İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE ÇAY SEKTÖRÜNÜN MEVCUT DURUMU VE BİR ÇAY FABRİKASINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan KORKMAZ

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Haziran, 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE ÇAY SEKTÖRÜNÜN MEVCUT DURUMU VE BİR ÇAY FABRİKASINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan KORKMAZ
(301091050)

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Önder GÜLER

Haziran, 2012

İTÜ, Enerji Enstitüsü'nün 301091050 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Furkan Korkmaz**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"Türkiye Çay Sektörünün Mevcut Durumu Ve Bir Çay Fabrikasında Enerji Verimliliği Analizi"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Önder GÜLER** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Sermin ONAYGİL** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof. Dr. Zeynep Düriye BİLGE** Yıldız Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi :03 Mayıs 2012
Savunma Tarihi :06 Haziran 2012

ÖNSÖZ

Bu tez, Türkiye'de kamuya ait çay fabrikalarının mevcut durumunun incelenmesi, örnek bir çay fabrikasında enerji verimliliği açısından neler yapılabileceğinin belirlenmesi ve böylece ekonomik yönden ülkeye katkıda bulunulması amacıyla hazırlanmıştır.

Tez çalışması sırasında, bilimsel ve insani desteklerini sürekli aldığım danışmanım Doç. Dr. Önder Güler'e, ölçüm sırasında ve verilerin kullanılması aşamasında bana yardımcı olan Çaykur Genel Müdürlüğü'ne, Enve Enerji'ye, arkadaşım Makine Mühendisi Osman Kaçar'a ve aileme teşekkür ederim.

Haziran, 2012

Furkan KORKMAZ
Makine Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
SEMBOL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **ixx**
1. GİRİŞ **1**
2. ÇAY SEKTÖRÜNÜN DURUMU **5**
2.1 Çayın Tarihçesi ve Sınıflandırılması 5
2.1.1 Çay tarımının tarihçesi 5
2.1.2 Çayın sınıflandırılması 6
2.2 Çay Tarımının Özellikleri 6
2.2.1 Ekolojik özellikleri 6
2.2.2 Çay işleme teknolojisi 7
2.3 Türkiye'de Çay Sektörünün Mevcut Durumu ve Performansı 10
2.3.1 Ekim alanları 10
2.3.2 Çay üretiminin Türkiye ve Dünya ekonomisindeki yeri 12
2.4 Türkiye'deki kamuya ait çay fabrikalarının enerji tüketimlerinin ve maliyetlerinin incelenmesi 13
3. MEVCUT TESİSTE ENERJİ TÜKETİM ANALİZİ **19**
3.1 Proses Bilgileri 19
3.2 Endüstriyel İşletme Bilgileri 20
3.2.1 Enerji tüketimleri ve maliyetleri 21
3.3 Endüstriyel İşletmenin Enerji Tüketiminin İncelenmesi 22
3.4 Üretim – Tüketim Analizleri 24
3.5 Mevcut Tesis Üzerinde Değerlendirmeler 25
4. ISI ENERJİSİ İLE İLGİLİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ OLANAKLARI **27**
4.1 Buhar Kazanları 27
4.1.1 Ünite ve sistem tarifi 27
4.1.2 Yapılan ölçümler ve alınan değerler 28
4.1.3 Değerlendirmeler ve hesaplamalar 29
4.1.4 Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları, geri ödeme süresi 37
4.1.4.1 Buhar kazanının yanma havası miktarının düşürülmesi 38
4.1.4.2 Yakıt çeşidinin değiştirilmesi 39
4.2 Tesisat 40
4.2.1 Ünite ve sistem tarifi 40
4.2.2 Yapılan ölçümler ve alınan değerler 42
4.2.3 Değerlendirmeler ve hesaplamalar 44

4.2.4 Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları, geri ödeme süresi 45
4.2.4.1 Yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılması……...45
4.2.4.2 Buhar iletim hatlarındaki buhar kaçaklarının giderilmesi 48
4.3 Kurutma Fırınları 49
4.3.1 Ünite ve sistem tarifi 49
4.3.2 Kurutma fırınlarında yapılan ölçümler ve alınan değerler 50
4.3.3 Değerlendirmeler ve hesaplamalar 51
4.3.4 Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları, geri ödeme süresi 56
4.3.4.1 Bacalardan dışarı atılan kurutma havasının geri kazanımı…… 56
4.3.4.2 Fırın yüzeylerinin yalıtılması…… 56
5. ELEKTRİK SİSTEMLERİ 59
5.1 Elektrik Dağıtım Sistemi 59
5.1.1 Ünite ve sistem tarifi 59
5.1.2 Yapılan ölçümler ve alınan değerler 59
5.1.2.1 Termal görüntüleme çalışmaları…… 60
5.1.2.2 Elektrik ana dağıtım panoları ölçüm sonuçları……... 64
5.1.2.3 Kompanzasyon sisteminin incelenmesi……..…….... 72
5.1.2.4 Harmoniklerin incelenmesi……73
5.2 Elektrik Tarifesi İncelemesi 76
5.3 Transformatör Sistemi 76
5.3.1 Hesaplamalar ve değerlendirmeler 76
5.4 Elektrik Motorları 77
5.4.1 Ünite ve sistem tarifi 77
5.4.2 Yapılan ölçümler ve alınan değerler 77
5.4.3 Değerlendirmeler ve hesaplamalar 78
5.4.4 Öneriler, enerji tasarruf imkanları ve miktarları, geri ödeme süreleri 79
5.5 Aydınlatma Sistemi 80
5.5.1 Aydınlatma armatürleri envanteri 80
5.5.2 Aydınlatma sistemi için öneriler 83
6. SONUÇLAR 85
KAYNAKLAR 87
EKLER 89
ÖZGEÇMİŞ 112

KISALTMALAR

TEP	**:** Ton eşdeğer petrol
O_2	**:** Baca gazında ölçülen oksijen miktarı
CO_2	**:** Baca gazında ölçülen karbondioksit miktarı
CO	**:** Baca gazında ölçülen karbonmonoksit miktarı
Y.Ç.S.	**:** Yıllık çalışma saati
Y.A.I.D.	: Yakıtın alt ısıl değeri
Y.Ü.I.D.	: Yakıtın üst ısıl değeri
AB	**:** Avrupa Birliği
OECD	**:** Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı)
MTEP	**:** Milyon ton eşdeğer petrol
M.Ö	**:** Milattan önce
M.S	: Milattan sonra
CTC	**:** Cut Tear Curling (Parçalama, yırtma, kıvırma)
KİK	**:** Kamu İhale Kurumu
FAO	**:** Food and Agriculture Organization (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
AC	**:** Alternatif akım
DC	**:** Doğru akım
EFF	: Electrical Motor Efficiency (Elektrik Motor Verimliliği)
IE	**:** International Efficiency (Uluslararası Verimlilik)
G.Ö.S	**:** Geri ödeme süresi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: 2008 yılındaki Dünya çay tarım alanları. 11
Çizelge 2.2: 2008 yılındaki Dünya kuru çay üretimi..... 11
Çizelge 2.3: İllerin çaylık alan ve üretici sayısı dağılımı 12
Çizelge 2.4: Devlet ve özel sektörlere ait çay fabrikalarının illere göre sayı ve kapasiteleri 12
Çizelge 2.5: Fuel-oil tüketen fabrikaların 2010 yılına ait enerji tüketim değerleri. .. 14
Çizelge 2.6: Kömür tüketen fabrikaların 2010 yılına ait enerji tüketim değerleri..... 15
Çizelge 3.1: Fabrikanın 2008-2010 yılları arası enerji tüketim değerleri 21
Çizelge 3.2: Fabrikanın 2010 yılı enerji tüketimleri ve maliyetleri 22
Çizelge 3.3: Fabrikanın enerji tüketiminin ve maliyetlerinin aylara göre dağılımı.... 23
Çizelge 4.1: 1 nolu buhar kazanı ölçüm sonuçları..... 28
Çizelge 4.2: 2 nolu buhar kazanı ölçüm sonuçları..... 28
Çizelge 4.3: 3 nolu buhar kazanı ölçüm sonuçları..... 29
Çizelge 4.4: Fuel-oil (No6) yakıtının özellikleri 30
Çizelge 4.5: Yaş ve kuru baca gazı bileşimleri..... 31
Çizelge 4.6: Kazan yüzeylerinde ölçülen değerler 32
Çizelge 4.7: Kazan yüzeyleri için radyasyon ve konveksiyonla ısı kayıpları.. 33
Çizelge 4.8: 2 nolu buhar kazanı verim hesabı..... 36
Çizelge 4.9: 3 nolu buhar kazanı verim hesabı..... 37
Çizelge 4.10: 2 nolu buhar kazanının iyileştirmeden sonra verim hesabı. 38
Çizelge 4.11: Yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanların ölçüm listesi..... 42
Çizelge 4.12: Toplam yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanlar 45
Çizelge 4.13: Buhar kaçaklarında buhar kaçak mesafesine göre meydana gelen buhar kayıpları..... 48
Çizelge 4.14: Çay fabrikasında buhar kaçak noktaları. 48
Çizelge 4.15: Kurutma fırınlarında yapılan ölçümler ve alınan değerler 51
Çizelge 4.16: Fırın bacalarına reküperatör uygulanması halinde elde edilecek tasarruf miktarları..... 57
Çizelge 4.17: Yalıtımsız kazan ve fırın yüzeylerinin yalıtılması halinde elde edilecek tasarruf miktarları..... 58
Çizelge 5.1: Elektrik ana dağıtım panoları 59
Çizelge 5.2: 2011 Nisan-Ağustos dönemi reaktif oranların incelenmesi. 72
Çizelge 5.3: Aydınlatma armatürleri envanteri 81
Çizelge A.1: Mekanik ekipmanların yalıtılmasıyla oluşacak tasarruf miktarları 90
Çizelge A.2: Ölçüm yapılan elektrik motorlarının özellikleri ve öneriler..... 95
Çizelge A.3: EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları 102

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Fuel-oil tüketen fabrikaların enerji tüketim değerleri karşılaştırılması 16
Şekil 2.2: Kömür tüketen fabrikaların enerji tüketim değerleri karşılaştırılması 17
Şekil 2.3: Enerji çeşitlerine göre fabrikaların enerji tüketim payları 17
Şekil 3.1: Kuru çay prosesinin akış şeması 20
Şekil 3.2: Fabrika yerleşim planı 21
Şekil 3.3: Fabrikanın 2010 yılı enerji tüketimlerinin ve enerji maliyetlerinin pay grafikleri 22
Şekil 3.4: Fabrikanın aylara göre TEP cinsinden enerji tüketim değerleri 24
Şekil 3.5: Fabrikanın enerji tüketimi ve kuru çay üretiminin aylara göre dağılımı ... 24
Şekil 4.1: Kazan üzerinde yalıtımsız noktalar 27
Şekil 4.2: Vana vb. mekanik ekipmanlardaki ısı kayıpları. 40
Şekil 4.3: Flanş vb. mekanik ekipmanlardaki ısı kayıpları 41
Şekil 4.4: Kurutma fırını 50
Şekil 4.5: Fırınlarda sıcak havayı sağlayan ısıtıcı serpantinler 50
Şekil 4.6: Reküperatör sisteminin şematik gösterimi 52
Şekil 4.7: Fırın yüzeylerinde meydana gelen ısı kayıpları 53
Şekil 5.1: 2000 kVa trafo bölümü ana dağıtım panosu 1. şalter 60
Şekil 5.2: 2000 kVa trafo bölümü ana dağıtım panosu 1. şalter termal görüntülemesi (1). 60
Şekil 5.3: 2000 kVa trafo bölümü ana dağıtım panosu 1. şalter termal görüntülemesi (2). 61
Şekil 5.4: 2000 kVa trafo bölümü ana dağıtım panosu 1. şalter termal görüntülemesi (3). 61
Şekil 5.5: 2000 kVa trafo bölümü ana dağıtım panosu 2. şalter. 62
Şekil 5.6: 2000 kVa trafo bölümü ana dağıtım panosu 2. şalter termal görüntülemesi (1). 62
Şekil 5.7: 2000 kVa trafo bölümü ana dağıtım panosu 2. şalter termal görüntülemesi (2). 63
Şekil 5.8: 2000 kVa trafo bölümü ana dağıtım panosu 2. şalter termal görüntülemesi (3). 63
Şekil 5.9: Güç ölçümleri (1. Şalter) 65
Şekil 5.10: Enerji ölçümleri (1. Şalter) 66
Şekil 5.11: Güç faktörü ölçümleri (1. Şalter) 67
Şekil 5.12: Güç ölçümleri (2. Şalter) 69
Şekil 5.13: Enerji ölçümleri (2. Şalter) 70
Şekil 5.14: Güç faktörü ölçümleri (2. Şalter) 71
Şekil 5.15: 2000 kVa trafo bölümü 1. şalter harmonik ölçümleri. 74
Şekil 5.16: 2000 kVa trafo bölümü 2. şalter harmonik ölçümleri. 75
Şekil 5.17: Düşük verimli motorlarda verim-yükleme oranı grafiği. 78

SEMBOL LİSTESİ

Q : Isı kaybı
V : Hız
A : Alan
Uc : Konveksiyonla ısı transfer katsayısı
U_R : Radyasyonla ısı transfer katsayısı
Ts : Boru yüzey sıcaklığı
To : Ortam sıcaklığı
d_1 : Boru dış çapı
E : Emissivite katsayısı
d_2 : Yalıtım sonrası boru çapı
λ : Yalıtım malzemesinin ısıl iletkenliği
U_{so} : Yüzeysel ısı iletim katsayısı
ΔT : Sıcaklık farkı
kw : Elektrik birimi
kj : Enerji birimi
kcal : Enerji birimi
kg : Ağırlık birimi
R : Regresyon katsayısı
m^2 : Alan birimi
^0C : Celcius sıcaklık birimi
bar : Basınç birimi
L_{KBG} : Kuru baca gazı yoluyla olan ısı kaybı
T_{BG} : Baca gazı sıcaklığı
K : Kuru baca gazı yoluyla olan ısı kaybında bir katsayı
L_{NBG} : Baca gazındaki nem nedeniyle olan ısı kaybı
L_{COBG} : Baca gazındaki yanmamış karbonmonoksit nedeniyle olan ısı kaybı
L_{RK} : Kazan yüzeyinden radyasyon ve konveksiyonla olan ısı kaybı
B : Konveksiyonla olan ısı kaybında bir katsayı
Watt : Güç birimi
L : Isı kayıpları toplamı
L_B : Blöf nedeniyle olan ısı kaybı
m^3 : Hacim birimi
Q_{YAL} : Yalıtım yapıldıktan sonra meydana gelen ısı kaybı
m/s : Hız birimi
$Q_{B,K}$: Bacadan egzoz olarak dışarı atılan sıcak havanın enerjisi
m_h : Bacadan egzoz olarak ortama bırakılan hava debisi
m_{ser} : Isıtıcı serpantin yüzeyinden fırına giren hava debisi
$T_{Ç,B}$: Bacadaki havanın çıkış sıcaklığı
$C_{P,H}$: Havanın özgül ısısı
Q_R : Radyasyonla olan ısı kaybı
Q_C : Konveksiyonla olan ısı kaybı
$Q_{K,Y}$: Yalıtım yapıldıktan sonra meydana gelen ısı kaybı

TÜRKİYE ÇAY SEKTÖRÜNÜN MEVCUT DURUMU VE BİR ÇAY FABRİKASINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ ANALİZİ

ÖZET

Dünya genelinde nüfusun her geçen gün artmaya devam etmesi, gelişmekte olan ülkelerin sanayileşme çabaları, teknolojinin yaygın hale gelmesi, ekonomik ve sosyal kalkınma arayışları gibi sebeplerden dolayı, tüm sektörler için girdi kaynağı olan enerjinin, ülkeler için önemi her geçen gün artmaktadır. Kişi başına enerji tüketimi artarak devam etmektedir. Sanayi, dünyada en büyük enerji kullanım alanlarından biri olup sanayide enerji kullanımında artış devam etmektedir.

Türkiye günümüzde kullandığı toplam enerjinin %70'ini ithal yoluyla sağlamaktadır. Bu oranın önümüzdeki yıllarda daha da artması beklenmektedir.

Hükümet tarafından yapılan kanuni düzenlemeler ile tüm hukuksal altyapı uluslararası hukuğa ve ulusal ihtiyaca uygun hale getirilmiştir. Tüm bu unsurlar bir araya getirildiğinde ülkemizde yer alan tüm işletmelerin enerjiyi daha verimli kullanmaları, kanuni yükümlüklerini yerine getirmelerine, maliyet avantajı aracılığıyla rekabet güçlerini artırmalarına ve geleceğin en önemli pazarlama unsuru olan çevreci şirket imajlarına katkı sağlamaktadır.

Enerjiye olan ihtiyacın sürekli arttığı buna karşılık kaynakların gittikçe azaldığı dünyada, bütün enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle sanayi sektöründe ana girdi kaynağını oluşturan enerjinin verimli kullanılması, uluslararası ticarette rekabet ortamının arttığı günümüzde maliyetleri düşürerek, mal ve hizmetlerin daha ucuza elde edilmesini sağlayacaktır.

Bu kapsamda bu çalışmada, sanayi sektörünün dallarından biri olan gıda sanayinde çay sektöründe enerji verimliliği çalışmalarından bahsedilmiştir.

Bu çalışmada amaçlanan temel hedeflerden birincisi çay işletmelerinde kullanılan enerjinin en verimli şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Enerjiyi daha verimli kullanarak işletmenin maliyetlerini düşürmek ve bu sayede işletmenin piyasa ile rekabet gücünün artmasına katkı yapmak hedeflenmektedir. Bu amaçlar doğrultusunda, işletmenin ürün kalitesini düşürmeden enerji maliyetini azaltmasıyla birlikte işletme karlılığının artmasıyla işletme yönetiminin enerji tasarrufu için daha fazla kaynak ayırması da teşvik edilmiştir.

Hedeflenen diğer amaçlar ise; enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlayarak enerjide dışa bağımlı bir ülkenin ekonomisine katkı yapmak ve doğaya bırakılan zararlı gazların etkilerinin de olabildiğince alt seviyelere indirilmesidir.

Bu çalışma kapsamında, kuru çay üretimi yapan endüstriyel işletmede, üretimin çeşitli aşamalarında kullanılan elektrik motorları, kurutma fırınları, soldurma ünitesi için gerekli sıcak havayı sağlayan fanlı batarya sistemleri, buhar iletim hatları ve buhar kazanları incelenmiştir. Özellikle enerji tasarruf potansiyeli yüksek olan, fırın, kazan, elektrik motorları gibi üniteler üzerinde detaylı olarak incelemeler yapılmıştır.

Fırınlarda direkt olarak atmosfere atılan sıcak havadaki ısı enerjisinin ne kadarının geri kazanılabileceğini belirleyebilmek için çeşitli ölçümler yapılmıştır. Kazanlarda ve fırınlarda yüzeylerde meydana gelen ısı kayıplarının belirlenebilmesi için yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür. Buhar iletim hatlarındaki yalıtımsız makine ekipmanları ve bu hatlarda bulunan buhar kaçakları ve diğer olumsuzluklar incelenmiş, gerekli ölçümler alınmış ve bu incelemelere bağlı olarak hesaplamalar yapılmıştır. Elektrik motorlarının performanslarının belirlenmesi amacıyla enerji analizörü ile ölçümler yapılmıştır. İşletmede üretime direkt olarak etkisi olan bu ünitelere özgü yapılan ölçümler ve diğer veriler kullanılarak tasarruf miktarları belirlenmiştir. Bunların yanı sıra, transformatör sistemi, aydınlatma armatürleri ve elektrik tarifesi de incelenerek tasarruf potansiyeline sahip olanlar belirtilmiştir.

CURRENT SITUATION OF TURKISH TEA SECTOR AND ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF A TEA FACTORY

SUMMARY

Importance of energy as an input source for all sectors, is increasing day by day, because of the reasons of world's population increase, industrialization process in developing countries and researchs for economic and social progress. Energy consumption per capita increases every year. Industry is the largest energy user globally, and growth in industrial energy use will have been higher than ever before.

In the world, demand of energy increases but the quantity of energy sources decreases. Using energy sources in a productive manner has a great importance. Especially in industrial sector should use these sources. These provides a huge advantage in the rivalry of international trade.

Nowadays, Turkey attains seventy percent of total energy by importing. Turkey's industrial structure shows a particularly high energy-consuming industries. Iron and steel, other metals, stone, soil, cement industry, paper industry, food industry etc.. are located between the energy-intensive industries.

In general, high-efficiency motor, the use of industrial facilities, compressed air systems to prevent leaks, combustion air is heated, contaminated fluid heat recovery, hot and cold surfaces, insulation, reducing idle time, many facilities such as electrical power factor correction and energy saving measures can be achieved. Savings can be achieved by using energy-efficient manufacturing processes. If these preventions do not apply, energy consumption will increase every year.

The legal regulations prepared by the government and all legal infrastructure were made proper into international laws and national requirements. When all these elements are put into together, more productive energy usage of all enterprises exist in or country contributes to performing their legal obligations, increasing their competitive power through cost advantages and their environmentalist company image which is the most important marketing element of the future.

In this context, one of the branches of the industrial sector energy efficiency work in the tea sector in the food industry are discussed.

The first of the main targets of this study is intended to provide the most efficient use of energy used in tea industry. It aims to reduce business costs by using energy more efficiently and contribute to increase the competitiveness of the enterprise market. For these purposes, decreasing energy costs without compromising product quality of management are also encouraged to allocate more resources to save energy.

If the targeted other purposes, providing a more efficient use of energy to contribute to the economy of a country dependent on foreign energy and decreasing possible effects of lower levels of harmful gases.

Primarily the history of tea cultivation, tea classification, climatic characteristics of tea, tea processing technologies were informed about.Tea sector investigated the current status and performance in Turkey. Status of tea industry researched in the world.State-owned tea factories in Turkey are examinated energy consumption and costs.Investigations were carried out at these factories.

It selected a model tea factory and determined about its saving points for energy efficiency. The main units in the factory are withering unit, curling unit, fermentation unit, drying unit, grading and packing unit.

Wet tea leaves are used as raw material. Manufacturer of teas from the wet are carried by trucks. Wet tea unit, depending on outside temperature of about 8-16 hours kept at around 32-40^{o}C. Process ofwithering, steamis passed through the coils by a fan ambient air passing over theheated air and carried out the transmission of withering channels. Withered teas sent to the curling unit. Water is removed from the cells of plant extracts. Tea is provided on the transmission of curling without breaking. After than, curling tea sends to the fermentation unit. Tea obtains some properties such as color, taste, smell in this unit. After fermenting operaion, fermented teas goes to drying ovens unit. The drying process is carried out at around approximately 105^{o}C. The drying process, such as the withering process through fins of the air by a fan heater in the drying ovens are carried out with administration. Then passed through sieves and packaged. Parts of the transmission of the product takes conveyor system at all manufacturing operations.

Model factory is a public agency. Dried tea is produced in the factory. Production of dry tea is carried out in approximately 5 months. Production is done in three shifts in day. Wet of tea processing capacity is 280 tons / day. Factory uses fuel-oil, coal, tea fiber as an energy source. There are five steam boiler operations. Four of these are liquid fuel boilers (fuel oil) and other one is solid fuel (coal, tea, fiber, etc.). Other energy source is electricity at factory.

Thesis is grouped under two main headings which are about the energy efficiency of thermal energy and electrical systems. Measurements and calculations were performed in these areas. First, the current situation have been identified. Cost analysis made and focused on what improvements were made.

The scope of this study which industrial enterprise engaged in the production of dried tea, electric motors used in various stages of production, drying ovens, drying ovens and the withering fan battery unit, which provides for the necessary air systems, steam boilers and steam transmission lines are investigated.Especially with a high energy saving potential, furnace, boiler, investigations were carried out in detail on units such as electric motors. Hot air furnaces throws heat energy directly to the atmosphere of various measurements were made in order to determine how much can be won back. Surfaces temperatures of boilers and furnaces were measured to determine the heat losses that occur. Insulated machinery and equipment of steam transmission lines and steam leaks in the lines examined.

Necessary calculations were made. Measurements were made with the energy analyzer to determine the performance of electric motors. Directly to the plant to effect measurements, and other data specific to these units were determined using the amount of savings. In addition, the transformer system, lighting luminaires and power rates are as well those who have examined the potential savings.

1. GİRİŞ

Enerji, ekonomik büyümede önemli role sahip olup, ulusal kalkınma programlarında her zaman yer alacak olan bir unsurdur. Ticari açıdan bakıldığında özellikle sanayicilerin çeşitli programlar geliştirerek etkin kullanmayı hedefledikleri enerji, önemli bir maliyet unsuru olarak değerlendirilir. Enerji maliyetlerinin düşürülmesiyle kazanç elde etme, enerjinin etkin kullanılmasıyla yani enerji kullanımında verimliliğin sağlanması ile mümkündür. Bunu yerine getiren bir sanayici, ulusal ve uluslararası alanda rekabet etme gücüne sahip olacaktır. Bu bağlamda, son yıllarda hazırlanan çeşitli enerji yönetimi programları büyük bir hız kazanarak hemen her sanayi sektöründe yürütülmeye başlanmıştır.

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardında ve hizmet kalitesinde, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesinde ve miktarında düşüşe yol açmadan enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Daha geniş bir biçimde enerji verimliliği; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, enerji geri kazanımları gibi etkinliği arttırıcı önlemlerin bütünüdür.

Uluslararası Enerji Ajansı, dünya enerji tüketiminin 1980'den beri %45 arttığını ve 2030 itibarıyla %70 daha yüksek olacağını açıklamıştır. Geleceğin enerji politikası, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji üzerine olacaktır [1].

Halen hızlı kalkınma aşamasında olan ülkemizde sanayileşme faaliyetleri, yeni teknolojilere yönelim, hayat standartlarının yükselmesi ve artan nüfus, her yıl daha fazla enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu artış böyle devam ettiği takdirde, 2020 yılında toplam enerji arzının ancak %20'sinin yerli üretimle karşılanabileceği beklenmektedir [1].

Ülkemiz enerji ithalatı yapan bir ülkedir. Özellikle petrol, doğal gaz gibi enerji kaynaklarının fiyatları geçmişte dünyadaki çeşitli siyasi ve ekonomik olaylara bağlı olarak büyük dalgalanmalar göstermiş ve bu dönemlerde enerji bakımından dışa bağımlı birçok ülke ekonomisi bu durumdan olumsuz etkilenmiştir. Enerji ihtiyacının yeterli, güvenilir ve ekonomik olarak sağlanması temel hedeftir. Enerjinin verimli kullanımı bu hedefin gerçekleştirilmesinde kullanılacak en önemli araçlardan birisidir.

Enerjinin verimli kullanılmasının sağlanması ve etkin bir enerji verimliliği programının uygulanması, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi, enerji verimliliği konusunda bir bilinç oluşturulması ile uluslararası yükümlülüklerin yerine getirilmesi için 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir [2].

Enerji yoğunluğu, yaratılan her birim gayrisafi yurt içi hasıla veya katma değer için tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Türkiye'nin kişi başına enerji tüketimi, OECD ortalamasının beşte biri civarında olmasına rağmen Türkiye'nin enerji yoğunluğu, OECD ortalamasının üzerindedir. Bu durum enerji verimliliği ilkelerine dikkat edilmediğini göstermekle birlikte enerji yoğun sektörler ile kalkınmaya çalışmamızın sonuçlarını da ortaya koymaktadır [3].

Ülkemizde toplam enerji kullanımının %40'ını sanayi, %32'sini konut ve hizmetler, %20'sini ulaştırma, %5'ini tarım, %3'ünü diğer sektörler oluşturmaktadır [4].

2020 yılında 2006'ya göre sanayide 2,5 kat, binalarda 2 kat ve ulaşımda 2,3 kat daha fazla enerji harcayacağımız tahmin edilmektedir. 2020 yılında sanayide 78,7 MTEP seviyelerine gelecek enerji tüketimimizin 10,5 MTEP'lik kısmını, binalarda 47,5 MTEP seviyelerine gelecek enerji tüketimimizin 16,5 MTEP'lik kısmını, ulaşımda 34 MTEP seviyelerine gelecek enerji tüketimimizin 5 MTEP'lik kısmını enerjiyi verimli kullanarak azaltma potansiyeline sahip bulunmaktayız [3].

Sanayinin bir kolu olan gıda sanayiindeki enerji tüketimleri incelendiğinde, 2000 ve 2001 kriz yılları hariç, yıllar itibariyle istikrarlı biçimde artış olduğu görülmektedir. Satıştan elde edilen gelir için de bu durum devam etmektedir. Gıda sanayinde enerji yoğunluk değerlerinin 1995-2001 yılları arasında 0,081 ile 0,095 değerleri arasında seyretmiş olması, bu sanayi kolunda istikrarlı bir durumun olduğunu göstermektedir.

Pek çok sanayi kolunun aksine, gıda sanayinde hem istikrarlı bir enerji tüketim seyrinin olduğunu, hem de sektörün genel olarak enerji-yoğun bir nitelik arz etmediğini söylemek mümkündür [5].

Bu çalışma kapsamında gıda sanayinin bir kolu olan çay sektöründe, kamu fabrikalarında enerji verimliliği açısından neler yapılabileceği, ülkeye ekonomik anlamda nasıl katkı sağlanacağı üzerinde durulmuştur.

2. ÇAY SEKTÖRÜNÜN DURUMU

2.1. Çayın Tarihçesi ve Sınıflandırılması

2.1.1. Çay tarımının tarihçesi

Çay üzerine yapılan araştırmalar sonucunda bazı araştırmacılar çayın ilk defa Hindistan'ın Assam bölgesi ormanlarında bulunduğunu, bazı araştırmacılar ise çayın Çin'in Fukien bölgesindeki Boheon dağlarında bulunduğunu belirtmektedirler. Büyük Çin İmparatoru Sing Nong M.Ö. 2737 yılında çay bahçeleri kurarak halka çay ziraatine yatırım yapması konusunda öncü olmuştur. Çin'de yabani olarak yetişen çay hakkında yapılan derin araştırmalar sonucunda Hindistan'ın kuzeydoğu bölgesinde de vadilerde yabani olarak yetiştiği görülmüştür. Bu sebeple çay bitki tohumlarının nehirler aracılığıyla sürüklenerek Hindistan'a taşındığı, bunun için de anavatanın Çin ile Hindistan arasında kalan bu bölge olduğu araştırmacılar tarafından kabul görmektedir. MÖ. 3.yy.'a kadar yaş çay yaprakları kaynatılarak çay yapılırken, bu tarihten sonra çay kurutularak işlenmiştir. Kurutma işlemi, yılın her döneminde içilmesi imkânını getirdiğinden günlük bir içecek olmasını da sağlamıştır. Çayın günlük bir içecek olarak iyice yerleştiği M.S.5.yy.'da, çay tüketme alışkanlığı Çin'den güneye ve kuzeye doğru hızla yayılmıştır. Budist rahiplerin uykuya karşı koymak, böylece tanrısal birtakım güçlere sahip oldukları izlenimini verip saygınlık kazanmak amacıyla içtikleri çayın Japonya'ya ulaşması da Budizmle olmuştur [6].

Çay, bütün dünya dillerinde iki şekilde isimlendirilmiştir: Bunlardan biri "çay", diğeri ise "tea" olup, her iki kelime de Çin kaynaklıdır. Önceleri dinlendirici, keyif verici ve ısıtıcı bir içecek olarak değerlendirilen çay, ihtiva ettiği kafein, thea-flavin bileşikleri, bakır, demir elementleri, B, E ve diğer vitaminlerden dolayı gıda maddesi olarak da önem kazanmış ve tüketimi her geçen yıl artmıştır [7].

2.1.2. Çayın sınıflandırılması

Çay, körpe yaprakları ile tomurcuğunun değişik yöntemler sonucunda işlenmesiyle elde edilen ve ülkemizde sudan sonra en çok tüketilen bir gıda ve içecek maddesidir. Yaprağını dökmeyen çay bitkisi doğada büyümeye bırakıldığında ağaç görünümüne sahip olmakta, yeterli düzeyde sıcaklık ve nemin bulunduğu yerlerde yıl boyunca sürgün oluşumunu sürdürmektedir. Çay bitkisi morfolojik bakımından Çin çayı, Assam çayı, Kambodia çayı olmak üzere üç çeşide sahip olup, bu çeşitler arasında çok sayıda melez oluşmuştur. Çin çayı 1-3 m boyunda büyük çalı şeklinde olup soğuğa, hastalıklara ve kuraklıklara karşı dayanıklıdır. Assam çayının birçok alt çeşidi olup yaprak verimi Çin çayına göre fazladır. Düzenli bir budama ile ekonomik ömrü 60 yıl devam sürmektedir. Kambodia çayı, 6-8 m boyunda olup tarımı yapılamamakta ve diğer çeşitlerle doğal çaprazları oluşturulmaktadır [6].

