

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR ÇİMENTO İŞLETMESİNİN ENERJİ TÜKETİMİ VE
VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

ÖZGE CURA

KOCAELİ 2021

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR ÇİMENTO İŞLETMESİNİN ENERJİ TÜKETİMİ VE
VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

ÖZGE CURA

Prof. Dr. Elif ÖĞÜT
Danışman, Kocaeli Üniv.

Prof. Dr. Oktay HACIHAFIZOĞLU
Juri Üyesi, Trakya Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi İsmet TIKIZ
Juri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 25.06.2021

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ülkemizde ve tüm dünyada mevcut olan enerji tüketiminin artması enerji kullanım taleplerinin de artmasına sebep olmaktadır. Artan nüfus ile birlikte bu talepler daha da artış gösterecektir. Sonuç olarak enerjinin en verimli ve doğru şekilde kullanılması gerekliliği söz konusudur.

Bir sanayi tesisinde enerji verimliliği çalışmaları ve enerji geri kazanım yollarının araştırılması için bana çalışma fırsatı veren değerli hocam Prof. Dr. Elif ÖĞÜT' e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatım boyunca beni her daim destekleyen annem Seniye CURA'ya ve babam Ali Ersin CURA'ya sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Haziran- 2021

Özge CURA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
GİRİŞ.....	1
1.ÇALIŞMANIN KAPSAMI.....	3
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
3.ÇİMENTO ÜRETİM PROSESİ	10
3.1. Hammadde Hazırlama	11
3.1.1. Kırıcı.....	11
3.2. Öğütme.....	13
3.3. Pişirme.....	14
3.4. Kömür Değirmenleri	15
3.5. Çimento Öğütme	16
3.6. Paketleme	16
4. ENDÜSTRİYEL İŞLETMENİN ENERJİ TÜKETİMİ İNCELENMESİ.....	17
4.1. Basınçlı Hava Sistemi	22
4.1.1. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi	22
4.1.2.1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi.....	23
4.1.3. 1. ve 2. Çimento değirmeni kompresör dairesi	24
4.1.4. 4. ve 5. Çimento değirmeni kompresör dairesi	25
4.1.5. Kompresör çalışma özellikleri	27
4.1.5.1. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi	27
4.1.5.2. 1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi	28
4.1.5.3. 1. ve 2. Çimento değirmeni kompresör dairesi	30
4.1.5.4. 4. ve 5. Çimento değirmeni kompresör dairesi	31
4.1.6. Değerlendirmeler ve hesaplamalar	32
4.1.6.1. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi	32
4.1.6.2. 1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi	33
4.1.6.3. 1.ve 2. Çimento değirmeni kompresör dairesi	34
4.1.6.4. 4. ve 5. Çimento değirmeni kompresör dairesi	34
4.1.7. Basınçlı hava tankı incelemesi ve hacim doğrulaması	35
4.1.7.1. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi	35
4.1.7.2. 1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi	36
4.1.8. Kompresör ana hat ve tesisat boru çapı kontrolü	36
4.2. Soğutma Sistemi.....	39
4.2.1. Fırın 1 soğutma kulesi pompaları.....	39
4.2.2. 1 ve 2 Teknolojik havuz pompaları.....	40
4.2.3. Fırın 2 soğutma kulesi pompaları.....	41
4.2.4. Değerlendirmeler ve hesaplamalar	42
4.2.4.1. 1 ve 2 Teknolojik havuz pompaları:	43
4.2.4.2. Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları	44

4.2.4.2.1. Fırın 2 soğutma suyu pompasının verimli tip yeni nesil pompa ile değiştirilmesi sayesinde enerji tasarrufu sağlanması.....	44
5. ÜRETİM ÜNİTELERİ.....	47
5.1. Klinker Üretim Prosesleri.....	47
5.1.1. Kırıcı.....	47
5.1.2. Farin değirmenleri	48
5.1.3. Kömür değirmenleri	48
5.1.4. Döner fırın	55
5.1.4.1. Döner fırın enerji balansı	55
5.1.4.1. 1. Döner fırın 1 hattı	56
5.1.4.2. Döner fırın 1 hattı ön ısıtıcı siklon yüzeylerinden oluşan ısı kayıpların refrakter boyası ile izolasyon yapılması sayesinde enerji tasarrufu sağlanması	60
5.2. Çimento Üretim ve Paketleme Prosesleri.....	62
5.2.1. Çimento değirmenleri.....	62
5.2.2. Paketleme.....	64
5.2.3. Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları	64
5.2.3.1.Paketleme hatlarında otomasyon yatırımı sayesinde gereksiz çalışan motorların durdurularak enerji tasarrufu sağlanması.....	64
5.2.3.2. Çimento değirmenleri bölgesi toz toplama fanlarında direkt drive uygulaması ile enerji tasarrufu sağlanması	65
5.2.3.3. Paketleme bölgesi toz toplama fanlarında direkt drive uygulaması ile enerji tasarrufu sağlanması.....	70
5.2.3.4.Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanına düşük klape açıklığı yerine frekans sürücü kullanımı ile proses ihtiyacının karşılanması sayesinde enerji tasarrufu sağlanması.....	73
5.2.3.5.Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanına düşük klape açıklığı yerine frekans sürücü kullanımı ile proses ihtiyacının karşılanması sayesinde enerji tasarrufu sağlanması.....	76
6. ELEKTRİK.....	79
6.1. Elektrik Dağıtım Sistemi	79
6.1.1. Fabrika 154 kv ve 6,3 kv ana dağıtım sistemi.....	79
6.1.2. 6,3 kV dağıtım hücreleri.....	79
6.1.3. Fabrika MCC panoları.....	80
6.1.4 Kompanzasyon sistemleri	80
6.1.5. Yapılan ölçümler ve alınan değerler	83
6.1.6. Değerlendirmeler ve hesaplamalar	85
6.2. Aydınlatma.....	85
6.2.1. Ünite ve sistem tarifi	85
6.2.2. Değerlendirmeler ve hesaplamalar.....	90
6.2.3. Öneriler, enerji tasarrufu imkanları ve miktarları	
7. SONUÇ.....	93
KAYNAKLAR.....	95
EKLER.....	97
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	106
ÖZGEÇMİŞ.....	107

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Soma çimento fabrikası kuş bakışı görünümü	10
Şekil 3.2.	Çimento	11
Şekil 3.3.	Hammaddelerin alınması.....	12
Şekil 3.4.	Hammaddelerin kırılması.....	12
Şekil 3.5.	Hammaddelerin homejenizasyonu.....	13
Şekil 3.6.	Hammaddelerin değirmende öğütülmesi.....	13
Şekil 3.7.	Klinker oluşumu	15
Şekil 3.8.	Soğutma	15
Şekil 3.9.	Çimento değirmeni.....	16
Şekil 4.1	2019 Aylık üretim miktarı dağılımı	21
Şekil 4.2.	2019 Aylık enerji tüketimi dağılımları	22
Şekil 4.3.	Elektrik bakım yanı kompresör dairesi.....	22
Şekil 4.4.	1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi genel görünüm.....	23
Şekil 4.5.	1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi basınçlı hava tankları	24
Şekil 4.6.	1 ve 2.Çimento değirmeni atlas copco GA110 model kompresör (solda) ve kurutucusu (sağda)	25
Şekil 4.7.	4. ve 5.Çimento değirmeni 2 nolu Ingersollrand marka kompresör (solda) ve kurutucusu (sağda)	26
Şekil 4.8.	Kompresyon oranı	37
Şekil 4.9.	Fırın 1 soğutma kule pompaları	39
Şekil 4.10.	Soğutma kulesi genel görünüşü	40
Şekil 4.11.	Otomatik kimyasal dozajlama ünitesi.....	41
Şekil 4.12.	Fırın 2 soğutma kulesi pompaları	42
Şekil 4.13.	Fırın 2 soğutma kulesi pompaları scada ekran görüntüsü.....	42
Şekil 4.14.	1 ve 2 Teknolojik havuz grundfos pompa gövdeden su kaçağı.....	43
Şekil 4.15.	1 ve 2 Teknolojik havuz soğutma kuleleri (solda) ve tıkalı dolgu malzemeleri (sağda)	44
Şekil 4.16.	1 ve 2 Teknolojik havuz soğutma kulesi su dağılımı (solda) ve uygun olan su dağılımı örneği (sağda)	44
Şekil 4.17.	Fırın 2 Soğutma pompası oransal kontrol vanası.....	45
Şekil 5.1.	Ön ısıtıcı siklonları genel görüntüsü	61
Şekil 5.2.	Döner fırın yüzeyine refrakter boyası izolasyonu görüntüsü.....	61
Şekil 5.3.	3 ve 4 nolu çimento değirmenleri toz toplama fanla.....	66
Şekil 5.4.	Direct drive bağlantı temsili resmi.....	67
Şekil 5.5.	Paketleme bölgesi toz toplama fanları	71
Şekil 5.6.	Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanı	73

Şekil 6.1.	25-30-30 MVA 154/6,3 kV trafo TM	79
Şekil 6.2.	6,3 kV O.G dağıtım hücreleri görünümü (OG ana dağıtım, B ve C baraları).....	80
Şekil 6.3.	0,4 kV MCC panolarının görünüm	80
Şekil 6.4.	0,4 kV kompanzasyon panolarının görünüm	81



TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1.	Sanayide yapılan bazı enerji verimliliği uygulamaları	7
Tablo 2.2.	Frekans konvertörlü (FC) pompa uygulamaları	8
Tablo 4.1.	2019 Aylık elektrik enerjisi tüketim bilgileri	17
Tablo 4.2.	2019 Aylık kömür tüketim bilgileri	18
Tablo 4.3.	2019 yılı kullanılan yakıtlara göre toplam enerji tüketimi	19
Tablo 4.4.	2019 Aylık toplam enerji tüketimi	20
Tablo 4.5.	2019 Aylık fuel oil tüketim bilgileri	21
Tablo 4.6.	Elektrik bakım yanı hava kompresörleri bilgileri	23
Tablo 4.7.	1. Hat döner fırın yanı hava kompresörleri bilgileri	24
Tablo 4.8.	1. ve 2. Çimento değirmeni hava kompresörleri bilgileri	25
Tablo 4.9.	4. ve 5. Çimento değirmeni hava kompresörleri bilgileri	26
Tablo 4.10.	Elektrik bakım yanı hava kompresör özellikleri	27
Tablo 4.11.	Elektrik bakım yanı hava kompresörleri elektrik değerleri	27
Tablo 4.12.	1.Hat döner fırın yanı kompresör özellikleri	28
Tablo 4.13.	1.Hat döner fırın yanı kompresörleri elektrik değerleri	29
Tablo 4.14.	1. ve 2. Çimento değirmeni kompresör özellikleri	30
Tablo 4.15.	1. ve 2. Çimento değirmeni kompresörleri elektrik değerleri	31
Tablo 4.16.	4. ve 5. Çimento değirmeni kompresör dairesi	32
Tablo 4.17.	4. ve 5. Çimento değirmeni hava kompresörleri elektrik ölçüm sonuçları	32
Tablo 4.18.	Mevcut durum ve önerilen durum karşılaştırması	46
Tablo 5.1.	DF1 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 1	49
Tablo 5.2.	DF1 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 2	50
Tablo 5.3.	DF1 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 3	51
Tablo 5.4.	DF2 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 1	52
Tablo 5.5.	DF2 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi ölçümleri 2	53
Tablo 5.6.	DF2 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 3	54
Tablo 5.7.	Giren kütle	56
Tablo 5.8.	Çıkan kütle	56
Tablo 5.9.	Döner fırına giren enerjiler	57
Tablo 5.10.	Döner fırından çıkan enerjiler	58
Tablo 5.11.	Çimento değirmenleri bölgesinde incelenmiş olan kayış kasnak ile tahrik edilen fanlar	66
Tablo 5.12.	Çimento değirmeni 3 toz toplama fanlarında direct-drive tasarruf hesabı	68
Tablo 5.13.	Çimento değirmeni 4, çimento değirmeni 5 ve tras kurutucu toz toplama fanlarında direct-drive tasarruf hesabı	69
Tablo 5.14.	Paketleme bölgesinde incelenen kayış kasnak ile tahrik edilen fanlar;	70
Tablo 5.15.	Paketleme bölümü toz toplama fanlarında direct-drive tasarruf hesabı	72
Tablo 5.16.	Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanı ölçüm sonuçları	74
Tablo 5.17.	Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanı elektrik ölçüm sonuçları	75
Tablo 5.18.	Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanı ölçüm sonuçları	76

Tablo 5.19.	Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanı elektrik ölçüm sonuçları	77
Tablo 6.1.	Tesisteki tüm trafolar ve özellikleri	81
Tablo 6.2.	Tesisteki Tüm Trafolar İçin Yapılan Ölçümler	83
Tablo 6.3.	Binaların içindeki trafik bölgeleri.....	86
Tablo 6.4.	Binaların içindeki genel alanlar -dinlenme,sosyal alanlar ve ilkyardım odaları	86
Tablo 6.5.	Binaların içindeki genel alanlar – kontrol odaları	87
Tablo 6.6.	Binaların içindeki genel alanlar – saklama alanları	87
Tablo 6.7.	Ofisler	88
Tablo 6.8.	Endüstriyel faaliyetler ve zanaatlar – metal işi ve işlenmesi.....	89
Tablo 6.9.	Mevcut armatür detayları.....	90
Tablo 6.10.	Mevcut armatür ile yeni armatür kıyaslaması.....	91
Tablo 6.11.	Mevcut armatürlerin enerji tüketimi	92
Tablo 6.12.	Önerilen armatürlerin enerji tüketimi	92



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

W	: Watt (W)
ΔP	: Basınç değişimi, (Pa)
P	: Basınç, (Pa)
R	: Kompresyon oranı
F	: Cebri soğutma faktörü
μ	: Sürtünme katsayı
ρ	: Yoğunluk, (kg/m ³)
\dot{m}	: Kütlesel debi, (k/h)
V	: Hacimsel debi, (l/dk)
T	: Sıcaklık, (°C)
ΔT	: Sıcaklık değişimi, (°C)
v	: Hız, (m/s)
A	: Kesit alanı, (m ²)
L	: Boru uzunluğu, (mm)
D	: Boru dış çapı, (mm)
h_{hava}	: Havanın ısı taşınım katsayısı, (W/m ² K)
h_{su}	: Su tarafı ısı taşınım katsayısı, (W/m ² K)
C_p	: Özgül ısı, (kJ/kg K)
K	: Isıl iletkenlik katsayı, (W/mK)
Q	: Isıl yük, (kW)
Q_c	: Konveksiyonla ısı transferi miktarı (W)
U_c	: Konveksiyonla ısı transferi katsayısı (W/ m ² K)
h	: Entalpi, (kJ/kg)
H ₂ O	: Su
N ₂	: Azot
Al ₂ O ₃	: Alüminyum oksit
CaO	: Kalsiyum oksit
CO ₂	: Karbondioksit
Fe ₂ O ₃	: Demir III oksit
NO ₂	: Azot dioksit
SiO ₂	: Silisyumdioksit
SO ₂	: Sülfür dioksit
O ₂	: Oksijen

BİR ÇİMENTO İŞLETMESİNİN ENERJİ TÜKETİMİ VE VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Enerji günümüz dünyasında vazgeçilmez unsurların başında yer almaktadır. Bu nedenle enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Artan nüfus ve gelişen teknoloji enerji tüketimine olan talebi daha da arttırmaktadır. Bu durum neticesinden ülkelerin enerji politikası geliştirmesi gerekmektedir. Dünyanın her yerinde birçok ülke enerji üretiminin ve kullanımının yeni yollarının keşfetmek için adeta bir yarış halindedir. Artık sadece fosil yakıtlara dayalı enerji ile modern yaşamın sürdürülebilir olmadığı kanıtlanmıştır.

Artan nüfusun ve sanayileşmenin etkisiyle Türkiye enerji konusunda dışa bağımlı bir ülke haline dönmektedir. Bu durum ülke ekonomisi, çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye gibi enerji kullanımında dışa bağımlı bir ülkenin yapması gerekenlerin başında tüm alanlarda enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesi ve ilgili çalışmaların devlet politikaları tarafından desteklenmesi gerekmektedir. Bu sayede sınırlı olan doğal kaynaklarımız da dikkate alınarak her alanda enerjiyi etkin ve stratejik bir şekilde kullanmanın gerekliliği ortaya konulmalıdır.

Bu çalışma kapsamında, ülkemizde mevcut olan bir çimento fabrikasının enerji kullanımı ve verimliliği konusu ele alınmıştır. Bu sayede mevcut durumda verimlilik artırıcı projelerin belirlenmesi, yapılan etütle birlikte çevrenin korunması, enerjinin etkin kullanılması ve enerji maliyetlerinin işletme bütçesi üzerindeki yükünün hafifletilmesi tesisin daha sağlıklı çalışması sağlanabilecektir. Bu projelerde sağlanan tasarruf ile üretimin geliştirilmesi ve/veya yatırıma aktarılması etüdün dolaylı amaçlarındandır.

Anahtar Kelimeler: Çimento Fabrikası, Enerji, Verimlilik Çalışmaları.

ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION AND EFFICIENCY OF CEMENT FACTORY

ABSTRACT

Energy is one of the indispensable elements in today's world. For this reason, the need for energy is increasing day by day. Increasing population and developing technology increase the demand for energy consumption even more. As a result of this situation, countries need to develop energy policies. Many countries around the world are in a race to discover new ways of producing and using energy. It has now been proven that modern life is not sustainable with energy based solely on fossil fuels.

With the effect of the increasing population and industrialization, Turkey is turning into a foreign-dependent country on energy. This situation appears as the country's economy, environmental effects and sustainability. It should be supported by government policies. Thus, taking into account our limited natural resources, the necessity of using energy effectively and strategically in every field should be put forward.

Within the scope of this study, energy use and efficiency studies of an existing cement factory in our country were mentioned. In this way, it will be possible to determine the projects that increase efficiency in the current situation, to protect the environment, to use energy efficiently and to reduce the burden of energy costs on the operating budget, and to ensure a healthier operation of the facility. The indirect objectives of the study are to improve the production and / or invest it with the savings provided in these projects.

Keywords: Cement Factory, Energy, Productivity Studies.

GİRİŞ

Günümüzde artan nüfusun, kentleşmenin ve endüstrileşmenin etkisiyle dünyada enerji ihtiyacı önemli ölçüde artmaktadır. Bu sebeple en bilinen yakıt olarak fosil yakıt tüketimi artmaktadır. Özellikle de ekonomisi hızla büyüyen ülkelerin fosil yakıt taleplerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Fakat bu fosil yakıtların rezervleri sınırlıdır. Bu yüzden bu rezervlerin gelecekte tükeneceği düşünülmektedir. Enerji ihtiyacının sürekli arttığı, ancak rezervlerin giderek azaldığı bir ortamda enerjinin verimli bir şekilde kullanılması önem kazanmaktadır [1].

Genel olarak enerji verimliliği; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek ve bu önleme çalışmalarını kaliteyi ve üretimi düşürmeden enerji talebinin azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, kojenerasyon ve enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür. Çoğu gelişmiş ülkeler enerji izleme politikalarına çok fazla önem vermektedir. Bir politika hedefi olarak enerji verimliliğinin önemi, ticari, endüstriyel rekabet ve enerji güvenliği faydalarına bağlıdır. Bunun yanında CO₂ emisyonlarının azaltılması gibi çevresel faydaları da artırmaktadır [2]. Enerji verimliliği, ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler için öncelikli konu olup politik ve ekonomik etkisi de göz önüne alındığında enerji verimliliği konusunda çok ciddi çalışmaların yapılması gerektiği görülmektedir. Başta enerji arz güvenliğini artırmak ve sürdürülebilir bir büyümenin sağlanması için yeni tasarruf tedbirlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji verimliliği çalışmaları ülkemizde yeni girişimler olarak görülmekte ve ülkemizin büyüme hızına kıyasla arz güvenliği risk altına girmekte olup, verimlilikteki artışlar Türkiye'nin rekabetçi ve sürdürülebilir üretimi açısından hayati önem arz etmektedir [3]. Türkiye'de enerjinin tüketiminin yaklaşık %43'ü sanayide gerçekleşmekte olup en büyük pay bu sektöre aittir. Bu nedenle özellikle enerji tasarrufu çalışmaları bu sektöre yönelik yoğunlaşmıştır [4].

Bu tezin amacı bir çimento fabrikasının enerji verimliliğinin incelenmesi ve bunun sonucunda nasıl bir iyileştirme çalışmalarının yapılabileceğidir. Bu sayede mevcut durumda verimlilik artırıcı projelerin belirlenmesi, yapılan çalışma ile birlikte

Çevrenin korunması, enerjinin etkin kullanılması ve enerji maliyetlerinin işletme bütçesi üzerindeki yükünün hafifletilmesi tesisin daha sağlıklı çalışması sağlanabilecektir. Bu projelerde sağlanan tasarruf ile üretimin geliştirilmesi ve/veya yatırıma aktarılması etüdü dolaylı amaçlarındandır.



1. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

- Enerji yönetimi
- Tesisin enerji tüketimlerinin ve enerji yönetim sisteminin incelenmesi
- Fan sistemlerinin incelenmesi
- Pompa sistemlerinin incelenmesi
- Basınçlı hava sistemi
- Kompresör dairesi incelemesi
- Kompresör enerji tüketiminin incelenmesi
- Elektrik tüketimlerinin ölçümü
- Soğutma sistemi
- Proses olarak inceleme
- Pompaların verimlerinin belirlenmesi ve verimlilik artırıcı potansiyelin belirlenmesi
- Üretim üniteleri
- (Döner fırınlar, farin değirmenleri, kömür değirmenleri, çimento değirmenleri vb.)
- Akış debi ölçümleri,
- Gövde termal ölçümleri,
- Verim hesaplaması,
- Yapısal inceleme,
- Kayıp enerjilerin belirlenmesi ve geri kazanım potansiyelinin belirlenmesi,
- Değirmenlerin incelenmesi
- Kömür değirmenleri,
- Farin değirmenleri,
- Çimento değirmenleri,
- Aydınlatma sistemi
- Aydınlatmada verimlilik artırma için inceleme yapılması

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tez çalışmasının bu kısmında literatürde enerji verimliliği, enerjinin kullanım alanları ve sanayi kuruluşlarındaki mevcut sistemlerinin verimlilik çalışmalarından bahsedilmiştir.

Kojenerasyon sistemleri, sanayide kullanılan en önemli ve yüksek verimlilik sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler ısı ve elektriğin birlikte üretildiği sistemler olduğu için bileşik üretim anlamına gelen kojenerasyon adını almıştır. Aynı yakıt kaynağından daha fazla enerji üretebildiği için tek amaçlı üretim sistemlerinden daha avantajlıdır. Bir diğer avantajı ise çevreye daha duyarlı olmasıdır. Çünkü sistemde atık ısı kullanılmakta ve böylece doğaya daha az CO₂ salınımı yapılmaktadır. Günümüzde termik santrallerde elektrik ortalama %36 verimle, ısı ise ortalama %80 verimle üretilmektedir. Elektrik ve ısının ayrı ayrı üretilmesi sonucu ortalama %58'lik bir verim ortaya çıkmaktadır. Elektrik ve ısının birlikte üretildiği kojenerasyon uygulamalarında ise verim %85 dolaylarındadır ki bu değer çok büyük bir enerji verimliliği anlamına gelmektedir [5].

Birçok sanayi kuruluşunda basınçlı hava kullanılmaktadır ve basınçlı havayı sağlayan kompresörlerin ihtiyaca göre uygun seçilmeleri ile çalışma şartları verimlilik açısından oldukça önemlidir. Kompresör seçiminde işletmede kullanılacak gerekli hava miktarı ile basınç göz önünde bulundurulmalıdır. Kompresöre verilen enerjinin sürtünmeler haricinde kalan kısmının ısı enerjisi olarak havaya ve dış ortama verilmesi söz konusudur. Dışarıya atılan enerji termik olarak %94 civarındadır. Bu enerjinin tamamen geri kazanılması mümkün olmamakla beraber bir kısmı geri kazanılarak yapıların sıcak hava ile ısıtılması veya sıcak su elde edilmesi sağlanabilir [6]. Endüstriyel tesislerde kullanımı yönünden çok değerli, olmazsa olmaz kaynaklardan biri olan basınçlı hava bu tesislerin en çok para ödedikleri işlemlerden bir tanesini oluşturmaktadır. Kompresörler birçok sanayi tesisinde en çok enerji harcayan ekipmanların başında gelmektedir.

