muhtelif çalışmalara göre petrolün enerji tüketimindeki payını uzun dönemde de devam ettireceğini öngörmektedir.

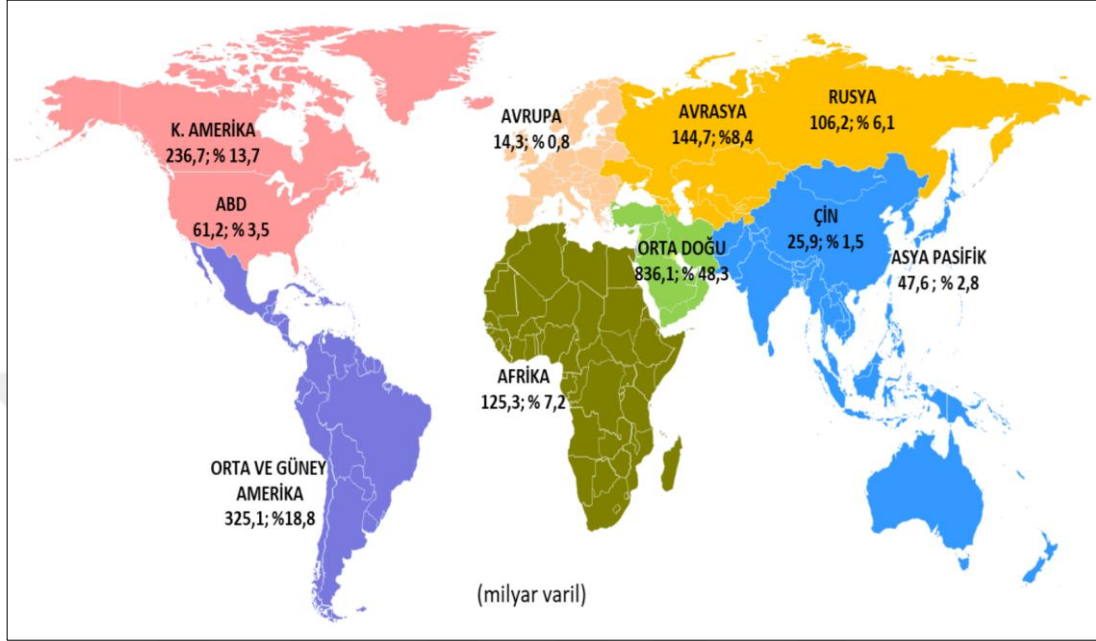
Dünya petrol rezervi 2018 senesinde 17,3 trilyon varil değerinde açıklanmıştır. Bu rezerv 2017 senesine göre %0,1 oranında artmıştır.

%17,5 pay ile en yüksek petrol rezervine sahip ülke Venezuela'dır. Orta doğu ise %48,3 oranıyla en yüksek petrol rezervine sahip olan bölgedir.

Küresel rezervlere bölgesel bazlı bakılırsa, %18,8'lik pay ile Orta ve Güney Amerika Bölgesi Orta Doğu'yu takip etmektedir.



%13,7'lik rezerv payı ile Kuzey Amerika Bölgesi üçüncü sıradadır. %8,4 ile Avrasya, %7,2 ile Afrika, %2,8 ile Asya Pasifik ve %0,8 ile Avrupa pazardaki rezerv paylarını oluşturmaktadır. [13]



Şekil 2.6 2018 yılı bölgelere göre dünya ispatlanmış petrol rezervi [13]

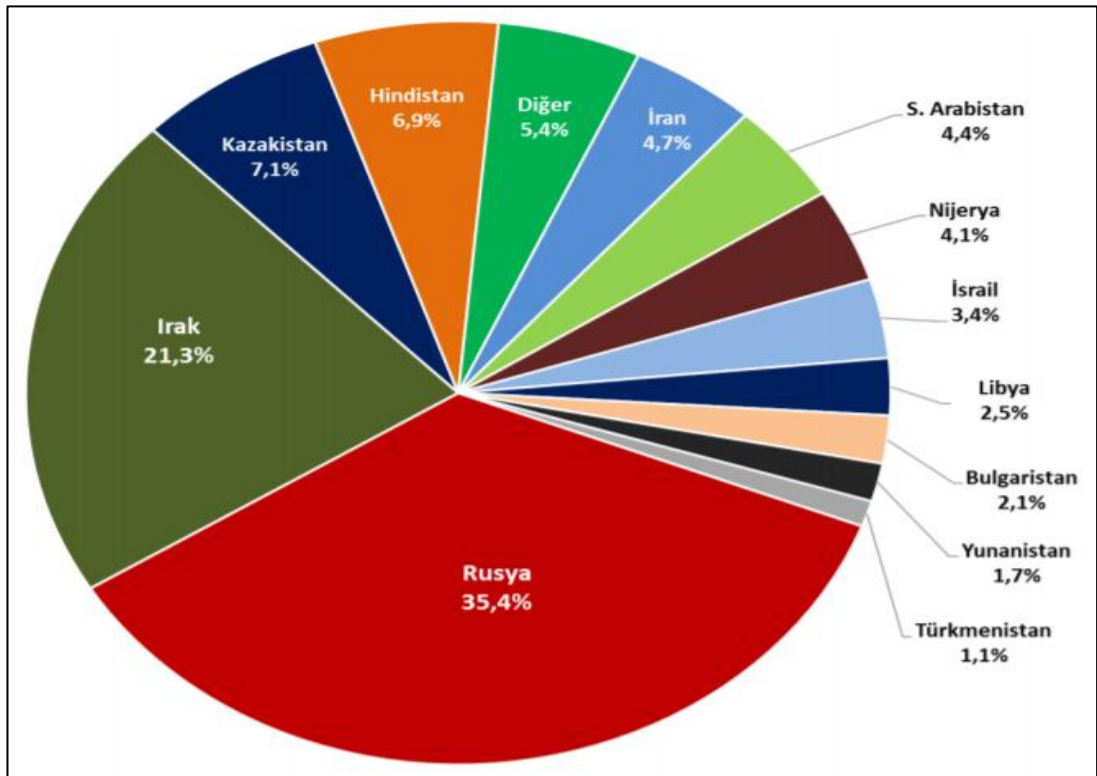
Petrol 2018 senesinde 94,7 milyon varil/gün üretimine ulaşmıştır. 2017 senesine göre %1 artış olmuştur. Bu üretimin %31,8'lik payı Orta Doğu'da gerçekleşmiştir. Bu üretimin yanı sıra 2018 senesindeki tüketim ise 100 milyon varil/gün seviyelerine yaklaşmıştır. Asya Pasifik ile Kuzey Amerika ve Avrasya bölgelerinde tüketim artışı görülmüştür. Rezerv ve üretime göre kömür hesabı yapıldığında mevcut rezerv ömrü 50 yıl olarak hesaplanmaktadır. Bu hesap mevcut rezervlere göre hesaplanmış olup, yeni keşiflere bağlı yeni rezervlerin oluşması, teknolojiye bağlı gelişmelerle daha ekonomik üretilebilecek olması gibi etmenlerle değişiklik gösterebileceği dikkate alınmalıdır. [13]

Türkiye'de petrol arama çalışmaları Osmanlı İmparatorluğu'nun son dönemlerinde ilk olarak İskenderun'da başlamıştır. Cumhuriyetin ilk yıllarında ise aramalar Güneydoğu Anadolu Bölgesine kaydırılmış ve 1940 senesinde Raman 1 kuyusunda petrol bulunmuştur. [7] Türkiye'de petrol üretimi 1946 senesinde 544 ton ile başlamıştır. Artarak devam eden üretim 1991 senesinde 4,4 milyon ton ile en üst noktaya çıkmıştır. Bu yıldan sonra petrol üretiminde gerileme başlamıştır.

Türkiye üretilebilir petrol rezervi 2018 senesinde 366 milyon varil değerinde kaydedilmiştir.

Ülkemizde var olan sahaların yaşlı saha olmasından dolayı kuyu verimliliği düşmektedir. Bu sahalara yapılan üretimi artırma yöntemleri, kuyuların verimi için çok önemlidir. Arama ve üretime yönelik çalışmalar Güneydoğu Anadolu ve Trakya bölgesinde devam etmektedir. 2018 senesinde 56 adet üretim kuyusu, 51 adet arama ve tespit kuyusu olmak üzere toplamda 107 adet kuyu açılmıştır.

2019 senesinde ise 73 adet üretim kuyusu, 80 adet arama ve tarama kuyusu olmak üzere toplamda 153 adet kuyu açılmıştır. Açılan kuyulardan 4'ü TPAO ortaklı olmak üzere, 97'si bizzat TPAO tarafından kalan 56'sı ise piyasada faaliyet gösteren diğer şirketler aracılığıyla açılmıştır. Türkiye'de 2019 senesinde yaklaşık 22 milyon varil petrol üretilmiştir. Ülkemizde petrol tüketimi ise 2019 senesinde 684 bin varil/gün olarak kayda geçmiştir. Tüketilen petrolün %91,2'lik büyük payı ithalattır. İthal edilen bu petrolün yaklaşık %35,4'ü Rusya'dan, Irak'tan %21,3'ü, %7,1'i ise Kazakistan'dan elde edilmiştir. %4,1 ile Nijerya, %3,4 ile İsrail, %2,5 ile Libya, %2,1 ile Bulgaristan, %1,7 ile Yunanistan, %1,1 ile Türkmenistan paylara dahil olmuştur. [13]



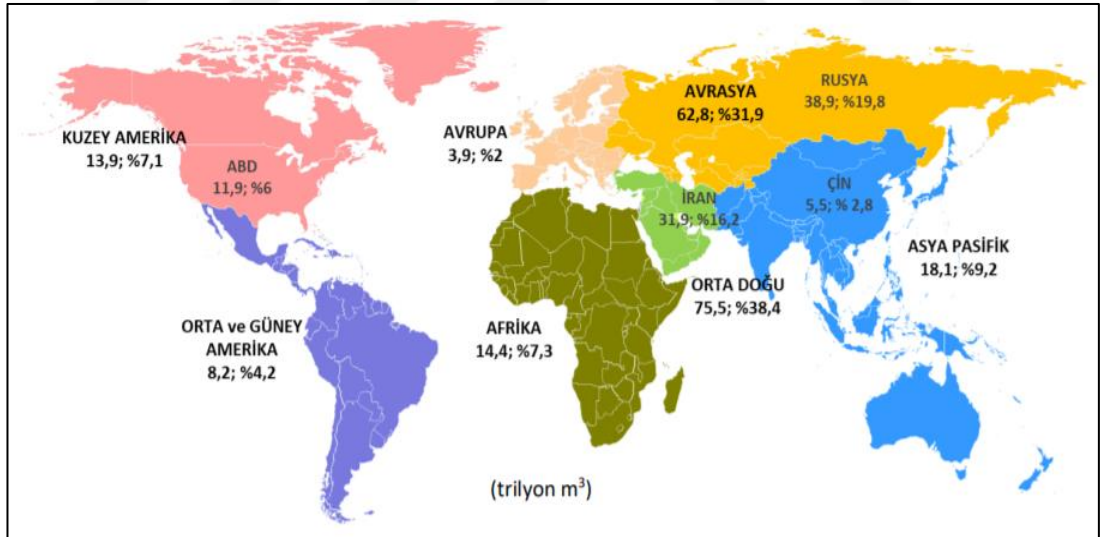
Şekil 2.7 2019 yılı Türkiye'nin ithal ettiği petrolün dağılımı [13]

Doğalgaz;

Hidrokarbon esaslı olan doğal gaz, yeraltındaki gözenekli kayaların boş alanlarına sıkışmış şekilde ya da petrol yataklarının üst kısmında gaz haliyle büyük hacimli olarak bulunurlar. Oluşumu petrolün oluşumu ile aynıdır. Petrolün bir türevidir. Ham petrolden sonra en önemli yakıttır.

Geçmiş zamanlarda petrol üretimi esnasında yararsız atık gibi görülmüş ve yakılarak elden çıkarılan doğal gaz, bugüne baktığımızda ise çok önemli bir enerji kaynağı olarak birçok alanda kullanılmaktadır. Doğalgazın 2018 senesinde toplam dünya rezervi 196,9 trilyon m<sup>3</sup> olarak açıklanmıştır. Bu rezervin önemli kısımlarını %38,4 ile Orta Doğu, %31,9 ile Avrasya oluşturmaktadır.

%9,2 ile Asya Pasifik, %7,3 ile Afrika, %7,1 ile Kuzey Amerika, %4,2 ile Orta ve Güney Amerika, %2 ile Avrupa rezervi tamamlamıştır. 2018 senesi itibariyle en fazla doğalgaz rezervine sahip ilk 5 ülke, 38,9 trilyon m<sup>3</sup> ile Rusya, 31 trilyon m<sup>3</sup> ile İran, 24,7 trilyon m<sup>3</sup> ile Katar, 19,5 trilyon m<sup>3</sup> ile Türkmenistan olarak açıklanmıştır.



Şekil 2.8 2018 yılı dünya ispatlanmış doğal gaz rezerv dağılımı [13]

Doğalgaz 2018 senesinde 3,87 trilyon m<sup>3</sup> üretimle 2017 senesinin üretimine göre %5,2 artış göstermiştir. En yüksek üretimi 1,054 trilyon m<sup>3</sup> ile Kuzey Amerika Bölgesi gerçekleştirmiştir. Kuzey Amerika petrol üretiminde de olduğu gibi doğalgaz üretiminde de ciddi bir konumdadır. Kuzey Amerika'dan sonra en büyük üretim Asya Kıtasında gerçekleşmiştir.

Doğalgaz tüketimi 2018 senesinde 3,85 trilyon m<sup>3</sup> tüketimle 2017 senesine göre %5,3'lik bir artış göstermiştir. Mevcut rezerv, üretim ve tüketim dikkate alındığında küresel rezerv ömrü 50,9 yıl olarak hesaplanmıştır.

Rezervler bölgelere dağıtıldığında Orta Doğu birinci, Asya ve Avrupa ikinci, Asya Pasifik ülkeleri ise üçüncü sırada yer almıştır.

Orta Doğu Bölgesi, Hazar Bölgesi ve Rusya gibi ispatı gerçekleşmiş doğal gaz rezervi bakımından engin bölge ve ülkeler ile başta Avrupa Birliği olmak üzere doğal gaz ithalatı yüksek olan ülkelere coğrafi olarak yakın olan ve zengin bölgede doğal gazın ithal edilmesinde, taşınmasında köprü olan Türkiye çok önemli bir coğrafi konuma sahiptir.

Yakın tarihinde buna en iyi örnek olan Azerbaycan gazını Türkiye'den Avrupa'ya taşıyacak TANAP projesi ve Rusya gazını Türkiye kanalı ile yine Avrupa'ya taşıyacak Türk Akım Projesi gösterilebilir.

Türkiye doğalgaz rezervi 2018 senesinde 3,8 milyar m<sup>3</sup> olarak açıklanmıştır.

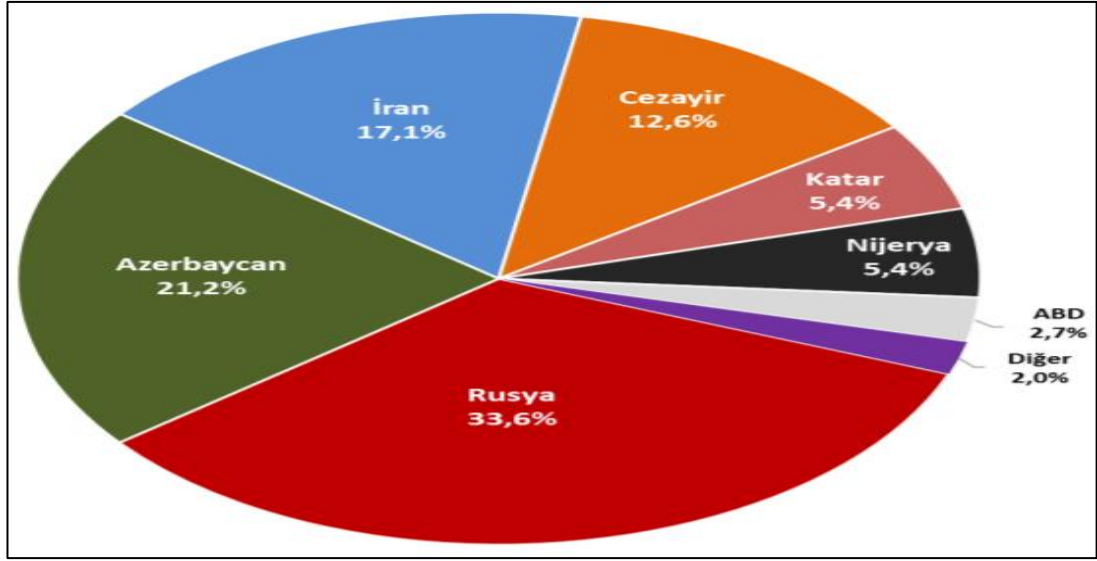
Gün geçtikçe artan talebe istinaden dışa bağımlılığı azaltarak karşılamak adına Akdeniz ve Karadeniz'deki denizalalarında yapılan arama faaliyetleri hızla devam etmektedir.

Aramalar 2020 senesinde sonuç vermiş ve Ağustos ve Ekim aylarında toplam 405 milyar m<sup>3</sup> yeni rezerv bulunduğu açıklanmıştır. Açıklanan bu değerler henüz uluslararası resmi raporlarda yayımlanmamıştır.

Türkiye 2019 senesinde 483 milyon m<sup>3</sup> doğalgaz üretmiştir. Doğalgaz üretimi Akçakoca, Akkaya ve Ayazlı sahalarında TPAO tarafından Batı Karadeniz Bölgesinde devam ettirilmektedir.

Doğalgaz üretiminde dış ülkelere bağımlılığımız petrole göre daha yüksektir. Tüketime %98,9'u ithalat ile karşılanmaktadır.

2019 senesinde yaklaşık 45,7 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz tüketilmiştir. Bu tüketimin yaklaşık %1,06'sı (483 milyon m<sup>3</sup>) ülkemizde üretilmiştir.



Şekil 2.9 2019 yılı Türkiye’de ithal edilen doğal gazın dağılımı [13]

#### Nükleer enerji;

Nükleer enerji, uranyum gibi radyoaktif atomlara bir nötronun çarparak daha küçük atomlara bölünmesi(fisyon) veya hafif radyoaktif atomların birleşmesiyle daha ağır atomları oluşturması(füzyon) sonucu ortaya çok büyük miktarda çıkan enerjidir. Fisyon reaksiyonuyla elde edilmiş enerji nükleer reaktörlerle elektrığe çevrilir. Füzyon reaksiyonu ise güneşteki reaksiyonlardır. Füzyon reaksiyonunun yarattığı sıcaklık fisyon reaksiyonunda çıkan sıcaklıktan çok daha fazladır. Çıkan bu çok yüksek sıcaklığı kontrol edebilecek bir füzyon reaktörü henüz yapılamamıştır. [14]

Nükleer enerji üretim noktasında ilk santraller 1950’li yıllarda petrol krizlerine istinaden inşa edilmiştir.

Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) verilerine istinaden dünyada 30 ülkede etkin 449 nükleer reaktör bulunmaktadır. 15 ülkede 56 yeni reaktörün yapımı devam etmektedir. Dünya enerji talebinin yaklaşık %11’i nükleer enerjiden, 12 ülke ise enerji talebinin %30’dan fazlasını nükleer santrallerden karşılamaktadır.

Kuzey Amerika ve Avrupa nükleer santrallerin yarısından fazlasına ev sahipliği yaparken Uzak Doğuda da reaktör sayısı artmaktadır.

2018 senesinin verilerine göre Çin 18 yeni reaktör inşasına başlamıştır. Hindistan ve Rusya’da 6’şar yeni reaktör inşası ile Çin’i takip etmektedir.

Nükleer reaktör ve üretim büyüklüğünde Amerika Birleşik Devletleri 100 faal reaktör ile dünyada birinci sıradadır. Amerika Birleşik Devletleri enerjisinin beşte birini nükleer güçten karşılamaktadır.

Rusya'da faal 36 nükleer reaktör bulunmaktadır. 36 reaktör ile elektrik üretiminin %17'sini karşılayan Rusya, nükleer güce bağımlılığını arttırarak 2030 senesine kadar enerji üretiminde nükleer payını %30'a, 2050'de %50'ye, yüzyılın sonunda ise %80'e çıkarmayı planlamaktadır.

Enerji ihtiyacının büyük kısmını fosil yakıtlardan sağlayan Çin 36 reaktöre ulaşmış, yatırımları devam etmektedir. Çin var olan reaktörlerle elektrik üretiminin %3'ünü nükleerden sağlamaktadır.

Fukushima felaketi sonrasında nükleer enerji noktasında köklü değişikliklere imza atan Japonya'da faal 43 reaktör bulunmaktadır. Kazalardan sonra nükleer güce bağımlılığı %22'ye indirmeye çalışan Japonya'da nükleer güvenliği arttıracak sıkı önlemler alınsa da tüm reaktörlerin kapanması gibi bir amaç bulunmamaktadır.

Elektrik üretiminin %30'unu nükleer reaktörlerden sağlayan Güney Kore'de ise 25 reaktör bulunmaktadır. 22 reaktöre sahip Hindistan'da elektrik üretiminde %3'lük payı reaktörlere ayırmıştır. Bunun yanı sıra da 6 reaktör inşa aşamasındadır. Pakistan ise 4 reaktör ile elektrik üretimine katkı sağlamıştır. Henüz nükleer enerji üretiminde payı bulunmayan Birleşik Arap Emirlikleri 4 reaktör inşa etmektedir. [14]

Türkiye'de henüz aktif reaktör bulunmamaktadır. Nükleer tarihimiz 1956 yılında Atom Enerjisi Komisyonu kurulması ile başlamıştır. 1960'lı yılların başından beri nükleer enerji üretimi yapmayı dönem dönem gündemine alan Türkiye uzun yıllar somut bir adım atamamıştır. Akkuyu ve Sinop'ta toplam 8 reaktörün inşası devam eden ülkemizde bu reaktörlerle elektrik ihtiyacının en az %5'inin karşılanması planlanmaktadır. [14]

### **2.2.2. Yenilenebilir (doğal) enerji kaynakları**

Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal, deniz ve biyokütle gibi doğal çevreden devamlı olarak veya tekrarlamalı şekilde ulaşılabilen kaynaklardan elde edilir. [15]

Güneş enerjisi;

Güneş, dünya yarıçapının neredeyse 10 katına denk gelen  $1,39 \times 10^9$  metre çapında çok yoğun sıcak gazlar içeren küredir. Kütleli  $2 \times 10^{30}$  Kg'dır. Bu değer dünya kütlelerinin 330000 katıdır. Güneşin merkezindeki sıcaklık  $4 \times 10^6$  °K ile  $8 \times 10^6$  °K arasında değişim gösterir. Yüzey ısısı  $5777$  °K'dir. [16]

Güneş, dünyamızın en önemli ve temel enerji kaynağıdır. Isıtma ve aydınlatmada büyük rol oynayan güneş, etkileri sayesinde rüzgâr, biyokütle ve deniz dalgası gibi enerjilerin meydana gelmesini de sağlamaktadır. Zararsız ve çevreci bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi bitmeyecek bir enerji kaynağı olması, bir yıl gibi kısa sürede kurulabilmesi ve kolay işletilebilmesi gibi nedenlerden dolayı dünyada kullanımı yaygınlaşarak artmaktadır. [17]

Dünyada kurulu güneş kapasitesine baktığımızda 2018 senesi sonu itibarı ile 509 GW'a ulaşmıştır. Kurulu gücün %34'ü 173,6 GW ile Çin'de, %12'si 61 GW ile ABD'de, %11'i 56 GW ile Japonya'da, %9'u 46 GW ile Almanya'da, %5'i 26 GW ile Hindistan'da bulunmaktadır. [18]

Türkiye'de Aralık 2020 tarihi itibarı ile kurulu kapasite 6,6 GW'a ulaşamamış olup, 2023 yılına kadar eklenmesi planlanan 5 GW kapasitenin 3 GW'lık kısmı çatı üzeri güneş enerji santrali, 2 GW'lık kısmı ise arazi uygulamalarıdır.

Türkiye'de Aralık 2020 tarihi itibarı ile 7518 adet güneş enerjisi santrali bulunmaktadır. Türkiye'de 2019 senesinde güneş enerjisi santrallerinden topla 96,2 milyon kilovatsaat elektrik üretimi yapılmıştır. 2019 senesinde toplam tüketim 290,4 milyar kilovatsaat olarak açıklanmıştır. Bu tüketimin ortalama %3 lük kısmı güneş enerjisi santrallerinden karşılanmıştır. [19]

Rüzgâr enerjisi;

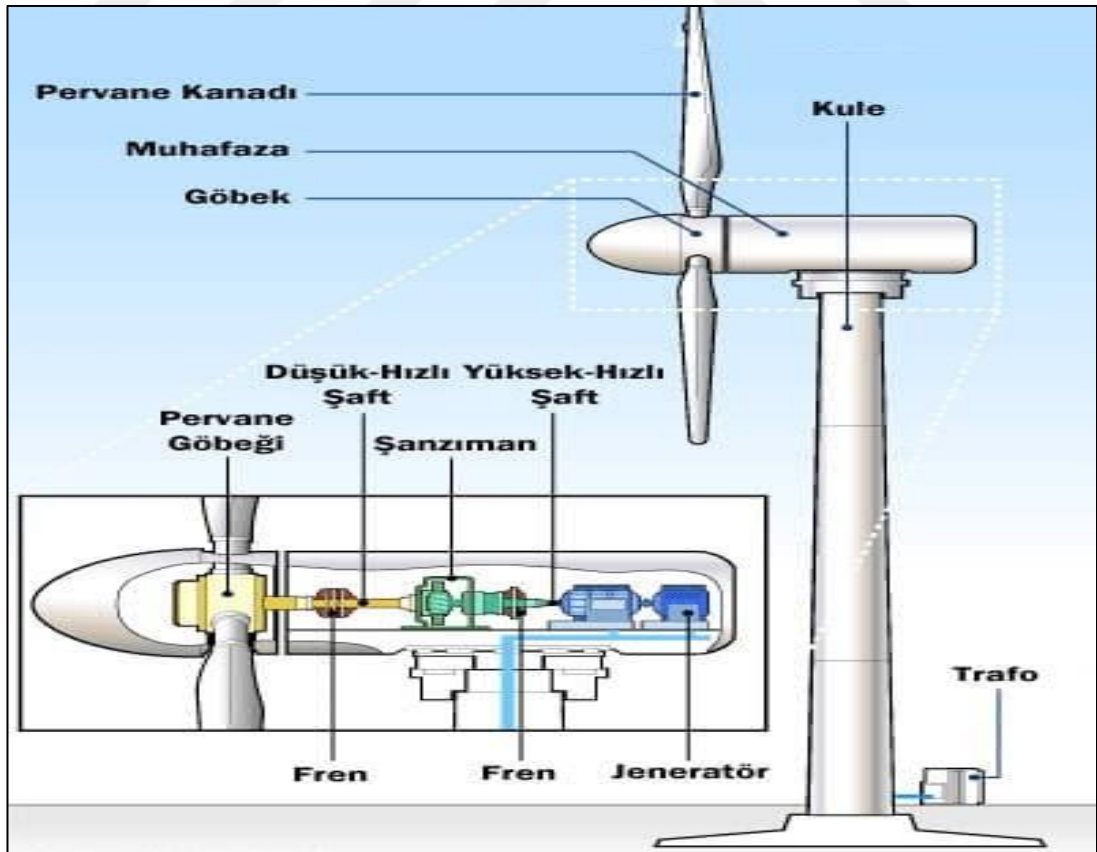
Rüzgâr enerjisi, güneşin dünya yüzeyine farklı şekillerde ışınlar göndermesinin sonucuna bağlı olarak ortaya çıkardığı sıcaklık farklılıkları sonucunda oluşan bir enerji türüdür. Dünya yüzeyinde ortaya çıkan farklı ısınmalar sıcaklığın ve basınç parametrelerinin değişmesine, bu değişmeden kaynaklı havanın hareketine sebep olan rüzgârı oluşturur. [17]

Yenilenebilir özelliğe sahip rüzgâr enerjisi üretimi ileri teknoloji gerektirmeyen, çevreci ve atmosferde bol miktarda bulunan, güneş ve dünya var olduğu süreç kolay ve çokça faydalanılabilir bir enerji türüdür. Bu özellikleri ile birçok enerji kaynağına kıyasla avantaj oluşturmaktadır.

Rüzgâr türbinleri aracılığıyla, rüzgârın oluşturduğu kinetik enerjiden elektrik enerjisi üretilir. Son yıllarda türbinlerin geliştirilmesiyle beraber düşen üretim maliyetleri rüzgâr enerjisini fosil yakıt rezervlerine rekabetçi yapmıştır. Buna istinaden dünya devletleri rüzgâr gücünden elektrik üretimi için bu işi yapma talebinde olan şirketlere büyük teşvikler sağlamaktadır.[20]

Dünyada rüzgâr enerjisini kullanarak elektrik üretimi yapan yüzden fazla ülke bulunmaktadır. En büyük üretimlere sahip olan Çin, ABD ve Almanya uzun yıllardır ilk üç sırayı korumaktadır.

2017 senesi verilerine göre Çin 187,7 GW, ABD 88,9 GW, Almanya 56,1 GW kurulu güç değerine sahiptir. [22]



Şekil 2.10. Rüzgâr türbini [21]



Türkiye’de günümüzde rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 8,7 GW değerine ulaşmıştır. 2019 senesinde rüzgâr enerji santrallerinden 21,7 milyar kilovatsaat elektrik üretimi yapılmıştır.

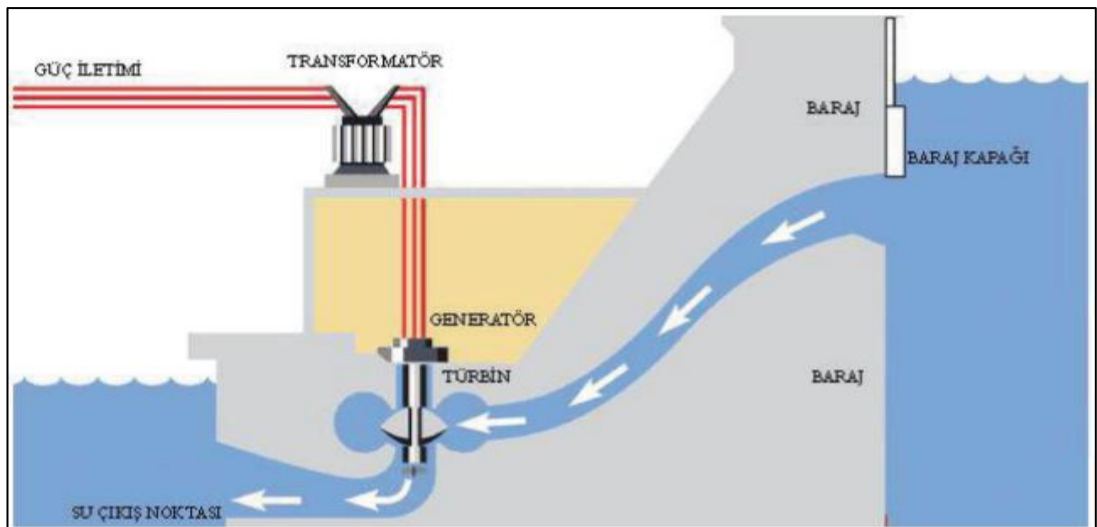
Türkiye’nin 2019 senesinde gerçekleştirdiği 290,4 milyar kilovatsaatlik elektrik tüketiminin %7,4’lik kısmı rüzgâr enerjisinden üretilen elektrikten karşılanmıştır. [23]

Hidrolik enerji;

Akan suyun gücünü elektriğe çeviren hidroelektrik santralleri tarafından üretilir. Enerjiyi beraberinde taşıyan su bir noktadan girdiği kanaldan türbinlere doğru çıkarak türbinleri döndürerek türbinlerin bağlı olduğu jeneratörlere mekanik enerjiyi dönüştürerek elektrik enerjisi iletir. [24]

Maliyetinin yanında verimi de yüksek olan hidroelektrik santralleri, coğrafyası elverişli ve yeterli sayıda akarsuyu bulunduran ülkeler, hidroelektrik santrallerinden elektrik enerjisi üretimi konusunda faydalanmaktadır. Yenilenebilir enerji türleri arasında dünyada en çok hidrolik enerjisi yer almaktadır. [25]

2019 verilerine göre dünyada hidroelektrik enerjisi üretimi 4306 terawatt ile yeni bir rekora ulaşmıştır. Çin çok geniş bir coğrafyaya sahip olmasından dolayı bu coğrafyada barındırdığı fazla sayıda nehir sayesinde hidroelektrik santralinden elektrik üretiminde dünyada birinci sıradadır. Çin’i üretim olarak Brezilya, ABD ve Kanada takip etmektedir. [25]



Şekil 2.11. Hidroelektrik santrali [24]

Türkiye hidrolik enerji potansiyeli açısından Avrupa ve dünyada önemli bir konuma sahiptir. Mevcut kaynaklarını verimli bir şekilde kullanmaya çalışan Türkiye 2019 verilerine göre 672 kayıtlı santral ile 30978 megawatt kurulu güce sahiptir. 2019 senesinde hidroelektrik santralleri ile 88.850 milyar kilovatsaat elektrik üretimi yaparak yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki en büyük elektrik üretimini gerçekleştirmiştir. Türkiye'nin 2019 senesinde gerçekleştirdiği 290,4 milyar kilovatsaatlik elektrik tüketiminin %30,5'lik kısmı hidrolik enerjisinden üretilen elektrikten karşılanmıştır. Hidrolik enerji konusunda yatırımlarını devam ettiren Türkiye, hidroelektrik santrallerinden elektrik enerjisi üretiminde dünyada dokuzuncu sırada yer almaktadır. [26]

Jeotermal enerji;

Jeotermal enerji, yeryüzünün farklı derinliklerinde yer alan ve dünya üzerindeki kaynak sularla varlığını oluşturan toplanmış enerjinin meydana getirdiği sıcaklıklar bünyesinde mineral tuzlar ve gazlar bulunduran su ve buhar birleşenlerini içeren hidrotermal küttedir. Yeraltındaki farklı sert kayaların meydana getirdiği sistemler de içerlerinde su bulundurmasalar bile jeotermal enerji kaynağıdır [27].

Bu kayaçlar sıvı maddeden oluşmamasına rağmen çeşitli teknik yöntemlerle enerjisinden fayda sağlanan, yeryüzü tabakasının derinliklerinde bulunan sıcak ve kuru kayalardır. Diğer bir tanıma göre, yer kabuğunda biriken ısı enerjisi, jeotermal enerjiyi meydana getirmektedir. [28]

Dünyada 15.275 MW jeotermal enerji kurulu gücü bulunmaktadır. Günümüzde jeotermal enerji potansiyelin var olduğu alanlar şu şekildedir; And Volkanik Kuşağı, Güney Amerika'nın batı kıyılarında yer alan bu enerji kaynağı, Venezuela, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin'i içine almaktadır.

Alp-Himalaya Kuşağı; bu jeotermal enerji kuşağı, bilinen en büyük jeotermal enerji kuşakları arasında yer alır. İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Çin, Burma ve Tayland'ı içine barındırır, Doğu Afrika Rift Sistemi; potansiyelini koruyan bu kaynak Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya, Djibuti gibi ülkeleri barındırır.

Karayip Adaları; aktif volkanizmanın bulunduğu bu kaynakta ciddi potansiyeller yer alır. Orta Amerika Volkanik Kuşağı; Guatemela, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panama'yı barındırır. [29]

Dünya Jeotermal Kongresi değerlendirmelerine göre, 2015 yılı itibariyle, Dünya'daki elektrik üretiminde toplam santral kurulu gücü 12635 MWe' e ve doğrudan kullanım için ısı üretimi 70329 MWt'e ulaşmıştır. 2010-2015 arası 5 yıllık dönemde kurulu kapasite yaklaşık 1,7 GW (yaklaşık %16) artış göstermiştir. [30]

Ülkemizde güncel verilere göre 1.579 MW Kurulu jeotermal enerji gücü bulunmaktadır. Ülkemiz tektonik ve volkanik yer kabuğu nedeniyle dünya jeotermal enerji kuşağında yer almaktadır. Ege Bölgesi'nde mevcutta bulunan tektonik çöküntü sahaları, Kuzey Anadolu Bölümünde yer alan deprem kuşağı ve farklı volkanik bölgeler jeotermal enerji kaynakları bakımından önemli potansiyel bölgeleri oluşturmaktadır. [31]

Ülkemizde ısısı 20-287° derece arasında farklılık gösteren 2000 civarı sıcak ve zengin mineralli kaynak ve ekonomik değer olarak yararlanılabilecek 220'nin üzerinde jeotermal enerji alanı yer almaktadır. Ülkemizin jeotermal sıcaklık enerjisi 60000 MWt'dır.