Çayların sınıflandırılması dünya çapında standardize edilmemiş olup sınıflar orijine göre farklılık gösterebilmektedir. Ülkelere göre çayın tadı ve kalitesi değişiklik göstermekte, üretildiği bölgeye göre isimlendirilmektedir. Ancak genel olarak kabul gören, tasniflemeye göre çaylar imalat kırığı ve kırık (kırmadan geçen) çaylar olmak üzere iki sınıfta toplanmaktadır. Kurutmalardan çıkıp tasnife gelen ve herhangi bir kırma işlemine tabi tutulmadan elenen çaylar, imalat kırığı çaylar olarak tanımlanmaktadır. Elek ile 8 ve 10 numaralı paka eleklerinin üzerinde kalan çayların mekanik olarak kırılıp, tekrar elenmesi sonucu elde edilen çaylar kırık çaylar (kırmadan geçen) olarak tanımlanmaktadır. Dünyada işleme biçimine göre siyah çay (mayalanmış), yeşil çay (mayalanmamış) ve yarı-mayalanmış çay olmak üzere başlıca üç çeşit çay elde edilmektedir. Siyah çaydan buruk bir tadı olan amber renkli, yeşil çaydan hafif acı ve açık yeşil-sarı renkli, yarı mayalanmış çaydan ise hafif acı ve açık kahverengi–yeşil renkli içecekler elde edilmektedir [6].

2.2. Çay Tarımının Özellikleri

2.2.1. Ekolojik özellikleri

Bol yağış isteyen bir bitki olan çay, gelişme süreci içersinde yıllık ısı ortalaması 14 derece olan ve 1200 mm’ nin üstünde yağış ile % 70’den fazla nem oranına sahip bölgelerde yetiştirilmektedir. Ülkemizde daha çok Karadeniz Bölgesi’nde yetişmektedir [8].

Çay asitli toprakları seven bir bitkidir. Toprağın besinlerce zengin ve derin olması çayın gelişimi için iyi olup ağır killi, kireçli ve taban suyu yüksek yerlerde iyi gelişmez. Düz arazilerde toprak humusca zengin ve geçirgen olmalıdır. Arazide meyil varsa bu oran %50'den fazla olmamalı, setleme ve teraslama yapılmalıdır. Çay bitkisinin gelişimi için gereksiz ve hastalıklı dalları belli periyotlarla kesilir. Bu periyot genelde büyümenin durgun olduğu dönemlerde seçilir. Kışın genelde budama tercih edilmez. Kasım-Aralık, Mart veya Nisan ayları en uygun aylardır [6].

Çaylıklara bazen gerekli besin değeri alması için gübreleme yapılır. Genelde ahır gübresi veya suni gübre verilir. Ahır gübresi toprağı organik maddelerce zenginleştirir. 4-5 yılda bir dönüme 3-4 ton ahır gübresi verilerek toprakta su, hava ve besin düzeni zenginleştirilir. Gübreleme, budamayı takip eden aylarda yapılr. Suni gübreleme ise toprak tahlili sonuçlarına göre yapılır. En iyi gübreleme % 25 azot, % 5 fosfor, % 10 potasyum ihtiva eden kompoze gübre olup, dönüme 60 kg olacak şekilde her yıl Şubat ayında verilir [6].

Çay, Nisan sonu ile Mayıs ayı başında toplama olgunluğuna erişir. Ürün hasadı Mayıs ayında başlayıp Ekim sonuna kadar devam eder. Bu dönem içinde 3-4 sürgün devresi olur. Çay hasadı bu sürgün devreleri dikkate alınarak yapılır. Gerek elle ve gerekse kesici aletle yapılan her sürgün devresinde toplama, bir önceki seviyenin 3-4 cm üzerinden yapılmalıdır [6].

2.2.2. Çay işleme teknolojisi

Günümüzde çay ürününün değişik yöntemlerle işlenmesi ile siyah, yeşil ve öz çay elde edilmektedir. Dünya çay üretim teknolojisinde Ortodoks, CTC ve bunların kombinasyonları kullanılmaktadır.

Çay üretiminde daha çok Ortodoks ve CTC (cut,tear,curl) yöntemleri kullanılır. Bu iki yöntem dünyada bilinen belli başlı iki çay işleme yöntemidir. Dünyada en fazla tercih edilen çay ise Ortodoks yöntemi ile elde edilen çaydır [9]. Ortodoks yöntemi, çay bitkisinin genç ve körpe yaprakları ile tomurcuğunun; soldurma, kıvırma, fermantasyon ve kurutma işlemlerine tabi tutulması ile gerçekleştirilmektedir. CTC metodu verimliliği ve uygunluğu yüzünden popülarite kazanmıştır. CTC ile işlenmiş çaylar elle toplanmış veya mekanik olarak hasat edilmiş olabilir. Makine ile hasat edildiğinde, CTC prosesi geleneksel üst iki yaprak ve tomurcukla beraber diğer yaprakları da işleyebilmektedir. CTC makineleri ile kesme, ezme, parçalama, yırtma

ve dökme işlemi aynı anda yapılmaktadır. Fermantasyon ve kurutma işlemi Ortodoks yöntemindeki gibi olmaktadır [6]. CTC yöntemiyle işlenen çaylar, Ortodoks yöntemiyle işlenenlere göre daha düşük aroma yoğunluğuna sahiptir. Bunun nedeni, CTC makinelerinde yapılan üretimde oksidasyon hızı Ortodoks yöntemine göre daha hızlıdır.

Ülkemizde herhangi bir standart yöntem uygulanmamaktadır. Yaş çay yaprağı olması gereken standardına uygun toplanmadığı için üretim aşamasında, kart yaprağı kıracak makine ilavelerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu da çayın kalite standardını bozmuştur. Her fabrika adı ve belli bir standardı olmayan kendine özgü üretimler yapmaktadır. CTC yönteminde kıvırma aşamasında parçalama, yırtma ve bükme hareketleri yapan ve kısaca CTC olarak adlandırılan makinelere karşın bizim ülkemizde kıvırma aşamasında genellikle rotorvan kullanılmaktadır. Rotorvan yönteminde standartlara göre toplanmamış kart, kaba ve iri çaylar et kıyma makinesine benzer bir makine ile işlenir. Bu işlemde kullanılan makineye rotorvan denir [9].

Soldurma işlemi, çay üretiminde uygulanan ilk işlemdir. Soldurmanın amacı, suyun bir kısmının uzaklaştırılması ve böylece kısmi kurutma ile çay yaprağına esneklik kazandırarak fiziksel olarak kıvırma işlemine uygun hale getirilmesidir. Taze çay yaprağında % 70 - 83 arasında değişen miktarlarda su mevcut bulunmaktadır. Çay yaprağı bu şekilde kıvırma işlemine tabi tutulursa kırılır ve küçük parçalara ayrılırken, siyah çaya nitelik kazandıran hücre özsuyu akarak kaybolur. Soldurma süresi genelde 8 - 16 saat arasında gerçekleştirilmektedir. Bu süre içersinde isteğe bağlı olarak 100 kg yeşil çay yaprağında 25 - 50 kg su kaybı yaratılır [6].

Soldurmadan sonra uygulanan kıvırma işlemi, yaprak hücrelerinin ezilip parçalanması sonucu açığa çıkan hücre özsuyundaki polifenoller, enzimler ve oksijenin tepkimeye girerek oksidasyonun gerçekleşmesine neden olurlar. Soldurulan çay yaprakları, özel makinelerde ezme, aşındırma, yırtma ve bükme işlemlerine tabi tutulmasına kıvırma işlemi denir. Daha önceleri bu işlem avuç içinde insan gücüyle yapılırdı. İşlem, solmuş çay yaprağında dokuların ve hücrelerin kıvırma makinesinde parçalanarak hücre öz suyunun dışarı çıkartılması ve yapraklara bulaşması ile başlar. Soldurulmuş çay yapraklarının kıvrılması bu amaçla geliştirilmiş makinelerde sağlanan hareketlerle gerçekleştirilmektedir.

Kıvırma makinelerindeki çevrimsel hareket, parçalanan yapraklardan çıkan öz suyun yaprağın tamamına bulaşabilecek şekilde ayarlanmıştır. Çeşitli faktörlere bağlı olarak kıvırma süresi 15-60 dakika ve kıvırma sayısı 2-3 arasında değişebilmektedir [6].

Kıvırma süresi ile sayısı üzerine çay yaprağının çeşidi, solma derecesi, kıvırma makinesinin yükü ve hızı, basınç derecesi, sıcaklık, yaprak parçalarının büyüklüğü, kıvırma makinelerinde batten, koni ve basınç başlığı tipleri, üretilmek istenen çayın çeşidi gibi faktörler etki etmektedir. Kıvırma sonunda makineden alınan çay yaprakları kalburdan geçirilir. Elek altında kalan kısım fermantasyona gönderilir. Geri kalan kısım tekrar kıvırma makinelerine gönderilir. Siyah çayda istediğimiz renk, burukluk, parlaklık, koku ve aroma oluşması fermantasyon aşamasında gerçekleşir. Oksidasyon kıvrılan yaş çay yaprağının hücre öz suyunda bulunan kimyasal bileşiklerinin oksidaz enziminin tesiri ile biyolojik değişikliğe uğramasıdır. Süre, ısı, nem, serilme kalınlığı ve yoğunluğu, oksijen konsantrasyonu oksidayonun bulunduğu ortamın koşulları oksidasyona etki eden önemli etkenlerdir [6].

Kıvırma işleminden sonra 5 ve 7,5 cm kalınlıkta serilen çay yaprakları, nemi ve sıcaklığı ayarlanmış odalarda 40 dakika ile 3 saat arasında değişen sürelerde bırakılması ile fermantasyon yerine getirilmektedir. Bu aşamada optimal sıcaklık 23-25 ^{o}C olmalıdır. Renk ve kalite optimum oluncaya kadar fermantasyonda süre uzatılmalıdır. Süre aşılırsa daha fazla renk teşekkülüne karşılık kalitede düşme görülmektedir [6].

Kurutmanın amacı, çay yaprağında bulunan nem içeriğinin belli bir düzeye çekilerek oksidasyonu durdurmak, kazanılan özelliklerin ve oluşan aroma bileşenlerinin kaybolmasına engel olmaktır. Bu işlem siyah çayın depolanabilir, paketlenebilir ve taşınabilir durumuna sokulmasında önemli bir görevi yerine getirmektedir. Fermantasyon tamamlandığında çay yaprağındaki % 45-50 oranındaki nem oranı kurutma işlemi ile % 3 düzeylerine indirilmektedir. Kurutma işlemi tabla üzerinde hareket eden fermantasyona uğramış çay yaprağına sıcak hava üflenmesiyle gerçekleştirilmektedir. Fırına giren sıcak hava 87-99 ^{o}C ve çıkan havanın 50-55 ^{o}C arasında olmasına dikkat edilirken, kurutma işlemi genellikle 24-27 dakika arasında tamamlanmaktadır [6].

Yaş çay yapraklarının fermente edilmeden işlenmesi ile elde edilen ürüne yeşil çay denilmektedir. Yeşil çay üretimi şok soldurma, kıvırma, kurutma ve tasnif olmak üzere dört aşamada gerçekleşmektedir.

2.3. Türkiye'de Çay Sektörünün Mevcut Durumu Ve Performansı

1984 yılına kadar devlet tekeli altında sürdürülen çay işletmeciliği 1988 Aralık ayında 3092 sayılı " Çay Kanunu" ile serbest bırakılmıştır. 1994 yılında Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, çıkarılan 4046 sayılı kanun ile KİK kapsamından çıkarılarak İktisadi Devlet Teşekküller arasına alınmış, 2002 yılında ise Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın kuruluşu olmuştur. Bugün sektörde Çay-Kur'un 47 adet yaş çay işleme fabrikası, 3 adet paketleme fabrikası özel sektörün ise biri kooperatif olmak üzere yaklaşık 229 adet yaş çay işleme fabrikası bulunmaktadır [10].

Bunlar Rize, Trabzon, Artvin, Giresun ve Ordu ili sınırları içinde yer almaktadır. Sektörde mevcut günlük yaş çay işleme kapasitesi (Özel sektör 8.746 ton/gün, Çay-Kur 6.760 ton/gün) toplam 15.506 ton/gündür [10].

2.3.1. Ekim alanları

Çay, ülkemizin Doğu Karadeniz kıyılarında (Doğu'da Sarp'dan başlayarak Batı'da Araklı deresine kadar) ekonomik bölgede Artvin, Rize iç kısımlarında 10 ile 35 km arasında değişen ve Giresun, Ordu illerini kapsayan tali bölgede 200-215 km kıyı şeridinde yetişmektedir.

Türkiye'deki çay tarım alanları ve kuru çay üretim miktarlarını Dünya ile kıyaslayacak olursak 2008 yılına göre çay tarım alanları ve kuru çay üretimleri Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : 2008 yılındaki Dünya çay tarım alanları [10].

Ülkeler	Çaylık Alan (Hektar)
Çin	1.215.000
Hindistan	474.000
Srilanka	213.000
Kenya	158.000
Endonezya	107.000
Vietnam	129.000
Türkiye	76.000
Diğer Ülkeler Toplamı	434.000
Genel Toplam	2.806.000

Çizelge 2.2 : 2008 yılındaki Dünya kuru çay üretimi [10].

Ülkeler	Miktar (Ton)
Çin	1.257.000
Hindistan	805.000
Kenya	346.000
Srilanka	318.000
Türkiye	211.000
Vietnam	175.000
Endonezya	152.000
Diğer Ülkeler Toplamı	486.000
Genel Toplam	3.750.000

Türkiye'de çaylık alanların % 65,6'sı Rize, % 20,5'i Trabzon, % 11,3' ü Artvin, % 2,6'sı ise Giresun ve Ordu illerinde bulunmaktadır [10]. Bu çaylık alanların dekar cinsinden değerleri ve üretici sayıları Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3 : İllerin çaylık alan ve üretici sayısı dağılımı [10].

İl	Çaylık Alan (Dekar)	%	Üretici Sayısı	%
Rize	497.800	65,6	124.513	62,0
Trabzon	155.146	20,5	47.898	23,9
Artvin	85.755	11,3	19.319	9,6
Giresun	19.698	2,6	9.023	4,5
Ordu	114	0	45	0,0
Toplam	758.513	100	200.798	100

Türkiye'de çay üretimi devlet ve özel sektör tarafından sağlanmaktadır. Bu fabrikaların sayıları ve kapasiteleri hakkında bilgiler Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Devlet ve özel sektörlere ait çay fabrikalarının illere göre sayı ve kapasiteleri [10].

İller	Çaykur Fabrikaları		Özel Sektör Fabrikaları		Toplam	
	Sayı	Kapasite (Ton/Gün)	Sayı	Kapasite (Ton/Gün)	Sayı	Kapasite (Ton/Gün)
Rize	34	4770	183	6701	217	11471
Trabzon	8	1180	26	1225	34	2405
Artvin	4	645	7	310	11	955
Giresun	1	165	12	480	13	645
Ordu	0	0	1	30	1	30
Toplam	47	6760	229	8746	276	15506

2.3.2. Çay üretiminin Türkiye ve Dünya ekonomisindeki yeri

Dünya'da çay ithalatı, hem çay üreticisi olan ülkeler, hem de çay üreticisi olmayan ülkeler tarafından yapılmaktadır. FAO'nun (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) 2007 yılı verilerine göre, toplam çay ithalatı yıllık 1.464.000 ton'dur. İthalatta en büyük paya sahip ülkeler arasında sırasıyla AB-27 ülke (336.000 ton), Rusya (182.000 ton), Pakistan (112.000 ton), ABD (109.000 ton), Japonya (47.000 ton), Mısır (22.000 ton) ve Kanada (19.000 ton) yer almaktadır [11].

Dünya'da toplam ihracat miktarı ise yıllık 1.702.000 ton'dur. 2007 yılı verilerine göre ihracatta en büyük paya sahip ülkeler arasında Kenya (374.000 ton), Sri Lanka (307.000 ton), Çin (292.000 ton), Hindistan (193.000 ton),Vietnam (114.000 ton), AB-27 ülke (92.000 ton), Endonezya (84.000 ton) ve Arjantin (76.000 ton) gibi ülkeler ilk sıraları almaktadır [11].

Re-export yapan ülkeler arasında en önemli tüketici ülke olarak 2007 yılında İngiltere (25 bin ton) yer almaktadır [11]. Re-export, dünya çaycılığında özellikle üretici ülkelerin birbirlerinin çaylarını harmanlamak suretiyle ya da tüketici ülkelerin ithal ettikleri çayı yeniden harmanlayıp ihraç etme işlemidir.

Türkiye, çay tarım alanlarının genişliği bakımından, dünyada üretici ülkeler arasında 7. sırada, kuru çay üretimi yönünden de 5. sırada, yıllık kişi başına tüketim bakımından ise 4. sırada yer almaktadır [11].

2.4. Türkiye'deki kamuya ait çay fabrikalarının enerji tüketimlerinin ve maliyetlerinin incelenmesi

Türkiye'de kamuya ait 47 çay fabrikası yer almaktadır. 2010 yılında buhar kazanlarında yakıt cinsi olarak kömür kullananların sayısı 22, fuel-oil kullananların sayısı ise 25'tir. Kömür kullanan fabrikalar, 2010 yılında toplam 56.922.305 kg kömür tüketmiş olup, fuel-oil kullanan fabrikalar ise 2010 yılında toplam 37.466.425 kg fuel-oil tüketmiştir. Kömür kullanan fabrikaların yıllık ekektrik tüketimi toplam 30.971.503 kWh, fuel-oil kullanan fabrikaların yıllık elektrik tüketimi ise toplam 39.237.538 kWh olarak gerçekleşmiştir. Kullanılan bu enerji türlerini tek bir birime indirgeyecek olursak bu değerler ton eşdeğer petrol (TEP) olarak verilir. Çizelge 2.5 ve Çizelge2.6'da görüldüğü gibi kömür kullanan fabrikalar yıllık 44.701 TEP'lik bir enerji tüketmekte, fuel-oil kullanan fabrikalar ise yıllık 40.316 TEP'lik bir enerji tüketmektedirler [12].

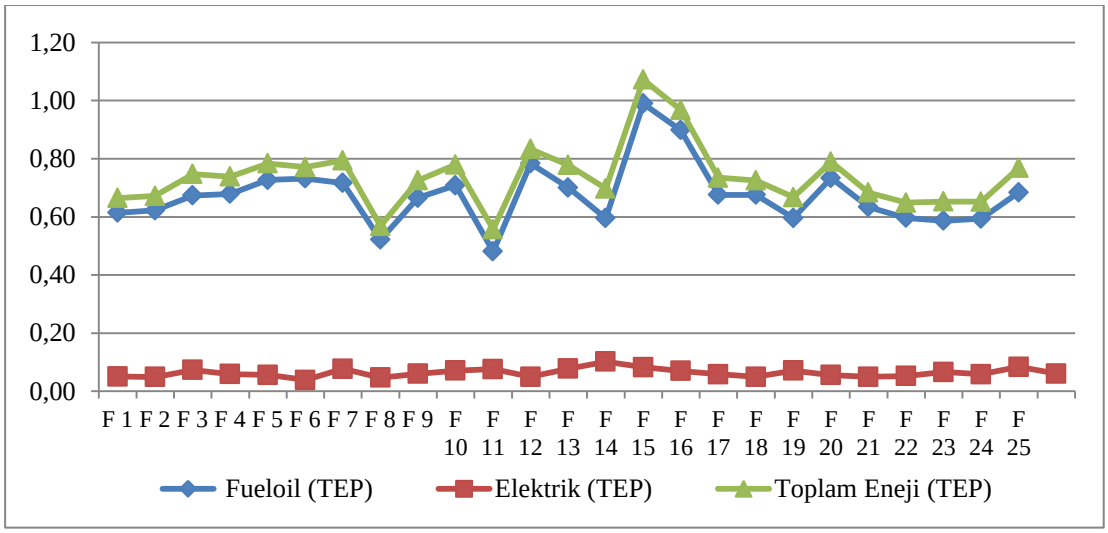
Çizelge 2.5 : Fuel-oil tüketen fabrikaların 2010 yılına ait enerji tüketim değerleri [12].

Fabrika Adı	İmalata Verilen Yaş Çay (kg)	Üretilen Kuru Çay (kg)	Verim %	Üretimde Tüketilen Fueloil (kg)	Üretimde Tüketilen Elektrik (kWh)	Üretimde Tüketilen Fueloil (TEP)	Üretimde Tüketilen Elektrik (TEP)	Toplam Tüketilen Enerji (TEP)	Tüketilen fueloil (%)	Tüketilen elektrik (%)	1 Ton Ürün Başına Tüketilen Fueloil (TEP)	1 Ton Ürün Başına Tüketilen Elektrik (TEP)	1 Ton Ürün Başına Tüketilen Toplam Enerji (TEP)
F 1	15.543.923	2.898.062	18,6	1.805.200	1.707.493	1.78	147	1.927	92,4	7,6	0,61	0,05	0,66
F 2	14.583.457	2.534.558	17,4	1.600.000	1.456.681	1.578	125	1.703	92,6	7,4	0,62	0,05	0,67
F 3	14.646.913	2.608.113	17,8	1.781.240	2.236.382	1.756	192	1.949	90,1	9,9	0,67	0,07	0,75
F 4	20.717.375	3.522.985	17,0	2.427.420	2.419.084	2.393	208	2.601	92,0	8,0	0,68	0,06	0,74
F 5	13.205.074	2.349.583	17,8	1.732.140	1.547.075	1.708	133	1.841	92,8	7,2	0,73	0,06	0,78
F 6	28.434.774	5.116.997	18,0	3.799.950	2.321.219	3.747	200	3.946	94,9	5,1	0,73	0,04	0,77
F 7	11.658.414	2.147.210	18,4	1.560.261	1.936.587	1.538	167	1.705	90,2	9,8	0,72	0,08	0,79
F 8	14.522.843	2.727.923	18,8	1.443.240	1.487.663	1.423	128	1.551	91,8	8,2	0,52	0,05	0,57
F 9	19.241.546	3.424.382	17,8	2.310.360	2.389.278	2.278	205	2.483	91,7	8,3	0,67	0,06	0,73
F 10	9.464.310	1.675.724	17,7	1.204.100	1.390.285	1.187	120	1.307	90,9	9,1	0,71	0,07	0,78
F 11	13.256.517	2.357.465	17,8	1.150.130	2.092.972	1.134	180	1.314	86,3	13,7	0,48	0,08	0,56
F 12	9.943.974	1.755.466	17,7	1.394.900	1.019.231	1.375	88	1.463	94,0	6,0	0,78	0,05	0,83
F 13	7.930.175	1.451.744	18,3	1.031.400	1.315.866	1.017	113	1.13	90,0	10,0	0,70	0,08	0,78
F 14	12.134.281	2.224.838	18,3	1.343.074	2.639.904	1.324	227	1.551	85,4	14,6	0,60	0,10	0,70
F 15	5.240.117	943.951	18,0	947.42	906.794	934	78	1.012	92,3	7,7	0,99	0,08	1,07
F 16	6.760.376	1.149.496	17,0	1.047.300	936.673	1.033	81	1.113	92,8	7,2	0,90	0,07	0,97
F 17	12.151.768	2.158.148	17,8	1.479.200	1.477.224	1.458	127	1.586	92,0	8,0	0,68	0,06	0,73
F 18	12.196.355	2.136.496	17,5	1.464.080	1.241.316	1.444	107	1.55	93,1	6,9	0,68	0,05	0,73
F 19	10.190.227	1.768.156	17,4	1.068.890	1.467.917	1.054	126	1.18	89,3	10,7	0,60	0,07	0,67
F 20	14.061.311	2.521.288	17,9	1.875.300	1.645.142	1.849	141	1.991	92,9	7,1	0,73	0,06	0,79
F 21	8.737.676	1.631.651	18,7	1.048.860	941,921	1.034	81	1.115	92,7	7,3	0,63	0,05	0,68
F 22	9.854.382	1.769.087	18,0	1.070.000	1.076.651	1.055	93	1.148	91,9	8,1	0,60	0,05	0,65
F 23	12.353.113	2.251.977	18,2	1.339.920	1.735.355	1.321	149	1.47	89,9	10,1	0,59	0,07	0,65
F 24	10.422.045	1.938.586	18,6	1.167.140	1.320.412	1.151	114	1.264	91,0	9,0	0,59	0,06	0,65
F 25	2.897.259	540.316	18,6	374.9	528.411	370	45	415	89,1	10,9	0,68	0,08	0,77
Toplam	310.148.205	55.604.202	17,9	37.466.425	39.237.538	36.941	3374	40.316	91,6	8,4	0,66	0,06	0,73

Çizelge 2.6 : Kömür tüketen fabrikaların 2010 yılına ait enerji tüketim değerleri [12].

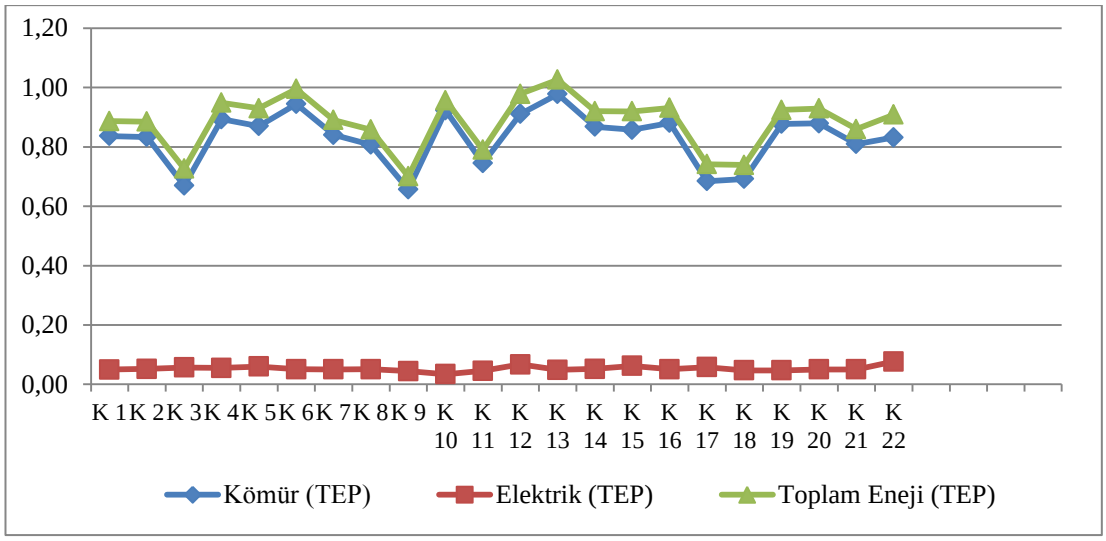
Fabrika Adı	İmalata Verilen Yaş Çay (kg)	Üretilen Kuru Çay (kg)	Verim %	Üretimde Tüketilen Kömür (kg)	Üretimde Tüketilen Elektrik (kWh)	Üretimde Tüketilen Kömür (TEP)	Üretimde Tüketilen Elektrik (TEP)	Toplam Tüketilen Enerji (TEP)	Tüketilen Kömür (%)	Tüketilen Elektrik (%)	1 Ton Ürün Başına Tüketilen Kömür (TEP)	1 Ton Ürün Başına Tüketilen Elektrik (TEP)	1 Ton Ürün Başına Tüketilen Toplam Enerji (TEP)
K 1	14.874.289	2.867.483	19,3	3.250.000	1.658.199	2.400	143	2.543	94,4	5,6	0,84	0,05	0,89
K 2	12.437.000	2.328.802	18,7	2.627.820	1.405.399	1.941	121	2.062	94,1	5,9	0,83	0,05	0,89
K 3	14.036.195	2.577.205	18,4	2.337.000	1.708.224	1.726	147	1.873	92,2	7,8	0,67	0,06	0,73
K 4	14.119.901	2.509.729	17,8	3.036.780	1.608.541	2.243	138	2.381	94,2	5,8	0,89	0,06	0,95
K 5	10.752.827	1.852.147	17,2	2.182.060	1.294.238	1.611	111	1.723	93,5	6,5	0,87	0,06	0,93
K 6	8.494.190	1.563.366	18,4	2.000.050	923.663	1.477	79	1.556	94,9	5,1	0,94	0,05	1,00
K 7	11.501.499	2.024.422	17,6	2.303.790	1.181.046	1.701	102	1.803	94,4	5,6	0,84	0,05	0,89
K 8	14.710.750	2.515.310	17,1	2.750.000	1.488.062	2.031	128	2.159	94,1	5,9	0,81	0,05	0,86
K 9	16.248.387	3.061.224	18,8	2.722.500	1.569.188	2.011	135	2.146	93,7	6,3	0,66	0,04	0,70
K 10	12.776.130	2.283.350	17,9	2.853.614	911.451	2.107	78	2.186	96,4	3,6	0,92	0,03	0,96
K 11	12.892.946	2.398.486	18,6	2.419.667	1.268.459	1.787	109	1.896	94,2	5,8	0,75	0,05	0,79
K 12	8.943.488	1.594.278	17,8	1.967.567	1.245.734	1.453	107	1.560	93,1	6,9	0,91	0,07	0,98
K 13	12.187.688	2.181.381	17,9	2.889.341	1.235.621	2.134	106	2.240	95,3	4,7	0,98	0,05	1,03
K 14	13.271.501	2.437.746	18,4	2.866.221	1.478.804	2.117	127	2.244	94,3	5,7	0,87	0,05	0,92
K 15	9.729.221	1.721.801	17,7	2.000.000	1.243.269	1.477	107	1.584	93,2	6,8	0,86	0,06	0,92
K 16	12.484.806	2.295.435	18,4	2.738.000	1.351.124	2.022	116	2.138	94,6	5,4	0,88	0,05	0,93
K 17	13.383.498	2.480.443	18,5	2.299.000	1.661.011	1.698	143	1.841	92,2	7,8	0,68	0,06	0,74
K 18	14.059.483	2.587.666	18,4	2.426.006	1.413.433	1.792	122	1.913	93,6	6,4	0,69	0,05	0,74
K 19	13.695.432	2.535.066	18,5	3.013.430	1.379.975	2.225	119	2.344	94,9	5,1	0,88	0,05	0,92
K 20	13.754.277	2.487.152	18,1	2.961.314	1.454.792	2.187	125	2.312	94,6	5,4	0,88	0,05	0,93
K 21	13.364.466	2.434.544	18,2	2.669.145	1.421.345	1.971	122	2.093	94,2	5,8	0,81	0,05	0,86
K 22	12.453.543	2.315.760	18,6	2.609.000	2.069.925	1.927	178	2.105	91,5	8,5	0,83	0,08	0,91
Toplam	280.171.517	51.052.796	18,2	56.922.305	30.971.503	42.037	2.664	44.701	94,0	6,0	0,82	0,05	0,88

Yakıt olarak fuel-oil kullanan fabrikaların enerji tüketimleri TEP cinsinden karşılaştırıldığında, 1 ton ürün başına tüketilen fuel-oil miktarının 1 ton ürün başına tüketilen elektrik miktarından fazla olduğu görülmektedir. 1 ton ürün başına tüketilen toplam enerji miktarı 0.56 TEP ile 1.07 TEP arasında değişmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : Fuel-oil tüketen fabrikaların enerji tüketim değerleri karşılaştırılması.

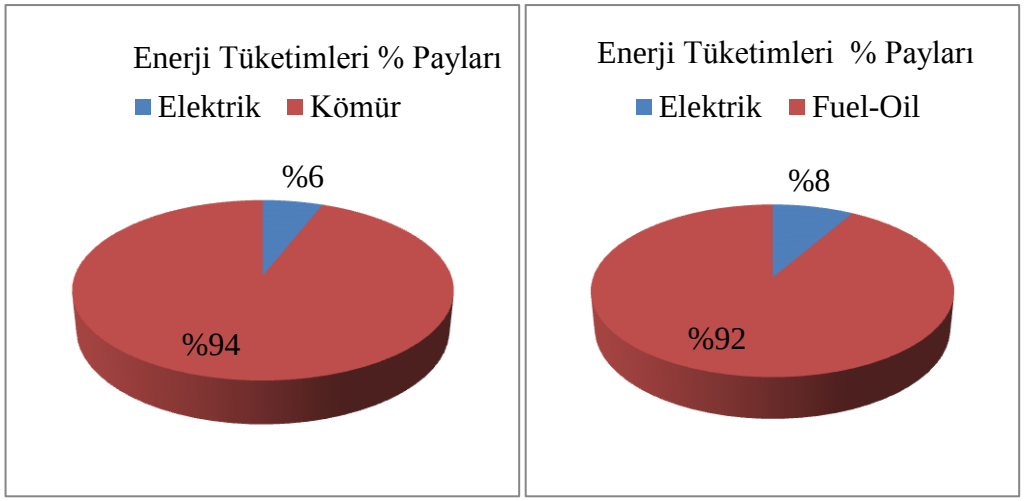
Yakıt olarak kömür kullanan fabrikaların enerji tüketimleri TEP cinsinden karşılaştırıldığında, 1 ton ürün başına tüketilen kömür miktarının 1 ton ürün başına tüketilen elektrik miktarından fazla olduğu görülmektedir. 1 ton ürün başına tüketilen toplam enerji miktarı 0,70 TEP ile 1,03 TEP arasında değişmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Kömür tüketen fabrikaların enerji tüketim değerleri karşılaştırılması.

Yakıt olarak fuel-oil kullanan fabrikaların enerji tüketim paylarının ortalaması incelendiğinde, toplam enerji tüketiminin %92'lik kısmının fuel-oil tüketimine harcandığı, %8'lik kısmının elektriğe harcandığı görülmektedir.

Yakıt olarak kömür kullanan fabrikaların enerji tüketim paylarının ortalaması incelendiğinde, toplam enerji tüketiminin %94'lük kısmının kömür tüketimine harcandığı, %6'lık kısmının elektriğe harcandığı görülmektedir (Şekil 2.3).