Kompresörler, kurutucular ve diğer destek ekipmanlarının bir yıllık çalışma maliyetleri toplam yıllık ödenen elektrik faturasının %70'ini oluşturmaktadır [7]. Basınçlı hava sisteminde olacak bir arıza birçok tesiste üretimin durmasına sebep olmaktadır. Hava kaçakları, basınçlı hava sisteminde meydana gelen enerji kayıplarının en önde gelen sebebidir. Bir kompresörün hava kaçaklarının oluşturduğu basınç düşümünü önlemesi için daha uzun zaman çalışması gerekmektedir. Çeşitli çalışmaların gösterdiğine göre, üretilen basınçlı havanın yaklaşık %25'i sızıntılar nedeniyle kayıp olmaktadır [8].

Karataş [9] bir çelik fabrikasının basınçlı hava sisteminin enerji verimliliği hakkında inceleme yapmıştır. Yaptığı ölçümler ve analizler sonucunda, basınçlı hava sisteminde özellikle ana hatlar üzerinde ve makine giriş bağlantılarında hava kaçakları tespit etmiştir. Ayrıca enerjinin en son noktaya kadar ulaşımında problemler olduğu ve mevcut basınç hattında takip edilemeyen bir basınçlı hava sistemi gözlemiştir. Basınçlı hava sisteminin daha verimli çalışabilmesi ve her noktaya sabit basınçta hava ulaştırılabilmesi için hava kaçaklarının giderilmesi ve mevcut tesisatın kapalı devre ring hattı ile değiştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Böylece basınçlı hava kesintisiz ve güvenli bir biçimde işletmenin her yerine iletilebilecek, yeni kurulacak makinelerde bile basınçlı hava yetersizliği oluşmadan hava temini sağlanabilecektir. Kompresörlerin egzoz gazlarından ısı geri kazanımı ile elde edilecek enerji ile tesis içindeki herhangi bir alanın ısıtmasını gerçekleştirmek ya da proseslerde kullanılan sıcak suyun elde edilmesini sağlamanın mümkün olduğunu saptamıştır.

Fırınlarda, özellikle yüksek sıcaklıklarda çalışan tavlama fırınları, endüstriyel işletmelerde gerek yakıt tüketimi açısından gerekse çevreye verdiği atık gazların oluşturduğu kirlilik açısından mümkün olduğunca verimli çalıştırılması gereken sistemlerdir. Tav fırınlarının genelde ısı verimleri %35-45 arasındadır. Kayıplar en çok baca gazından olmaktadır ve bunun nedeni tav fırınlarının işlevleri gereği çok yüksek sıcaklıklarda ısıtma yapması, bunun için brülörlerde gerçekleşen yanma sonucunda sistemden dışarıya atılan gazın yüksek sıcaklıkta olmasıdır. 650°C civarında olan baca gazı enerjisi baca gazı debisi çok düşük olmamak kaydıyla muhtelif ekonomizer ve eşanjör uygulamaları ile ortam ısıtmasında, sistem girdilerinin ön ısıtmasında, kızgın su ve buharı ihtiyacının karşılanmasında ya da sıcak su

üretiminde kullanılabilir. Yüzey kayıplarının azaltılması için fırın iç yüzeyinin yalıtımı artırılarak bu sayede fırın yüzeyinden gerçekleşen radyasyon ve konveksiyon kayıplarının önüne geçilebilir [10].

Mittal ve Rakshit [11] döner fırın mantosundan enerji eldesi için çeşitli çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, egzoz gazları yoluyla boşa harcanan ısının geri kazanımına, çimento endüstrisinin enerji tüketiminde daha sürdürülebilir hale geldiğini ifade etmişlerdir. Aynı zamanda fırın mantosunda çeşitli etkenlerden dolayı (refrakter tuğla hammadesi, kalınlığı gibi) ısı kayıplarının gözlemlendiğine değinmişlerdir.

Engin ve Ari [12] çalışmalarında egzoz gazlarından kaynaklanan ısı kayıplarının yanı sıra, %15 enerji kaybı potansiyeline sahip sıcak kilodaki belirgin ısı kayıplarının varlığından bahsetmişlerdir.

Erçetin [13] çalışmasında, bir porselen fabrikasının bisküvi fırınlarındaki enerji tasarrufları ve enerjinin geri kazanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla sır ve bisküvi fırınlarının yüzey sıcaklıkları ve fırın yüzeylerinden kaybolan ısı miktarı tespit edilip, ilave yalıtım malzemesi uygulandığında sağlanabilecek enerji tasarrufu miktarını hesaplamıştır. Yapılan hesaplamalar fırın yüzeylerine ilave yalıtım yapılarak mevcut durumdaki ısı kayıplarının, bisküvi fırınında 19195 W'a kadar azaltılabileceğini saptamıştır.

Tablo 2.1.'de bazı uygulamalar ve bu uygulamalar sonucunda meydana gelen problemlerden bahsedilmiştir. Yapılan yeni uygulamalar sayesinde enerji kazançlarından ve verimliliklerinden bahsedilmiştir. Bu uygulamaların yapılması sonucunda meydana gelen ısı kazanç miktarları, yüksüz durumdaki enerji verimliliği, elektrik kazanç miktarları, yatırım maliyetleri, basit geri ödeme süreleri ve toplam tasarruf değerleri belirtilmiştir. Ayrıca sistemlerin yatırımlarının amortisman süreleri de göz önünde bulunmuştur. Bu çalışmalar enerji verimliliğine paralel olarak çevresel boyut düşünüldüğü taktirde de büyük getiri sağlamaktadır. Zira kilowatt bazında elektrik enerji ile CO2 arasında belli oranda bir kat sayı mevcuttur. Bu katsayıya göre gerekli dönüşümler yapılmaktadır.

Tablo 2.1. Sanayide yapılan bazı enerji verimliliği uygulamaları [4, 10, 14,15]

Uygulama Adı	Problem	Yapılan Uygulama	Sonuç
Plastik Enjeksiyon Makinesinin Hidrolik Sisteminde Değişken Hız Denetimli Motor Kullanımı [4]	Plastik enjeksiyon makinesinde verimi düşük sabit debili pompa kullanımı (%22)	Sistemin sabit debili pompa yerine değişken hız denetimli motor tahrikli pompa ile çalıştırılması	Sistem için uygun bir pompa seçilmiş ve hidrolik sistemin verimi %70 olarak hesaplanmıştır.
Mevcut Sıcak Hava Klapelelerinin Sızdırmaz Klapelelerle Değiştirilmesi [14]	Üretimden elde edilen sıcak havanın uzun süre sonunda klapelelerin sızdırmazlığını kaybettirmesi nedeniyle sıcak havanın atmosfere kaçması	Mevcut klape yerine sızdırmaz klape kullanılması	<ul style="list-style-type: none"> • Isı enerjisi kazanç miktarı: 7.433.487 kWh/yıl • Elektrik enerjisi kazanç miktarı: 12.979 kWh/yıl • Tasarrufun mali değeri: 636.618 TL/yıl • Basit geri ödeme süresi: 0,20 yıl
Mevcut Soğutma Sistemlerinin Yerine Absorbsiyonlu Chiller ile Soğutma Sağlanması [14]	Mevcut durumda atık ısı kazanı kapasitesinin yüksek olmasına rağmen, buhar ihtiyacı düşük olduğu için gaz türbini egzoz gazlarının belli bir miktarı (mevsimsel şartlara göre egzoz gazı kullanım oranı) atmosfere atılmaktadır. Bu durum enerjinin kullanılmadan atmosfere atılması anlamına gelmektedir.	Absorbsiyonlu chiller ile elde edilecek soğutma suyu kullanarak üretim bölümünün mahal soğutulmasının by-pass bacasından atılan atık ısı ile sağlanması	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji tasarrufu: 1.394.653 kWh/yıl • Tasarruf mali değeri: 365.817 TL/yıl • Yatırım maliyeti: 970.128 TL • Basit geri ödeme süresi: 2,65 yıl
Buhar Kazanı Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu Uygulaması [10]	Buhar kazanlarında manuel yapılan yüzey blöfünün gereğinden fazla yapıldığı ve bunun sonucunda işletmenin hem yakıt, hem su ve hem de kimyasal israf ettiği ortaya çıkartılmıştır.	Buhar kazanlarında yapılan yüzey blöf otomasyon yatırımı	<ul style="list-style-type: none"> • Tasarruf edilen enerji miktarı: 82.992 kcal/h • Yakıt tasarrufu: 11,83 Nm³/h • Su tasarrufu: 1.276,8 kg/h • Kimyasal tasarrufu: 128 gr/h • Toplam tasarruf değeri: 48.312 TL/yıl • Yatırımın amorti süresi: 5 Ay

Tablo 2.1.(Devam) Sanayide yapılan bazı enerji verimliliği uygulamaları [4, 10, 14,15]

Soğutucu Ünitesi Değişimi Verimlilik Artırıcı Proje [15]	Bir üretim tesisinin prosesindeki soğutma ihtiyacını karşılamak için 3 adet chiller ünitesi kullanılmaktadır. Gerek chiller ünitesinin COP değerinin düşük olması gerekse soğutucu akışkanın değişimi sonucu COP değerinin düşmesi spesifik enerji tüketimini artırmaktadır.	Freon 22 kullanılan chiller ünitesinin yerine COP değeri daha yüksek chiller ünitesinin alınması	<ul style="list-style-type: none"> • Tasarruf edilen yıllık enerji: 1.887.336 kWh/yıl • Tasarruf edilen enerji maliyeti: 358.593 TL/yıl • Alımın bedeli: 930.549,00 TL • Proje basit geri ödeme süresi: 2,60 yıl
Değişken devir tahrik pompalı bir hidrolik güç ünitesinin CNC torna tezgâhında kullanılması [15]	Değişken deplasmanlı pompalı standart bir hidrolik güç ünitesinin fazla ses yapması ve enerji sarfiyatının fazla olması	Değişken devir tahrik pompalı bir hidrolik güç ünitesi	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksüz durumdaki enerji verimliliği %68 olarak sağlanmıştır.

Frekans konvertörlü (FC) pompa uygulamaları ile yapılan enerji verimliliği uygulamaları ise Tablo 2.2’de verilmiştir [16].

Tablo 2.2. Frekans konvertörlü (FC) pompa uygulamaları [16]

Uygulama Adı	Problem	Yapılan Uygulama	Sonuç
Bir Hastanenin Isıtma Sistemi	70,000 m ² ’lik bir alanı kaplayan ana bina, poliklinik ek binası ve hemşire lojmanından oluşan hastanenin ısıtması merkezi bir ısıtma sistemi ile sağlandığı için enerji sarfiyatı fazla	Frekans Konvertörlü (FC) ısıtma sisteminin kullanılması	<ul style="list-style-type: none"> • %58 enerji tasarrufu • 15 yıl üzerinden enerji tasarrufu: 118.260 kWh • 15 yıl üzerinden enerji masraf tasarrufu: 10.643 €
Atık Su Yönetimi Yapılan Bir Santrifüj Pompada Tasarruf Çalışması	1 adedi yedek, iki adet atık su dalgıç pompası on/off pozisyonda çalışmaktadırlar. Gelecekteki kapasite artışı düşünülerek pompalar büyük seçilmişlerdir (60 m ³ /h). Pompaların kapasitesi büyük seçildiğinden devreye girip çıkma süreleri çok kısa aralıklarla olmaktadır (Her 5 dakikada devreye girip, 1 dakika çalışmaktadır).	Mevcut pompaların 30 m ³ /h’lik ufak pompa ile değiştirilmesi	<ul style="list-style-type: none"> • Bu değişiklikte yılda 1278 € enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Tablo 2.2. (Devam) Frekans konvertörlü (FC) pompa uygulamaları [16]

Kontrol Vanalı Bir Pompa Sistemi	Bir eşanjör sistemi ile akışkan ısıtılıyor ve kontrol vanası debi kontrolünü sağlayarak basınçlı tanka 80 m ³ /h akışkan gitmesini sağlıyor. Sistemin ilk tasarım bilgilerine bakıldığında 80 m ³ /h kapasitenin yeterli olmasına rağmen, pompanın 110 m ³ /h seçildiği ve bu nedenle kontrol vanası boyunca olması gerekenden daha fazla basınç kaybı meydana getirdiği tespit edilmiştir.	Frekans konvertör sistemi adapte edilir ve kontrol vanası kaldırılır ise pompa hızı değiştirilerek, istenilen kapasite değeri sağlanabilir.	Bu tasarım ile enerji verimliliğinde %49 artış gözlemlenir.
----------------------------------	--	---	---

3. ÇİMENTO ÜRETİM PROSESİ



Şekil 3.1. Soma çimento fabrikası kuş bakışı görünümü [17]

Çimento, ana hammaddeleri kalkerle kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket, vs.) yapıştırma için kullanılan hidrolik bağlayıcı özelliği olan bir malzemedir. Şekil 3.1.'de Soma çimento fabrikası kuş bakışı görünümü mevcuttur. Görüldüğü gibi çok büyük ve işlem kapasitesi yoğun olan bir sektördür. Çimento aynı zamanda hidrolik bağlayıcı bir madde olması nedeniyle sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını korumaktadır. Kırılmış kalker, kil ve gerekiyorsa demir cevheri ve/veya kum katılarak harmanlanıp toz haline getirilir. Bu malzeme 1400-1500°C'de döner fırınlarda pişirilir. Meydana gelen ürüne "klinker" denir [18]. Günümüzde artan enerji fiyatları ve çimento kalitesinde giderek artan rekabet, üretim aşamalarında verimlilik çalışmalarının yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Ulusal ve uluslararası alanda rekabet ortamına uyum sağlayabilmek için, çimento fabrikaları enerji ve işçilik masraflarını en alt limite indirgeyip yüksek kaliteli ve uniform çimento

üretmek durumundadır [19]. Bu durum, hammadde sahalarının değerlendirilmesi ve üretim planlamasında yeni bilgisayar tekniklerin kullanılması, tam otomasyon sistemine geçilmesi, üretim aşamalarında enerji tasarrufu sağlayacak yeni makinelerin geliştirilmesi yanında mevcut makinelerin de gerekli şartlarda işletilmelerinin önemini artırmıştır [20]. Çimento endüstrisinde prosesin çok geniş bir alana yayılması ve bu nedenle yüksek miktardaki enerji tüketimi sebebiyle, enerji tüketimini kontrol altına almak büyük çaba gerektirmektedir.



Şekil 3.2. Çimento [21]

Çimento üretim aşamaları;

- Hammadde hazırlama
- Öğütme
- Pişirme
- Kömür değirmenleri
- Çimento üretimi
- Paketleme

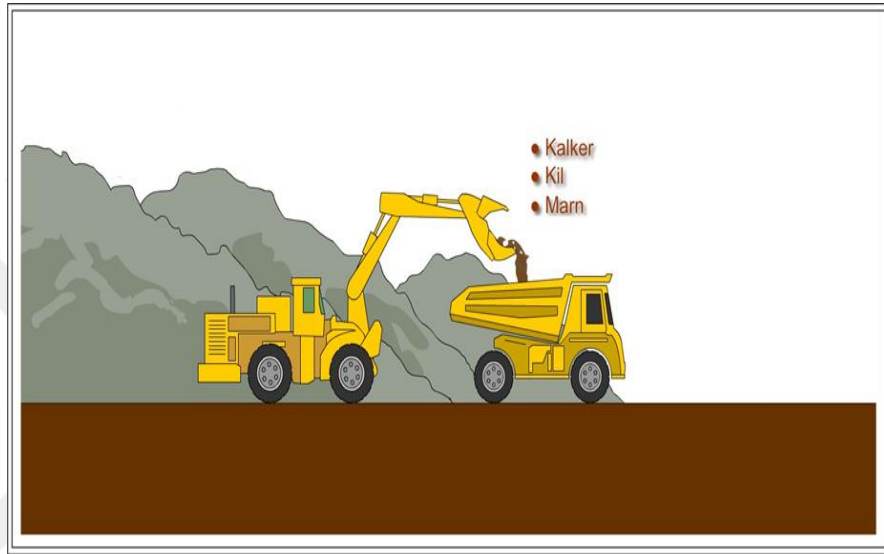
3.1. Hammadde Hazırlama

3.1.1. Kırıcı

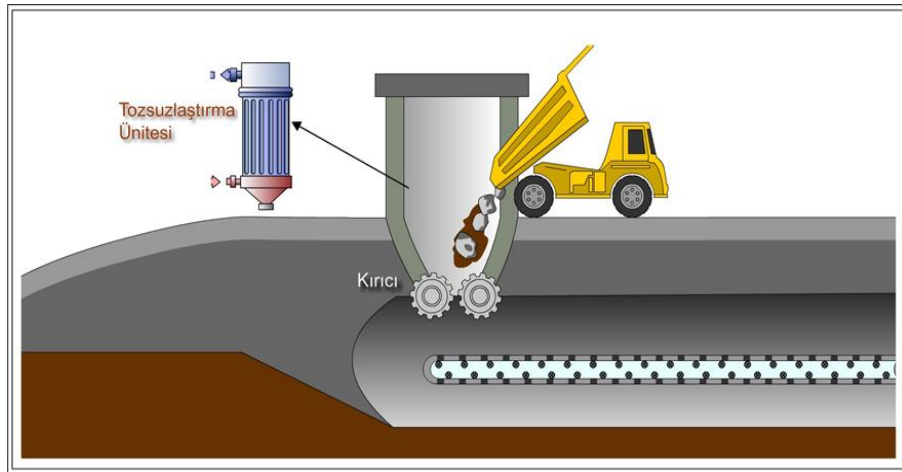
Çimentonun başlıca ana hammaddeleri kalker, marn (kalker-kil karışımı) ve kil' dir. Bunların yanı sıra tamamlayıcı maddeler ise demir cevheri ve boksittir. Çimento SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve CaO bileşenlerince zengindir. Ocaklardan çıkarılan hammaddeler iri parçalar halindedir ve belirli bir miktarda neme sahiptirler. Bu hammaddelerin diğer ünitelere nakliyesi, homojene edilmesi, bir miktar rutubetinin giderilmesi ve farin değirmeninde öğütülebilmesi için önce kırılması gerekir. Bu hammaddeler kırıcıdan

geçirilerek 0-2 m³ boyutundan 0-80 mm' ye kadar düşürülür. Kırılan hammaddeler lastik bant yolları ile dairesel stok hole (ön karıştırma stok holüne) beslenerek homojenizasyon işlemi yapılır. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te kırıcı ünitesi gösterilmiştir.

- Kırıcı – 2 Adet
- Hammadde Kırıcısı 1, 450 Ton/Saat
- Hammadde Kırıcısı 2, 1.500 Ton/Saat

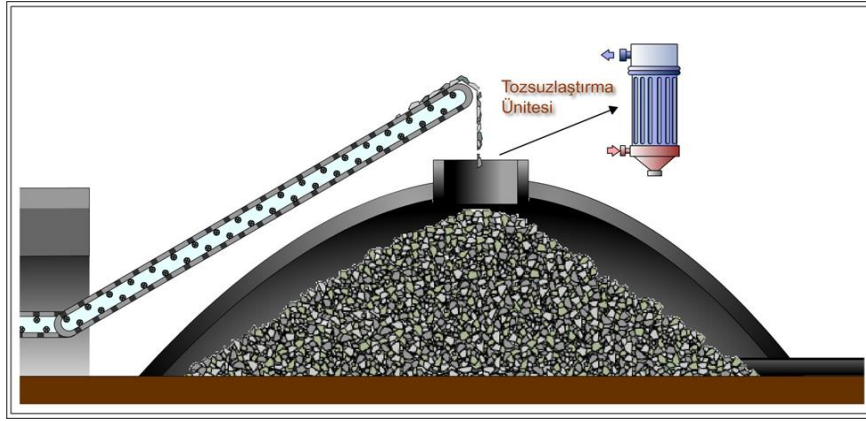


Şekil 3.3. Hammaddelerin alınması [22]



Şekil 3.4. Hammaddelerin kırılması [22]

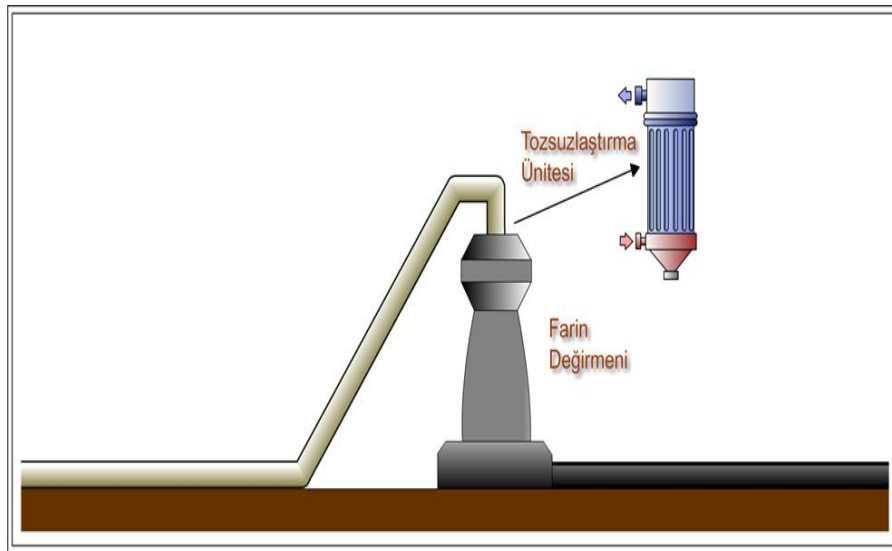
Kırılan hammaddeler dairesel stokhole beslenerek ve Şekil 3.5'te görüldüğü gibi devamlı olarak belirli bir eksende dönerek dökme işlemi yapar ve bu sayede homojenizasyon işlemi yapılır.



Şekil 3.5. Hammaddelerin homojenizasyonu [22]

3.2. Öğütme

Hammaddeler, online analizör ve laboratuvarın yaptığı analizler sonucu belirli oranlarda karıştırılarak farin değirmenine beslenir. Değirmende kurutma ve öğütme işlemi yapılır. 0-50 mm boyut ve değişik rutubetteki hammadde en fazla %1 rutubetli olacak şekilde ortalama 12-18 mikrona öğütülür ve bu ürüne pişirmeye hazır anlamına gelen farin (un) denilir. Farin, yüksek sıcaklıktaki fırına girmeden önce ön ısıtıcıda kalsine olmaktadır. Şekil 3.6'da farin değirmeni ve tozsuzlaştırma ünitesi gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Hammaddelerin değirmende öğütülmesi [22]

Hammaddelerin kurutulması ve öğütülmesi işleminde 2 adet yatay ve 3 adet dik farin değirmeni kullanılmaktadır. Değirmende kurutma ve öğütme işlemi için gerekli olan ısı döner fırından sağlanmaktadır. Değirmen seperatör ile donatılmıştır. Öğütülmüş

farin seperatörden geçirilerek farin stok silosuna aktarılır. Tonaj ayarına göre havalı bantlar ve elevatör vasıtasıyla döner fırının ön ısıtıcı kulelerine (kalsinasyon ünitesi) beslenir.