Türkiye'de jeotermal enerjiden elde edilen elektrik üretiminde mevcut potansiyel yaklaşık 400 MW olup önümüzdeki yıllarda yükseltilmesi hedeflenmektedir.

Direk kullanımda potansiyel enerji kapasitesi yaklaşık 2935 MW dolaylarındadır. Kızıldere jeotermal Enerji Santralinde oluşturulan kuru buz ve sıvı karbondioksitin potansiyeli 160000 ton/yıl kapasitesine ulaşmıştır.

Ülkemizde jeotermal enerji teknik ve ekonomik açıdan elektrik enerjisi üretim miktarı 2000 MW olduğu bilinmektedir.

Tüm bu veriler ışığında teorik jeotermal enerjisi elektrik üretim potansiyeli de 4500 MW olarak gerçekleştirildiği düşünülmektedir. Türkiye'nin yüzüncü kuruluş dönümü olan 2023 yılı için jeotermal elektrik enerjisi üretim potansiyeli 1500 MW' e çıkartılması çabalamaktadır. [32]

Deniz kökenli enerji;

Deniz kökenli enerji kaynakları olarak adlandırılan enerji kaynaklarını şu şekilde ayırmak mümkündür;

- Deniz ve okyanus dalga enerjisi,
- Deniz ve okyanus sıcaklık gradyant yenilebilir enerjisi,
- Deniz ve okyanus akıntıları yenilebilir enerjisi ve medcezir yenilebilir enerjisi.

Ülkemizde medcezir yenilebilir enerjisi olmadığı için deniz kökenli yenilebilir enerjiler içerisinde sadece deniz dalgasından, İstanbul ve Çanakkale Boğazlarındaki akıntılardan enerji elde edilmektedir. [17]

Ülkemizde dalgadan enerji oluşturabilmek için uygun bulunan yerler; Karadeniz Bölgesi'nin batısı, Marmara Bölgesi'nin kuzeyi ve Ege Bölgesi'nin güneybatı sahilleridir. [33] Türkiye sahillerinin yalnızca %20'sinden faydalanarak üretilebilecek toplam enerji mevcudiyeti 9000 MW güç ve 18 TWh/yıl enerji miktarındadır. [34]

Biyokütle enerji;

Biyokütle enerjisi, dünya üzerinde yaşamını sürdüren tüm biyolojik kaynaklı varlıkların güneş ışığı enerjisiyle meydana getirdikleri fotosentezle bedenlerinde topladıkları doğal birleşenlerin meydana getirdiği biokütlelerin, farklı dönüştürme biçimleriyle üretilen biyoyakıtlardan meydana gelen ısı, elektrik ve akaryakıtlar gibi gereksinimlerin karşılanması nedeniyle tüketilen bir enerji çeşididir. [35]

WBA'nın paylaştığı "Dünya Küresel Biyoenerji İstatistiği 2017" verilerine göre, 2000 ve 2014 yılları aralığında uluslararası enerji üretimi yıllık %2,2'lik bir artış meydana gelmiştir. [36]

Biokütle üretimi en fazla olan ülkeler ise; Finlandiya, İsveç, Brezilya, Danimarka ve Avusturya'dır. [37]

2014 yılında, uluslararası tüm enerji tüketimi arasında yenilebilir enerjiye kaynaklı enerji tüketiminin %14'ü biokütle enerji kaynaklarından elde edilmiştir. [36] Bugünlerde, biokütle enerji kaynakları yıllık dünya geneli enerji tüketiminin onda birini karşılayarak en fazla katkıyı yapan enerji kaynağı türüdür.

Biokütle enerji kaynakları çoğunlukla ısınma ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaktadır.

Türkiye gibi çoğu gelişmekte olan ülkelerde enerji üretiminde biokütle enerji kaynağı kullanımını %80 dolaylarındadır. Gelişmiş ülkelerde bu durum farklılık göstererek ortalama %5'in altına düşmektedir. [38]

Ülkemizde, biokütle enerji kaynaklı enerji üretimini çoğaltma çalışmaları Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun kabul edilmesiyle ivme kazanmıştır.

2010 yılından sonra, yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması ve kullanımının yaygınlaşması, sera gazının düşürülmesi, biokütle enerji kaynaklarının tüketiminin çoğaltılması ve doğa dostu teknolojilerin yaygınlaşması gibi bazı tedbirler alınmıştır.

Ülkemizde biokütle enerji kaynaklarının senelik üretim miktarı 295.880.737 tondur.

Bu üretimin hepsinin kullanılması durumunda oluşacak yıllık toplam enerji değeri da yaklaşık 44.228.796 TEP dolaylarındadır. [39]

### **2.3. Enerji Verimliliği**

Enerji verimliliği, üretimde olan kalemin kalitesini ve miktarını olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde, ekonomik büyüme ve sosyal refah dengesini bozmadan tüketilen enerji boyutunun en az seviyeye indirilmesidir.

Bu noktada enerji tasarrufu ile enerji verimliliği karıştırılmamalıdır. İlke olarak daha az enerji kullanılırsa enerji tasarrufu yapılmış olur.

Enerji verimliliği ise basit olarak enerjiyi daha akılcı kullanmaktır. [40]

Var olan tesislerin işletilmesi noktasında, kapasitelerin arttırılmasında, modernizasyon çalışmalarında ve yeni tesislerin kurulma aşamasında enerji verimliliği konusunda etüt ve projelerde öncelikle aşağıdaki önlemler dikkate alınır. [41]

- Optimizasyon ve yanma kontrolü ile yakma sistemlerinde yakıtları verimli olarak yakma,
- İklimlendirme, soğutma, ısıtma ve ısı transferinde olabilecek en yüksek verimi elde etme,

- Sıcak ve soğuk noktalarda standartlara uygun olarak ısı yalıtımı yapmak, ısıyı üreterek, dağıtımını yapan ve kullanan tüm üniteleri yalıtılarak gereksiz ısı kayıplarını veya kazançlarını en aza indirmek,
- Atık ısının geri olarak kazanılması,
- Isının işe dönüştürüldüğü noktada verimi arttırmak,
- Elektrik tüketimi noktasında kayıplarını önlenmek,
- Elektrik → mekanik/ısı enerjisi dönüşümü noktasında verimi arttırmak,
- Otomatik kontrol sistemini kullanarak insan etkisini en az seviyeye indirmek,
- Kesintisiz enerji sağlmasına yardımcı olan girdilerin seçimine önem göstermek,
- Kalite güvenlik ve standardizasyon sistemlerine dikkate ederek enerji verimliliği konusunda yüksek teknoloji ürünler arasından makinalar seçmek,
- Projelerin ısı kazançları ve ısı kayıpları hususunda uygulamada doğru adımlar seçerek projenin doğru şekilde gerçekleşmesini sağlamak,
- Enerji verimliliği ile ilgili ölçüm cihazlarını tasarım ve montaj adımlarında temin etmek,
- Kojenerasyon, ısı pompası ve yenilenebilir enerji uygulamalarını çözümlenmek,
- Aydınlatmada lambalar ve yüksek verimli armatür, elektronik balastlar, aydınlatma kontrol sistemlerini kullanmak ve gün ışığından daha fazla yararlanmak,
- Enerji dönüştüren veya tüketen gereçler için asgari verimlilik kıstaslarını sağlamak,
- Isı kontrol kaplamalı ve düşük yayınlı çift cam sistemlerini camlama işinde kullanmak.

### **2.3.1. Dünya’da enerji verimliliği çalışmaları**

Bugün yeryüzünde insan yaşamının devamı için gerekli olan tüm faaliyetler enerji sayesinde sürdürülüyor.

Artan dünya nüfusu, beraberinde tüketim fazlalığını da ortaya çıkarmaktadır. Bu durum karşısında insanoğlu bilimin yardımıyla yoğun olarak kullanılan fosil enerji kaynaklarına alternatifler aramaya başladı.

Yenilebilir enerji kaynaklarıyla bu durumu kurtarmaya çalışan insanoğlu istediği verimi bulamayınca mevcut enerji tüketiminin üzerine yoğunlaştı.

Kullanılan enerjinin azalabilmesi için dünya genelinde her alanda enerji verimliliği politikaları ve uygulamaları hayata geçirilmiştir. 2019 senesinde Çin, rüzgâr, güneş ve hidroelektrik enerjisi üreten ülke konumuna gelmiştir.

Çin diğer enerji kaynakları içerisinde de yıllık enerji üretiminde en fazla artış gösteren ülke olarak kayıtlara geçmiştir. Çin, en fazla enerji üreten ve en fazla tüketen ülke olmuştur. Çin dünyanın en büyük kömür üreticisi olmayı 2019 yılında da sürdürmüştür. Yeryüzündeki kömür kaynağının yaklaşık %50'si Çin üretilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri geçtiğimiz üç yıl dünyanın en fazla petrol üreten ülkesi olmuştur.

Amerika, 2019 yılında yeryüzündeki doğalgazın %23'ünü, petrolün %17'sini üretmiştir. 2019 senesinde karbon emisyonları miktarı ABD ve birçok gelişmiş ülke için azalırken Çin'in emisyon miktarı artarak devam etmiştir. Çin, dünyadaki enerjinin %20'sini üretirken %24'unu tüketmektedir. Amerika Birleşik Devletleri ise dünyadaki enerjinin %16'sini üretirken %16'sini da tüketmektedir. Kesinleşmiş petrol kaynaklarının yeryüzündeki dağılımında en fazla payı alan bölge %48,1 ile Ortadoğu'dur.

2019 yılında doğalgaz ve yenilenebilir enerji üretimindeki yükseliş enerji üretimindeki yükselişin 4'te 1'ini oluşturmaktadır. 2019 yılında dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen enerji %41'lik artmıştır. Bu veriler ışığında enerji üretiminde dengeler değişmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji oranı nükleer enerjiyi geri de bırakmıştır geçmiştir.

BP'nin 2020 Enerji Görünümü Raporunda önümüzdeki otuz senede, rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi üretim bütçeleri, yaklaşık %30 ve %65 düşeceği ve emisyonda %35 ve %70 azalma göstereceği belirtilmektedir. Bu varsayımlar önümüzdeki otuz sene boyunca fosil yakıt kullanımının düşeceğini öngörmektedir. Bu azalmanın miktarı ve süresi, geleneksel ulaşım imkânlarındaki alışıla gelmiş yöntemlerin gelişmesinden kaynaklanmaktadır.

Dünyada tüketilen enerjinin verimliliğindeki yöntemleri yaygınlaştırmak için hayata geçirilecek kanunlar ve uygulamalar çok önemlidir. Karayolunda taşımacılığa olan ilgi, geçen gün artarken, kara ve hava ulaşımı artmaktadır.

Artan ulaşım talebi için ihtiyaç duyulan enerji kişisel otomobiller, kamyonlar ve havacılıktaki enerji tasarruf artışıyla dengelenmektedir. [42]

Dünyadaki enerji talebinin her geçen gün arttığı ama enerji elde edilen kaynakların gün geçtikçe azalmaktadır. Tüketilen enerjinin da tasarruflu kullanılması için dünya genelince çaba sarf edilmektedir.

Sürekliliği olan kalkınma planının enerji ile bağlantısı, enerjinin insanlara sağlıklı bir biçimde ulaşmasını ele almaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın devam eden kaliteli enerji üretimiyle imkân bulacağı öngörülmektedir.

Fazla kullanım enerji kaynağı miktarına ulaşan petrol, doğalgaz ve kömür hızla tükenmekte oluşu ve bu kaynakların oluşturduğu doğa sorunları, rasyonel ve ekonomik şekilde tüketimini mecburi bırakmada, hem de enerji kaynaklarının verimliliğinin devam edebilir kalkınma için ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu durumda, enerji kaynaklarının verimliliği ülkelerin yükselişinde ciddi bir öneme sahiptir. [43]

Dünyadaki üretim alanlarındaki enerji tüketimi, üretimindeki artışla birlikte artacağı öngörülmektedir. Ülkemizde demir-çelik üretimi 2011 yılında önceki yıla göre %17,2 oranında üretimini artırarak en fazla demir çelik üretimi yapan ülkeler arasına girmiştir. Diğer yandan çimento sanayi, ülkemizde büyüme hızında düşüş göstermişse de Avrupa'da en fazla çimento ihracatı yapan ülke olmuştur.

Üretim alanlarının enerji kullanımı ve enerji tasarrufu verilerine yer verilmesi, ihtiyaç duyulan uygulamalara yönlmesine yol açarak gelecekteki çalışmalara destek oluşturacaktır. [44]

Yeryüzünde, enerjinin daha verimli tüketilmesi için farklı çalışmalar yürütülmektedir. Enerjinin daha verimli kullanılması için teknolojilerin hem geliştirilmesi hem de yaygınlaştırılması oldukça pahalı projeler uygulanmaktadır.

Enerjinin daha verimli tüketilmesiyle ilgili verilere göre ülkemizin dünya genelinden daha geride kaldığı ve katma değer yaratabilmek için oldukça fazla enerji harcadığı görülmektedir.



Avrupa Birliği ODYSSEE uygulaması dâhilinde hayata geçirilen ve ODEX olarak bilinen “Enerji Verimliliği Endeksi” sektörel olarak enerji verimliliği eğilimlerini takip etmek için uygulanan bir ölçüm sistemidir. Böylece sanayi ürünlerinin üretimindeki artış veya azalış enerji tüketimi üzerindeki verimliliğin ölçülmesini sağlamaktadır.

Bu veriler enerji verimliliği farklılığını enerji potansiyeline göre daha iyi açık bir şekilde ifade edilmesine imkân kılmaktadır. [45]

### **2.3.2. Türkiye’de enerji verimliliği çalışmaları**

Ülkemizde yapılan enerji verimliliği çalışmalarına göre, ulaşımda en az %15, binalarda en az %35 ve sanayide en az %20 oranlarında enerji tasarruf gücüne sahip olduğumuzu göstermektedir. Potansiyel ve güçler değerlendirildiğinde, ortaya koyacağımız enerji tasarruf değeri yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilebilecek enerji değerinden daha fazladır. Eğer bu enerji verimliliği noktasında kararlı adımlar atılarak ilerlenirse ülke olarak enerji talebimiz 2023 yılına kadar ortalama %20 kadar azalacaktır. Bu pay da yaklaşık 100 milyar kWh’a tekabül etmektedir.

2000’li yıllardan itibaren doğal kaynaklarda sınır olan ülkemiz, yeni teknolojilerle beraber doğal kaynakların daha akılcı kullanılması sağlanarak enerji üretimini çeşitlendirerek alternatif enerji kaynakları sağlanmalıdır. Bu enerji kaynakları sağlanırken çevre ve insan sağlığı dikkate alınarak, enerji verimliliğini her alanda uygulayıp sürdürülebilir enerji arzı gerçekleştirilebilmesine yoğunlaşarak ilgili çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Enerjinin daha verimli ve faal kullanımını yaygınlaştırmak ve bu gaye ile çalışmalar gerçekleştirmek, birtakım uygulamaları zorunlu tutmak ve bunları denetlemek amacı ile bütün OECD ülkelerinde uzun seneler önce başlatılan ve uygulanan enerji verimliliği çalışmaları için ülkemizde de çeşitli yasal düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. Bu noktada 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu”, 2 Mayıs 2007 tarihinden itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Enerji verimliliği üzerine yapılan iyileştirme çalışmaları ile yatırım maliyetlerinin azalabileceği gibi enerji tasarrufunda, üretiminde ve dağıtımında artışlar sağlanabilir. Bunlara bağlı olarak da birincil enerji ithalatı konusunda büyük ölçüde düşüşler gerçekleşebilir.

Enerjinin verimli kullanımı sonucunda sağlanacak enerji tasarrufu, en hızlı ve en ucuz elde edilen ve bedeli diğerlerinden daha ucuz olan ve öncelikle başvurulması gereken yerli ve en temiz enerji kaynağıdır. Ekonomik olarak gelişmiş ülkeler sıralamasında ilk 10 arasında yer bulabilmek için, daha az harcanan enerji ile daha çok ekonomik yarar ve karlılık elde edilmelidir.

Yöntem; enerjiyi her kademede verimli kullanarak, üretimde katma değeri yüksek olan malın üretimini arttırmaktır. İsrafi engellemek, kayıp ve kaçakları minimuma düşürmek, atıkları geri dönüşümde değerlendirmek, teknolojik olarak yeni gelişmeleri takip etmek ve yaygınlaştırmak koşuluyla enerjinin üretim aşamasından tüketim aşamasına kadar olan her noktasında enerji verimliliğinin artırılmasıyla enerji üretim maliyetlerinin ekonomi üzerinde baskısı artacaktır.

Bir birim gayri safi yurtiçi hasıla elde etmek için tüketimi gerçekleştiren enerji miktarı, enerjiye gerçekleşen talep artışını tasarrufla bir kısmını karşılayarak ithalatı azaltıp Türkiye'nin dış ticari dengesine ve cari açığın azalmasına büyük destek sağlanacak, istihdam konusunda yeni alanlar oluşacak ve enerji tüketiminden oluşan emisyonlar azaltılacaktır. Artan elektrik ihtiyaçlarına bağlı olarak ilerleyen yıllarda enerji arz güvenliğini sağlamak için Türkiye'nin enerji planlamasında stratejik öneme sahip konular aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Türkiye'nin var olan kömür ve hidroelektrik santral potansiyelinin öncelikli şekilde değerlendirilerek bilimsel çalışmalarının yapılması
- Yerli enerji kaynaklarını arama faaliyetlerinde desteğin artırılması
- Dışa bağımlılığı yüksek olan doğalgazın ithalatının azaltılması için çalışmalar yapılması
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımın, üretimin artırılarak bu kaynaklardan daha fazla yararlanılması
- Nükleer enerji noktasında çalışmaların artırılarak bu teknolojinin ülkeye getirilmesinin gerçekleşmesi
- Petrol ürünlerinde olan kaçak kullanımın önlenmesi ve elektrikteki kaçak ve kayıp kullanımın azaltılması
- Enerji tasarrufunu ülke genelinde bilinçli şekilde anlatılması ve enerjinin verimli kullanılması.

### 3.DENEYSEL MATERYAL VE METODLAR

Bir maden işletmesinde artan enerji fiyatları nedeniyle enerjiyi verimli kullanabilmek için olası kayıpları tespit etmek ve verimliliği arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında değirmenler, fanlar, pompalar, flotasyon motorları ve trafolarla ölçümler yapılmış, aydınlatma, basınçlı hava sistemleri incelenmiştir. Ölçüm çalışmalarında her bir takım ve hat ayrı ayrı incelenerek, gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Tespiti gerçekleştirilen, kayba sebebiyet veren noktalar, bu noktalar üzerinden ne kadar kayıp olduğu ve ilgili kaybın telafisi hususunda gereken yatırım ihtiyaçları ve fiyat bilgileri noktasında önerilerde bulunulmuştur.

Değirmen motorlarını incelemek amacı ile değirmen aktif güç ve motor yüklenme durumu bilgileri otomasyondan alınmıştır. Ayrıca işletme yetkililerinden mevcut değirmen elektrik motorlarının teknik bilgileri elde edilmiştir.

Fanların elektriksel ölçümü enerji analizörü ile yapılmıştır.

Pompaların elektriksel ölçümü enerji analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Ultrasonik debimetre ile pompa hatlarından debi ölçülmüştür. Mekanik manometre ile pompa hattından emme ve basma basınçları ölçülmüştür. Flotasyon hücreleri motorları elektriksel ölçümü enerji analizörü ile gerçekleştirilmiştir.

Kompresör odasında, basınçlı hava ana dağıtım hatlarında, pnomatik selenoidlerde, basınçlı hava tabancalarında vb. noktalarda ultrasonik sızıntı dedektörü ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.

#### **4.BİR MADEN İŞLETMESİNDE ENERJİ VERİMLİLİK ÇALIŞMASI**

Bir maden işletmesinde gerçekleştirilen enerji verimliliği çalışmaları kapsamında yapılan ölçümler ve incelemeler aşağıda belirtilmiştir:

- Genel enerji tüketim analizleri,
- Pompa analizleri,
- Kompresör analizleri,
- Basınçlı hava kaçakları tespiti,
- Sıcak yağ kazanı analizleri,
- Karbon firını analizi,
- Blower analizleri,
- Fan analizleri,
- Soğutma kulesi analizleri,
- Chiller analizleri,
- Değirmen motorları analizleridir.

## 5.ENERJİ YÖNETİMİ

### 5.1. Endüstriyel İşletmenin Enerji Tüketimi ve Üretimin İncelenmesi

İşletmenin 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait elektrik tüketimleri Tablo 5.1. ile Tablo 5.3. arasında verilmiştir.

Tablo 5.1. 2018 yılı aylara göre elektrik tüketim bilgileri

	Aylar	Elektrik	
		kWh	TEP
2018	Ocak	1.758.208,32	151,21
	Şubat	2.402.284,68	206,60
	Mart	2.716.891,56	233,65
	Nisan	2.506.695,48	215,58
	Mayıs	2.589.801,84	222,72
	Haziran	2.534.110,56	217,93
	Temmuz	2.639.225,16	226,97
	Ağustos	2.473.467,84	212,72
	Eylül	2.429.376,84	208,93
	Ekim	2.552.972,40	219,56
	Kasım	2.552.972,40	219,56
	Aralık	2.576.222,64	221,56
	<b>TOPLAM</b>	<b>29.732.229,72</b>	<b>2.556,99</b>

Tablo 5.2. 2019 yılı aylara göre elektrik tüketim bilgileri

	Aylar	Elektrik	
		kWh	TEP
2019	Ocak	2.620.942,92	225,40
	Şubat	2.401.200,00	206,50
	Mart	2.608.200,00	224,31
	Nisan	2.484.000,00	213,62
	Mayıs	2.417.760,00	207,93
	Haziran	2.293.560,00	197,25
	Temmuz	2.409.480,00	207,22
	Ağustos	2.326.680,00	200,09
	Eylül	2.318.400,00	199,38
	Ekim	2.351.520,00	202,23
	Kasım	2.219.040,00	190,84
	Aralık	2.392.920,00	205,79
	<b>TOPLAM</b>	<b>28.843.702,92</b>	<b>2.480,56</b>

Tablo 5.3. 2020 yılı aylara göre elektrik tüketim bilgileri

	Aylar	Elektrik	
		kWh	TEP
2020	Ocak	2.318.400,00	199,38
	Şubat	2.194.200,00	188,70
	Mart	2.326.680,00	200,09
	Nisan	2.277.000,00	195,82
	Mayıs	2.252.160,00	193,69
	Haziran	2.202.480,00	189,41
	Temmuz	2.252.160,00	193,69
	Ağustos	2.235.600,00	192,26
	Eylül	2.144.520,00	184,43
	Ekim	2.169.360,00	186,56
	Kasım	2.185.920,00	187,99
	Aralık	2.268.720,00	195,11
	<b>TOPLAM</b>	<b>26.827.200,00</b>	<b>2.307,13</b>

İşletmenin 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait doğalgaz tüketimleri Tablo 5.4 ile Tablo 5.6 arasında verilmiştir.

Tablo 5.4. 2018 yılı aylara göre LNG tüketim bilgileri

	AYLAR	Doğalgaz		
		Sm <sup>3</sup>	kWh	TEP
2018	Ocak	10.935,40	104.903,55	9,02
	Şubat	21.637,20	207.566,16	17,85
	Mart	22.965,80	220.311,45	18,95
	Nisan	22.484,00	215.689,53	18,55
	Mayıs	24.236,00	232.496,51	19,99
	Haziran	22.308,80	214.008,84	18,40
	Temmuz	22.630,00	217.090,12	18,67
	Ağustos	21.754,00	208.686,63	17,95
	Eylül	23.725,00	227.594,48	19,57
	Ekim	23.549,80	225.913,78	19,43
	Kasım	22.980,40	220.451,51	18,96
	Aralık	25.214,20	241.880,41	20,80
	<b>TOPLAM</b>	<b>264.420,60</b>	<b>2.536.592,97</b>	<b>218,14</b>

Tablo 5.5. 2019 yılı aylara göre LNG tüketim bilgileri

	AYLAR	Doğalgaz		
		Sm <sup>3</sup>	kWh	TEP
2019	Ocak	22.206,60	213.028,43	18,32
	Şubat	20.936,40	200.843,37	17,27
	Mart	23.243,20	222.972,56	19,18
	Nisan	21.578,80	207.005,93	17,80
	Mayıs	21.389,00	205.185,17	17,65
	Haziran	22.104,40	212.048,02	18,24
	Temmuz	21.272,20	204.064,71	17,55
	Ağustos	21.841,60	209.526,98	18,02
	Eylül	21.739,40	208.546,57	17,94
	Ekim	21.286,80	204.204,77	17,56
	Kasım	22.235,80	213.308,55	18,34
	Aralık	24.644,80	236.418,14	20,33
	<b>TOPLAM</b>	<b>264.479,00</b>	<b>2.537.153,20</b>	<b>218,20</b>

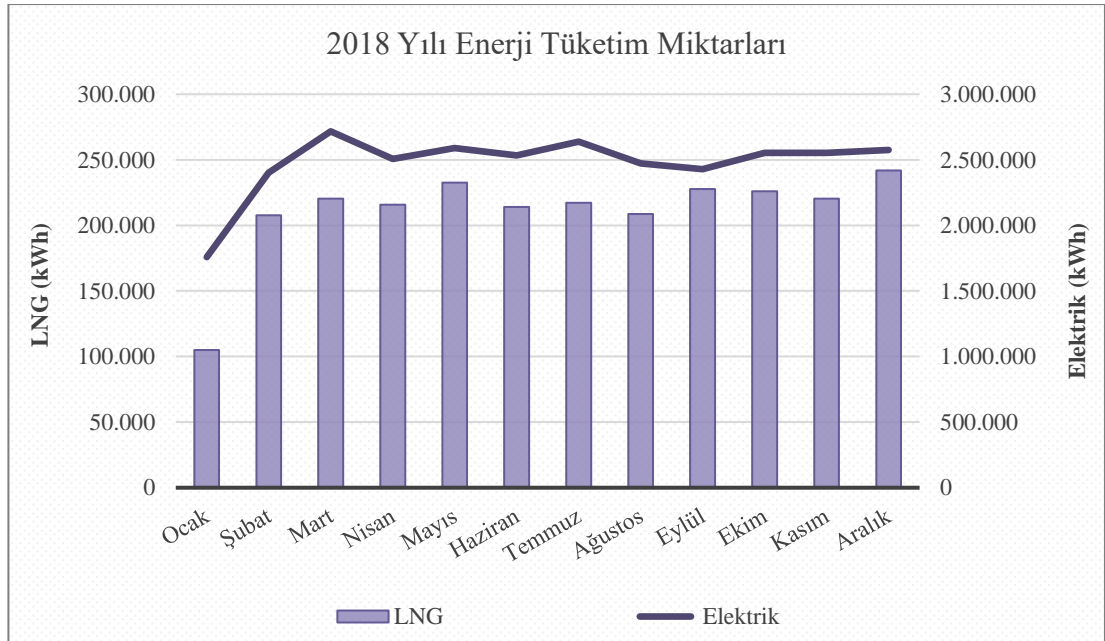
Tablo 5.6. 2020 yılı aylara göre LNG tüketim bilgileri

	AYLAR	Doğalgaz		
		Sm <sup>3</sup>	kWh	TEP
2020	Ocak	25.447,80	244.121,34	20,99
	Şubat	25.126,60	241.040,06	20,73
	Mart	25.360,20	243.280,99	20,92
	Nisan	25.287,20	242.580,70	20,86
	Mayıs	25.228,80	242.020,47	20,81
	Haziran	23.768,80	228.014,65	19,61
	Temmuz	25.228,80	242.020,47	20,81
	Ağustos	23.506,00	225.493,60	19,39
	Eylül	20.323,20	194.960,93	16,77
	Ekim	26.761,80	256.726,57	22,08
	Kasım	27.097,60	259.947,91	22,36
	Aralık	28.411,60	272.553,14	23,44
	<b>TOPLAM</b>	<b>301.548,40</b>	<b>2.892.760,83</b>	<b>248,77</b>

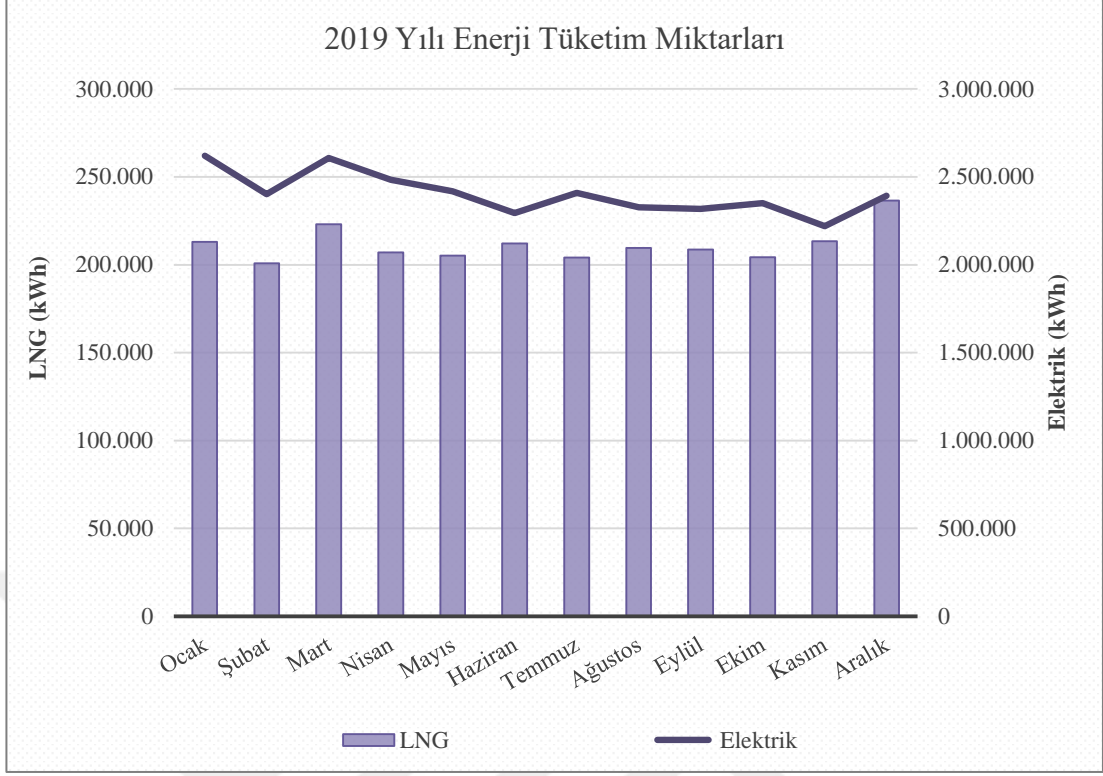
Tablo 5.7. 2018, 2019 ve 2020 yılları motorin tüketim bilgileri

Yıl	Motorin		
	litre	kWh	TEP
2018	198.999,00	1.958.983,18	168,47
2019	121.505,00	1.196.117,83	102,87
2020	19.117,00	188.191,30	16,18

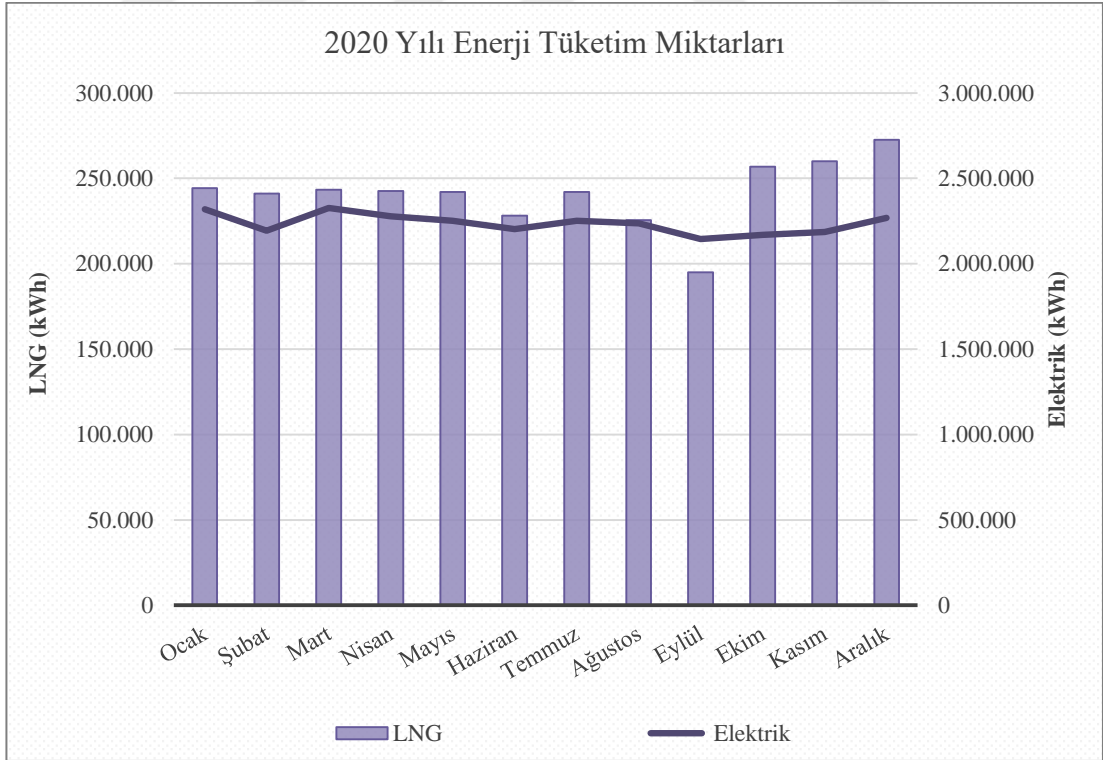
Aylara göre işletmenin enerji tüketim miktarını gösteren grafikler Şekil 5.1 ile Şekil 5.3 arasında verilmiştir.



Şekil 5.1. 2018 yılı aylara göre enerji tüketimleri



Şekil 5.2. 2019 yılı aylara göre enerji tüketimleri



Şekil 5.3. 2020 yılı aylara göre enerji tüketimleri

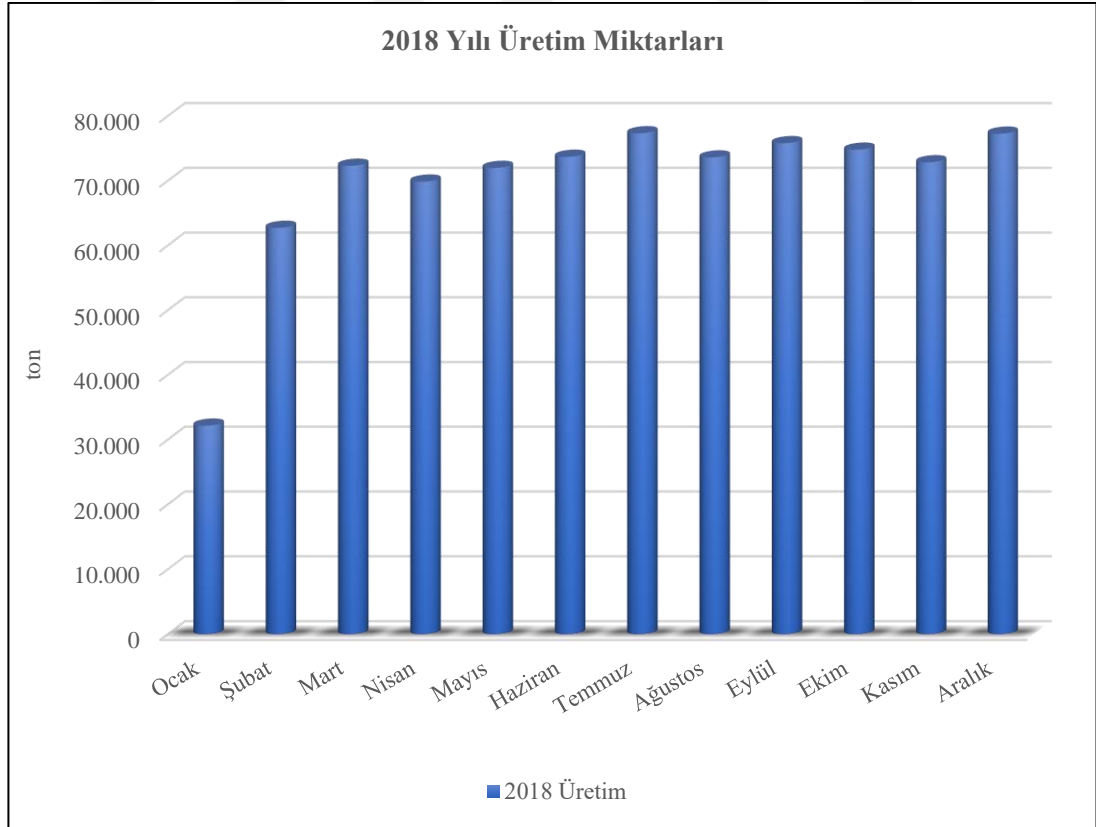
İşletmeye ait 2018, 2019 ve 2020 yılları üretim bilgileri Tablo 5.8’de verilmiştir.