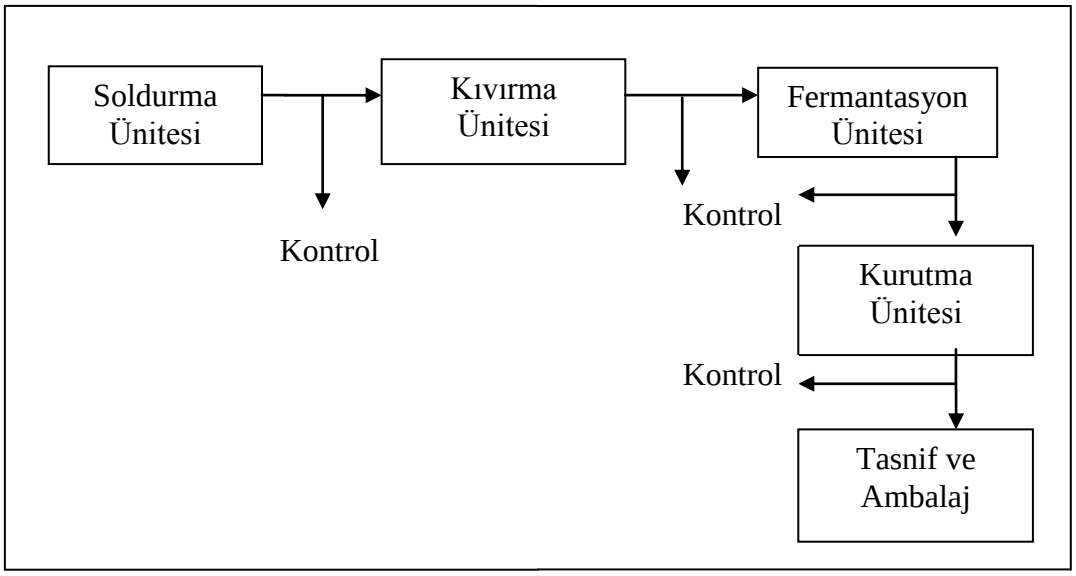
Şekil 2.3 : Enerji çeşitlerine göre fabrikaların enerji tüketim payları.

Bu veriler doğrultusunda fabrikalar arasından bir çay fabrikası seçilelerek enerji incelemeleri yapılmıştır.

3.MEVCUT TESİSTE ENERJİ TÜKETİM ANALİZİ

3.1. Proses Bilgileri

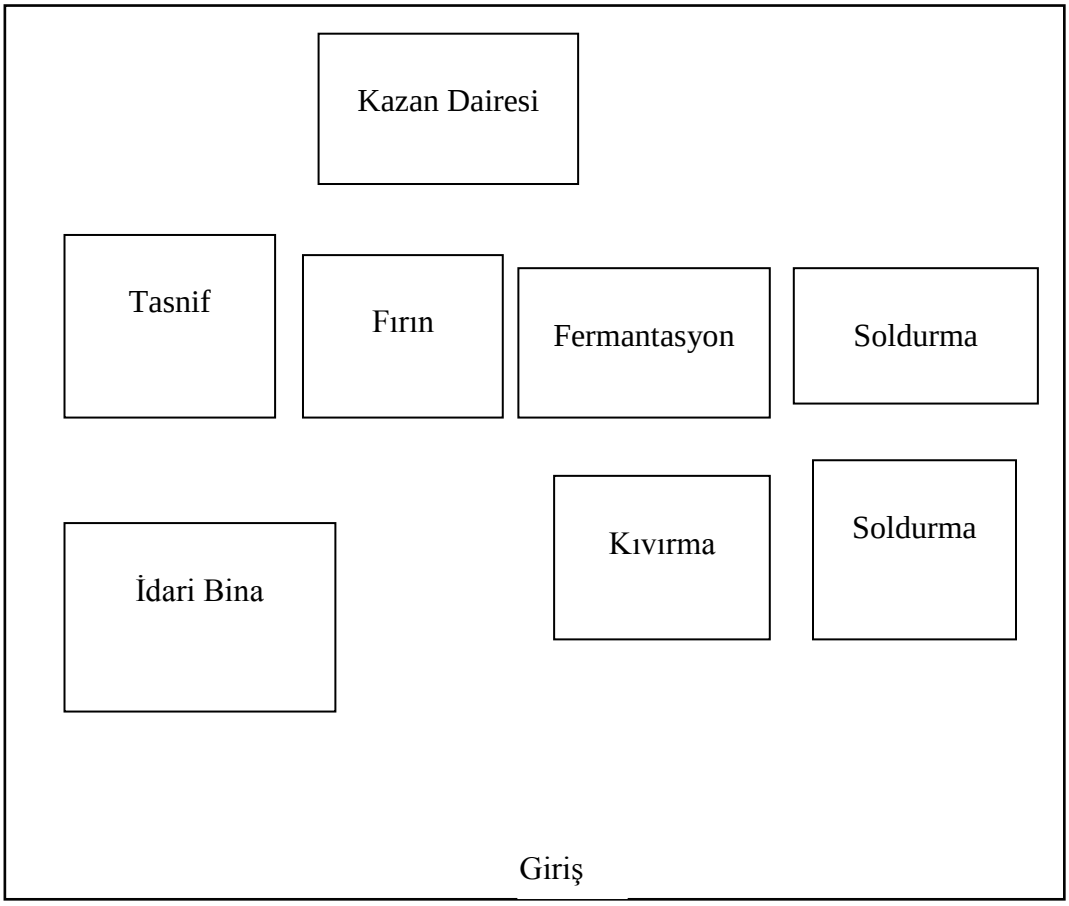
Fabrikada bulunan ana üniteler; soldurma, kıvırma, fermantasyon, kurutma, tasnif ve ambalaj üniteleridir. İşletmede üretimde hammadde olarak yaş çay kullanılmaktadır. Üreticiden alınan yaş çaylar kamyonlarla fabrikaya getirilmektedir. Yaş çay soldurma ünitesinde yaklaşık dış hava sıcaklığına bağlı olarak 32-40 ^{o}C civarlarında 8–16 saat bekletilerek soldurulmaktadır. Soldurma işlemi; içerisinden buhar geçirilen serpantinler üzerinden dış ortam havasının bir fan vasıtasıyla geçirilmesi ve ısınan havanın soldurma kanallarına iletilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Soldurulmuş çaylar kıvırma ünitesine gönderilerek burada bitki öz suyunun hücreden dışarı çıkarılarak kırılmadan kıvrılan çayların üzerine bulaşması sağlanır. Buradan fermantasyon ünitesine gönderilerek çayın renk, tat, koku gibi özelliklerinin oluşması sağlanır. Daha sonra fermantasyona uğrayan çaylar kurutma fırınlarına alınır. Kurutma işlemi yaklaşık olarak 105 ^{o}C civarlarında gerçekleştirilmektedir. Kurutma işlemi de soldurma işlemindeki gibi havanın bir fan vasıtasıyla ısıtıcı serpantinlerden geçirilerek kurutma fırınlarının içerisine verilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Kurutulan çaylar daha sonra eleklerden geçirilerek tasnif bölümünde ambalajlanmaktadır. İşletmede ürünün imalat kısımlarına iletilmesi tamamen konveyör sistemiyle gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Kuru çay üretim prosesinin akış şeması.

3.2. Endüstriyel İşletme Bilgileri

Fabrika bir kamu kuruluşudur. İşletmede kuru çay üretimi yapılmaktadır. İşletmede yaklaşık olarak 5 ile 6 ay arasında kuru çay üretimi gerçekleştirilmektedir. Kuru çay üretim tesisinde çalışma günlerinde 24 saat üretim yapılmakta ve üç vardiya halinde çalışılmaktadır. Yaş çay işleme kapasitesi 280 Ton/gün' dür. Fabrikada enerji kaynağı olarak fueloil, kömür, çay lifi, vb. atıklar kullanılmaktadır. İşletmede beş adet buhar kazanı bulunmaktadır. Bu kazanlardan dört tanesi sıvı yakıtla (fuel-oil) bir tanesi katı yakıtla (kömür, çay lifi vb.) çalışmaktadır. İşletmede bir diğer enerji kaynağı olarak da elektrik kullanılmaktadır. Şekil 3.2'de fabrika yerleşim planı görülmektedir.



Şekil 3.2 : Fabrikanın yerleşim planı.

3.2.1. Enerji tüketimleri ve maliyetleri

Fabrikanın 2008-2010 yılları arasında tükettiği enerji miktarı Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de TEP cinsinden verilmiştir.

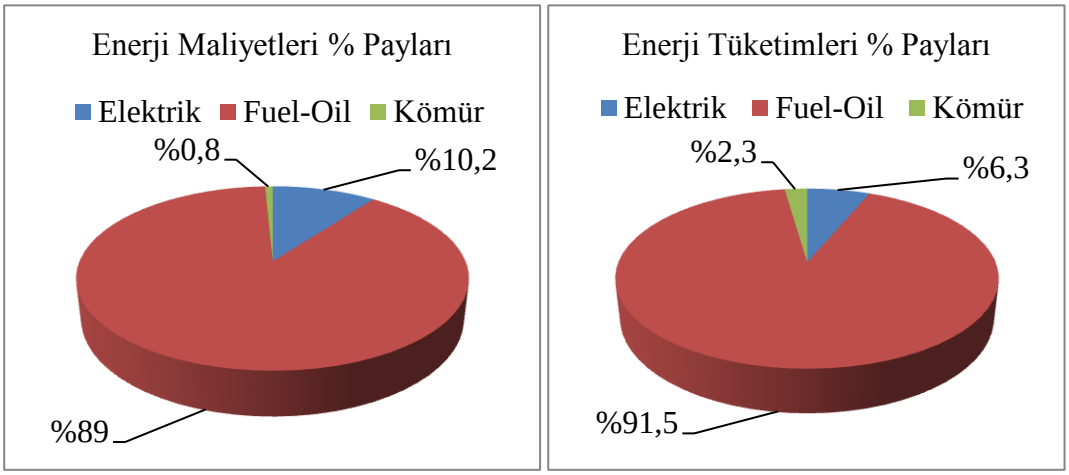
Çizelge 3.1 : Fabrikanın 2008-2010 yılları arası enerji tüketim değerleri [12].

Yıllar	Tüketimler (TEP)
2008	4.398,48
2009	4.550,29
2010	4.097,03

Çizelge 3.2 : Fabrikanın 2010 yılı enerji tüketimleri ve maliyetleri [12].

Enerji Türü	Tüketim				Maliyet		Birim Maliyet
	Miktar	Birim	TEP	Toplam %	TL	Toplam %	TL / TEP
Elektrik	2.992.896,29	kWh	257,39	6,3	657.475,95	10,2	2.554,39
Fuel-oil	3.799.950	Kg	3.746,8	91,5	5.737.924,5	89	1.531,42
Kömür	125,78	Kg	92,89	2,3	48.631,58	0,8	523,53
TOPLAM			4.097,03	100	6.444.032,03	100	1.572,85

Fabrikanın enerji tüketim ve maliyet oranları incelendiğinde fuel-oil tüketiminin fabrikanın enerji tüketiminin %91,5'lik kısmını, fuel-oil maliyetinin de %89'luk kısmını oluşturduğu görülmektedir. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3 : Fabrikanın 2010 yılı enerji tüketimlerinin ve enerji maliyetlerinin pay grafikleri [10].

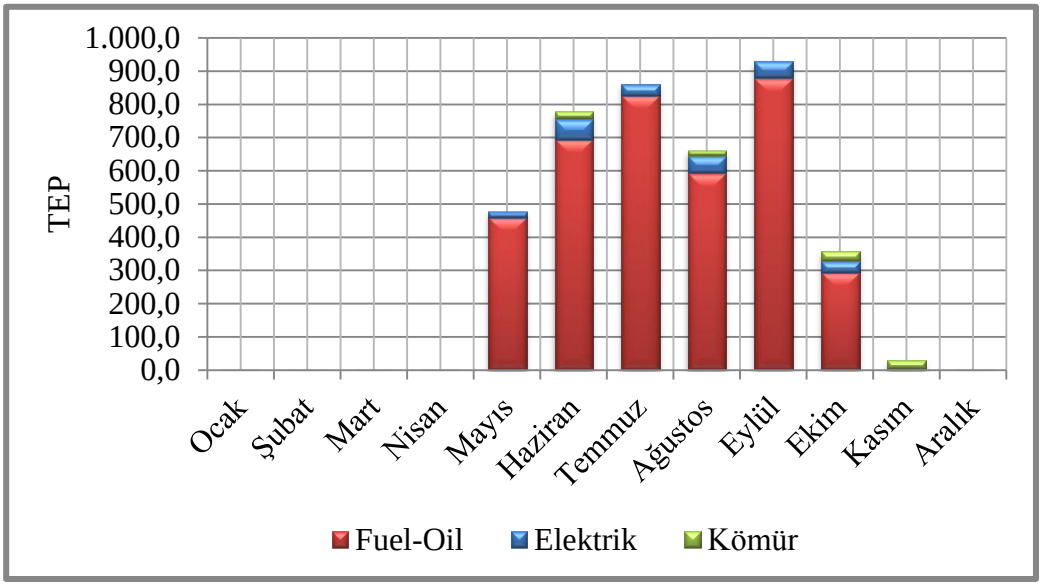
3.3. Endüstriyel İşletmenin Enerji Tüketiminin İncelenmesi

Fabrikanın 2010 yılındaki aylara göre elektrik, fuel-oil ve kömür tüketimleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Fabrikanın enerji tüketiminin ve maliyetlerinin aylara göre dağılımı [12].

Aylar	Elektrik Tüketimi		Elektrik Maliyeti	Kömür Tüketimi		Kömür Maliyeti	Fuel-oil Tüketimi		Fuel-oil Maliyeti
	kWh	TEP	TL	kg	TEP	TL	kg	TEP	TL
Ocak	7.465,50	0,64	1.683,58	0	0	0	0	0	0
Şubat	6.605,55	0,57	1.487,37	0	0	0	0	0	0
Mart	6.889,05	0,59	1.551,20	0	0	0	0	0	0
Nisan	7.210,35	0,62	1.623,50	0	0	0	0	0	0
Mayıs	198.286,20	17,05	43.226,50	0	0	0	466.63	460,1	704.611,30
Haziran	708.732,00	60,95	155.771,50	30	22,16	11.599,20	704.32	694,5	1.063.523,20
Temmuz	404.892,79	34,82	89.261,90	0	0	0	838.84	827,1	1.266.648,40
Ağustos	608.620,95	52,34	133.531,90	20	14,77	7.732,80	600.98	592,6	907.479,80
Eylül	599.290,65	51,54	130.706,40	0	0	0	890.9	878,4	1.345.259,00
Ekim	400.088,00	34,41	88.669,00	40,78	30,12	15.767,18	298.28	294,1	450.402,80
Kasım	35.696,00	3,07	7.909,70	35	25,85	13.532,40	0	0	0
Aralık	9.119,25	0,78	2.053,40	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	2.992.896,29	257,39	657.475,95	125,78	92,89	48.631,58	3.799.950	3.746,80	5.737.924,50

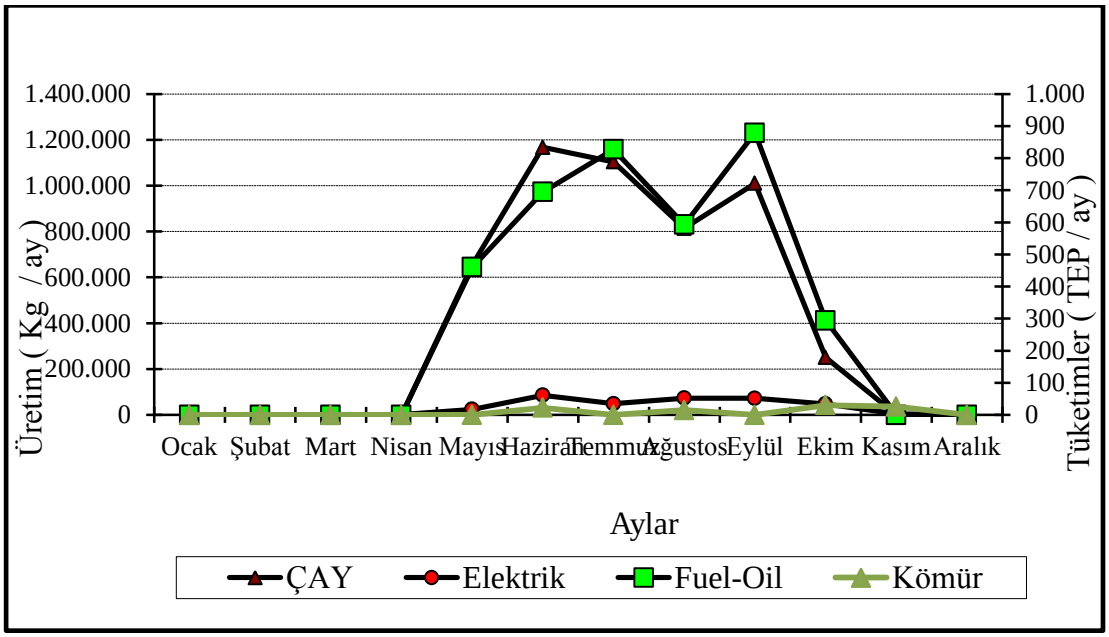
Mayıs ve Ekim ayları arasında gerçekleşen çay üretiminde enerji olarak fuel-oil tüketiminin TEP cinsinden kömür ve elektriğe göre çok fazla olduğu Şekil 3.4'de görülmektedir.



Şekil 3.4 : Fabrikanın aylara göre TEP cinsinden enerji tüketim değerleri.

3.4. Üretim –Tüketim Analizleri

Fabrikanın 2010 yılında aylara göre ne kadar üretim yaptığı ve bu orana karşılık ne kadar enerji tüketildiği Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5 : Fabrikanın enerji tüketimi ve kuru çay üretiminin aylara göre dağılımı.

Şekil 3.5'te görüldüğü üzere, Haziran ayının sonlarına doğru ve Temmuz ayının başlarında üretim miktarı azalırken fuel-oil tüketimi artmaktadır. Bu noktada fabrika verimsiz çalışmıştır. Yine Eylül ayında üretim miktarındaki artma oranı enerji tüketimindeki artma oranından küçüktür. Yani enerji tüketimi daha çok artmıştır.

3.5. Mevcut Tesis Üzerinde Değerlendirmeler

Yıllık enerji tüketimi yaklaşık 4000 TEP olan fabrikada enerji yönetim birimi yoktur, sadece enerji yöneticisi bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında fabrikada, ısı enerjisi ve elektrik ile ilgili enerji tasarruf odakları olmak üzere iki ana başlık altında incelemeler yapılmıştır. İlk önce mevcut durum tespit edilmiştir. Buradan yola çıkarak fabrikada ön etüd çalışmaları gerçekleştirilmiş, ne gibi iyileştirmeler yapılabileceği üzerinde durulmuş ve maliyet analizleri yapılmıştır.

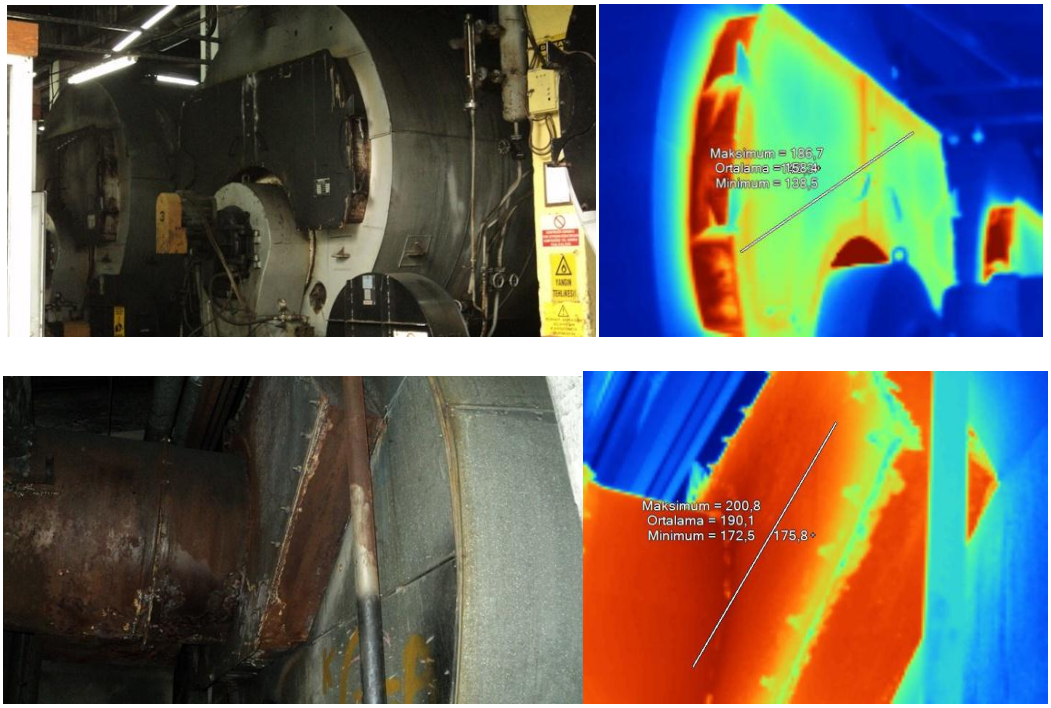
4. ISI ENERJİSİ İLE İLGİLİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ OLANAKLARI

Fabrikada ısı enerjisinin kullanıldığı bölümlerde incelemeler yapılmıştır.

4.1. Buhar Kazanları

4.1.1. Ünite ve sistem tarifi

Fabrikada gerekli ısı ihtiyacını karşılayan dört adet sıvı yakıtlı (275 m^2) ve bir adet katı yakıtlı buhar kazanı bulunmaktadır. Sıvı yakıtlı kazanlarda 6 numara fuel-oil, katı yakıtlı kazanda ise kömür ve çay lifi kullanılmaktadır. Sıvı yakıtlı kazanlarda buhar kazanlarının bacalarındaki atık ısı bir ekonomizer sistemiyle geri kazanılmaktadır. Üretim esnasında sıvı yakıtlı kazanlardan ikisi ve katı yakıtlı kazan kullanılmaktadır. Kazan üzerinde yalıtımsız noktalar termal kamera ile ölçülmüştür. (Şekil 4.1)



Şekil 4.1 : Kazan üzerindeki yalıtımsız noktalar.

4.1.2. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Buhar kazanları üzerinde yapılan ölçümler ve alınan değerler aşağıda Çizelge4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 4.1 : 1 Nolu buhar kazanı ölçüm sonuçları.

Buhar Kazanı Veri Toplama Çizelgesi	
Kazan modeli	Skoç tipi yıldız marka kazan
Buhar üretimi (Kg/h)	275 m^2
Dizayn basıncı (Bar)	8,4
Çalışma basıncı (Bar)	5
Buhar sıcaklığı (°C)	151,1
Baca Gazı Bileşenleri (%)	65 ppm CO %13,1 CO2 %7,2 O2
Yanma Havası Sıcaklığı (°C)	25
Baca Gaz Sıcaklığı (°C)	211
Ortam Sıcaklığı (°C)	25
Besi suyu iletkenliği (ppm)	139
Blöf sıcaklığı (°C)	96
Yakıt türü ve cinsi	Fuel-oil (No:6)
Yakıt ön ısıtma sıcaklığı (°C)	80

Çizelge 4.2 : 2 Nolu buhar kazanı ölçüm sonuçları.

Buhar Kazanı Veri Toplama Çizelgesi	
Kazan modeli	Skoç tipi yıldız marka kazan
Buhar üretimi (Kg/h)	275 m^2
Dizayn basıncı (Bar)	8,4
Çalışma basıncı (Bar)	5
Buhar sıcaklığı (°C)	151,1
Baca Gazı Bileşenleri (%)	45 ppm CO %10,2 CO2 %9,5 O2
Yanma Havası Sıcaklığı (°C)	25
Baca Gaz Sıcaklığı (°C)	195
Ortam Sıcaklığı (°C)	25
Besi suyu iletkenliği (ppm)	139
Blöf sıcaklığı (°C)	90
Yakıt türü ve cinsi	Fuel-oil (No:6)
Yakıt ön ısıtma sıcaklığı (°C)	80

Çizelge 4.3 : 3 Nolu buhar kazanı ölçüm sonuçları.

Buhar Kazanı Veri Toplama Çizelgesi	
Kazan modeli	Skoç tipi yıldız marka kazan
Buhar üretimi (Kg/h)	275 m^2
Dizayn basıncı (Bar)	8,4
Çalışma basıncı (Bar)	5
Buhar sıcaklığı (°C)	151,1
Baca Gazı Bileşenleri (%)	20 ppm CO %11,5 CO2 %8 O2
Yanma Havası Sıcaklığı (°C)	25
Baca Gaz Sıcaklığı (°C)	228
Ortam Sıcaklığı (°C)	25
Besi suyu iletkenliği (ppm)	139
Blöf sıcaklığı (°C)	93,5
Yakıt türü ve cinsi	Fuel-oil (No:6)
Yakıt ön ısıtma sıcaklığı (°C)	80

4 nolu buhar kazanı yedek olarak kullanılıp üretim esnasında her zaman çalışmamaktadır. 2 nolu buhar kazanında yapılan ölçümler sonucunda baca gazı sıcaklığının 1 ve 3 nolu kazanlara göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, 2 nolu buhar kazanındaki 0_2 miktarının normalin biraz üzerinde olduğu, bu seviyenin ideal şartlara getirildiğinde bir tasarruf odağı olarak düşünülebileceği tespit edilmiştir.

4.1.3. Değerlendirmeler ve hesaplamalar

Fabrikada kullanılan yakıt cinsi, fuel-oil (No6)'dır.

Yakıtta Bulunan;

Karbon (C) %'si ağırlıkça = % 85

Hidrojen (H_2) %'si ağırlıkça = % 11,7

Kükürt (S) %'si ağırlıkça = % 2,1

Nem (nem) %'si ağırlıkça = -

Oksijen (O_2) %'si ağırlıkça = -

Diğerleri %'si ağırlıkça = % 1,2

Toplam = % 100 olmaktadır.

Kullanılan yakıtın alt ısıl değeri, 9860 kcal/kg'dır [12].

Yakıtın Alt Isıl Değeri = 9860 kcal/kg x 4,186 = 41.273,96 kJ/kg

$$\text{Y. Ü. I. D} = \text{Y. A. I. D} + \left(6 \text{ x } (9 \text{ x Yakıttaki } H_2 \text{yüzdesi}) \right) \quad (\mathbf{4.1})$$

Yakıtın Üst Isıl Değeri = 9860 + (6 x (9 x 11,7))

Yakıtın Üst Isıl Değeri = 10.492 kcal/kg

Baca gazında;

Oksijen (O_2) hacimce = % 7,20

Karbonmonoksit (CO) = 65 ppm = 65 x 100/1.000.000 = % 0,0065

Baca gazı Sıcaklığı = 211 ^oC

Ortam Sıcaklığı = 25 ^oC olarak ölçülmüştür.

1 nolu buhar kazanına ait ısı kayıpları hesaplanıp kazan verimi şu şekilde bulunmuştur [13]:

1)Kuru Baca Gazı Yoluyla Olan Isı Kaybı (L_{KBG})

$C + O_2$ -----> CO_2
$H_2 + 1/2\ O_2$ -----> H_2O
$S + O_2$ -----> SO_2

Fuel-oil (No6) yakıtına ait özellikler Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Fuel-oil (No6) yakıtının özellikleri.

Bileşen	Ağırlıkça (%)	Molekül Ağırlığı	Mol Sayısı	Gerekli O_2 Mol Sayısı
C	85	12	7,08	7,08
H_2	11,7	2	5,85	2,93
S	2,1	32	0,07	0,07
O_2	-	32	-	-
Nem	-	18	-	-
Diğerleri	1,2	-	-	-
Toplam	100	-	-	10,07

Yakılan 100 kg yakıt için oluşan baca gazı bileşiminde;

$C0_2$ mol sayısı; 85 / 12 = 7,08

$S0_2$ mol sayısı; 2,1 / 32 = 0,07

H_2O mol sayısı; 11,7 / 2 = 5,85

N_2 mol sayısı; 10,07 x (79 / 21) = 37,90 olarak bulunmuştur.

Yaş ve kuru baca gazı bileşimleri Çizelge 4.5 'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Yaş ve kuru baca gazı bileşimleri.

Yaş Baca Gazı Bileşimi			Kuru Baca Gazı Bileşimi		
Bileşen	Mol Sayısı	Hacimce %	Bileşen	Mol Sayısı	Hacimce %
CO_2	7,08	13,92	CO_2	7,08	15,72
SO_2	0,07	0,13	SO_2	0,07	0,15
H_2O	5,85	11,49	H_2O	-	-
N_2	37,90	74,46	N_2	37,90	84,13
O_2	0,00	0,00	O_2	0,00	0,00
Toplam	50,90	100,00	Toplam	45,05	100,00

$$L_{KBG} = \frac{Kx\,(T_{BG} - T_O)}{CO_2} x \frac{Y.Ü.I.D}{Y.A.I.D} \qquad (\mathbf{4.2})$$

$$CO_2 = [1 - \left(\frac{O_2}{21}\right)] \text{ x } (CO_2)_{MAX} \qquad (\mathbf{4.3})$$

$(CO_2)_{max}$ = % 15,72 olarak bulunur (Çizelge 4.5).

$$CO_2 = [1 - \left(\frac{7,2}{21}\right)] \text{ x } 15,72$$

CO_2 = 10,30

$$K = \frac{69,7 \text{ x } C_{YAKIT} \text{ x } (Y.A.I.D)^2}{(Y.A.I.D)^3} \qquad (\mathbf{4.4})$$

$$K = \frac{69,7 \text{ x } 85 \text{ x } (9860)^2}{(10492)^3}$$

K=0,49

$$L_{KBG} = \frac{0{,}49 \text{ x } (211 - 25)}{10{,}30} \text{x} \frac{10.492}{9860}$$

L_{KBG} = % 8,31

2) Baca Gazındaki Nem Nedeniyle Olan Isı Kaybı (L_{NBG})

$$L_{NBG} = \frac{(9 \text{ x } H_{YAKIT}) \text{ x } (50 - T_O + (0{,}5 \text{ x } T_{BG}))}{(Y.Ü.I.D)} \text{ x } \frac{Y.Ü.I.D}{Y.A.I.D} \qquad (\mathbf{4.5})$$

$$L_{NBG} = \frac{(9 \text{ x } 11{,}7) \text{ x } (50 - 25 + (0{,}5 \text{ x } 211))}{10492} \text{ x } \frac{10492}{9860}$$

L_{NBG} = (14.215,5 / 10.492) x (10.492 / 9860)

L_{NBG} = % 1,27

3) Bacagazındaki Yanmamış Karbonmonoksit Nedeniyle Olan Isı Kaybı (L_{COBG})

$$L_{COBG} = \frac{(K \text{ x } CO_{BACAGAZI})}{CO_2 + CO_{BACAGAZI}} \text{ x } \frac{Y.Ü.I.D}{Y.A.I.D} \qquad (\mathbf{4.6})$$

Fuel-oil (No6) için K degeri= 48 [13].

$$L_{COBG} = \frac{(48 \text{ x } 0{,}0065)}{10{,}30 + 0{,}0065} \text{ x } \frac{10492}{9860}$$

L_{COBG} = % 0,03

4) Kazan Yüzeyinden Radyasyon ve Konveksiyonla Olan Isı Kaybı (L_{RK})

$$L_{RK'} = (U_R + U_c) \text{ x } A \text{ x } (T_Y + T_O) \qquad (\mathbf{4.7})$$

Kazan yüzeylerinden alınan değeler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Kazan yüzeylerinde ölçülen değerler.

Yüzey	Alan (m^2)	Ortalama Yüzey Sıcaklığı (^oC)	Ortam Sıcaklığı (^oC)
Ön	1,496	55	25
Sol	4,335	41	25
Sağ	4,335	44	25
Arka	1,131	184	25

$$U_R = \frac{(\text{E x } 5{,}67)}{(T_Y - T_O)} \text{ x } [\,(\frac{T_Y}{100})^4 - (\frac{T_O}{100})^4\,] \qquad (\mathbf{4.8})$$

$$U_C = \text{ B x } (\,T_Y - T_O\,)^{0,25} \qquad (\mathbf{4.9})$$

E = Yüzey malzemesine ve işlenme şekline bağlı yayılım katsayısı

E = 0,98 alındı [13].

B = Konveksiyonla olan ısı kaybındaki yüzeyler için katsayı

B = Yatay yüzeyler (yukarıya bakan) = 1,70

Dikey yüzeyler ve geniş silindirler = 1,45

Yatay silindirler = 1,20 olarak alınır [13].

Ön yüzey için;

$$U_R = \frac{(\,0{,}98 \text{ x } 5{,}67\,)}{(55 - 25)} \text{ x } [\,(\frac{328}{100})^4 - (\frac{298}{100})^4\,]$$

U_R = 6,830 Watt / m^2 K

$$U_C = \text{ 1,45 x } (\,55 - 25\,)^{0,25}$$

U_C = 3,393 Watt / m^2 K

Tüm yüzeylerde meydana gelen radyasyon ve konveksiyona bağlı ısı kayıpları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Kazan yüzeyleri için radyasyon ve konveksiyonla ısı kayıpları.