- Farin Değirmeni – 5 Adet
- Farin Değirmeni Yatay Bilyalı 50 Ton/Saat x 2
- Farin Değirmeni Dikey Valsli 580 Ton/Saat
- Farin Değirmeni Dikey Valsli 140 Ton/Saat
- Farin Değirmeni Dikey Valsli 280 Ton/Saat

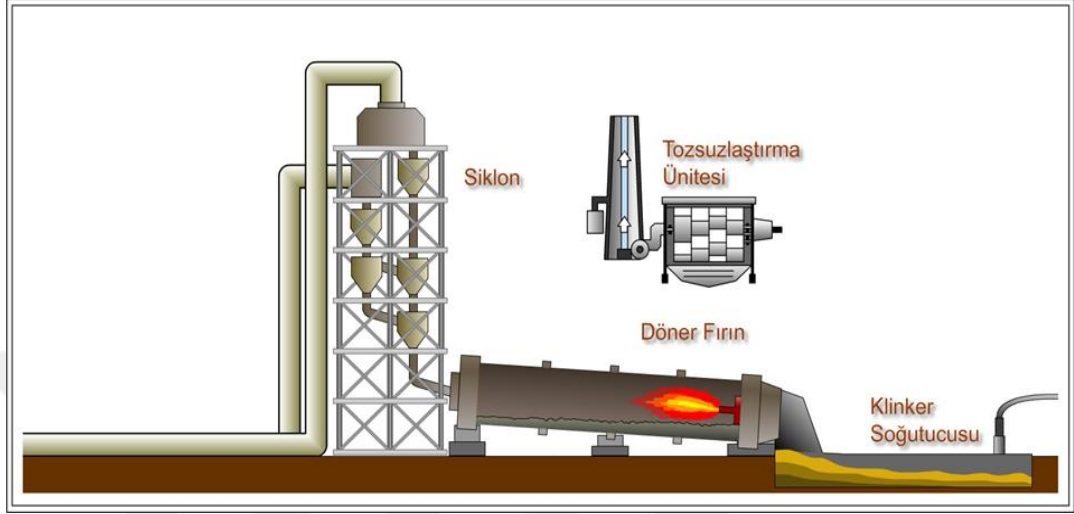
3.3. Pişirme

Pişirme işlemi sırasında farin, silolardan ön ısıtıcıya doğru ilerler. Ön ısıtıcıda, farin yer çekiminin etkisiyle aşağıya doğru inerken, fırın içerisinden gelen sıcak gaz buharlaşmanın etkisiyle yukarıya doğru çıkar. Birçok kademedan meydana gelen siklonlarda farin ile sıcak gaz karşılaşır ve ön kalsinasyon işlemi gerçekleşmiş olur. Ön kalsinasyona uğrayan 800 °C -900 °C sıcaklıkta olan farin, döner fırına girer. Yatay ve çıkış noktasına doğru %3,5 eğime sahip olan döner fırın içinde dairesel olarak akan malzeme, fırın çıkışında bulunan alev borusu vasıtasıyla beslenen kömür, doğal gaz, motorin gibi yakıtlar sayesinde alev borusu vasıtası ile yakılır. Yakılan yakıt ve klinkerleşme reaksiyonları ile birlikte fırın içi sıcaklık 1300-1600 °C'ye çıkar. Fırın içerisinde malzeme (yüksek sıcaklıktaki farin+buhar karışımı) çıkışa doğru yaklaştıkça eğim sayesinde gravimetrik olarak akar ve çıkışa doğru sıvılaşmaya başlar. İnce taneler birleşerek büyük boylu taneleri oluşturur. Pişen ara ürüne klinker denir. Fırın çıkışında mevcut olan klinker soğutma sistemi vasıtasıyla ani olarak soğutulan klinker tanecikleri sertleşme özelliği kazanır. Şekil 3.7'de klinker oluşumundan bahsedilmiştir ve Şekil 3.8'de ise soğutma ünitesi gösterilmiştir.

Fabrikada mevcut döner fırınlardan 1 nolu fırın 60 metre uzunlukta ve 4,2 metre çaptadır. Fırın kapasitesi 3.500 ton/gün kapasitededir. 2 nolu hatta bulunan fırın ise 86 metre uzunlukta ve 5,6 metre çapta ve 9.000 ton/gün'dür. Döner fırın girişte ön ısıtıcı ve çıkışta klinker soğutma bölümüyle bağlantılıdır. Klinker soğutmadan çıkan klinker kovalı bantlar yardımıyla klinker stok silosunda depolanmaktadır.

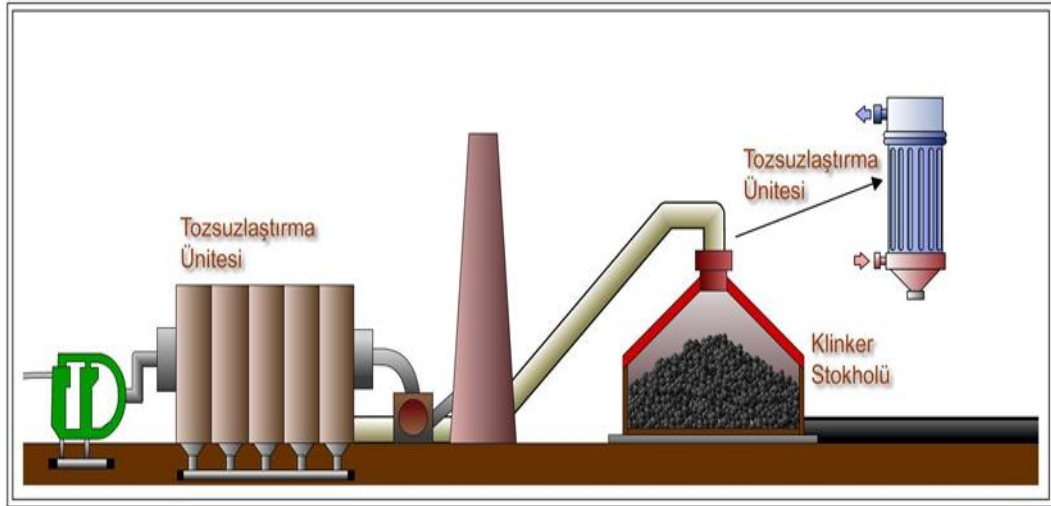
- Döner Fırın -2 Adet

- Hat 1 – 3.500 Ton/Gün Klinker
- Hat 2 – 9.000 Ton/Gün Klinker
- Klinker Soğutucusu – 2 Adet



Şekil 3.7. Klinker oluşumu [22]

Soğutulan klinker tanelerinin sıcaklığı 100°C'nin altına düşürülerek klinker stokholünde veya açık sahada stoklanır.



Şekil 3.8. Soğutma [22]

3.4. Kömür Değirmenleri

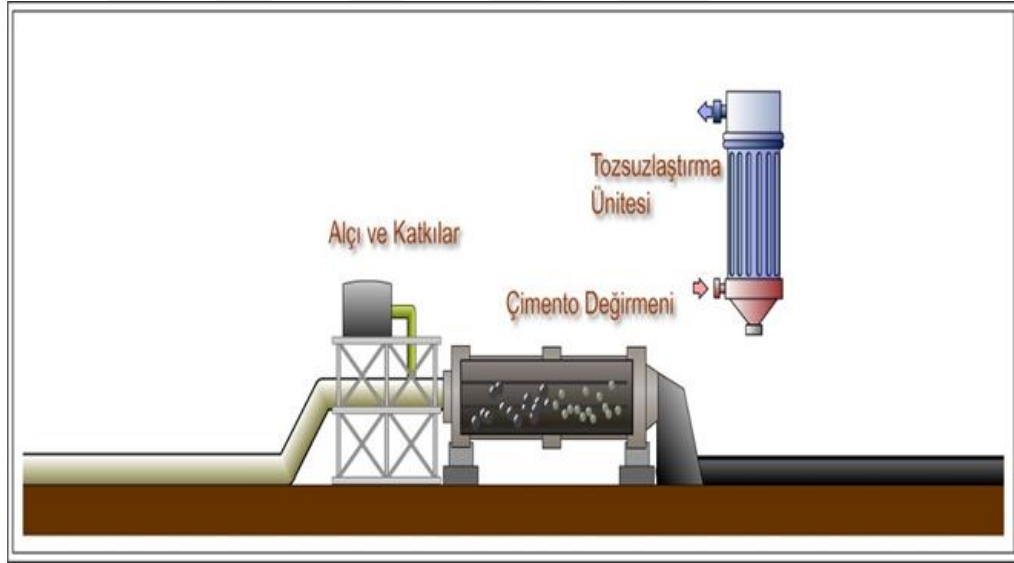
Fabrikada petrokok, steamcoal, avdan ve yerli kömür (Tunçbilek) olmak üzere 4 çeşit kömür kullanılmaktadır. Stokta bulunan kömür dik değirmenlere aktarılır. Ham kömüre değirmende kurutma ve öğütme işlemi yapılır. Ön ısıtıcıdan gelen

sıcak atık gaz kömür kurutmada değerlendirilir. 0-50 mm boyut ve değişik rutubetteki ham kömür en fazla %2 rutubetli olacak şekilde mikron mertebesinde öğütülür.

- Kömür Değirmeni – 2 Adet
- Hat Kömür Değirmeni Dikey Valsli 22 Ton/Saat
- Hat Kömür Değirmeni Dikey Valsli 37 Ton/Saat

3.5. Çimento Öğütme

Fırından çıkan klinkere alçı taşı ve üretilecek çimento türüne göre uygun katkı maddesi katılarak Şekil 3.9'daki gibi öğütme işlemi gerçekleştirilir. İşletmede 5 adet Çimento değirmeni bulunmaktadır. Çimento değirmenlerinde bulunan seperatörler istenilen incelikteki malzemeyi çimento silolarına aktarır. Seperatörde ayrılan iri malzeme tekrar öğütülmek üzere değirmenlere geri gönderilir.



Şekil 3.9. Çimento değirmeni [22]

3.6. Paketleme

Uzun ve karmaşık işlemler sonucu meydana gelen çimento, çimento değirmenlerinden havalı bantlar aracılığıyla paketleme bölümüne sevk edilmektedir. Bu bölümde çimento, tiplerine göre silolarda depolanmaktadır ve bu aşamadan sonra çimentolar piyasadan gelen talepler doğrultusunda dökme ya da torbalı olarak piyasaya arz edilmektedir.

4. ENDÜSTRİYEL İŞLETMENİN ENERJİ TÜKETİMİNİN İNCELENMESİ

Tablo 4.1.'de 2019 aylık enerji tüketimleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1. 2019 Aylık elektrik enerjisi tüketim bilgileri

Aylar	Elektrik			Maliyet (TL)		
	Satın Alınan	Üretilen		Satın Alınan	Üretilen	Toplam
	kWh	TEP	kWhTEP			
Ocak	24.188.690	2.080	-	-4.326.576	-	4.326.576
Şubat	23.572.550	2.027	-	-4.216.232	-	4.216.232
Mart	28.843.630	2.481	-	-5.159.028	-	5.159.028
Nisan	31.716.240	2.728	-	-5.594.666	-	5.594.666
Mayıs	33.874.750	2.913	-	-5.975.417	-	5.975.417
Haziran	29.977.360	2.578	-	-5.287.927	-	5.287.927
Temmuz	28.408.440	2.443	-	-5.086.130	-	5.086.130
Ağustos	29.750.820	2.559	-	-5.326.458	-	5.326.458
Eylül	16.708.990	1.437	-	-2.990.873	-	2.990.873
Ekim	23.102.180	1.987	-	-4.121.692	-	4.121.692
Kasım	31.662.880	2.723	-	-5.667.115	-	5.667.115
Aralık	32.188.510	2.768	-	-5.753.075	-	5.753.075
Toplam	333.995.040	28.724	-	-59.505.188	-	59.505.188

Tablo 4.2. 2019 Aylık kömür tüketim bilgileri

Aylar	Kömür				Maliyet (TL)		
	Proses		Elektrik Üretimi		Proses	Elektrik Üretimi	Toplam
	Ton	TEP	Ton	TEP			
Ocak	29.314	18.463	-	-	7.574.624	-	7.574.624
Şubat	24.192	14.980	-	-	6.689.444	-	6.689.444
Mart	33.344	20.092	-	-	9.123.011	-	9.123.011
Nisan	34.767	21.120	-	-	9.221.804	-	9.221.804
Mayıs	37.148	22.609	-	-	10.014.870	-	10.014.870
Haziran	34.995	20.979	-	-	9.034.036	-	9.034.036
Temmuz	31.054	18.719	-	-	7.751.792	-	7.751.792
Ağustos	32.614	19.937	-	-	8.584.620	-	8.584.620
Eylül	11.352	6.706	-	-	3.041.530	-	3.041.530
Ekim	24.397	14.803	-	-	6.588.502	-	6.588.502
Kasım	37.879	22.863	-	-	10.537.075	-	10.537.075
Aralık	37.236	22.247		0	10.047.466		10.047.466
Toplam	368.292	223.516		0	98.208.774		98.208.774

Tablo 4.2 'de 2019 aylık kömür tüketim bilgileri gösterilmiştir.

Tablo 4.3. 2019 yılı kullanılan yakıtlara göre toplam enerji tüketimi

	Elektrik		Steamcoal	Petrokok	Tunçbilek	Avdan	Fuel Oil	Toplam	Toplam Maliyet
	Alınan	Üretilen							
	TEP	TEP							
Ocak	2.080	0	2.138	4.200	11.864	262	49	20.593	11.963.052
Şubat	2.027	0	3.519	1.917	9.377	167	47	17.054	10.966.266
Mart	2.481	0	9.563	0	10.142	388	74	22.647	14.380.050
Nisan	2.728	0	8.706	0	12.298	116	25	23.872	14.849.167
Mayıs	2.913	0	9.751	0	12.766	92	26	25.548	16.024.344
Haziran	2.578	0	3.849	0	16.904	225	21	23.578	14.350.772
Temmuz	2.443	0	1.501	175	17.023	20	17	21.179	12.862.199
Ağustos	2.559	0	9.681	0	10.232	24	0	22.495	13.911.078
Eylül	1.437	0	1.499	0	4.990	216	0	8.143	6.032.403
Ekim	1.987	0	7.049	0	7.600	154	80	16.869	10.813.698
Kasım	2.723	0	16.263	0	5.927	674	0	25.586	16.204.190
Aralık	2.768	0	6.871	0	14.892	483	27	25.042	15.826.646
Toplam	28.724	0	80.389	6.292	134.014	2.821	365	252.605	158.183.866

Tablo 4.3'te 2019 yılı kullanılan yakıtlara göre toplam enerji tüketimi gösterilmiştir.

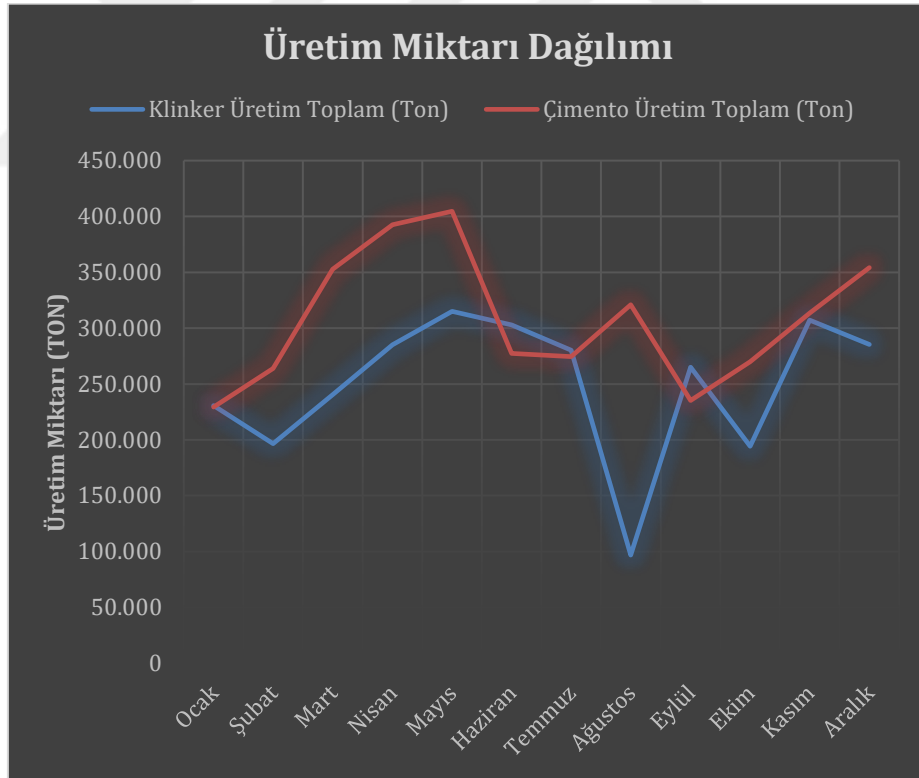
Tablo 4.4. 2019 Aylık toplam enerji tüketimi

Aylar	Fuel Oil		Maliyet (TL)				
	Proses		Elektrik Üretimi		Proses	Elektrik Üretimi	Toplam
	Ton	TEP	Ton	TEP			
Ocak	52	49,4	0		61.852	-	61.852
Şubat	49	46,6	0		60.590	-	60.590
Mart	78	74,1	0		98.011	-	98.011
Nisan	26	24,7	0		32.697	-	32.697
Mayıs	27	25,7	0		34.058	-	34.058
Haziran	22	20,9	0		28.810	-	28.810
Temmuz	18	17,1	0		24.277	-	24.277
Ağustos	0	0,0	0		0	-	0
Eylül	0	0,0	0		0	-	0
Ekim	84	79,8	0		103.504	-	103.504
Kasım	0	0,0	0		0	-	0
Aralık	28	26,6	0		26.106	-	26.106
Toplam	384	365	0		469.904	-	469.904

Tablo 4.4'te 2019 aylık toplam enerji tüketimi gösterilmiştir.

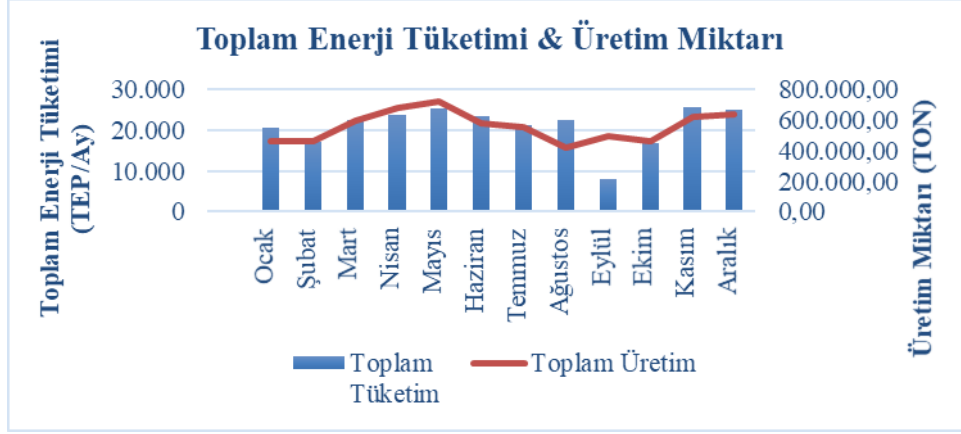
Tablo 4.5. 2019 Aylık fuel oil tüketim bilgileri

Aylar	Klinker Üretim	Çimento Üretim
	Toplam (Ton)	Toplam (Ton)
Ocak	230.645	229.337
Şubat	196.495	263.920
Mart	240.300	352.861
Nisan	285.200	392.714
Mayıs	315.050	404.666
Haziran	303.000	277.290
Temmuz	280.350	274.508
Ağustos	96.805	320.843
Eylül	265.120	235.258
Ekim	194.335	269.970
Kasım	307.260	313.401
Aralık	285.440	354.083
Toplam	3.000.000	3.688.851



Şekil 4.1. 2019 yılı aylık üretim miktarı dağılımı

Tablo 4.5 'te 2019 aylık fuel oil tüketimi mevcuttur. Şekil 4.1'de ise 2019 yılı aylık klinker üretimi ve çimento üretimi karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.2. 2019 aylık enerji tüketimi dağılımları

4.1. Basınçlı Hava Sistemi

İşletmede toplamda 4 adet kompresör dairesi bulunmaktadır. Bu kompresör dairelerine ve kompresörlere ait bilgiler aşağıda verilmektedir.

4.1.1. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi

Bu kompresör dairesinde toplam 2 adet kompresör bulunmaktadır. 1 adet Ingersoll Rand marka kompresör ve 1 adet Aydın Trafo marka kompresör bulunmaktadır. Kompresörlerin çıkışında 1 adet 2.000 lt basınçlı tank ve işletme noktasına yakın bölgede 1. Fırın altında 1 adet 10.000 lt basınçlı hava tankı bulunmaktadır. Şekil 4.3'te kompresörün genel görüntüsü verilmiştir. Tablo 4.6'da ise elektrik bakım yanı kompresör özellikleri verilmiştir.



Şekil 4.3. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi

Tablo 4.6. Elektrik bakım yanı hava kompresörleri bilgileri

Bulunduğu Yer	Elektrik Bakım Yanı		
	Kompresör Dairesi		
Marka & Model	Ingersol Rand		Aydın Trafo
	Birim		
Maks.Çalışma Basıncı	Bar	7,5	7,5
Kapasite	m ³ /dak.	28,5	10
Motor Gücü	kW	160	55
Devir	rpm	1485	1485
İmal Yılı	–	2007	2012

4.1.2. 1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi

Şekil 4.4'te kompresör dairesinin dıştan görüntüsü bulunmakla birlikte bu kompresör dairesinde toplam 5 adet kompresör bulunmaktadır. 2 adet Ingersoll Rand marka kompresör ve 3 adet Atlas Copco marka kompresör bulunmaktadır. Kompresörler 2 grup olarak ayrılmıştır. 3 adet Atlas Copco kompresör 1 grup ve 2 adet Ingersoll Rand kompresör başka bir grup olarak dizayn edilmiştir. Her iki grup için de 10.000 lt kapasiteli 2'şer adet basınçlı hava tankı bulunmaktadır. Bu tankların kapasiteleri işletme şartları dahilinde seçilmiştir ve verimlilik açısından gerekli hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4.4. 1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi genel görünüm

Tablo 4.7. 1. Hat döner fırın yanı hava kompresörleri bilgileri

Bulunduğu Yer		1.Döner Fırın Yanı Kompresör Dairesi	
Marka & Model	Birim	Atlas Copco	Ingersoll Rand
		Maks.Çalışma Basıncı	Bar
Kapasite	m ³ /dak.	20,2	43,9
Motor Gücü	kW	115	250
Devir	rpm	1487	1485
Adet	-	3	2
İmal Yılı	-	2004	2013

Tablo 4.7.'de özellikleri verilen kompresörler ile 1. Fırın, 2. Fırın, ham madde kırıcıları ve çimento değirmenlerine basınçlı hava sağlanmaktadır. Şekil 4.5.'te de bu kompresörlerin basınçlı hava tankları görülmektedir.



Şekil 4.5. 1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi basınçlı hava tankları (4 adet)

4.1.3. 1. ve 2. Çimento değirmeni kompresör dairesi

Bu kompresör dairesinde 1 adet GA110 model ve 2 adet GA200 model olmak üzere toplamda 3 adet Atlas Copco marka kompresör bulunmaktadır. 2 adet GA200 model kompresör aynı hatta bağlıdır ve bu kompresörler için 1 adet basınçlı hava tankı bulunmaktadır. Diğer 1 adet GA100 kompresör için basınçlı hava tankı bulunmamaktadır. Şekil 4.6.'da bu kompresörlere ait hava kurutucuları mevcuttur. Tablo 4.8'de ise kompresörlere ait özellikler yer almaktadır.



Şekil 4.6. 1 ve 2. Çimento değirmeni atlas copco GA110 model kompresör (solda) ve kurutucusu (sağda)

Tablo 4.8. 1. ve 2. Çimento değirmeni hava kompresörleri bilgileri

Bulunduğu Yer	1. ve 2. Çimento Değirmeni		
	Marka & Model	Kompresör Dairesi	
Birim		Atlas Copco GA110	Atlas Copco GA200
Maks.Çalışma Basıncı	Bar	8,5	8,5
Kapasite	m ³ /dak.	20,2	34
Motor Gücü	kW	115	206
Devir	rpm	1487	1487
Basınçlı Hava Tank Hacmi	Lt	-	-
Adet	-	1	2
İmal Yılı	-	2005	2006

Bu kompresörler ile 1. Fırın, 2. Fırın, ham madde kırıcıları ve çimento değirmenlerine basınçlı hava sağlanmaktadır.

4.1.4. 4. ve 5. Çimento değirmeni kompresör dairesi

Şekil 4.7’de belirtilen kompresör dairesinde 3 adet Ingersoll rand marka kompresör bulunmaktadır. 2 adet kompresör aynı hatta bağlıdır ve bu kompresörler için 1 adet

basıncı hava tankı bulunmaktadır. Diğer 1 kompresör çalıştırılmamaktadır. Bu kompresörlere ait özellikler Tablo 4.9’da verilmiştir. Çalıştırılmayan kompresöre ait bilgiler ise hesaplamalarda kullanılmayacağından dolayı verilmemiştir. Bu kompresör yedek amaçlıdır. Sadece gerekli görüldüğü durumlarda kullanılmaktadır. (Ek hava ihtiyacı vb. Gibi durumlar)



Şekil 4.7. 4. ve 5. Çimento değirmeni 2 nolu Ingersoll Rand marka kompresör (solda) ve kurutucusu (sağda)

Tablo 4.9. 4. ve 5. Çimento değirmeni hava kompresörleri bilgileri

Bulunduğu Yer	4. ve 5. Çimento Değirmeni	
	Kompresör Dairesi	
Marka & Model	Ingersoll Rand R160IU-A7.5	
	Birim	
Maks.Çalışma Basıncı	Bar	7,5
Kapasite	m ³ /dak.	28,5
Motor Gücü	kW	160
Devir	rpm	1485
Basıncılı Hava Tank Hacmi	Lt	-
Adet	-	2
İmal Yılı	-	2007

4.1.5. Kompresör çalışma özellikleri

4.1.5.1. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi

Tablo 4.10 ve Tablo 4.11’ de elektrik bakım yanı kompresör özellikleri ile bu kompresörlerin elektrik değerleri verilmiştir.