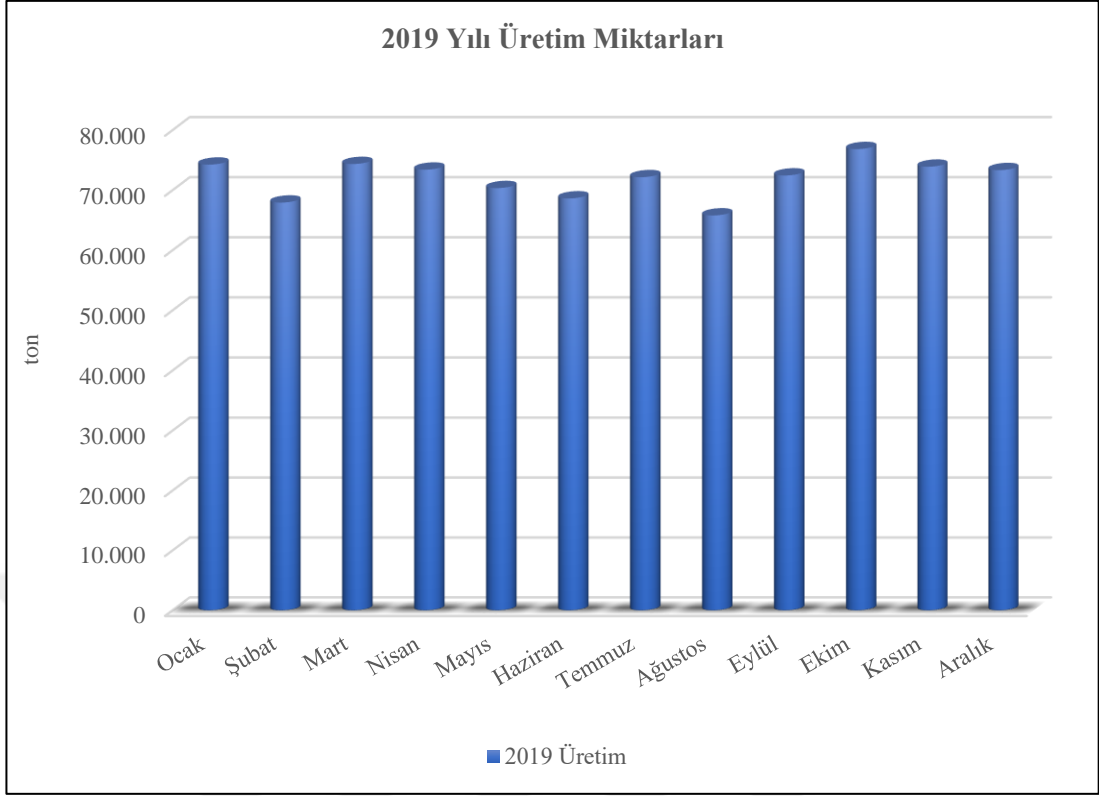
Tablo 5.8. 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait üretim bilgileri

AYLAR	2018 Üretim	2019 Üretim	2020 Üretim
	ton	ton	ton
Ocak	32.150,19	74.252,87	71.489,81
Şubat	62.717,21	67.933,20	69.925,00
Mart	72.309,64	74.355,48	76.025,98
Nisan	69.857,43	73.410,54	74.686,48
Mayıs	71.981,06	70.346,41	69.540,00
Haziran	73.694,71	68.627,20	72.029,17
Temmuz	77.330,82	72.153,72	70.953,34
Ağustos	73.589,20	65.794,07	71.290,50
Eylül	75.798,93	72.444,25	65.002,35
Ekim	74.788,32	76.838,36	67.329,00
Kasım	72.847,60	73.904,19	65.960,00
Aralık	77.266,40	73.334,13	60.949,00
<b>TOPLAM</b>	<b>834.331,51</b>	<b>863.394,42</b>	<b>835.180,63</b>

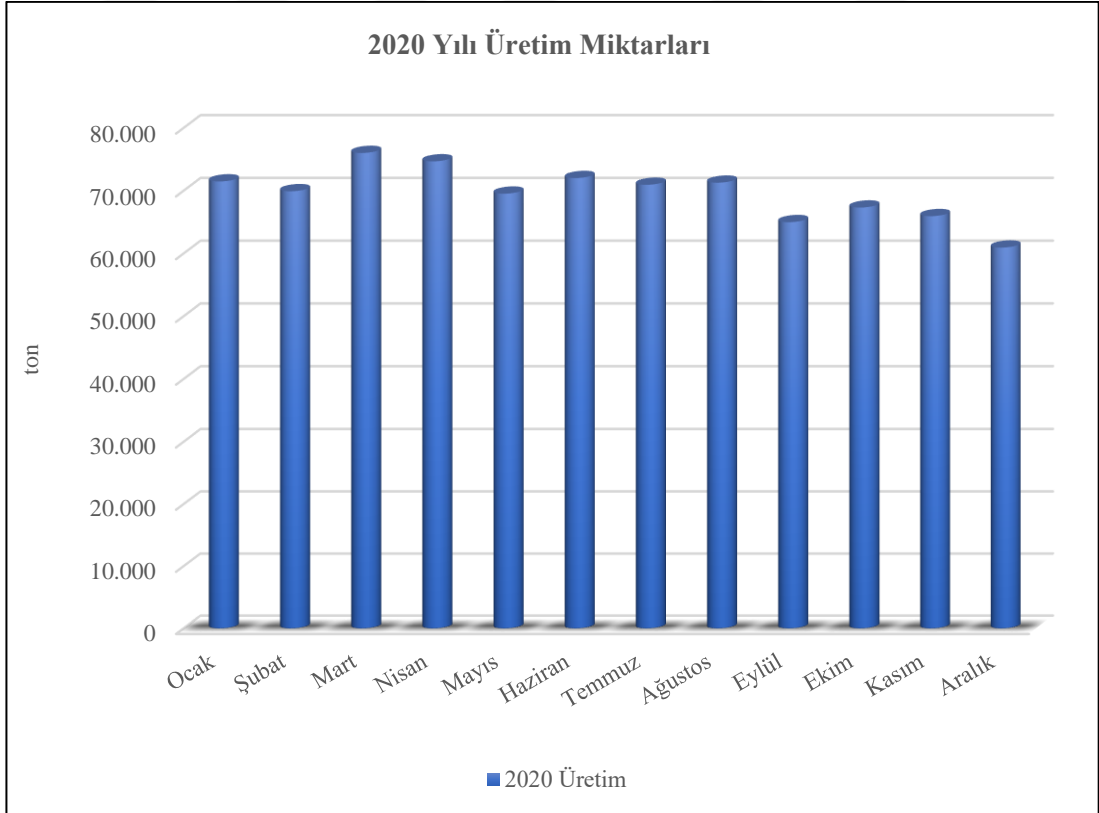
Aylara göre işletmenin üretim miktarını gösteren grafikler Şekil 5.4 ile Şekil 5.6 arasında verilmiştir.



Şekil 5.4. 2018 yılı aylara göre üretim miktarı



Şekil 5.5. 2019 yılı aylara göre üretim miktarı



Şekil 5.6. 2020 yılı aylara göre üretim miktarı

## 5.2. Endüstriyel İşletmenin Üretim – Tüketim Analizleri

Grafik Açıklamaları;

Üretim – Tüketim Dağılımı Grafiği:

Aylık bazda tüketilen enerjilere karşı yapılan üretimleri göstermektedir.

Üretim – Tüketim Trend Grafiği:

Ortaya çıkan eğri, işletmenin mevcut durumda üretim – tüketim trendini göstermektedir. Grafikte bulunan noktalar, soldan sağa doğru yılın aylarına göre tüketim eğilimini göstermektedir (en sol nokta Ocak ayını, en sağ nokta Aralık ayını göstermektedir). Eğrinin altında kalan noktalar verimli çalışılan ayları, eğrinin üzerindeki noktalar ise verimsiz çalışılan ayları belirtmektedir.

Spesifik Enerji Tüketimi Grafiği:

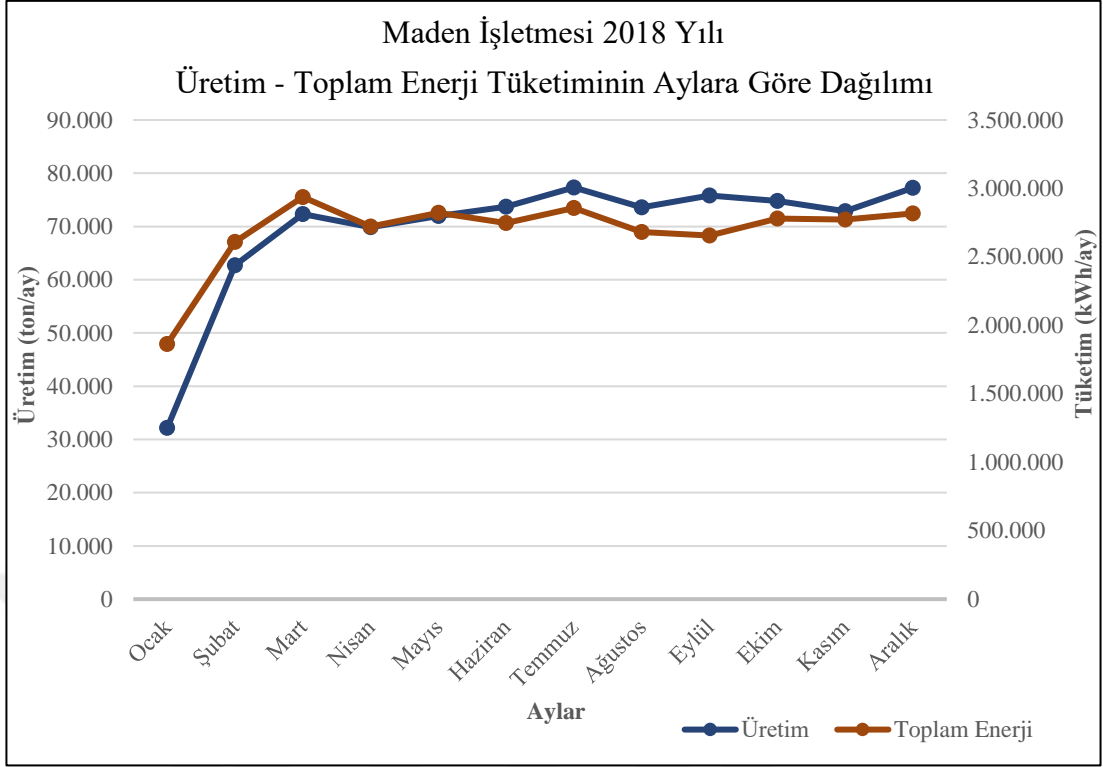
Spesifik enerji, birim ürün üretebilmek için harcanması gereken enerjiyi ifade etmektedir.

Üretim-Tüketim Trend Grafiğine benzer olarak oluşan eğri, mevcut durumda spesifik enerji tüketimlerinin trendini göstermektedir. Yine eğrinin altında kalan noktalar verimli çalışılan ayları, eğrinin üzerindeki noktalar ise verimsiz çalışılan ayları belirtmektedir.

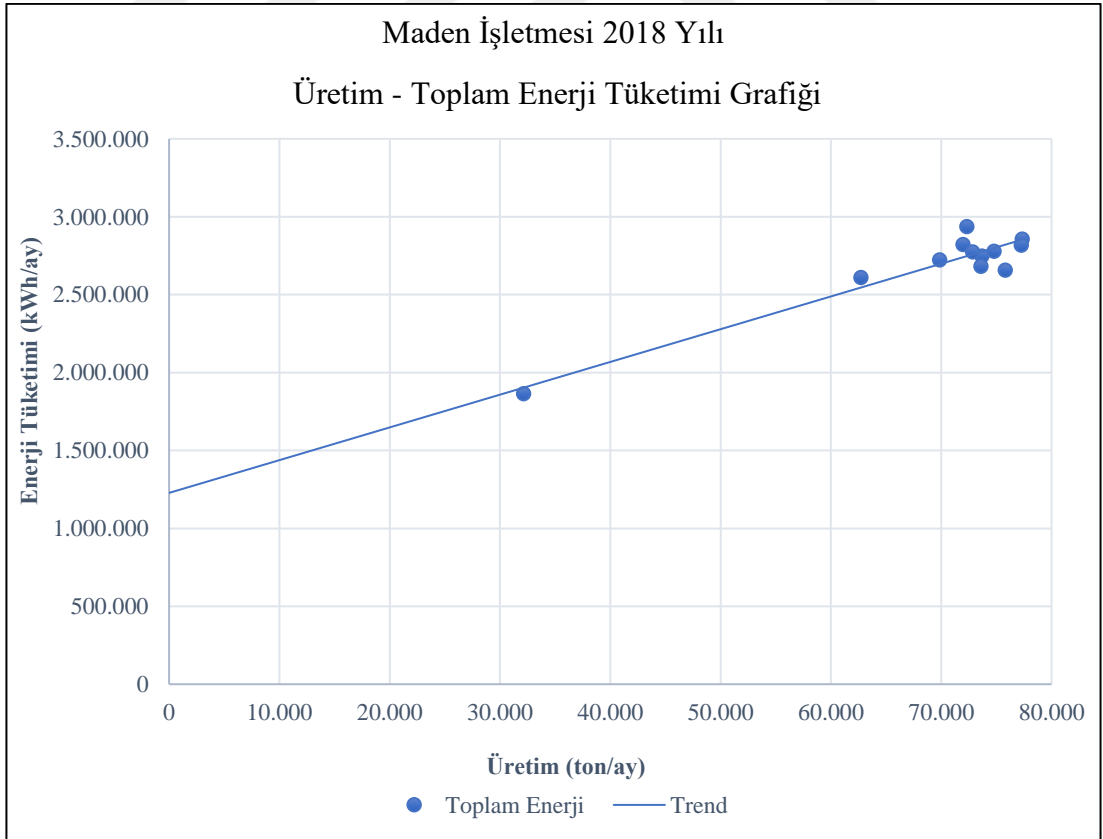
CUSUM (cumulative sum) Grafiği:

İşletmenin mevcut üretimleri ve bunlara karşılık gelen enerji tüketimlerine göre oluşan trende bağlı olarak ay bazında hedef noktalar belirlenir. Aylık gerçekleşen tüketimler ile hedef noktalar arasındaki farklar, yani bu iki değer arasındaki sapma miktarları toplanarak hedeften toplamda ne kadar sapma olduğu tespit eden grafiklerdir. Böylece hedef değerlerine bağlı kümülatif olarak sağlanacak enerji tasarruf potansiyeli belirlenir.

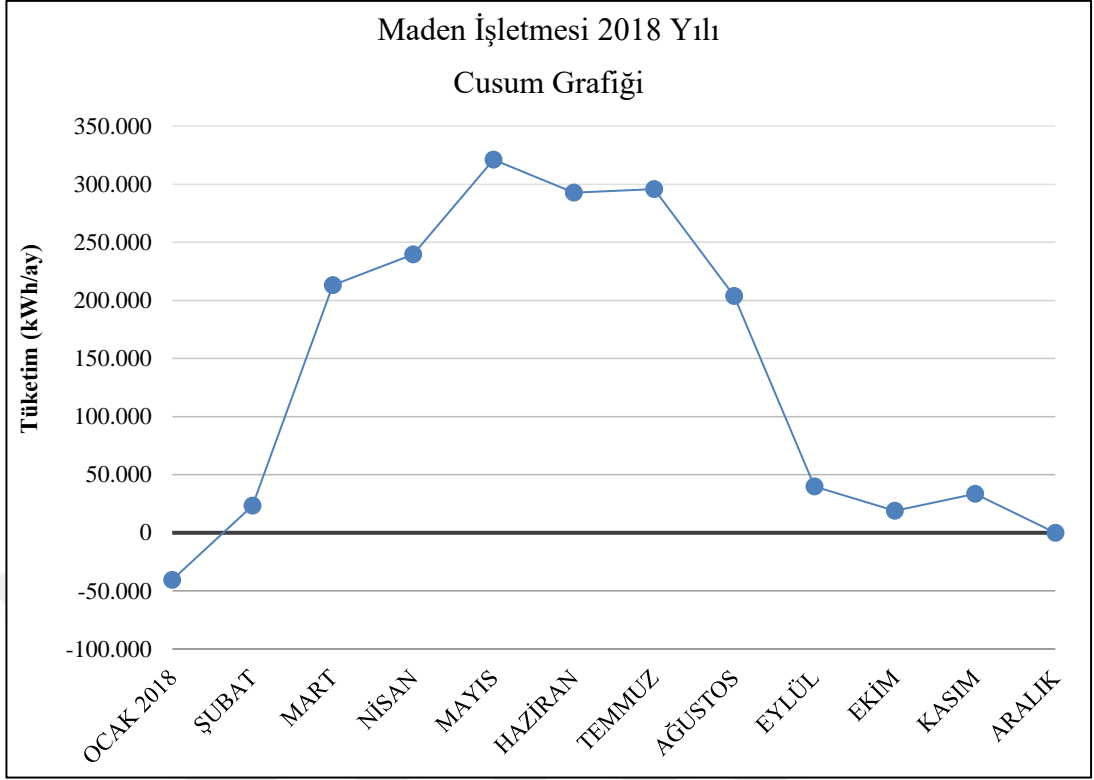
Eğri, yukarı yönde ise hedefin üzerinde gerçekleşme, aşağı yönde ise hedefin altında gerçekleşme söz konusudur.



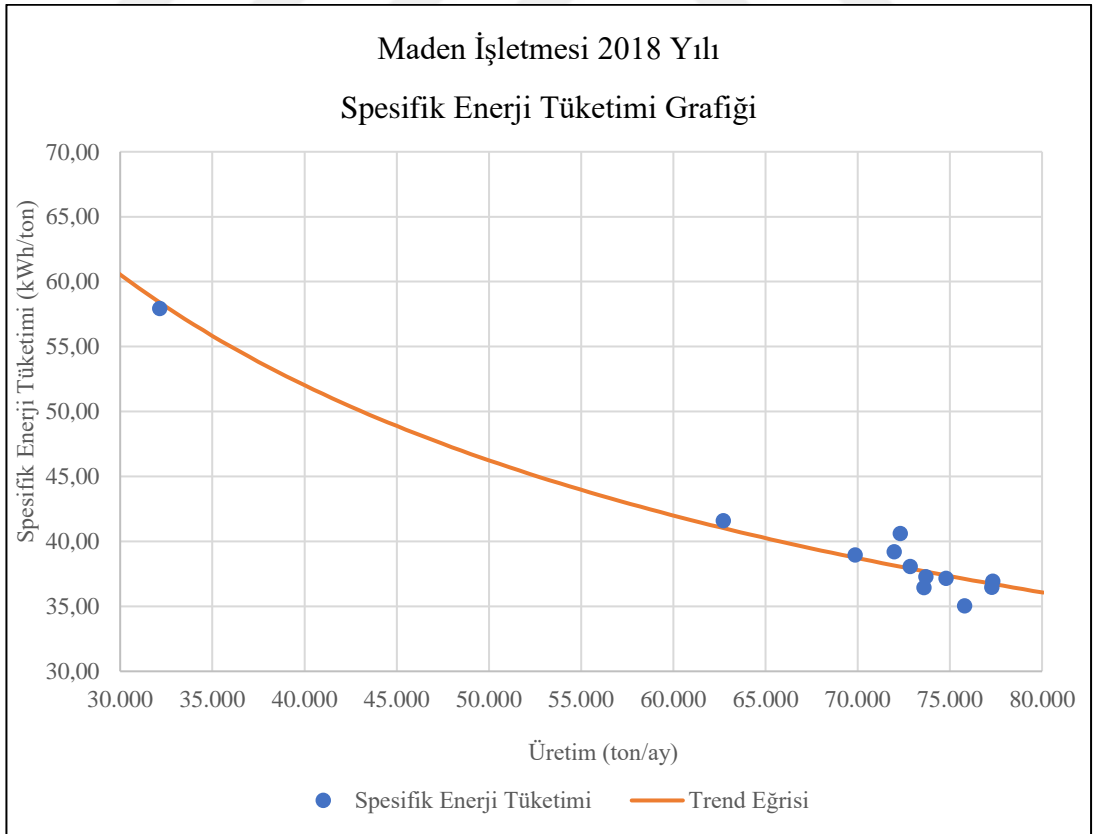
Şekil 5.7. 2018 yılı üretim-tüketimlerinin aylara göre dağılımı



Şekil 5.8. 2018 yılı üretim-toplam enerji tüketimleri trend grafiği

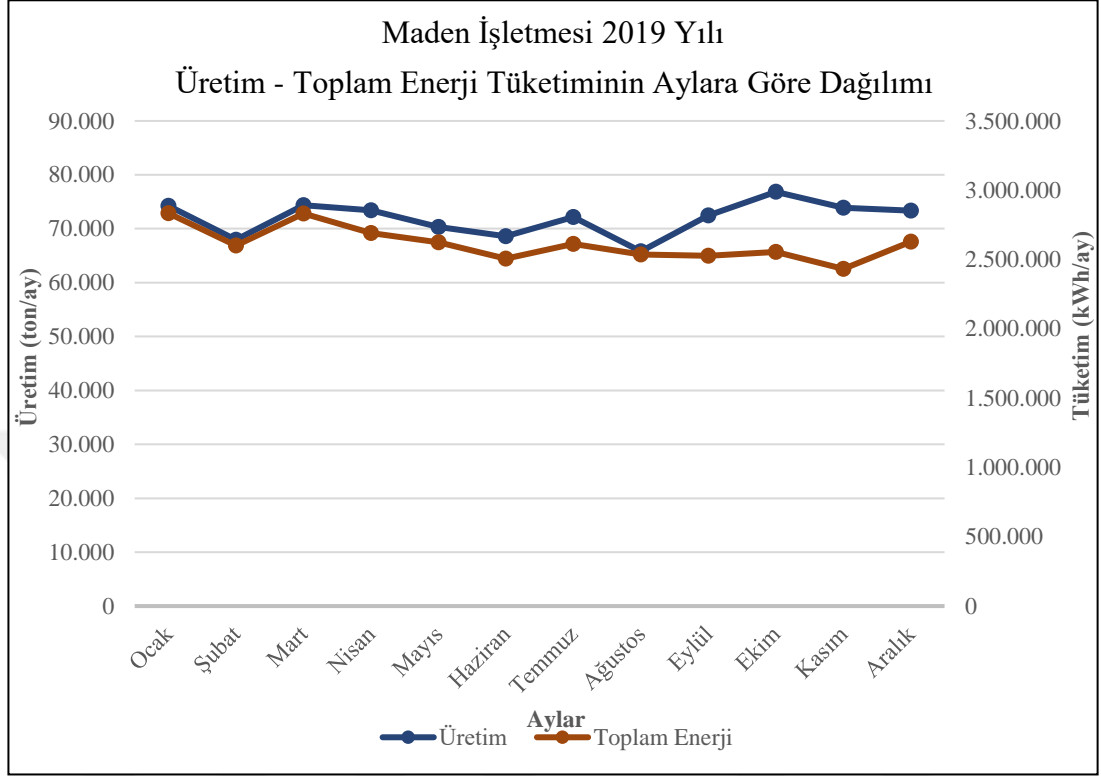


Şekil 5.9. 2018 yılı Cusum grafiği

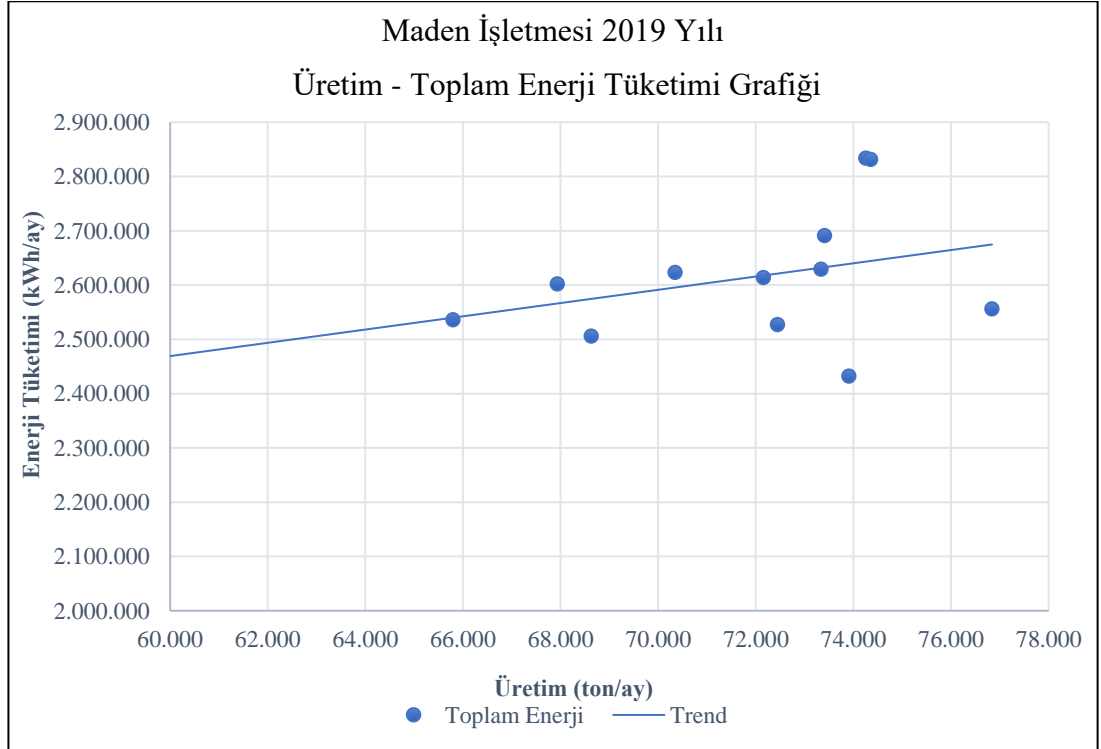


Şekil 5.10. 2018 yılı spesifik enerji tüketim grafiği

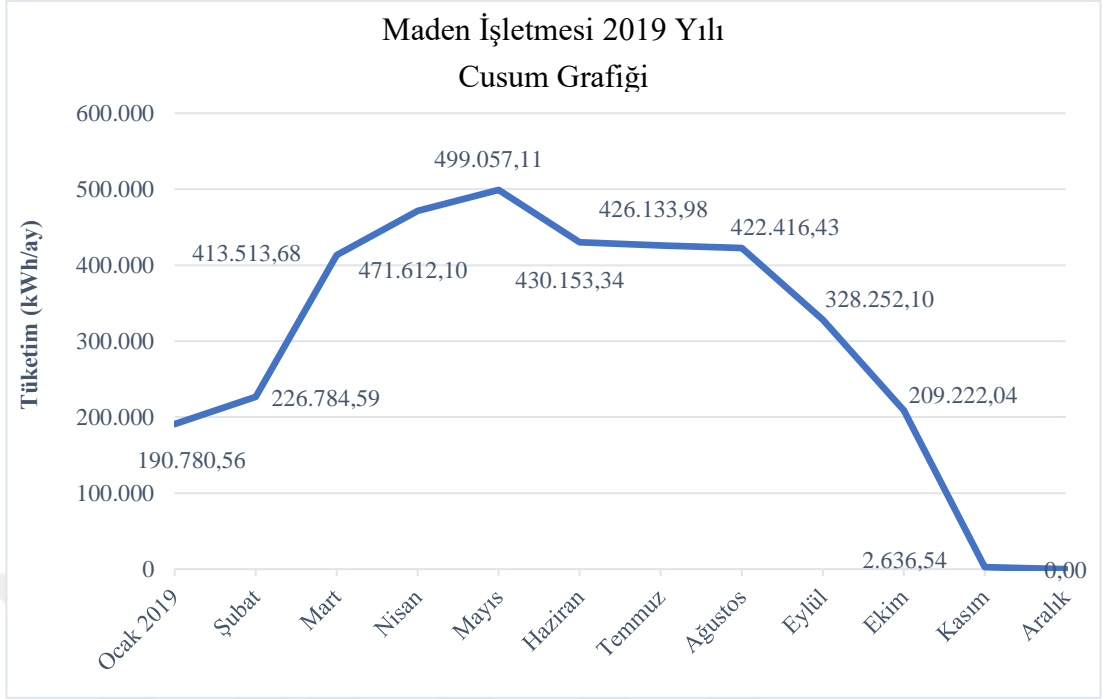
2018 yılına ait grafikte Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında spesifik enerji tüketimleri aylık ortalama enerji tüketim değerinin üzerindedir.



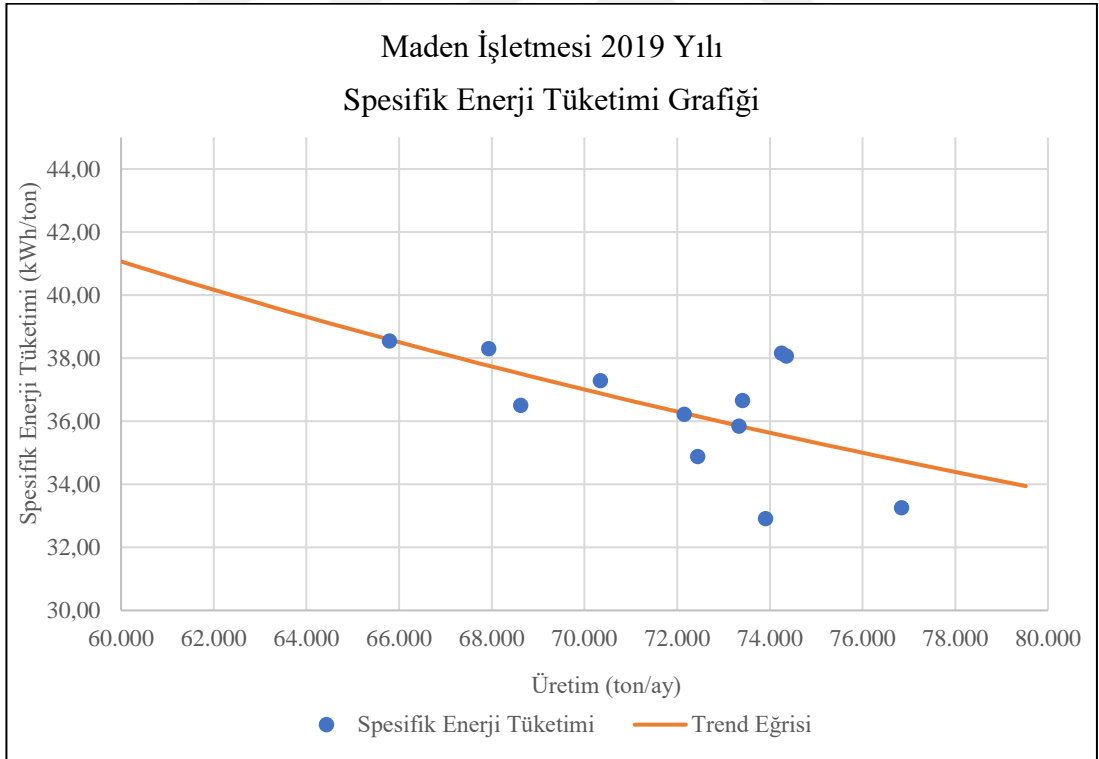
Şekil 5.11. 2019 yılı üretim-tüketimlerinin aylara göre dağılımı



Şekil 5.12. 2019 yılı üretim-toplam enerji tüketimleri trend grafiği

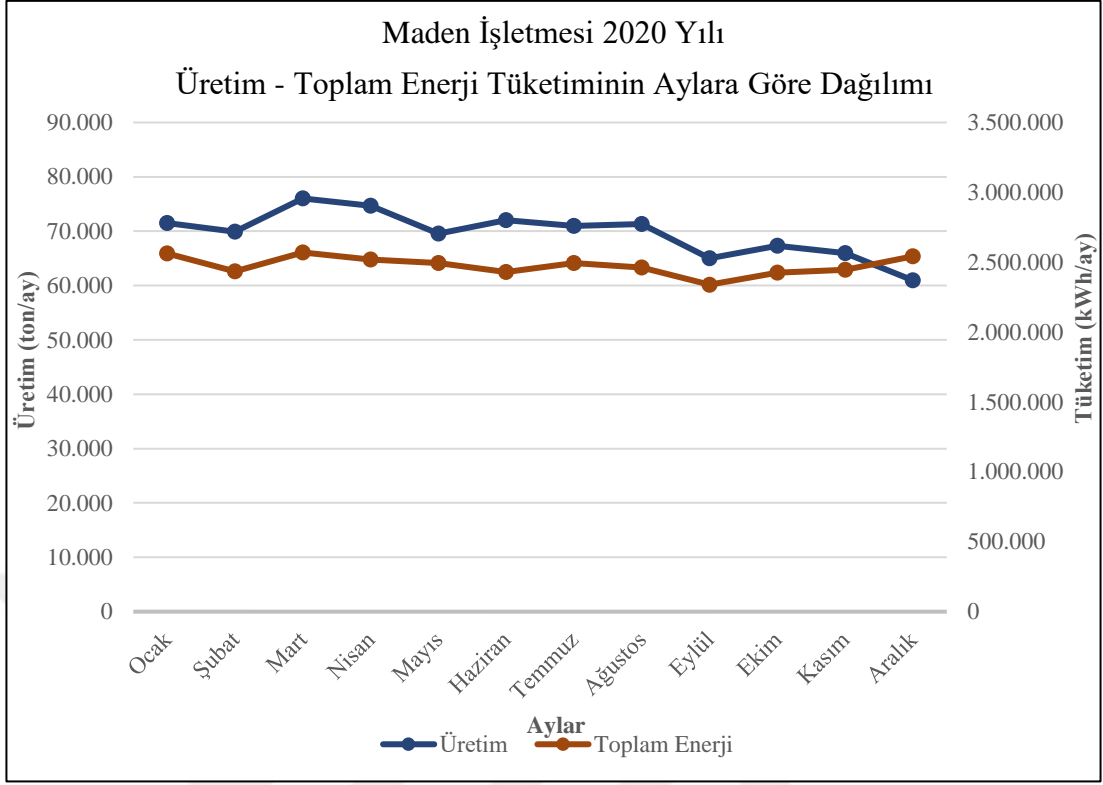


Şekil 5.13. 2019 yılı Cusum grafiği

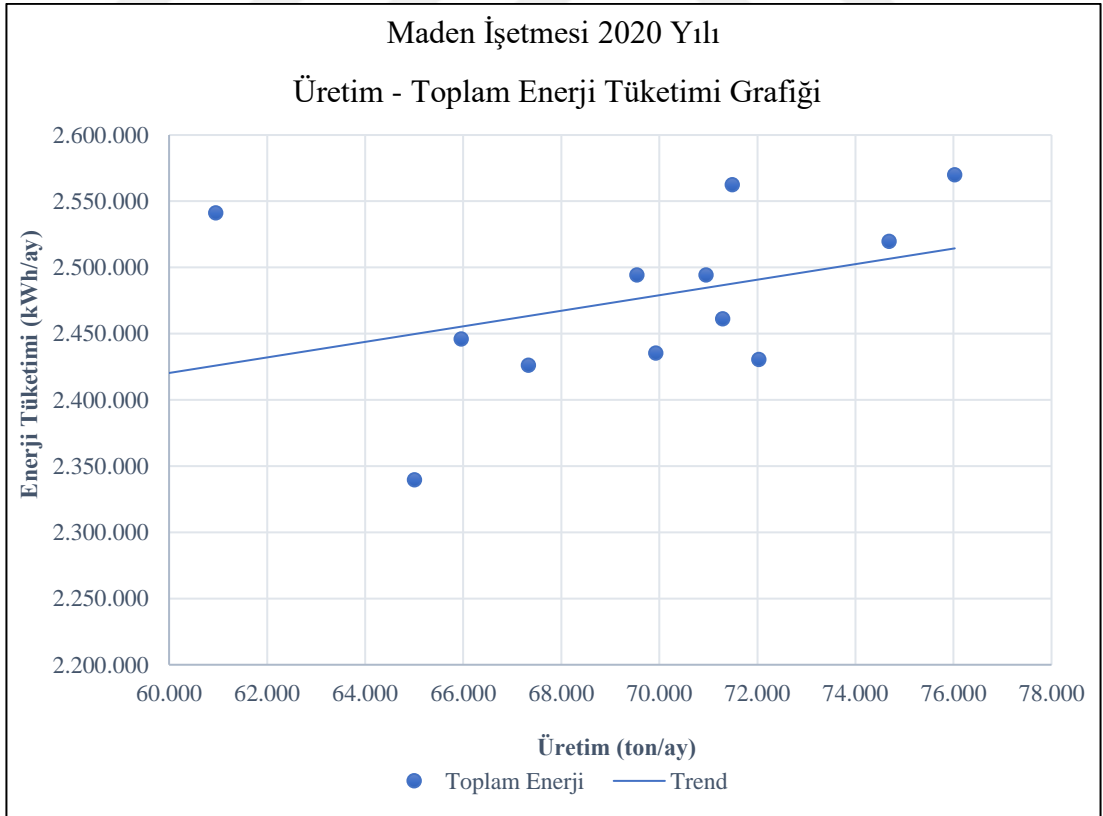


Şekil 5.14. 2019 yılı spesifik enerji tüketim grafiği

2019 yılına ait grafikte Ocak, Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarında spesifik enerji tüketimleri aylık ortalama enerji tüketim değerinin üzerindedir.