Yüzey	E	Alan	U_R (W/m^2K)	B	U_C (W/m^2K)	(U_R+U_C) x A x (Ty-To) (Watt)
Ön	0,98	1,496	6,830	1,45	3,393	458,83
Sol	0,98	4,335	6,373	1,45	2,900	643,220
Sağ	0,98	4,335	6,469	1,45	3,027	782,213
Arka	0,98	1,131	12,487	1,45	5,149	3.171,420
Toplam						5.055,650

$L_{RK'}$= 5.055,650 x 0.860 = 4.347,85 kcal/h

$$L_{RK} = \frac{L_{RK'}}{\text{Yakıt tarafından verilen ısı}} \qquad (\mathbf{4.10})$$

1 nolu kazanda senede 1.899.975 kg yakıt tüketilmektedir. Kazan, yaklaşık 5 ay boyunca 24 saat çalışmaktadır [12]. 1 nolu kazanın saatlik yakıt tüketimi;

1.899.975 / (150 x 24) = 527,77 kg/h

Yakıt tarafından verilen buhar miktarı = 527,77 x 560 = 295.551 kcal/h

L_{RK} = (4.347,85 / 295.551) x 100

L_{RK} = % 1,47

5) Isı Kayıpları Toplamı (L)

$$L = L_{KBG} + L_{NBG} + L_{COBG} + L_{RK} \qquad (\mathbf{4.11})$$

L = 8,31 + 1,27 + 0,03 + 1,47

L = 10,48 %

6) Blöf Nedeniyle Olan Isı Kaybı (L_B)

$$L_B = \frac{(T_B - T_{H20}) \text{ x } BM \text{ x } (100 - L)}{\big((T_B - T_{H20}) \text{ x } BM \big) + ((100 - BM) \text{ x } (660 - T_{H20}))} \text{ x } \frac{\text{Y. Ü. I. D}}{\text{Y. A. I. D}} \qquad (\mathbf{4.12})$$

BM = Blöf Miktarı

$$B_M = \frac{\text{Besi suyu iletkenliği}}{\text{Kazan suyu iletkenliği}} \text{ x } 100 \qquad (\mathbf{4.13})$$

Buhar Sıcaklığı = 100 ^{0}C

Kazan suyu iletkenliği = 3500 ppm

Besi suyu iletkenliği = 139 ppm olarak ölçüldü.

$$B_M = \frac{139}{3500} \text{ x } 100$$

BM = % 3,97

$$L_B = \frac{(100 - 25) \text{ x } 3{,}97 \text{ x } (100 - 10{,}78)}{\big((100 - 25) \text{ x } 3{,}97 \big) + ((100 - 3{,}97) \text{ x } (660 - 25))} \text{ x } \frac{10492}{9860}$$

L_B = % 0,46

7) Toplam Isı Kaybı (L_{toplam})

$$L_{TOPLAM} = L + L_B \quad (\mathbf{4.14})$$

L_{TOPLAM} = 10,48 + 0,46

L_{TOPLAM} = % 10,94

8) Fazla Hava Oranı (%)

$$\text{Fazla Hava Oranı} = \left(\frac{O_2}{21 - O_2}\right) \text{ x } 100 \quad (\mathbf{4.15})$$

$$\text{Fazla Hava Oranı} = \left(\frac{7,2}{21 - 7,2}\right) \text{ x } 100$$

Fazla hava oranı = % 52,17

9) Kazan Verimi

$$\text{VERİM} = 100 - L_{TOPLAM} \quad (\mathbf{4.16})$$

Verim = 100 – 10,94

Verim = % 89,06

Aynı işlemler 2 ve 3 nolu buhar kazanlarına uygulanıp verimleri hesaplanmış ve aşağıda Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da tablo halinde verilmiştir

Çizelge 4.8 : 2 Nolu buhar kazanı verim hesabı.

2 Nolu Buhar Kazanı Verim Tablosu	
Kazan Bilgileri	
Kazan Markası	Yıldız
Kazan No	2
Buhar Basıncı	5 bar
Buhar Sıcaklığı	151.1 °C
Buhar Üretimi	11 Ton / h
Yakıt Cinsi	Fuel-oil (No6)
Baca gazı Analizi Ölçüm Sonuçları ve Yakıt Bilgileri	
O_2 :	% 9,5
CO :	45 ppm
T baca :	170 °C
T ortam :	25 °C
T baca :	195 °C
Yakıt ön ısıtma Sıcaklığı :	80 °C
Blöf Bilgileri	
Besi Suyu İletkenliği :	139 ppm
Blöf Sıcaklığı :	90 °C
Besi Suyu Sıcaklığı :	24 °C
Kayıplar	
Kuru Baca gazı Kaybı	% 10,48
Su buharı Duyulur Isısı Nedeniyle Olan Kayıp	% 1,31
Baca gazındaki CO Nedeniyle Olan Kayıp	% 0,03
Yüzeyden Radyasyon ve Konveksiyonla Olan Kayıp	% 1,06
Ara Toplam	%12,87
Blöf Nedeniyle Olan Kayıp	% 0,57
Toplam Kayıp	% 13,45
Kazan Verimi	%86,55

Kazan verimi %86,55 olarak hesaplanmıştır. Yanma sırasında buhar kazanındaki 0_2 miktarı %9,5 olup bu oranın ideal şartlara indirildiğinde (%7-8) kazan veriminin artma potansiyeli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9 : 3 Nolu buhar kazanı verim hesabı.

3 Nolu Buhar Kazanı Verim Tablosu	
Kazan Bilgileri	
Kazan Markası	Yıldız
Kazan No	3
Buhar Basıncı	5 bar
Buhar Sıcaklığı	151.1 °C
Buhar Üretimi	11 Ton / h
Yakıt Cinsi	Fuel-oil (No6)
Baca gazı Analizi Ölçüm Sonuçları ve Yakıt Bilgileri	
O_2 :	0.08
CO :	20 ppm
T baca :	203 °C
T ortam :	25 °C
T baca :	228 °C
Yakıt ön ısıtma Sıcaklığı :	80 °C
Blöf Bilgileri	
Besi Suyu İletkenliği :	139 ppm
Blöf Sıcaklığı :	93,5 °C
Besi Suyu Sıcaklığı :	24 °C
Kayıplar	
Kuru Baca gazı Kaybı	% 11,07
Su buharı Duyulur Isısı Nedeniyle Olan Kayıp	% 1,48
Baca gazındaki CO Nedeniyle Olan Kayıp	% 0,01
Yüzeyden Radyasyon ve Konveksiyonla Olan Kayıp	% 1,06
Ara Toplam	%13,62
Blöf Nedeniyle Olan Kayıp	% 0,6
Toplam Kayıp	% 14,22
Kazan Verimi	%85,78

Kazan verimi %85,78 olarak ölçülmüştür. Yanma sırasında buhar kazanındaki 0_2 miktarı %8 olup ideal şartlarda olduğu belirlenmiştir.

4.1.4. Öneriler, enerji tasarrufu imkânları ve miktarları, geri ödeme süresi

Buhar kazanlarının ön ve arka yüzeylerinde bazı noktalarda ısı yalıtımı yetersiz durumdadır. Bu noktalara yalıtım yapılarak enerji tasarrufu elde edilebilir. Kazan ön ve arka yüzeylerinin yalıtılması halinde elde edilecek enerji tasarruf miktarları ilerleyen bölümlerde detaylı olarak belirtilmiştir.

Yapılan ölçümler neticesinde 2 nolu buhar kazanında yakıtın yanabilmesi için gerekli olan fazla hava oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kazanlarda optimum yakıt hava oranının sağlanması kazan veriminde oldukça önemli bir faktördür. Bu yüzden yanma havası ideal değerlere çekilerek enerji tasarrufu yapılabilir.

4.1.4.1. Buhar kazanının yanma havası miktarının düşürülmesi

2 nolu kazanın baca gazındaki %9,5 civarlarında olan O_2 oranı %7 civarlarına kadar düşürülerek enerji tasarrufu elde edilebilir. Bacadaki O_2 oranının %7'ye düşürülmesi halinde kazan verimi Çizelge 4.10'da hesaplanmıştır.

Çizelge 4.10 : 2 nolu buhar kazanının iyileştirmeden sonra verim hesabı.

2 Nolu Buhar Kazanı İyileştirmeden Sonra Verim Tablosu	
Kayıplar	
Kuru Baca gazı Kaybı	% 8,61
Su buharı Duyulur Isısı Nedeniyle Olan Kayıp	% 1,31
Baca gazındaki CO Nedeniyle Olan Kayıp	% 0,02
Yüzeyden Radyasyon ve Konveksiyonla Olan Kayıp	% 1,06
Ara Toplam	%11,00
Blöf Nedeniyle Olan Kayıp	% 0,59
Toplam Kayıp	% 11,58
Kazan Verimi	%88,42

Bu durumda kazan verimi %88,42 olmaktadır. İlk durumda kazan verimi %86,55 idi.

$$\text{Verim Artışı} = \left(\frac{\text{Son Verim} - \text{İlk Verim}}{\text{Son Verim}}\right) \qquad (\mathbf{4.17})$$

Verim artışı = (88,42 -86,55) / 88,42 = % 2,1

2 nolu kazanın yıllık yakıt tüketimi 1.899.975 kg olup fuel-oil (No6) yakıtın birim fiyatı 1,51 TL/kg'dır [12]. Tasarruf miktarını hesaplarken [13];

$$\text{Yıllık Yakıt Tasarrufu} = \text{Verim Artışı x Yıllık Yakıt Tüketimi} \qquad (\mathbf{4.18})$$

Yıllık yakıt tasarrufu = 0,021 x 1.899.975= 39.899,47 kg

$$\text{Yıllık Para Tasarrufu} = \text{Yıllık Yakıt Tasarrufu x Yakıt Birim Fiyatı} \qquad (\mathbf{4.19})$$

Yıllık para tasarrufu = 39.899,47 x 1,51 = 60.248,20 TL

Yanma havası miktarı manuel olarak ayarlanabildiğinden yatırım maliyeti yoktur. Ancak yanma havası miktarı ayarlandıktan sonra baca gazındaki oksijen oranının belirlenebilmesi için baca gazı analiz cihazı ile tekrar ölçüm yapılması gerekmektedir. Bu yüzden yatırım maliyeti olarak (ölçüm bedeli) 1000 TL alınırsa;

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{\text{Yatırım Maliyeti}}{\text{Yıllık Para Tasarrufu}} \qquad (\mathbf{4.20})$$

Geri ödeme süresi = 1000 / 60.248,20 = 0,02 Yıl bulunur.

4.1.4.2. Yakıt çeşidinin değiştirilmesi

Fabrikadan alınan tüketim değerlerine göre 2010 yılında yıllık; 3.799.950 kg fuel-oil, 125.780 kg kömür tüketilmiştir. Fuel-oile harcanan tutar 5.737.924,5 TL , kömüre harcanan tutar 48.631,58 TL olmaktadır [12].

Fuel-oil yerine doğalgaz kullanılırsa doğalgazın birim fiyatının fuel-oil'e göre ucuz olması sebebiyle fabrikada yıllık yakıta harcanan tutarda tasarruf edilebilir.

Fuel-oil (No6) yakıtının alt ısıl değeri 9860 kcal/kg , birim fiyatı 1,51TL/kg'dır. Doğalgaz yakıtının alt ısıl değeri 8250 kcal/kg , birim fiyatı 0,478 TL/kg'dır. Fuel-oil ile çalışan kazanların verimi yaklaşık %80, doğalgazla çalışan fabrikaların verimi ise yaklaşık %90 civarındadır [12].

Fabrikanın yıllık tüketilen fuel-oil miktarıyla yakıtın alt ısıl değerini çarparak bir yılda ne kadar kilokalori enerji harcadığı bulunur.

$$\text{Yıllık Harcanan Enerji} = \text{Yıllık Yakıt Miktarı x Y. A. I. D} \qquad (\mathbf{4.21})$$

Yıllık Harcanan Enerji = 3.799.500 x 9860 = 37.463.070.000 kcal

Yakıt olarak fuel-oil yerine doğalgaz kullanımıyla ne kadar m^3 doğalgaz tüketileceği şu şekilde bulunur [13];

$$Q = \left(\frac{\text{Kazan Kapasitesi}}{\text{Y. A. I. D x Kazan Verimi}}\right) \qquad (\mathbf{4.22})$$

Q = 37.463.070.000 / (8250 x 0,9) = 5.045.531,31 m^3 bulunur.

Doğalgazın birim fiyatıyla yıllık tüketilecek olan yakıt miktarı çarpılarak bir yılda doğalgaza harcamamız gereken miktar şu şekilde bulunur [13].

$$\text{Yıllık Maliyet} = \text{Yıllık Yakıt Miktarı x Yakıtın Birim Fiyatı} \quad (\mathbf{4.23})$$

Yıllık maliyet = 5.045.531,31 x 0,478 = 2.411.763,96 TL

Fuel-oile yıllık harcanan tutar olan 5.737.924,5 TL'den doğalgaza harcanması gereken 2.411.763,96 TL'yi çıkarırsak;

Yıllık Para Tasarrufu = 5.737.924,5 - 2.411.763,96 = 3.326.160,54 TL olur.

3 tane 250 m^2 doğalgaz kazanının maliyetinin 900.000 TL civarında olduğunu hesap edersek [14], geri ödeme süresini,

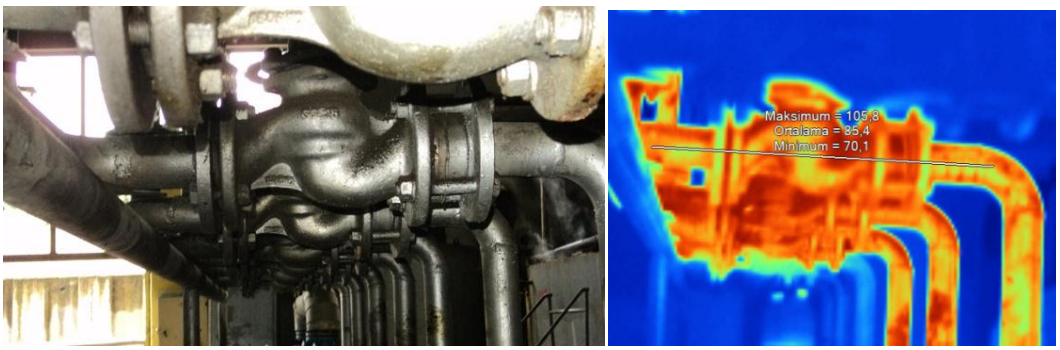
Geri Ödeme Süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri Ödeme Süresi = 900.000 / 3.326.160,54 = 0,27 yıl bulunur.

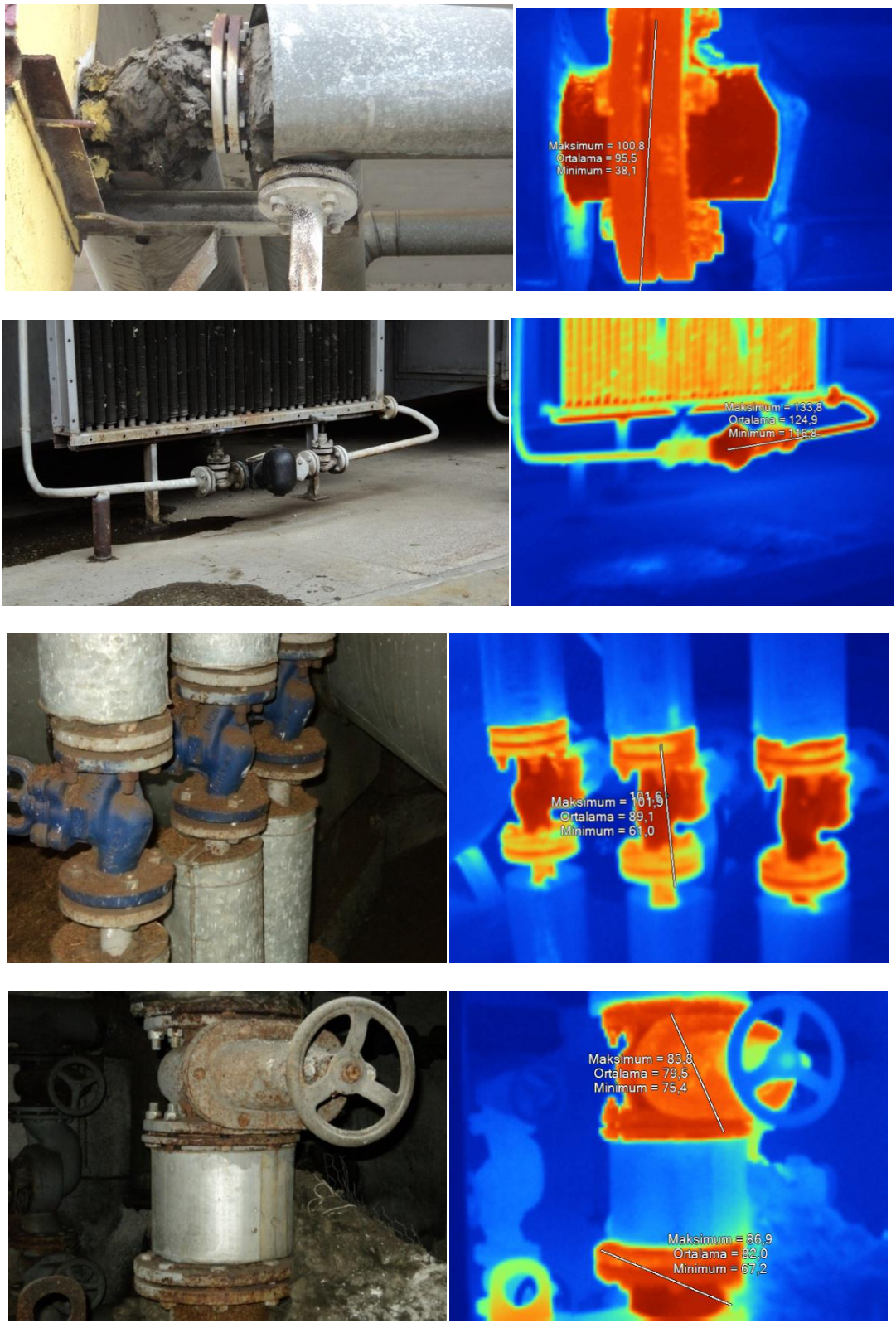
4.2. Tesisat

4.2.1. Ünite ve sistem tarifi

İşletmede birçok noktada buhar kullanılmaktadır. Yapılan gözlemler doğrultusunda buhar hatlarında birçok noktada yalıtım yapılmamış veya mevcut yalıtımı zarar görmüş borular, vanalar, flanşlar vb. mekanik ekipmanlar bulunmaktadır. Yalıtımı yapılmamış 1 vanadan meydana gelen ısı kaybı, 2,5 m yalıtımsız borudan meydana gelen ısı kaybına, yalıtımsız flanş takımından meydana gelen ısı kaybı da 0,5 m boyundaki yalıtımsız borudan meydana gelen ısı kaybına eşittir [13]. Bu kayıpların belirlenmesi için yalıtımsız noktalarda ölçümler yapılmış olup Çizelge 4.11'de, kayıpları net bir şekilde görebileceğimiz resimler Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.2 : Vana vb. mekanik ekipmanlardaki ısı kayıpları.



Şekil 4.3 : Flanş vb. mekanik ekipmanlardaki ısı kayıpları.

İşletme içerisinde birçok noktada bulunan bu buhar kaçakları enerji sarfiyatını artırmaktadır. Buhar kaçakları giderilerek enerji tasarrufu elde edilebilir. Buhar kaçakları işletme içerisinde rahatça görülebilecek noktalarda meydana gelmektedir.

4.2.2. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Çizelge 4.11 : Yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanların ölçüm listesi.

No	Mahal Adı	Boru Boyu (m)	Boru Çapı (m)	Vana Sayısı	Flanş Sayısı	Yüzey Sıcaklığı T (^oC)	Ortam Sıcaklığı To (^oC)
1	Kazan Dairesi	1,5	0,032	5	0	94,9	27,0
2	Kazan Dairesi	0	0,032	4	0	89,2	27,0
3	Kazan Dairesi	0	0,065	3	0	70,0	27,0
4	Kazan Dairesi	0	0,065	2	0	68,9	27,0
5	Kazan Dairesi	1,5	0,025	5	0	116,6	27,0
6	Kazan Dairesi	0	0,032	5	0	114,3	27,0
7	Kazan Dairesi	0	0,04	5	1	96,7	27,0
8	Kazan Dairesi	0	0,025	7	0	140,7	27,0
9	Kazan Dairesi	0	0,02	2	0	140,5	27,0
10	Kazan Dairesi	1,5	0,08	0	2	150,7	27,0
11	Kazan Dairesi	0	0,015	2	0	87,2	27,0
12	Kazan Dairesi	1	0,15	0	0	147,1	27,0
13	Kazan Dairesi	0	0,1	0	4	141,0	27,0
14	Kazan Dairesi	0	0,125	0	4	152,8	27,0
15	Kazan Dairesi	0	0,2	2	2	153,0	27,0
16	Kazan Dairesi	0	0,065	2	0	139,0	27,0
17	Kazan Dairesi	0	0,05	2	0	137,9	27,0
18	Kazan Dairesi	0	0,025	2	0	135,0	27,0
19	Kazan Dairesi	0	0,08	0	4	137,0	27,0
20	Kazan Dairesi	0	0,065	0	2	136,8	27,0
21	Kazan Dairesi	0	0,025	7	0	130,0	27,0
22	Kazan Dairesi	0	0,02	4	0	91,0	27,0
23	Kazan Dairesi	3	0,08	0	6	120,3	27,0
24	Kazan Dairesi	4	0,15	0	0	107,6	27,0
25	Kazan Dairesi	0	0,2	0	4	130,2	27,0
26	Kazan Dairesi	0	0,032	1	0	91,2	27,0
27	Kazan Dairesi	0	0,025	12	2	133,6	27,0
28	Kazan Dairesi	0	0,2	0	2	134,6	27,0
29	Kazan Dairesi	0	0,065	7	7	95,6	27,0
30	Kazan Dairesi	0,2	0,2	1	0	104,1	27,0
31	Kazan Dairesi	40	0,05	0	0	104,5	27,0
32	Kazan Dairesi	1,5	0,125	4	0	76,5	27,0
33	Kazan Dairesi	0,4	0,1	2	1	87,7	27,0
34	Kazan Dairesi	0	0,1	1	0	71,7	27,0
35	Kazan Dairesi	3	0,2	1	0	98,9	27,0
36	Kazan Dairesi	0,5	0,2	0	1	107,9	27,0
37	Kazan Dairesi	0,5	0,08	0	1	103,1	27,0
38	Kazan Dairesi	0,5	0,1	0	0	100,5	27,0
39	Kazan Dairesi	0	0,025	4	0	93,6	27,0
40	Kazan Dairesi	0	0,04	4	1	130,5	27,0
41	Kazan Dairesi	0	0,025	5	0	129,0	27,0

Çizelge 4.11 (Devam) : Yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanların ölçüm listesi.

No	Mahal Adı	Boru Boyu (m)	Boru Çapı (m)	Vana Sayısı	Flanş Sayısı	Yüzey Sıcaklığı T (^{o}C)	Ortam Sıcaklığı To (^{o}C)
42	Kazan Dairesi	0	0,1	2	0	96,7	27,0
43	Kazan Dairesi	0	0,05	1	0	107,7	27,0
44	Kazan Dairesi	0	0,2	1	0	108,3	27,0
45	Kazan Dairesi	0	0,08	4	0	128,3	27,0
46	Kazan Dairesi	0	0,032	1	0	109,7	27,0
47	Kazan Dairesi	0	0,1	1	0	91,6	27,0
48	Kurutma Fanları	0	0,032	0	40	98,0	23,0
49	Kurutma Fanları	0	0,025	50	0	128,7	23,0
50	Kurutma Fanları	0	0,032	0	40	104,5	23,0
51	Kurutma Fanları	0	0,065	0	20	145,0	23,0
52	Kurutma Fanları	0	0,08	0	1	96,6	23,0
53	Kurutma Fanları	0	0,1	1	0	155,3	23,0
54	Kurutma Fanları	0	0,1	0	1	109,7	23,0
55	Kurutma Fanları	0	0,08	0	2	123,1	23,0
56	Kurutma Fanları	0	0,025	5	0	134,2	23,0
57	Kurutma Fanları	0	0,065	2	0	102,4	23,0
58	Kurutma Fanları	5	0,065	1	0	96,1	23,0
59	Kurutma Fanları	2	0,065	1	1	103,1	23,0
60	Kurutma Fanları	0	0,032	20	16	126,4	23,0
61	Kurutma Fanları	0	0,032	0	16	96,0	23,0
62	Kurutma Fanları	0	0,1	0	2	145,3	23,0
63	Kurutma Fanları	0	0,02	3	0	113,2	23,0
64	Kurutma Fanları	1,2	0,015	1	0	111,2	23,0
65	Kurutma Fanları	0	0,125	0	2	126,7	23,0
66	Kurutma Fanları	0	0,1	0	4	91,4	23,0
67	Soldurma Fanları	1	0,08	0	1	97,2	22,5
68	Soldurma Fanları	0,2	0,08	1	0	111,7	22,5
69	Soldurma Fanları	0	0,025	30	10	114,2	22,5
70	Soldurma Fanları	40	0,025	0	0	95,2	22,5
71	Soldurma Fanları	1	0,08	0	0	97,9	22,5
72	Soldurma Fanları	0	0,032	4	0	107,1	22,5
73	Soldurma Fanları	0	0,02	4	0	101,6	22,5
74	Soldurma Fanları	0	0,015	1	0	90,0	22,5
75	Soldurma Fanları	50	0,025	30	10	98,0	22,5
76	Soldurma Fanları	0	0,1	3	0	90,0	22,5
77	Soldurma Fanları	0	0,08	0	4	90,2	22,5
78	Soldurma Fanları	0,5	0,125	0	2	97,5	22,5
79	Soldurma Fanları	0	0,15	0	2	97,0	22,5
80	Soldurma Fanları	0	0,025	40	0	106,6	22,5
81	Soldurma Fanları	0	0,04	6	0	141,4	22,5
82	Soldurma Fanları	2	0,02	3	0	112,1	22,5

Çizelge 4.11 (Devam) : Yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanların ölçüm listesi.

No	Mahal Adı	Boru Boyu (m)	Boru Çapı (m)	Vana Sayısı	Flanş Sayısı	Yüzey Sıcaklığı T (^{o}C)	Ortam Sıcaklığı To (^{o}C)
83	Soldurma Fanları	25	0,04	0	0	93,5	22,5
84	Soldurma Fanları	0	0,015	1	0	88,4	22,5
85	Soldurma Fanları	0	0,1	0	1	138,2	22,5
86	Soldurma Fanları	0	0,025	40	10	103,9	22,5
87	Soldurma Fanları	0	0,05	1	0	103,5	22,5
88	Soldurma Fanları	2	0,02	3	0	88,0	22,5
89	Soldurma Fanları	0	0,015	1	0	87,5	22,5
90	Soldurma Fanları	0	0,08	0	1	145,3	22,5

4.2.3. Değerlendirmeler ve hesaplamalar

Yalıtımsız noktalardaki ısı kayıplarının giderilmesi için 50 mm kalınlığında taş yünü ile yalıtım yapılarak ısı kayıplarının azaltılması yoluyla enerji tasarrufu yapılacağı düşünülmüştür. Isı kayıplarının meydana geldiği hatlarda, malzeme cinsine göre yayılım katsayısı 0,95 olarak alınmıştır [12].

Sistemdeki yalıtım öncesi konveksiyon ve radyasyonla meydana gelen ısı kayıpları aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanmıştır [13];

$$Q = (U_R + U_C) \times \pi \times d_1 (T_s - T_O) \qquad (\mathbf{4.24})$$

Q = Isı kaybı (W/m)

Uc = Konveksiyonla olan ısı kaybı (W/m^{2}K)

U_R = Radyasyonla olan ısı kaybı (W/m^{2}K)

Ts = Boru yüzey sıcaklığı (ºC)

To = Ortam sıcaklığı (ºC)

d_1 = Boru dış çapı (m)

E = Emissivite katsayısı

Konveksiyonla ısı transfer katsayısı;

$$U_C = 1{,}15 \times \left(\frac{T_s - T_O}{d_1}\right)^{0,25} \qquad (\mathbf{4.25})$$

Radyasyonla ısı transfer katsayısı;

$$U_R = 5{,}67 \text{ x } 10^{-8} \text{ x E x } [(T_s)^2 + (T_o)^2] \text{ x } (T_s + T_o) \quad (\mathbf{4.26})$$

Yalıtım yapıldıktan sonra meydana gelen ısı kayıpları aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır;

$$Q_{YAL} = \frac{\left(\pi \text{ x } (T_s - T_O) \right)}{\left(\frac{\text{In}\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2 \text{ x } \lambda} + \frac{1}{U_{so} \text{ x } d_2} \right)} \quad (\mathbf{4.27})$$

Ts: Boru yüzey sıcaklığı (^oC)

To: Ortam sıcaklığı (^oC)

d_1: Boru çapı (m)

d_2: Yalıtım sonrası boru dış çapı (m)

λ: Yalıtım malzemesinin ısıl iletkenliği (W/mK)

U_{so}: Yüzeysel ısı iletim katsayısı (W/m^2K)

Yalıtım sonrası ısı kayıpları hesaplanırken, yalıtım malzemesinin ısıl iletkenliği; malzemenin özelliğine göre 0,04 W/mK, yüzeysel ısı iletim katsayısı; ölçüm yapılan yüzeylerin durumuna göre 10 W/m^2K olarak alınmıştır.

4.2.4. Öneriler, enerji tasarruf imkanları ve miktarları, geri ödeme süreleri

Yalıtımsız boru, vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılması ve buhar iletim hatlarındaki kaçakların giderilmesi ile enerji tasarrufu elde edilebilir.

4.2.4.1. Yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılması

Fabrikada bulunan toplam yalıtımsız vb. mekanik ekipmanların sayıları, çapları ve yalıtımsız boruların toplam uzunlukları Çizelge 4.12'de sınıflandıralarak verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Toplam yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanlar.

DN (Çap)	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250	TOPLAM
VANA	6	19	237	40	15	4	18	5	10	4	0	5	0	363 Adet
FLANŞ	0	0	1	112	2	0	30	22	13	8	2	9	0	199 Adet
BORU	1	4	91.5	1.5	25	40	7	7.2	0.9	2	5	3.7	0	188,8 m

İşletme içerisinde ve kazan dairesinde bulunan yalıtımsız vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılması ile elde edilecek enerji tasarruf miktarları yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri ile bilgiler Ek'te Çizelge A.1'de tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 4.11'de birinci satırda yer alan kazan dairesindeki DN32 çapında 5 vana ve 1,5m boru için yalıtım hesabı yapacak olursak [13];

Boru ve vanaların yüzey sıcaklığı 94,9 ^{0}C, ortam sıcaklığı 27 ^{0}C ölçülmüştür. Yalıtımı yapılmamış 1 vanadan meydana gelen ısı kaybı, 2,5 m yalıtımsız borudan meydana gelen ısı kaybına, yalıtımsız flanş takımından meydana gelen ısı kaybı da 0,5 m boyundaki yalıtımsız borudan meydana gelen ısı kaybına eşit olduğundan;

5 vanadaki toplam ısı kaybı 12,5 m yalıtımsız borudaki ısı kaybına eşittir.

L_{TOP} = 12,5 + 1,5 = 14m

Yayılım katsayısı 0.95 , yalıtım kalınlığı 0.05, λ 0.04, yıllık çalışma saati 3600, kazan verimi 0.8 , yakıtın alt ısıl değeri 9860 kcal/kg, yakıtın birim fiyatı 1,51 TL alınmıştır [12].

$$U_C = 1{,}15 \text{ x } \left(\frac{94{,}9 - 27}{0{,}032}\right)^{0{,}25}$$

Uc = 7805 W/m^{2}K

$U_R = 5{,}67 \text{ x } 10^{-8} \text{ x } 0{,}95 \text{ x } [\,(94{,}9 + 273)^{2} + (27 + 273)^{2}\,] \text{ x } [\,(94{,}9 + 273) + (27 + 273)\,]$

U_R =8107 W/m^{2}K

Q =(7805+8107) x 3,14 x 0,032 x (94,9 – 27)

Q = 108.561,08 W/m

Q = [(108.561,08 x 860) / 1000] x 14 = 1.307.108 kcal/h

$$d_2 = (\text{Yalıtım Kalınlığı x } 2) + \text{Boru Çapı} \qquad (\mathbf{4.28})$$

d_2= (0,05 x2)+ 0,032 = 0,132 m

$$\text{Qyal} = \frac{3{,}14\ x\ (94{,}9 - 27)}{\frac{Ln\left(\frac{0{,}132}{0{,}032}\right)}{2\ x0{,}04} + \frac{1}{10\ x\ 0{,}132}}$$

Qyal = 11.542,77 W/m

Qyal = [(11.542,77 x 860) / 1000] x 14 = 138.975 kcal/h

$$\text{Tasarruf Miktarı} = (\text{Q} - \text{Q}_{\text{YAL}}) \text{ x Yıllık Çalışma Saati} \quad (\mathbf{4.29})$$

Tasarruf Miktarı = (1.307.108 – 138.975) x 3600

Tasarruf Miktarı = 4.205.276,16 kcal/yıl

Yıllık Yakıt Tasarrufu = Tasarruf Mikarı / (Kazan Verimi x Yakıtın Alt Isıl Değeri)

Yıllık Yakıt Tasarrufu = 4.205.276,16 / (0,8 x 9860)

Yıllık Yakıt Tasarrufu = 533,12 kg/yıl

Yıllık Para Tasarrufu = Yıllık Yakıt Tasarrufu x Yakıt Birim Fiyatı

Yıllık Para Tasarrufu = 533,12 x 1,51

Yıllık Para Tasarrufu = 805,02 TL

Çizelge 4.11'de yer alan diğer ölçümlerin de hesabı yapılmış olup Ek'te Çizelge A.1'de verilmiştir. Yatırım maliyeti hesaplanırken Çizelge 4.12'de yer alan sınıflandırılmaya göre yapılmıştır [15]. İşletmede yer alan yalıtımsız tüm ekipmanların yalıtımı yapıldığında;

Yıllık toplam tasarruf miktarı = 574.894.529,44 kcal/yıl

Yıllık yakıt tasarrufu = 72.882,17 kg/yıl

Yıllık para tasarrufu = 110.052,07 TL/yıl

Toplam yatırım maliyeti = 26.600,55 TL

Geri Ödem Süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri ödeme süresi = 26.600,55 / 110.052,07

Geri ödeme süresi = 0,24 yıl olarak bulunur.