Tablo 4.10. Elektrik bakım yanı hava kompresör özellikleri

Bulunduğu Yer		Elektrik Bakım Yanı Kompresör Dairesi	
Marka & Model	Birim	Ingersoll Rand	Aydın Trafo
		Kompresör	Kompresör
Fiili Çalışma Basıncı	Bar	5,5	6,1
Boşa Geçme Basıncı	Bar	6,5	7
Yüke Geçme Basıncı	Bar	5,4	-
Yükte Çalışma Saati	Saat	2040	-
Boşta Çalışma Saati	Saat	0	-
Çıkış Boru Çapı	DN	80	50

Tablo 4.11. Elektrik bakım yanı hava kompresörleri elektrik değerleri

Bulunduğu Yer		Elektrik Bakım Yanı Kompresör Dairesi	
Marka & Model	Birim	Ingersoll Rand	Aydın Trafo
		Kompresör	Kompresör
		Yükte	Yükte
Gerilim	V	394	395
Aktif Güç Tüketimi	kW	163	57
Çalışma Frekansı	Hz.	50	50

Tablo 4.12. 1.Hat döner fırın yanı kompresör özellikleri

Bulunduğu Yer		1. Hat Döner Fırın Yanı Kompresör Dairesi				
Marka & Model		Atlas Copco 1 Nolu	Atlas Copco 2 Nolu	Atlas Copco 3 Nolu	Ingersoll Rand 4 Nolu	Ingersoll Rand 5 Nolu
	Birim	Kompresör	Kompresör	Kompresör	Kompresör	Kompresör
Fiili Çalışma Basıncı	Bar	6,1	6	6	6	6,1
Boşa Geçme Basıncı	Bar	6,6	6,6	6,8	6,5	6,4
Yüke Geçme Basıncı	Bar	6,4	6	6	5,6	5,6
Yükte Çalışma Saati	Saat	64.686	72.577	69.411	24.407	56.656
Boşta Çalışma Saati	Saat	4.504	2.000	3.650	5	1.743
Çıkış Boru Çapı	DN	65	65	65	100	100

Tablo 4.13. 1.Hat döner fırın yanı kompresörleri elektrik değerleri

Bulunduğu Yer		1. Hat Döner Fırın Yanı Kompresör Dairesi				
Marka & Model		Atlas Copco 1 Nolu Kompresör	Atlas Copco 1 Nolu Kompresör	Atlas Copco 1 Nolu Kompresör	Atlas Copco 1 Nolu Kompresör	Atlas Copco 1 Nolu Kompresör
	Birim	Yükte	Yükte	Yükte	Yükte	Yükte
Gerilim	V	394	395	396	395	395
Aktif Güç Tüketimi	kW	113	112	114	254	253
Çalışma Frekansı	Hz.	50	50	50	50	50

Tablo 4.14. 1. ve 2. Çimento değirmeni kompresör özellikleri

Bulunduğu Yer		1. ve 2. Çimento Değirmeni Kompresör Dairesi		
Marka & Model		Kompresör 1 Atlas	Kompresör 2 Atlas	Kompresör 3 Atlas
Birim		Copco GA110	Copco GA200	Copco GA200
Fiili Çalışma Basıncı	Bar	5,8	6,3	6,2
Boşa Geçme Basıncı	Bar	7,1	7,2	7,4
Yüke Geçme Basıncı	Bar	6	6,8	6,2
Yükte Çalışma Saati	Saat	73.789	79.414	78.798
Boşta Çalışma Saati	Saat	6.480	1.023	1.693
Çıkış Boru Çapı	DN	65	100	100

Tablo 4.15. 1. ve 2. Çimento değirmeni kompresörleri elektrik değerleri

Ölçüm Yapılan Yer		1. ve 2. Çimento Değirmeni Kompresör Dairesi		
Marka & Model		Kompresör 1 Atlas Copco GA110	Kompresör 2 Atlas Copco GA200	Kompresör 3 Atlas Copco GA200
	Birim	Yükte	Yükte	Yükte
Gerilim	V	394	395	395
Aktif Güç Tüketimi	kW	114	203	204
Çalışma Frekansı	Hz.	50	50	50

Tablo 4.12’de 1. hat döner fırın yanı kompresör özelliklerinden, Tablo 4.13’te bu kompresörlerin elektrik değerlerinden , Tablo 4.14’te 1.ve 2. Çimento değirmeni kompresör özelliklerinden , Tablo 4.15’te ise bu kompresörlerin elektrik değerlerinden bahsedilmiştir. Belirtilen tüm bu özellikler göz önüne alınarak gerekli hesaplamalarda kullanılacaktır ve mevcut olan elektirik değerleri ile sistemden çekilen elektrik değerleri karşılaştırılabilecektir.

4.1.5.4. 4. ve 5. Çimento değirmeni kompresör dairesi

Bu kompresör dairesinde 3 adet Ingersoll rand marka kompresör bulunmaktadır. 2 adet kompresör aynı hatta bağlıdır ve bu kompresörler için 1 adet basınçlı hava tankı bulunmaktadır. Tablo 4.16’da kompresörlere ait bilgiler verilmiştir. Tablo 4.17’de ise elektrik bilgilerinden bahsedilmiştir. Yine tüm bu değerler göz önüne alınarak lokasyon bazından gerekli hesaplamalar ve yorumlamalar yapılabilecektir. Değerlendirmeler ve hesaplamalar bölümünde kompresörlere ait bilgilerden ve çalışma özelliklerinden yararlanarak boşa ve yükte çalışma durumları da göz önüne alınarak yüzde kaç oranında verimli bir şekilde çalıştığı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken lokasyon bazından mevcut olan kompresör değerleri ve çalışma şartları göz önünde bulundurulmuştur. Bu hesaplamalar 11 adet kompresör için yapılmıştır. Hesaplama detayları aşağıda mevcuttur.

Tablo 4.16. 4. ve 5. Çimento değirmeni kompresör dairesi

Bulunduğu Yer		4. ve 5. Çimento Değirmeni Kompresör Dairesi	
Marka & Model		1 Nolu Kompresör	2 Nolu Kompresör
Birim			
Fiili Çalışma Basıncı	Bar	6	5,9
Boşa Geçme Basıncı	Bar	6,4	6,3
Yüke Geçme Basıncı	Bar	5,9	5,8
Yükte Çalışma Saati	Saat	51.966	33.781
Boşta Çalışma Saati	Saat	357	10
Çıkış Boru Çapı	DN	80	80

Tablo 4.17. 4. ve 5. Çimento değirmeni hava kompresörleri elektrik ölçüm sonuçları

Ölçüm Yapılan Yer		4. ve 5. Çimento Değirmeni Kompresör Dairesi	
Marka & Model		1 Nolu Kompresör	2 Nolu Kompresör
Birim		Yükte	Yükte
Gerilim	V	394	395
Aktif Güç Tüketimi	kW	164	161
Çalışma Frekansı	Hz.	50	50

4.1.6. Değerlendirmeler ve hesaplamalar

4.1.6.1. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi

Ingersoll Rand Kompresör;

- Toplam Çalışma Zamanı = 2.040 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 2.040 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 0 saat
- Boşta Çalışma %'si = %0

- Kullanım %'si =%100'dür.

4.1.6.2. 1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi

Atlas Copco 1 Nolu Kompresör;

- Toplam Çalışma Zamanı = 69.190 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 64.686saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 4.504 saat
- Boşta Çalışma %'si = %6,5
- Kullanım %'si = %93,5'dir.

Atlas Copco 2 Nolu Kompresör;

- Toplam Çalışma Zamanı = 74.577 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 72.577 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 2.000 saat
- Boşta Çalışma %'si = %2,7
- Kullanım %'si = %97,3'tür

Atlas Copco 3 Nolu Kompresör;

- Toplam Çalışma Zamanı= 73.061 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 69.411 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 3.650 saat
- Boşta Çalışma %'si= %5
- Kullanım %'si = %95 'tir

Ingersoll Rand 4 Nolu Kompresör;

- Toplam Çalışma Zamanı = 24.412 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 24.407 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 5 saat
- Boşta Çalışma %'si = %0,02
- Kullanım %'si = %99,98'dir.

Ingersoll Rand 5 Nolu Kompresör;

- Toplam Çalışma Zamanı = 58.399 saat

- Yükte Çalışma Zamanı = 56.656 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 1.743 saat
- Boşta Çalışma %'si = %3
- Kullanım %'si = %97'dir.

4.1.6.3. 1.ve 2. Çimento değırmeni kompresör dairesi

Kompresör 1 Atlas Copco GA110

- Toplam Çalışma Zamanı = 80.269 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 73.789 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 6.480 saat
- Boşta Çalışma %'si = %8
- Kullanım %'si = %92'dir.

Kompresör 2 Atlas Copco GA200

- Toplam Çalışma Zamanı = 80.437 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 79.414 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 1.023 saat
- Boşta Çalışma %'si = %1,3
- Kullanım %'si = %98,7'dir.

Kompresör 3 Atlas Copco GA200;

- Toplam Çalışma Zamanı = 80.491 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 78.798 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 1.693 saat
- 1Boşta Çalışma %'si = %2,1
- Kullanım %'si = %97,9 dur.

4.1.6.4. 4. ve 5. Çimento değırmeni kompresör dairesi:

1 Nolu Kompresör;

- Toplam Çalışma Zamanı = 52.323 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 51.966 saat

- Boşta Çalışma Zamanı = 357 saat
- Boşta Çalışma %'si = %0,6
- Kullanım %'si = %99,4'dür.

2 Nolu Kompresör;

- Toplam Çalışma Zamanı = 33.791 saat
- Yükte Çalışma Zamanı = 33.781 saat
- Boşta Çalışma Zamanı = 10 saat
- Boşta Çalışma %'si= %0,03
- Kullanım %'si = %99,97'dir

4.1.7. Basınçlı hava tankı incelemesi ve hacim doğrulaması:

Kompresör dairesinde basınçlı hava tankları bulunmaktadır. Basınçlı hava tanklarının ana görevi basınçlı havayı depolamaktır. Bununla birlikte, basıncın stabil kalmasını, ani hava ihtiyaçlarının sağlanmasını ve soğutma yüzeyi sağlayıp yoğuma tankı görevini gerçekleştirir. Bu nedenle basınçlı hava tanklarının uygun kapasitede seçilmesi önemlidir. Bu nedenle basınçlı hava tankı için hacim hesabı yapılarak doğruluğu kontrol edilmiştir.

4.1.7.1. Elektrik bakım yanı kompresör dairesi:

Bu hava kompresörü için 2 adet basınçlı hava tankı kullanılmakta olup tankın hacmi 2.000 lt ve 5.000 litredir. Tank hacminin yeterli olup olmadığını kontrol etmek için bir ifade önerilmiştir [23]. Bu ifade Denklem (4.1)' de verilmiştir.

$$V = \frac{0.25 * Q * P_1 * T_0}{f_{max} * (p_u - p_l) * T_1} \quad (4.1)$$

V = Tank Hacmi (L)

Q= Kompresör Kapasitesi (L/sn.)

P₁= Kompresör giriş basıncı(bar)

T₁=Kompresör giriş sıcaklığı (K)

T₀= Hava deposu sıcaklığı (K)

($P_u - p_l$) = Yükte çalışma ile boşta çalışma arasındaki ayarlanmış basınç farkı

$$Q = 28,5 + 10 = 38,5 (\text{m}^3/\text{dak.})$$

Tank Hacmi;

$$V = \frac{0.25 * \left(38.5 * \frac{1000}{60}\right) * 1 * (273 + 20)}{\left(\frac{1}{50}\right) * 1.1 * (273 + 20)} \quad (4.2)$$

$$V=8.166 \text{ Litre}$$

Kullanılmakta olan basınçlı hava tank hacmi toplamda 2.000 litre + 10.000 litre = 12.000 litredir. Uygun olan tampon tank hacmi ise 8.166 litredir. Tank hacminin yeterli olduğu görülmektedir.

NOT: Kompresör giriş sıcaklığı ile hava deposu sıcaklığı aynı kabul edilmiştir.

4.1.7.2. 1. Hat döner fırın yanı kompresör dairesi:

2 Adet benzer Atlas Copco hava kompresörü için 2 adet basınçlı hava tankı kullanılmakta olup tankların her birinin hacmi 10.000 litredir.

$$Q = 3 * 20.2 = 60.6 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{dk}}\right) \quad (4.3)$$

$$= \frac{0.25 * \left(60.6 * \frac{1000}{60}\right) * 1 * (273 + 20)}{\left(\frac{1}{50}\right) * 0.6 * (273 + 20)} \quad (4.4)$$

$$V=22.256 \text{ Litre}$$

Kullanılmakta olan basınçlı hava tankı kapasitesi 20.000 Litredir. (2*10000)

Bu durumda tank hacminin yetersiz olduğu görülmektedir.

4.1.8. Kompresör ana hat ve tesisat boru çapı kontrolü

Basınçlı hava kompresörlerinde asıl amaç havayı basınçlandırmak ve ihtiyaç noktasına istenilen basınçta iletebilmektir. Bu basınçlandırma için, kompresör belirli bir elektrik tüketir. Bu elektrik tüketimi, hava debisi ve basınçlandırma oranı ile artar. Bunun için basınç ihtiyacı ve hat kayıpları düzgün hesaplanmış olması gerekir, aksi takdirde

elektrik tüketimi gereğinden fazla oluşacaktır. Bu aşamada, basınçlı hava hatlarında çap kontrolü gerçekleştirilmiş ve basınç kaybının kabul edilebilir düzeyde olması için öneriler sunulmuş, kompresör dairelerinde birden fazla bulunan kompresörler için uygun çapta kolektör çapları da incelenmiştir.

Basınçlı hava sistemlerinde, serbest hava hacmi (dm³/s) kompresör debisini belirten atmosferik hava basıncındaki standart birimdir. Dış ortamdaki alınan serbest hava hacmi ile basınçlı hava hacmi arasındaki bağıntı Şekil 4.8'den okunabilir.

Hava basıncı (bar)	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18
Kompresyon oranı	1.5	1.99	2.97	3.96	4.95	5.94	6.92	7.91	8.9	10.87	12.85	14.82	18.77

Şekil 4.8. Kompresyon oranı [23]

Örnek bir hesap için 4. ve 5. Çimento Değirmeni kompresör odası kompresörlerinin basma hattını incelersek;

Mevcut Hat Çapı: DN80

Çalışma Basıncı: 6 bar

Kompresyon Oranı(R): 6,92

Serbest Hava Debisi = 28.5 (m³/dk.) /60 =0.475 m³/sn.

Hava Debisi = 0.475 (m³/sn.) /6.92 = 0.0686 m³/sn.

Basınçlı hava hatlarında hızların 7–9 m/s aralığında ve basınç düşümünün 0,015 bar/10 m mertebesinde olması önerilmektedir. Kompresörün çıkış hattı DN80'dir. Mevcut ana hat DN80'dir ve bu hatta (iç çapı 77,9 mm) hız 14,4 m/s olmaktadır. Bu hız kabul edilebilir değildir.

10 m'lik hat için DN80 boruda basınç kaybı denklem (4.5)'e göre hesaplanır [23].

$$\Delta P = \frac{\mu * l * v^2 * \rho}{2d} \quad (4.5)$$

ΔP = Basınç kaybı (Pa)

μ = Sürtünme katsayısı

l = Uzunluk (m) (10 m'deki basınç kaybı baz alınmıştır)

v= Hız (m/s)

ρ =Yoğunluk (kg/m³)

Buna göre DN80 boru için 10 m hat için basınç kaybı;

DN80 hattı iç çapı	: 77,9 mm = 0,0779 m
İzin verilen maksimum basınç düşümü	: 0,015 bar/10m Hava hattı
sürtünme katsayısı	: 0,02204
Havanın yoğunluğu	: 1,206 kg/m ³

DN80 hattaki hız;

$$Q = V * A \quad (4.6)$$

$$0.0686 \left(\frac{m^3}{sn} \right) = V * \left(\pi * \frac{(0.0779)^2}{4} \right) \quad (4.7)$$

$$V = 14.4 \frac{m}{sn}$$

$$\Delta P = \frac{0.02204 * 10 * (14.4)^2 * 1.206}{2 * 0.079} \quad (4.8)$$

$$\Delta P = 358.8 \text{ Pa} = 0.0035 \text{ bar}$$

Ayrıca kompresör çıkış çapları DN80 olan her iki kompresör de DN 80'lik hat ile birleşmektedir. Her bir kolektör için uygun çap hesabı yapılmıştır. Kompresör dairelerinde kolektör çapı aşağıdaki formüle göre belirlenir;

$$Dk = (D1^2 + D2^2 + \dots + Dn^2)^{0.5} \quad (4.9)$$

D_k : Kolektör çapı

D_i : Kompresör çapı

N : Kompresör sayısı

Çimento değirmeni 5 SHK01 ve SHK02 hava kompresörleri için önerilen ana kolektör çapını hesaplırsak;

$$D_k = (80^2 + 80^2)^{0.5} \quad (4.10)$$

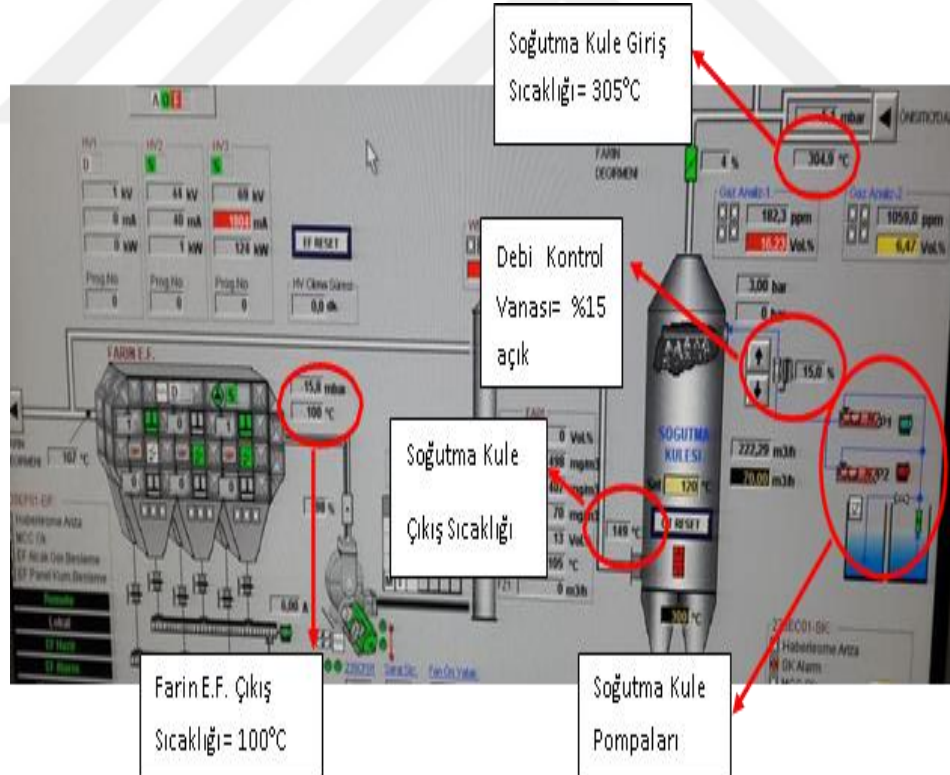
$D_k = 113,1 \text{ mm} = \text{DN125}$ olacaktır.

Bu hesaplamalara göre DN80 olan mevcut kolektörlerin uygun olmadığı görülmektedir. Bu kompresörler için uygun kolektör kullanılması tavsiye edilmektedir. Hesaplamadan da görüleceği üzere uygun kolektör çapı DN125 olarak bulunmuştur.

4.2. Soğutma Sistemi

4.2.1. Fırın 1 soğutma kulesi pompaları:

Ana havuzdan soğutma kulesi pompalarının emme havuzuna suyu ileten 1 asil ve 1 yedek 18,5 kW gücünde derinkuyu İMPO marka dalgıç pompalar havuzdaki su seviyesine bağlı çalışmaktadırlar. Bu çalışan 1 adet dalgıç pompa için çıkış basıncı 3,9 bar olarak ölçülmüştür. Soğutma kulesine su ileten pompalar 1 asil ve 1 yedek olmak üzere 2 adettir.



Şekil 4.9. Fırın 1 soğutma kule pompaları

Şekil 4.9’da da görüldüğü gibi yaklaşık 305°C sıcaklıkta soğutma kulesine giren gaz yaklaşık 149°C ile soğutma kulesinden çıkmaktadır. Daha sonrasında farin elektro

filtre çıkışında gaz yaklaşık 100°C ile çıkmaktadır.

4.2.2. 1 ve 2 Teknolojik havuz pompaları:

Burada mevcutta 3 pompa bulunmaktadır. Çalışan 1 adet 22 kW dalgıç pompa ve 1 adet yüzey pompası Grundfos marka dikey kademeli 18,5 kW pompa olmak üzere 2 adettir. Diğerisi ise yedek olan 18,5 kW dalgıç pompadır. Bu havuzdan;

- 1. Hat döner fırına,
- 2. Hat döner fırına,
- DM4 farin değirmenine,
- 1. Hat Löşe ve farin değirmenine,
- 2. Hat farin değirmenine,
- 2. Hat kömür değirmenine,
- 1. Hat kömür değirmenine ve
- Yatak soğutmalarına su iletimi yapılmaktadır.



Şekil 4.10. Soğutma kulesi genel görünüşü

Ana su deposundan Şekil 4.10'daki teknolojik havuza giren su yüksek düzeyde sertlik göstermektedir ve tüm hatları ve pompa gruplarını olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 4.11. Otomatik kimyasal dozajlama ünitesi

Hatlardaki kirliliği önlemek amacıyla Şekil 4.11'deki gibi otomatik kimyasal dozajlama ünitesi kurulmuştur. Şartlandırıcı kimyasallar işletme koşullarına göre belirlenmiştir ve ayrıca sim kart ile telefonda da müdahale edilebilmektedir. Bu sayede pompalarda gözlemlenen arızalar minimuma indirilmiştir ve bu sayede soğutma pompalarının verimlerinin arttığı gözlemlenmiştir. (Arızaya geçiş süresi uzamış ve salmastradan kaçırma sorunları azalmıştır.)

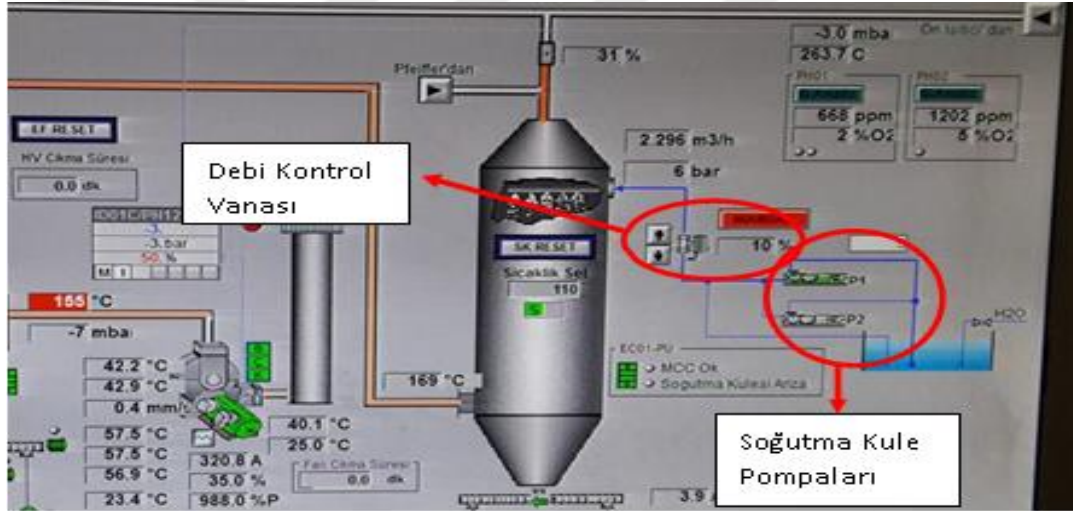
Ayrıca soğutma kulesi dolgularının tozla ve suyla birleşmesi sonucu yüzeyde çamur oluşarak soğutma kulesinin verimliliğini azalttığı görülmektedir. Yeterli hava emişini gerçekleştiremeyen soğutma kulesi, suyu soğutamadığı için yataklara istenilen seviyede soğuk su gönderdiği gözlemlenmiştir (ana kumanda odasında yüksek sıcaklık alarmı) ve bu sebeple soğutma plakalarının planlı olarak temizlenmesi uygun görülmüştür.