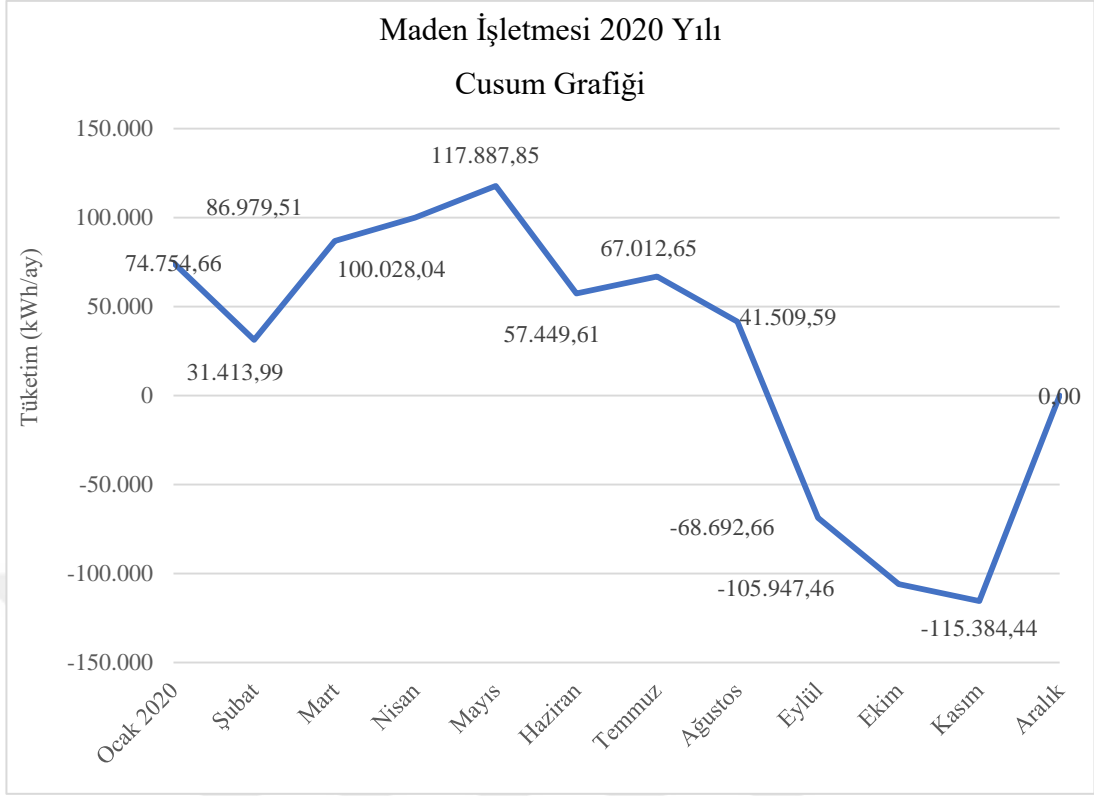


Şekil 5.15. 2020 yılı üretim-tüketimlerinin aylara göre dağılımı

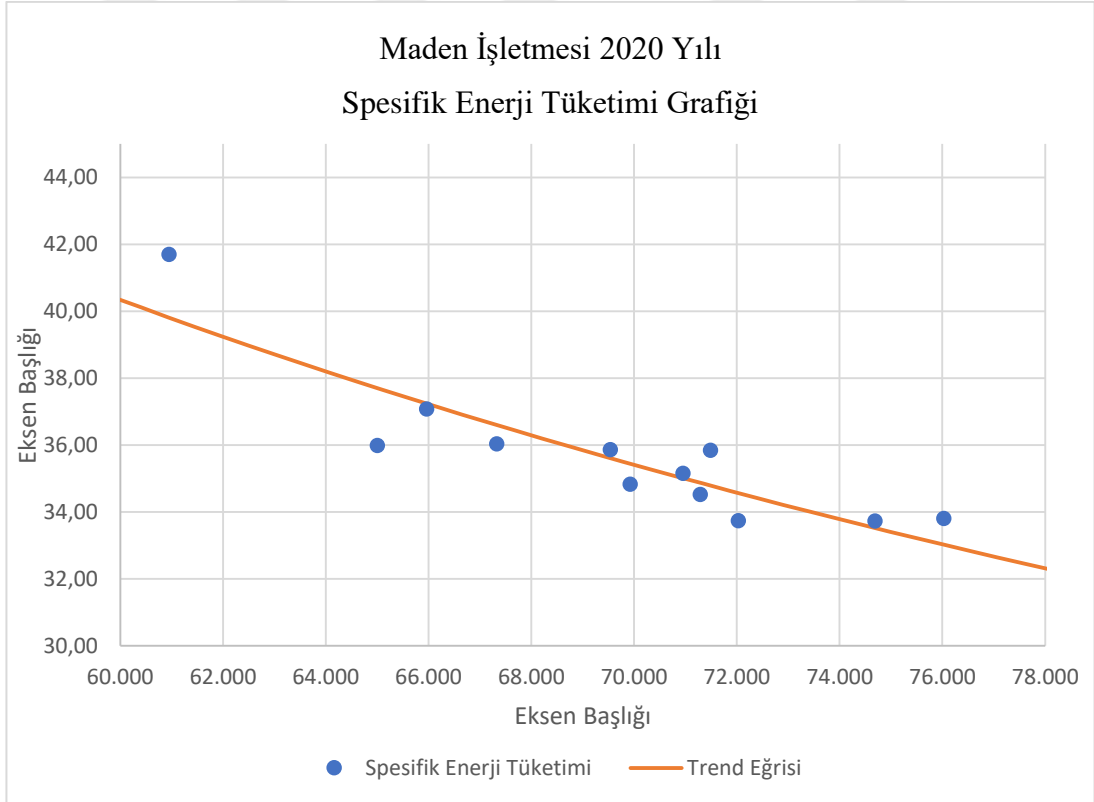


Şekil 5.16. 2020 yılı üretim-toplam enerji tüketimleri trend grafiği





Şekil 5.17. 2020 yılı Cusum grafiği

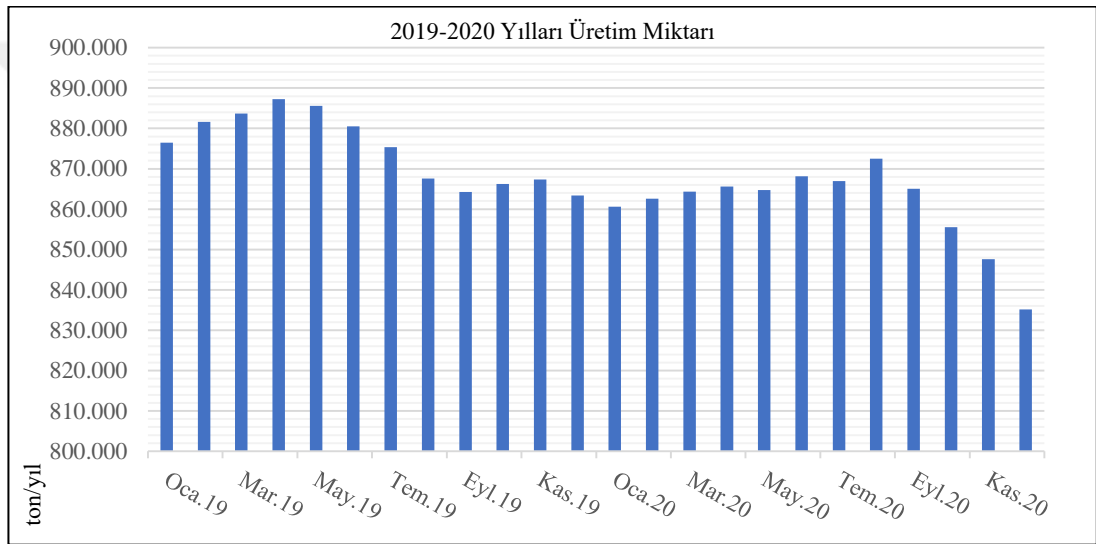


Şekil 5.18. 2020 yılı spesifik enerji tüketim grafiği

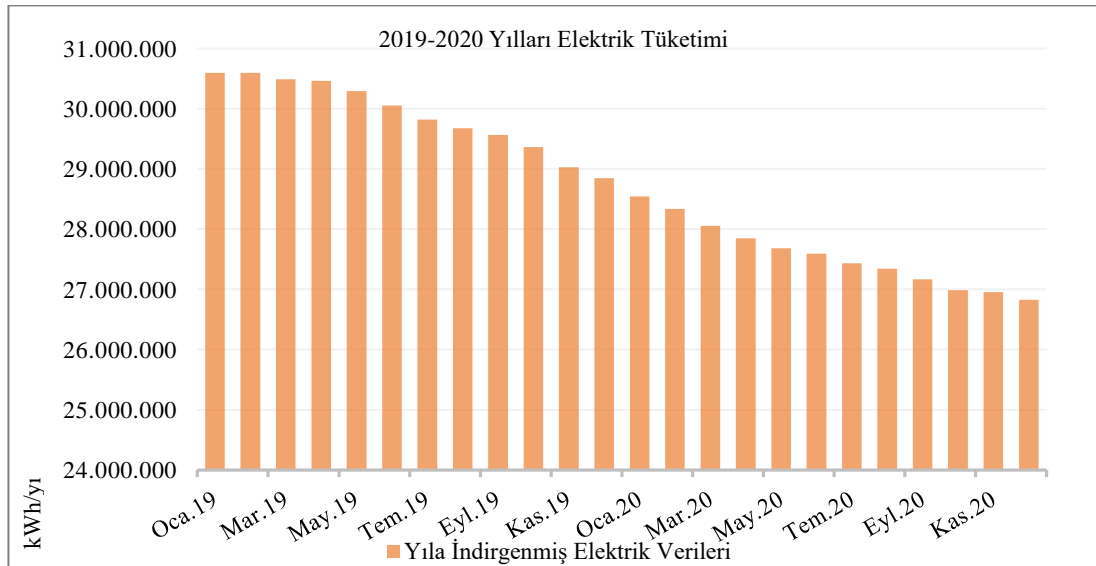
2020 yılına ait grafikte Ocak, Mart, Nisan, Mayıs, Ağustos ve Aralık aylarında spesifik enerji tüketimleri aylık ortalama enerji tüketim değerinin üzerindedir.

### 5.3. Endüstriyel İşletmenin Regresyon Analizleri

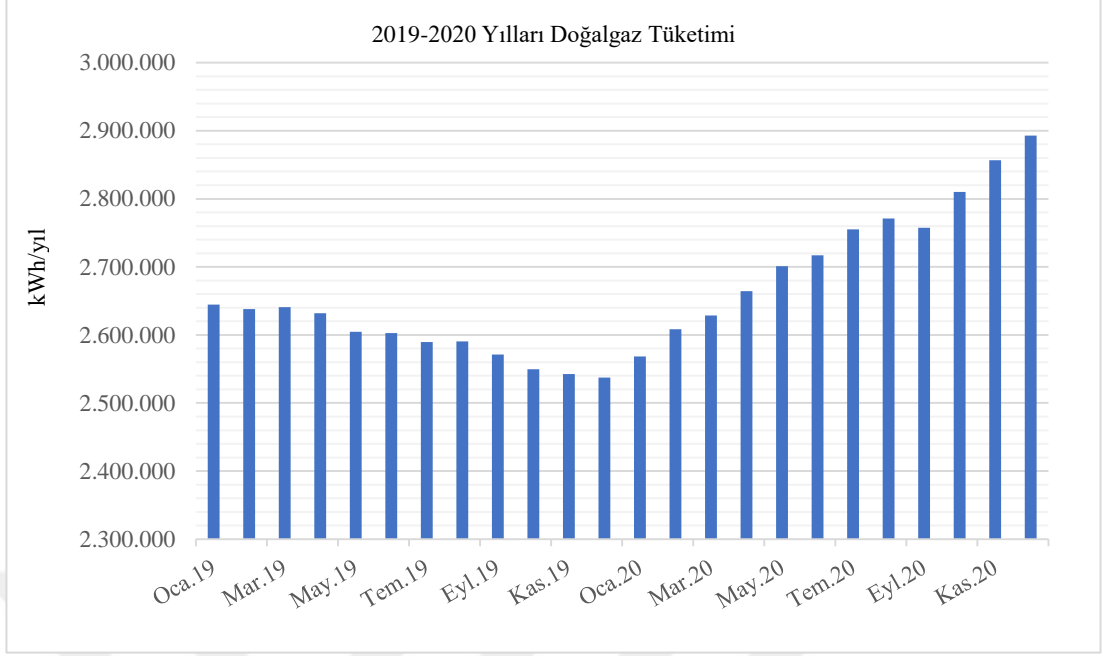
İşletmeden alınan enerji tüketimlerinin üretim miktarlarına ve dış hava sıcaklıklarına göre regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Bu bölümde, işletmenin üretim miktarları ve harcanan enerjiler incelenmiş bunlar arasında nasıl bir ilişki olduğunun ortaya konulması amaçlanmıştır.



Şekil 5.19. 2019-2020 yılları üretim miktarları



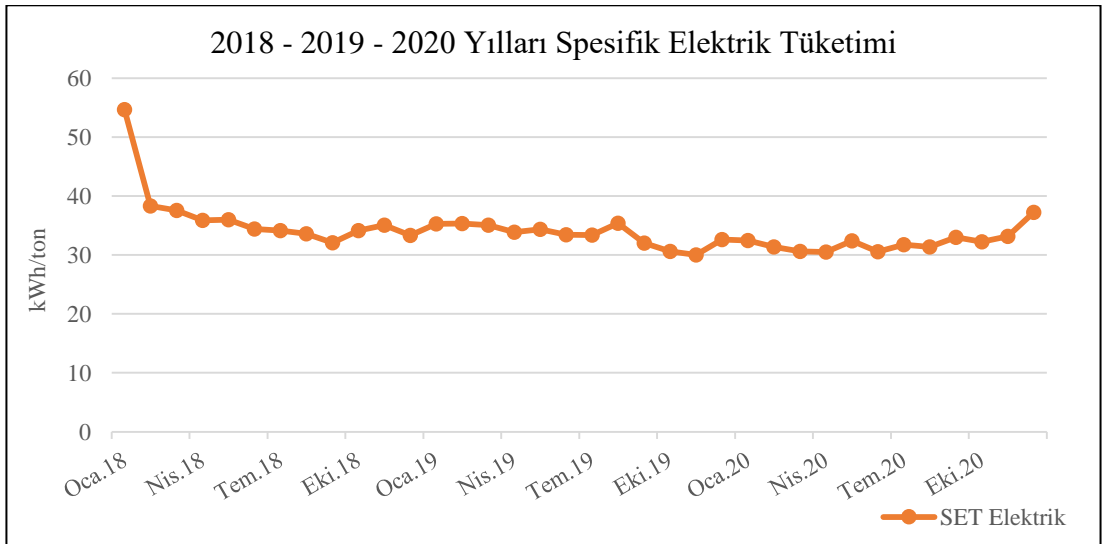
Şekil 5.20. 2019-2020 yılları elektrik tüketimleri



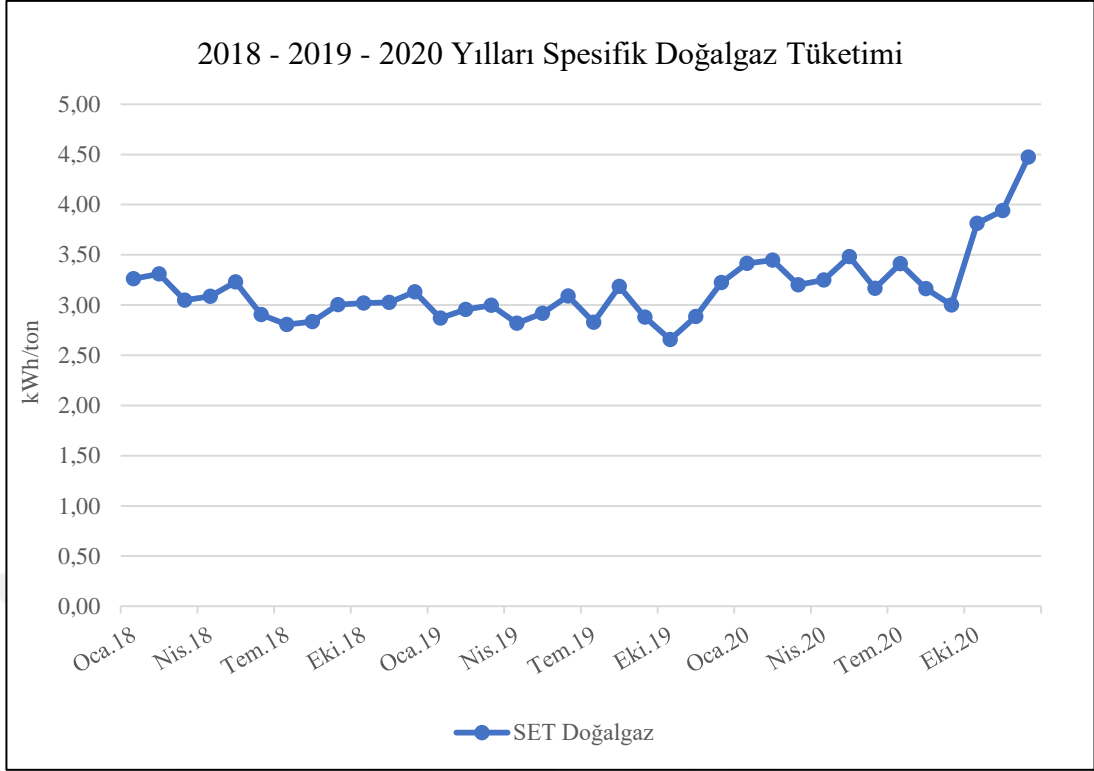
Şekil 5.21. 2019-2020 yılları doğalgaz tüketimleri

İşletmenin 2019-2020 yılları üretim ve tüketimleri incelendiğinde, elektrik ve doğalgaz tüketimlerinin üretimden bağımsız bir değişim izlediği görülmektedir.

Enerji tüketim değerlendirmeleri için “Spesifik Enerji Tüketimi (SET)” yani birim değişken için harcanan enerji miktarı önemli bir parametredir. Çoğu işletme geçmiş SET değerlerine dayanarak sonraki yılın enerji tüketim projeksiyonunu hazırlamaktadır. Yukarıdaki bilgilere göre 2018-2019-2020 yılları için oluşturulan SET grafikleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.22. 2018-2020 yılları spesifik enerji (elektrik) tüketimi grafiği



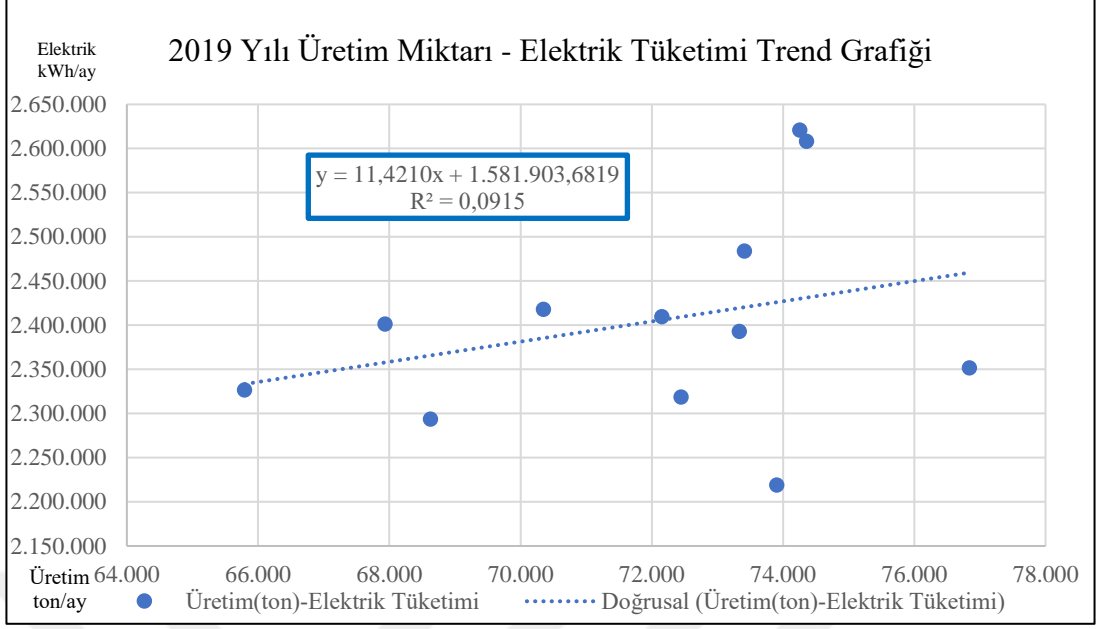
Şekil 5.23. 2018-2020 yılları spesifik enerji (doğalgaz) tüketimi grafiği

Yukarıdaki grafikten de görüleceği üzere, spesifik enerji tüketimleri değişiklik göstermektedir, yani sağlıklı bir analiz yapmak için yeteri kadar doğrusal değildir. Üstelik bu değerlerde hem mevsimsel etkilerden kaynaklı yaşanan tüketimler hem de tesisin baz enerji tüketimleri görülememektedir.

Enerji yönetimindeki temel amaçlardan biri de bu baz enerji tüketimlerini düşürmek olduğu için bu değerler referans alınarak önümüzdeki yıllarda planlanan üretimlere karşılık gelen tüketimler değerlendirildiğinde hatalı sonuçlar elde edilebilir. Bu yüzden üretim – tüketim ilişkisi net bir şekilde ortaya koyulmalı, gerekliyse mevsimsel veya diğer dış etkiler hesaplara dâhil edilmeli ve gelecek yılların projeksiyonları buna göre çıkartılmalıdır.

Bu ilişkiyi ortaya koymak için üretim miktarları ile tüketim verilerinin regresyon analizleri yapılmalıdır.

Aşağıda yapılan regresyon analizinde işletmenin 2019 yılı (üretim-tüketim) baz yıl kabul edilmiş ve 2020 yılında gerçekleşen üretim miktarları ve buna karşılık gelen enerji tüketim performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 5.24. 2019 yılı üretim (ton)- elektrik tüketimi ilişkisi

Yukarıdaki grafikteki lineer (1. dereceden) formülden de görülebileceği üzere 2019 yılı üretim miktarı (ton) ile elektrik tüketimleri arasında %9,15'lik ( $R^2$ ) korelasyon (bağıntı, bağıllık, ilişki) bulunmaktadır.

Regresyon analizinde, bir değişkenin başka bir değişken üzerinde etkili olduğunu söyleyebilmek için, o değişkeni en az %70 oranında etkilemesi gerekmektedir.

Yukarıda verilen üretim-tüketim ilişkisi incelendiğinde ulaşılan korelasyon oranının istenen değer aralığında olmadığı görülmektedir. Burada kritik olan konu, bu ilişkiyi doğru bir formülasyonla ortaya koymaktır. Bu ilişki bir kez ortaya çıkarıldığında gelecek projeksiyonu çok daha gerçekçi yapılabilecektir.

2019 yılı elektrik tüketimlerinin üretim miktarlarının yanında eşzamanlı olarak dış hava sıcaklıklarıyla olan ilişkilerine de bakmak gerekebilir. Yukarıda verilen korelasyon oranlarının artıp artmayacağını ve elektrik tüketimlerinin dış hava koşullarıyla ilişkisini görmek amacıyla elektrik tüketimleri eş zamanlı olarak hem üretim hem de dış hava sıcaklıklarıyla ilişkilendirilmiştir.

Dış hava sıcaklıkları verisi olarak (Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmış olan) ısıtma gerektiren günler için "ısıtma derece gün sayısı (HDD)" değerleri, soğutma gerektiren günler için de "soğutma derece gün sayısı (CDD)" değerleri kullanılmıştır.

Derece gün sayısı ne demektir? Nasıl kullanılır?

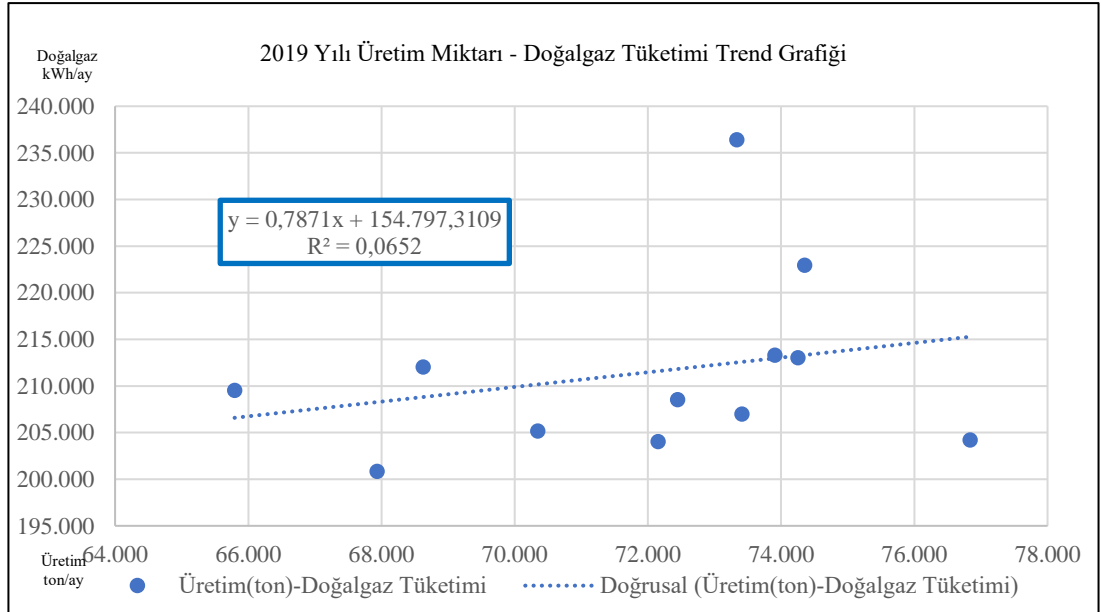
Gün derece, 24 saatlik periyodun ne kadarının sıcak ve ne kadarının soğuk geçtiğini ölçmeye yarayan bir birimdir.

Isıtma Gün Dereceleri [Heating Degree Days – HDD]

Belirli bir zamanda (gün, ay, yıl) dış ortam ve oda sıcaklığını hesaba katarak soğukun şiddetini açıklamaktadır. Birçok ülke gün derecenin hesabı için farklı tanımlar kullanılmaktadır. Karşılaştırılabilir ve ortak bir kullanım oluşturmak için Avrupa Topluluğu İstatistik Ofisi (Eurostat) HDD'nin hesabı için aşağıdaki metodu önermektedir.

$$\text{HDD} = (18 \text{ }^\circ\text{C} - T_m) \text{ değer } T_m \leq 15 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (ısıtma eğiği)} \quad (5.1)$$

Hesaplama günlük bazda yapılır. Aylık ve yıllık gün dereceler bunların toplanması ile bulunur. 2019 yılı elektrik tüketimleri için, üretime ve eş zamanlı olarak ısıtma ya da soğutma ihtiyacına bağlı olarak yapılan incelemelerin hiçbirinden tutarlı bir iliğki elde edilememiştir. Elektrik tüketimlerini üretim ve dış hava koşullarıyla açıklayabilecek herhangi bir formülasyona ulaşılamamıştır.



Şekil 5.25. 2019 yılı üretim (ton)- doğalgaz tüketimi iliğkisi

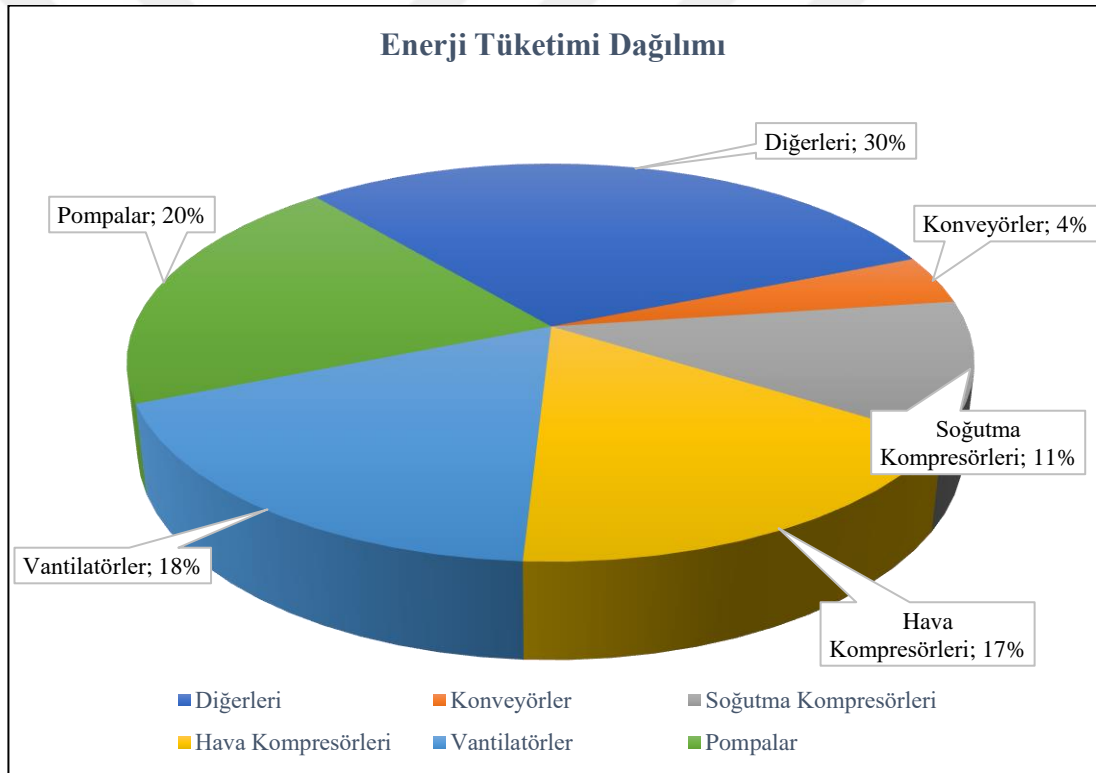
Yukarıdaki grafikteki lineer formülden de görülebileceği üzere, üretim miktarı (ton) ile doğalgaz tüketimleri arasında %6,52'lik ( $R^2$ ) korelasyon bulunmaktadır.

Verilen üretim-tüketim ilişkisi incelendiğinde ulaşılan korelasyon oranının istenen değer aralığında olmadığı görülmektedir. Yukarıda verilen korelasyon oranlarının artıp artmayacağını ve doğalgaz tüketimlerinin dış hava koşullarıyla ilişkisini görmek amacıyla doğalgaz tüketimleri eş zamanlı olarak hem üretim hem de dış hava sıcaklıklarıyla ilişkilendirilmiştir.



## 6.POMPA ANALİZLERİ

Türkiye net elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık %48'i sanayi sektöründe, sektörden sektöre farklı olmakla birlikte sanayide tüketilen elektrik enerjisinin de ortalama %70'i elektrik motor sistemlerinde tüketilmektedir (YEGM). Sanayi tesislerinde elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık %20'lik bir bölümü pompalama sistemleri tarafından harcanmaktadır. Elektrik motorlarına ait enerji tüketimi dağılımında pompaların payı Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Elektrik motorlarında enerji tüketimi dağılımı

Pompa satın alınırken sadece satın alma fiyatına değil, pompanın ömür boyu maliyetine de (işletme, bakım, enerji maliyeti vs.) bakılması gerekmektedir.

### 6.1. Pompalarda Enerji Verimliliği ve Verimliliği Etkileyen Faktörler

Pompalarda enerjinin etkin kullanılması tasarımında ve işletme anında olmak üzere iki aşamada düşünülebilir.



### **6.1.1. Tasarım**

- Uygun kapasitede ve tipte pompa seçimi ve boru tesisatı tasarımı yapılmalı,
- Uygun güçte elektrik motoru seçilmeli,
- Yüksek verimli elektrik motoru tercih edilmeli,
- Değişken debili sistemler için ekonomik bir sistem seçilmeli (frekans konvertörü vs.),
- Uygun yardımcı ekipmanlar (salmastra, yatak vs.) seçilmeli,
- Pompa sayısının artırılması ve pompaların paralel olarak ihtiyaca göre devreye girmesi özellikle değişken debili sistemlerde enerji tasarrufu sağlayabilir.

### **6.1.2. İşletme**

- Vana, boru hattı ve pompalarda oluşabilecek tıkanmalar giderilmeli,
- Boru devresi sızdırmazlığı giderilmeli,
- Kayış, kasnak ve yatakların bakımı yapılmalı,
- Filtrelerin bakımı düzenli yapılmalı,
- Isıtma devrelerinde ısı yalıtımı yapılmalı,
- Titreşim önlenmeli,
- Mevcut pompalarda frekans kontrolü uygulaması incelenmeli,
- Aşınan pompa fanlarında yüzey kaplama yapılmasıdır.

## **6.2. Pompa Tasarımında Verimlilik**

### **6.2.1. Uygun kapasitede ve tipte pompa seçimi ve boru tesisatı tasarımı**

Bir pompa seçimini tasarlarken en etkin ve verimli sistemi seçebilmek için prosesin tam ihtiyacını bilmek gerekir.

Sistemin yıl boyunca debi-zaman aralığı ve basma yüksekliği çok iyi bilinmelidir.

Sistem maksimum kapasiteyi karşılayacak şekilde seçilmeli, fakat ekonomik açıdan da sistemin zamanın çoğunda hangi kapasitede çalışacağı bilinmelidir. Bunlar bilindikten sonra, boru sistemi dizayn edilebilir.

Eğer maksimum kapasite çok kısa süre için gerekli ise, büyük çaplı boruya ihtiyaç yoktur.

Sistem zamanının büyük bölümünde maksimum kapasitede çalışıyor ise, boru çapının tayininde bu durum dikkate alınmalıdır. Boru sistemi dizayn edilirken, sistem eğrisi de kesinlikle çizilmelidir. Maksimum verimli ve en uygun çalışma aralığına sahip pompanın seçilmesi çok önemlidir, pompaların ömür boyu maliyetleri içinde ilk satın alma maliyetleri sadece %3-5 arasında kalması, pompa satın alırken işletmecilerin daha dikkatli seçim yapmasını zorunlu kılmaktadır.