4.2.4.2. Buhar iletim hatlarındaki buhar kaçaklarının giderilmesi

İşletme içerisinde birçok noktada buhar kaçakları meydana gelmektedir. Dolayısıyla kaçan buharla orantılı olarak enerji sarfiyatı da artmaktadır. Buhar kaçakları giderilerek enerji tasarrufu elde edilebilir. Buhar kaçakları işletme içerisinde gözle rahatça görülebilecek noktalarda meydana gelmektedir.

Çizelge 4.13'de buhar iletim hatlarındaki buhar kaçaklarının mesafesine göre sistemde meydana gelen buhar kayıpları verilmiştir. Aşağıdaki değerler Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından literatüre kazandırılmış değerlerdir. Çizelge 4.14'de fabrikada tespit edilen buhar kaçakları Çizelge 4.13'te yer alan buhar kaçağının sızıntı uzunluğuna göre hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13 : Buhar kaçaklarında buhar kaçak mesafesine göre meydana gelen buhar kayıpları.

Buhar kaçağının sızıntı uzunluğu (m)	Kaçak miktarı (Kg/h)
0,3	5
0,5	7
1	16
1,5	39
2	104
2,5	263

Çizelge 4.14 : Çay fabrikasındaki buhar kaçak noktaları.

No	Buhar Kaçağı Yeri	Tespit Edilen Buhar Kaçağı Miktarı (m)	Buhar Kaçağı Miktarı (Kg/h)
1	3 Numaralı Buhar Kazanı Üstü	0,4	6,00
2	Kazan Dairesi Ana Kollektörü	0,1	1,67
3	DN200 Ana Kollektör Vanası	0,2	3,33
4	DN200 Ana Kollektör Vanası	0,1	1,67
5	DN25 Ana Kollektör Vanası	0,1	1,67
6	DN200 Ana Kollektör Vanası	0,1	1,67
7	DN65 Ana Kollektör Vanası	0,1	1,67
8	Kazan Dairesi	0,1	1,67
9	3 Numaralı Fırın Fanı Vanası (DN 32)	0,3	5,00
10	3 Numaralı Fırın Fanı Kondenstop (DN25)	0,4	6,00
11	6 Numaralı Fırın Fanı Kondenstop (DN25)	0,1	1,67
12	31 Numaralı Soldurma Fanı	0,1	1,67
13	38 Numaralı Soldurma Fanı	0,2	3,33

Fabrikada bir saatte toplam meydana gelen buhar kaçak miktarı 37 kg/h'dır.

Fabrikanın yılda 3600 saat çalıştığı düşünüldüğünde,

Yılda meydana gelen toplam buhar kaçak miktarı = 3600 x 37 = 133.200 kg olur.

1 Kg buhar elde edilebilmesi için verilmesi gereken ısı miktarı 540 kg/kcal'dır [16].

133.200 Kg buharın üretilebilmesi için verilmesi gereken ısı miktarı;

133.200 x 540 = 71.928.000 kcal

Bu buhar kaçaklarının giderilmesi halinde elde edilecek yıllık enerji tasarrufu;

Yıllık Yakıt Tasarrufu = Tasarruf Miktarı / (Kazan Verimi x Yakıtın Alt Isıl Değeri)

Yıllık Yakıt Tasarrufu = 71.928.000 / (0,8 x 9860) = 9.118,66 kg/yıl

Yıllık Para Tasarrufu = Yıllık Yakıt Tasarrufu x Yakıt Birim Fiyatı

Yıllık para tasarrufu = 9.118,66 x 1,51 = 13.769,17 TL/yıl

Buhar kaçaklarının birçoğu vana, flanş gibi mekanik ekipmanların bağlantı noktalarından meydana gelmektedir. Bu bağlantı noktalarındaki sızıntılar hiç maliyetsiz olarak önlenebilir. Bazı buhar kaçakları da boru, vana vb. mekanik ekipmanların hasar görmesinden dolayı meydana gelmektedir ki bu noktalardaki buhar kaçaklarının giderilmesi için malzeme değişikliğine gidilmesi gerekebilir. Bu yüzden yatırım maliyetini yaklaşık olarak 5.000,00 TL olarak alındığında,

Geri Ödem Süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri ödeme süresi = 5.000,00 / 13.769,17

Geri ödeme süresi = 0,36 yıl bulunur.

4.3. Kurutma Fırınları

4.3.1. Ünite ve sistem tarifi

İşletmede on dört adet kurutma fırını bulunmaktadır. Yaş çay, kıvırma ünitesinden sonra fermantasyon ünitesine oradan da kurutma fırınlarına gönderilmektedir (Şekil 4.4). Fırınların iç sıcaklıkları yaklaşık olarak 110 derece civarlarında tutulmaktadır. Çay kurutma prosesi yaklaşık olarak 103-105 ^{o}C civarlarında gerçekleşmektedir. Fakat fırın yüzeylerindeki ısı kayıplarından dolayı fırın iç sıcaklıkları çayın kurutulması için gerekli olan sıcaklıktan biraz daha yüksek değerlerde tutulmaktadır.



Şekil 4.4 : Kurutma fırını.

Kurutma fırınında gerekli olan ısı buhar kazanlarından sağlanmaktadır. Fan vasıtasıyla dışarıdan alınan hava içerisinden buhar geçirilen serpantinlerin etrafından geçirilerek ısıtılmakta ve fırınların içerisine gönderilmektedir (Şekil 3.5). Fırın iç sıcaklıkları proses gereği kontrol edilmektedir.



Şekil 4.5 : Fırınlarda sıcak havayı sağlayan ısıtıcı serpantinler.

4.3.2.Kurutma fırınlarında yapılan ölçümler ve alınan değerler

Kurutma fırınlarındaki enerji tasarruf potansiyelinin belirlenebilmesi için gerekli olan verilerin bazıları her bir fırın için ayrı ayrı ölçülmüş bazıları da bilgi olarak direkt işletmeden alınmıştır. Bu veriler Çizelge 4.15'te tüm fırınlar için sunulmuştur.

Çizelge 4.15 : Kurutma fırınlarında yapılan ölçümler ve alınan değerler.

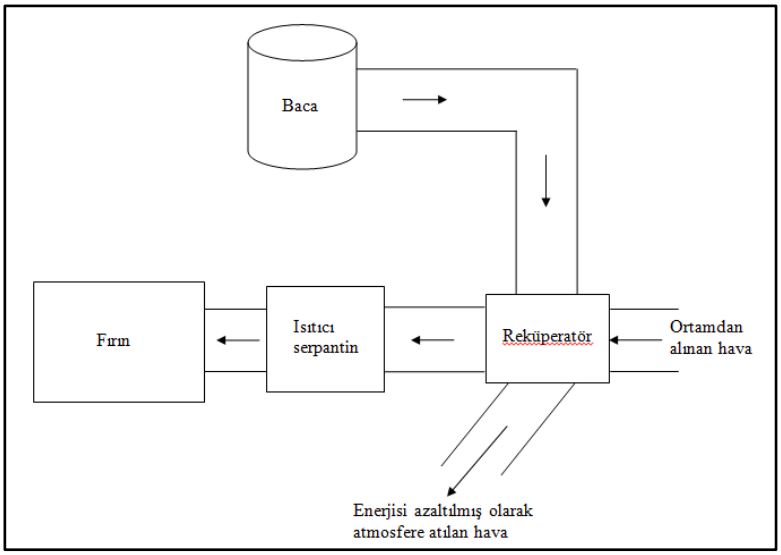
Yapılan Ölçümler		Fırın Numaraları													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Isıtıcı serpantin girişinde ortalama hava hızı (m/s)		6,9	5,4	6,1	5,9	6	5,1	5,5	5,4	5,7	6,2	6,1	6,3	6,7	7,5
Fırın ortalama baca hızı (m/s)		2,1	2,1	1,8	2,1	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5	1,6	1,6	2,1	1,9	2
Fırın iç sıcaklığı (°C)		105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Bacadan egzoz olarak atılan hava sıcaklığı (°C)		58	59	58	57	60	56	55	58	59	56	54	59	63	70
Ortam sıcaklığı (°C)		23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Fırın yüzey sıcaklıkları (°C)	Ön yüzey	58	56,5	54	60	61	55	54	57	58	54	52	56	52	54
	Arka yüzey	81	78	78	75,5	80	79	77	79	80	76	76	72	76	73
	Sağ yüzey	48	46	49	46	47	43	42	44	46	46	46	44	47	45
	Sol yüzey	46,5	47	46	44	45	47	46	47	44	45	45	43	46	48

4.3.3. Değerlendirmeler ve hesaplamalar

Fırın bacalarından dışarı atılan sıcak hava bir reküperatör sistemiyle geri kazanılarak fırın kurutma havasının ön ısıtılmasında kullanılabilir. Ortam sıcaklığındaki hava fırın bacalarından geri kazanılan atık ısı ile bir miktar ısıtılarak enerji tasarrufu yapılabilir.

1 nolu fırın bacasındaki atık ısı geri kazanımı için yapılan hesapta fırın bacasından dışarı atılan 58^{o}C'lik sıcak hava Şekil 4.6'da gösterildiği gibi bir reküperatör sistemiyle geri kazanılarak 42^{o}C civarlarına kadar düşürülürse mevcut durumda ortam sıcaklığında (23 ^{o}C) olan fırın kurutma havasının sıcaklığı 34 ^{o}C'ye çıkarılabilmektedir. Reküperatörle baca gazındaki atık ısı geri kazanımı uygulamasının yapılması halinde bacagazı ısısı 42 ^{o}C'den daha aşağılara kadar çekilebilir. Bu durumda fırın kurutma havası 34 ^{o}C'den daha yukarı değerlere çıkacak ve elde edilecek olan enerji tasarruf miktarı artacaktır. Fakat reküperatörde ısı kayıpları meydana geleceğinden hesaplamalar yapılırken reküperatörden sonra baca çıkış sıcaklığı ile fırın kurutma havasının ısıtılmasından sonraki sıcaklık değerleri arasında 7-8 ^{o}C sıcaklık farkı olması halinde elde edilecek tasarruf miktarları göz önünde bulundurulmuştur.

Uygulama yapılması halinde minimum Çizelge 4.16'daki tasarruf değerleri elde edilecektir. Atık ısı geri kazanım sisteminin çalışma durumuna göre daha fazla enerji tasarrufu elde etmek mümkündür. Bu da işletme açısından olumlu bir durumdur. Hesaplamalar yapılırken en düşük elde edilebilecek tasarruf miktarları hesaplanmıştır. Ortam sıcaklığı yıl boyu baz alınarak 23°C alınmıştır [17].



Şekil 4.6 : Reküperatör sisteminin şematik gösterimi

1 nolu fırın bacası için bacadan egzoz olarak dışarı atılan sıcak havanın enerjisi [18];

$$Q_{B,K} = m_h \times c_{p,h} \times (T_{ç,b} - T_o) \qquad (4.30)$$

$T_{ç,b}$ = Bacadaki havanın çıkış sıcaklığı (°C)

T_o = Kurutma havası ısıtıldıktan sonra ortama bırakılan hava sıcaklığı (°C)

$C_{p,h}$ = Havanın özgül ısısı (0,24 kcal/kg °C)

m_h = Bacadan egzoz olarak ortama bırakılan hava debisi (kg/h)

m_{ser} = Isıtıcı serpantin yüzeyinden fırına giren hava debisi (kg/h)

$$m = V \times A \qquad (4.31)$$

Bütün kurutma fırınlarında ısıtıcı serpantin yüzeyleri 0,9 m^2 olarak ölçülmüştür.

m_{ser} = V x A = 6,9 x 0,9 = 6,21 m^3/s = 22.356 m^3/h

m_{ser} = (22.356 / 273+23) x (273+15) = 21.751,7 Sm^3/h

m_{ser} = 1,2 x 21.751,7 = 26.102,1 kg/h

Bütün kurutma fırınlarında baca alanları 1,92 m^2 olarak ölçülmüştür.

m_h = V x A = 2,1 x 1,92 = 4,032 m^3/s = 14.515,2 m^3/h

m_h = (14.515,2 / 273+23) x (273+15) = 14.122,9 Sm^3/h

m_h = 1,2 x 14.122,9= 16.947,48 kg/h

Atık ısıdan kazanılacak olan enerji miktarı;

Q= 16.947,48 x 0,24 x (58–42) = 65.078,31 kcal/h

Fabrika yılda yaklaşık 3600 saat çalıştığından;

Yıllık Yakıt Tasarrufu = Tasarruf Miktarı / (Kazan Verimi xYakıtın Alt Isıl Değeri)

Yakıt tasarrufu = 65.078,31 / (0,8 x 9860) = 8,25 kg/h = 29.700 kg/yıl

Yıllık Para Tasarrufu = Yıllık Yakıt Tasarrufu x Yakıt Birim Fiyatı

Yıllık para tasarrufu = 29.700 x 1,51 = 44.848 TL/yıl

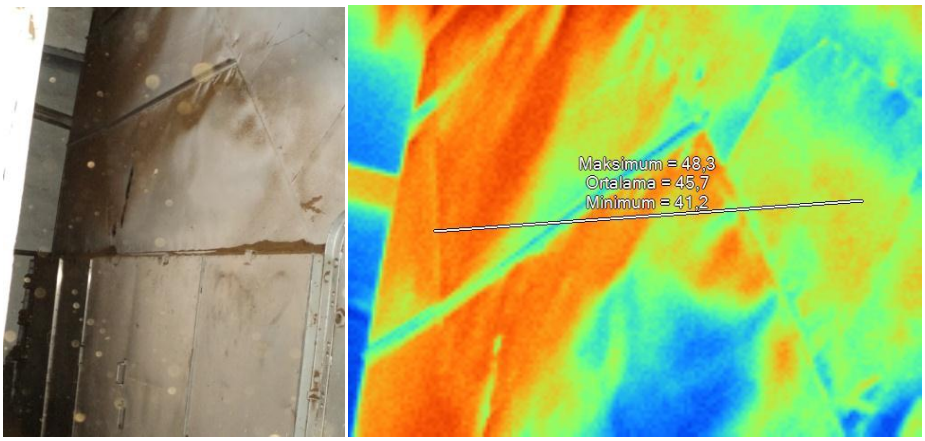
Yatırım maliyeti = 35.000,00 TL alınırsa [19];

Geri Ödeme Süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri ödeme süresi = 35.000,00 / 44.848 = 0,78 yıl bulunur.

Diğer fırınlar için de aynı hesaplar yapılıp Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Fırın ve kazan yüzeylerinde, özellikle ön ve arka kısımlarda yalıtım yetersiz durumdadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 : Fırın yüzeylerinde meydana gelen ısı kayıpları.

Bu noktalarda yalıtımın iyileştirilmesi halinde enerji tasarrufu elde edilecektir. Yalıtımsız olan düzlem yüzeylerin 5 cm kalınlığında alüminyum folyolu taş yünü ile ısı yalıtımının yapılması halinde yüzey sıcaklıkları azaltılarak bir miktar enerji tasarrufu yapılabilir. Mevcut durumda yüzeylerden meydana gelen ısı kaybı aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanmıştır [13];

$$Q_K = Q_R + Q_C \qquad (\mathbf{4.32})$$

$$Q_R = E \text{ x } A \text{ x } 5{,}67 \text{ x } [(\frac{T_Y}{100})^4 - (\frac{T_O}{100})^4] \qquad (\mathbf{4.33})$$

$$Q_C = B \text{ x } A \text{ x } (T_Y - T_O)^{0,25} \qquad (\mathbf{4.34})$$

Q_C = Konveksiyonla olan ısı kayıpları (W/m^{2}K)

Q_R = Radyasyonla olan ısı kayıpları (W/m^{2}K)

T_Y = Yüzey sıcaklığı (ºC)

E = Yayılım katsayısı

Q_K = Yalıtım yapılmadan önce meydana gelen ısı kayıpları (W/m^{2}K)

T_0 = Ortam sıcaklığı (ºC)

B = Konveksiyonla olan ısı kaybındaki yüzeyler için katsayı

A = Yüzey alanı (m^2)

Yalıtım yapıldıktan sonra meydana gelecek ısı kaybı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanmıştır.;

$$Q_{K,Y} = \frac{\left(A \text{ x } \left(T_y - T_O \right) \right)}{\left(\frac{L}{\lambda} + \frac{1}{20} \right)} \qquad (\mathbf{4.35})$$

$Q_{K,Y}$ = Yalıtımdan sonra meydana gelen ısı kaybı (W)

Yalıtım malzemesinin ısıl iletkenliği, λ= 0,04 W/mK

Yalıtım malzemesinin et kalınlığı, L = 0,05 m

Konveksiyonla ısı iletim katsayısı, 20 W/m^{2}K alınmıştır [12].

Kazanların yalıtımsız ön yüzeylerinin toplamı 12,40 m^2 olup, ortalama yüzey sıcaklığı 151 ^{0}C, ortalama sıcaklık 25 ^{0}C'dir.

$Q_R = 0{,}95 \text{ x } 12{,}4 \text{ x } 5{,}67 \text{ x } \left(\left(\frac{151 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{25 + 273}{100} \right)^4 \right)$

$Q_R = 15.460{,}68 \text{ W/m}^2\text{K}$

$Q_R = 15.460{,}68 \text{ x } 0{,}86 = 13.296{,}19 \text{ kcal/h}$

$Q_C = 1{,}2 \text{ x } 12{,}4 \text{ x } (151 - 25)^{0{,}25}$

$Q_C = 49{,}84 \text{W/m}^2\text{K}$

$Q_C = 49{,}84 \text{ x } 0{,}86 = 42{,}87 \text{ kcal/h}$

$Q_K = 13.296{,}19 + 42{,}87 = 13.339{,}06 \text{ kcal/h}$

$$Q_{K,Y} = \frac{\left(12{,}4 \text{ x } (151 - 25) \right)}{\left(\frac{0{,}05}{0{,}04} + \frac{1}{20} \right)} \text{ x } 0{,}86$$

$Q_{K,Y} = 1.020{,}5 \text{ Kcal/h}$

Yıllık Enerji Tasarrufu = ($Q_K - Q_{K,Y}$) x Yıllık Çalışma Saati (kcal/yıl)

Yıllık Enerji Tasarrufu = (13.339,06 – 1.020,5) x 3600

Yıllık Enerji Tasarrufu = 44.346.804,38 kcal/yıl

Yıllık Yakıt Tasarrufu = Yıllık Enerji Tasarrufu / (Kazan Verimi x Y.A.I.D)

Yıllık Yakıt Tasarrufu = 44.346.804,38 / (0,8 x 9860)

Yıllık Yakıt Tasarrufu = 5.622,06 kg/yıl

Yıllık Para Tasarrufu = Yıllık Yakıt Tasarrufu x Yakıt Birim Fiyatı

Yıllık Para Tasarrufu = 5.622,06 x 1,51

Yıllık Para Tasarrufu = 8.489,31TL

Yatırım maliyeti m^2 başına malzeme ve işçilik fiyatı toplam 62,5 TL alınırsa, bu oranı tüm alan ile çarparsak;

Yatırım Maliyeti = 12,4 x 62,5 = 775 TL

Geri Ödeme Süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri Ödeme Süresi = 775 / 8.489,31

Geri Ödeme Süresi = 0,09 Yıl bulunur.

Kazanların yalıtımsız arka yüzeyleri ve fırınların yalıtımsız bölgeleri de aynı şekilde hesaplanıp Çizelge A.1'de verilmiştir.

4.3.4. Öneriler, enerji tasarruf imkânları ve miktarları, geri ödeme süreleri

Fırın bacalarındaki atık ısı bir reküperatör sistemiyle geri kazanılarak fırınların kurutma havalarının ön ısıtılmasında kullanılabilir. Fırın yüzeylerinde bazı noktalarda yalıtım yetersiz durumdadır. Bu noktalarda yalıtım iyileştirilerek enerji tasarrufu elde edilebilir.

4.3.4.1. Bacalardan dışarı atılan kurutma havasının geri kazanımı

Kurutma fırınlarının bacalarındaki atık ısının reküperatör sistemiyle geri kazanılarak fırın kurutma havalarının ön ısıtılmasında kullanılması halinde elde edilecek enerji tasarruf miktarı ve para tasarrufu aşağıda Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Tüm fırınlara bu uygulama gerçekleştiğinde;

Yıllık yakıt tasarrufu = 361.620,16 kg/yıl

Toplam tasarruf tutarı = 546.046,44 TL

Toplam yatırım maliyeti = 490.000,00 TL

Geri ödeme süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri ödeme süresi = 490.000,00 / 546.046,44 = 0,90 Yıl olmaktadır.

4.3.4.2. Fırın ve kazan yüzeylerinin yalıtılması

Yalıtımsız fırın ve kazan yüzeylerinin yalıtılması halinde elde edilecek enerji tasarruf miktarı aşağıda Çizelge 4.17'de tablo halinde verilmiştir.

Tüm fırın ve kazan yüzeylerine bu uygulama gerçekleştiğinde;

Yıllık toplam yakıt tasarrufu =18.789,66 kg/Yıl

Yıllık toplam para tasarrufu = 28.372,38 TL/Yıl

Toplam yatırım maliyeti = 6.550,00 TL

Geri ödeme süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri ödeme süresi = 6.550,00 / 28.372,38

Geri ödeme süresi = 0,23 yıl olmaktadır.

Çizelge 4.16 : Fırın bacalarına reküperatör uygulanması halinde elde edilecek tasarruf miktarları.

Fırın No	$T_{baca,giriş}$ (^oC)	$T_{baca,çıkış}$ (^oC)	q_{baca} (Nm^3/h)	q_{baca} (Sm^3/h)	m_{baca} (kg/h)	Q_{baca} (kcal/h)	m_{ser} (kg/h)	Yakıt Tasarrufu (kg/h)	Yıllık Yakıt Tasarrufu (kg/Yıl)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	G.Ö.S (Yıl)
1	58,00	42,00	14.515,20	14.122,90	16.947,48	65.078,31	26.102,14	8,25	29.701,05	44.848,59	35.000,00	0,78
2	59,00	45,00	14.653,44	14.257,40	17.108,88	57.485,84	20.343,70	7,29	26.235,93	39.616,26	35.000,00	0,88
3	58,00	45,00	12.672,00	12.329,51	14.795,42	46.161,70	23.243,94	5,85	21.067,71	31.812,25	35.000,00	1,10
4	57,00	45,00	14.208,00	13.824,00	16.588,80	47.775,74	22.319,22	6,06	21.804,35	32.924,56	35.000,00	1,06
5	60,00	45,00	9.907,20	9.639,44	11.567,33	41.642,37	22.811,00	5,28	19.005,14	28.697,76	35.000,00	1,22
6	56,00	40,00	10.368,00	10.087,78	12.105,34	46.484,51	19.334,92	5,89	21.215,04	32.034,71	35.000,00	1,09
7	55,00	42,00	12.672,00	12.329,51	14.795,42	46.161,70	20.932,15	5,85	21.067,71	31.812,25	35.000,00	1,10
8	58,00	42,00	12.364,80	12.030,62	14.436,74	55.437,08	20.469,79	7,03	25.300,90	38.204,36	35.000,00	0,92
9	59,00	40,00	10.137,60	9.863,61	11.836,33	53.973,68	21.604,67	6,84	24.633,02	37.195,86	35.000,00	0,94
10	56,00	40,00	10.752,00	10.461,41	12.553,69	48.206,16	23.370,03	6,11	22.000,78	33.221,18	35.000,00	1,05
11	54,00	38,00	11.059,20	10.760,30	12.912,36	49.583,47	23.0758	6,29	22.629,37	34.170,36	35.000,00	1,02
12	59,00	42,00	14.284,80	13.898,72	16.678,47	68.048,15	24.000,52	8,63	31.056,46	46.895,25	35.000,00	0,75
13	63,00	45,00	13.056,00	12.703,14	15.243,76	67.316,45	25.387,59	8,53	30.722,52	46.391,00	35.000,00	0,75
14	70,00	45,00	14.131,20	13.749,28	16.499,13	98.994,78	28.455,96	12,55	45.180,18	68.222,07	35.000,00	0,51

Çizelge 4.17 : Yalıtımsız kazan ve fırın yüzeylerinin yalıtılması halinde elde edilecek tasarruf miktarları.

No	Bulunduğu Yer	Yüzey Alanı (m^2)	Yüzey Sıcaklığı T (^oC)	Qr (kcal)	Qc (kcal)	Toplam Isı Kaybı (kcal/h)	Yal. Sonrası Isı Kaybı (kcal/h)	Yıllık Enerji Tasarrufu (kcal/yıl)	Yıllık Yakıt Tasarrufu (kg/Yıl)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	G.Ö.S (Yıl)
1	Kazan ön yüzeyleri	12,40	151	13.296,19	42,87	13.339,06	1.020,50	44.346.804,38	5.622,06	8.489,31	775,00	0,09
2	Kazan arka yüzeyleri	8,40	171	11.419,18	30,13	11.449,31	801,04	38.333.786,11	4.859,76	7.338,24	525,00	0,07
3	Fırın yan yüzeyleri	21,00	95	9.633,97	62,69	9.696,66	960,15	31.451.427,25	3.987,25	6.020,75	1.312,50	0,22
4	Fırın arka yüzeyleri	63,00	56	10.589,10	153,41	10.742,52	1.275,63	34.080.790,74	4.320,59	6.524,09	3.937,50	0,60

BÖLÜM 5. ELEKTRİK SİSTEMLERİ

5.1. Elektrik Dağıtım Sistemi

5.1.1. Ünite ve sistem tarifi

Fabrikada 2000 kVA ve 315 kVA güçlerinde iki adet transformatör bulunmaktadır. 1600 kW sözleşme gücüne göre orta gerilim abonesi olan tesis için enerji özel bir şirket tarafından sağlanmaktadır.

2000 kVA gücündeki trafoya ilişkin ana dağıtım noktasında toplam 1490 kVAr' lık merkezi kompanzasyon sistemi, 315 kVA gücündeki trafoya ilişkin ana dağıtım noktasında da ayrı bir merkezi kompanzasyon sistemi mevcuttur.

Tesiste reaktif cezaya girilmemesi için, elektrik sayacının aktif, endüktif reaktif ve kapasitif reaktif değerlerinin takibi sürekli olarak yapılmaktadır.

5.1.2. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Ölçümler 2000 kVA gücündeki transformatöre ilişkin elektrik ana dağıtım panosunda gerçekleştirilmiştir. Panolara ait değerler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Elektrik ana dağıtım panoları.

Pano Adı	Pano Yeri	Kesici Tipi	Kesici Akım Değeri
Ana Dağıtım Panosu (çay sezonunda)	Trafo merkezi	TMŞ	2000 A
Ana Dağıtım Panosu (çay sezonunda)	Trafo merkezi	TMŞ	2000 A
Ana Dağıtım Panosu (çay sezonu dışında)	Trafo merkezi	TMŞ	160 A

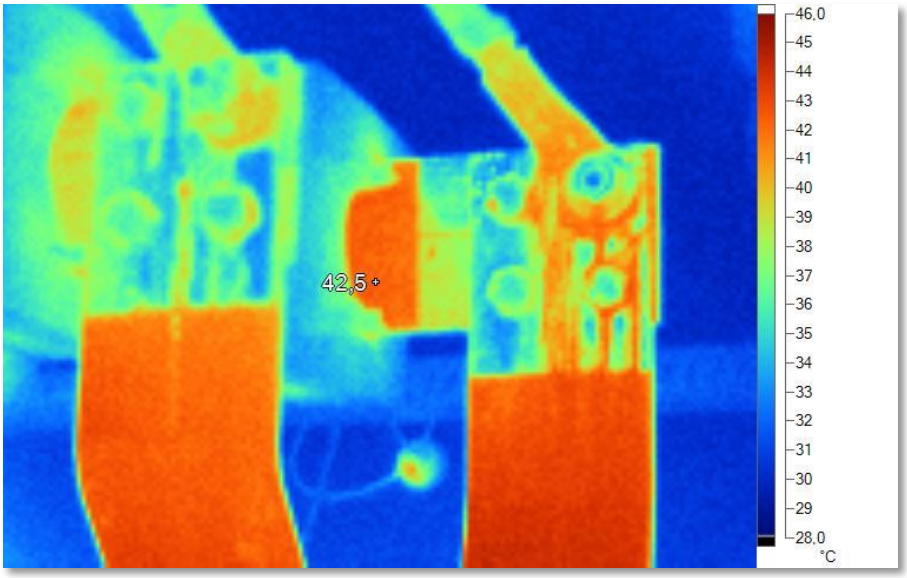
5.1.2.1. Termal görüntüleme çalışmaları

2000 kVA trafo bölümü ana dağıtım panosu 1. şalter termal görüntülemeleri yapılmıştır.

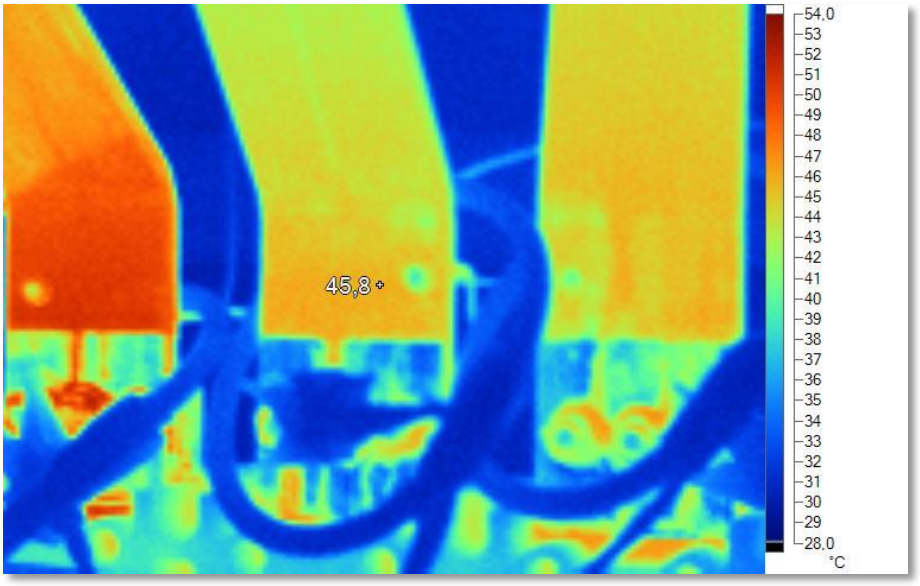


Şekil 5.1 : 2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu (1. Şalter).

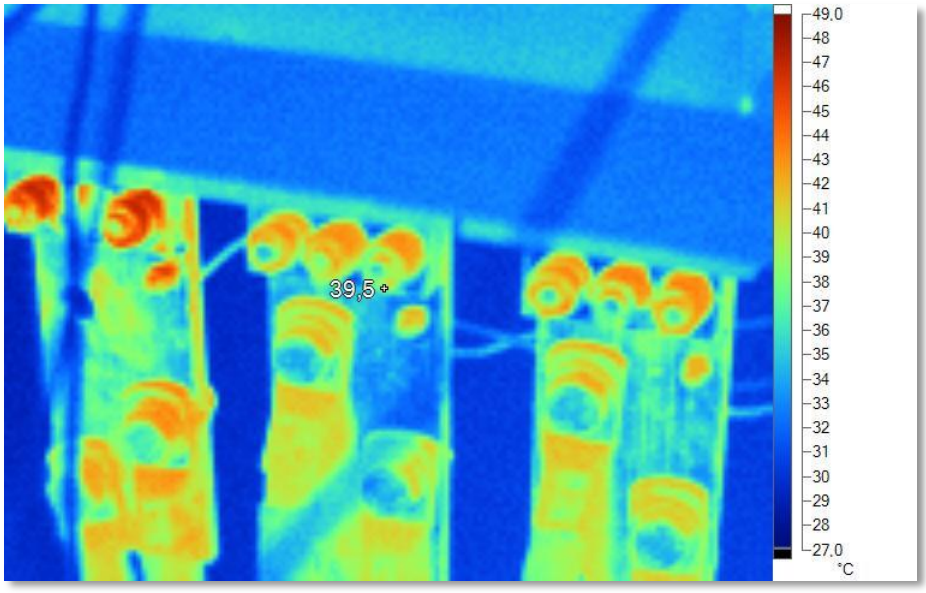
Yukarıdaki fotoğraflarda (Şekil 5.1) görülen 2000 kVA trafo bölümü ana dağıtım panosu 1. şalteri ve diğer şalt malzemelerinin aşağıda gösterilen termal fotoğraflarında (Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4) olumsuz bir durum gözlenmemiştir.