4.2.3. Fırın 2 soğutma kulesi pompaları

Soğutma kulesine su ileten pompalar 1 asil ve 1 yedek olmak üzere 2 adettir. Çalışan 1 pompanın debi ayarı çıkış klapesi ile sıcaklık ayarına göre çalışmaktadır. Kullanılan pompa Mas marka kademeli 40/14 20 m³/h 400 m 55 kW gücündedir. Şekil 4.12.'de de görüldüğü üzere pompa ve elektrik motor yüzeyi tamamen toz kaplı bir şekildedir. Tüm bu şartlar göz önüne alındığında pompalarda verimsizlik ve elektrik motorlarında da aşırı ısınma sorunu gözlemlenmektedir. Tüm bu şartlar göz önüne alındığında elektrik motorlarının seçiminin çalışma şartlarına göre uygun standartlarda seçilmesi gerektiği yorumu yapılabilmektedir. Şekil 4.13'te ise fırın 2 soğutma kulesi pompaları çalışma özellikleri genel scada ekranında belirtilmiştir.



Şekil 4.12. Fırın 2 soğutma kulesi pompaları



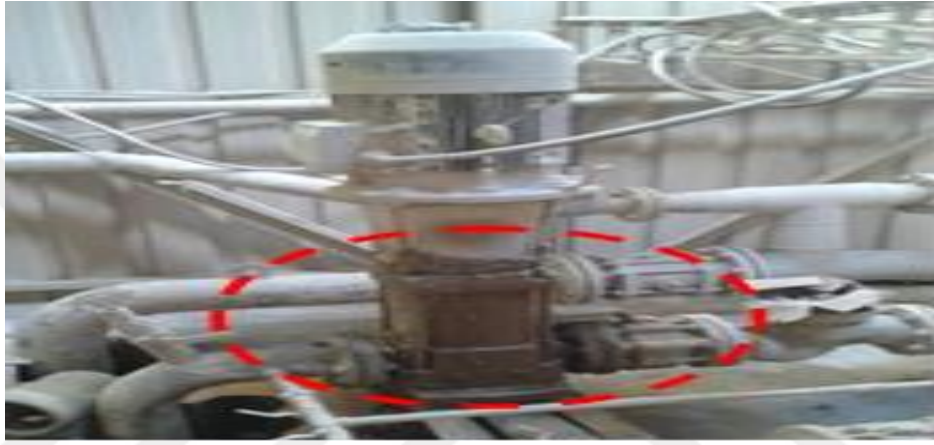
Şekil 4.13. Fırın 2 soğutma kulesi pompaları scada ekran görüntüsü

4.2.4. Değerlendirmeler ve hesaplamalar

Uygun tesisat boyutlandırması ile sürtünme kayıpları azaltılarak enerji tasarrufu yapmak mümkündür. Ayrıca ortamda çok fazla toz ve çimento tozu bulunması itibari ile yüzey tipi pompaların salmastralarında büyük sorunlara sebep olmaktadır. Genel itibari ile yumuşak salmastra kullanılan pompalarda salmastra bölgesinden dış ortama kaçan su miktarının aşınma kaynaklı zamanla artması işletmesel sıkıntılara yol açmaktadır. Ayrıca salmastra bölgesinden fazla su kaçağı olması pompanın veriminde düşüşe de neden olmaktadır. Buna ek olarak kullanılan su kalitesi iyileştirilebilirse soğutma pompalarının verimlerinin artırılarak enerji tasarrufu sağlanması durumu gündeme gelebilir.

4.2.4.1. 1 ve 2 Teknolojik havuz pompaları:

Burada bulunan Grundfos pompanın gövdesinden su kaçırdığı görülmektedir. Şekil 4.14'te görüldüğü üzere pompanın gövdesinin çok aşınmış olduğu ve su sızıntılarının olduğu görülmektedir. Bu durum verim kaybına yol açtığı gibi arızaların da artmasına neden olabilmektedir. Bu şartlar göz önüne alındığında soğutma suyu pompalarının yumuşak salmastralı olanları yerine mekanik salmastralı olanlarının seçilmesi tercih edilmelidir. Yine pompa yüzeyinin toza maruziyetine en aza indirmek için çalışma koşulları da göz önüne alınarak gerekli iyileştirmeler yapılabilir.



Şekil 4.14. 1 ve 2 Teknolojik havuz grundfos pompa gövdeden su kaçağı

1 ve 2 Teknolojik havuz soğutma kulelerinin tıkalı olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada soğutma kulelerindeki su dağılımlarının çok dengesiz olduğu görülmüştür aynı zamanda kulelerin kirlilik oranlarının fazla olduğu ve Şekil 4.15 ile Şekil 4.16'daki gibi dolgu malzemelerinin tıkalı olduğu ve verimsiz çalıştığı görülmüştür. Dolgu malzemelerinin toz ile kaplanması ve ardından bu tozun sertleşerek çimentolaşması fiziksel temizliği minimum düzeye indirmektedir. Bu sebeple dolgu malzemelerini bertaraf edebilmek için çoğu zaman kimyasal dispenser ile temizlik tercih edilmektedir. Fakat bu kimyasal işlem yapılırken tesisatın diğer kısımlarında herhangi bir delinme, incelme gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sebeple çok sık aralıklarla yapılması tercih edilmemektedir. Aynı zamanda kimyasal şoklama işlemi gerek maliyet gerek risk gerekse zaman yönü açısından çok zahmetli bir iş olup , işin yapılması esnasında tüm tesisin durdurulması gerekmektedir. Bu sebeple planlı duruş tarihlerinin net olması ve bu tarihler arasında kimyasal temizlik işleminin yapılması , işleyiş ve zaman açısından daha tasarruflu olmaktadır.



Şekil 4.15. 1 ve 2 Teknolojik havuz soğutma kuleleri (solda) ve tıkalı dolgu malzemeleri (sağda)



Şekil 4.16. 1 ve 2 Teknolojik havuz soğutma kulesi su dağılımı (solda) ve uygun olan su dağılımı örneği (sağda)

4.2.4.2. Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları

4.2.4.2.1. Fırın 2 soğutma suyu pompasının verimli tip yeni nesil pompa ile değiştirilmesi sayesinde enerji tasarrufu sağlanması

Amaç: Mevcut durumda kullanılan 1 asil ve 1 yedek olmak üzere 2 adet pompa bulunmaktadır. Çalışan 1 adet pompa debi scada ekranından alınmış ve tasarım noktası debi değerinden daha düşük debi değerinde çalıştığı görülmüştür. Bu da kullanılan pompanın verimsiz bir noktada çalıştığını yani pompanın debisinin ihtiyaçtan fazla olduğunu göstermektedir. Burada aynı debi ihtiyacını karşılayacak daha küçük yeni

nesil verimli bir pompa seçimi yapılarak enerji tasarrufu yapmak amaçlanmaktadır.

Hesaplama: Mevcut durumda pompanın şebeke gücü 26,2 kW olarak ölçülmüştür.

Motor verimi

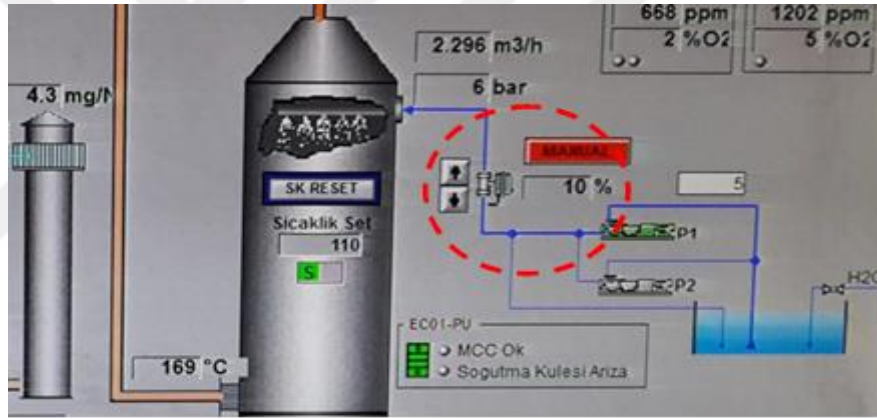
%90 olarak alındığında mil gücü denklem (4.11)'e göre hesaplanmıştır [16].

$$P_{mil} = P_1 * \eta_{motor} = 26.2 * 0.9 = 23.6 \text{ kW} \quad (4.11)$$

olarak bulunmuştur.

Şekil 4.17'deki scada ekranında çalışan 1 pompa için kuleye giden debi 3 m³/h olarak ölçülmüştür. Ayrıca by-pass hattı ile de tanka geri dönen su debisi bilinmemektedir.

Mevcut pompa için etiket değeri 20 m³/h 400 m olarak alınmıştır. Pompanın vana sonrası fiili basıncı 15 bar olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.17. Fırın 2 Soğutma pompası oransal kontrol vanası

Öneri olarak 10 m³/h debi değeri ve 200 m basma yüksekliği değeri için frekans sürücülü yeni pompa ile değişimi yapılması uygun görülmüştür. Bu şekilde hem daha uygun verimli pompa kullanılacak hem de değişken debi talepleri frekans sürücü ile ayarlanacaktır. Önerilen sistem için frekans sürücülü yeni pompa için mil gücü 10.3 kW alınmıştır. Motor verimi ise Siemens IE4 15 kW motor için %92 'dir.

$$P_{mil} = P_1 * \eta_{motor} \quad (4.12)$$

$$10.3 = P_1 * \eta_{motor} \Rightarrow P_1 = \frac{10.3}{0.92} = 11.08 \text{ kW} \quad (4.13)$$

$$Tasarruf \text{ Edilen Güç} = 26,2 - 11,08 = 15,12 \text{ kW}$$

olarak bulunmaktadır. Mevcut pompanın yıllık çalışma süresi 6.847 saat olarak alınmıştır. Buna göre mevcut durum ve önerilen durum karşılaştırması aşağıdaki tablo ile verilmektedir.

Tablo 4.18. Mevcut durum ve önerilen durum karşılaştırması

Fırın 2 Soğutma Suyu Pompası	Çalışma Süresi (h)	Güç Tüketimi (kW)	Yıllık Elektrik Tüketimi (kWh)
İlk Durum	6.847	26,2	179.391
Son Durum	6.847	11,08	75.865
Toplam Tasarruf			103.526

Enerji Kazanımı:

Yıllık kazanç: 103.526 kWh/yıl

5. ÜRETİM ÜNİTELERİ

5.1. Klinker Üretim Prosesleri

Klinker üretimi amacıyla tesiste kullanılan sistemler aşağıda listelenmiştir.

- Kırıcı – 2 Adet
- Hammadde Kırıcısı 1 450 Ton/Saat
- Hammadde Kırıcısı 2 1.500 Ton/Saat
- Farin Değirmeni – 5 Adet
- Farin Değirmeni Yatay Bilyalı 50 Ton/Saat x 2
- Farin Değirmeni Dikey Valsli 580 Ton/Saat
- Farin Değirmeni Dikey Valsli 140 Ton/Saat
- Farin Değirmeni Dikey Valsli 280 Ton/Saat
- Kömür Değirmeni – 2 Adet
- Hat Kömür Değirmeni Dikey Valsli 22 Ton/Saat
- Hat Kömür Değirmeni Dikey Valsli 37 Ton/Saat
- Döner Fırın -2 Adet
- Hat 1 – 3.500 Ton/Gün Klinker
- Hat 2 – 9.000 Ton/Gün Klinker
- Klinker Soğutucusu – 2 Adet

5.1.1. Kırıcı

Çimentonun ana hammaddesi Kalker, Marn ve Kil' dir. Tamamlayıcı hammaddeler Demir cevheri ve Boksittir. Çimentoyu oluşturan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve CaO bileşenlerince zengindir. Ocaklarda çıkarılan hammaddeler genellikle iri parçalar halinde ve doğal rutubetinde bulunurlar. Bu hammaddelerin diğer ünitelere nakliyesi, homojene edilmesi, bir miktar rutubetinin giderilmesi ve farin değirmeninde öğütülebilmesi için önce kırılması gerekir. Bu hammaddeler kırıcıdan geçirilerek 0-1,5m³ boyutundan 0-50mm' ye düşürülür.

Kırılan hammaddeler ön karıştırma stok holüne beslenerek homojenizasyon işlemi yapılır.

5.1.2. Farin değirmenleri

Farin değirmeni, konkasörde kırılıp ön homojenizasyonu yapılmış olan hammaddeyi kurutup mikron mertebesinde küçük parçalara öğüten makine kompleksidir. Hammaddeler, analizörün yaptığı analizler sonucu belirli oranlarda karıştırılarak değirmene beslenir. Değirmende kurutma ve öğütme işlemi yapılır. 0-50mm boyut ve değişik rutubetteki hammadde en fazla %1 rutubetli olacak şekilde öğütülür ve siloya beslenir. İstenilen kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip hammaddeye farin denir.

Hammaddelerin kurutulması ve öğütülmesi işleminde 2 adet yatay ve 3 adet dik farin değirmeni kullanılmaktadır. Değirmende kurutma ve öğütme işlemi için gerekli olan 151 döner fırından sağlanmaktadır. Değirmen seperatör ile donatılmıştır. Öğütülmüş farin seperatörden geçirilerek farin stok silosuna aktarılır. Tonaj ayarına göre havalı bantlar ve elevatör vasıtasıyla döner fırının ön ısıtıcı kulelerine (kalsinasyon ünitesi) beslenir.

5.1.3. Kömür değirmenleri

Fabrikada petrokok, steamcoal, avdan ve yerli kömür (Tunçbilek) olmak üzere 4 çeşit kömür kullanılmaktadır. Stokta bulunan kömür dik değirmenlere aktarılır. Ham kömüre değirmende kurutma ve öğütme işlemi yapılır. Ön ısıtıcıdan gelen sıcak atık gaz kömür kurutmada değerlendirilir. 0-50 mm boyut ve değişik rutubetteki ham kömür en fazla %2 rutubetli olacak şekilde mikron mertebesinde öğütülür.

Tablo 5.1, Tablo 5.2 ve Tablo 5.3'te DF1 ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı olmak üzere olmak üzere gerekli ekipmanların hız, sıcaklık, yoğunluk, çap ve debi gibi değerleri verilmiştir. Tablo 5.4, Tablo 5.5 ve Tablo 5.6'da ise DF2 ön ısıtma ve soğutma tarafı ekipmanlarının da hız, sıcaklık, yoğunluk, çap ve debi gibi gerekli değerlerinden bahsedilmiştir. Bu veriler işletmeye ait veriler olup gerekli hesaplamaların yapılmasında kullanılmaktadır.

Tablo 5.1. DF1 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 1

Debi Değerleri	Bölüm	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı
	Ekipman	Farin Elektro Filtre Bacası (RM4 Çalışırken)	RM4 Torbalı Filtre Bacası	KD1 Sistem Filtre Fanı (%47 Klape)	ID Fan 1
	Birim	Değerler	Değerler	Değerler	Değerler
Hız	m/s	4,81	12,7	13,53	23,45
Sıcaklık	°C	99,52	71,26	75,65	320
Yoğunluk	kg/m ³	0,948	1,025	1,012	0,595
Çap	mt.	3,300	3,300	1,900	2,100
Debi	m ³ /h	148.028	390.844	138.031	292.249
Debi	Nm ³ /h	108.482	309.942	108.081	134.543
Alan	m ²	8,549	8,549	2,834	3,462

5.1.3.1. Sayısal veri değerleri

Tablo 5.2. DF1 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 2

Debi Değerleri	Bölüm	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı
	Ekipman	ID Fan 2	ID Fanlar Çıkışı Sıcak Gaz KD1 Girişi	Kalsinatör Primer Yakma Hava Fanı	Kafa Primer Yakma Hava Fanı
	Birim	Değerler	Değerler	Değerler	Değerler
Hız	m/s	18,48	13,53	24,84	18,21
Sıcaklık	°C	231	75,65	20,7	23,66
Yoğunluk	kg/m ³	0,700	1,012	1,202	1,190
Çap	mt.	2,100	1,900	0,250	0,400
Debi	m ³ /h	230.310	138.031	4.387	8.234
Debi	Nm ³ /h	124.751	108.081	4.078	7.577
Alan	m ²	3,462	2,834	0,049	0,126

Tablo 5.3. DF1 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 3

Debi Değerleri	Bölüm	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı	Döner Fırın 1 Hattı
	Ekipman	Farin 1 Elektro Filtre Baca (RM4 Çalışmıyor)	Soğutma Elektrofiltre Bacası	Kafa Kömür Sevk Bloweri	Kalsinatör Kömür Sevk Bloweri
	Birim	Değerler	Değerler	Değerler	Değerler
Hız	m/s	16,46	11,30	23,1	24,6
Sıcaklık	°C	145,6	294,67	23	23
Yoğunluk	kg/m ³	0,843	0,622	1,193	1,193
Çap	mt.	3,300	3,300	0,210	0,210
Debi	m ³ /h	506.559	347.605	2.879	3.066
Debi	Nm ³ /h	330.364	167.168	2.655	2.828
Alan	m ²	8,549	8,549	0,035	0,035

Tablo 5.4. DF2 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 1

Debi Değerleri	Bölüm	Döner Fırın 2 Hattı	Döner Fırın 2 Hattı	Döner Fırın 2 Hattı	Döner Fırın 2 Hattı
	Ekipman	Kalsinatör Primer Yakma Hava Fanı 230AF01	Kalsinatör Primer Yakma Hava Fanı 230AF02	RK4 Hava Fanı 230AF03	2.KD Kafa Kömür Sevk Bloweri
	Birim	Değerler	Değerler	Değerler	Değerler
Hız	m/s	20,71	20,77	21,51	20,15
Sıcaklık	°C	23,5	26,5	23,5	26
Yoğunluk	kg/m ³	1,191	1,179	1,191	1,181
Çap	mt.	0,200	0,200	0,300	0,320
Debi	m ³ /h	2.341	2.348	5.472	5.831
Debi	Nm ³ /h	2.155	2.140	5.038	5.324
Alan	m ²	0,031	0,031	0,071	0,080

Tablo 5.5. DF2 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi ölçümleri 2

Pitot Tüpü Debi Ölçüm Sonuçları	Bölüm	Döner Fırın 2	Döner Fırın	Döner Fırın	Döner Fırın
		Hattı	2 Hattı	2 Hattı	2 Hattı
	Ekipman	FD2 Siklonet Çıkışı	Kafa Primer Hava Fanı	ID Fan 1	ID Fan 2
	Birim	Değerler	Değerler	Değerler	Değerler
Hız	m/s	33,77	38,325	33	33,6
Sıcaklık	°C	64,5	22,63	240	330
Yoğunluk	kg/m ³	1,046	1,194	0,688	0,585
Çap	mt.	3,600	0,355	2,500	2,500
Debi	m ³ /h	1.236.825	13.649	582.863	593.460
Debi	Nm ³ /h	1.000.454	12.604	310.178	268.681
Alan	m ²	10,174	0,099	4,906	4,906

Tablo 5.6. DF2 Ön ısıtma tarafı ve soğutma tarafı debi değerleri 3

Debi Değerleri	Bölüm	Döner Fırın 2 Hattı	Sıcak Gaz Hatları	Sıcak Gaz Hatları	Sıcak Gaz Hatları
	Ekipman	2.KD Kalsinatör Kömür Sevk Bloweri	Tras Kurutucu Sıcak Gaz Emiş Hattı (Booster 1 %50, Booster 2 %80)	DF 1 ve DF 2'den Gelen Toplam Sıcak Gaz Hattı	DF2 ESP
					Çıkışındaki Bacadan Loeshe Değirmenine Giden Sıcak Gaz Hattı (SE Fan %88 & Baca Klapesi %35)
	Birim	Değerler	Değerler	Değerler	Değerler
Hız	m/s	22,27	12,25	27,06	14,94
Emiş Basıncı	mbar	-	3,323	-6,116	2,339
Sıcaklık	°C	26	302,17	302,65	279,52
Yoğunluk	kg/m ³	1,181	0,614	0,613	0,639
Çap	mt.	0,320	1,900	1,900	1,900
Debi	m ³ /h	6.444	124.973	276.062	152.416
Debi	Nm ³ /h	5.884	59.317	130.922	75.309
Alan	m ²	0,080	2,834	2,834	2,834

5.1.4. Döner fırın

Ön ısıtıcı kulesine beslenen farin mümkün olduğunca pişirilir ve döner fırına hazırlanır. Ön ısıtıcı çelik ve betonarmeden yapılan birçok katlı bir kuledir. Kademe sayısı arttıkça ısı tasarrufu da artmaktadır. Kalsinasyon ünitesinde farin ve döner fırından alınan yüksek sıcaklıktaki gaz siklonlar içinde karşılaşır. Siklonların görevi içinden geçen sıcak gazın hızını düşürerek yerçekimi ile aşağı inen farinle mümkün olduğunca çok temas etmesini sağlamaktır. Sistemdeki gazın sıcaklığı yüksek olduğu için siklonların içinde yalıtım amaçlı refrakter tuğla kullanılır. Farin her siklon kademesinde sıcak gazla ters yönde dolanarak bir sonraki kademe siklona akar ve son kademe siklondan fırına girer. Sistemin bütününde ters akım kuralları işler ve farin ortalama 30 °C 'den 900 °C'ye kadar ısınırken, sıcak gazlar ise yaklaşık 1100 °C'den 300 °C civarına kadar soğur.

Döner fırın yatay düzleme göre eğimli içinde refrakter tuğla olan, boyu ve çapı tonaja göre değişen boru şeklinde bir mekanizmadır. Döner fırına gelene kadar belli oranda kalsine olmuş farinin pişmesi fırın içinde tamamlanır. Pişen farin soğutulmak üzere klinker soğutmaya geçer.

Fabrikada mevcut döner fırınlardan 1 nolu fırın 60 metre uzunlukta ve 4,2 metre çaptadır. Fırın kapasitesi 3.500 ton/gün kapasitededir. 2 nolu hatta bulunan fırın ise 86 metre uzunlukta ve 5,6 metre çapta ve 9.000 ton/gün'dür. Döner fırın girişte ön ısıtıcı ve çıkışta klinker soğutma bölümüyle bağlantılıdır.

Klinker soğutmadan çıkan klinker kovalı bantlar yardımıyla klinker stok silosunda depolanmaktadır.

5.1.4.1. Döner fırın enerji balansı

Termodinamiğin birinci yasasına göre, incelediğimiz döner fırın sistemi sürekli akış halindeki kapalı bir sistem olarak değerlendirilmiştir. Bu durumda enerjinin korunumu ilkesi; birim zamanda ısı veya iş olarak döner fırın bölümünün sınırlarını geçen toplam enerji ile birim zamanda kütle ile birlikte döner fırın bölümünden çıkan toplam enerji arasındaki fark birim zamanda kütle ile birlikte döner fırın bölümüne giren toplam enerjiye eşittir şeklinde ifade edilebilir.