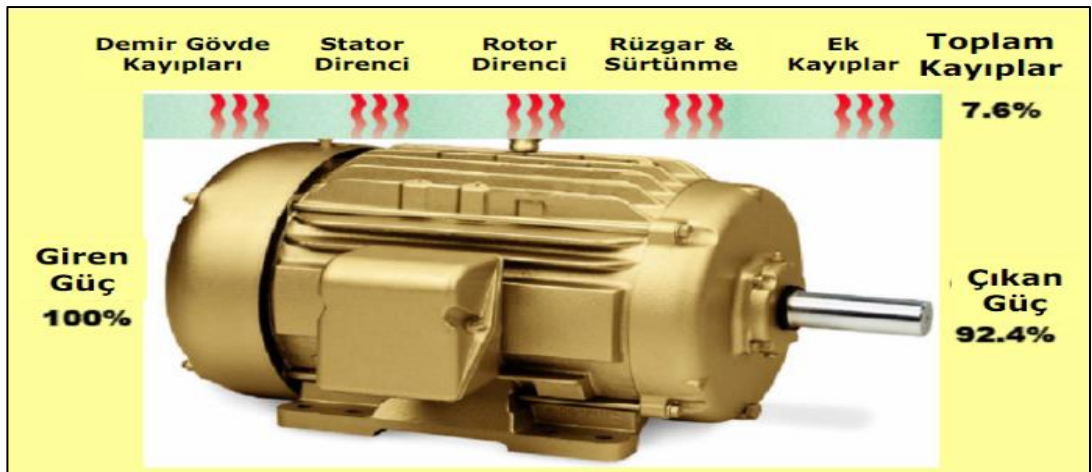
### 6.2.2. Uygun güçte elektrik motoru seçimi

Motorların uygun güçte seçimi verimli çalışması için önem arz etmektedir. Genelde motor kapasiteleri ekstra yüklenmeleri de karşılayabilmeleri için büyük seçilir. Bu durum motorların düşük yükte ve dolayısıyla verimsiz çalışmasına neden olmaktadır.

Normalde motorlar anma yükünün %75 değeri ve üzerindeki değerlerde daha verimli çalışmaktadır. Anma yükünün %50 değerinden daha düşük yüklerde çalışan motorlar ise kapasite bakımından büyük seçilmiş olup verimsiz çalışmakta ve reaktif akım artışından dolayı güç faktörleri de düşmektedir. Bu tip motorlar ihtiyaca göre büyük güçlü seçildiklerinden enerjiyi verimli bir şekilde tüketmemektedir.

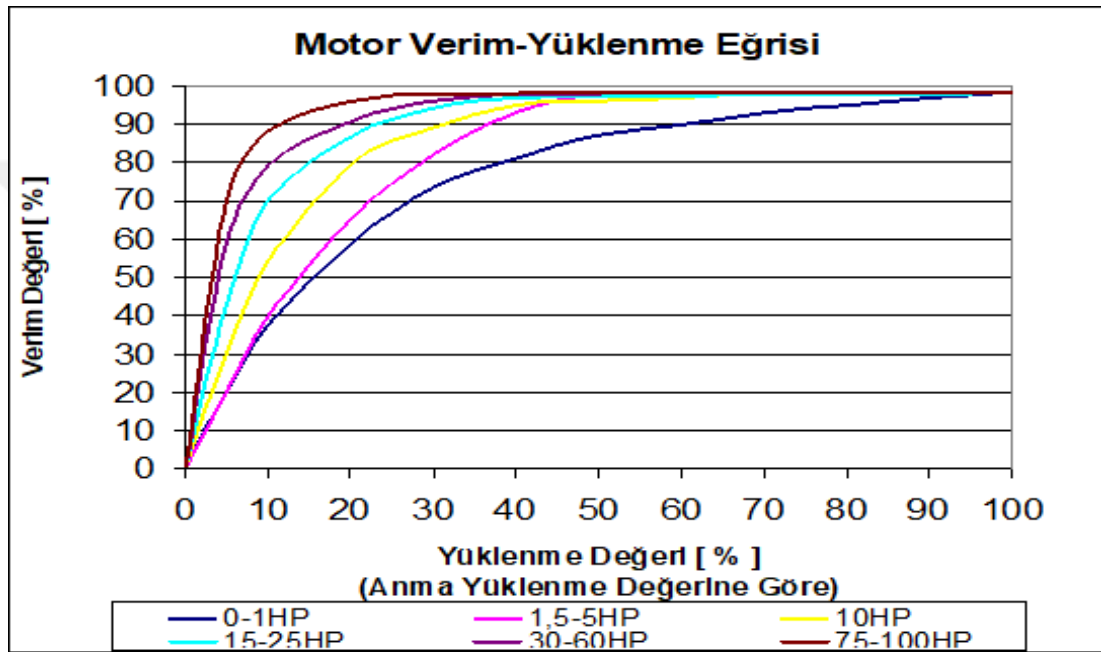
Düşük yüklerde tüketilen elektrik enerjisi mekanik güç yerine artan oranda ısıya çevrilir ve motorlarda aşırı ısınmadan doğan arıza riskini artırıp motorun ömrünü kısaltır. Bu motorlar en kısa zamanda uygun kapasitedeki motorlar ile değiştirilmeli ve yeni motor satın alınırken ise enerji tasarruflu motorlar tercih edilmelidir.

Şekil 6.2’de motor verimini etkileyen faktörler verilmiştir.



Şekil 6.2. Motor verimini etkileyen faktörler

Motorun etiketinde belirtilen verimi motor tam yükte iken verimini gösterir. Farklı yüklerdeki verim değeri ise etiketinde belirtilen bu değerden farklıdır. Şekil 6.3'te motor veriminin yüklenmeye göre değişimi görülmektedir. Motorun hangi verimde çalıştığı verim yüklenme eğrisine bakılarak belirlenmektedir. Verim değeri; motor %75 ve daha büyük yüklenme değerinde çalışırken maksimum değere eşittir. Motorlar için tercih edilen optimum çalışma bölgesi anma yükünün %60-%90 bölgesi olup ideal durum ise motorun tam yükünde çalıştırılmasıdır.



Şekil 6.3. Motor veriminin yüklenmeye göre değişimi

### 6.2.3. Yüksek verimli elektrik motoru seçimi

İşletmelerde elektrik motorlarının tükettiği enerji, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %65'ini oluşturmaktadır. Tipik bir motorun satın alma maliyeti, o motorun toplam maliyetinin %2'sinden bile azdır. Enerji maliyeti ise toplam maliyetin %98'i olabilmektedir. Bu nedenle işletmede "yüksek verimli" motorları seçmek önemlidir.

Son yıllarda geliştirilen yüksek verimli motorların maliyetleri standart motorlara göre %10-20 daha pahalı olmakla birlikte, çoğu zaman işletme maliyetlerinin düşük olmaları nedeni ile bu fark kısa bir sürede geri kazanılır. Bu motorların sargılarında kullanılan bakır iletkenin kesitinin artırılması ile primer I<sup>2</sup>R kayıpları düşürülebilir.

Demir göbek kayıpları akı yoğunluğunun azalması ile genellikle stator göbeğinin boyutunun artırılması ile sınırlanabilir. Bunun yanında bu kayıplar levha kalınlığının azalması ve kaliteli alaşım kullanılarak da azaltılabilir.

Yüksek verimli motorlarda azalan kayıplar nedeniyle, açığa çıkan ısının dışarıya verilmesi gereksinimi azalır. Bütün motorlar gibi elektrik motorları da kullandıkları enerjinin tamamını mekanik enerjiye çeviremezler.

Motorun mekanik güç çıkışının, çekilen elektrik gücüne oranı motor verimi olarak adlandırılır ve motor tipi ve büyüklüğüne göre %70 ile %96 arasında değişir. Ayrıca kısmi yükte çalışan motorların verimleri de düşüktür. Bu verimler de motordan motora değişiklik gösterir.

Örnek olarak bir motorun tam yükte verimi %90, yarı yükte %87 ve ¼ yükte %80 iken; aynı özelliklerdeki başka bir motorun tam yükteki verimi %91 iken, ¼ yükte %75 verimle çalışabilir.

#### **6.2.4. Değişken debili sistem seçimi**

Değişken debili bir pompa sistemi elde etmenin değişik yöntemleri:

- Pompayı ihtiyaç olunca çalıştırmak (kesintili çalışma),
- Pompayı devamlı çalıştırarak akışkanın bir bölümünü depoya geri göndermek (By pass sistemi),
- Sistemi bir depodan besleyerek pompayı depo seviyesine göre kesintili çalıştırmak,
- Pompa çıkışındaki debi kontrol vanası ile sistem eğrisini değiştirerek debiyi ayarlamak,
- Sabit devirli elektrik motoru ile pompa arasına hidrolik veya elektrikli kavrama, koyarak pompa devrini debi veya basınç ihtiyacına göre ayarlamak,
- Paralel çalışma pompa sistemi kurmak,
- Kayış kasnak sistemi ile pompa devrinin değiştirilmesi,
- Frekans konvertörü kullanmak.

Yukarıda verilen yöntemlerden en çok kullanılan ve gittikçe de yaygınlaşan frekans konvertörlü sistemlerdir.

### 6.2.5. Frekans konvertörlü sistemler

Frekans değiştiricilerin (FK) gerçekte ne ölçüde tasarruf sağladıkları, debinin değişken olmasına bağlıdır. Değişken yüklerde çalışan sistemlerde, vana ile kısma yapılması yerine FK kullanılması enerji tüketimini azaltabilmektedir. Debi değişken değil ise en uygun çözüm en iyi verim noktasında çalışan sabit devirli bir pompadır.

Genel olarak FK cihazları %2 ile %6 arasında güç harcar. Bu kayıplar motor hızı (frekans) düştükçe az miktarda artar. Bununla birlikte, bu kayıpların pompanın düşük hızlarda çalıştırılması ile tasarruf edilecek enerji ile kıyaslandığında ihmal edilebileceği görülür. Mevcut bir motora FK adapta edilecekse, motorun ve frekans konvertörünün elektriksel karakterlerinin birbiriyle uyumlu olmasına dikkat edilmelidir, aksi takdirde sistemin problemlerle karşılaşması kaçınılmazdır. Frekans konvertörü eklenerek yapılacak enerji tasarrufunun ekonomikliğinin incelenmesi için:

- İlk adım olarak sistem debisinin çalışma süresi içerisindeki yüzde dağılımının belirlenmesi,
- Debideki yüzde değişime bağlı olarak güçteki değişimin mukayeseli olarak belirlenmesi,
- Ağırlıklı güç dağılımının belirlenmesi,
- Tam hızdaki (veya mevcut şartlardaki) güç değerinin tespiti,
- Ağırlıklı güç tasarrufunun tespiti,
- Yıllık alışma süresine göre tasarruf edilecek enerjinin parasal değerinin belirlenmesi,
- Frekans konvertörünün fiyatı ve işletme maliyeti tespit edilmelidir.

### 6.2.6. Yardımcı ekipmanlar

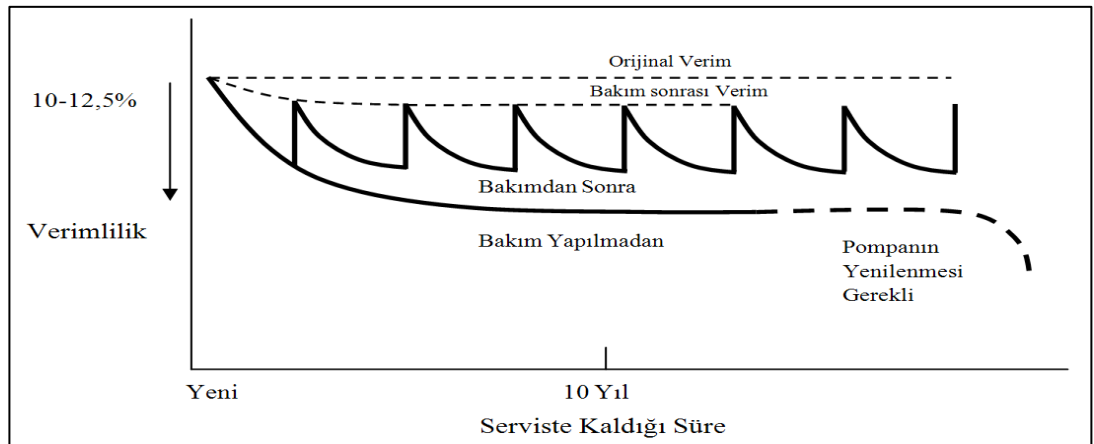
Soğutma, ısıtma ve quench sıvısı, pompanın emniyetli ve güvenilir şekilde çalışması için gerekli olabilir ve bu yardımcı ekipmanların ömür boyu maliyetleri önemli miktarda tutabilir. Yardımcı ekipmanlar genellikle salmastraların uzun süre sorunsuz çalışması için kullanılır. Salmastra problemleri pompalarda yaşanan problemin %70'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle uygun ve güvenilir salmastra seçimi oldukça önemlidir. Soğutmanın birinci amacı salmastranın çalıştığı ortamda sıcaklığı düşürmektir. Buna karşılıklı soğutma iki yönde enerji kaybı demektir.

- Birincisi soğutma sisteminin kendi motor ve pompa sistemi olabilir.
- İkincisi ise soğutma sistemi proses sıvısından ısıyı alır ve proses sıvısının tekrar enerji vererek ısıtılması gerekir.

Yeni geliştirilen salmastra sistemleri sayesinde soğutmasız mekanik salmastralar çok yüksek sıcaklıklara kadar kullanılmaktadır.

### 6.2.7. İşletmede tasarruf

Pompalarda işletme aşamasında karşılarsın en önemli performans kaybı, pompaların kısmi yükte çalıştırılmalarından kaynaklanmaktadır. Pompaların nominal kapasitelerinde çalıştırılmaları durumunda en yüksek verim elde edilir. Ayrıca, santrifüj pompalarda maksimum verimin olduğu nominal debi değeri %100 kabul edilirse, yaklaşık %40 debi değerinde çalıştıklarında genellikle titreşim, radyal yüklerde artış, aşırı ses ve verim düşüşü yaşanır. Bu nedenle pompaların nominal kapasitelerine yakın çalıştırılmalarına özen gösterilmelidir. Vana, boru hattı, pompalarda oluşabilecek tıkanmalar ve boru devresi sızdırmazlığı giderilmesi, kayış, kasnak, yataklar ve filtrelerin bakımının düzenli yapılması, ısıtma devrelerinde ısı yalıtımının yapılması ve sistemde titreşim önlenmesi önemli oranda enerji ve mali tasarruf sağlayacaktır. Pompalar her makine gibi zamanla aşınır, debisi ve basma yüksekliği azalır. Bu durumdaki pompa onarılarak tekrar devreye alındığında ve onarılmadığı durumda pompa veriminin değişimi Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Pompa periyodik bakımlarının verime etkisi

Ekstra maliyetine rağmen, pompa yüzey kaplaması ve yüzey pürüzlülüğünü gidermek için yapılacak parlatma işlemi pompanın verimliliği arttırabilir.

Özellikle küçük güçteki pompalarda bu çok daha etkilidir. Pompalar çalışma koşullarına bağlı olarak belli bir ömür periyodunda ekonomik ömrünü tamamlanmaktadır. Bu durumda olan pompalar belirli bir yatırım planında yenilenmelidir. Şekil 6.5'te ekonomik ömrünü tamamlamış bir pompa çarkı örneği verilmiştir.



Şekil 6.5. Ekonomik ömrünü tamamlamış bir pompa çarkı örneği

### 6.3. Ünite ve Sistem Tarifi

Siklon Pompaları:

Madende elde edilen cevher öğütölmek üzere değirmenlere girmektedir. Cevher değirmen girişindeki şut kısmında öğütme yapılması için belli oranda su ile karıştırılmaktadır. Çubuk değirmen ve bilyeli değirmenden çıkan cevher-su karışımı bunkerde toplanmaktadır. Bunkerde toplanan cevher-su karışımının istenilen yoğunluğa ulaşması için su beslemesi yapılmaktadır. Siklon pompaları cevher-su karışımı bunkerden alıp siklonlara transfer edilmesi için kullanılmaktadır. Bunkerde toplanan cevher-su karışımı, malzemenin istenilen boyutlarda ayrımını yapan siklonlara siklon pompaları vasıtasıyla aktarılmaktadır.

İstenilen boyutlara ulaşamayan cevher siklonlarda ayrılıp tekrar bilyalı değirmene aktarılarak öğütölüp tekrar bunkerde toplanmaktadır. 1 adet aktif 1 adet yedek olmak üzere toplam 2 adet siklon pompası bulunmaktadır. Pompalar eş yaşlandırma yöntemi ile çalıştırılmaktadır.

### Proses Suyu Pompaları:

Proses suyu pompaları işletme genelinde proste kullanılan suyun transfer edilmesi için kullanılmaktadır. Proses suyu tankında depolanan su; değirmenler, yıkama, sıyırma ve kimyasal tanklarında kullanılmaktadır.

Proses suyu prosten atık olarak çıkan çamurlu suyun içindeki suyun tekrar geri kazanılmasıyla elde edilmektedir. 1 adet aktif 1 adet yedek olmak üzere toplam 2 adet proses suyu pompaları bulunmaktadır. Pompalar eş yaşlandırma yöntemi ile çalıştırılmaktadır.

### Detoks Pompaları:

Prosesin tamamlanması sonucu meydana gelen çamurlu suyun detoks tankında toplanmasını sağlamak için kullanılmaktadır. 1 adet aktif 1 adet yedek olmak üzere toplam 2 adet pompa bulunmaktadır. Pompalar eş yaşlandırma yöntemi ile çalıştırılmaktadır.

### ADT (Baraj Pompaları):

ADT tesisinde bulunmaktadır. Proses sonucu açığa çıkan çamurlu suyun içindeki çamurun dibe çökmesiyle su üst kısmında kalmaktadır. ADT tankına bağlı dalgıç tip pompalar suyun yüzeyinden transfer edilmesini sağlamak için kullanılmaktadır. Kademeli tip pompa tanktaki suyu proses tankını transfer etmek için kullanılmaktadır. Sistemde 1 adet aktif 1 adet yedek olmak üzere toplam 2 adet dalgıç tip, 1 adet aktif 1 adet yedek olmak üzere toplam 2 adet kademeli tip pompa bulunmaktadır. Dalgıç pompalar tank seviyesine göre devreye girmektedir.



Şekil 6.6. Baraj pompaları



Yer Altı Pompaları:

Kapalı madende yer altında açığa çıkan sular, belirli bölgelerdeki noktalarda toplanmaktadır. Dalgıç pompalar toplanan suyun havuza transfer edilmesi için kullanılmaktadır.

Havuzda bulunan dalgıç pompa; suyu havuzdan kademeli pompanın emiş hattına transfer etmek için kullanılmaktadır.

Kademeli pompa suyun maden içinden yüzeydeki toplama noktasına transferini sağlamak için kullanılmaktadır. Dalgıç pompa 30 kW, kademeli pompa 110 kW etiket gücüne sahiptir. Sistem havuz seviyesine göre çalışmakta olup pompalar günlük ortalama 6 saat çalışmaktadır.



Şekil 6.7. Kademeli pompa

#### 6.4. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Pompaların sistem verimlerinin belirlenebilmesi için pompaların debi, basınç, akışkan sıcaklığı ve aktif güç değerlerinin bilinmesi gerekmektedir.

Hatlarda ultrasonik sıvı debimetresi ile debi ölçümleri, pompaların besleme panolarına da enerji analizörü bağlanarak pompaların elektriksel ölçümleri yapılmıştır.

Akışkanın sıcaklık bilgileri ve pompaların emme basma basınç değerleri hat üzerindeki termometre ve manometre üzerinden alınmıştır. Pompalardan alınan bilgiler ve ölçümler Tablo 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.8. Pompalarda aktif güç ölçümü

Tablo 6.1. Pompalardan alınan bilgiler ve ölçümler

Pompa Adı	Kontrol Yöntemi	Frekans	Debi	Emme Basıncı	Basma Basıncı	Akışkan Sıcaklığı	Aktif Güç	Etiket Gücü
		Hz	m <sup>3</sup> /h	bar	bar	°C	kW	kW
Siklon Pompa 1	VSD	43,00	543,20	0,10	4,70	15,00	120,50	250,00
	VSD	43,40	545,60	0,10	4,60	15,00	120,40	250,00
Proses Pompa	Direkt		196,20	0,20	4,55	15,00	44,80	-
	VSD	29,10	168,60	0,10	3,68	17,00	33,10	160,00
Baraj Pompa	VSD	42,30	130,50	0,10	10,86	15,00	57,00	110,00
	Direkt	-	139,20	0,010	19,00	10,00	142,17	30,00
Kademeli	Soft Starter	-						110,00
	Kademeli	Direkt	-	121,80	0,010	17,84	10,00	30,00
Soft Starter		-	75,00					

## 6.5. Değerlendirmeler ve/veya Hesaplamalar

Pompalardan alınan ölçümler sonucunda pompalarının akışkan güçleri ve sistem verimleri (pompa + aktarma elemanı + elektrik motoru) hesaplanmıştır.

Tablo 6.2. Pompaların akışkan güçleri ve sistem verimleri

Pompa Adı	Debi	Fark Basınç	Basma Yüksekliği	Akışkan Gücü	Aktif Güç	Sistem Verimi
	m <sup>3</sup> /h	bar	m	kW	kW	%
Siklon Pompa 1	543,2	4,6	28,95	69,4	120,5	57,59
Siklon Pompa 2	545,6	4,5	28,33	68,21	120,4	56,65
Proses Pompa 1	196,2	4,35	44,39	23,71	44,8	52,92
Detoks Pompa 1	168,6	3,58	36,57	16,77	33,1	50,66
Baraj Pompa 1	130,5	10,76	109,77	39	57	68,42
Dalgıç	139,2	18,99	193,54	73,43	142,17	51,65
Kademeli						
Dalgıç	121,8	17,84	181,91	60,36	119,8	50,38
Kademeli						

Pompaların sistem verimleri hakkında yorumlama yapabilmek için çalışma şartlarına göre aynı debi ve basma yüksekliğinde çalışabilecek sistem verimi daha yüksek pompaların araştırılması gerekmektedir.

Pompalar birbirleri ile ve aynı debi / basma yüksekliğinde çalışabilecek sistem verimi yüksek pompalar ile karşılaştırılarak verimlilik analizleri yapılmıştır. Pompalardan alınan ölçümler ve yapılan hesaplamalar doğrultusunda;

Siklon bölümündeki pompaların, proses bölümündeki pompaların, baraj bölümündeki pompanın, Dalgıç / Kademeli 1 bölümündeki pompa grubunun, Dalgıç / Kademeli 2 bölümündeki dalgıç ve kademeli pompa grubunun sistem veriminin ideal düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

## 6.6. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkanları ve Miktarları

Pompalardan alınan ölçümler sonucunda pompalarının akışkan güçleri ve sistem verimleri (pompa + aktarma elemanı + elektrik motoru) hesaplanmıştır.

Pompalardan alınan ölçümler ve yapılan hesaplamalar doğrultusunda;

Pompalardan alınan ölçümler ve yapılan hesaplamalar doğrultusunda siklon bölümündeki pompaların, proses bölümündeki pompaların, baraj bölümündeki pompanın, Dalgıç / Kademeli 1 bölümündeki pompa grubunun, Dalgıç / Kademeli 2 bölümündeki dalgıç ve kademeli pompa grubunun sistem veriminin ideal düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Pompaların periyodik bakımlarının yapılması dışında herhangi bir öneride bulunulmamıştır.



## **7.BASINÇLI HAVA SİSTEMİ ANALİZLERİ**

Kompresörler genel anlamıyla sıkıştırılabilir akışkanların basıncını arttırmak için kullanılan makinelerdir. Kompresör girişindeki akışkanın (genellikle gazın) basınç seviyeleri vakumdan atmosferik basıncın çok üstündeki değerler arasında yer alabilmektedir. Aynı şekilde kompresör çıkışında elde edilen basınç değeri aralığı da düşük atmosfer basıncından çok yüksek atmosfer üstü değerler arasında değişebilmektedir.

Kompresörler, endüstriyel faaliyetlerde diğer tip tüm donanımlardan daha fazla elektrik tüketmektedir. Bu da kompresör ünitelerinde yapılacak iyileştirmeler sayesinde çok yüksek oranlarda enerji tasarrufu sağlanabileceğini göstermektedir. Bu sistemlerde yapılacak iyileştirmeler aynı zamanda bakım maliyetlerini azaltmaktadır.

Basınçlı hava sağlayan endüstriyel sistemler birçok alt kademeden oluşmaktadır. Bu alt kademeleri genel olarak sayarsak; kompresör, tahrik sistemi, kontrol ünitesi, bakım ünitesi, dağıtım sistemi ve aksesuarlardan oluşmaktadır.

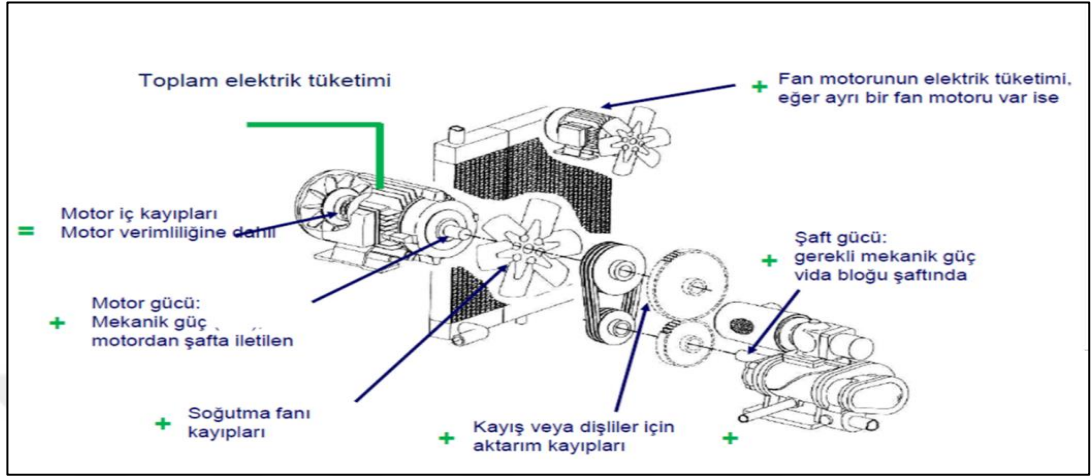
Tahrik ünitesi elektrik motoru veya içten yanmalı motor olup kompresörü harekete geçirmektedir. Kontrol ünitesi, basınçlı gazın miktarını ayarlamaktadır. Bakım ünitesi, gazın içindeki istenmeyen maddeleri uzaklaştırmaktadır. Dağıtım sisteminde gazın sistem içinde sevkini sağlamak ve kullanılacak yerlere ulaştırmaktadır.

### **7.1. Genel Tasarruf İmkânları**

Yapılan enerji tasarrufu çalışmalarında, enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğu alanlardan birinin basınçlı hava sistemi olduğu görülmüştür. Basınçlı hava, sanayide çok yaygın olarak kullanılan olmazsa olmaz bir girdidir ve kullanımı giderek de yaygınlaşmaktadır.

Basınçlı hava sisteminde meydana gelecek bir arıza birçok tesiste üretimin durmasına sebep olmaktadır. Günümüzde kompresör bulunmayan bir fabrika düşünmek oldukça zordur.

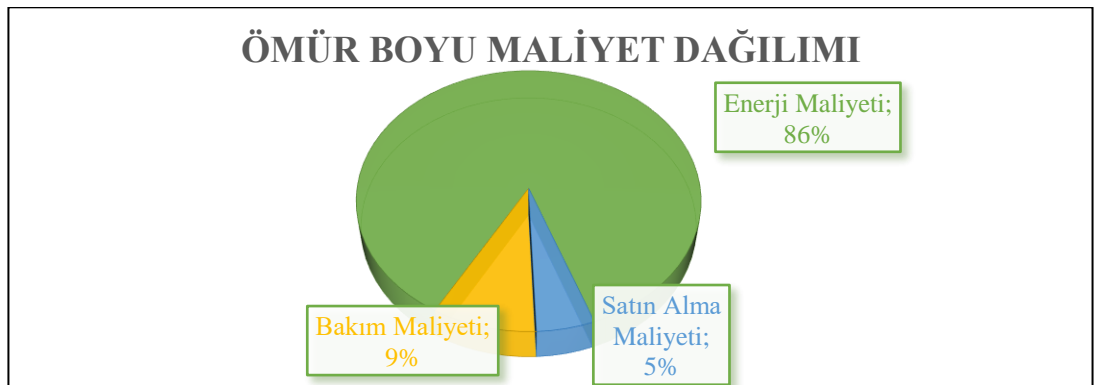
Dört zamanlı motor ile tahrik edilen tipleri de olmakla beraber, kompresörlerin hemen hemen tamamı pahalı bir enerji olan elektrik ile çalışmaktadır. Kompresörlerin ortalama elektrik enerjisi tüketimi dağılımına ait şema Şekil 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1. Kompresörün ortalama elektrik enerjisi tüketimi dağılımı

Kompresörü bir yıl çalıştırmak için harcanan elektrik enerjisinin maliyeti genelde kompresörün satın alma fiyatını geçmektedir. Örneğin; 100 kW gücünde ve %90 verimle çalışan bir elektrik motoruna sahip kompresörün yılda 6.000 saat çalıştığı varsayılırsa, 0,07 USD/kWh enerji birim fiyatı için yıllık enerji harcaması 46.600 USD’dir.

Bu örnek basınçlı hava sistemindeki tasarrufun rakamsal boyutunu ortaya koymaktadır. Oysa bu sistemlerde pratik bazı önlemlerle önemli miktarda enerji ve mali tasarruflar sağlanabilir. Basınçlı hava sisteminde çalışan bir kompresörün ekonomik ömrü boyunca maliyet dağılımı Şekil 7.2’de verilmiştir.



Şekil 7.2. Bir hava kompresörünün ömrü boyunca maliyet dağılımı

Farklı sanayi kuruluşlarında yapılan enerji tasarrufu çalışmalarında basınçlı hava sistemlerinde tespit edilen başlıca enerji tasarrufu imkânı;

- Kompresörlerin doğru tip ve boyutta seçilmesi,
- Kompresöre soğuk, temiz ve kuru hava girişi sağlanması,
- Kompresör soğutma havasının kullanımı,
- Basınçlı hava ekipmanlarının düzenli olarak bakımı,
- Sistem verimliliğini sağlamak için gerekli enstrümanların sağlanması,
- Hava kaçaklarının giderilmesi,
- Sistemin mümkün olan en düşük basınçta çalıştırılması, eğer ekonomikse soğutma enerjisinin geri kazanılması,
- Ekipmanların uygun şekilde yağlanması olarak sıralanabilir.

## 7.2. Ünite ve Sistem Tarifi

Portal Bölgesi Kompresör Dairesi:

İşletmede sığınma istasyonlarında, beton atma makinelerinde, kırıcı delici makinelerde ve tesisteki basınçlı hava ihtiyacını karşılamak için 2 adet kompresör kullanılmaktadır. Kompresörler kendinden kurutucudur.



Şekil 7.3. 01 kompresörü



Şekil 7.4. 02 kompresörü

Tesis Kompresör Dairesi:

İşletmede kırıcı, değirmen ve sıyırma ünitelerinde enstrüman havası ihtiyacını karşılamak için 2 adet kompresör kullanılmaktadır.

Kompresörler arasında yıl içinde eş yaşlandırma yapılmaktadır. 2 adet basınçlı hava tankı bulunmaktadır. Basınçlı hava tankında biriken kondens haftada 1, 2 kere mekanik bakım tarafından tahliye edilmektedir.



Şekil 7.5. Tesis kompresör dairesi

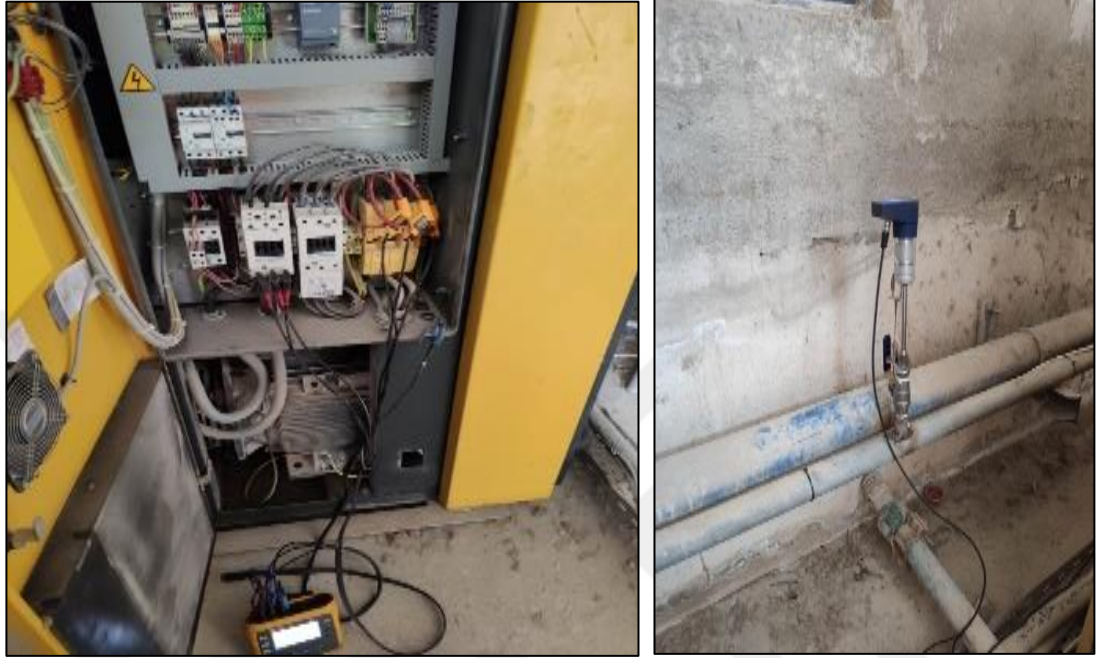
### 7.3. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

#### 7.3.1. Kompresör ölçümleri

Kompresörlerde enerji verimliliği kapsamında yapılan ölçümler elektriksel ve mekanik olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Elektriksel ölçümler, kompresörleri tahrik eden elektrik motorlarından alınan ölçümleri kapsamaktadır.



Mekanik ölçümler ise kompresörlerin basınç değerleri, debileri ve sıcaklıklarını kapsamaktadır. Kompresörlerin enerji tüketimleri enerji analizörü ile, kompresörlerde üretilen basınçlı hava debisi, basıncı ve sıcaklığı ise basınçlı hava debimetresi ile ölçülmüştür. Kompresörlerden alınan bilgiler ve ölçümler Tablo 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.6. Kompresörlerde aktif güç ve debi ölçümü

Tablo 7.1. Kompresörlerden alınan bilgiler ve ölçümler

Kompresör Adı	Kontrol Yöntemi	Etiket Gücü	Frekans	Aktif Güç	Debi	Basınç	Sıcaklık	Çalışma Saati
		kW	Hz	kW	Nm <sup>3</sup> /dk	bar	°C	saat/yıl
1	Y/Δ	45	-	52,2	7,3	7	23,8	-
2	VSD	90	15	26,3	3,9	6,2	20,1	-
3	Y/Δ	45	-	53	7,2	7,3	16,4	4.200
4	Y/Δ	45	-	53,4	7,1	7,3	18,2	4.200

### 7.3.2. Basınçlı hava sızıntıları

İşletmede ultrasonik dedektörle basınçlı hava hatları taranarak sızıntı hava kayıpları tespit edilmiştir. Basınçlı hava hatlarındaki sızıntı miktarı ultrasonik sızıntı dedektörü ile tespit edilmiştir. Cihazdan okunan dB değeri cihazın yazılımıyla hacimsel debiye dönüştürülmüştür. Basınçlı hava hatlarında sızıntı kontrolü yapan ultrasonik sızıntı dedektörü Şekil 7.7’de verilmiştir.



Şekil 7.7. Ultrasonik sızıntı dedektörü

Yapılan örnek ölçüm Şekil 7.8’de verilmiştir.



Şekil 7.8. Basıncı hava kaçaqları ölçümleri

22 noktada basınçlı hava kaçağı tespit edilmiştir. Basıncı hava sızıntılarına ait ölçümler Tablo 7.2’de verilmiştir.