Şekil 5.2 : 2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu 1.şalter termal görüntülemesi (1).



Şekil 5.3 : 2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu 1.şalter termal görüntülemesi (2).



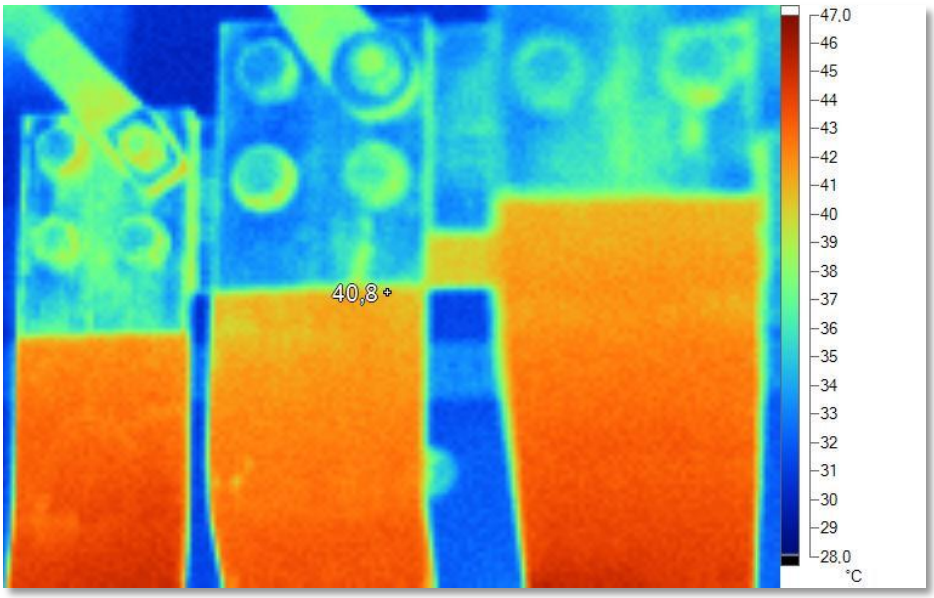
Şekil 5.4 : 2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu 1.şalter termal görüntülemesi (3).

2000 kVA trafo bölümü ana dağıtım panosu 2. şalter termal görüntülemeleri yapılmıştır.

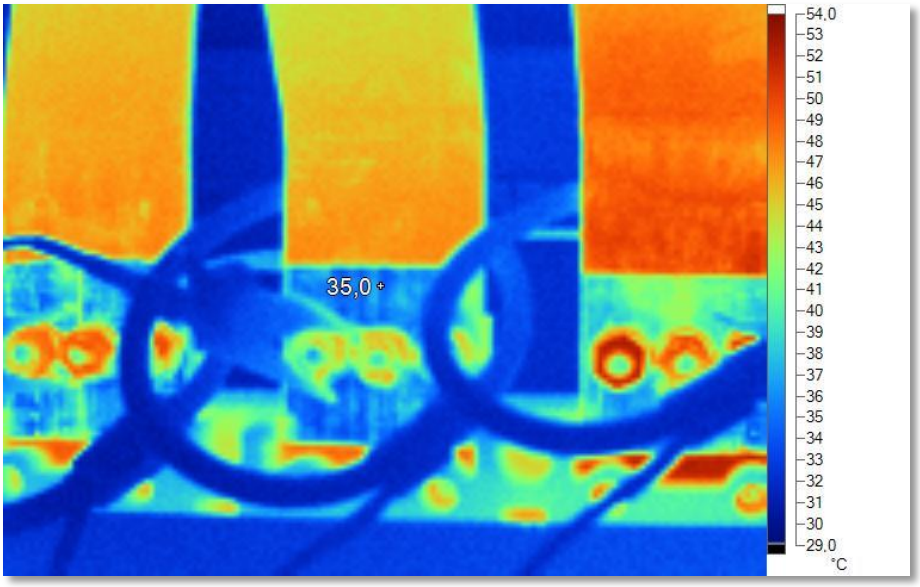


Şekil 5.5 : 2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu (2. Şalter).

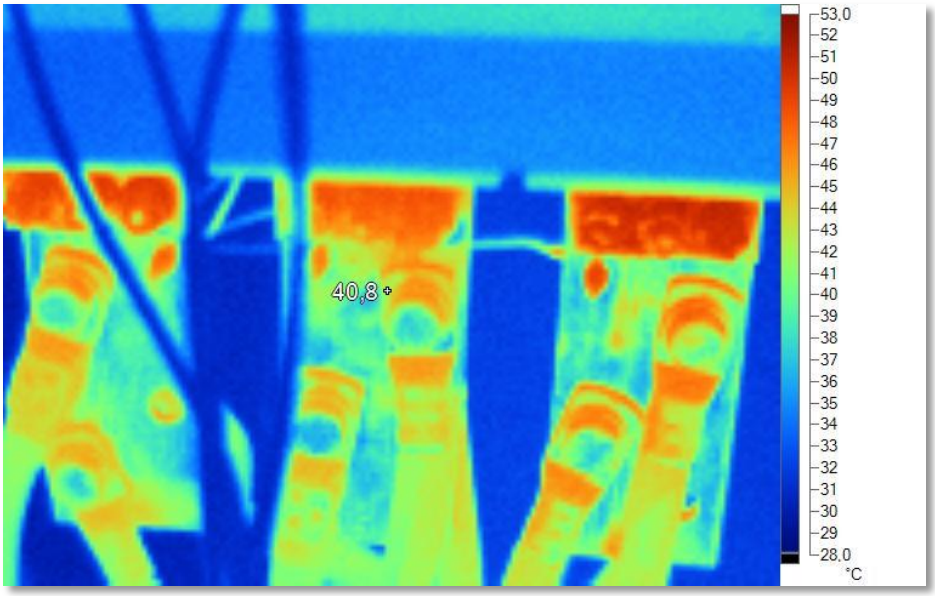
Yukarıdaki fotoğraflarda (Şekil 5.5) görülen 2000 kVA trafo bölümü ana dağıtım panosu 2. şalteri ve diğer şalt malzemelerinin aşağıda gösterilen termal fotoğraflarında (Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8) olumsuz bir durum gözlenmemiştir.



Şekil 5.6 : 2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu 2.şalter termal görüntülemesi (1).



Şekil 5.7 : 2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu 2.şalter termal görüntülemesi (2).



Şekil 5.8 : 2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu 2.şalter termal görüntülemesi (3).

5.1.2.2. Elektrik ana dağıtım panoları ölçüm sonuçları

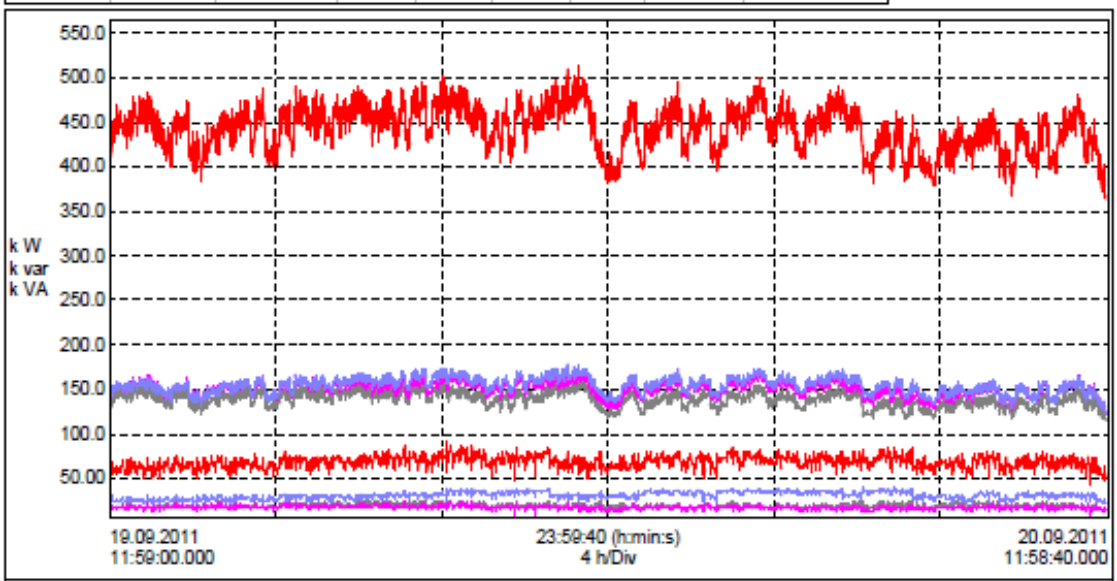
2000 kVA trafo bölümü ana dağıtım panosu ana besleme noktası 1.şalter ölçümleri yapılmıştır.

Enerji analizörü ile yapılan ölçümler 24 saat boyunca kaydedilmiştir. Frekans ölçümlerinde, faz-nötr gerilim ölçümlerinde, faz arası ölçümlerinde, akım ölçümlerinde ölçülen değerlerin beklenen aralıklarda olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ölçümleri yapılan diğer elektriksel büyüklükler (güç ölçümleri, enerji ölçümleri, güç faktörü ölçümleri) ölçüm değerleri ve eğrileriyle birlikte aşağıda ayrıntılı olarak görülmektedir.

Güç ölçümleri

Fazlardan çekilen aktif, reaktif ve görünür güçlerin ölçümlerinden elde edilen verilere göre oluşan eğriler ile birlikte maksimum, minimum ve ortalama güç değerleri Şekil 5.9'da verilmiştir.

İsim	Tarih	Zaman	Ort	Min	Max	Birimler	Süre	Birimler
VA Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	445.153	366.661	512.289	k VA	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VA1	19.09.2011	11:59:00.000	139.491	116.280	162.523	k VA	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VA2	19.09.2011	11:59:00.000	150.998	125.446	171.870	k VA	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VA3	19.09.2011	11:59:00.000	154.664	124.935	178.732	k VA	1:00:00:00	(d:h:min:s)
var Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	68.428	42.849	91.744	k var	1:00:00:00	(d:h:min:s)
var1	19.09.2011	11:59:00.000	19.614	8.858	27.801	k var	1:00:00:00	(d:h:min:s)
var2	19.09.2011	11:59:00.000	17.776	7.699	25.786	k var	1:00:00:00	(d:h:min:s)
var3	19.09.2011	11:59:00.000	31.037	21.275	40.326	k var	1:00:00:00	(d:h:min:s)
W Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	439.496	362.855	507.571	k W	1:00:00:00	(d:h:min:s)
W1	19.09.2011	11:59:00.000	138.086	115.334	161.352	k W	1:00:00:00	(d:h:min:s)
W2	19.09.2011	11:59:00.000	149.936	124.673	170.949	k W	1:00:00:00	(d:h:min:s)
W3	19.09.2011	11:59:00.000	151.474	122.848	175.515	k W	1:00:00:00	(d:h:min:s)



Channel Name: VA Toplam
VoltageRatio: 1
CurrentRatio: 1

VA Toplam (VA)

Tarih	Zaman	Val	Birimler
19.09.2011	11:59:00.000	411.96	k VA
19.09.2011	11:59:20.000	419.94	k VA
19.09.2011	11:59:40.000	405.49	k VA
19.09.2011	12:00:00.000	396.47	k VA
19.09.2011	12:00:20.000	396.86	k VA
19.09.2011	12:00:40.000	401.27	k VA
19.09.2011	12:01:00.000	416.20	k VA
19.09.2011	12:01:20.000	432.35	k VA
19.09.2011	12:01:40.000	450.73	k VA
19.09.2011	12:02:00.000	448.06	k VA
19.09.2011	12:02:20.000	445.01	k VA
19.09.2011	12:02:40.000	440.24	k VA
19.09.2011	12:03:00.000	435.52	k VA
19.09.2011	12:03:20.000	432.58	k VA

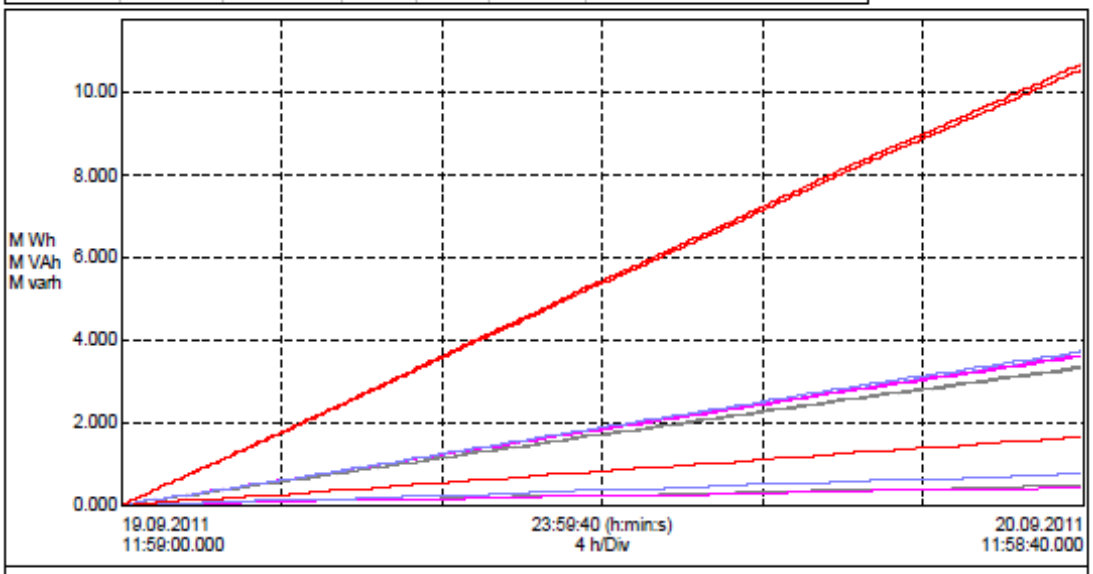
19.09.2011 - 11:59:00.000
Değer
127.5k — W1
140.3k — W2
138.0k — W3
405.7k — W Toplam
20.37k — var1
18.33k — var2
30.71k — var3
69.41k — var Toplam
129.1k — VA1
141.5k — VA2
141.4k — VA3

Şekil 5.9 : Güç ölçümleri (1. Şalter).

Enerji ölçümleri

Fazlardan çekilen aktif, reaktif ve görünür güçlere göre, yaklaşık 24 saat boyunca tüketilen enerji miktarlarını gösteren eğriler Şekil 5.10'da verilmiştir.

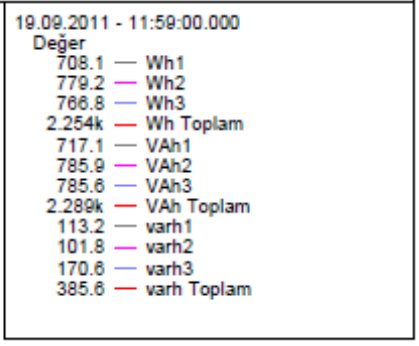
İsim	Tarih	Zaman	Max	Birimler	Süre	Birimler
VAh Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	10.684	M VAh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VAh1	19.09.2011	11:59:00.000	3.348	M VAh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VAh2	19.09.2011	11:59:00.000	3.624	M VAh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VAh3	19.09.2011	11:59:00.000	3.712	M VAh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
varh Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	1.642	M varh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
varh1	19.09.2011	11:59:00.000	470.737	k varh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
varh2	19.09.2011	11:59:00.000	426.632	k varh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
varh3	19.09.2011	11:59:00.000	744.900	k varh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
Wh Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	10.548	M Wh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
Wh1	19.09.2011	11:59:00.000	3.314	M Wh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
Wh2	19.09.2011	11:59:00.000	3.598	M Wh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
Wh3	19.09.2011	11:59:00.000	3.635	M Wh	1:00:00:00	(d:h:min:s)



Channel Name: VAh Toplam
VoltageRatio: 1
CurrentRatio: 1

VAh Toplam (VAh)

Tarih	Zaman	Val	Birimler
19.09.2011	11:59:00.000	2.2887	k VAh
19.09.2011	11:59:20.000	4.6217	k VAh
19.09.2011	11:59:40.000	6.8744	k VAh
19.09.2011	12:00:00.000	9.0770	k VAh
19.09.2011	12:00:20.000	11.282	k VAh
19.09.2011	12:00:40.000	13.511	k VAh
19.09.2011	12:01:00.000	15.823	k VAh
19.09.2011	12:01:20.000	18.225	k VAh
19.09.2011	12:01:40.000	20.729	k VAh
19.09.2011	12:02:00.000	23.219	k VAh
19.09.2011	12:02:20.000	25.691	k VAh
19.09.2011	12:02:40.000	28.137	k VAh
19.09.2011	12:03:00.000	30.556	k VAh
19.09.2011	12:03:20.000	32.959	k VAh

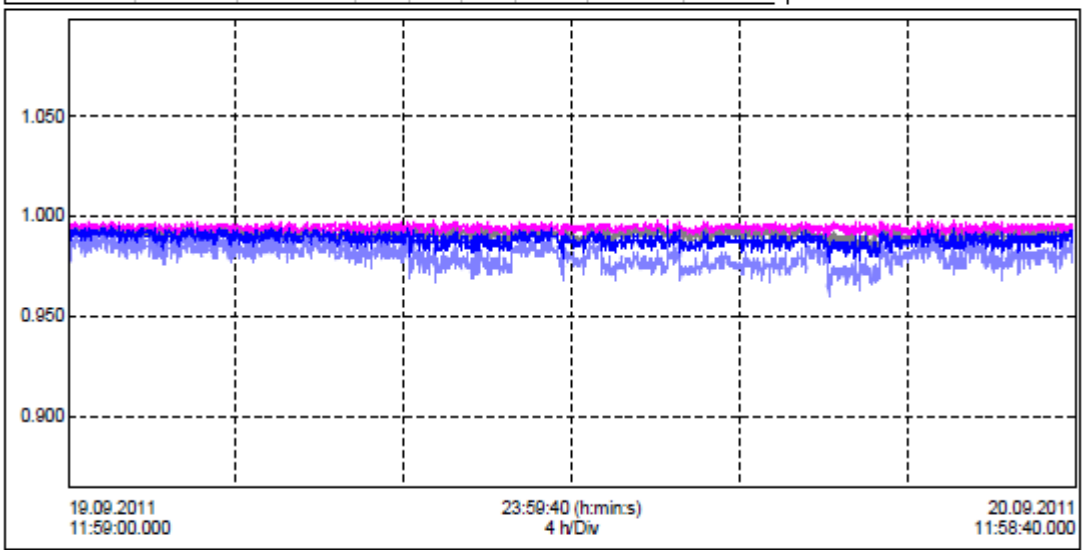


Şekil 5.10 : Enerji ölçümleri (1. Şalter).

Güç faktörü ölçümleri

Fazların güç faktörlerinin ölçümlerinden elde edilen verilere göre oluşan eğriler ile birlikte, maksimum, minimum ve ortalama güç faktörü değerleri Şekil 5.11'de verilmiştir.

İsim	Tarih	Zaman	Ort	Min	Max	Birimler	Süre	Birimler
DPF Ortalama	19.09.2011	11:59:00.000	0.989	0.978	0.995		1:00:00:00	(d:h:min:s)
DPF1	19.09.2011	11:59:00.000	0.991	0.981	0.997		1:00:00:00	(d:h:min:s)
DPF2	19.09.2011	11:59:00.000	0.994	0.986	0.998		1:00:00:00	(d:h:min:s)
DPF3	19.09.2011	11:59:00.000	0.980	0.961	0.991		1:00:00:00	(d:h:min:s)
PF Ortalama	19.09.2011	11:59:00.000	0.987	0.977	0.994		1:00:00:00	(d:h:min:s)
PF1	19.09.2011	11:59:00.000	0.989	0.980	0.996		1:00:00:00	(d:h:min:s)
PF2	19.09.2011	11:59:00.000	0.993	0.984	0.997		1:00:00:00	(d:h:min:s)
PF3	19.09.2011	11:59:00.000	0.979	0.960	0.989		1:00:00:00	(d:h:min:s)



Channel Name: DPF Ortalama
VoltageRatio: 1
CurrentRatio: 1

DPF Ortalama ()

Tarih	Zaman	Val	Birimler
19.09.2011	11:59:00.000	0.987	
19.09.2011	11:59:20.000	0.985	
19.09.2011	11:59:40.000	0.988	
19.09.2011	12:00:00.000	0.987	
19.09.2011	12:00:20.000	0.987	
19.09.2011	12:00:40.000	0.989	
19.09.2011	12:01:00.000	0.988	
19.09.2011	12:01:20.000	0.988	
19.09.2011	12:01:40.000	0.990	
19.09.2011	12:02:00.000	0.991	
19.09.2011	12:02:20.000	0.990	
19.09.2011	12:02:40.000	0.993	
19.09.2011	12:03:00.000	0.992	
19.09.2011	12:03:20.000	0.993	

19.09.2011 - 11:59:00.000
Değer
0.987 — PF1
0.991 — PF2
0.976 — PF3
0.985 — PF Ortalama
0.990 — DPF1
0.993 — DPF2
0.978 — DPF3
0.987 — DPF Ortalama

Şekil 5.11 : Güç faktörü ölçümleri (1. Şalter).

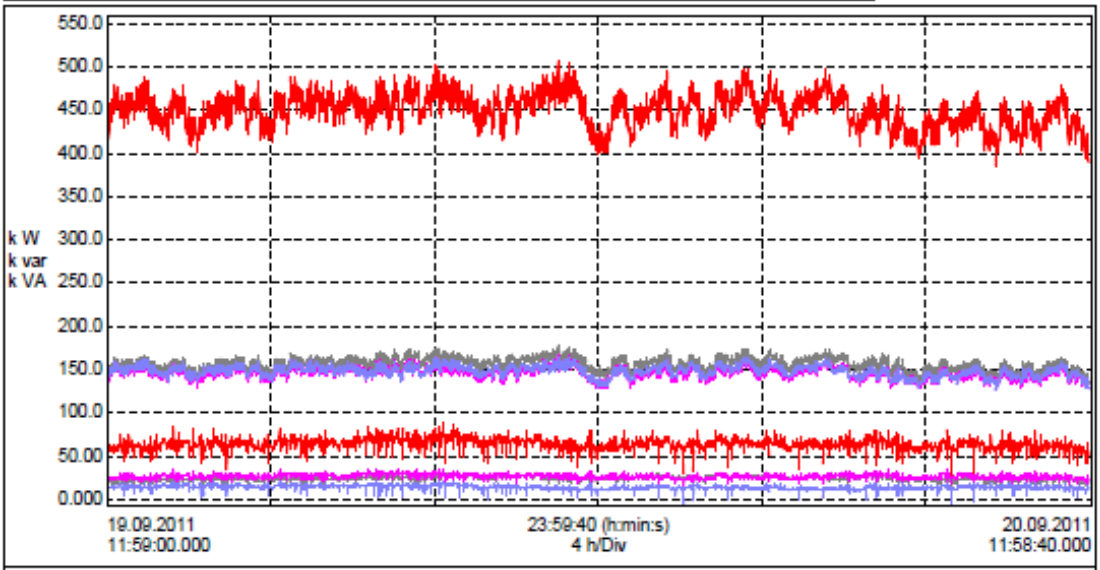
2000 kVA Trafo bölümü ana dağıtım panosu ana besleme noktası 2.şalter ölçümleri yapılmıştır.

Enerji analizörü ile yapılan ölçümler 24 saat boyunca kaydedilmiştir. Frekans ölçümlerinde, faz-nötr gerilim ölçümlerinde, faz arası ölçümlerinde, akım ölçümlerinde ölçülen değerlerin beklenen aralıklarda olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ölçümleri yapılan diğer elektriksel büyüklükler (güç ölçümleri, enerji ölçümleri, güç faktörü ölçümleri) ölçüm değerleri ve eğrileriyle birlikte aşağıda ayrıntılı olarak görülmektedir.

Güç ölçümleri

Fazlardan çekilen aktif, reaktif ve görünür güçlerin ölçümlerinden elde edilen verilere göre oluşan eğriler ile birlikte maksimum, minimum ve ortalama güç değerleri Şekil 5.12'de verilmiştir.

İsim	Tarih	Zaman	Ort	Min	Max	Birimler	Süre	Birimler
VA Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	451.767	389.982	507.282	k VA	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VA1	19.09.2011	11:59:00.000	156.907	134.614	177.519	k VA	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VA2	19.09.2011	11:59:00.000	147.019	128.238	166.232	k VA	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VA3	19.09.2011	11:59:00.000	147.841	126.600	164.381	k VA	1:00:00:00	(d:h:min:s)
var Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	63.331	27.318	89.147	k var	1:00:00:00	(d:h:min:s)
var1	19.09.2011	11:59:00.000	23.823	9.743	33.889	k var	1:00:00:00	(d:h:min:s)
var2	19.09.2011	11:59:00.000	26.075	15.788	34.502	k var	1:00:00:00	(d:h:min:s)
var3	19.09.2011	11:59:00.000	13.432	-6.461	20.757	k var	1:00:00:00	(d:h:min:s)
W Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	446.924	385.173	502.414	k W	1:00:00:00	(d:h:min:s)
W1	19.09.2011	11:59:00.000	155.064	133.426	175.807	k W	1:00:00:00	(d:h:min:s)
W2	19.09.2011	11:59:00.000	144.662	125.670	163.680	k W	1:00:00:00	(d:h:min:s)
W3	19.09.2011	11:59:00.000	147.199	125.889	163.883	k W	1:00:00:00	(d:h:min:s)



Channel Name: VA Toplam
VoltageRatio: 1
CurrentRatio: 1

VA Toplam (VA)

Tarih	Zaman	Val	Birimler
19.09.2011	11:59:00.000	426.16	k VA
19.09.2011	11:59:20.000	434.97	k VA
19.09.2011	11:59:40.000	423.88	k VA
19.09.2011	12:00:00.000	415.90	k VA
19.09.2011	12:00:20.000	413.93	k VA
19.09.2011	12:00:40.000	412.91	k VA
19.09.2011	12:01:00.000	421.22	k VA
19.09.2011	12:01:20.000	432.56	k VA
19.09.2011	12:01:40.000	451.88	k VA
19.09.2011	12:02:00.000	454.76	k VA
19.09.2011	12:02:20.000	457.12	k VA
19.09.2011	12:02:40.000	454.83	k VA
19.09.2011	12:03:00.000	451.47	k VA
19.09.2011	12:03:20.000	439.60	k VA

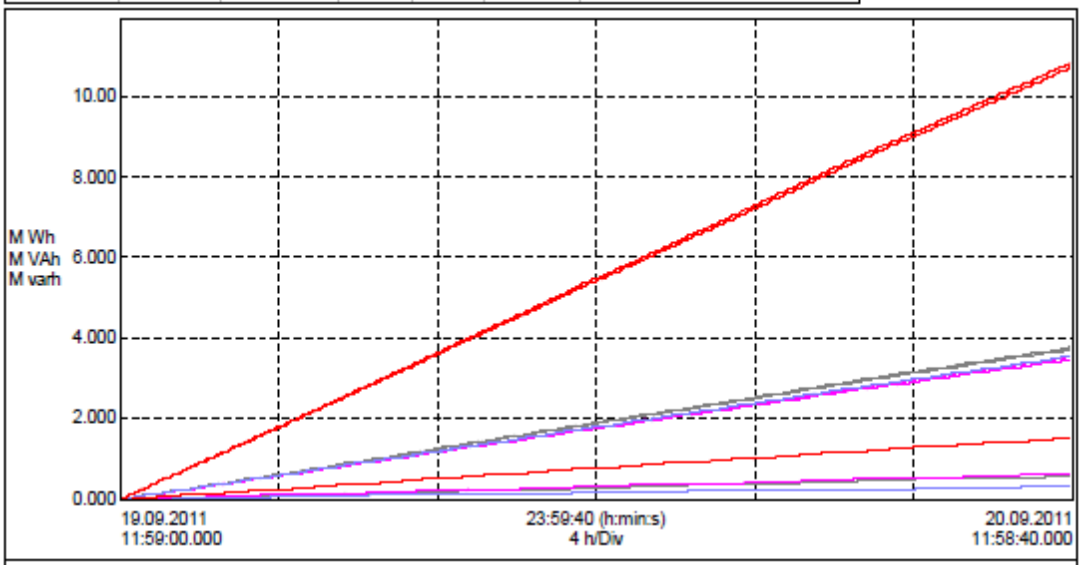
19.09.2011 - 11:59:00.000
Değer
144.6k — W1
136.5k — W2
140.2k — W3
421.3k — W Toplam
22.51k — var1
25.43k — var2
14.33k — var3
62.27k — var Toplam
146.3k — VA1
138.9k — VA2
140.9k — VA3

Şekil 5.12 : Güç ölçümleri (2. Şalter).

Enerji ölçümleri

Fazlardan çekilen aktif, reaktif ve görünür güçlere göre, yaklaşık 24 saat boyunca tüketilen enerji miktarlarını gösteren eğriler Şekil 5.13'de verilmiştir.

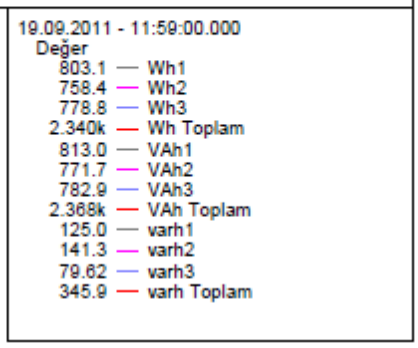
İsim	Tarih	Zaman	Max	Birimler	Süre	Birimler
VAh Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	10.842	M VAh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VAh1	19.09.2011	11:59:00.000	3.766	M VAh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VAh2	19.09.2011	11:59:00.000	3.528	M VAh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
VAh3	19.09.2011	11:59:00.000	3.548	M VAh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
varh Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	1.520	M varh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
varh1	19.09.2011	11:59:00.000	571.760	k varh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
varh2	19.09.2011	11:59:00.000	625.801	k varh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
varh3	19.09.2011	11:59:00.000	322.375	k varh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
Wh Toplam	19.09.2011	11:59:00.000	10.726	M Wh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
Wh1	19.09.2011	11:59:00.000	3.722	M Wh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
Wh2	19.09.2011	11:59:00.000	3.472	M Wh	1:00:00:00	(d:h:min:s)
Wh3	19.09.2011	11:59:00.000	3.533	M Wh	1:00:00:00	(d:h:min:s)



Channel Name: VAh Toplam
VoltageRatio: 1
CurrentRatio: 1

VAh Toplam (VAh)

Tarih	Zaman	Val	Birimler
19.09.2011	11:59:00.000	2.3676	k VAh
19.09.2011	11:59:20.000	4.7840	k VAh
19.09.2011	11:59:40.000	7.1389	k VAh
19.09.2011	12:00:00.000	9.4495	k VAh
19.09.2011	12:00:20.000	11.749	k VAh
19.09.2011	12:00:40.000	14.043	k VAh
19.09.2011	12:01:00.000	16.383	k VAh
19.09.2011	12:01:20.000	18.786	k VAh
19.09.2011	12:01:40.000	21.297	k VAh
19.09.2011	12:02:00.000	23.823	k VAh
19.09.2011	12:02:20.000	26.363	k VAh
19.09.2011	12:02:40.000	28.890	k VAh
19.09.2011	12:03:00.000	31.398	k VAh
19.09.2011	12:03:20.000	33.840	k VAh

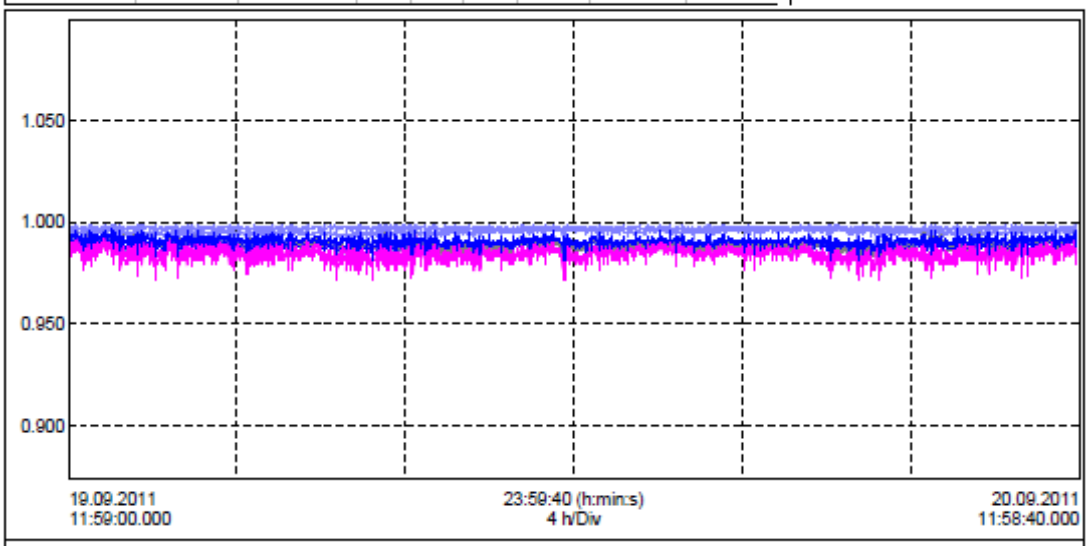


Şekil 5.13 : Enerji ölçümleri (2. Şalter).