5.1.4.1. 1. Döner fırın 1 hattı

Klinker üretim prosesinde en yoğun enerji tüketimini gerçekleştiren döner fırınlardan ton klinker başına enerji tüketimi en yüksek olan döner fırın hattında ısısal enerji balansının hesaplanması için birçok ölçüm yapılmış ve bu ölçümlere göre hesaplanan enerji balansının sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

Kütlenin korunumu prensibine göre; bir kontrol hacmine giren ve çıkan madde miktarları eşit olmak zorundadır, Tablo 5.7 ve Tablo 5.8’de bu değerler belirtilmiştir ve aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$\Sigma = m_{giren} - m_{çıkan} \quad (5.1)$$

Tablo 5.7. Giren kütle

Fırın Besleme (Kuru Farin)	$m_{kurufarin}$	222.450	kg/h
Farin İçindeki Nem	m_{fnem}	2.200	kg/h
Kömür	$m_{kömür}$	16.680	kg/h
Kömür Nemi	m_{knem}	180	kg/h
Sürme Havası	$m_{sürme}$	23.594	kg/h
Yakma Havası	m_{yakma}	339.765	kg/h
Kaçak Hava	m_{khava}	18.103	kg/h
TOPLAM		802.792	kg/h

Tablo 5.8. Çıkan Kütle

Kaçak Farin (kuru)	$m_{kaçakfarin}$	9.418	kg/h
Buharlaşan Su (Kömür+Farin)	m_{buhar}	2.317	kg/h
Üretilen Klinker	$m_{klinker}$	146.853	kg/h
Elektrofiltreye ve Kömüre Giden Hava	$m_{çıkış}$	184.115	kg/h
Kömür Külü	$m_{kül}$	2.105	kg/h
Yanma Gazları	m_{yanma}	457.984	kg/h
TOPLAM		802.792	kg/h
GİREN KÜTLE - ÇIKAN KÜTLE =		0	kg/h

Tablo 5.9. Döner fırına giren enerjiler

Sıra No	Madde Adı	Kütlesel Debi (kg/h)	Özgül ısı (kJ/kgK)	Sıcaklık İlk (K)	Sıcaklık Son (K)	(kJ/h)
1	Fırın Besleme Kuru Farinin Duyulur Isısı	322450	0,2320	283	333	3740420
2	Fırın Besleme Neminin Duyulur Isısı	6220	0,2120	283	333	65932
3	Beslenen Yakıtın Duyulur Isısı	46680	0,2815	283	333	657021
4	Sürme Havaasının Duyulur Isısı	33594	0,2375	283	293	79785
		Yakıt Kalorifik				
Sisteme Yakıt İle Enerji Geçışı		Kütlesel Debi (kg/h)	Değeri(kcal/kg)		(kJ/h)	
5	Yakıtın Kalorifik Enerjisi	46680	6456		1.259.710,214	
Sisteme İş İle Enerji Girişi		Motorun Gücü (kW)	kW x 3600 = kJ/h		(kJ/h)	
6	Elektrik Enerjisi	190	3600		684000	
TOPLAM						1.264.937,372

Tablo 5.10. Döner fırından çıkan enerjiler

Sıra No	Madde Adı	Madde Bileşeni	Kütleli Debi (kg/h)	Özgül ısı (kJ/kgK)	Sıcaklık İlk (K)	Sıcaklık Son (K)	(kJ/h)
1	Baca Gazlarının Hissedilir Isısı	CO ₂	120464	0,2310	283	613	9.182.970
		H ₂ O	7100	0,4590	283	613	1.075.437
		SO ₂	180	0,1660	283	613	9860
		NO ₂	691	0,2410	283	613	54955
		N ₂	182598	0,2510	283	613	15.124.592
		O ₂	4644	0,2290	283	613	350.947
		TOPLAM					
2	Soğutma Çıkış Havaısı Hissedilir Isısı	N ₂	135095	0,2510	283	604	10.884.739
		O ₂	40951	0,2290	283	604	3.010.267
		TOPLAM					
3	Klinkerin Hissedilir Isısı		141658	0,1900	283	400	3.149.057
4	Su Buharı Hissedilir Isısı		2.630	0,4590	283	613	387.501
5	Kaçak Farinin Hissedilir Isısı		9.313	0,2360	283	613	705.515
	Klinker Oluşum Isısı	Kütleli Debi (kg/h)		(kJ/kg)			(kJ/h)
6	Klinker Oluşum Isısı	141658		1749,4			247.761.591
	Suyun Buharlaşma Isısı	Kütleli Debi (kg/h)		Suyun Buharlaşma Isısı (kcal/kg)			(kJ/h)
7	Suyun Buharlaşma Isısı	2630		540			5.967.226
	Sistemden Isı İle Enerji Çıkışı						(kJ/h)
8	Isı Kaybı						184.125.231
	TOPLAM						465.042,315

Manto Isıl Kayıpları ile Fırından Çıkan Enerji

Döner Fırın Manto Çapı = 4,2 m

Döner Fırın Uzunluğu = 60 m

Ortalama Manto Sıcaklığı = 266 °C

Konveksiyon ile Oluşan Isı Kaybı; Denklem (5.2) ve denklem (5.3)'e göre hesaplanır [11].

$$Q_c = U_c * A * (T_s - T_a) \quad (5.2)$$

$$U_c = F * B * (T_s - T_a)^{0.25} \quad (5.3)$$

Qc: Konveksiyonla Isı Transferi Miktarı (Watt)

Uc: Konveksiyonla Isı Transferi Katsayısı (W/m²K)

A: Yüzey Alanı (m²)

F: Cebri Soğutma Faktörü (10)

B: Çarpım Faktörü

Dik Yüzeyler (1,45)

Yatay Yüzeylerin Üst Kısmı (1,70)

Yatay Yüzeylerin Alt Kısmı (0.85)

Yatay Silindirler (1,20)

Ts: Yüzey Sıcaklığı (K)

Ta: Dış Ortam Sıcaklık (K)

$$U_c = 10 * 1,20 * (539 - 298)^{0.25} \quad (5.4)$$

$$U_c = 47,281 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 2\pi r^2 + 2\pi r h = 819,389 \text{ m}^2 \quad (5.5)$$

$$Q_c = 47,281 * 819,389 * (539 - 298) \quad (5.6)$$

$$Q_c = 9.336.709,045 \text{ Watt}$$

$$Q_c = 8.230.136,122 \text{ kcal/h}$$

Radyasyon ile Oluşan Isı Kaybı;

$$Q = \varepsilon * \sigma * A * (T_s^4 - T_a^4) \quad (5.7)$$

$\varepsilon = 1$ (siyah nesne için)

$$\sigma = \text{Stefan Boltzman Sabiti} = 5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \quad (5.8)$$

Ar: Radyasyonla Isı Transferi Miktarı (Watt)

Ur: Radyasyonla Isı Transferi Katsayısı (W/m²K)

A: Yüzey Alanı (m²)

Ts: Yüzey Sıcaklığı (K)

Ta: Dış Ortam Sıcaklık (K)

E: Emisivite Katsayısı

Siyah Çelik (Paslı): 0,8

Paslanmaz Çelik (Mat): 0,74

Paslanmaz Çelik (Parlak): 0,57

$$Q = 0.8 * (5,67 * 10^{-8}) * 819,389 * (539^4 - 298^4) \quad (5.9)$$

$$Q=2843918.474 \text{ Watt} = 2.445.329,728 \text{ kcal/h}$$

Manto Yüzeyinden Isıl Kayıplar ile Sistemden Çıkan Enerji;

$$82.301.136,12 \frac{kcal}{h} + 2.445.329,728 \frac{kcal}{h} = 84.746.465,85 \frac{kcal}{h} = 356.077,587 \frac{kJ}{h} \quad (5.10)$$

Enerji analiz değerlerine göre döner fırın enerji verimi;

Döner fırın giren enerji değeri: 1.264.937.372 kJ / h

(Tablo 5.9)

Döner fırın çıkan enerji değeri: 465042315+356077587=821.119.902 kJ /h (Tablo

5.10'da belirtilen değer ve konveksiyon ile radyasyon kayıplarının toplama değeri)

$$\eta = \frac{Gaye}{Bedel} = \frac{821119902}{1264937372} = 0.65 \quad (5.11)$$

5.1.4.2. Döner fırın 1 hattı ön ısıtıcı siklon yüzeylerinden oluşan ısıl kayıpların refrakter boyası ile izolasyon yapılması sayesinde enerji tasarrufu sağlanması

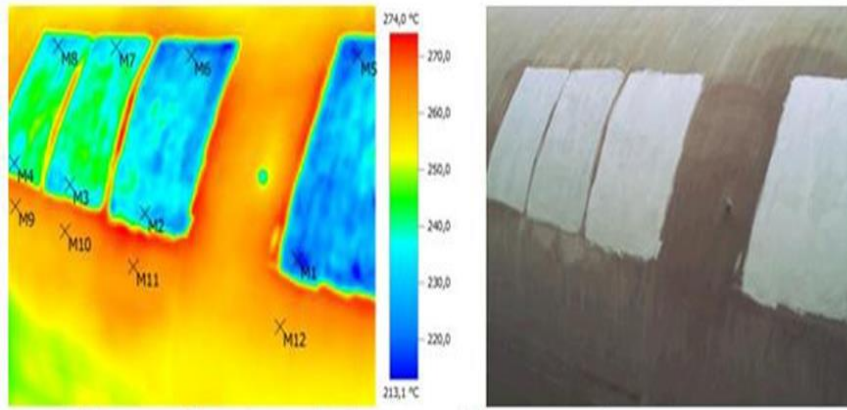
Döner Fırın 1'de yapılan enerji balansı hesaplamaları ve ölçümlerde manto yüzeyinden oluşan ısıl enerji kaybının 84.746.465,85 kcal/h olduğu düşünüldüğünde %28.14'lük

kısımın manto yüzeyinden oluşan ısı kaybı ile firmı terkettiği görülmektedir.



Şekil 5.1. Ön ısıtıcı siklonları genel görüntüsü

Yapılan deneme çalışması sonucunda yüzeyde gerçekleşen sıcaklıklarda ortalama %21 düşüş gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.2’de görüldüğü üzere izolasyonsuz halde iken 270 °C sıcaklıkta olan yüzeyin 214°C’ye düştüğü ölçülmüştür. İzolasyon ile yüzey sıcaklığında sadece %21’lik bir düşüş kaydedilmesi, ön ısıtıcı siklon yüzeylerinden oluşan izolasyonuz enerji kaybını da önemli düzeyde düşürmektedir. Bu sayede ön ısıtmada enerjinin kaybı azaltılarak farinin daha fazla ısınması sağlanabilecektir.



Şekil 5.2. Döner fırın yüzeyine refrakter boyası izolasyonu görüntüsü

5.2. Çimento Üretim ve Paketleme Prosesleri

Çimento üretimi amacıyla tesiste kullanılan sistemler aşağıda listelenmiştir.

- Ön Ezici (Roller Pres) – 1 Adet
- Çimento Değirmeni – 5 Adet
- Paketleme Hattı – 6 Adet
- Dökme Hattı – 9 Adet
- Big-bag Dolum Hattı

5.2.1. Çimento değirmenleri

Fırından çıkan klinkere alçı taşı ve üretilecek çimento türüne göre uygun katkı maddesi katılarak bu ünite de öğütme işlemi gerçekleştirilir. İşletmede 5 adet Çimento değirmeni bulunmaktadır. Çimento değirmenlerinde bulunan seperatörler istenilen incelikteki malzemeyi çimento silolarına aktarır. Seperatörde ayrılan iri malzeme tekrar öğütülmek üzere değirmenlere geri gönderilir. Fabrikada aşağıdaki çimento çeşitleri üretilmektedir.

- CEM I 42,5R
- CEM I 52,5N
- CEM I 52,5R
- CEM II / A-M (PL) 42,5R
- CEM II / B-M (P-L) 42,5N
- CEM IV / B (P) 32,5N
- ÖZEL ÇİMENTOLAR
- PETROL KUYUSU ÇİMENTOSU
- PORTLAND KLİNKERİ
- SRC 42,5R

5.2.2 Paketleme

Üretilen çimento kağıt torbalı, big-bag torbalı ve dökme olarak satılmaktadır. Dökme satışı, silodan kamyonlara direk yüklenerek yapılmaktadır.

- Paketleme Tesisi;

- 3 Adet 6.000 + 1.700 + 1.700 Tonluk Silo
- 3 Adet 30.000 + 2.000 + 1.700 Tonluk Silo

Enerji Tasarrufu İmkanlarının Değerlendirilmesi;

Çimento değirmenleri bölgesinde kullanılmakta olan aşağıda listelenen toz toplama fanlarında incelemeler yapılmış olup bu fanların kayış kasnak ile tahrik edildiği görülmüştür.

- 843DF04
- 843DF12
- 843DF05
- 843DF02
- 843DF03
- 515FN662
- 514FN662
- 515FN172
- 514FN172
- 515FN662
- 513FN662
- 46DF02
- 43DF16

Bu fanların direkt drive uygulaması ile kayış kasnakların ortadan kaldırılarak sürtünme kayıplarının engellenmesi yoluyla enerji tasarrufu gerçekleştirilmesi mümkündür.

Paketleme bölümünde kullanılmakta olan aşağıda listelenen toz toplama fanlarında incelemeler yapılmış olup bu fanların kayış kasnak ile tahrik edildiği görülmüştür.

- 60DF06 6. Kantar Toz Toplama Fan Motoru
- 60DF04 4. Kantar Toz Toplama Fan Motoru
- 60DF01 1. Kantar Toz Toplama Fan Motoru
- 60DF02 2. Kantar Toz Toplama Fan Motoru
- 60DF02 3. Kantar Toz Toplama Fan Motoru
- 60DF02-1 5. Kantar Toz Toplama Fan Motoru

- 60DF02-2 5. Kantar Toz Toplama Fan Motoru

5.2.3. Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları

5.2.3.1. Paketleme hatlarında otomasyon yatırımı sayesinde gereksiz çalışan motorların durdurularak enerji tasarrufu sağlanması

Amaç: Paketlemede kullanılmakta olan 6 adet torba paketleme hattında 5 nolu hat haricindeki 1,2,3,4 ve 6. Paketleme hatlarında hatta paketleme yapılmasa dahi otomasyon eksiklikleri nedeniyle 860 DF 01 M1 fan motoru, 860 DF 01 M3 Helezon motoru, 860 DF 01 M2 Hücre tekeri motoru, 860 VS 01 M1 Sarsak elek motoru ve kantarlardan geri dönüş helezon motoru çalışmaktadır. Yukarıdaki motor kodları 1. Paketleme için örnek olarak belirtilmiş olup diğer paketleme hatlarında da aynı işi yapan motorların paketleme çalışmadığı sürelerde sürekli çalıştığı görülmüştür. Paketleme hatlarında dolum yapılmadığı süre zarfında çalışan bu gereksiz motorların durdurulması otomasyon kontrolü ile gerçekleştirilirse önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür.

Kurulu Güç;

860 DF 01 M1 Fan Motoru	→	37 kW
860 DF 01 M3 Helezon Motoru	→	2,2 kW
860 DF 01 M2 Hücre Teker Motoru	→	0,55 kW
860 VS 01 M1 Sarsak Elek Motoru	→	3,0 kW
Kantarlardan Geri Dönüş Helezon Motoru	→	+ 2,2 kW
44,9 kW / Kantar Başına		

İşletmeden alınan bu veriler aracılığıyla çalışmayan paketleme hattı için gereksiz çalışan motorların tasarruf durumları hesaplanmıştır. TEP karşılığı 16,9 olarak bulunmuştur ve 109 ton CO₂ emisyonu azalması anlamına gelmektedir. Bunların yanı sıra yatırım maliyetleri hesaplanmıştır ve aynı zamanda da basit geri ödeme süresi 0,7 yıl bulunmuştur.

Hesaplama: Çalışmayan paketleme hattı için gereksiz çalışan motorların tasarrufları

Paketleme Tesisi Yıllık Çalışma Süresi: 365 Gün x 24 Saat : 8.760 Saat/Yıl
Çalışmayan Paketleme Hattı Ortalama Oranı: %20 (Tahmini)

Paketleme Hattı Çalışmadığı Süre Zarfında Gereksiz Çalışan Motorların Durdurulması
Sayesinde Oluşacak Tasarruf; 8.760 Saat/Yıl x %20 x 5 Paketleme Hattı x 44,9 kW x
%50 Yük Faktörü = 196.662 kWh/Yıl

Enerji Kazanımı:

Yıllık kazanç: 196.662 kWh/Yıl

Yatırım Maliyeti:

9.500 € x 6,1 TL/€: 57950TL (Tahmini Otomasyon Maliyeti)

Basit Geri Ödeme Süresi:

0,7 Yıl

TEP Karşılığı:

16,9 TEP

Karbondioksit Azalması:

109 Ton (33 Adet Ağaç Eşdeğeri)

5.2.3.2. Çimento değirmenleri bölgesi toz toplama fanlarında direkt drive uygulaması ile enerji tasarrufu sağlanması

Amaç: Çimento değirmenleri bölgesinde kullanılmakta olan toz toplama fanlarında incelemeler yapılmış olup bu fanların kayış kasnak ile tahrik edildiği görülmüştür. Kayış kasnak ile tahrik edilen fanlarda kayış kasnağın oluşturduğu enerji kaybını engellemek için motor milinin fan miline kaplin ile direkt drive adı verilen bağlantı şekli ile bağlanarak çalıştırılmasının enerji tüketimlerini azaltıcı etki yapacağı tespit edilmiştir.

Tablo 5.11 de çimento değirmeni bölgesinde incelenmiş kayış-kasnak ile tahrik edilen fan motorları üzerlerindeki kodlar dahilinde sınıflandırılarak yer almaktadır. Endüstriyel işletmelerin birçoğunda uygulamaları görülen motor milinin direkt tahrik edeceği ekipmana bağlı olması ve istenilen devir düşümü veya artırımının frekans sürücü ile sağlanması sayesinde uygulama sonuçlarına göre % 6 ile % 9 arasında enerji tasarrufunun olduğu bilinmektedir. Büyük endüstriyel tesislerde elektrik motoru ve

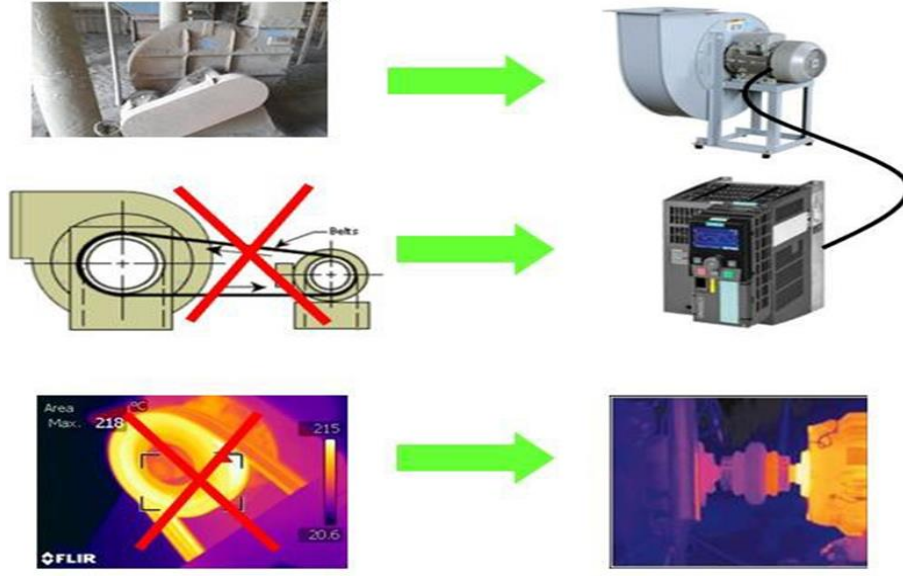
pompa grubu sayısının fazla olması sebebiyle sürücü sistemin kullanılması verimlilik açısından önem taşımaktadır.

Tablo 5.11. Çimento değirmenleri bölgesinde incelenmiş olan kayış kasnak ile tahrik edilen fanlar

46DF02	Tras Kurutucu Torbalı Filtre Fan Motoru
843DF02	3.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
843DF03	3.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
843DF04	3.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
843DF05	3.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
843DF12	3.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
43DF16	3.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
514FN172	4.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
514FN662	4.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
515FN172	5.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru
515FN662	5.Çimento Değirmeni Torbalı Filtre Fan Motoru



Şekil 5.3. 3 ve 4 nolu çimento değirmenleri toz toplama fanları



Şekil 5.4. Direct drive bağlantı temsili resmi

Şekil 5.3'te belirtilen fanların direkt drive uygulaması ile kayış kasnakların ortadan kaldırılarak sürtünme kayıplarının engellenmesi yoluyla enerji tasarrufu gerçekleştirilmesi mümkündür. Hesaplama: İşletmede ölçümü yapılan 11 ayrı fanda Direct-Drive uygulamasının yapılması ile elde edilecek tasarruf hesaplanmıştır. Şekil 5.4'te temsili direct drive uygulaması gösterilmiştir.

Tablo 5.12.'de çimento değirmeni 3 toz toplama fanlarında direct drive hesaplaması yapılabilmesi için gerekli değerler verilmiştir. Bu değerlerin yanı sıra mevcut motorların etiket değerleri ile yapılan ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmadan yola çıkarak direct drive sisteminin daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 5.13.'de çimento değirmeni 4, çimento değirmeni 5 ve tras kurutucu toz toplama fanlarında direct drive hesaplaması yapılabilmesi için gerekli değerler verilmiştir. Mevcut sistemin etiket bilgileri ile yapılan ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır. Yine aynı şekilde bu üniteler için de direct dirve sisteminin daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.

Bu uygulamalar sonucu fan motorlarının ömürlerinin arttığı ve kullanım kapasitelerinin daha uzun süreli olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 5.12. Çimento değirmeni 3 toz toplama fanlarında direkt-drive tasarruf hesabı

Ölçüm Yapılan Tesis		Çimento Değirmeni 3					
Makina Ekipman Adı		843DF02 Torbalı Filtre Fan Motoru	843DF03 Torbalı Filtre Fan Motoru	843DF04 Torbalı Filtre Fan Motoru	843DF05 Torbalı Filtre Fan Motoru	843DF12 Torbalı Filtre Fan Motoru	43DF16 Torbalı Filtre Fan Motoru
	Birim	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri
Mevcut Motor Etiket Gücü	kW	15	7,5	7,5	7,5	7,5	30
Ortalama Enerji Tüketimi	kWh	9,90	4,95	4,95	4,95	4,95	13,6
Çalışma Süresi	Saat/Yıl	7.089	7.089	7.089	7.089	7.089	7.089
Uygulama Sonrası Oluşacak Tasarruf	kWh	0,59	0,29	0,29	0,29	0,29	0,82
Yıllık Tasarruf Potansiyeli	kWh/Yıl	4.182	2.056	2.056	2.056	2.056	5.813
Toplam Tasarruf	kWh/Yıl			18.219			

Tablo 5.13. Çimento değirmeni 4, çimento değirmeni 5 ve tras kurutucu toz toplama fanlarında direkt-drive tasarruf hesabı

Ölçüm Yapılan Tesis		Çimento Değirmeni 4		Çimento Değirmeni 5		Tras Kurutucu
Makina Ekipman Adı		514FN172 Torbalı Filtre Fan Motoru	514FN662 Torbalı Filtre Fan Motoru	515FN172 Torbalı Filtre Fan Motoru	515FN662 Torbalı Filtre Fan Motoru	46DF02 Torbalı Filtre Fan Motoru
	Birim	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri
Mevcut Motor Etiket Gücü	kW	22	22	22	22	185
Ortalama Enerji Tüketimi	kWh	21,0	20,4	11,8	17,4	109,2
Çalışma Süresi	Saat/Yıl	7.682	7.682	5.904	5.904	7.682
Uygulama Sonrası Oluşacak Tasarruf	kWh	1,26	1,25	0,71	1,05	6,55
Yıllık Tasarruf Potansiyeli	kWh/Yıl	9.679	9.603	4.192	6.199	50.317
Toplam Tasarruf	kWh/Yıl	79.990				

Enerji Kazanımı:

Yıllık kazanç: 98.209 kWh/Yıl

Parasal Karşılığı:

17.302 TL

Yatırım Maliyeti:

26.000 € x 6.1 TL/€ = 158600TL

Basit Geri Ödeme Süresi:

4,8 Yıl

TEP Karşılığı:

8,4 TEP

Karbondioksit Azalması:

54 Ton (16 Adet Ağaç Eşdeğeri)

5.2.3.3. Paketleme Bölgesi Toz Toplama Fanlarında Direkt Drive Uygulaması ile Enerji Tasarrufu Sağlanması

İşletmede paketleme bölgesinde kullanılmakta olan toz toplama fanları Tablo 5.14'te belirtilmiştir ve gerekli incelemeler yapılmış olup bu fanların kayış kasnak ile tahrik edildiği görülmüştür. Kayış kasnak ile tahrik edilen fanlarda kayış kasnağın oluşturduğu enerji kaybını engellemek için motor milinin fan miline kaplin ile direkt drive adı verilen bağlantı şekli ile bağlanarak çalıştırılmasının enerji tüketimlerini azaltıcı etki yapacağı tespit edilmiştir.

Tablo 5.14. Paketleme bölgesinde incelenen kayış kasnak ile tahrik edilen fanlar;

60DF01	1.Kantar Toz Toplama Fan Motoru
60DF02	2.Kantar Toz Toplama Fan Motoru
60DF03	3.Kantar Toz Toplama Fan Motoru
60DF02-1	5.Kantar Toz Toplama Fan Motoru
60DF02-2	5.Kantar Toz Toplama Fan Motoru
60DF04	4.Kantar Toz Toplama Fan Motoru
60DF05	5.Kantar Toz Toplama Fan Motoru



Şekil 5.5. Paketleme bölgesi toz toplama fanları

Endüstriyel işletmelerin birçoğunda uygulamaları görülen motor milinin direkt tahrik edeceği ekipmana bağlı olması ve istenilen devir düşümü veya artırımının frekans sürücü ile sağlanması sayesinde uygulama sonuçlarına göre %6 ile %9 arasında enerji tasarrufunun olduğu bilinmektedir. İşletmedeki fanlarda kullanılan kayışların ve kasnakların bakımlarının yapıyor olduğu göz önünde bulundurularak iyi uygulamalarda tecrübe edilen en düşük tasarruf oranının (%6) gerçekleşeceği öngörülerek tasarruf hesaplaması yapılmıştır. Şekil 5.5'te ise toz toplama fan motorları gösterilmektedir.