Tablo 7.2. Basıncılı hava sızıntı ölçümleri

Ölçüm No	Lokasyon	Ekipman Adı	Ölçüm Değeri
			dB
1	Değirmen Bölgesi	Redüktör yağı soğutucu yani şartlandırıcı	84
2	Karbon Fırını	Karbon besleme vanası giriş hava bağlantısı	80
3	Detoks Tankı	340AG11B detoks tank üzeri hava bağlantısı	75
4	Tickner Tankı	Tickner tankı altı şartlandırıcı tahliye hava kaçağı	75
5	Detoks Pompaları	Pano içi valf bağlantısı	70
6		Şartlandırıcı tahliye hava kaçağı	70
7	Proses Suyu Tankı	Pompa vana hava bağlantısı	51
8	Kostik Tankı	Kostik alanı şartlandırıcı kaçağı	70
9	Wesseel Tankı	Wesseel tankı altı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	45
10		Wesseel tankı altı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	50
11		Wesseel tankı altı piston giriş bağlantısı	70
12		Wesseel tankı altı piston çıkış bağlantısı	50
13	Antiprex Tankı	Antiprex tank yanı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	50
14	Pre Soak Tankı	Pre Soak Tankı yanı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	45
15		Pre Soak Tankı yanı otomatik vana egzoz kaçağı	50
16		Pre Soak Tankı yanı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	50
17	Sıyırma Kolonu	Sıyırma kolon hattı altı vana bağlantısı	58
18		Sıyırma kolon hattı şartlandırıcı tahliye hava kaçağı	80
19		Sıyırma kolon hattı altı SV hava bağlantısı	78
20	Burner	Burner yanı şartlandırıcı hava tahliye hava kaçağı	60
21	Siklon Pompaları	Hava panosu selenoid valf	50
22		Salmastra suyu vana bağlantısı	85

## 7.4. Değerlendirmeler ve/veya Hesaplamalar

### 7.4.1. Kompresörlerin spesifik enerji tüketimlerinin belirlenmesi

Kompresörlerden alınan ölçüm sonuçlarına göre kompresörlerin spesifik enerji tüketimi (1 Nm<sup>3</sup> basınçlı hava üretmek için harcanan enerji miktarı) hesaplanmıştır. Kompresörlerin spesifik enerji tüketimleri Tablo 7.3'te verilmiştir.

Tablo 7.3. Kompresörlerin spesifik enerji tüketimleri

Kompresör Adı	Aktif Güç	Debi	Basınç	Spesifik Enerji
	kW	Nm <sup>3</sup> /dk	bar	kWh/Nm <sup>3</sup>
1	52,2	7,3	7	0,1192
2	26,3	3,9	6,2	0,1124
3	53	7,2	7,3	0,1227
4	53,4	7,1	7,3	0,1254

Spesifik enerji tüketiminin ideal seviyesi kompresörlerin basınç set değeri, kompresör tipi ve kompresör soğutma sistemi vb. parametrelere göre değişiklik göstermektedir.

6-7 bar basınç aralığında çalışan vidalı kompresörler için spesifik enerji tüketiminin 0,1200 kWh/Nm<sup>3</sup> (±0,0100 kWh/Nm<sup>3</sup>) mertebelerinde olması beklenirken, 8-9 bar basınç aralığında çalışan vidalı kompresörlerin ise spesifik enerji tüketiminin 0,1300 kWh/Nm<sup>3</sup> (±0,0100 kWh/Nm<sup>3</sup>) mertebelerinde olması beklenmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda Portal Bölgesi Kompresör Dairesi'ndeki AC-04, AC-03 kompresörlerinin ve Tesis Kompresör Dairesi'ndeki AC-04, AC-03 kompresörlerinin spesifik enerji tüketiminin ideal seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

Normal koşullarda bir ortamda hava içerisinde gözle görülemeyen su molekülleri (nem) bulunmaktadır. Kompresör çalıştığında ortamdan çektikleri havayı sıkıştırmaktadır. Sıkıştırılan havanın içindeki nem suya dönüşmektedir. Nem ve su, basınçlı hava içinde her zaman bulunmaktadır. Buradan basınçlı hava sisteme taşınır. Nem sistemden atılmalıdır. Eğer atılmaz ise sistem verimini kaybetmesine neden olabilir.

İşletmede yapılan ölçümler sırasında basınçlı hava tanklarında kondens tahliyesinin manuel olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

#### **7.4.2. Basınçlı hava sızıntılarının giderilmesi**

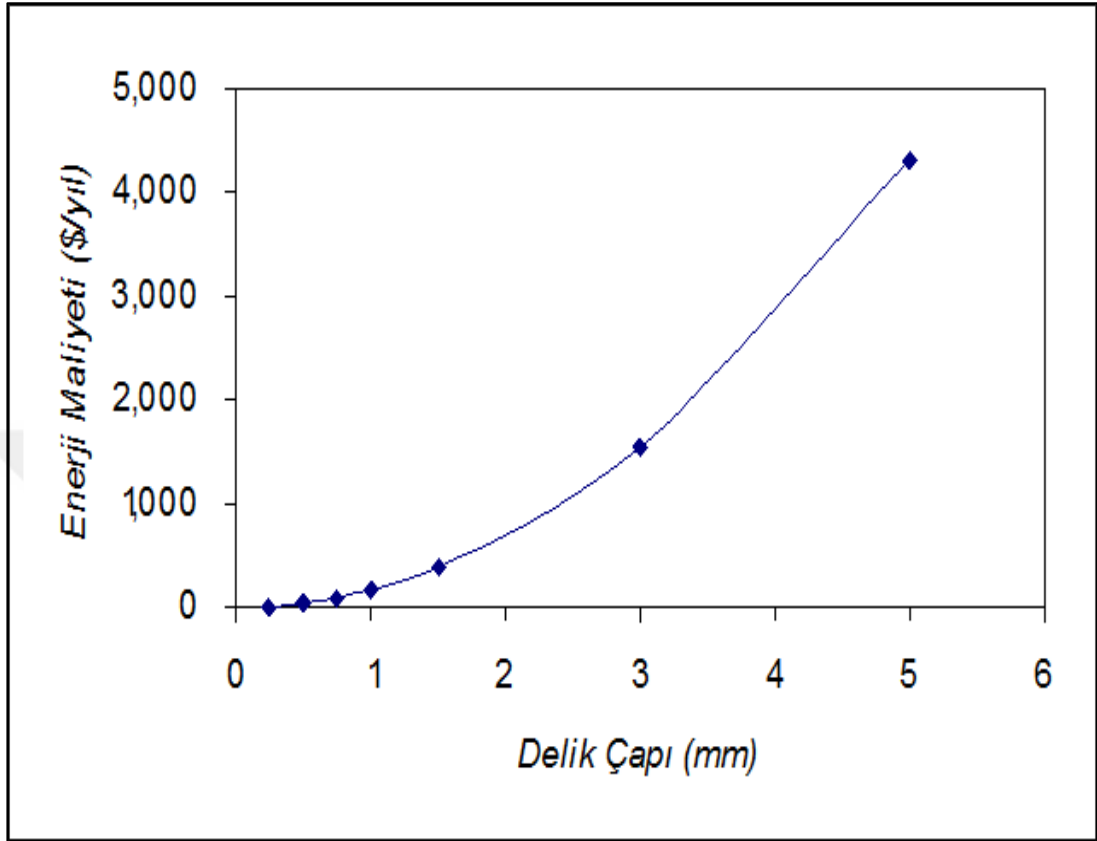
Basınçlı hava kaçaklarının parasal değeri, atmosfer basıncındaki havanın kompresör çıkış (set) basıncına sıkıştırılması için gerekli enerji bedeline eşittir.

Kaçak hava miktarı hat basıncına, basınçlı havanın kaçak noktasındaki sıcaklığına, kompresör emişindeki hava sıcaklığına ve havanın kaçtığı deliğin çapına bağlıdır. Bu nedenle kullanım yerinde gerekli asgari basınç tespit edilerek basınç regülatörleri ile düşürülmesi sızıntı kaçaklarının maliyetini de azaltacaktır. Ayrıca temizlik için kullanılan havanın basıncı da mutlaka düşürülmelidir.

Basınçlı hava üzerinde hassasiyetle durulmalı ve kullanıcılar eğitilmelidir.

Hava kaçaklarının artması nedeniyle kompresör çıkış basıncının düşürülmesi imkânsız hale gelmektedir. Bu da ikinci bir maliyet oluşturmaktadır.

Kaçakların yeri insan kulağı ile bulunabildiği gibi bu amaçla geliştirilmiş ultrasonik ses dedektörleri ile de tespit edilebilir.



Şekil 7.9. Basıncılı hava kaçıklarının sebep olduğu enerji kayıp maliyeti

Şekil 7.9’da görüldüğü üzere kayıp olan basınçlı hava miktarı delik çapının büyüklüğüyle eksponansiyel olarak artmaktadır.

Güç Kaybı;

$$(kW) = \{P_i \times V_f \times [k/(k-1)] \times N \times [(P_o/P_i)^{(k-1)/(k \times N)} - 1]\} \div \{E_a \times E_m\} \quad (7.1)$$

Yıllık enerji kazancı aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$\text{Enerji Kazancı} = \text{Güç Kaybı} \times \text{Çalışma Süresi}$$

Yıllık maliyet kazancı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\text{Maliyet Kazancı} = \text{Enerji Kazancı} \times \text{Birim Kullanma Maliyeti}$$

Basıncılı hava sızıntılarının maliyeti Tablo 7.4’te verilmiştir.

Tablo 7.4. Basınçlı hava kaçaıklarının enerji kaybı ve maliyeti

Ölçüm No	Lokasyon	Ekipman Adı	Güç Kaybı	Yıllık Enerji Kaybı	Enerji Kaybının Maliyeti
			kW	kWh/yıl	TL/yıl
1	Değirmen Bölgesi	Redüktör yağı soğutucu yani şartlandırıcı	1,3414	11.267,76	6.524,03
2	Karbon Fırını	Karbon besleme vanası giriş hava bağlantısı	1,2211	10.257,24	5.938,94
3	Detoks Tankı	Detoks tank üzeri hava bağlantısı	1,0707	8.993,88	5.207,46
4	Tickner Tankı	Tickner tankı altı şartlandırıcı tahliye hava kaçağı	1,0707	8.993,88	5.207,46
5	Detoks Pompaları	Pano içi valf bağlantısı	0,9203	7.730,52	4.475,97
6		Şartlandırıcı tahliye hava kaçağı	0,9203	7.730,52	4.475,97
7	Proses Suyu Tankı	Pompa vana hava bağlantısı	0,5387	4.525,08	2.620,02
8	Kostik Tankı	Kostik alanı şartlandırıcı kaçağı	0,9203	7.730,52	4.475,97
9	Wesseel Tankı	Wesseel tankı altı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	0,4108	3.450,72	1.997,97
10		Wesseel tankı altı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	0,5297	4.449,48	2.576,25
11		Wesseel tankı altı piston giriş bağlantısı	0,9203	7.730,52	4.475,97
12		Wesseel tankı altı piston çıkış bağlantısı	0,5297	4.449,48	2.576,25
13	Antiprexa Tankı	Antiprexa tank yanı SV şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	0,5297	4.449,48	2.576,25
14	Pre Soak Tankı	Pre Soak Tankı yanı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	0,4108	3.450,72	1.997,97
15		Pre Soak Tankı yanı otomatik vana egzoz kaçağı	0,5297	4.449,48	2.576,25
16		Pre Soak Tankı yanı şartlandırıcı hava tahliye kaçağı	0,5297	4.449,48	2.576,25
17	Sıyrma Kolonu	Sıyrma kolon hattı altı vana bağlantısı	0,6016	5.053,44	2.925,94
18		Sıyrma kolon hattı şartlandırıcı tahliye hava kaçağı	1,2211	10.257,24	5.938,94
19		Sıyrma kolon hattı altı SV hava bağlantısı	1,1609	9.751,56	5.646,15
20	Burner	Burner yanı şartlandırıcı hava tahliye hava kaçağı	0,6195	5.203,80	3.013,00
21	Siklon Pompaları	Hava panosu selenoid valf	0,5297	4.449,48	2.576,25
22		330PP01 yanı salmastra suyu vana bağlantısı	1,3715	11.520,60	6.670,43
<b>Toplam</b>				<b>150.344,88</b>	<b>87.049,69</b>

## 7.5. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları

Kompresörlerden alınan ölçüm sonuçlarına göre kompresörlerin spesifik enerji tüketimi (1 Nm<sup>3</sup> basınçlı hava üretmek için harcanan enerji miktarı) hesaplanmıştır.

Spesifik enerji tüketiminin ideal seviyesi kompresörlerin basınç set değeri, kompresör tipi ve kompresör soğutma sistemi vb. parametrelere göre değişiklik göstermektedir.

6-7 bar basınç aralığında çalışan vidalı kompresörler için spesifik enerji tüketiminin 0,1200 kWh/Nm<sup>3</sup> (±0,0100 kWh/Nm<sup>3</sup>) mertebelerinde olması beklenirken, 8-9 bar basınç aralığında çalışan vidalı kompresörlerin ise spesifik enerji tüketiminin 0,1300 kWh/Nm<sup>3</sup> (±0,0100 kWh/Nm<sup>3</sup>) mertebelerinde olması beklenmektedir.

Yapılan incelemeler sonucunda Portal Bölgesi Kompresör Dairesi'ndeki 01, 02 kompresörlerinin ve Tesis Kompresör Dairesi'ndeki 03, 04 kompresörlerinin spesifik enerji tüketiminin ideal seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

Normal koşullarda bir ortamda hava içerisinde gözle görülemeyen su molekülleri (nem) bulunmaktadır. Kompresör çalıştığında ortamdaki havayı sıkıştırılmaktadır. Sıkıştırılan havanın içindeki nem suya dönüşmektedir.

Nem ve su, basınçlı hava içinde her zaman bulunmaktadır. Buradan basınçlı hava sisteme taşınır. Nem sistemden atılmalıdır. Eğer atılmaz ise sistem verimini kaybetmesine neden olabilir.

İşletmede yapılan ölçümler sırasında basınçlı hava tanklarında kondens tahliyesinin manuel olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu durum pnömatik sistemlerde arızalara, tesisatta paslanmaya, çap kayıplarına ayrıca bir dizi birbirini tetikleyen problemlere sebebiyet verebilir. Otomatik kondens tahliye sisteminin kurulmasıyla bu durumun önüne geçmek mümkündür.

Kompresörlerde spesifik enerji tüketiminin düşük seviyelerde tutulabilmesi için emiş tarafındaki filtreler düzenli olarak temizlenmeli, basıncı daha az düşüren filtreler kullanılmalıdır.

Filtre giriş ve çıkışına basınç göstergesi yerleştirilerek, filtre değiştirme zamanları buna göre ayarlanmalıdır.

Kompresörlerin çalışma rejimlerinin sistematik olarak izlenmesi, kompresörlerin periyodik kontrollerinin, bakımlarının ve filtre temizliklerinin yaptırılması önerilmektedir.

Kompresörlerin çalışma rejimlerinin sistematik olarak izlenmesi, kompresörlerin periyodik kontrollerinin, bakımlarının ve filtre temizliklerinin yaptırılması basınçlı hava sistemlerinde enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmaların sürdürülmesi önerilmektedir.

Taze hava emişinin menfezlerinin tıkanması durumunda kompresör havayı sıkıştırma gücünü kaybeder. Bu durum, kompresörün kalitesini kademeli olarak düşürmektedir. Temiz olmayan bir hava filtresi, dışarıdan gelen kire izin vererek hava kompresöre zarar vermektedir.

Kompresörlerde spesifik enerji tüketiminin düşük seviyelerde tutulabilmesi için emiş tarafındaki filtreler düzenli olarak temizlenmeli, basıncı daha az düşüren filtreler kullanılmalıdır.

Filtre giriş ve çıkışına basınç göstergesi yerleştirilerek, filtre değiştirme zamanları buna göre ayarlanmalıdır.

Kompresör odasında, basınçlı hava ana dağıtım hatlarında, pnömatik selenoidlerde, basınçlı hava tabancalarında vb. noktalarda ultrasonik sızıntı dedektörü ile yapılan ölçümlerde enerji tasarrufu yapılabilecek kaçak noktaları tespit edilmiştir.

Ultrasonik sızıntı dedektörü ile tespit edilen 22 noktada gerçekleşen enerji kaybı 150.344,88 kWh/yıl ve kaybedilen enerjinin yıllık toplam maliyeti 87.049,69 TL olarak hesaplanmıştır.

Basınçlı hava kaçaklarının giderilmesi sonucu enerji maliyetleri düşmekte, makinelerin kayıp zamanı en aza indirilmekte ve böylece işletme verimliliği gözle görülür şekilde artmaktadır.

Basınçlı hava kaçaklarının önlenmesi için periyodik kontrol ve bakım yapılması önerilmektedir.



Basınçlı hava sistemlerinde en yaygın sorunlar:

- Basınçlı havadaki fazla nem,
- Sistem genelinde yetersiz basınç,
- Basınçlı havadaki kirleticiler,
- Giriş ve/veya boru hattı filtrelerinin sık kirlenmesi vb. sorunlardır.

Kompresör için maksimum performans ve hizmet ömrünü güvence altına almak için rutin bir bakım çizelgesi oluşturmak ve uygun bakım faaliyetleri gerçekleştirmek gerekir. Sistemin bakımının iyi yapılıp yapılmadığını ve uygun şekilde çalışıp çalışmadığını anlamamanın bir yolu da güç, basınç, akış ve sıcaklığını takip etmek suretiyle sistemin durumunu periyodik olarak kontrol etmektir.

## 8.SICAK YAĞ KAZANI ANALİZLERİ

Kazan verimini etkileyen faktörler;

- Eksik yanma,
- Fazla hava,
- Baca gazı sıcaklığı,
- Yakıt cinsi,
- Brülörler,
- Kazan yükü,
- Kazan yüzeylerinden gerçekleşen ısı kayıplar,
- Isıtıcı yüzey kirliliği,
- Blöf nedeniyle gerçekleşen ısı kaybı,
- Besi suyu sıcaklığı,
- Kondensatın geri kazanımı,
- Yanma havası sıcaklığı şeklindedir.

Kazan verimini arttıran faktörler;

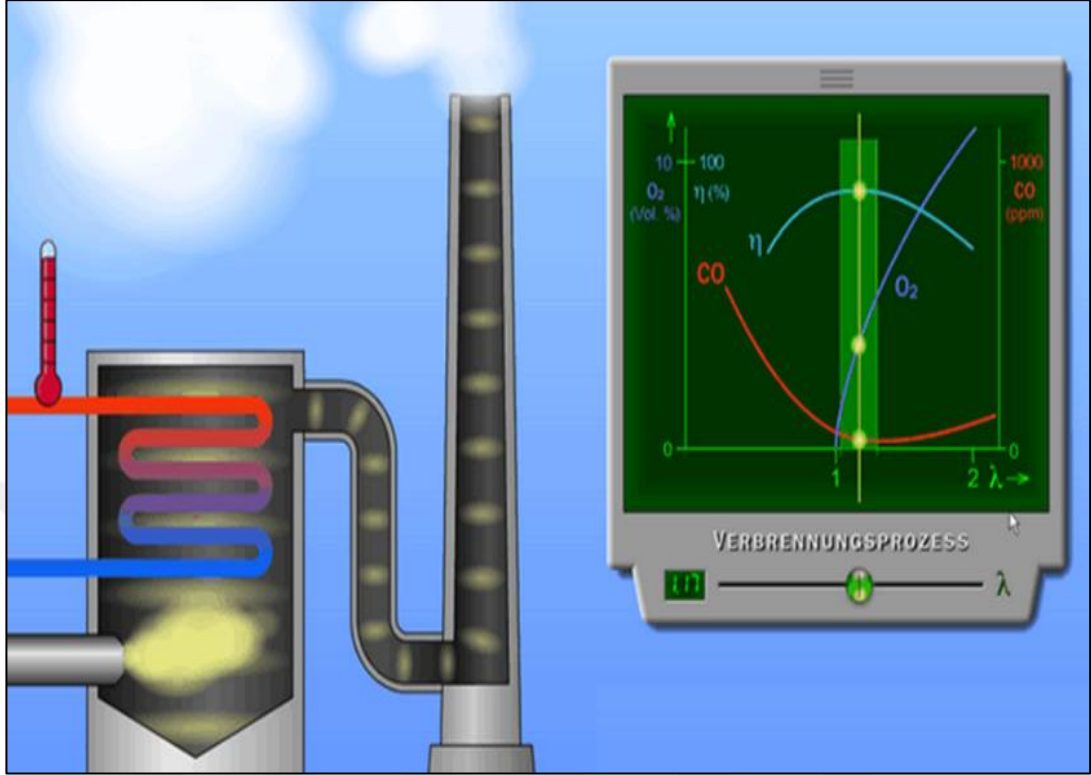
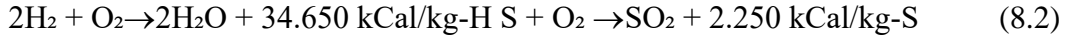
- Optimum yanmanın sağlanması,
- Brülörün yakma havasının ısıtılması,
- Kazanlarda ısı transferinde maksimum verimi elde etmek için kireçtaşı oluşumunun engellenmesi,
- Kazan dış yüzeyinin izole edilmesi,
- Besi suyu sıcaklığının artırılması için çeşitli yöntemlere başvurulması,
- Blöf sayısının artırılmasıdır.

Kazanlarda baca gazı analizlerinin değerlendirilmesinde yanma analizleri önemlidir.

Yakıt tamamen yandığında, içerisindeki karbon (C) karbondioksite (CO<sub>2</sub>), hidrojen (H<sub>2</sub>) su buharına (H<sub>2</sub>O), kükürt (S) kükürdioksite (SO<sub>2</sub>) dönüşmektedir.

Tam Yanma;



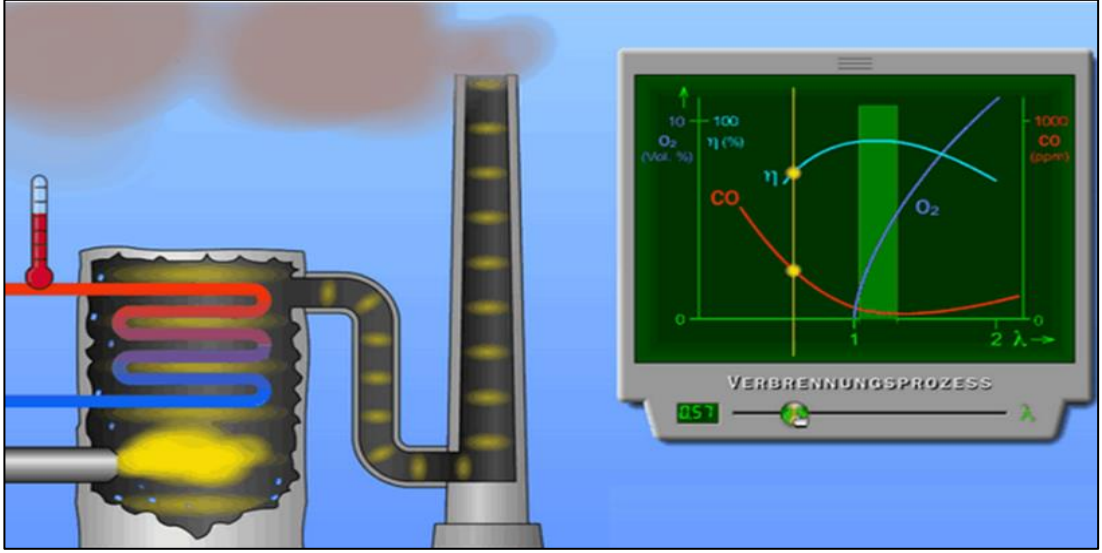


Şekil 8.1. Tam yanma örneği

Eksik Yanma;



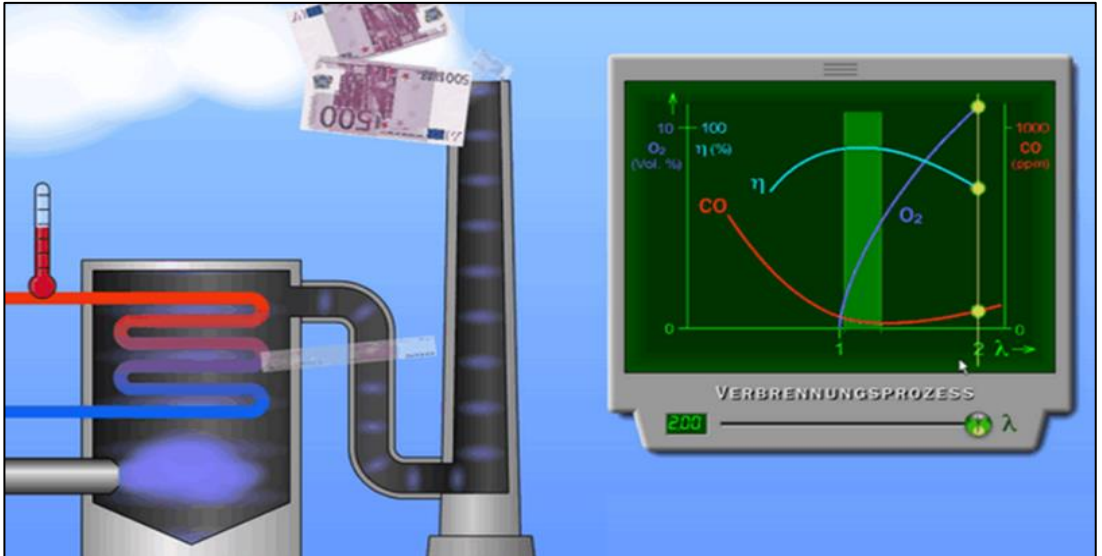
Bu denklemlerden de görülebileceği gibi, yetersiz oksijen sonucu karbonun karbondioksit dönüşmeden karbonmonoksit halinde kalmasıyla kaybedilen enerji miktarı %70 mertebesinde olmaktadır. Bu kaygıyla, mükemmel yanmanın sağlanması için, genel bir kural olarak yakıtı verilen hava belirli oranda artırılmaktadır. Buna hava fazlalık katsayısı denilmektedir. Yakıt cinsine bağlı olarak değişen bu katsayının gereğinden az olması halinde, karbonmonoksit oluşmakta, üretilen enerji azalmakta, ısılık başlamakta ve yanma verimi düşmektedir. Söz konusu hava fazlalık katsayısının gereğinden fazla olması halinde ise, karbonmonoksit azalırken, yanmaya iştirak etmeyen hava kazanda ısıtılarak bacadan atılmakta, yanma bozulmakta ve yanma verimi düşmektedir. Bu nedenle, işletme sırasında yanmanın optimizasyonu için baca gazı analizörleri yardımıyla, baca gazı analizleri kolayca elde edilip değerlendirilebilmekte, brülör ve kazanlara anında müdahale edilebilmektedir.



Şekil 8.2. Eksik yanma örneği

Oksijen ( $O_2$ ): Yakıt cinsine ve hava fazlalık katsayısına bağlı olarak, karbonmonoksit oluşumuna neden olmayacak şekilde, baca gazları içerisinde oksijen oranının mümkün olduğunca düşük olması istenmektedir.

Doğalgazda %2-3, sıvı yakıtta %3-4, katı yakıtta %5-6,50 oksijen oranı baca gazı analizleri için ideal değerler olarak kabul edilmektedir.



Şekil 8.3. Fazla hava ile yanma örneği

Karbondioksit ( $CO_2$ ): Yakıt cinsine bağlı olarak karbondioksitin baca gazları içerisinde yüksek oranda bulunması tercih nedeni olmaktadır.

Doğalgazda %11, sıvı yakıtta %14, katı yakıtta %14 karbondioksit değerleri, baca gazı analizleri için uygun mertebeler olarak söylenebilmektedir.

Karbonmonoksit (CO): Neden olduğu enerji kaybı ve islilik sonucu kirlenme nedeniyle karbonmonoksit, baca gazları içerisinde arzu edilmemekte ve emisyon kabul edilmektedir. Yakıtta verilen oksijen artırılarak, eksik yanma tamamlanmak suretiyle karbonmonoksit mutlaka karbondioksite dönüştürülmelidir. Baca gazı analizlerinde karbonmonoksit miktarı 100 ppm değerine kadar normal kabul edilebilmektedir.

Kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>): Yakıt içerisindeki kükürtün yanmasıyla ortaya çıkan kükürtdioksit, çevre için tehlikeli emisyonların başında kabul edilmektedir. Brülör ve kazanda alınacak önlemlerle ilgisi olmayan bu gaz, ancak düşük kükürtlü yakıtlarla baca gazlarında azaltılabilmektedir.

Doğalgaz kullanımında baca gazında "0" olan kükürtdioksit değeri, %0,5 kükürt ihtiva eden ithal kömür kullanıldığında, baca gazlarında 150-200 ppm değerlerinde olabilmektedir.

Kükürtdioksitin, baca gazlarında, düşük sıcaklıklarda, su buharı ile birleşerek sülfirik asite dönüştüğü ve kazanlarda tahribatlara neden olduğu bilinmektedir.

Azotoksitler (NO<sub>x</sub>): Yakıt cinsine bağlı olarak, kazana verilen havanın fazlalık katsayısı ile kazan dizaynından kaynaklanan nedenlerle oluşan azotoksitler, çevre açısından emisyon kabul edilmektedir. Yakıt hava ayarının elverdiği oran dışında azotoksitlere müdahale imkânı bulunmamakta, kazan alımı sırasında dikkate alınması gereken bir parametre olarak değerlendirilmektedir.

Baca gazı Sıcaklığı (T): Kazanı terk eden baca gazlarının, yakıt cinsine ve içerisindeki kükürt oranına bağlı olarak, mümkün mertebe düşük sıcaklıkta olması istenmektedir.

Gereğinden fazla yakıt debisi, yetersiz kazan ısıtma yüzeyi ile duman borularındaki kirlilik, yüksek baca gazı sıcaklığına neden olmaktadır. Dikkat edilmesi gereken önemli husus, kazan testinin, dolayısıyla baca gazı analizlerinin kazan anma gücüne uygun yakıt debisinde yapılmasıdır. Zira, düşük kazan kapasitelerinde baca gazı sıcaklığının da düşük çıkması beklenen bir durum olmaktadır.

Yüksek baca gazı sıcaklığı verim kaybı demektir. Baca gazı sıcaklıklarında düşülebilecek minimum değerler, baca gazlarının yoğuşma (çığlenme) sıcaklığı ile ilgilidir. Yoğuşma sıcaklığı ise baca gazındaki kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>), dolayısıyla yakıt içindeki kükürt (S) miktarına bağlıdır. Doğalgaz kullanımında 130-150 °C, katı ve sıvı yakıt kullanımında 130-175 °C baca gazı sıcaklıkları uygun değerler olarak kabul edilebilmektedir. [46]

### 8.1. Ünite ve Sistem Tarifi

Isıtılan sıcak yağın ısı değiştiricisi yardımıyla üzerindeki ısıl enerjiyi sıyırma kolonlarında kullanılan solüsyona aktarmasını sağlamak için 1 adet doğalgaz yakıtlı sıcak yağ kazanı kullanılmaktadır. Sıcak yağ kazanında 145°C'ye ısıtılan yağ, üzerindeki ısıl enerjiyi aktardıktan sonra 116 °C'de kazana geri dönmektedir.



Şekil 8.4. Sıcak yağ kazanı



Şekil 8.5. Sıcak yağ kazanı brülörü

## 8.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Sıcak yağ kazanında yapılan incelemelerle;

- Kazandan alınan ölçüm sonuçlarına göre ve yapılan incelemelerle kazan verimleri hesaplanır. Kazan veriminin düşük olması kazanda fazladan yakıt tüketilmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla enerji kaybı yaşanmaktadır.
- Kazan baca gazında bulunan O<sub>2</sub> oranına dikkat edilir. O<sub>2</sub> oranının yüksek olması yanma verimsizliğinin göstergesidir. Kazanın yakıt türüne göre ideal baca gazı O<sub>2</sub> oranı değişmektedir. Bu ideal O<sub>2</sub> oranına göre yanma ayarının yapılmasıyla elde edilebilecek tasarruf miktarları hesaplanmaktadır.
- Kazanların bacalarından alınan ölçüm sonuçlarına göre baca gazı atık ısı potansiyelleri hesaplanır. Belirlenen atık ısı potansiyelinin kullanılabilir olup olmadığı değerlendirilir. Eğer atık ısı potansiyeli geri kazanım için uygunsa, atık ısının kullanılacağı noktalar belirlenerek atık ısının kullanılmasıyla elde edilebilecek tasarruf miktarları hesaplanmaktadır.

Sıcak yağ kazanında kazan veriminin belirlenebilmesi ve yanma analizlerinin yapılabilmesi amacıyla baca gazı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler baca gazı analiz cihazı ile yapılmıştır. Sıcak yağ kazanının baca gazı içeriği referans alınarak teorik doğalgaz tüketimi hesaplanmıştır. Yapılan ölçümler ve alınan bilgiler Tablo 8.1’de verilmiştir.

Tablo 8.1. Sıcak yağ kazanından alınan bilgiler ve ölçümler

Kazan Adı	Kapasite	Yağ Giriş Sıcaklığı	Yağ Çıkış Sıcaklığı	Doğalgaz Basıncı	Baca Gazı Sıcaklığı	Ortam Sıcaklığı	O <sub>2</sub>	CO	Doğalgaz Tüketimi		Çalışma Saati
	kW	°C	°C	mbar	°C	°C	%	ppm	Sm <sup>3</sup> /h	Nm <sup>3</sup> /h	h/yıl
Sıcak Yağ Kazanı	1.750,00	116	145	150	380	20	6,2	0	149,8	141,99	1.200

Baca gazı atık ısı potansiyelini belirleyebilmek için baca gazı debisinin de belirlenmesi gerekmektedir. Sıcak yağ kazanının baca hatlarından geçen baca gazı debisini hesaplayabilmek için pitot tüpü ile dinamik basınç ölçülmüştür.

Ayrıca baca hattının ebatları belirlenmiştir. Yapılan ölçümler ve alınan bilgiler Tablo 8.2’de verilmiştir.

Tablo 8.2. Sıcak yağ kazanının dinamik basınç ölçümü ve baca alanı

Kazan Adı	Dinamik Basınç	Alan
	hPa	m <sup>2</sup>
Sıcak Yağ Kazanı	0,5	0,1

### 8.3. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

Sıcak yağ kazanında yapılan incelemeler ve alınan ölçüm sonuçları neticesinde kazan verimi tespit edilmiştir. Sıcak yağ kazanının verim hesabı Tablo 5.3’te verilmiştir.

Kazandaki ısı kayıpları genel olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- » Kuru baca gazı yoluyla olan ısı kaybı ( $L_{KBG}$ )
- » Baca gazındaki nem nedeniyle olan ısı kaybı ( $L_{NBG}$ )
- » Baca gazındaki yanmamış karbonmonoksit nedeniyle olan ısı kaybı ( $L_{COBG}$ )
- » Kazan yüzeyindeki radyasyon ve konveksiyonla olan ısı kaybı ( $L_{RK}$ )

Tablo 8.3. Sıcak yağ kazanının verim hesabı

Kazan Adı	Kuru Baca Gazı Yoluyla Olan Isı Kaybı	Baca Gazındaki Nem Nedeniyle Olan Isı Kaybı	Yanmamış CO Nedeniyle Olan Isı Kaybı	*Kazan Yüzeyindeki Radyasyon ve Konveksiyonla Olan Isı Kaybı	Verim
	%	%	%	%	%
Sıcak Yağ Kazanı	15,02	4,01	0,00	0,50	80,47

\*Sıcak yağ kazanında yüzeydeki radyasyon ve konveksiyonla olan ısı kaybı %0,50 olarak kabul edilmiştir.

Baca gazı ölçümleri alınırken baca gazında bulunan O<sub>2</sub> ve CO oranlarına dikkat edilmektedir. Baca gazındaki O<sub>2</sub> ve CO oranına bakılarak yanma verimi değerlendirilebilir. Doğalgaz yakıtlı kazanlarda yanma sonucunda baca gazındaki ideal O<sub>2</sub> değerinin %1-3 seviyelerinde olması ve CO çıkışının ise en fazla 100 ppm mertebelerinde olması beklenmektedir. Sıcak yağ kazanından alınan ölçümler ve yapılan analizler sonucunda sıcak yağ kazanının baca gazındaki O<sub>2</sub> miktarının ideal değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.



Baca gazında bulunan O<sub>2</sub> oranının ideal seviyeden fazla olması, yanma işleminin fazla hava ile gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Bu durum sıcak yağ kazanının verimini düşüren etmenlerden birisidir.