Güç faktörü ölçümleri

Fazların güç faktörlerinin ölçümlerinden elde edilen verilere göre oluşan eğriler ile birlikte, maksimum, minimum ve ortalama güç faktörü değerleri Şekil 5.14'de verilmiştir.

İsim	Tarih	Zaman	Ort	Min	Max	Birimler	Süre	Birimler
DPF Ortalama	19.09.2011	11:59:00.000	0.991	0.981	0.997		1:00:00:00	(d:h:min:s)
DPF1	19.09.2011	11:59:00.000	0.990	0.979	0.997		1:00:00:00	(d:h:min:s)
DPF2	19.09.2011	11:59:00.000	0.985	0.972	0.995		1:00:00:00	(d:h:min:s)
DPF3	19.09.2011	11:59:00.000	0.997	0.992	0.999		1:00:00:00	(d:h:min:s)
PF Ortalama	19.09.2011	11:59:00.000	0.989	0.980	0.995		1:00:00:00	(d:h:min:s)
PF1	19.09.2011	11:59:00.000	0.988	0.978	0.995		1:00:00:00	(d:h:min:s)
PF2	19.09.2011	11:59:00.000	0.983	0.971	0.994		1:00:00:00	(d:h:min:s)
PF3	19.09.2011	11:59:00.000	0.995	0.989	0.998		1:00:00:00	(d:h:min:s)



Channel Name: DPF Ortalama
VoltageRatio: 1
CurrentRatio: 1

DPF Ortalama ()

Tarih	Zaman	Val	Birimler
19.09.2011	11:59:00.000	0.991	
19.09.2011	11:59:20.000	0.986	
19.09.2011	11:59:40.000	0.991	
19.09.2011	12:00:00.000	0.990	
19.09.2011	12:00:20.000	0.990	
19.09.2011	12:00:40.000	0.991	
19.09.2011	12:01:00.000	0.992	
19.09.2011	12:01:20.000	0.991	
19.09.2011	12:01:40.000	0.991	
19.09.2011	12:02:00.000	0.993	
19.09.2011	12:02:20.000	0.993	
19.09.2011	12:02:40.000	0.993	
19.09.2011	12:03:00.000	0.994	
19.09.2011	12:03:20.000	0.994	

19.09.2011 - 11:59:00.000
Değer
0.987 — PF1
0.982 — PF2
0.994 — PF3
0.988 — PF Ortalama
0.990 — DPF1
0.985 — DPF2
0.997 — DPF3
0.991 — DPF Ortalama

Şekil 5.14 : Güç faktörü ölçümleri (2. Şalter).

5.1.2.3. Kompanzasyon sisteminin incelenmesi

Yukarıda da bahsedildiği gibi, trafonun ana dağıtım noktasında merkezi kompanzasyon sistemleri bulunmaktadır.

2000 kVA gücündeki trafoya ilişkin ana enerji dağıtım noktasında üç fazlı kondansatörlerden oluşan 1490 kVAr' lık merkezi kompanzasyon sistemi mevcuttur. 315 kVA gücündeki trafoya ilişkin ana dağıtım noktasında üç fazlı ve tek fazlı küçük güçlü kondansatörlerden oluşan ayrı bir merkezi kompanzasyon sistemi mevcuttur.

Fabrikanın 1600 kW sözleşme gücüne göre aboneliği olduğu için, endüktif reaktif oran sınır değeri %20' ye göre, kapasitif reaktif oran sınır değeri %15' e göre değerlendirilmektedir.

Tesisin reaktif cezaya girmemesi için, bağlı bulunulan sayaçtan aktif, endüktif reaktif ve kapasitif reaktif değerlerin takibi periyodik olarak yapılarak, reaktif oranların belirtilen sınır değerlerin altında kalıp kalmadığı kontrol edilmektedir.

Elde edilen verilere göre Nisan-Ağustos arası dönemler için tesisin reaktif oranlarının uygunluğunun kontrol edilmesi amacıyla incelemeler yapılmıştır. Çizelge 5.2'de aylara göre reaktif oranların incelenmesi verilmiştir.

Çizelge 5.2 : 2011 Nisan-Ağustos dönemi reaktif oranların incelenmesi.

Aylar	Aktif		Endüktif Reaktif		Endüktif Reaktif Oranı	Kapasitif Reaktif		Kapasitif Reaktif Oranı
	İlk Okuma	Son Okuma	İlk Okuma	Son Okuma		İlk Okuma	Son Okuma	
Temmuz - Ağustos	6646,4	6856,8	994,95	1028,17	% 15,79	5,44	5,44	% 0,00
Haziran - Temmuz	6483,9	6646,4	969,17	994,95	% 15,86	5,41	5,44	% 0,02
Mayıs - Haziran	6290	6483,9	938,25	969,17	% 15,95	4,92	5,41	% 0,25
Nisan - Mayıs	3617,56	3628,19	60,03	60,13	% 0,94	13,85	13,85	% 0,00

İlk ve son okuma değerleri arasındaki farklara göre gerekli hesaplamalar yapılarak, endüktif reaktif ve kapasitif reaktif oranı sınır değerlerine göre kıyaslamalar yapıldığında, 2011 Nisan - Ağustos döneminde tesisin reaktif açıdan uygun olduğu görülmektedir.

5.1.2.4. Harmoniklerin incelenmesi

Elektrik sistemlerinde enerji üretilmesi, dağıtılması ve tüketilmesi sırasında, akım ve gerilimin 50 Hz temel frekansta ve sinüzoidal dalga şeklinde olması idealdir. Ancak işletmelerdeki bazı yükler sahip oldukları çalışma karakteristiklerinden ötürü çeşitli frekans seviyelerinde akım ve gerilimler oluştururlar.

Bu yüklere örnek olarak kesintisiz güç kaynakları, AC/DC dönüştürücüler, AC sürücüler, DC motorlar, yumuşak yol vericiler, elektronik balastlı armatürler ve çeşitli ofis ekipmanları (PC'ler v.b.) verilebilir.

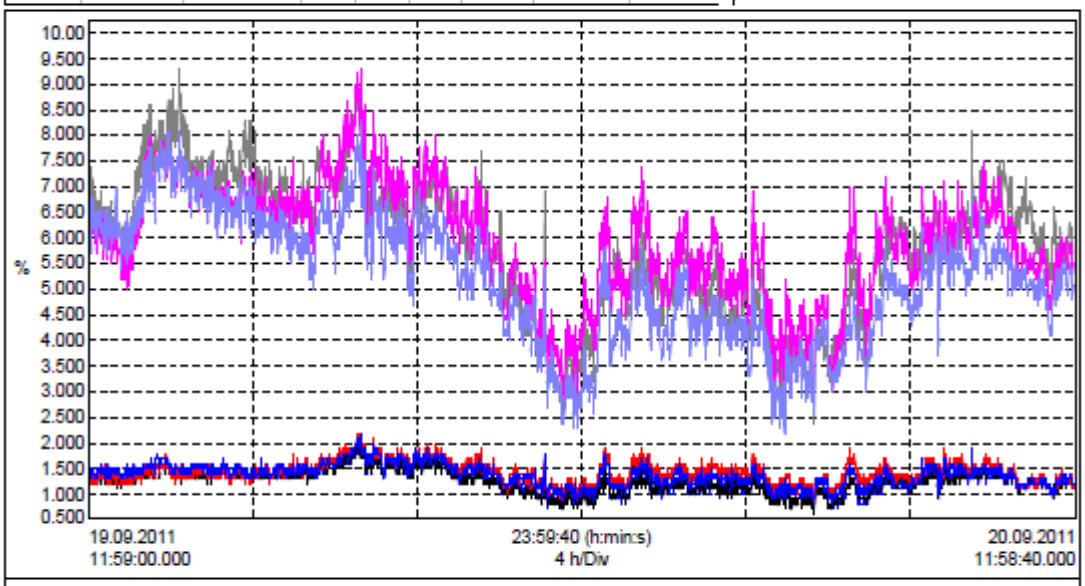
Öte yandan fourier analizi, doğadaki tüm dalga şekillerini, sinüzoidal dalgaların toplamı olarak görür ve böylece özellikle 150 Hz, 250 Hz, 350 Hz gibi frekanslar 50 Hz'deki sinüzoidal dalgayı bozar.

Harmonikler etkilerini aşağıda belirtilen şekillerden bir veya birkaçı ile gösterir [20],

- Rezonans oluşturarak şebekede aşırı akım ve gerilimlerin oluşması
- Enerji taşıma hatlarında dalgalanmalar meydana getirmesi
- Kondansatörlerde patlama, delinme ve güç kayıpları
- Kondansatör kademelerinin sigortalarının atması
- CAD / CAM terminallerinde hafıza silinmesi
- Elektronik kart arızaları
- Elektromekanik cihazların ısınması
- Termik-manyetik şalter ve rölelerin anormal stop etmesi
- Röle sinyallerinin bozulması ve anormal çalışması
- Makinelerde mekanik titreşimler
- Bilgisayar beslemelerindeki aşırı dalgalanmalardan dolayı oluşan kapasitelerin dengelenememesi
- Küçük devir kontrollü cihazların anormal çalışması
- Bilgisayar terminallerinde gürültü oluşması
- 50 Hz üzerinden örnekleme yapan ölçü elemanlarında hatalı ölçümler

2000 kVA' lık trafonun ana dağıtım noktasından 1.şalterin harmonik ölçümleri alınmıştır.(Şekil 5.15)

İsim	Tarih	Zaman	Ort	Min	Max	Birimler	Süre	Birimler
A1 THD	19.09.2011	11:59:00.000	5.835	2.400	9.300	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
A2 THD	19.09.2011	11:59:00.000	5.900	2.700	9.300	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
A3 THD	19.09.2011	11:59:00.000	5.199	2.200	8.300	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
U1 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.295	0.700	2.100	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
U2 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.453	0.900	2.200	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
U3 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.237	0.700	2.000	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
V1 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.228	0.600	2.000	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
V2 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.402	0.800	2.200	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
V3 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.376	0.800	2.200	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)



Channel Name: A1 THD

A1 THD (%)

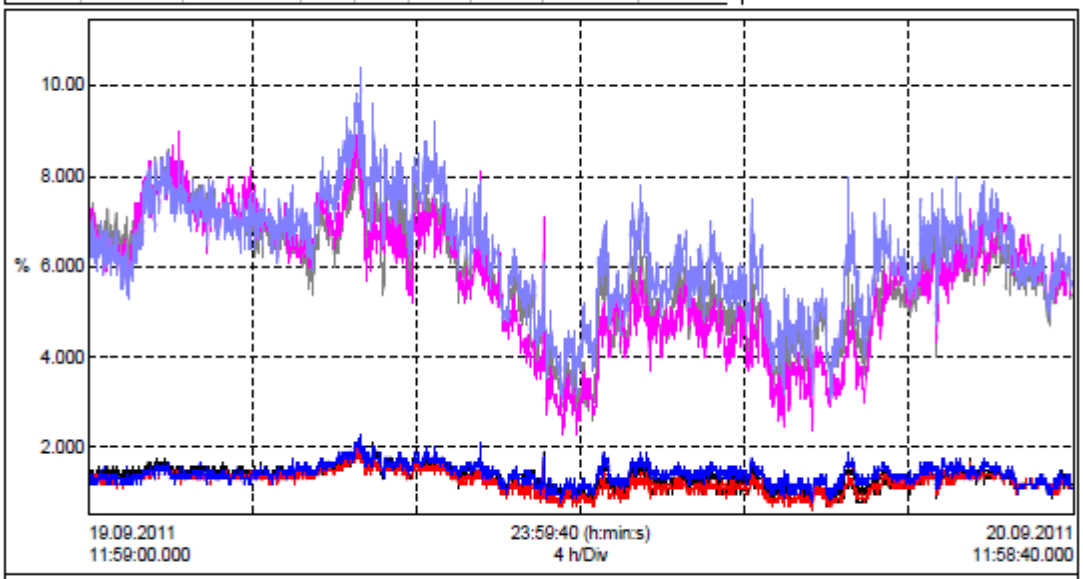
Tarih	Zaman	Val	Birimler
19.09.2011	11:59:00.000	7.4000	%
19.09.2011	11:59:20.000	7.0000	%
19.09.2011	11:59:40.000	7.3000	%
19.09.2011	12:00:00.000	7.4000	%
19.09.2011	12:00:20.000	7.2000	%
19.09.2011	12:00:40.000	7.3000	%
19.09.2011	12:01:00.000	7.1000	%
19.09.2011	12:01:20.000	6.7000	%
19.09.2011	12:01:40.000	6.5000	%
19.09.2011	12:02:00.000	6.5000	%
19.09.2011	12:02:20.000	6.6000	%
19.09.2011	12:02:40.000	7.2000	%
19.09.2011	12:03:00.000	7.2000	%
19.09.2011	12:03:20.000	7.1000	%

19.09.2011 - 11:59:00.000
Değer
1.300 — U1 THD
1.400 — U2 THD
1.300 — U3 THD
1.400 — V1 THD
1.300 — V2 THD
1.400 — V3 THD
7.400 — A1 THD
6.300 — A2 THD
6.300 — A3 THD

Şekil 5.15 : 2000 kVA Trafo bölümü 1.şalter harmonik ölçümleri.

2000kVA' lık trafonun ana dağıtım noktasından 2.şalterin harmonik ölçümleri alınmıştır (Şekil 5.16).

İsim	Tarih	Zaman	Ort	Min	Max	Birimler	Süre	Birimler
A1 THD	19.09.2011	11:59:00.000	5.802	2.600	9.700	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
A2 THD	19.09.2011	11:59:00.000	5.650	2.300	9.000	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
A3 THD	19.09.2011	11:59:00.000	6.277	3.100	10.400	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
U1 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.237	0.700	2.000	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
U2 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.295	0.700	2.100	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
U3 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.457	0.900	2.300	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
V1 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.381	0.800	2.200	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
V2 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.226	0.600	2.000	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)
V3 THD	19.09.2011	11:59:00.000	1.403	0.800	2.200	%	1:00:00:00	(d:h:min:s)



Channel Name: A1 THD

A1 THD (%)

Tarih	Zaman	Val	Birimler
19.09.2011	11:59:00.000	6.8000	%
19.09.2011	11:59:20.000	6.5000	%
19.09.2011	11:59:40.000	6.6000	%
19.09.2011	12:00:00.000	6.7000	%
19.09.2011	12:00:20.000	6.7000	%
19.09.2011	12:00:40.000	6.6000	%
19.09.2011	12:01:00.000	6.7000	%
19.09.2011	12:01:20.000	6.5000	%
19.09.2011	12:01:40.000	6.4000	%
19.09.2011	12:02:00.000	6.6000	%
19.09.2011	12:02:20.000	6.6000	%
19.09.2011	12:02:40.000	7.1000	%
19.09.2011	12:03:00.000	7.1000	%
19.09.2011	12:03:20.000	7.4000	%

19.09.2011 - 11:59:00.000
Değer
1.300 — U1 THD
1.400 — U2 THD
1.400 — U3 THD
1.400 — V1 THD
1.300 — V2 THD
1.300 — V3 THD
6.800 — A1 THD
7.300 — A2 THD
6.800 — A3 THD

Şekil 5.16 : 2000 kVA Trafo bölümü 2.şalter harmonik ölçümleri.

2000 kVA trafo bölümü ana besleme noktasında 1. şalterde alınan ölçümlerden elde edilen verilere göre, toplam harmonik bozulmalar, gerilim için maksimum % 2,2' ye, akım için ise maksimum % 9,3 e çıkmaktadır.

2000 kVA trafo bölümü ana besleme noktasında 2. şalterde alınan ölçümlerden elde edilen verilere göre, toplam harmonik bozulmalar, gerilim için maksimum % 2,2' e, akım için ise maksimum % 10,4' e çıkmaktadır.

Gerilimler için değerler uygun aralıkta olup, akım değerleri sistemde fazla çıkmıştır. Akım değerlerinin maksimum %5 oranlarında olması gerekmektedir. 1. Şalterde akım için maksimum değer % 9,3, 2. Şalterde akım için maksimum değer % 10,4 çıkmıştır. Aktif filtre uygulaması ile yükek akım harmonik değerleri azaltılabilir.

5.2. Elektrik Tarifesi İncelenmesi

Enerji ihtiyacını özel bir şirketten sağlayan fabrikanın sayaç aboneliğine uygulanan elektrik tarifesi için değişiklik önerilmemiştir.

5.3. Transformatör Sistemi

Yukarıda da bahsedildiği gibi tesiste 2000 kVA gücünde bir adet transformatör mevcuttur. Bu transformatörün maksimum yüklenme oranını belirleyebilmek amacıyla enerji analizörü ile 24 saat boyunca ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerde elde edilen maksimum yüklenme aşağıda belirtilmiştir.

2000 kVA' lık trafonun ölçüm sürecindeki maksimum yüklenmesi 1009,985 kW olarak ölçülmüştür.

Çay sezonu içerisinde 2000 kVA trafoya ilişkin bir öneri verilmemiştir.

Çay sezonu dışında kalan dönemde kullanılan 315kVA gücündeki transformatör yerine eğer ihtiyaca cevap verebilecekse 100 kVA gücünde bir transformatör kullanılarak tasarruf sağlanabilir. Her ne kadar bu değişiklik önerisinin geri ödeme süresi oldukça uzun çıksa da, değerlendirmeye alınabilir.

5.3.1. Hesaplamalar ve değerlendirmeler

Çay sezonu dışında kalan dönemlerde 315 kVA' lık transformatör yerine 100kVA'lık transformatör kullanılması ile tasarruf sağlanabilir.

Bu hesaplar şu şekilde yapılır [13].

Tasarruf Miktarı = (Önerilen Trafo Gücü – Mevcut Trafo Gücü) x Güç Faktörü x Yaklaşık Kayıp Oranı **(5.1)**

Tasarruf Miktarı = (315 – 100) x 0,99 x 0,015

Tasarruf Miktarı = 3,19 kWh

Bir yılda çay sezonu dışında çalışma süresini 5040 saat olarak hesap edersek [12],

Yıllık Yaklaşık Tasarruf Miktarı = 3,19 x 5040

Yıllık Yaklaşık Tasarruf Miktarı = 16.091,46 kWh

Elektrik birim fiyatı 0,152 TL olduğundan [21],

Yıllık Yaklaşık Tasarruf Miktarı = 2.445,90 TL olur.

100 kVA' lık trafo yaklaşık yatırım bedeli 21.500 TL alınırsa [22],

Geri Ödeme Süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri Ödeme Süresi = 21.500 / 2.445,90 = 8,79 Yıl bulunur.

5.4. Elektrik Motorları

5.4.1. Ünite ve sistem tarifi

İşletmede üretimin çeşitli aşamalarında kullanılan düşük verimlilik sınıfından (EFF3) çok sayıda AC elektrik motoru bulunmaktadır. Fabrikadaki motorların envanteri çıkarılmış ve ölçümler yapılmıştır. Tesisteki motorların büyük kısmı sürekli olarak aynı yükte çalışan motorlardan oluşmaktadır, bununla birlikte üretim sırasında farklı yüklenmeler gösterebilen motorlar da bulunmaktadır. Tesiste bulunan bazı motorlar çok kısa süre çalıştıklarından dolayı (santrifüj pompalar günde yaklaşık 2 saat çalışıyor) tasarruf odağı olarak görülmemiştir.

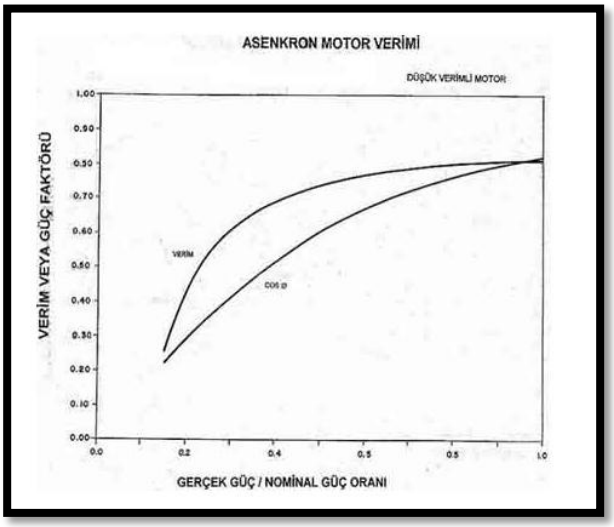
5.4.2. Yapılan ölçümler ve alınan değerler

Alternatif akım motorlarının besleme noktalarından enerji analizörü ile ölçümler alınmıştır. Ölçüm yapılan elektrik motorlarının hangi mekanda çalıştıkları, etiket değerleri, günlük ve yıllık çalışma süreleri, ölçüm değerleri ve önerilen IE2 motor güçleri Ek'te Çizelge A.2'de tablo halinde belirtilmiştir.

5.4.3. Değerlendirmeler ve hesaplamalar

Tesiste gerek ihtiyaçtan daha büyük seçilmiş EFF3 verimlilik sınıfından AC motorlar için, gerekse ihtiyaca uygun seçilmiş EFF3 verimlilik sınıfından AC motorlar için, bu motorlara alternatif olabilecek daha düşük güçlü yada mevcut ile aynı güçte IE2 verimlilik sınıfından motorlar önerilerek hesaplamalar yapılmıştır.

Gücü yüksek seçilmiş EFF3 tipi motorların daha düşük kapasiteli aynı işi yapabilecek yüksek verimlilik sınıfından (IE2) motorlarla değiştirilmesinde ya da EFF3 tipi motorların aynı güçte yüksek verimlilik sınıfından (IE2) motorlarla değiştirilmesi halinde elde edilebilecek enerji tasarruf miktarlarının hesaplanmasında, aşağıda gösterilen orta verimli motorlarda verim-yükleme oranı grafiği kullanılmıştır (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 : Düşük verimli motorlarda verim-yükleme oranı grafiği.

Çizelge A.2'de envanteri çıkarılmış motorların, IE2 tipi yüksek verimlilik sınıfından motorlarla değiştirilmelerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları aşağıdaki örnekte görülen bağıntılar ile hesaplanmıştır.

Fırın bölümünde yer alan 9 nolu 15 kW gücündeki EFF3 fırın fan motorunun yapılan ölçümlerde 7,48 kW güç çektiği tespit edilmiştir. Bu motorun11 kW gücündeki IE2 motoru ile değiştirilmesi durumunda elde edilebilecek tasarruf miktarı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır [13].

$$\text{Yükleme Oranı} = \frac{\text{Ölçülen Güç}}{\text{Nominal Güç (Etiket Değeri)}} \qquad (\mathbf{5.2})$$

Yükleme Oranı = 7,48 / 15 = 0,50

Orta verimli motorlarda; yükleme oranı-verim grafiğinden 0,50 yükleme oranına karşılık gelen verim değeri yaklaşık 0,73 tür.

$$\text{İhtiyaç Duyulan Mekanik Güç} = \text{Ölçülen Güç x Verim Değeri} \qquad (\mathbf{5.3})$$

İhtiyaç Duyulan Mekanik Güç = 7,48 x 0,73 = 5,46 kW bulunur.

Değişimden sonra; 11 kW' lık bir motor yaklaşık olarak % 88,5 verime sahiptir.

Değişimden sonra çekilecek güç = 5,46 / 0,885 = 6,16 kW

Tasarruf miktarı = 7,48 – 6,16 = 1,32 kW

Değiştirilmesi düşünülen motorlar yılda 3600 saat çalışmakta ve elektrik birim fiyatı 0,152 TL dir. Bu bilgiler ışığında değiştirilecek motordan yıllık elde edilecek yaklaşık tasarruf miktarı;

Yıllık Elektrik Tasarrufu = 1,32 x 3600 = 4.752 kWh / Yıl

Yıllık Para Tasarrufu = 4.752 x 0,152 = 722 TL / Yıl

11 kW motor fiyatı 1.269,00 TL alınırsa [23],

Geri Ödeme Süresi = Yatırım Maliyeti / Yıllık Para Tasarrufu

Geri Ödeme Süresi = 1.269,00 / 722 = 1,75 Yıl bulunur.

5.4.4. Öneriler, enerji tasarruf imkanları ve miktarları, geri ödeme süreleri

Gücü gerektiğinden yüksek seçilmiş EFF3 tipi motorların daha düşük güçlü aynı işi yapabilecek yüksek verimlilik sınıfından (IE2) motorlarla yada EFF3 tipi motorların aynı güçte yüksek verimlilik sınıfından (IE2) motorlarla değiştirilmesi halinde elde edilecek enerji tasarruf miktarları Ek'te Çizelge A.3'de verilmiştir.

İşletmede motorların değişmesiyle elde edilecek;

Yıllık toplam tasarruf miktarı = 487.711,33 kWh

Yıllık toplam para tasarrufu = 74.132,12 TL/Yıl

Toplam yatırım maliyeti = 162.923,00 TL

Toplam geri ödeme süresi = 2,20 Yıl olmaktadır.

5.5. Aydınlatma Sistemi

Aydınlatma sisteminin büyük çoğunluğu manyetik balastlı ve T8 tipi fluoresan lambalı armatürlerden oluşmaktadır. Bunun yanında dış aydınlatmada 2x11 W kompakt fluoresan lambalı armatürler ile az sayıda yüksek basınçlı civa buharlı lambalı armatürler kullanılmıştır. Aydınlatma sistemine ilişkin değerlendirme yapabilmek için, öncelikle aydınlatma armatürlerinin genel olarak keşfi yapılmıştır.

5.5.1. Aydınlatma armatürleri envanteri

Aydınlatma sistemine ilişkin yapılan keşif çalışmasında aydınlatma armatürlerinin, tipleri, güçleri ve günlük yaklaşık çalışma sürelerinin yanında, bulundukları mekanlar aşağıdaki Çizelge 5.3'de belirtilmiştir.

Çizelge 5.3 : Aydınlatma armatürleri envanteri.

Mekan	Adet	Armatür Tipi	Balast Tipi	Armatür Gücü (W)	Armatür Toplam Gücü (W)	Günlük Çalışma Süresi (Saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)
Kazan Dairesi	8	2x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	688	24	150
Fırın Bölümü	7	2x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	602	24	150
Soldurma Bölümü	6	2x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	516	24	150
Kıvırma Bölümü	63	2x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	5418	24	150
Fermantasyon Bölümü	6	2x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	516	24	150
Kurutma Dairesi	22	2x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	1892	24	150
Tasnif Bölümü	42	2x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	3612	24	150
İdari Bina	1	2x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	86	10	365
Kazan Dairesi	1	1x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	43	24	150
Fırın Bölümü	21	1x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	903	24	150
Soldurma Bölümü	85	1x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	3655	24	150
Kıvırma Bölümü	16	1x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	688	24	150
Fermantasyon Bölümü	18	1x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	774	24	150

Çizelge 5.3 (Devam) : Aydınlatma armatürleri envanteri.

Mekan	Adet	Armatür Tipi	Balast Tipi	Armatür Gücü (W)	Armatür Toplam Gücü (W)	Günlük Çalışma Süresi (Saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)
Kurutma Dairesi	2	1x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	86	24	150
İş Ocakları	1	1x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	43	24	150
İdari Bina	1	1x36W T8 lambalı etanj armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	43	10	365
İş Ocakları	6	2x36W T8 lambalı TMS armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	516	24	150
İdari Bina	1	2x36W T8 lambalı TMS armatür	Manyetik balast	(2x36)+14=86	86	10	365
Kazan Dairesi	12	1x36W T8 lambalı TMS armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	516	24	150
Fırın Bölümü	2	1x36W T8 lambalı TMS armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	86	24	150
Soldurma Bölümü	6	1x36W T8 lambalı TMS armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	258	24	150
İş Ocakları	1	1x36W T8 lambalı TMS armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	43	24	150
İdari Bina	19	1x36W T8 lambalı TMS armatür	Manyetik balast	(1x36)+7=43	817	10	365
Dış Aydınlatma	5	125W Yüksek basınçlı civa buharı lambalı armatür	Manyetik balast	125+12=137	700	10	365
		GENEL TOPLAMI (W)			22.587		

5.5.2. Aydınlatma sistemi için öneriler

Mevcut tesisin üretim hollerinin aydınlatılmasında 36W/54 T8 fluoresan lambalar B2 tipi manyetik balastlar ile birlikte kullanılmıştır. Bu lambaların ışık akısı 2500 lm' dir. Aydınlatma tesisasıtında yapılabilecekler;

- Mevcut aydınlatma armatürlerinin yerini ve sayısını değiştirmeden, sadece daha az enerji tüketen manyetik yada elektronik balast ile aynı ışık akısına sahip daha düşük güçlü fluoresan lambaların değişimi gerçekleştirilebilir, ancak bu uygulamanın sağlayacağı tasarruf olasılığı çok sınırlı kalacaktır.

- Mevcut hacimlerde verimi yüksek kaliteli aydınlatma armatürleri ile yeni aydınlatma tasarımlarının yapılması uygun olacaktır. Bu tasarımlarda mevcut durumda kullanılan ışık akısı 2500 lm olan 36W/54 tipi fluoresan lambalar yerine ışık akısı 3350 lm olan 36W/840 tipi lambalar ile az kayıplı manyetik veya elektronik balastların kullanılması uygun olacaktır. Bu uygulama tüm hacimlerde yeni aydınlatma tasarımlarını gerektirdiğinden dolayı bu çalışma kapsamında aydınlatma sistemindeki tasarruf çalışmalarına ilişkin sayısal hesaplamalar gerçekleştirilmemiştir.

6. SONUÇLAR

Ülkemizde tüketilen toplam enerjinin %40'ı sanayi tesislerinde kullanılmaktadır. Bir fabrikadaki maliyetlerin toplamını hammadde, enerji ve işçilik oluşturur. Enerji maliyetlerinin düşürülmesiyle kazanç elde etme, enerjinin etkin kullanılmasıyla yani enerji kullanımında verimliliğin sağlanması ile mümkündür. Enerjiyi etkin kullanabilen bir sanayici, ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttıracaktır. Bu bağlamda, son yıllarda hazırlanan enerji yönetimi programları büyük bir ivme kazanarak hemen her sanayi sektöründe yürütülmeye başlanmıştır. Sanayi sektöründe tüketilen enerji miktarının büyük olması ve yüksek enerji tasarrufu potansiyeli içermesi nedeniyle, enerji tasarrufu çalışmalarında sanayi sektörü öncelikli olarak ele alınmalıdır. Sanayi dalları arasında yer alan gıda sanayi de enerji kullanımında önemli bir yer almaktadır. Gıda sektörünün bir dalı olan çay sektöründe tüketilen enerji de yüksek oranlardadır.

Bu çalışmada gıda sektörünün bir kolu olan çay sektöründe yapılabilecek enerji tasarruf çalışmalarına yer verilmiştir. Belirlenen tasarruf çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile çay işletmelerinde, dolayısıyla sanayide enerjinin etkin kullanımı sağlanacak ve enerji tüketimleri azalacaktır. İşletmede bahsedilen iyileştirme olanakları ve uygulamaları düşünülürken, tasarruf miktarı ve yatırımın kendini geri ödeme süresi de göz önünde bulundurulmalıdır. Enerjiyi verimli kullanarak elde edilecek kazançlar, doğrudan kâr olarak düşünülmelidir.

Çay işletmelerinde yoğun olarak kullanılan enerji türü ısı enerjisidir. Bir fabrikada tüketilen enerjinin yaklaşık %90'nını ısı enerjisi oluşturmaktadır. Diğer enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi kullanılır. Bu nedenle çay işletmelerinde tasarruf odaklarını, ısının üretim ve tüketimindeki prosesler ile elektriğin tüketimindeki proseslerolarak gruplandırılabiliriz.

Çay işletmelerinde buhar yoğun olarak soldurma ünitelerinde, kurutma fırınlarında kullanılır. Çay işletmelerinde elektrik ise yoğun olarak elektrik motorlarında ve aydınlatma sisteminde kullanılır.

Enerji verimliliği analizlerinin gerçekleştirildiği fabrikada bütün iyileştirmeler göz önüne alındığında ısı enerjisi ile ilgili 502.310,12 kg fuel-oil tasarrufu elde edilmiştir. Bu tasarruf miktarı da 758.488,28 TL etmektedir. Isı enerjisi ile ilgili yapılacak iyileştirmelerin maliyeti 529.150,55 olduğundan 0,7 yıl gibi bir sürede sistem kendini geri ödemektedir.

Elektrikle ilgili iyileştirmeler göz önüne alındığında yıllık elektrik tüketiminin 516.565,83 kWh azaltılabileceği görülmüştür. Bu tasarruf miktarı da 78.518,01 TL etmektedir. Elektrik ile ilgili yapılacak iyileştirmelerin maliyeti 187.590,00 olduğundan 2,4 yıl gibi bir sürede sistem kendini geri ödemektedir.