Hesaplama: İşletmede ölçümü yapılan 7 ayrı fanda direct-drive uygulamasının yapılması ile elde edilecek tasarruf hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda yıllık enerji kazancının 69.510 kWh/yıl olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da parasal olarak 12.246 TL'ye denk gelmektedir. Yatırım maliyeti ise 106.750 TL 'dir. Buradan sistemin geri ödeme süresinin 4,6 yıl olduğu sonucuna varılmıştır. TEP karşılığının ise 6.0 olduğu gözlemlenmiştir. Tüm bu enerji kazanımlarının yanı sıra karbondioksit azalması ise 38 ton olarak yani 12 adet ağaç eş değerinde bulunmuştur. Bu durumda sadece enerji kazancı değil aynı zamanda çevre boyutu düşünüldüğünde karbondioksit azaltımının da gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Bu sayede atmosfere atılan zararlı gazların bir kısmı azaltılarak daha temiz ve daha yeşil bir doğaya sebebiyet vermektedir.

Tablo 5.15'te paketleme bölümü toz toplama fanları direkt drive tasarruf hesabı için gerekli veriler verilmiştir.

Tablo 5.15. Paketleme bölümü toz toplama fanlarında direkt-drive tasarruf hesabı

Ölçüm Yapılan Tesis		Paketleme						
Makina Ekipman Adı		60DF01 1.Kantar Toz Toplama Fan Motoru	60DF02 2.Kantar Toz Toplama Fan Motoru	60DF03 3.Kantar Toz Toplama Fan Motoru	60DF04 4.Kantar Toz Toplama Fan Motoru	60DF05 5.Kantar Toz Toplama Fan Motoru	60DF02-1 5.Kantar Toz Toplama Fan Motoru	60DF02-2 5.Kantar Toz Toplama Fan Motoru
Birim		Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri	Ölçüm Değeri
Mevcut Motor Etiket Gücü	kW	37	37	37	7,5	55	37	37
Ortalama Enerji Tüketimi	kWh	27,00	24,42	24,42	4,95	36,3	24,42	24,42
Çalışma Süresi	Saat/Yıl	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000
Uygulama Sonrası Oluşacak Tasarruf	kWh	1,62	1,46	1,46	0,29	2,18	1,46	1,46
Yıllık Tasarruf Potansiyeli	kWh/Yıl	11.340	10.220	10.220	2.030	15.260	10.220	10.220
Toplam Tasarruf	kWh/Yıl				69.510			

Enerji Kazanımı:

Yıllık kazanç: 69.510 kWh/Yıl

Parasal Karşılığı:

12.246 TL

Yatırım Maliyeti:

17.500 € x 6,1 TL/€ = 106.750 TL

Basit Geri Ödeme Süresi:

4,6 Yıl

TEP Karşılığı:

6,0 TEP

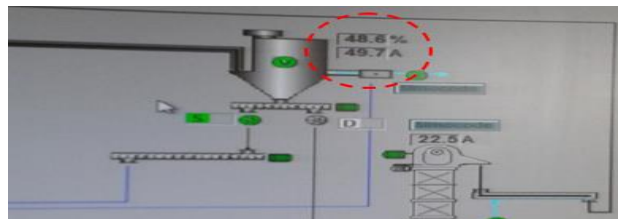
Karbondioksit Azalması:

38 Ton (12 Adet Ağaç Eşdeğeri)

5.2.3.4. Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanına düşük klape açıklığı yerine frekans sürücü kullanımı ile proses ihtiyacının karşılanması sayesinde enerji tasarrufu sağlanması

Amaç: Şekil 5.6'da gösterilerin çimento değirmeni 1 de bulunan sistem filtre fanının debi ayarı klape ile yapılmaktadır. Her bu fan için klape açıklığının yaklaşık %48,6 oranında sabit açıklıkta olduğu tespit edilmiştir. Buradaki amaç aynı hava ihtiyacının frekans sürücü kullanılarak sağlanmasıdır. Bu sayede klape tam açılacak ve frekans sürücü ile istenen debi ayarlanarak enerji tasarrufu yapılacaktır.

Hesaplama: Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanının %48,6 klape açıklığında ölçülen debisi 14.322 Nm³/h olarak bulunmuştur. İşletmeden alınan bilgilere göre bu fanın tasarım debisi 25.000 m³/h'dir. Halihazırda bu kısma işleminin emiş klapesi ile yapılıyor oluşu enerji tüketimlerinin yüksek seyretmesine neden olmaktadır. Bu türlü fanlarda debi ihtiyacının kısılması durumunda frekans sürücüsü ile kısma işleminin yapılması enerji verimliliği açısından ideal uygulamadır.



Şekil 5.6. Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanı

Tablo 5.16. Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanı ölçüm sonuçları

Pitot Tüpü Debi Ölçüm Sonuçları	Bölüm	Çimento Değirmenleri
	Ekipman	CD1 Sistem Filtre Çıkışı Fan Emişi
Pitot Tüpü Debi Ölçüm Değerleri:	Birim	Değerler
Hız	m/s	18,43
Emiş Basıncı	mbar	-14,763
Fark Basınç	mbar	-
Sıcaklık	°C	53,24
Fandan Geçen Hava Yoğunluğu	kg/m ³	1,082
Çap	mt.	0,573
Debi	m ³ /h	17.115
Debi	Nm ³ /h	14.322
Alan	m ²	0,258

Tablo 5.16'daki veriler aracılığıyla yapılan ölçümlere göre fanın yaklaşık 14.322 Nm³/h debide çalıştığı bulunmuştur. Bu fan için klape tam açıldığı zaman geçen debi 20.000 Nm³/h olacağı öngörülmektedir. Buna göre klape tam açılarak frekans sürücü ile istenen debinin ayarlanması ile elde edilecek enerji tasarrufu aşağıda hesaplanmaktadır.

Tablo 5.17'de ise çimento değirmeni 1 bölgesinde sistem filtre fanının elektrik ölçüm sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre sistem filtre fanının gerilim, aktif güç sonuçları, frekans değeri gözlemlenmiştir. Bu değerler de göz önüne alınarak sistemin çalışma koşullarında meydana gelebilecek aşırı akım çekme, ısınma gibi sorunlara karşı önlem amaçlı olarak düşünülmüştür.

Tablo 5.17. Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanı elektrik ölçüm sonuçları

Ölçüm Yapılan Yer	Çimento Değirmeni 1	
Marka & Model	Sistem Filtre Fanı	
	Birim	
Gerilim	V	380
Aktif Güç Tüketimi	kW	28,6
Cosφ	-	0,89
Çalışma Frekansı	Hz.	50

$$Q1= 20.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q2= 14.322 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$N1= 2955 \text{ rpm}$$

$$N2= x \text{ rpm}$$

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{N1}{N2}; \frac{20.000}{14.322} = \frac{2955}{x} \quad (5.12)$$

$$N2= 2116 \text{ rpm (35,8 Hz)}$$

Kullanılmakta olan fanın %51,4 gibi kısık klape açıklığında çalıştırılıyor oluşu nedeniyle aynı debinin frekans sürücülü çalışma modelinde 35,8 Hz. frekansında sağlanacağı görülmektedir. Klapenin %100 açıklıkta ancak frekans sürücü ile 35,8 Hz. frekansta çalışılması durumunda fanın aynı debiyi basacağı görülmektedir. Fan motorunun 35,8 Hz. frekansta çalıştırılması sayesinde oluşacak tasarruf aşağıda hesaplanmıştır.

$$\frac{kW1}{kW2} = \left(\frac{N1}{N2}\right)^3 \quad (5.13)$$

$$kW_1= 28.6 \text{ kW}$$

$$kW_2= 10.6 \text{ kW}$$

$$kW_2= x \text{ kW}$$

Çimento değirmeni 1 sistem filtre fanı için proses debisinin sağlanmasında debi ayarı klape yerine frekans sürücü ile sağlanmış olsa fan motorunun 10,6 kW güç çekeceği görülmektedir. Kapasite kısma işleminin klape ile yapılması durumunda gerçekleşen güç tüketiminin 28,6 kW olduğu düşünüldüğünde saatte ortalama 18 kWh elektrik tasarrufu sağlanabilecektir.

5.2.3.5. Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanına düşük klape açıklığı yerine frekans sürücü kullanımı ile proses ihtiyacının karşılanması sayesinde enerji tasarrufu sağlanması

Amaç: Çimento değirmeni 2 de bulunan sistem filtre fanının debi ayarı klape ile yapılmaktadır. Her bu fan için klape açıklığının yaklaşık %50,1 oranında sabit açıklıkta olduğu tespit edilmiştir.

Hesaplama: Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanının %50,1 klape açıklığında ölçülen debisi 24.005 Nm³/h olarak bulunmuştur. İşletmeden alınan bilgilere ve Tablo 5.18’de verilen pitot tüpü deney değerleri ile belirlenen hız, emiş basıncı, fark basınç, sıcaklık, fanda gelien hava yoğunluğu vb gibi verilerin ölçüm sonuçlarına göre bu fanın tasarım debisi 40.000 m³/h’dir. Halihazırda bu kısma işleminin emiş klapesi ile yapılıyor oluşu enerji tüketimlerinin yüksek seyretmesine neden olmaktadır. Bu türlü fanlarda debi ihtiyacının kısılması durumunda frekans sürücüsü ile kısma işleminin yapılması enerji verimliliği açısından ideal uygulamadır.

Tablo 5.18. Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanı ölçüm sonuçları

Pitot Tüpü Debi Ölçüm Sonuçları	Bölüm	Çimento Değirmenleri
	Ekipman	CD2 Sistem Filtre Çıkışı Fan Emişi
Pitot Tüpü Debi Ölçüm Değerleri:	Birim	Değerler
Hız	m/s	15,49
Emiş Basıncı	mbar	-

Tablo 5.18. (Devam) Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanı ölçüm sonuçları

Fark Basınç	mbar	-
Sıcaklık	°C	56,78
Fandan Geçen Hava Yoğunluğu	kg/m ³	1,070
Çap	mt.	-
Debi	m ³ /h	28.997
Debi	Nm ³ /h	24.005
Alan	m ²	0,520

Yapılan ölçümlere göre fanın yaklaşık 24.005 Nm³/h debide çalıştığı bulunmuştur. Bu fan için klape tam açıldığı zaman geçen debi 35.000 Nm³/h olacağı öngörülmektedir. Buna göre klape tam açılarak frekans sürücü ile istenen debinin ayarlanması ile elde edilecek enerji tasarrufu aşağıda hesaplanmaktadır.

Tablo 5.19. Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanı elektrik ölçümleri

Ölçüm Yapılan Yer	Çimento Değirmeni 2	
Marka & Model	Sistem Filtre Fanı	
	Birim	
Gerilim	V	380
Aktif Güç Tüketimi	kW	56,5
Cosφ	-	0,85
Çalışma Frekansı	Hz.	50

$$Q_1 = 35.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_2 = 24.005 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$N_1 = 1475 \text{ rpm}$$

$$N_2 = x \text{ rpm}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (5.14)$$

$$N_2 = 1011 \text{ rpm}$$

Kullanılmakta olan fanın %49,9 gibi kısık klape açıklığında çalıştırılıyor oluşu nedeniyle aynı debinin frekans sürücülü çalışma modelinde 34,3 Hz. frekansında sağlanacağı görülmektedir. Klappenin %100 açıklıkta ancak frekans sürücü ile 34,3 Hz. frekansta çalışması durumunda fanın aynı debiyi basacağı görülmektedir. Fan motorunun 34,3 Hz. frekansta çalıştırılması sayesinde oluşacak tasarruf Tablo 5.19'daki verilerden yola çıkılarak aşağıda hesaplanmıştır.

$$kW_1 = 56,5$$

$$kW_2 = x$$

$$\frac{kW_1}{kW_2} = (N_1/N_2)^3 \quad (5.15)$$

$$kW_2 = 18,2 \text{ kW}$$

Çimento değirmeni 2 sistem filtre fanı için proses debisinin sağlanmasında debi ayarı klape yerine frekans sürücü ile sağlanmış olsa fan motorunun 18,2 kW güç çekeceği görülmektedir. Kapasite kısma işleminin klape ile yapılması durumunda gerçekleşen güç tüketiminin 56,5 kW olduğu düşünüldüğünde saatte ortalama 38,3 kWh elektrik tasarrufu sağlanabilecektir.

Çimento Değirmeni 2 Sistem Filtre Fanına Frekans Sürücüsü Uygulaması ile Oluşacak Tasarruf

Çimento Değirmeni 2- Yıllık: 7511 saat

Enerji: 38,3 kW x 7511 Saat/yıl= 287671 kWh/yıl

6. ELEKTRİK

6.1. Elektrik Dağıtım Sistemi

Tesis TM (trafo merkezi) üzerinden enerji iletim hatları yardımıyla Türkiye İletim Sistemine bağlanmaktadır. Dağıtım şebekesini iletim şebekesine bağlayan TM transformatör gerilimi 154/6,3 kV olan 3 adet trafo ile sistemi belemektedir. Bunların güçleri TRA- 25 MVA, TRB 30 MVA, TRC 30 MVA dır.

6.1.1. Fabrika 154 kv ve 6,3 kv ana dağıtım sistemi

Fabrika Şekil 6.1’de görüldüğü üzere TM üzerinden gelen 154 kV havi hat üzerinden beslenmekte olup tüm sistem 6,3 kV enerji ile beslenmektedir.



Şekil 6. 1. 25-30-30 MVA 154/6,3 kV trafo TM

6.1.2. 6,3 kV dağıtım hücreleri

Tesisteki OG panoları Şekil 6.2’de belirtildiği gibi Siemens tip yeni seri ve kapalı olarak seçilmiştir ve fiziksel durum itibari ile durumları iyidir. Ortam havalandırmaları yeterlidir. Tesiste MCC odalarının içerisinde bu OG hücreleri olduğundan aradaki kablo mesafeleri kısa tutularak kablo enerji kayıpları düşük düzeydedir.



Şekil 6.2. 6,3 kV O.G dağıtım hücreleri görünümü (OG ana dağıtım, B ve C baraları)

6.1.3. Fabrika MCC panoları

Fabrika MCC Panoları genel yapı itibariyle durumları iyi olarak gözlemlenmiştir. Fakat kronik olarak tüm işletmelerde görülen sorunlar (toz ve sıcak) problemi bu işletmede de çokça karşımıza çıkmıştır. Tesis bir Çimento tesisi olduğundan ortamda bulunan çimento, kömür gibi tozlar MCC odalarının havalandırması için kullanılan radyal/aksiyel fanlarla odaların içlerine ve hatta MCC kabinlerinin içlerine kadar girmektedir.



Şekil 6.3. 0,4 kV MCC panolarının görünüm

6.1.4 Kompanzasyon sistemleri

Tesiste Şekil 6.4'te belirtilen 6,3 kV ve 400V tek tek ve merkezi kompanzasyon sistemleri kurulmuş haldedir. Kompanzasyon sistemlerinde genel problem bazı

noktalarda kapasitörlerde gözle sızmalar olduğu ve kapasite kayıpları tespit edilmiştir. Ortamların genel itibariyle sıcak olmasından dolayı bu durumların yaşanmasının asıl sebebi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.4. 0,4 kV kompanzasyon panolarının görünüm

Tablo 6.1. Tesisteki tüm trafolar ve özellikleri

No	Bağlantı Noktası	Bağlantı Adı	Trafo Adı	Ölçülen Gerilim (kV) (F-F)	Kapasite (kVA)
1	A	1ES01	TRA	154	25.000
2	B	1ES01	TRB	154	30.000
3	C	1ES01	TRC	154	30.000
4	A	1ES01	TR4	6,3	1.250
5	A	1ES01	TR3	6,3	2.500
6	A	1ES01	TR5	6,3	1.250
7	A	1ES01	FIRIN EF FAN TR	6,3	1.600
8	A	1ES01	TR7	6,3	2.500
9	A	1ES01	TR3	6,3	2.500
10	A	1ES01	TR8	6,3	1.600
11	A	1ES01	TR9	6,3	1.600
12	A	1ES01	TR10	6,3	1.600
13	A	1ES01	TR1	6,3	2.000

Tablo 6.1. (Devam) Tesisteki tüm trafolar ve özellikleri

15	B	1ES01	TR14	6,3	2.500
16	C	1ES01	TR13	6,3	1.500
17	C	1ES01	TR17	6,3	2.600
18	C	1ES01	TR19	6,3	2.600
19	C	1ES01	TR18	6,3	2.000
20	C	1ES01	TR16	6,3	2.500
21	A	1ES02	TR2	6,3	2.000
22	A	1ES02	TR36	6,3	1.600
23	C	1ES09	TR35	6,3	1.600
24	C	1ES09	TR31	6,3	2.000
25	C	1ES09	TR34	6,3	1.600
26	C	2ES05	TR23	6,3	1.600
27	C	2ES05	TR20	6,3	2.000
28	C	2ES05	TR21	6,3	2.000
29	C	2ES05	TR22	6,3	2.000
30	C	2ES06	TR24	6,3	2.500
31	A	1ES08	TR29	6,3	2.000
32	A	1ES08	TR30	6,3	2.600
33	A	1ES08	TR28	6,3	2.500
34	B	2ES02	TR24	6,3	2.500
35	B	1ES07	TR27	6,3	1.600
36	B	1ES07	TR25	6,3	2.000
37	B	1ES07	TR26	6,3	1.250
38	B	RM4	TR24	6,3	2.500
39	B	RM4	RM4 SİS FAN M	6,3	3.200
40	C	CM4	TR32	6,3	3.000
41	C	CM5	TR32	6,3	3.000

Tablo 6.2. Tesisteki tüm trafolar için yapılan ölçümler

No	Bağlantı Noktası	Bağlantı Adı	Trafo Adı	Ölçülen (kVA)	Ölçülen (kW)	Ölçülen (kVAr)	Ölçülen Cosφ	Ölçülen Gerilim (kV) (F-F)	Kapasite (kVA)
1	A	1ES01	TRA	15.100	15.000	2.000	0,99	154	25.000
2	B	1ES01	TRB	17.850	17.800	1.330	0,99	154	30.000
3	C	1ES01	TRC	11.780	11.700	1.500	0,99	154	30.000
4	A	1ES01	TR4	140	140	0	1,00	6,3	1.250
5	A	1ES01	TR3	150	150	0	1,00	6,3	2.500
6	A	1ES01	TR5	KD	KDr	KD	KD	KD	1.250
7	A	1ES01	FIRIN EF FAN TR	340	300	160	0,90	6,3	1.600
8	A	1ES01	TR7	1.440	1.400	330	0,99	6,3	2.500
9	A	1ES01	TR3	150	150	0	1,00	6,3	2.500

Tablo 6.2.(Devam) Tesisteki tüm trafolar için yapılan ölçümler

10	A	1ES01	TR8	430	430	0	1,00	6,3	1.600
11	A	1ES01	TR9	630	600	190	0,96	6,3	1.600
12	A	1ES01	TR10	260	250	60	0,97	6,3	1.600
13	A	1ES01	TR1	1.360	1.350	129	1,00	6,3	2.000
14	B	1ES01	TR15	470	450	140	0,92	6,3	2.500
15	B	1ES01	TR14	475	450	160	0,92	6,3	2.500
16	C	1ES01	TR13	700	680	200	0,96	6,3	1.500
17	C	1ES01	TR17	1.650	1.600	380	0,97	6,3	2.600
18	C	1ES01	TR19	1.650	1.600	380	0,97	6,3	2.600
19	C	1ES01	TR18	660	650	160	0,97	6,3	2.000
20	C	1ES01	TR16	750	750	60	1,00	6,3	2.500

6.1.6. Değerlendirmeler ve hesaplamalar

Tablo 6.1’de mevcut trafolar ve özellikleri belirtilmiştir. Tablo 6.2’de ise ölçüm sonuçlarına yer verilmiştir. Tesiste yer alan 41 adet trafonun 39 adedi ölçülmüş ve kapasitelerine göre yüklenmeleri düşük olarak gözlemlenmiştir. Düşük olmasının avantajlarının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Avantajları yük dalgalanmalarında trafo sekonder gerilimi düşmeyeceğinden gerilim düşümüne bağlı olumsuzluklardan etkilenmeyecektir. Ayrıca trafoların ısı yükselmesine bağlı olumsuz etkilenmelerde olmayacaktır. Dezavantajları ise sürekli olarak düşük yüklü çalışma gerçekleşecek ise yüke uygun trafo seçilmesi tavsiye edilir. Her trafonun boşta ve yükte kayıpları vardır. Trafo kapasitesi büyüdükçe buna bağlı kayıplarda artacak ve ilave enerji kayıplarına yol açacaktır. Fakat çimento sektörü genel itibariyle değişken yüklenmeler olduğundan trafoların genel yük dağılımını zamana bağlı periyotlarda izlenmeleri ve sonrasında gerekli değişimler planlanmalıdır.

6.2. Aydınlatma

6.2.1. Ünite ve sistem tarifi

İşletmede kapalı alanlarda kullanılan armatürlerin çoğunlukla floresan armatürler olduğu tespit edilmiştir. Floresan armatürlerin yanı sıra civa buharlı ve metal halide armatürlerde kullanılmaktadır. Ayrıca tesisin yapısı gereği aydınlatmanın yoğun bir enerji tüketim noktası olmadığı ve enerji tüketimi açısından önem düzeyi düşük alan olarak yer aldığı görülmüştür.

Tesis bünyesindeki kapalı alanlar ve açık alanlarda lüksmetre ile aydınlık seviyesi ölçümleri yapılmıştır. Bu alanlar MCC odaları, kazan dairesi ve araç/insan geçişinin olduğu dış ortamlardır.

TS EN 12464–1:2013” Işık ve Aydınlatma – Çalışma Yerlerinin Aydınlatılması – Bölüm 1: Kapalı Çalışma Alanları” stantardında, sınır değerler yapılan işin türüne göre değişiklik arz etmekte olup ilgili standardın 5. bölümünde detaylı olarak verilmiştir. Bu doğrultuda tesisin üretim prosesine göre TS EN 12464–1:2013 standardı kapsamında aşağıdaki tablolar esas alınarak aydınlatma ölçümleri yapılmıştır.

İşletmede kapalı alanlarda kullanılan armatürlerin floresan armatürler olduğu tespit edilmiştir. LED aydınlatma türünün kullanımının henüz yaygınlaştırılmamış olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 6.3. Binaların içindeki trafik bölgeleri

İç Kısım, İş veya Faliyet Tipi	Sınır Değer (lx)	Açıklama
		1.Zemin seviyesinde aydınlatma yoğunluğu.
Dolaşım alanları ve koridorlar	100	2.Güzergahta taşıtlar varsa 150 lx.
		3.Çıkışların ve girişlerin aydınlatılması içeri ve dışarı arasında gündüz veya geceden dolayı aydınlatma yoğunluğunda ani değişikliklerden kaçınmak için bir geçiş bölgesi sağlanmalıdır.
Merdivenler, yürüyen merdivenler, yürüyen yaya yolları	150	Basamaklarda iyileştirilmiş zıtlık gerekir.
Asansör, kaldırıncılar	100	Kaldırıncının önündeki ışık seviyesi en az 200 lüks olmalıdır.
Yükleme rampaları, peronlar	150	–

Tablo 6.4. Binaların içindeki genel alanlar -dinlenme,sosyal alanlar ve ilkyardım odaları

İç Kısım,İş veya Faliyet Tipi	Sınır Değer (lx)	Açıklama
Kantinler, büfeler	200	–
Dinlenme odaları	100	–
Fiziksel egzersiz için odalar	300	–

Tablo 6.4. (Devam) Binaların içindeki genel alanlar -dinlenme,sosyal alanlar ve ilkyardımlar

Vestiyerler, lavabolar, banyolar, tuvaletler	200	Tamamen kapalıysa her bir farklı tuvalete.
Revir	500	–
Tıbbi müdahale odaları	500	–

Tablo 6.5. Binaların içindeki genel alanlar – kontrol odaları

İç Kısım, İş veya Faliyet Tipi	Sınır Değer (lx)	Açıklama a
Makine daireleri, kontrol düzeni odaları	200	–
Teleks, posta odası, anahtarlama panoları	500	–

Tablo 6.6. Binaların içindeki genel alanlar – depo odaları, soğuk depolar

İç Kısım, İş veya Faliyet Tipi	Sınır Değer (lx)	Açıklama
Depo ve ambarlar	100	Sürekli kullanılıyorsa 200 lx.
Dağıtım–paketleme alanları	300	–
İç Kısım, İş veya Faliyet Tipi	Sınır Değer (lx)	Açıklama

Tablo 6.6. (Devam) Binaların içindeki genel alanlar – saklama alanları

Geçiş yolları: insanlı	150	Zemin seviyesinde aydınlatma yoğunluğu.
Kontrol istasyonları	15	–
Saklama yüzü	200	Dikey aydınlatma yoğunluğu, taşınabilir aydınlatma kullanılabilir.