Yanma içerisinde olan fazla havanın, baca gazı sıcaklığına kadar ısıtılması yakıt tüketiminin artmasına neden olmakta, ısıtılan fazla hava atmosfere transfer edilmektedir. Fazla havanın ısıtılıp atmosfere transfer edilmesi enerji sarfiyatına neden olmaktadır.

Doğalgaz yakıtlı sıcak yağ kazanında yanma ayarı uygulaması yapılarak ideal yanma sağlanabilir. Aynı zamanda daha fazla hava ile çalışılması nedeniyle oluşan ısı kayıpları da azaltılabilir.

Yanma ayarı uygulaması ile yanma için gerekli olan minimum hava ile çalışma yapılmış olur.

Yanma sonucu baca gazındaki O<sub>2</sub> oranları idealden fazla/farklı olan sıcak yağ kazanında yanma ayarının yapılmasıyla enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir.

O<sub>2</sub> oranlarının ayarlanmasıyla kazan verimi artarak sıcak yağ kazanının doğalgaz tüketimi azaltılabilir.

Kazanda yanma ayarı yapılarak baca gazındaki O<sub>2</sub> oranının %3'e düşürülmesiyle elde edilebilecek kazan verimi hesabı Tablo 8.4'te verilmiştir.

Tablo 8.4. Yanma ayarı uygulaması sonrası kazan verimi hesabı

Kazan Adı	O <sub>2</sub>	CO	Baca Gazı Sıcaklığı	Ortam Sıcaklığı	Kuru Baca Gazı Yoluyula Olan Isı Kaybı	Baca Gazındaki Nem Nedeniyle Olan Isı Kaybı	Yanmamış CO Nedeniyle Olan Isı Kaybı	Fırın Yüzeyindeki Radyasyon ve Konveksiyonla Olan Isı Kaybı	Verim
	%	%	°C	°C	%	%	%	%	%
Sıcak Yağ Kazanı	3	-	380	20	12,35	4,01	0	0,5	83,14

Sıcak yağ kazanında yanma ayarının yapılmasıyla sağlanabilecek enerji tasarrufu hesabı Tablo 8.5'te verilmiştir.

Tablo 8.5. Yanma ayarıyla elde edilecek enerji tasarrufu hesabı

Kazan Adı	Mevcut Durum			Uygulama Sonrası			Tasarruf					
	Doğal gaz Tüketimi	O <sub>2</sub>	Kazan Verimi	Tüketilmesi Öngörülen Doğalgaz	O <sub>2</sub>	Kazan Verimi	Birim Yakıt Tasarrufu	Birim Güç Tasarrufu	Yıllık Enerji Tasarrufu	Yıllık Mali Tasarrufu	Yatırım Maliyeti	BG ÖS
	Sm <sup>3</sup> /h	%	%	Sm <sup>3</sup> /h	%	%	Sm <sup>3</sup> /h	kW	kWh/yıl	TL/yıl	TL	yıl
Sıcak Yağ Kazanı	149,79	6	80,4	144,98	3	83,1	4,81	46,14	55.368	12.025	8.000	0,67

Sıcak yağ kazanının baca gazı analizleri sonuçlarına göre atık ısı potansiyelini belirlemek için hesaplar yapılmıştır. Sıcak yağ kazanının baca gazı atık ısı potansiyeli hesaplamaları Tablo 8.6’da verilmiştir.

Tablo 8.6. Baca gazı atık ısı potansiyelinin belirlenmesi

Kazan Adı	Baca Gazı Debisi	Baca Gazı Sıcaklığı	Düşülebilecek Sıcaklık	Sıcaklık Farkı	Atık Isı Miktarı	*Kullanılabilir Atık Isı Miktarı
	m <sup>3</sup> /h	°C	°C	°C	kW	kW
Sıcak Yağ Kazanı	4.701,60	380,00	120,00	260,00	202,66	182,39

\*Hesaplanan atık ısı potansiyelinin %90’nın geri kazanılabileceği öngörülmüştür.

Sıcak yağ kazanının baca gazı atık ısı potansiyelinin reküperatör kullanılarak geri kazanılmasıyla enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir.

Sıcak yağ kazanında reküperatör kullanılmasıyla yanma havasının ön ısıtılması, bu sayede de yakıt tüketiminin azaltılması sağlanabilir. Belirlenen atık ısı potansiyelinin geri kazanımı için yapılabilecek yatırımların tasarrufa oranla yüksek olacağı öngörüldüğünden baca gazı atık ısı geri kazanım analizleri yapılmamıştır.

#### 8.4. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları

Sıcak yağ kazanından alınan ölçümler ve yapılan analizler sonucunda baca gazındaki O<sub>2</sub> miktarının ideal değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Yanma sonucu baca gazındaki O<sub>2</sub> oranları idealden fazla/farklı olan sıcak yağ kazanında yanma ayarının yapılmasıyla enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir. Sıcak yağ kazanında yanma ayarının yapılmasıyla 55.368,00 kWh/yıl enerji tasarrufu, 12.025,93 TL/yıl mali tasarruf sağlamak mümkündür. Uygulamanın yatırım maliyeti 8.000,00 TL, basit geri ödeme süresi ise 0,67 yıl’dır.

Sıcak yağ kazanının baca gazı analizleri sonuçlarına göre atık ısı potansiyelini belirlemek için hesaplar yapılmıştır.

Sıcak yağ kazanının baca gazı atık ısı potansiyelinin reküperatör kullanılarak geri kazanılmasıyla enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir.

Sıcak yağ kazanında reküperatör kullanılmasıyla yanma havasının ön ısıtılması, bu sayede de yakıt tüketiminin azaltılması sağlanabilir. Fakat belirlenen atık ısı potansiyelinin geri kazanımı için yapılabilecek yatırımların tasarrufa oranla yüksek olacağı öngörüldüğünden baca gazı atık ısı geri kazanım analizleri yapılmamıştır. İşletmenin bu sıcaklıklara ve miktara tekabül eden ısı kaynak ihtiyacı oluşması durumunda, sıcak yağ kazanı baca gazı atık ısı geri kazanımı projelerinin değerlendirilmesi önerilmektedir.

Kazanlarda enerji verimliliği, yanmanın mükemmelliğine ve yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin kazan içindeki akışkana transfer oranına, baca gazı emisyonları ise yine yanmanın kalitesine, brülör tasarımına, ayrıca kullanılan yakıt içerisindeki kirleticilere bağlı olmaktadır.

## 9. KARBON FIRINI ANALİZLERİ

### 9.1. Ünite ve Sistem Tarifi

Tesiste sıyırma kolonunda toplanan karbon partiküllerini solüsyon yardımı ile altından ayrıştırılan karbon parçacıklarını fırınlayarak tekrar aktif karbon elde edilmesini sağlamak için 1 adet karbon fırını kullanılmaktadır. Aktif olmayan karbon dönel halde çalışan fırının içinde dış çeperlerine yüksek sıcaklık verilerek alev ile temas etmeden ısıtılarak tekrar aktif karbon eldesi sağlanmaktadır.



Şekil 9.6. Karbon fırını

### 9.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Karbon fırının yanma analizlerinin yapılabilmesi, bacasındaki atık ısı potansiyelinin belirlenebilmesi için, baca gazı içeriğinin, baca gazı ve ortam sıcaklığının bilinmesine gerek duyulmaktadır. Karbon fırınında baca gazı analizörü ile baca gazı analiz ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 9.7. Karbon fırınında baca gazı ölçümü

Tablo 9.7. Karbon fırınından alınan bilgiler ve ölçümler

Fırın Adı	O <sub>2</sub>	CO	Baca Gazı Sıcaklığı	Ortam Sıcaklığı
	%	ppm	°C	°C
Karbon Fırını	12,40	1.147,00	433,80	15,50

### 9.3. Değerlendirmeler ve Hesaplamalar

Doğalgaz yakıtlı karbon fırınında yanma analizinin yapılabilmesi için baca gazı ölçümleri yapılmıştır. Baca gazı ölçümleri alınırken baca gazında bulunan O<sub>2</sub> ve CO oranlarına dikkat edilmektedir. Baca gazındaki O<sub>2</sub> ve CO oranına bakılarak yanma verimi değerlendirilebilir. Doğalgaz yakıtlı fırınlarda yanma sonucunda baca gazındaki ideal O<sub>2</sub> değerinin %1-3 seviyelerinde olması ve CO çıkışının ise en fazla 100 ppm mertebelerinde olması beklenmektedir.

Karbon fırınından alınan ölçümler ve yapılan analizler sonucunda karbon fırınının baca gazındaki O<sub>2</sub> miktarının ve CO çıkışının ideal değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Karbon fırını üzerinde bulunan 4 adet brülörün yanma ayarlarında meydana geldiği düşünülen mekanik bir arızanın CO çıkışının yüksek olmasına sebebiyet verebileceği öngörülmüştür.

Baca gazındaki CO miktarının yüksek olması, tam yanma reaksiyonunun gerçekleşmediğinin bir göstergesidir. Yanma için şartlar uygun değilse veya yeterli O<sub>2</sub> bulunamazsa bu durum eksik yanmaya neden olur.

Yeterli oksijen olmasına rağmen yanma odasındaki hava yakıt karışımının yetersiz olması da kısmi eksik yanma olarak tanımlanmaktadır.

Eksik yanmalar istenmeyen yanma artıklarının oluşmasına neden olur. Bu durum karbon fırınının verimini düşüren etmenlerden biridir. Çünkü yanma reaksiyonunda yakıtın enerjisinin bir kısmının ısıya dönüşmeden baca gazıyla atmosfere atılmasıyla yakıt sarfiyatına neden olmaktadır.

Etüt esnasında yapılan çalışmalar ve gözlemler sonucunda karbon fırınının baca gazı O<sub>2</sub> miktarının yüksek olması fırının tasarımına bağlı olarak yanma kısmına istenmeyen hava girişleri olduğu bilgisine ulaşılmıştır.

Ölçüm sonucunda O<sub>2</sub> oranının beklenen değerden fazla olması, yanma işleminin fazla hava ile gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Bu durum fırın verimini düşüren etmenlerden birisidir. Çünkü yanma içerisinde olan fazla havanın, baca gazı sıcaklığına kadar ısıtılması yakıt tüketiminin artmasına neden olmakta, ısıtılan fazla hava atmosfere transfer edilmektedir. Fazla havanın ısıtılıp atmosfere transfer edilmesi enerji sarfiyatına neden olmaktadır.

Etüt esnasındaki gözlemler sonucunda fırın içerisine istenmeyen hava girişi olduğu ve bu havanın baca yardımı ile atmosfere atıldığı öngörülerek fırının verimi ve atık ısı potansiyeli sağlıklı sonuç vermeyeceği için analiz yapılmamıştır.

#### **9.4. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları**

Karbon fırınından alınan ölçümler ve yapılan analizler sonucunda karbon fırınının baca gazındaki O<sub>2</sub> miktarının ve CO çıkışının ideal değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Karbon fırını üzerinde bulunan 4 adet brülörün yanma ayarlarında meydana geldiği düşünülen mekanik bir arızanın CO çıkışının yüksek olmasına sebebiyet verebileceği öngörülmüştür.

Baca gazındaki CO miktarının yüksek olması, tam yanma reaksiyonunun gerçekleşmediğinin bir göstergesidir. Yanma için şartlar uygun değilse veya yeterli O<sub>2</sub> bulunamazsa bu durum eksik yanmaya neden olur.

Yeterli oksijen olmasına rağmen yanma odasındaki hava yakıt karışımının yetersiz olması da kısmi eksik yanma olarak tanımlanmaktadır. Eksik yanmalar istenmeyen yanma artıklarının oluşmasına neden olur. Bu durum karbon fırınının verimini düşüren etmenlerden biridir. Çünkü yanma reaksiyonunda yakıtın enerjisinin bir kısmının ısıya dönüşmeden baca gazıyla atmosfere atılmasıyla yakıt sarfiyatına neden olmaktadır.

Etüt esnasında yapılan çalışmalar ve gözlemler sonucunda karbon fırınının tasarımına bağlı olarak yanma kısmına istenmeyen hava girişleri olmasının karbon fırınının baca gazı O<sub>2</sub> miktarının yüksek olmasına neden olabileceği öngörülmüştür.

Ölçüm sonucunda O<sub>2</sub> oranının beklenen değerden fazla olması, yanma işleminin fazla hava ile gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Bu durum fırın verimini düşüren etmenlerden birisidir. Çünkü yanma içerisinde olan fazla havanın, baca gazı sıcaklığına kadar ısıtılması yakıt tüketiminin artmasına neden olmakta, ısıtılan fazla hava atmosfere transfer edilmektedir. Fazla havanın ısıtılıp atmosfere transfer edilmesi enerji sarfiyatına neden olmaktadır.

Brülör yanma ayarının kontrol edilmesi ve yanma bölümüne istenmeyen hava girişlerinin önlenmesiyle karbon fırınının baca gazı O<sub>2</sub> miktarı ve CO çıkışı ideal seviyelere getirilebileceği öngörülmektedir.

Bu önerilerin dikkate alınmasının ardından karbon fırınının baca gazı atık ısı potansiyelini ve verimini sağlıklı bir şekilde tespit etmek mümkündür.

## 10.BLOWER ANALİZLERİ

Blowerlar, emilen gazın basıncını, çarkın santrifuj hareketiyle oluşan bir dizi vorteks hareket sonucu artırır.

Çark dönerken, çarkta bulunan kanallar havayı santrifuj hareketle ileri doğru iter ve helisel bir hareket oluşur. Bu hareket esnasında gaz kanal boyunca sürekli olarak sıkışır ve basınç doğrusal olarak artar. Basınçlanan hava, blowerın çıkış kanalından kullanılacak olan tesisata aktarılır.

Santrifuj Blower:

Santrifuj blower, hava/gazların kinetik enerjisini arttırmak için çarkların dönüşünden sağlanan santrifuj gücünü kullanır.

Çarklar döndüğünde, çarkların yanındaki gaz parçacıkları çarklardan fırlatılır, ardından kanat muhafazasına doğru hareket eder.

Gaz daha sonra çıkış kanalları aracılığıyla çıkışa yönlendirilir. Gaz atıldıktan sonra, pervanelerin orta bölgesindeki gaz basıncı düşer.

Çark gözünden çıkan gaz bunu normalleştirmek için içeri girer. Bu döngü tekrar eder ve bu nedenle gaz sürekli transfer edilebilir.

Santrifuj Blower çeşitlerinin sıradan blowlara göre en belirgin özelliği basınç oranında ulaşabileceği performanstır. Ayrıca nispeten daha kolay bakım süreçleri ile uzun süreler kullanılabilir.

Roots Blower:

Uzun vadeli, verimli, performansını koruyarak çalışır. Diğer çeşitlere göre daha yüksek hacimli hava pompalanmasında kullanılacak kapasitededir. Çalışırken düşük düzeyde ses çıkaracak şekilde üretilmişlerdir. Gürültü yönetimini en iyi şekilde sağlamak için, ses yalıtım kabinleri sayesinde, istenen şartlara kolayca ulaşılır.



## 10.1. Ünite ve Sistem Tarifi

İşletmede bulunan detoks tanklarının içerisindeki çamur kalıntılarının çökmemesi için tankın alt bölümünde sürekli olarak hava verilmekte bu sayede çamur aşağıya çökmemektedir. İşletmede 2 adet detoks tankı bulunmaktadır.

### A Tankı

A tankının hava ihtiyacını karşılamak için 2 adet blower kullanılmaktadır. Blowerler eş yaşlandırma ile çalıştırılmaktadır.

### B Tankı

B tankının hava ihtiyacını karşılamak için 2 adet blower kullanılmaktadır. Blowerler eş yaşlandırma ile çalıştırılmaktadır.



Şekil 10.1. A blower



Şekil 10.2. A1 blower



Şekil 10.3. B blower



Şekil 10.4. B1 blower

## 10.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

İşletmede bulunan blowerın çalışma rejimini belirlemek amacıyla mekanik ölçüme eşzamanlı olarak elektriksel ölçüm gerçekleştirilmiştir. Elektriksel ölçüm kapsamında enerji analizörü ile aktif güç ölçümü yapılmıştır.

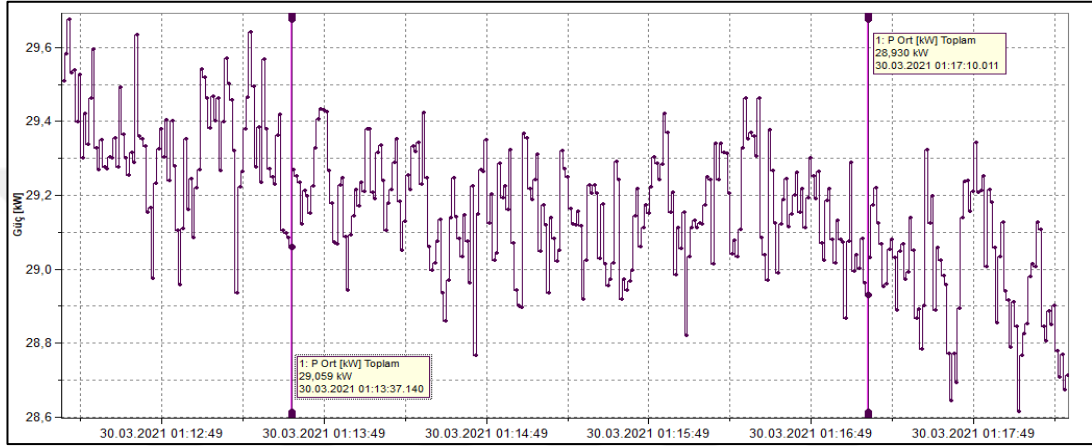
Hattın içindeki akışkan debisi, hat üzerinde bulunan debimetreden, hat içerisinde oluşan fark basıncı ise blower üzerinden alınmıştır. B1 yedek olarak bekletildiğinden ölçüm alınamamıştır. A ve A1 blowerlarının bağlı olduğu tank devrede olmadığı için ölçüm alınamamıştır.

Tablo 10.1. B blowerından alınan bilgiler ve ölçümler

Blower Adı	Kontrol Yöntemi	Frekans	Etiket Gücü	Fark Basıncı	Debi	Aktif Güç	Çalışma Saati
		Hz	kW	mmSS	Nm <sup>3</sup> /h	kW	h/yıl
B Blower	Direkt	50,00	-	9.891,74	573,00	28,90	2.016,00

B blowerında gerçekleştirilen ölçüm sonucunda elde edilen aktif güç grafiği

Şekil 10.5'te verilmiştir.



Şekil 10.5. B blowerı aktif güç ölçüm grafiği

### 10.3.Değerlendirmeler ve/veya Hesaplamalar

B blowerından alınan ölçümler sonucunda blowerın akışkan gücü ve sistem verimi (blower + aktarma elemanı + elektrik motoru) hesaplanmıştır.

Tablo 10.2. B blower akışkan gücü ve sistem verimi

Blower Adı	Fark Basıncı	Debi		Aktif Güç	Akışkan Gücü	Sistem Verimi
	mmSS	Nm <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	kW	kW	%
B Blower	9.891,74	573,00	597,12	28,90	16,09	55,67

Blowerın sistem verimi hakkında yorumlama yapabilmek için çalışma şartlarına göre aynı debi ve fark basınç değerlerinde çalışabilecek sistem verimi daha yüksek blowerların araştırılması gerekmektedir.

B blowerın aynı çalışma şartlarını sağlayabilecek (debi ve fark basıncı) yeni blowerlar ile karşılaştırılarak verimlilik analizi yapılmıştır. B blowerın sistem veriminin ideal seviyelerde olduğu belirlenmiştir.

#### 10.4. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları

Blowerdan alınan bilgiler ve ölçüm değerlerine göre blowerın sistem verimi (blower + aktarma elemanı + elektrik motoru) belirlenmiştir.

B blowerın sistem verimi hakkında yorumlama yapabilmek için çalışma şartlarına göre aynı debi ve fark basınç değerlerinde çalışabilecek sistem verimi daha yüksek blowerların araştırılması gerekmektedir. B blowerın aynı çalışma şartlarını sağlayabilecek (debi ve fark basıncı) yeni blowerlar ile karşılaştırılarak verimlilik analizi yapılmıştır. B blowerın sistem veriminin ideal seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Blowerların periyodik bakımlarının yaptırılmasının dışında herhangi bir öneride bulunulmamıştır.

## 11.FAN ANALİZLERİ

### 11.1. Ünite ve Sistem Tarifi

Maden havası, yer altındaki çalışma alanlarını dolduran, su buharı ve gazların karışımından oluşan çoğu, her zaman tozlu olan bir havadır. Yer altındaki havanın olumsuz yönde değişimi, genelde oksijen miktarının azalması ve karbondioksit ve diğer gazların artması olarak değerlendirilir. Bu değişim, maden havasını kirleterek ortamda yanıcı, boğucu ve zehirli gazların birikmesine yol açar.

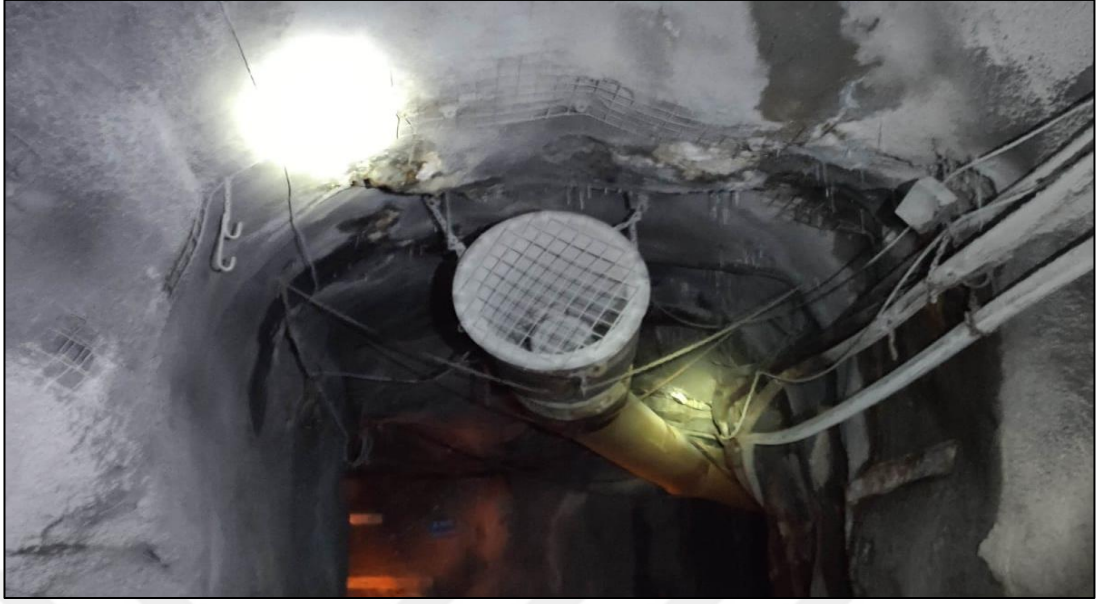
Yer altı işletmeciliğinin yapılabilmesi için ocağın her noktasına gerekli temiz havanın ulaştırılması, içeride kirlenen havanın da hızlı ve en kısa yoldan dışarıya atılması gereklidir.

Ayrıca işletilen madenin yapısı gereği işletme sırasında ortaya çıkan zehirli ve patlayıcı gaz ve toz seviyesinin belirli seviyeler altında tutulması da önemlidir.

İşletmede bu koşulların sağlanabilmesi, yeterli derecede ortam havalandırmasının sağlanması ve güvenli çalışma ortamı koşullarının oluşturulabilmesi için tahliye ve baca fanları kullanılmaktadır.



Şekil 11.1. Baca fanları



Şekil 11.2. Tahliye fanı

## 11.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Baca ve tahliye fanlarının çalışma rejimini incelemek amacıyla mekanik ölçümler ve elektriksel ölçümler yapılmıştır. Enerji analizörü ile elektriksel ölçümler yapılmıştır. Mekanik ölçümler kapsamında, pitot tüpü ile fanın emme ve basma tarafında statik basınç ölçümü yapılmıştır. Statik basınç, hat içerisindeki akışkanın yönsüz olarak hattın her noktasına uyguladığı basınçtır. Tahliye fanlarında uygun ölçüm noktası bulunmadığından basınç ölçülememiştir. Fan kanatlarının uzunlukları işletmeden temin edilmiştir. Baca ve tahliye fanlarından alınan bilgiler ve ölçümler Tablo 11.1’de verilmiştir.

Tablo 11.1. Fanlardan alınan bilgiler ve ölçümler

Fan Adı	Bağlantı Elemanı	Kontrol Yöntemi	Etiket Gücü	Frekans	Fan Kanat Çapı	Kanat Sayısı	Emme Basıncı	Basma Basıncı	Aktif Güç	Çalışma Saati
			kW	Hz	mm	Adet	hPa	hPa	kW	saat/yıl
Baca Fanı -01	Akuple	VSD	132	49,8	-	8	15,1	9,9	93,4	4.200,00
Baca Fanı -02	Akuple	VSD	132	49,7	-	8	16,9	7,1	88,7	4.200,00
Tahliye Fanı-28	Akuple	Soft Starter	55	50	1.200,00	-	-	-	51,9	8.400,00
Tahliye Fanı-96	Akuple	Soft Starter	55	50	1.200,00	-	-	-	52,6	8.400,00
Tahliye Fanı-80	Akuple	VSD	55	-	1.200,00	-	-	-	10,4	8.400,00

### 11.3. Değerlendirmeler ve/veya Hesaplamalar

İşletmedeki baca ve tahliye fanlarında aksiyel fanlar kullanılmaktadır. Özel tasarım kanat malzemesi epoxy fiber glass kanat yapısı ile korozyona karşı yüksek dirençli, daha hafif ve aerodinamik dizaynı ile geleneksel aksiyel fan kanatlarına oranla daha yüksek verimli fan kanatları sayesinde hava debisinde herhangi bir kayıp yaşanmadan fan güç tüketimlerinde en az %10 oranında düşüş sağlanabilmektedir.

Baca ve tahliye fan kanatlarının bu özel tasarım fan kanatları ile değiştirilmesiyle enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmüştür. Fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesi sonucunda elde edilebilecek olan tasarruf %10 kabul edilerek tasarruf hesapları yapılmıştır. Baca ve tahliye fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesiyle sağlanabilecek enerji tasarrufu hesabı Tablo 11.2’de verilmiştir.

Tablo 11.2. Fan kanat değişimi ile elde edilebilecek enerji tasarrufu

No	Fan Adı	Aktif Güç	Uygulama Sonrası Öngörülen Enerji Tüketimi	Birim Enerji Tasarrufu	Yıllık Enerji Tasarruf Potansiyeli	Mali Tasarruf	Yatırım Maliyeti	BGÖS
		kW	kW	kW	kWh/yıl	TL/yıl	TL	yıl
1	Baca Fanı-01	93,40	84,06	9,34	39.228,00	22.713,01	62.583,75	2,76
2	Baca Fanı-02	88,70	79,83	8,87	37.254,00	21.570,07	62.583,75	2,90
3	Tahliye Fanı-28	51,97	46,77	5,20	43.680,00	25.290,72	41.722,50	1,65
4	Tahliye Fanı-96	52,63	47,37	5,26	44.184,00	25.582,54	41.722,50	1,63
5	Tahliye Fanı-80	10,45	9,41	1,04	8.736,00	5.058,14	41.722,50	8,25
TOPLAM					173.082,00	100.214,78	250.335,00	2,50

### 11.4. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları

İşletmedeki baca ve tahliye fanlarında aksiyel fanlar kullanılmaktadır. Özel tasarım kanat malzemesi epoxy fiber glass kanat yapısı ile korozyona karşı yüksek dirençli, daha hafif ve aerodinamik dizaynı ile geleneksel aksiyel fan kanatlarına oranla daha yüksek verimli fan kanatları sayesinde hava debisinde herhangi bir kayıp yaşanmadan fan güç tüketimlerinde en az %10 oranında düşüş sağlanabilmektedir. Baca ve tahliye fan kanatlarının bu özel tasarım fan kanatları ile değiştirilmesiyle enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmüştür.

Baca Fanı-01 fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesiyle 39.228,00 kWh/yıl enerji tasarrufu, 22.713,01 TL/yıl mali tasarruf sağlanabileceği öngörölmüştür. Uygulamanın yatırım maliyeti 62.583,75 TL, basit geri ödeme süresi 2,76 yıl'dır.

Baca Fanı-02 fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesiyle 37.254,00 kWh/yıl enerji tasarrufu, 21.570,07 TL/yıl mali tasarruf sağlanabileceği öngörölmüştür. Uygulamanın yatırım maliyeti 62.583,75 TL, basit geri ödeme süresi 2,90 yıl'dır.

Tahliye Fanı-28 fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesiyle 43.680,00 kWh/yıl enerji tasarrufu, 25.290,72 TL/yıl mali tasarruf sağlanabileceği öngörölmüştür. Uygulamanın yatırım maliyeti 41.722,50 TL, basit geri ödeme süresi 1,65 yıl'dır.

Tahliye Fanı-96 fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesiyle 44.184,00 kWh/yıl enerji tasarrufu, 25.582,54 TL/yıl mali tasarruf sağlanabileceği öngörölmüştür. Uygulamanın yatırım maliyeti 41.722,50 TL, basit geri ödeme süresi 1,63 yıl'dır.

Tahliye Fanı-80 fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesiyle 8.736,00 kWh/yıl enerji tasarrufu, 5.058,14 TL/yıl mali tasarruf sağlanabileceği öngörölmüştür. Uygulamanın yatırım maliyeti 41.722,50 TL, basit geri ödeme süresi 8,25 yıl'dır.

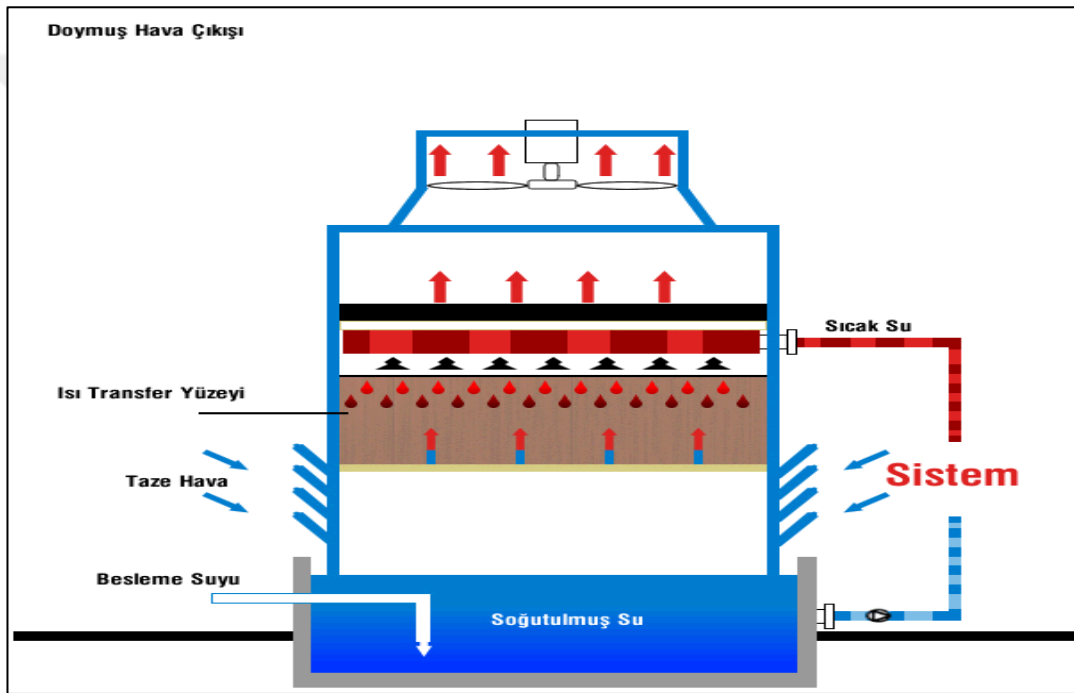
Baca ve tahliye fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesiyle 173.082,00 kWh/yıl enerji tasarrufu, 100.214,78 TL/yıl mali tasarruf sağlanabileceği öngörölmüştür. Uygulamanın yatırım maliyeti 250.335,00 TL, basit geri ödeme süresi 2,50 yıl'dır.



## 12.SOĞUTMA KULESİ ANALİZLERİ

### 12.1. Ünite ve Sistem Tanımı

Su soğutma kuleleri, sistemden gelen sıcak suyun dolgu üzerine püskürtülmesi ve ısının atmosfere verilerek ortamdaki sıcaklığı uzaklaştırması ile soğuma sağlayan ısı uzaklaştırma üniteleri olarak tanımlanabilir.



Şekil 12.1. Soğutma kulesi çalışma prensibi

İşletmede bilyalı değirmenin redüktör yağının soğutulmasını sağlamak amacıyla 1 adet soğutma kulesi kullanılmaktadır. Redüktör yağının sıcaklığı 40 °C sıcaklıkta tutulmaktadır. Hava koşulları nedeniyle kış aylarında kule fanları düşük devirde çalışmaktadır.

Soğutma ihtiyacının olduğu durumlarda 3 yollu vana yardımı ile akışkan fanlara gönderilmektedir.

Soğutma ihtiyacı olmadığı durumlarda ise sirkülasyon pompası yardımı ile soğutma yapılmaktadır. Kule fanları sürücüdür.

## **12.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler**

Hava koşulları nedeniyle kış aylarında kule fanları düşük devirde çalışmaktadır. Etüt esnasında soğutma kulesi tam yükte çalışmadığı için ölçüm alınamamıştır.

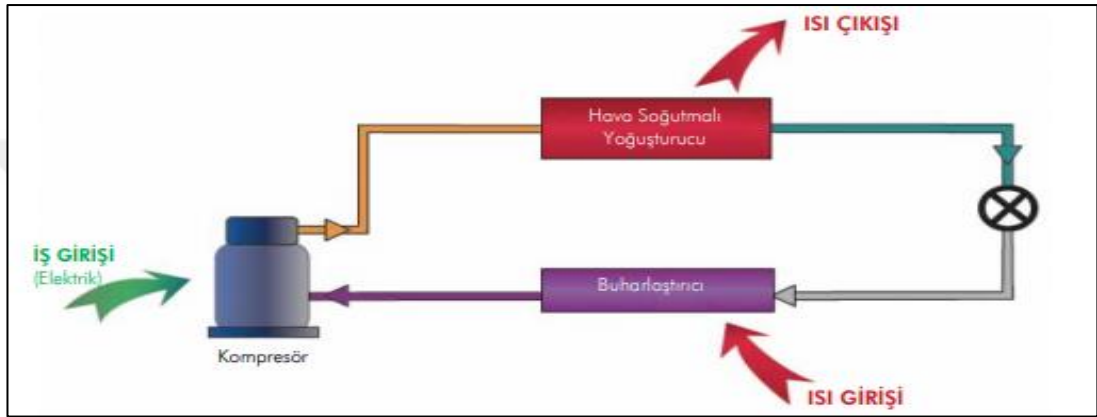
## **12.3. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları**

Etüt esnasındaki hava koşulları soğutma kulesinin çalışma koşullarına uygun olmadığı için soğutma kulesi analizleri yapılamamıştır. Soğutma kulesinin periyodik bakımlarının yaptırılmasının dışında herhangi bir öneride bulunulmamıştır.



### 13.CHİLLER ANALİZLERİ

Kelime anlamı açısından chiller, soğutucu demektir. Chiller, gazlı tip su soğutma sistemlerinin genel bir adıdır. En genel hali ile “hava soğutmalı chiller” ve “su soğutmalı chiller” olmak üzere iki tipte üretimi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 13.1. Chiller çalışma prensibi

#### Hava Soğutmalı Chiller

Chiller içerisindeki soğutucu gazın, evaporatör ve kompresör üzerinden kazandığı enerjinin hava soğutmalı bataryalar üzerinde atılması şeklinde çalışan sistemlerdir. Hava soğutmalı chiller cihazları, genellikle su tüketiminin minimize edilmesi gereken yerlerde kullanılmaktadır.



Şekil 13.2. Örnek bir hava soğutmalı chiller

## Su Soğutmalı Chiller

Su soğutmalı chiller cihazları, hava soğutmalı chiller cihazından farklı olarak kondenser devresindeki sıcak gazı su ile soğutan ünitelerdir. Bu cihazlarda, kondenser içerisinde dolaştırılacak olan soğutma suyunun temini için sürekli su kaynağı bulunması şarttır.