Tablo 6.7. Ofisler

İç Kısım, İş veya Faliyet Tipi	Sınır Değer (lx)	Açıklama
Dosyalama, kopyalama, vb.	300	–
Yazma, elektronik yazma, okuma	500	DSE(Gösterim ekran cihazı) işi için madde 4.9'a bakılmalıdır.
Teknik Çizim	750	–
CAD iş istasyonları	500	DSE(Gösterim ekran cihazı) işi için madde 4.9'a bakılmalıdır.
Konferans ve toplantı odaları	500	Aydınlatma kontrol edilebilir olmalıdır.
Resepsiyon	300	–

Tablo 6.8. Endüstriyel faaliyetler ve zanaatlar – metal işi ve işlenmesi

İç Kısım, İş veya Faliyet Tipi	Sınır Değer (lx)	Açıklama
Açık kalıpta dövme	200	–
Kalıpta dövme	300	–
Kaynak yapma	300	–
Kaba ve ortalama makinede işleme: toleranslar $\geq 0,1$ mm	500	–
Hassas makinede işleme ; taşlama: toleranslar $\leq 0,1$ mm	500	Aydınlatma kontrol edilebilir olmalıdır.
Damgalama, muayene	750	–
Tel ve boru çekme dükkânları; soğuk biçimlendirme	300	–
Levhaların makinede işlenmesi: kalınlık ≥ 5 mm	200	–
Tabaka metal işi < 5 mm	300	–
Alet yapımı; kesme teçhizatı imalatı	750	–
Montaj:	200	
–kaba	300	
–orta	500	–
–ince	750	
–hassas		
Galvanizleme	300	–
Yüzey hazırlama ve boyama	750	–
Alet, şablon, montaj tertibatı yapımı, hassas mekanik, mikro–mekanik	1000	–

6.2.2. Değerlendirmeler ve hesaplamalar

İşletme genelinde kullanılan aydınlatma armatürlerindeki ampuller incelenmiş olup lm/watt etkinlik değerleri Tablo 6.9’da belirtilmiştir.

Tablo 6.9. Mevcut armatür detayları

Aydınlatma Ampul Türü	Kullanılan Ampul Marka ve Modeli	Güç	Lümen	Lm/Watt
Flüoresan	Philips TLD	36 Watt	2.500 lm	69,4
Metal Halide	Philips HPI-T Plus	400 Watt	32.000 lm	84
Civa Buharlı	OSRAM HQL	125 Watt	6.300 lm	50,4

Mevcut armatürler yerine ışık verimi (lm/watt) aynı veya daha yüksek olan ampüller seçilmiş ve Tablo 6.10’da belirtilmiştir. Ampul türleri kendi içinde florasan , metal halideli ve civa buharlı olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre mevcut güç, mevcut lümen bilgilerinden yola çıkılarak önerilen ampul türleri belirtilmiştir. Önerilen ampul türlerinin önerilen güç değerleri ve önerilen lümen değerlerinden bahsedilmiştir. Mevcut durumdaki Lümen/watt değerlerinin önerilen durumdaki lümen/watt değerinden az olması ise aydınlatma şiddetinin daha mevcut durumda daha düşük olduğunu göstermektedir. Önerilen durumda sadece enerji tasarrufu değil aynı zamanda aydınlanma şiddeti bakımından da tasarruf sağlanmıştır. Aynı zamanda led lamba kullanmanın avantajlarına değinilecek olursa başlıca;

- Çok az enerji tüketirler
- Uzun ömürlüdürler
- Termal ve mekanik darbelere karşı dayanıklıdırlar
- Işığı direk olarak yayarlar, bu nedenle verimlidirler
- Kızılötesi, UV radyasyonu yoktur, çevresel zararları yoktur

Tablo 6.10. Mevcut armatür ile yeni armatür kıyaslaması

Mevcut Aydınlatma Ampul Türü	Mevcut Güç	Mevcut Lümen	Mevcut Lm/Watt	Önerilen Aydınlatma Ampul Türü	Önerilen Güç	Önerilen Lümen	Önerilen Lm/Watt
Flüoresan	36 Watt	2.500 lm	69,4	OSRAM ST8A-EM LED Tube	27 Watt	3.400 lm	126
Metal Halide	400 Watt	32.000 lm	84	Yavuz Pano VL508300 Led Projektör	300 Watt	33.000 lm	110
Civa Buharlı	125 Watt	6.300 lm	50,4	SİTECO Luminaire Insert LED	50 Watt	6.800 lm	136

6.2.3. Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları

6.2.3.1. Aydınlatma armatürlerinde verimli ampul kullanımı ile tasarruf sağlanması

Amaç: İşletmede kullanılmakta 36 W Flüoresan, 400 Watt Metal Halide ve 125 W Cıva Buharlı armatürler yerine 27 W Led Tube, 300 W Led Projektör ve 50 W Luminaire Insert Led armatürlerin kullanımı mümkündür. Aydınlatma düzeyinde önemli miktarda artışa neden olacak bu ürünler için aşağıda tasarruf miktarı hesaplanmıştır.

Hesaplama: Mevcut aydınlatma armatürlerinin enerji tüketimi Tablo 6.11'deki kabullere göre hesaplanmıştır ve Tablo 6.12'de ise önerilen armatürlerin enerji tüketimleri verilmiştir.

Tablo 6.11. Mevcut armatürlerin enerji tüketimi

Mevcut Aydınlatma Ampul Türü	Mevcut Güç	Adet	Yıllık Çalışma Saati	Yıllık Enerji Tüketimi
Flüoresan	36 Watt	194	8.760	61.180 kWh
Metal Halide	400 Watt	7	4.000	11.200 kWh
Cıva Buharlı	125 Watt	6	4.000	3.000 kWh

Tablo 6.12. Önerilen armatürlerin enerji tüketimi

Yeni Aydınlatma Ampul Türü	Yeni Güç	Adet	Yıllık Çalışma Saati	Yıllık Enerji Tüketimi
LED Tube	27 Watt	194	8.760	45.885 kWh
LED Projektör	300 Watt	7	4.000	8.400 kWh
Luminaire Insert LED	50	6	4.000	1.200 kWh

LED Aratür Kullanım İle 1 Yılda Oluşacak Tasarruf Miktarı

$$75.380 \text{ kWh/Yıl} - 55.485 \text{ kWh/Yıl} = 19.895 \text{ kWh/Yıl}$$

7. SONUÇ

Son yıllarda enerji verimliliği üzerine yapılan çalışmalara hız verilmesi, işletmelerin hem karlılıklarına pozitif etki yaratması açısından hem de dış ticaret açığında en önemli girdi olan enerjinin azaltılması açısından önem arz etmektedir. Endüstriyel tesislerin ürettiği ürün ve hizmetlerden kaynaklanan karbon salınımının azaltıcı stratejileri ve enerji yönetimi gerçekleştirilmelidir.

Yapılan çalışmalar sonucunda;

- Soğutma suyu pompasının yeni nesil pompa ile değiştirilmesi sayesinde enerji tasarrufu sağlanması
- Döner fırın enerji balansı ile enerji kayıplarının bulunması ve çözüm önerileri
- Paketleme hatlarında otomasyon sistemi kurularak enerji tasarrufu sağlanması
- Çimento değirmeni toz toplama fanlarında direkt drive uygulaması ile enerji tasarrufu sağlanması
- Paketleme bölgesi toz toplama fanlarında direkt drive uygulaması ile enerji tasarrufu sağlanması
- Çimento Değirmeni 2 sistem filtre fanına düşük klape açıklığı yerine frekans sürücü kullanımı ile proses ihtiyacının karşılanması sayesinde enerji tasarrufu sağlanması
- Aydınlatma sisteminin yenilenmesi sonucu enerji tasarrufu sağlanması

durumlarından bahsedilmiştir. Soğutma suyu pompasının yeni nesil pompa ile değiştirilmesi sayesinde 103.526 kWh/yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır. Pompa seçimlerinde basma yüksekliği ve ihtiyacın bilinmesi daha verimli bir pompa seçimine katkı sağlamaktadır. Döner fırın enerji balansı ile enerji kayıplarının bulunması sonucunda verimlilik oranı 0.65 olarak bulunmuştur. Döner fırın yüzeyinin refrakter boya ile kaplanması sonucunda ise ısı kayıplarının minimum düzeye indirildiği gözlemlenmiştir. Çimento değirmeni toz toplama fanlarında direct drive ile uygulaması ile 196.662 kWh/yıl, paketleme bölgesi toz toplama fanlarında direct drive

uygulanması ile 69.510 kWh/yıl, çimento değirmeni 2 düşük klape açıklığı yerine frekans sürücü kullanımı ile 287.671 kWh/yıl, aydınlatma iyileştirme çalışmaları sonucunda 19.895 kWh/yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu durumda motor ve fan gruplarında hız ayarının enerji tüketimine etkisi gözlemlenmiştir.

Bu çalışmalara ek olarak , fırın manto yüzeyindeki yüksek sıcaklıktan yararlanarak, kazan dairesi için sıcak su sistemi oluşturulabilir. Merkezi iklimlendirme eğer kazan dairesinden gerçekleştiriliyorsa sıcak su kullanım suyu olarak ve kışın mahal iklimlendirmesi için kullanılabilir.

Atık ısı geri kazanım sistemi kurularak, atmosfere atılan sıcak gazların belirli işlemlerden geçmesi sonucunda elektrik enerjisi üretimi mümkündür. Böylece, hem doğaya atılan atık ısı tekrardan kullanılarak elektrik üretilip ekonomik fayda temin edilmekte hem de çevre boyutu düşünüldüğü taktirde atık gazların atılma oranı azaltılarak sürdürülebilir çevre açısından önemli katkı sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Wikstroem P., Tolvananen J., Savolainen A., and Barbosa P., Saving Energy Through Power Efficiency, *ABB Review* 2007, 73–80.
- [2] Patterson M. G., (1996). What is Energy Efficiency Concepts, Indicators and Methodological Issues, *Energy policy*, 2001, **24** (5), 377-390.
- [3] Kaya D., and Güngör C., Sanayide Enerji Tasarrufu Potansiyeli–II, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 2002, **515**, 1-20.
- [4] Kocabıçak Z. K., Topçu E. E ve Yüksel İ. (2011). Bir Plastik Enjeksiyon Makinesinin Hidrolik Sisteminde Değişken Hız Denetimli Motor Kullanımının Enerji Verimi Açısından Kuramsal İncelenmesi, *VI. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi*, İzmir, Türkiye, 12-15 Ekim 2011.
- [5] Yıldız A., Akgül A., Güvercin S., Enerji Verimliliği ve Sanayideki Uygulamaları, *İleri Teknoloji Bilimler Dergisi*, 2018, **7**(1), 16-22.
- [6] Kaya M., Sanayide Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Basınçlı Hava Sistemlerinde Verimlilik, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012, 333052.
- [7] Çengel Y. A., Çerçi Y., Turner R.H., Some Simple and Economical Ways of Saving Energy in Industrial Facilities, *Asme Advanced Ener Systems Divisions*, 1998, **38**, 146-178.
- [8] Tarell R. E., (1999). Improving Compressed Air System Efficiency-Know What You Really Need, *Energy Engineering*, 1999, **96**(1), 7-15.
- [9] Karataş M.A., Bir Çelik Fabrikasının Basınçlı Hava Denetleme Çalışması, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 2012, **36**(132), 19-26.
- [10] Ünlü O., Sanayide enerji tasarrufu çalışmalarının önemi ve buhar sistemleri ile ilgili uygulama örnekleri, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 2009, 5-16.
- [11] A. Mittal., D. Rakshit., Utilization of cement rotary kiln waste heat for calcination of phosphogypsum, *Thermal Science and Engineering Progress*, 2020, **20**(12), 100729.
- [12] T. Engin., V. Ari., Energy Auditing and Recovery for Dry Type Cement Rotary Kiln Systems Case Study, *Energy Conversion and Management*, 2005 **46**(4), 551–562.
- [13] Erçetin Ü., Fırınların İlave Yalıtımla Enerji Tüketiminin Azaltılması, *Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2009, **22**(3), 101-111.

- [14] Ertem G. K., Çelik B., Yeşilyurt S., Endüstriyel Tav Fırınlarında Isı Denkliği Hesaplamaları ve Enerji Verimliliğinin Belirlenmesi, *V. Ege Enerji Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 15-16 Temmuz 2008
- [15] Kaya D., Eyidogan M., Çoban V., Çağman S., Hergül A. S., Sapmaz S., Endüstriyel Tesislerde Enerji Verimliliği Uygulamaları-II, *6. Enerji Verimliliği Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi*, Kocaeli, Türkiye, 24-25 Haziran 2014
- [16] Yumurtacı Z., Sarıgul A., Santrifüj Pompalarda Enerji Verimliliği ve Uygulamaları, *Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 2011, **73**(5), 49-58.
- [17] <https://www.somacimento.com.tr/>, (Ziyaret tarihi:18 Mayıs 2021).
- [18] Pelletier L., Winnefeld F., Lothenbach, B., The Ternary System Portland Cement– Calcium Sulphoaluminate Clinker–Anhydrite Hydration Mechanism and Mortar Properties, *Cement & Concrete Composites*, 2010, **32**(5), 497– 507.
- [19] Schneider M., Romer M., Tschudin M., Bolio H., Sustainable Cement Production— Present and Future, *Cement and Concrete Research*, 2011, **41**, 642–650.
- [20] Montgomery D.C., Runger C.R., *Applied Statistics and Probability For Engineers*, 4th, ed., John Wiley and Sons, USA, 2006.
- [21] <https://www.borsagundem.com/foto-haber/hisse-senedi-stratejisi-cimento-sektoru/207053>, (Ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2021).
- [22] <https://www.youtube.com/watch?v=pghUG9NbB1c>, (Ziyaret tarihi:21 Mayıs 2021).
- [23] Emil M., Hava Dağıtım Sistemleri, *II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi*, İzmir, Türkiye, 8-11 Kasım 2001.

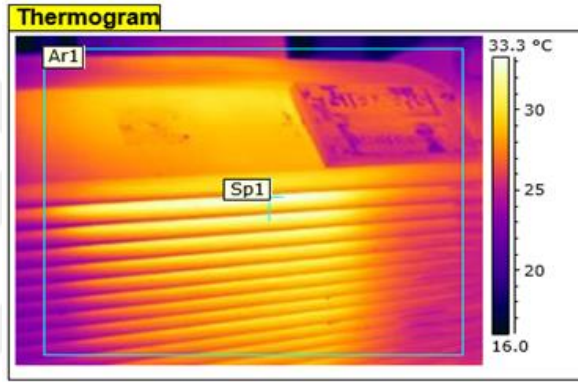


EKLER

Ek – A. Termal Kamera Görüntüleri

Tablo A. 1. Kırıcı 1- ana tahrik motoru

Lokasyon	Kırıcı 1
Ekipman	Ana Tahrik Motoru
Ar1 Max. Sıcaklık	33,3 °C
Sp1 Sıcaklık	33,3 °C
Ar1 Ortalama Sıcaklık	27,4 °C



Şekil A.1. Termal kamera görüntüsü

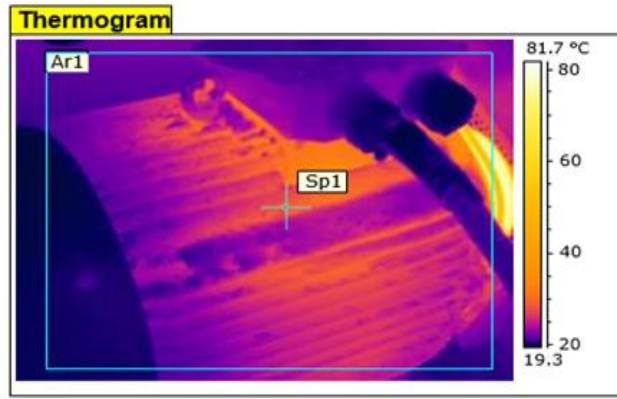


Şekil A.2. Kırıcı ana tahrik motoru

Uygunsuzluk tespit edilmemiştir.

Tablo A.2 Kırıcı 1 – toz toplama filtre fan motoru

Lokasyon	Kırıcı 1
Ekipman	Toz Toplama Filtre Fan Motoru
Ar1 Max. Sıcaklık	82,6 °C
Sp1 Sıcaklık	28,6 °C
Ar1 Ortalama Sıcaklık	24,2 °C



Şekil A.3. Termal kamera görüntüsü



Şekil A.4. Kırıcı 1 toz toplama fan motoru

Uygunsuzluk tespit edilmemiştir.

Tablo A.3 Soğutma 1. ve 2. teknolojik havuz grundfos pompa motor grubu

Lokasyon	Soğutma
Ekipman	1. ve 2. Teknolojik Havuz Grundfos Pompa Motoru
Ar1 Max. Sıcaklık	57,4 °C
Sp1 Sıcaklık	55,2 °C
Ar1 Ortalama Sıcaklık	32,9 °C



Şekil A.5. Termal kamera görüntüsü

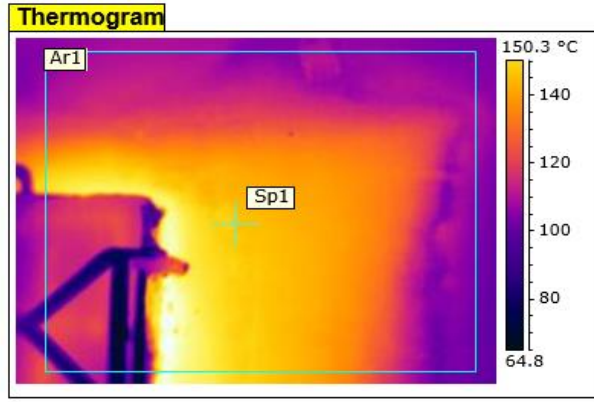


Şekil A.6. Soğutma pompa-motor grubu

Uygunsuzluk tespit edilmemiştir.

Tablo A.4 Döner fırın 1 C1B siklon yüzeyi 2

Lokasyon	Döner Fırın 1
Ekipman	C1B Siklon Yüzeyi 2
Ar1 Max. Sıcaklık	>150.3 °C
Sp1 Sıcaklık	>146.6 °C
Ar1 Ortalama Sıcaklık	>124.9 °C



Şekil A.7. Termal kamera görüntüsü

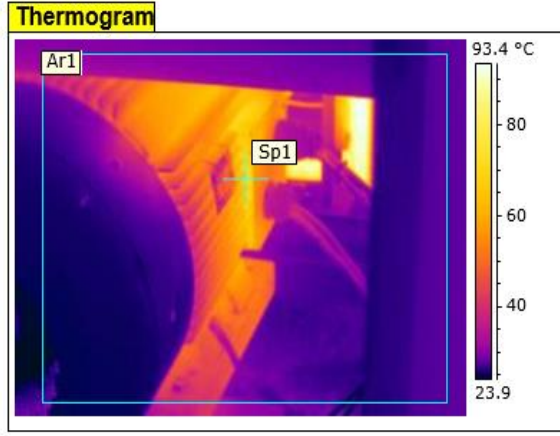


Şekil A.8. Döner 1 siklon yüzeyi

Yüksek sıcaklık tespit edilmiştir.
Kontrol önerilmektedir.

Tablo A.5 Kompresör dairesi

Lokasyon	Kompresör Dairesi
Ekipman	32,9 Motor
Ar1 Max. Sıcaklık	93,4 °C
Sp1 Sıcaklık	72,0 °C
Ar1 Ortalama Sıcaklık	34,7 °C



Şekil A.9. Termal kamera görüntüsü

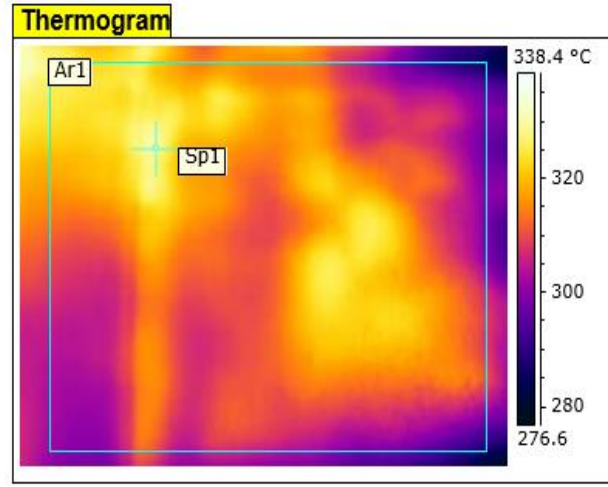


Şekil A.10. Kompresör motor grubu

Uygunsuzluk tespit edilmemiştir.

Tablo A.6 Döner fırın 1- fırın yüzeyi 5 metre

Lokasyon	Döner Fırın 1
Ekipman	Fırın Yüzeyi 5 metre
Ar1 Max. Sıcaklık	329,8 °C
Sp1 Sıcaklık	328,2 °C
Ar1 Ortalama Sıcaklık	312,8 °C



Şekil A.11. Termal kamera görüntüsü

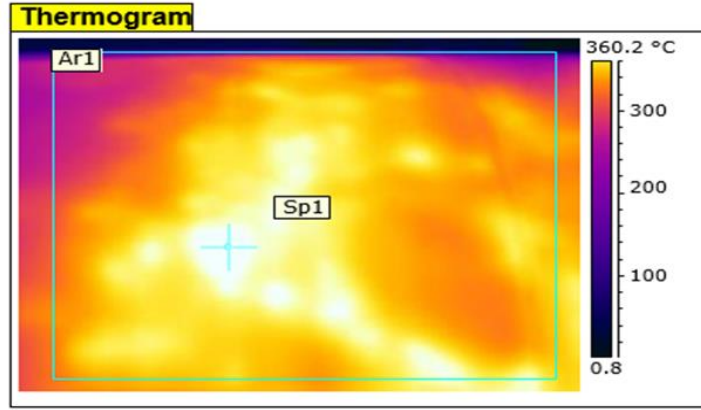


Şekil A.12. Döner fırın yüzeyi

Uygunsuzluk tespit edilmemiştir.

Tablo A.7 Döner fırın 1- fırın yüzeyi 20. metre

Lokasyon	Döner Fırın 1
Ekipman	Fırın Yüzeyi 20.metre
Ar1 Max. Sıcaklık	>360.2 °C
Sp1 Sıcaklık	>360.2 °C
Ar1 Ortalama Sıcaklık	*338.7 °C



Şekil A.13. Termal kamera görüntüsü



Şekil A.14. Döner fırın yüzeyi

Yüksek sıcaklık tespit edilmiştir. Onarım planlanmalıdır.

Tablo A.8 Döner fırın 1 – klinker soğutma fanı 1 motor

Lokasyon	Döner Fırın 1
Ekipman	Klinker Soğutma Fan 1 Motor
Ar1 Max. Sıcaklık	60,9 °C
Sp1 Sıcaklık	59,1 °C
Ar1 Ortalama Sıcaklık	49,1 °C



Şekil A.15. Termal kamera görüntüsü



Şekil A.16. Döner fırın 1 klinker soğutma motoru

Uygunsuzluk tespit edilmemiştir.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Cura Ö.,** Öğüt E., Bir Çimento Fabrikasında Yardımcı İşletmeler Kısmının Enerji Tüketiminin İncelenmesi, *Uluslararası Marmara Fen Bilimleri Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 19-20 Haziran 2020.



ÖZGEÇMİŞ

İlköğrenimi Tekirdağ ilinin Çorlu ilçesinde tamamladı. Orta ve lise öğrenimini Balıkesir’de tamamladı. 2013 yılında girdiği Kocaeli Üniversite Makine Mühendisliği bölümünden 2017 yılında mezun oldu. 2018 yılında Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Termodinamik Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Şubat 2019 ve Temmuz 2019 tarihleri arasında Erosmuş programı aracılığıyla yüksek lisansına Polonya/ Varşova’da devam etti. 2019 Ağustos ayında Soma Çimento Beton ve Madencilik sektöründe Yardımcı Tesisler Mühendisi olarak çalışmaya başlamaya başladı. 2020 Mart ayından beri Total Turkey Pazarlama A.Ş firmasında Bakım Mühendisi pozisyonunda çalışmaya devam etmektedir.