Su soğutmalı chiller cihazları genellikle, cihaz konulacak alanın kısıtlılığı, enerji maliyetlerinin önemli ama su maliyetlerinin düşük olduğu yerler için kullanılır. Cihaz, iç ortamda çalışabilme özelliğine sahip olduğundan, soğutulacak bölgeye en yakın konumlandırma istenilen durumlarda da genellikle en ideal çözümlerin başında gelir.



Şekil 13.3. Su soğutmalı chillerler

### 13.1. Ünite ve Sistem Tarifi

Bilyalı değirmen ana öğütücü motorunun soğutulmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Motor soğutma havasının yüksek sıcaklığa ulaşması durumunda kullanılmaktadır.



Şekil 13.4. Chiller

### **13.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler**

Chiller mevsimsel hava şartlarına göre çalışmaktadır. Ölçümler esnasında hava şartları chillerin çalışma sıcaklığına uygun olmadığı için ölçüm gerçekleştirilememiştir.

### **13.3. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları**

Etüt esnasındaki hava şartların chiller çalışma koşullarına uygun olmadığı için chillerin COP değeri belirlenememiştir.

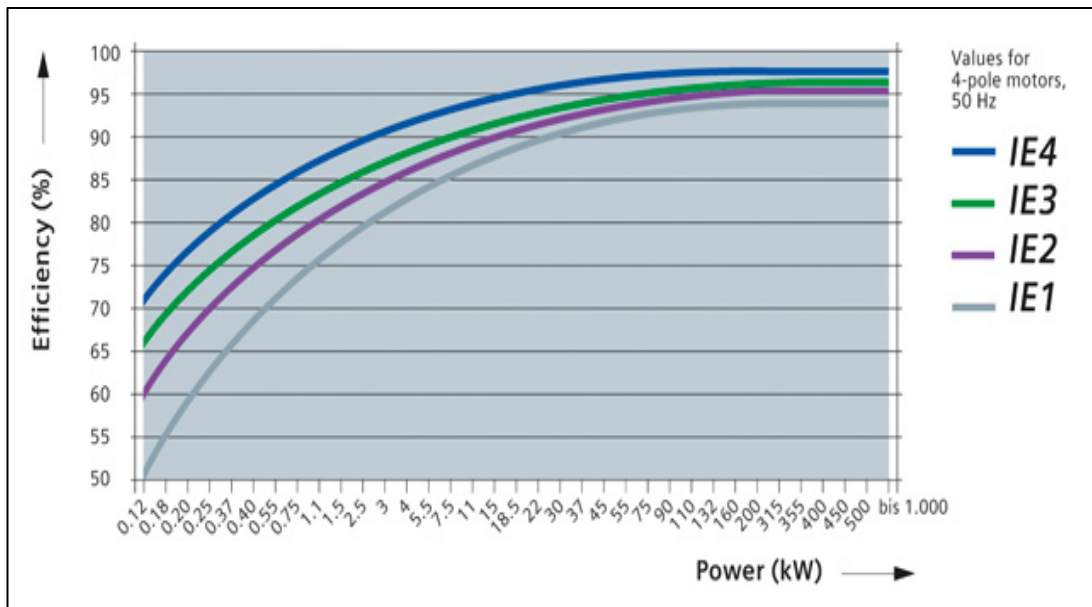
Chillerlerin periyodik bakımlarının yapılması önerilmektedir. Chiller soğutma sistemini verimli kullanmak için bakımın önemi göz ardı edilmemelidir. Periyodik bakımları yapılmayan chillerlerin performansı düşebilmektedir.

Kondenser ve evaporatör eşanjör yüzeylerinin kirliliğinden dolayı ısı transferi miktarı azalabilir. Dolayısıyla suyun yeterince soğumamasından, sistemde devir daim miktarı fazla olmakta ve bu nedenle sirkülasyon pompasının çalışma yükü de artmaktadır. Eşanjör yüzey temizliği yapılarak ısı transfer miktarının artırılması sağlanabilir böylelikle enerji tüketiminden tasarruf elde edilebilmektedir. Kompresör yağ seviyesi ve yağ filtresi kontrol edilmeli ve onları değiştirme sıklığı ile ilgili üreticinin yönergelerin izlenmesi önerilmektedir.

## 14.DEĞİRMEN ELEKTRİK MOTORLARI ANALİZLERİ

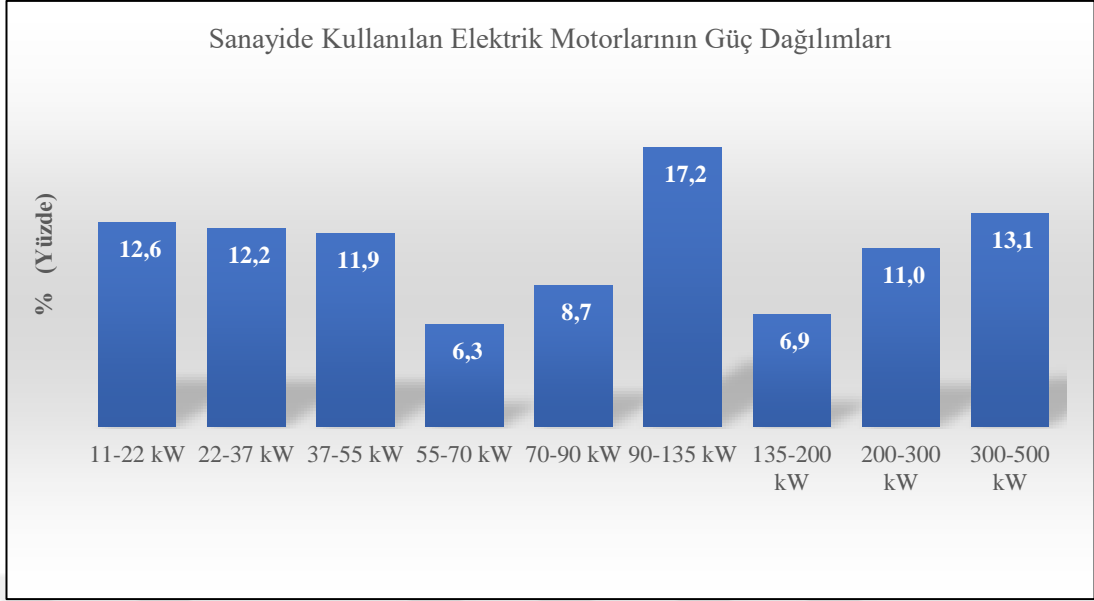
Elektrik motorlarında verimlilik üzerine kurulan ilk oluşum, tüketiciyi korumak ve haksız rekabeti önlemek için 1998 yılında CEMEP (Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi) tarafından kabul edilen ve tamamen ihtiyari olan elektrik motorlarını, EFF3, EFF2 ve EFF1 olmak üzere verimlilik değerlerine göre sınıflandıran uygulamadır. 1,1-90 kW motorları kapsayan bu uygulamada EFF3 en düşük verimlilik sınıfı, EFF1 en yüksek verimlilik sınıfı olarak belirlenmiştir.

Verimlilik sınıflarına ise 2008 yılında IEC tarafından yayımlanan ve 2009 yılında CENELEC ile Avrupa Normu haline gelen ve 2010 yılında ise TSE tarafından kabul edilen TS EN 60034-30 standardı, verimlilik sınıflarına IE1, IE2, IE3, IE4 şeklinde yeni bir tanımlama getirilmiştir. Bu yeni tanımlamaya göre IE1 EFF2'nin, IE2 EFF1'in karşılığı olup, IE1 Standard verimli, IE2 Yüksek verimli, IE3 Çok Yüksek Verimli Motorlar ve IE4 Süper Çok Yüksek Verimli Motorlar olarak tanımlanmıştır.

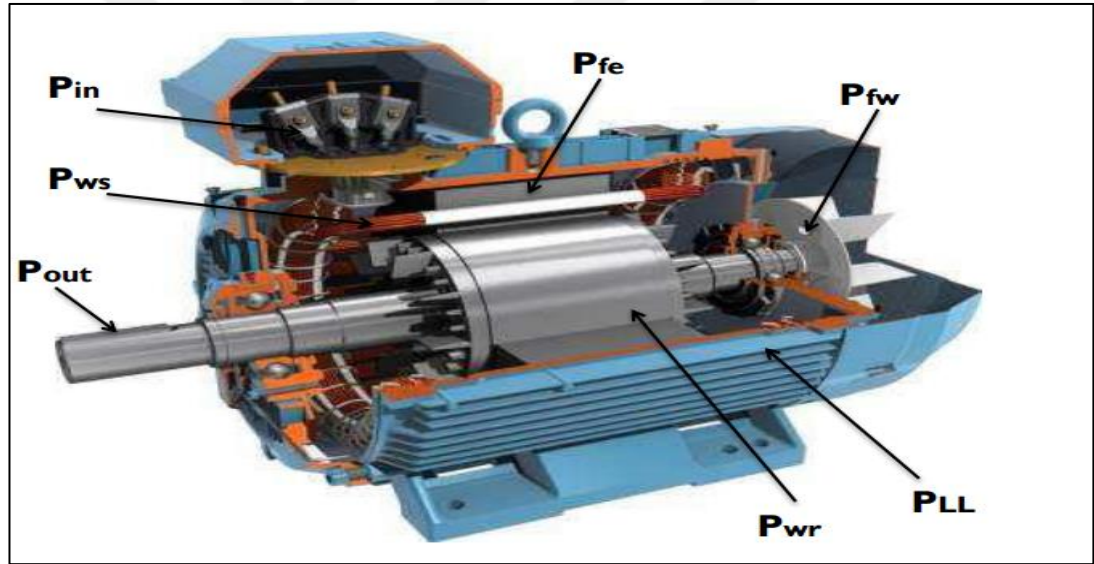


Şekil 14.1. Elektrik motorlarında verim sınıfları

Toplam elektrik enerjisinin %36'sı ve sanayide tüketilen elektrik enerjisinin %70'i, AC asenkron elektrik motorlarında tüketilmektedir.

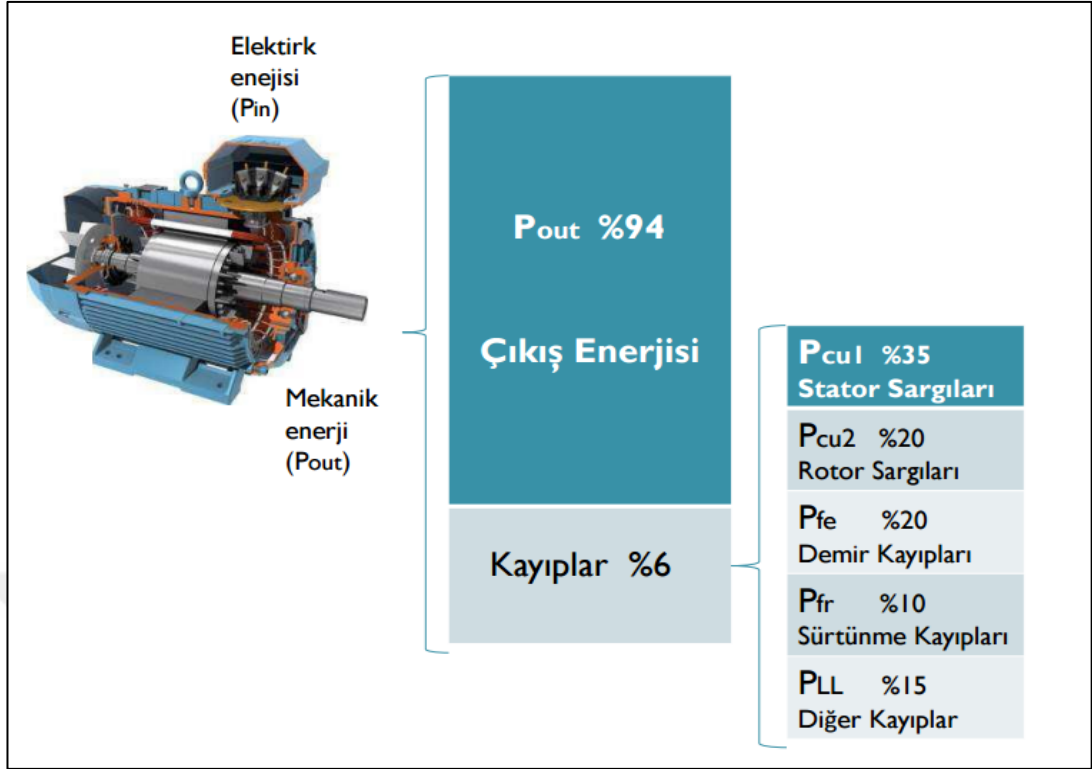


Şekil 14.2. Sanayide kullanılan elektrik motorlarının güç dağılımları



Şekil 14.3. Elektrik motoru girdileri ve çıktıları

- $P_{in}$ : Giriş Gücü
- $P_{out}$ : Çıkış Gücü
- $P_{ws}$ : Stator Sargı Kayıpları
- $P_{wr}$ : Rotor Kayıpları
- $P_{fe}$ : Demir Kayıpları
- $P_{fw}$ : Sürtünme ve Fan Kayıpları
- $PLL$ : Diğer Kayıplar
- Kaçak Akı ve Hava Aralığı Kayıpları



Şekil 14.4. Elektrik motoru kayıpları

#### Elektrik Motoru Sistemlerinde Enerji Verimliliği Odakları

- Motor kontrol sistemleri (Değişken Hız Sürücüleri)
- Güç kalitesi
- Motor seçimi
- Güç iletim sistemleri
- Sistem ve tasarım
- Proses tipi
- Bakım

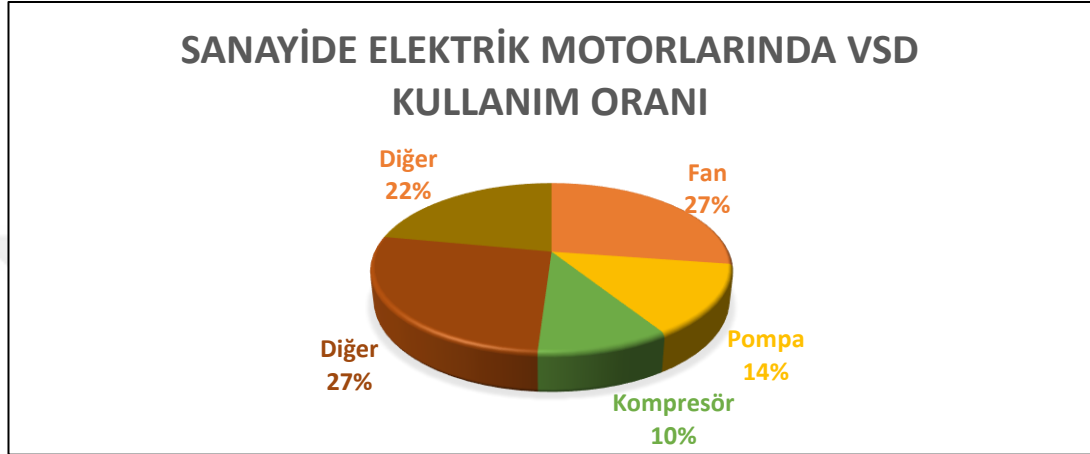
#### Elektrik Motoru Sistemlerinde Sürücü Uygulamasının Avantajları

- Seçilebilir hızlanma / yavaşlama
- Hız düşürme
- Dinamik cevap
- Pozisyon regülasyonu
- Sabit hızlar
- Fan / pompa kontrolü

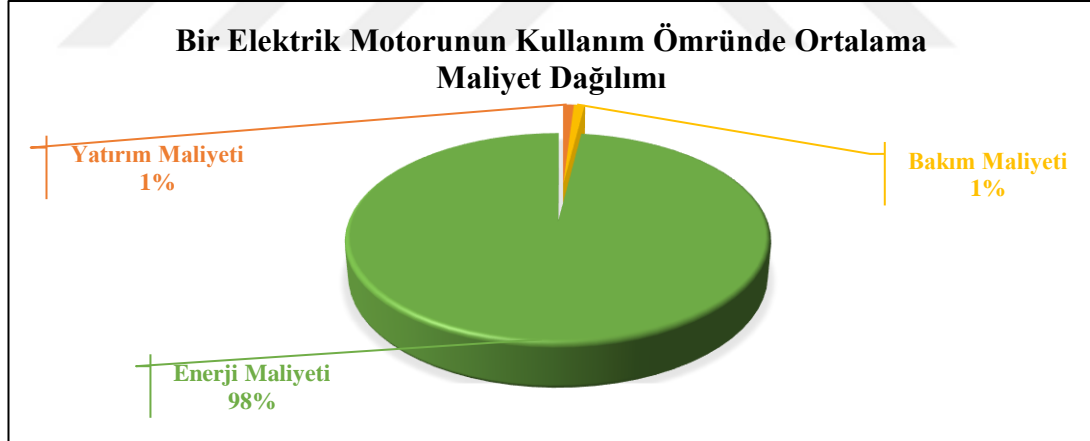


## Elektrik Motoru Sistemlerinde Sürücü Uygulamasının Dezavantajları

- Harmonik etkiler
- EMC Etkileri
- Motorun Isınması
- Voltaj Pikleri



Şekil 14.5. Sanayide elektrik motorlarında VSD kullanım oranları



Şekil 14.6. Elektrik motoru kullanım ömrü ortalama maliyet dağılımı

### 14.1. Ünite ve Sistem Tarifi

İşletmede değirmenler; kırılmış cevherdeki minerallerin boyutunu daha da küçülterek tane serbestleşmesini arttırmak ve tanelerin prosesin bir diğer aşaması olan ADS (Adsorbsiyon,) işlemine uygun hale getirmeyi sağlamak için kullanılmaktadır. İşletmede 1 adet çubuklu değirmen ve 1 adet bilyeli değirmen olmak üzere toplam 2 adet değirmen bulunmaktadır.



Şekil 14.7. Değirmenler

## 14.2. Yapılan Ölçümler ve/veya Alınan Değerler

Değirmen elektrik motorlarının elektriksel tüketimlerini tespit etmek amacıyla motor verimi ve aktif güçleri elektrik motorlarının otomasyon ekranından alınmıştır. Bilyeli Değirmen (Ball mill) elektrik motorunun verimi otomasyon ekranında okunamamıştır.

Tablo 14.1. Değirmen motorlarından alınan bilgiler

Değirmen Adı	Aktif Güç	Motor Verimi
	kW	%
Çubuklu Değirmen (Rod mill)	280,00	95,00
Bilyeli Değirmen (Ball mill)	1.290,00	-

## 14.3. Öneriler, Enerji Tasarruf İmkânları ve Miktarları

Yapılan incelemeler sonucunda Çubuklu Değirmen (Rod mill) değirmen elektrik motorunun veriminin ideal seviyede olduğu tespit edilmiştir. Sürekli iyileştirme adına ihtiyaç duyulduğunda değişimi gerçekleştirilecek ve/veya yeni alınacak elektrik motorlarının yüksek verimlilik sınıfından seçilmesi ile motorların peyderpey değişimi önerilmektedir. Ayrıca, tekrar sarım işlemi yapılmış motor sargıları enerji verimliliği açısından oldukça önemlidir. Mevcut elektrik motorunun tekrar sarım işleminde tekniklere bağlı olarak motorda verim kaybı gerçekleşebilmektedir.

Tekrar sarım işlemi ile elektrik motorunda bakır kayıpları, demir kayıpları artabilmekte ve mekanik hasarlar oluşabilmektedir. Elektrik motorları sarım işlemi gerçekleştirilirken verimi ve işletimi gibi parametreler göz önünde bulundurulmalıdır.

## 15. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir maden işletmesinde gerçekleştirilen enerji verimliliği çalışmaları incelenmiştir. Enerji verimliliği çalışmaları kapsamında, genel enerji tüketim analizleri, pompa analizleri, kompresör analizleri, basınçlı hava kaçakları tespiti, sıcak yağ kazanı analizleri, karbon fırını analizi, blower analizleri, fan analizleri, soğutma kulesi analizleri, chiller analizleri, değirmen motorları analizleri gerçekleştirilmiştir. Tespiti gerçekleştirilerek kayba sebebiyet veren noktalar, bu noktalarda ne kadar kayıp olduğu ve ilgili kaybın telafisi hususunda gereken yatırım ihtiyaçları ve fiyat bilgileri noktasında önerilerde bulunulmuştur.

Sanayi tesislerinde elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık %20'lik bir bölümü pompalama sistemleri tarafından harcanmaktadır. Pompa verimliliğini etkileyen faktörler tasarım ve işletme durumudur. Bu nedenle, pompa satın alınırken sadece satın alma fiyatına değil, pompanın ömür boyu maliyetine de (işletme, bakım, enerji maliyeti vs.) bakılması gerekmektedir.

Pompaların sistem verimlerinin belirlenebilmesi için pompaların debi, basınç, akışkan sıcaklığı ve aktif güç değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Pompa hatlarına ultrasonik sıvı debimetresi bağlanarak debi ölçümleri, pompaların besleme panolarına da enerji analizörü bağlanarak pompaların elektriksel ölçümleri yapılmıştır. Pompalardan alınan ölçümler sonucunda pompalarının akışkan güçleri ve sistem verimleri (pompa + aktarma elemanı + elektrik motoru) hesaplanmıştır.

Pompalardan alınan ölçümler ve yapılan hesaplamalar doğrultusunda Pompalardan alınan ölçümler ve yapılan hesaplamalar doğrultusunda siklon bölümündeki pompaların, proses bölümündeki pompaların, baraj bölümündeki pompanın, dalgıç / kademeli 1 bölümündeki pompa grubu, dalgıç / kademeli 2 bölümündeki dalgıç ve kademeli pompa grubunun sistem veriminin ideal düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Kompresörler genel anlamıyla sıkıştırılabilir akışkanların basıncını arttırmak için kullanılan makinelerdir.

Kompresör girişindeki akışkanın (genellikle gazın) basınç seviyeleri vakumdan atmosferik basıncın çok üstündeki değerler arasında yer alabilmektedir. Aynı şekilde kompresör çıkışında elde edilen basınç değeri aralığı da düşük atmosfer basıncından çok yüksek atmosfer üstü değerler arasında değişebilmektedir.

Spesifik enerji tüketiminin ideal seviyesi kompresörlerin basınç set değeri, kompresör tipi ve kompresör soğutma sistemi vb. parametrelere göre değişiklik göstermektedir.

Normal koşullarda bir ortamda hava içerisinde gözle görülemeyen su molekülleri (nem) bulunmaktadır.

Kompresör çalıştığında ortamdan çektikleri havayı sıkıştırmaktadır. Sıkıştırılan havanın içindeki nem suya dönüşmektedir. Nem ve su, basınçlı hava içinde her zaman bulunmaktadır. Buradan basınçlı hava sisteme taşınır.

Nem sistemden atılmalıdır. Eğer atılmaz ise sistem verimini kaybetmesine neden olabilir. İşletmede yapılan ölçümler sırasında basınçlı hava tanklarında kondens tahliyesinin manuel olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Isıtılan sıcak yağın ısı değiştiricisi yardımıyla üzerindeki ısı enerjisi sıyırma kolonlarında kullanılan solüsyona aktarmasını sağlamak için 1 adet doğalgaz yakıtlı sıcak yağ kazanı kullanılmaktadır.

Sıcak yağ kazanında 145°C'ye ısıtılan yağ, üzerindeki ısı enerjisi aktarıldıktan sonra 116 °C'de kazana geri dönmektedir.

Sıcak yağ kazanından alınan ölçümler ve yapılan analizler sonucunda baca gazındaki O<sub>2</sub> miktarının ideal değerlerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Yanma sonucu baca gazındaki O<sub>2</sub> oranları idealden fazla/farklı olan sıcak yağ kazanında yanma ayarının yapılmasıyla enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir.

Maden havası, yer altındaki çalışma alanlarını dolduran, su buharı ve gazların karışımından oluşan çoğu, her zaman tozlu olan bir havadır.

Yer altındaki havanın olumsuz yönde değişimi, genelde oksijen miktarının azalması ve karbondioksit ve diğer gazların artması olarak değerlendirilir. Bu değişim, maden havasını kirleterek ortamda yanıcı, boğucu ve zehirli gazların birikmesine yol açar.

Yer altı işletmeciliğinin yapılabilmesi için ocağın her noktasına gerekli temiz havanın ulaştırılması, içeride kirlenen havanın da hızlı ve en kısa yoldan dışarıya atılması gereklidir.

İşletmedeki baca ve tahliye fanlarında aksiyel fanlar kullanılmaktadır.

Özel tasarım kanat malzemesi epoxy fiber glass kanat yapısı ile korozyona karşı yüksek dirençli, daha hafif ve aerodinamik dizaynı ile geleneksel aksiyel fan kanatlarına oranla daha yüksek verimli fan kanatları sayesinde hava debisinde herhangi bir kayıp yaşanmadan fan güç tüketimlerinde en az %10 oranında düşüş sağlanabilmektedir.

Baca ve tahliye fan kanatlarının bu özel tasarım fan kanatları ile değiştirilmesiyle enerji tasarrufu sağlanabileceği öngörülmüştür.

Su soğutma kuleleri, sistemden gelen sıcak suyun dolgu üzerine püskürtülmesi ve ısının atmosfere verilerek ortamdaki sıcaklığın uzaklaşması ile soğuma sağlayan ısı uzaklaştırma üniteleri olarak tanımlanabilir.

İşletmede bilyalı değirmenin redüktör yağının soğutulmasını sağlamak amacıyla 1 adet soğutma kulesi kullanılmaktadır. Redüktör yağının sıcaklığı 40 °C sıcaklıkta tutulmaktadır. Hava koşulları nedeniyle kış aylarında kule fanları düşük devirde çalışmaktadır.

Soğutma ihtiyacının olduğu durumlarda 3 yollu vana yardımı ile akışkan fanlara gönderilmektedir. Soğutma ihtiyacı olmadığı durumlarda ise sirkülasyon pompası yardımı ile soğutma yapılmaktadır. Kule fanları sürücülüdür.

Etüt esnasındaki hava koşulları soğutma kulesinin çalışma koşullarına uygun olmadığı için soğutma kulesi analizleri yapılamamıştır. Soğutma kulesinin periyodik bakımlarının yaptırılmasının dışında herhangi bir öneride bulunulmamıştır.

Kelime anlamı açısından chiller, soğutucu demektir. Chiller, gazlı tip su soğutma sistemlerinin genel bir adıdır.

En genel hali ile “hava soğutmalı chiller” ve “su soğutmalı chiller” olmak üzere iki tipte üretimi gerçekleştirilmektedir.

Chillerlerin periyodik bakımlarının yaptırılması önerilmektedir. Chiller soğutma sistemini verimli kullanmak için bakımın önemi göz ardı edilmemelidir. Periyodik bakımları yapılmayan chillerlerin performansı düşebilmektedir. Elektrik motorlarında verimlilik üzerine kurulan ilk oluşum, tüketiciyi korumak ve haksız rekabeti önlemek için 1998 yılında CEMEP (Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi) tarafından kabul edilen ve tamamen ihtiyari olan elektrik motorlarını, EFF3, EFF2 ve EFF1 olmak üzere verimlilik değerlerine göre sınıflandıran uygulamadır. 1,1-90 kW motorları kapsayan bu uygulamada EFF3 en düşük verimlilik sınıfı, EFF1 en yüksek verimlilik sınıfı olarak belirlenmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda Çubuklu Değirmen (Rod mill) değirmen elektrik motorunun veriminin ideal seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Sürekli iyileştirme adına ihtiyaç duyulduğunda değişimi gerçekleştirilecek ve/veya yeni alınacak elektrik motorlarının yüksek verimlilik sınıfından seçilmesi ile motorların peyderpey değişimi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] [https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi134/d134\\_73100.pdf](https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi134/d134_73100.pdf), (Ziyaret Tarihi: 10 Ekim 2020).
- [2] Gedik B.E., Financial And Risk Analysis in Investment Projects: A Case Study From Energy Sector in Turkey., Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2017, 473490.
- [3] Balıkesir İli Maden Potansiyeline Bir Bakış, *Güney Marmara Kalkınma Ajansı*, 5-7, 2011.
- [4] [https://www.corlutso.org.tr/uploads/docs/dunyada\\_ve\\_turkiyede\\_maden\\_cilik\\_sektoru.pdf](https://www.corlutso.org.tr/uploads/docs/dunyada_ve_turkiyede_maden_cilik_sektoru.pdf), (Ziyaret tarihi: 13 Ekim 2020).
- [5] Kaya D., Öztürk HH., Enerji, *Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği-Uygulamalı Örneklerle*, 1., Kayhan Matbaacılık, İstanbul, 1-3, 2014.
- [6] Bekar N., Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Enerji Jeopolitiği, *Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi*, 2020, **3**(1), 37-54.
- [7] Yılmaz M., Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2012, **4**(2), 33-54.
- [8] Adaçay RF., Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler, *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2014, **6**(2), 87-103.
- [9] Külekçi ÖC., Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2009, **1**(2), 83-91.
- [10] Kaya D., Öztürk HH., Enerji, *Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği-Uygulamalı Örneklerle*, 1., Kayhan Matbaacılık, İstanbul, 234-235, 2014.
- [11] Kömür (Linyit) Sektör Raporu-2019, *Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü*, 2-28, 2020.
- [12] Çağıl G., *Enerji Sektörü ve Finansmanı*, 1. Deniz Ofset Matbaa, İstanbul, 14-15, 2012.
- [13] Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu-2019, *Türkiye Petrolleri A.O.*, 7-40, 2019.
- [14] <https://www.dw.com/tr/d%C3%BCnyada-kim-ne-kadar-n%C3%BCkleerenerji-kullan%C4%B1yor/a-43238517>, (Ziyaret Tarihi: 29 Aralık 2020).
- [15] Çukurçayır MA., Sağır H., Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2008, **20**, 257-278.

- [16] Acaroğlu M., Alternatif Enerji Kaynakları, 3., Hazar Matbaacılık, Ankara, 15-16, 2013.
- [17] Ürün E., Soyu E., Türkiye'nin Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üzerine Bir Değerlendirme, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2016, 36-40.
- [18] <https://www.myenerjisolar.com/dunyadaki-ve-turkiye-gunes-enerjisinin-gelismifotovoltaik-fv-sistemler/>, (Ziyaret Tarihi: 15 Ocak 2021).
- [19] Aralık 2020 Kurulu Güç Raporu, *Türkiye Elektrik İletim A.Ş.*, 1, 2020.
- [20] Koç E., Şenel CM., Dünyada ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makina*, 2015, **56**(663), 47.
- [21] <https://www.thesisat.org/ruzgar-turbini-nedir-ruzgar-turbini-calisma-prensibi-nasildir.html>, (Ziyaret Tarihi 28 Ocak 2021).
- [22] <https://www.enerjiatlas.com/ulkelere-gore-ruzgar-enerjisi.html>,(Ziyaret Tarihi: 30 Ocak 2021).
- [23] <https://www.enerjiatlas.com/ruzgar/>, (Ziyaret Tarihi: 30 Ocak 2021).
- [24] <https://www.enerjiportali.com/hidroelektrik-enerjisi-nedir-nerelerde-kullanilir/>, (Ziyaret Tarihi: 1 Şubat 2021).
- [25] Dinçer F., Atik İ., Yılmaz Ş., Çıngı A., Hidrolik Enerjisinden Yararlanmada Ülkemiz ve Gelişmiş Ülkelerin Mevcut Durumlarının Analizi, *Mühendislik Dergisi*, 2017, **8**(3), 556.
- [26] <https://www.enerjiatlas.com/hidroelektrik/#:~:text=T%C3%BCrk%20bulunan%20hidroelektrik%20santrallerinin,170.000%20kilovatsaat%20elektrik%20C3%BCretim%20yap%C4%B1lm%C4%B1C5%9Ft%C4%B1r.>, (Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2021).
- [27] Arslan, E., Jeotermal Enerjiden Yararlanılarak Kuyu İçi Eşanjörü Yardımıyla Konut Isıtılması ve Sıcak Su İhtiyacının Karşıllanması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2006, 180593.
- [28] Etemoğlu A.B., Can M., Kılıç, M., Ülkemiz Jeotermal Kaynaklarının İkinci Kanun Verim Değerlerine Bağlı Sınıflandırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2004, **9**(1), 93.
- [29] Ilgar, R., Ekolojik Bakışla Jeotermal Kaynaklara Dualist Yaklaşım, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 2005, **4**(13), 88-98.
- [30] Bertani R., Geothermal Power Generation in the World-2010-2015 Update Report, World Geothermal Congress, Avustralya,19-25 Nisan 2015.
- [31] Ülker İ., *Sağlık Turizmi Kaynaklar Planlama Tanıtım*, 1, Kültür Bakanlığı, Ankara.
- [32] Şimşek, Ş., Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal Gelişmeler, *Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu*, Ankara, 4-6 Kasım 2015.



- [33] Sağlam M., Uyar T.S., Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli, *Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Ana Bilim Dalı*, 1-4, 2005.
- [34] Önal E., Yarbay R.Z., Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2010, **9**(18), 77-96.
- [35] Yurter, U., Hidrolik Ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu Biyokütle Enerjisi AltÇalışma Grubu Raporu, Ankara, [https://www.dunyaenerji.org.tr/wpcontent/uploads/2017/10/hidrolik\\_enerji\\_raporu\\_304.pdf](https://www.dunyaenerji.org.tr/wpcontent/uploads/2017/10/hidrolik_enerji_raporu_304.pdf)(Ziyaret Tarihi: 29.01.2021)
- [36] <https://worldbioenergy.org/content/wba-global-bioenergy-statistics-2014-report-feedback-form>, (Ziyaret Tarihi: 29.01.2021).
- [37] <https://webstore.iea.org/technology-roadmap-delivering-sustainable-ioenergy>, (Ziyaret Tarihi: 28.01.2021).
- [38] Halder P., Prokop P., Chang C., Uşak M., Pietarinen J, Havu-Nuutinen S., Pelkonen P. ve Çakır M., International Survey on Bioenergy Knowledge, Perceptions, and Attitudes Among Young Citizens, *BioEnergy Research*, 2011, **5** (1), 247-261.
- [39] <http://bepa.yegm.gov.tr/>, (Ziyaret Tarihi: 28.01.2021).
- [40] Özilp E., Şişbot S., Özpınar A., Olgun B., Enerji Tasarrufu ve Enerji Verimliliği, *Elektrik Enerjisi Teknolojileri ve Enerji Verimliliği I*, 1, Tec Print Tekstil Dokuma Baskı Matbaa Etiket San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, 4, 2012.
- [41] Kaya D., Öztürk HH., Enerji, *Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği-Uygulamalı Örneklerle*, 1., Kayhan Matbaacılık, İstanbul, 53-54, 2014.
- [42] <https://www.dunyaenerji.org.tr/bp-2020-dunya-enerji-raporu-ozeti/>,(Ziyaret Tarihi 4 Şubat 2021).
- [43] Çay, A., Energy Consumption and Energy Saving Potential in Clothing Industry, *Energy*, DOI: 10.1016/j.energy.2018.06.128.
- [44] <https://www.dunyaenerji.org.tr/enerji-raporu-2013/>, (Ziyaret Tarihi: 5 Şubat 2021).
- [45] Sagbaş, A., Başbuğ, B., Sürdürülebilir Kalkınma Ekseninde Enerji Verimliliği Uygulamaları: Türkiye Değerlendirmesi, *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2018, **1**(2), 43-50.
- [46] Bilgin A.,Kazanlarda Baca Gazı Analizlerinin Değerlendirilmesi, İç Soğuma Kayıplarının İrdelenmesi, s.617-618.

## KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Kaya D., **Bayraktar B.**, Atlam Ö., Maden Sektöründe Enerji Verimliliği, *International Marmara Sciences Congress*, Kocaeli, 1-3 Kasım 2019.



## ÖZGEÇMİŞ

Berkay BAYRAKTAR asker çocuğu olması sebebi ile Türkiye'nin birçok yerinde bulundu. Öğrenim hayatına Ağrı'da başladı. İlk ve orta öğrenimini Kütahya ve Erzurum'da devam ettirdi. Lise hayatını Ankara'da tamamladı. Lisans eğitimini, Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliğinde tamamladı. Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde Öğrenci Konseyi Başkanı (2012-2014) seçilerek üniversitesini iki yıl boyunca yurt içi ve yurt dışında temsil etme imkânı kazanmıştır. Üniversite içi ve dışında birçok etkinlik düzenlemiş bunun yanı sıra sayısız etkinliğe katılım göstermiştir. Birçok panelde yöneticilik yapıp sunumlarda bulunmuştur.