Isı enerjisi ve elektrik ile ilgili enerji verimliliği uygulamaları yerine getirildiğinde 837.006,29 TL'lik tasarruf sağlanmakta ve fabrikanın 2011 yılında enerjiye harcadığı miktar 6.444.032,23 TL olduğundan, fabrikanın enerji tüketim maliyetlerinden %12,99'luk bir tasarruf söz konusu o olacaktır. Enerji tüketim miktarlarını TEP cinsinden incelediğimizde fabrikanın yaklaşık 4000 TEP olan enerji tüketim miktarında bu iyileştirmeler sonucunda 540 TEP'lik bir tasarruf sağlanmaktadır.

Daha önce belirtildiği gibi ülkemizde bulunan ve kamuya ait olan 47 adet çay işletmesinde yapılacak enerji verimliliği çalışmaları ile elektrik ve ısı enerjisinden önemli miktarda tasarruf sağlanabilecektir.

Ülkemizde enerji ihtiyacının büyük bir kısmını ithalatla karşıladığımızı düşünürsek bu sektörde yapılacak iyileştirmeler ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlayacaktır. Enerjinin etkin kullanımı sanayici açısından olduğu kadar ülke ekonomisi ve gelecek nesiller için de son derece önemlidir. Tüm sektörlerde enerji tasarrufu potansiyelleri belirlenmeli ve bu tasarruf potansiyellerini gerçekleştirmek için kişi ve kuruluşlar teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

[1] **İşler, T.,** 2009. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği , Ege Bölgesi Enerji Forumu, 12-13 Ekim, Denizli

[2] **Url-1** <http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/EV_kanunu_Temmuz2008.pdf>, alındığı tarih: 22.02.2012.

[3] **Onaygil, S.,** 2011. Endüstride Enerji Yönetimi Genel Enerji Durumu Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

[4] **Tevem Enerji Verimliliği Derneği,** 2010. Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu, Ankara

[5] **Kavak, K.,** 2005. Dünyada ve Türkiyede Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğin İncelenmesi, Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara

[6] **Usta, H.,** 2005. Çay Sektör Profil Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul

[7] **Türkmen, N.,** 2007. Farklı Sınıf Çaylarda Kıvırma Proseslerinin Ve Değişik Hasat Dönemlerinin Çayın Fenolik Madde Ve Alkaloid Bileşimine Etkisi,Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Ankara

[8] **Tandoğan, A.,** 1970, Çayeli ve Pazar İlçelerinin Ekonomik Yapısı, Ankara

[9] **Çalıkoğlu, E., Bayrak, A.,** 2009. Çay İşleme Sırasında Aroma Maddelerindeki Değişim, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara

[10] **Çaykur Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü,** 2009. Çay Sektörü Raporu, Rize

[11] **Özden, D.,** 2009.Türkiye Siyah Çay Sektör Raporu, Avrupa İşletmeleri Ağı, Karadeniz

[12] **Çaykur Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Yetkilileri,** 2011. Kişisel Görüşme

[13] **EİEİ Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi,** 2009. Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt 3, EİEİ Yayınları, Ankara

[14] **Yıldız Kazan**, 2011. Buhar Kazanları Ürün ve Fiyat Katoloğu, İstanbul

[15] **Thermaflex**, 2011. Vana Ceketi Ürün ve Fiyat Katoloğu, İstanbul

[16] **Akdağ, M.,** 2009. Temel Kavramları İle Mühendislik Termodinamiği, Qafqaz Üniversitesi Yayınları, Bakü

[17] **Url-2** <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx>, alındığı tarih: 05.03.2012.

[18] **Çengel, Y., Boles M.,** 2008. Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla, Güven Bilimsel Kitabevi, İzmir

[19] **Erçelik Isı Makina ve Taahhüt San. Tic. Ltd. Şti** , 2011 Reküperatör Ürün ve Fiyat Katoloğu, İstanbul

[20] **Yıldız, Ş.,** 2006. Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Elektrik Enerjisinde Kalitenin Yükseltilmesi,Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı , Sivas

[21] **Url-3** <http://www.cedas.gov.tr>, alındığı tarih: 11.03.2012.

[22] **Elit Enerji**, 2011. Trafo Ürün ve Fiyat Katoloğu, İstanbul

[23] **Gama Elektrik Motorları**, 2011. Elektrik Motorları Ürün ve Fiyat Katoloğu, İstanbul

[24] **EAE Aydınlatma,** 2011. Aydınlatma Ürün ve Fiyat Katoloğu

[25] **Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı,** 2010. Faaliyet Raporu, Ankara

EKLER

EK A: Çizelgeler

EK A

Çizelge A.1: Vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılmasıyla oluşacak tasarruf miktarları.

NO	Mahal Adı	Boru Boyu (m)	Boru Çapı (m)	Vana Sayısı	Flanş Sayısı	Yüzey Sıcaklığı T (^oC)	Ortam Sıcaklığı T (^oC)	Toplam uzunluk L (m)	U_C (W/m^2K)	U_R (W/m^2K)	Q (kcal/h)	d_2 (m)	Q_{YAL} (kcal/h)	Tasarruf Miktarı (kcal/Yıl)	Yıllık Yakıt Tasarrufu (kg/Yıl)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)
1	Kazan Dairesi	1,5	0,032	5	0	94,9	27,0	14	7.805	8.107	1.307.108	0,132	138.975	4.205.276,16	533,12	805,02
2	Kazan Dairesi	0	0,032	4	0	89,2	27,0	10	7.636	7.89	834.478	0,132	90.935	2.676.756,04	339,35	512,41
3	Kazan Dairesi	0	0,065	3	0	70,0	27,0	7,5	5.832	7.192	737.264	0,165	71.089	2.398.229,08	304,04	459,09
4	Kazan Dairesi	0	0,065	2	0	68,9	27,0	5	5.795	7.154	476.14	0,165	46.18	1.547.856,33	196,23	296,31
5	Kazan Dairesi	1,5	0,025	5	0	116,6	27,0	14	8.898	8.981	1.514.095	0,125	161.936	4.867.772,61	617,11	931,84
6	Kazan Dairesi	0	0,032	5	0	114,3	27,0	12,5	8.311	8.885	1.621.585	0,132	159.538	5.263.367,90	667,26	1.007,57
7	Kazan Dairesi	0	0,04	5	1	96,7	27,0	13	7.43	8.177	1.527.517	0,140	149.436	4.961.092,60	628,94	949,70
8	Kazan Dairesi	0	0,025	7	0	140,7	27,0	17,5	9.444	10.039	2.617.160	0,125	256.866	8.497.058,39	1.077,21	1.626,59
9	Kazan Dairesi	0	0,02	2	0	140,5	27,0	5	9.981	10.03	613.346	0,120	65.969	1.970.558,78	249,82	377,22
10	Kazan Dairesi	1,5	0,08	0	2	150,7	27,0	2,5	7.211	10.507	1.183.695	0,180	78.104	3.980.128,98	50458	761,92
11	Kazan Dairesi	0	0,015	2	0	87,2	27,0	5	9.153	7.814	206.875	0,115	30.87	633.619,68	80,33	121,29
12	Kazan Dairesi	1	0,15	0	0	147,1	27,0	1	6.117	10.336	800.437	0,250	47.797	2.709.503,87	343,50	518,68
13	Kazan Dairesi	0	0,1	0	4	141,0	27,0	2	6.682	10.053	1.030.387	0,200	67.183	3.467.534,76	439,60	663,79
14	Kazan Dairesi	0	0,125	0	4	152,8	27,0	2	6.477	10.607	1.450.903	0,225	87.197	4.909.340,47	622,38	939,80
15	Kazan Dairesi	0	0,2	2	2	153,0	27,0	6	5.761	10.616	6687.065	0,300	377.941	22.712.847,39	2.879,42	4.347,92
16	Kazan Dairesi	0	0,065	2	0	139,0	27,0	5	7.409	9.962	1.707.467	0,165	123.441	5.702.490,61	722,93	1.091,63
17	Kazan Dairesi	0	0,05	2	0	137,9	27,0	5	7.892	9.912	1.332.933	0,150	103.989	4.424.199,51	560,88	846,92
18	Kazan Dairesi	0	0,025	2	0	135,0	27,0	5	9.323	9.781	696.44	0,125	69.711	2.256.224,99	286,03	431,91
19	Kazan Dairesi	0	0,08	0	4	137,0	27,0	2	7.003	9.871	801.954	0,180	55.563	2.687.009,47	340,65	514,37
20	Kazan Dairesi	0	0,065	0	2	136,8	27,0	1	7.373	9.862	332.154	0,165	24.203	1.108.620,64	140,55	212,22
21	Kazan Dairesi	0	0,025	7	0	130,0	27,0	17,5	9.213	9.558	2.284.236	0,125	232.693	7.385.555,10	936,30	1.4138,2

Çizelge A.1 (Devam) : Vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılmasıyla oluşacak tasarruf miktarları.

NO	Mahal Adı	Boru Boyu (m)	Boru Çapı (m)	Vana Sayısı	Flanş Sayısı	Yüzey Sıcaklığı T (^oC)	Ortam Sıcaklığı T (^oC)	Toplam uzunluk L (m)	U_C (W/m^2K)	U_R (W/m^2K)	Q (kcal/h)	d_2 (m)	Q_{YAL} (kcal/h)	Tasarruf Miktarı (kcal/Yıl)	Yıllık Yakıt Tasarrufu (kg/Yıl)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)
22	Kazan Dairesi	0	0,02	4	0	91,0	27,0	10	8.649	7.958	574.032	0,120	74.397	1.798.687,30	228,03	344,32
23	Kazan Dairesi	3	0,08	0	6	120,3	27,0	6	6.720	9.138	1.917.791	0,180	141.382	6.395.072,49	810,73	1.224,21
24	Kazan Dairesi	4	0,15	0	0	107,6	27,0	4	5.537	8.610	1.847.444	0,250	128.308	6.188.889,90	784,60	1.184,74
25	Kazan Dairesi	0	0,2	0	4	130,2	27,0	2	5.481	9.567	1.677.419	0,300	103.184	5.667.247,37	718,46	1.084,88
26	Kazan Dairesi	0	0,032	1	0	91,2	27,0	2,5	7.697	7.965	217.220	0,132	23.465	697.519,73	88,43	133,53
27	Kazan Dairesi	0	0,025	12	2	133,6	27,0	31	9.293	9.718	4.241.185	0,125	426.606	13.73.,482,14	1.740,93	2.628,81
28	Kazan Dairesi	0	0,2	0	2	134,6	27,0	1	5.539	9.763	889.191	0,300	53.792	3.007.438,51	381,27	575,71
29	Kazan Dairesi	0	0,065	7	7	95,6	27,0	21	6.555	8.134	3.714.309	0,165	317.553	12.228.323,06	1.550,24	2.340,87
30	Kazan Dairesi	0,2	0,2	1	0	104,1	27,0	2,7	5.096	8.469	1.525.054	0,300	104.069	5.115.545,55	648,52	979,27
31	Kazan Dairesi	40	0,05	0	0	104,5	27,0	40	7.216	8.485	6.571.722	0,150	581.364	21.565.290,87	2.733,94	4.128,24
32	Kazan Dairesi	1,5	0,125	4	0	76,5	27,0	11,5	5.130	7.422	2.411.908	0,225	197.285	7.972.643,30	1,010,73	1.526,20
33	Kazan Dairesi	0,4	0,1	2	1	87,7	27,0	5,9	5.708	7.833	1.309.577	0,200	105.528	4.334.575,97	549,52	829,77
34	Kazan Dairesi	0	0,1	1	0	71,7	27,0	2,5	5.288	7.252	378.400	0,200	32.929	1.243.697,76	157,67	238,08
35	Kazan Dairesi	3	0,2	1	0	98,9	27,0	5,5	5.008	8.263	2.834.237	0,300	197.694	9.491.554,83	1.203,29	1.816,97
36	Kazan Dairesi	0,5	0,2	0	1	107,9	27,0	1	5.157	8.622	602.060	0,300	40.444	2.021.818,82	256,32	387,04
37	Kazan Dairesi	0,5	0,08	0	1	103,1	27,0	1	6.387	8.429	243.570	0,180	19.220	807.660,18	102,39	154,61
38	Kazan Dairesi	0,5	0,1	0	0	100,5	27,0	0,5	5.988	8.326	142.049	0,200	10.829	472.392,58	59,89	90,43
39	Kazan Dairesi	0	0,025	4	0	93,6	27,0	10	8.262	8.057	733.737	0,125	85.977	2.331.935,04	295,63	446,40
40	Kazan Dairesi	0	0,04	4	1	130,5	27,0	10,5	8.202	9.580	2.087.369	0,140	179.229	6.869.306,40	870,86	1.314,99
41	Kazan Dairesi	0	0,025	5	0	129,0	27,0	12,5	9.191	9.514	1.610.034	0,125	164.596	5.203.578,75	659,68	996,12
42	Kazan Dairesi	0	0,1	2	0	96,7	27,0	5	5.909	8.177	1.325.613	0,200	102.690	4.402.520,73	558,13	842,77

Çizelge A.1 (Devam): Vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılmasıyla oluşacak tasarruf miktarları.

NO	Mahal Adı	Boru Boyu (m)	Boru Çapı (m)	Vana Sayısı	Flanş Sayısı	Yüzey Sıcaklığı T (^oC)	Ortam Sıcaklığı T (^oC)	Toplam uzunluk L (m)	U_C (W/m^2K)	U_R (W/m^2K)	Q (kcal/h)	d_2 (m)	Q_{YAL} (kcal/h)	Tasarruf Miktarı (kcal/Yıl)	Yıllık Yakıt Tasarrufu (kg/Yıl)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)
43	Kazan Dairesi	0	0,05	1	0	107,7	27,0	2,5	7.289	8.614	433.205	0,150	37.836	1.423.330,98	180,44	272,47
44	Kazan Dairesi	0	0,2	1	0	108,3	27,0	2,5	5.164	8.638	1.515.075	0,300	101.609	5.088.476,28	645,09	974,09
45	Kazan Dairesi	0	0,08	4	0	128,3	27,0	10	6.86	9.483	3.576.572	0,180	255.842	11.954.629,43	1.515,55	2.288,47
46	Kazan Dairesi	0	0,032	1	0	109,7	27,0	2,5	8.199	8.695	301.843	0,132	30.226	977.818,83	123,96	187,18
47	Kazan Dairesi	0	0,1	1	0	91,6	27,0	2,5	5.798	7.981	600.897	0,200	47.588	1.991.910,99	252,52	381,31
48	Kurutma Fanları	0	0,032	0	40	98,0	23,0	20	8.002	8.093	2.086.169	0,132	219.296	6.720.743,20	852,02	1.286,55
49	Kurutma Fanları	0	0,025	50	0	128,7	23,0	125	9.273	9.357	1.6617.751	0,125	1.705.664	53.683.512,94	6.805,72	10.276,64
50	Kurutma Fanları	0	0,032	0	40	104,5	23,0	20	8.17	8.348	2.326.604	0,132	238.302	7.517.886,70	953,08	1.439,15
51	Kurutma Fanları	0	0,065	0	20	145,0	23,0	10	7.569	10.089	3.781.498	0,165	268.926	12.645.261,07	1.603,10	2.420,68
52	Kurutma Fanları	0	0,08	0	1	96,6	23,0	0,5	6.334	8.039	114.26	0,180	9.294	377.877,37	47,91	72,34
53	Kurutma Fanları	0	0,1	1	0	155,3	23,0	2,5	6.936	10.575	1.563.989	0,200	97.46	5.279.503,21	669,31	1.010,66
54	Kurutma Fanları	0	0,1	0	1	109,7	23,0	0,5	6.24	8.557	173.224	0,200	12.774	577.622,79	73,23	110,57
55	Kurutma Fanları	0	0,08	0	2	123,1	23,0	1	6.84	9.115	345.024	0,180	25.281	1.151.075,04	145,93	220,35
56	Kurutma Fanları	0	0,025	5	0	134,2	23,0	12,5	9.392	9.599	1.782.085	0,125	179.442	5.769.514,70	731,43	1.104,46
57	Kurutma Fanları	0	0,065	2	0	102,4	23,0	5	6.799	8.265	1.049.708	0,165	87.511	3.463.906,89	439,14	663,10
58	Kurutma Fanları	5	0,065	1	0	96,1	23,0	7,5	6.66	8.02	1.412.611	0,165	120.851	4.650.334,51	589,55	890,21
59	Kurutma Fanları	2	0,065	1	1	103,1	23,0	5	6.814	8.293	1.061.956	0,165	88.283	3.505.225,25	444,37	671,01
60	Kurutma Fanları	0	0,032	20	16	126,4	23,0	58	8.67	9.257	9.290.703	0,132	876.776	30.290.136,85	3.840,03	5.798,44
61	Kurutma Fanları	0	0,032	0	16	96,0	23,0	8	7.948	8.016	805.596	0,132	85.379	2.592.779,75	328,70	496,34
62	Kurutma Fanları	0	0,1	0	2	145,3	23,0	1	6.801	10.103	558.273	0,200	36.037	1.880.048,07	238,34	359,90
63	Kurutma Fanları	0	0,02	3	0	113,2	23,0	7,5	9.424	8.7	662.205	0,120	78.639	2.100.837,15	266,33	402,16

Çizelge A.1 (Devam) : Vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılmasıyla oluşacak tasarruf miktarları.

NO	Mahal Adı	Boru Boyu (m)	Boru Çapı (m)	Vana Sayısı	Flanş Sayısı	Yüzey Sıcaklığı T (^oC)	Ortam Sıcaklığı T (^oC)	Toplam uzunluk L (m)	U_C (W/m^2K)	U_R (W/m^2K)	Q (kcal/h)	d_2 (m)	Q_{YAL} (kcal/h)	Tasarruf Miktarı (kcal/Yıl)	Yıllık Yakıt Tasarrufu (kg/Yıl)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)
64	Kurutma Fanları	1,2	0,015	1	0	111,2	23,0	3,7	10.070	8.618	247.041	0,115	33.469	768.860,97	97,47	147,18
65	Kurutma Fanları	0	0,125	0	2	126,7	23,0	1	6.172	9.270	540.530	0,225	35.939	1.816.527,46	230,29	347,74
66	Kurutma Fanları	0	0,1	0	4	91,4	23,0	2	5.881	7.840	506.890	0,200	40.310	1.679.687,46	212,94	321,54
67	Soldurma Fanları	1	0,08	0	1	97,2	22,5	1,5	6.357	8.045	348.631	0,180	28.299	1.153.193,86	14620	220,76
68	Soldurma Fanları	0,2	0,08	1	0	111,7	22,5	2,7	6.645	8.622	794.329	0,180	60.826	2.640.611,30	334,76	505,49
69	Soldurma Fanları	0	0,025	30	10	114,2	22,5	80	8.950	8.724	8.753.088	0,125	947.039	28.101.776,36	3.562,60	5.379,52
70	Soldurma Fanları	40	0,025	0	0	95,2	22,5	40	8.445	7.968	3.222.254	0,125	375.407	10.248.648,87	1.299,27	1.961,90
71	Soldurma Fanları	1	0,08	0	0	97,9	22,5	1	6.372	8.072	235.281	0,180	19.043	778.458,45	98,69	149,02
72	Soldurma Fanları	0	0,032	4	0	107,1	22,5	10	8.246	8.435	1.219.507	0,132	123.683	3.944.964,96	500,12	755,18
73	Soldurma Fanları	0	0,02	4	0	101,6	22,5	10	9.120	8.217	740.626	0,120	91.949	2.335.237,16	296,05	447,03
74	Soldurma Fanları	0	0,015	1	0	90,0	22,5	2,5	9.419	7.771	117.501	0,115	17.307	360.698,29	4573	69,05
75	Soldurma Fanları	50	0,025	30	10	98,0	22,5	130	8.525	8.076	11.000.291	0,125	1.267.065	35.039.616,33	4.442,14	6.707,63
76	Soldurma Fanları	0	0,1	3	0	90,0	22,5	7,5	5.862	7.771	1863.712	0,200	149.174	6.172.339,19	782,50	1.181,57
77	Soldurma Fanları	0	0,08	0	4	90,2	22,5	2	6.203	7.779	408.961	0,180	34.196	1.349.151,64	171,04	258,27
78	Soldurma Fanları	0,5	0,125	0	2	97,5	22,5	1,5	5.692	8.057	522.094	0,225	38.989	1.739.178,67	220,48	332,93
79	Soldurma Fanları	0	0,15	0	2	97,0	22,5	1	5.429	8.038	406.381	0,250	29.649	1.356.233,45	171,94	259,62
80	Soldurma Fanları	0	0,025	40	0	106,6	22,5	100	8.758	8.415	9.750.369	0,125	1.085.687	31.192.856,07	3.954,47	5.971,25
81	Soldurma Fanları	0	0,04	6	0	141,4	22,5	15	8.491	9.906	3.544.126	0,140	294.138	11.699.957,53	1.483,26	2.239,72
82	Soldurma Fanları	2	0,02	3	0	112,1	22,5	9,5	9.408	8.638	829.625	0,120	98.947	2.630.440,07	333.47	503,55
83	Soldurma Fanları	25	0,04	0	0	93,5	22,5	25	7.464	7.903	2.946.465	0,140	292.736	9.553.423,99	1.211,13	1.828,81

Çizelge A.1 (Devam) : Vana vb. mekanik ekipmanların yalıtılmasıyla oluşacak tasarruf miktarları.

NO	Mahal Adı	Boru Boyu (m)	Boru Çapı (m)	Vana Sayısı	Flanş Sayısı	Yüzey Sıcaklığı T (^oC)	Ortam Sıcaklığı T (^oC)	Toplam uzunluk L (m)	U_C (W/m^2K)	U_R (W/m^2K)	Q (kcal/h)	d_2 (m)	Q_{YAL} (kcal/h)	Tasarruf Miktarı (kcal/Yıl)	Yıllık Yakıt Tasarrufu (kg/Yıl)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)
84	Soldurma Fanları	0	0,015	1	0	88,4	22,5	2,5	9.363	7.711	113.940	0,115	16.896	349.356,51	44,29	66,88
85	Soldurma Fanları	0	0,1	0	1	138,2	22,5	0,5	6.707	9.760	257.252	0,200	17.046	864.740,44	109,63	165,54
86	Soldurma Fanları	0	0,025	40	10	103,9	22,5	105	8.687	8.308	9806.039	0,125	1.103.373	31.329.600,65	3.971,81	5.997,43
87	Soldurma Fanları	0	0,05	1	0	103,5	22,5	2,5	7.296	8.292	426.191	0,150	37.976	1.397.572,93	177,18	267,54
88	Soldurma Fanları	2	0,02	3	0	88,0	22,5	9,5	8.700	7.696	551.010	0,120	72.333	1.723.235,58	218,46	329,88
89	Soldurma Fanları	0	0,015	1	0	87,5	22,5	2,5	9.330	7.678	111.952	0,115	16.666	343.029,59	43,49	65,67
90	Soldurma Fanları	0	0,08	0	1	145,3	22,5	0,5	7.198	10.085	229.250	0,180	15.507	769.475,01	97,55	147,30

Çizelge A.2: Ölçüm yapılan elektrik motorlarının özellikleri ve öneriler.

Ölçüm Yapılan Motor	Verimlilik Sınıfı	Motor Gücü (kW)	Devir Sayısı (d/d)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)	Ölçülen Max.Güç Değeri (kW)	Önerilen IE2 Motor Gücü (kW)
Rotervan Motoru 1	EFF 3	18,5	970	24	150	14,39	15
Rotervan Motoru 2	EFF 3	18,5	970	24	150	13,81	15
Rotervan Motoru 3	EFF 3	18,5	970	24	150	12,41	15
Rotervan Motoru 4	EFF 3	18,5	970	24	150	10,94	15
Rotervan Motoru 5	EFF 3	18,5	970	24	150	12,42	15
Rotervan Motoru 6	EFF 3	18,5	970	24	150	12,38	15
Rotervan Motoru 7	EFF 3	18,5	970	24	150	11,46	15
Rotervan Motoru 8	EFF 3	18,5	970	24	150	11,24	15
Rotervan Motoru 9	EFF 3	18,5	970	24	150	11,95	15
Rotervan Motoru 10	EFF 3	18,5	970	24	150	11,78	15
Kıvırma Motoru 1	EFF 3	11	1.459	24	150	7,59	11
Kıvırma Motoru 2	EFF 3	11	1.46	24	150	7,23	11
Kıvırma Motoru 3	EFF 3	11	1.46	24	150	6,61	11
Kıvırma Motoru 4	EFF 3	11	1.46	24	150	7,75	11
Kıvırma Motoru 5	EFF 3	11	1.46	24	150	6,48	11
Kıvırma Motoru 6	EFF 3	11	1.459	24	150	7,38	11
Kıvırma Motoru 7	EFF 3	11	1.459	24	150	7,05	11
Kıvırma Motoru 8	EFF 3	11	1.459	24	150	7,39	11
Kıvırma Motoru 9	EFF 3	11	1.459	24	150	8,03	11
Kıvırma Motoru 10	EFF 3	11	1.459	24	150	7,88	11
Kıvırma Motoru 11	EFF 3	11	1.459	24	150	5,66	11
Kıvırma Motoru 12	EFF 3	11	1.459	24	150	7,57	11
Kıvırma Motoru 13	EFF 3	11	1.459	24	150	8,13	11
Kıvırma Motoru 14	EFF 3	11	1.459	24	150	8,27	11
Kıvırma Motoru 15	EFF 3	11	1.459	24	150	7,52	11
Kıvırma Motoru 16	EFF 3	11	1.46	24	150	7,38	11
Kıvırma Motoru 17	EFF 3	11	1.46	24	150	6,71	11
Kıvırma Motoru 18	EFF 3	11	1.46	24	150	6,85	11
Kıvırma Motoru 19	EFF 3	11	1.45	24	150	7,55	11
Kıvırma Motoru 20	EFF 3	11	1.46	24	150	7,76	11
Kıvırma Motoru 21	EFF 3	11	1.459	24	150	7,71	11
Kıvırma Motoru 22	EFF 3	11	1.459	24	150	5,66	11
Kıvırma Motoru 23	EFF 3	11	1.459	24	150	5,93	11
Kıvırma Motoru 24	EFF 3	11	1.459	24	150	7,62	11
Kıvırma Motoru 25	EFF 3	11	1.459	24	150	6,61	11
Kıvırma Motoru 26	EFF 3	11	1.46	24	150	6,97	11
Kıvırma Motoru 27	EFF 3	11	1.46	24	150	7,52	11

Çizelge A.2 (Devam) : Ölçüm yapılan elektrik motorlarının özellikleri ve öneriler.

Ölçüm Yapılan Motor	Verimlilik Sınıfı	Motor Gücü (kW)	Devir Sayısı (d/d)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)	Ölçülen Max.Güç Değeri (kW)	Önerilen IE2 Motor Gücü (kW)
Kıvırma Motoru 28	EFF 3	11	1.460	24	150	6,75	11
Kıvırma Motoru 29	EFF 3	11	1.450	24	150	8,51	11
Kıvırma Motoru 30	EFF 3	11	1.460	24	150	6,78	11
Kıvırma Motoru 31	EFF 3	11	1.459	24	150	7,49	11
Kıvırma Motoru 32	EFF 3	11	1.459	24	150	6,09	11
Kıvırma Motoru 33	EFF 3	11	1.459	24	150	6,44	11
Kıvırma Motoru 34	EFF 3	11	1.460	24	150	7,76	11
Kıvırma Motoru 35	EFF 3	11	1.460	24	150	7,51	11
Kıvırma Motoru 36	EFF 3	11	1.460	24	150	6,48	11
Kıvırma Motoru 37	EFF 3	11	1.459	24	150	6,37	11
Kıvırma Motoru 38	EFF 3	11	1.460	24	150	7,05	11
Kıvırma Motoru 39	EFF 3	11	1.460	24	150	6,35	11
Kıvırma Motoru 40	EFF 3	11	1.460	24	150	6,97	11
Göbekli Kıvırma Motoru 1	EFF 3	11	1.450	24	150	7,19	11
Göbekli Kıvırma Motoru 2	EFF 3	11	1.450	24	150	7,23	11
Göbekli Kıvırma Motoru 3	EFF 3	11	1.459	24	150	7,57	11
Göbekli Kıvırma Motoru 4	EFF 3	11	1.459	24	150	6,59	11
Göbekli Kıvırma Motoru 5	EFF 3	10	1.450	24	150	6,95	11
Göbekli Kıvırma Motoru 6	EFF 3	11	1.460	24	150	7,41	11
Göbekli Kıvırma Motoru 7	EFF 3	15	1.450	24	150	6,52	11
Göbekli Kıvırma Motoru 8	EFF 3	11	1.460	24	150	7,05	11
Göbekli Kıvırma Motoru 9	EFF 3	11	1.459	24	150	6,97	11
Göbekli Kıvırma Motoru 10	EFF 3	11	1.460	24	150	7,49	11
Göbekli Kıvırma Motoru 11	EFF 3	11	1.460	24	150	6,83	11
Göbekli Kıvırma Motoru 12	EFF 3	11	1.460	24	150	7,74	11
1 Nolu Kazan Fan Motoru	EFF 3	22	1.455	24	150	13,06	15
2 Nolu Kazan Fan Motoru	EFF 3	22	1.455	24	150	12,53	15
3 Nolu Kazan Fan Motoru	EFF 3	22	1.455	24	150	14,02	15
4 Nolu Kazan Fan Motoru	EFF 3	22	1.455	24	150	12,27	15

Çizelge A.2 (Devam): Ölçüm yapılan elektrik motorlarının özellikleri ve öneriler.

Ölçüm Yapılan Motor	Verimlilik Sınıfı	Motor Gücü (kW)	Devir Sayısı (d/d)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)	Ölçülen Max.Güç Değeri (kW)	Önerilen IE2 Motor Gücü (kW)
Santrifüj Pompa Motoru1	EFF 3	18,5	1.455	1-2	150	11,95	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 2	EFF 3	18,5	1.455	1-2	150	12,99	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 3	EFF 3	18,5	1.455	1-2	150	10,95	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 4	EFF 3	18,5	1.455	1-2	150	11,24	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 5	EFF 3	18,5	1.455	1-2	150	12,77	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 6	EFF 3	18,5	1.455	1-2	150	10,93	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 7	EFF 3	18,5	1.455	1-2	150	12,96	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 8	EFF 3	18,5	1.455	1-2	150	11,83	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 9	EFF 3	5,5	1.455	1-2	150	4,22	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 10	EFF 3	5,5	1.455	1-2	150	4,01	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 11	EFF 3	5,5	1.455	1-2	150	3,95	önerilmemiştir
Santrifüj Pompa Motoru 12	EFF 3	5,5	1.455	1-2	150	3,88	önerilmemiştir
Degazör Su Pompası Motoru 1	EFF 3	22	1.455	1-2	150	16,66	önerilmemiştir
Degazör Su Pompası Motoru 2	EFF 3	22	1.455	1-2	150	15,95	önerilmemiştir
Desülfürüzasyon Filtre Fan Motoru 1 (İnvertörlü)	EFF 3	15	1.455	24	150	12,81	önerilmemiştir
Desülfürüzasyon Filtre Fan Motoru 2 (İnvertörlü)	EFF 3	11	955	24	150	7,04	önerilmemiştir
Fermantasyon Fan Motoru	EFF 3	11	1.460	24	150	7,12	11
Tasnif Toz Alma Motoru 1	EFF 3	55	1.450	24	150	27,96	30
Tasnif Toz Alma Motoru 2	EFF 3	55	1.450	24	150	26,50	30
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 1	EFF 3	4	940	24	150	3,88	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 2	EFF 3	4	940	24	150	2,95	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 3	EFF 3	4	940	24	150	2,81	4

Çizelge A.2 (Devam) : Ölçüm yapılan elektrik motorlarının özellikleri ve öneriler.

Ölçüm Yapılan Motor	Verimlilik Sınıfı	Motor Gücü (kW)	Devir Sayısı (d/d)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)	Ölçülen Max.Güç Değeri (kW)	Önerilen IE2 Motor Gücü (kW)
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 4	EFF 3	4	940	24	150	2,53	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 5	EFF 3	4	940	24	150	3,04	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 6	EFF 3	4	940	24	150	2,92	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 7	EFF 3	4	940	24	150	2,57	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 8	EFF 3	4	940	24	150	3,04	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 9	EFF 3	4	940	24	150	2,83	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 10	EFF 3	4	940	24	150	3,39	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 11	EFF 3	4	940	24	150	2,97	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 12	EFF 3	4	940	24	150	2,96	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 13	EFF 3	4	940	24	150	3,11	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 14	EFF 3	4	940	24	150	3,07	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 15	EFF 3	4	940	24	150	2,77	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 16	EFF 3	4	940	24	150	2,13	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 17	EFF 3	4	940	24	150	3,03	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 18	EFF 3	4	940	24	150	3,21	4

Çizelge A.2 (Devam) : Ölçüm yapılan elektrik motorlarının özellikleri ve öneriler.

Ölçüm Yapılan Motor	Verimlilik Sınıfı	Motor Gücü (kW)	Devir Sayısı (d/d)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)	Ölçülen Max.Güç Değeri (kW)	Önerilen IE2 Motor Gücü (kW)
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 19	EFF 3	4	940	24	150	2,68	4
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 20	EFF 3	4	940	24	150	2,95	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 1	EFF 3	4	940	24	150	3,04	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 2	EFF 3	4	940	24	150	2,99	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 3	EFF 3	4	940	24	150	3,58	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 4	EFF 3	4	940	24	150	3,71	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 5	EFF 3	4	940	24	150	2,99	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 6	EFF 3	4	940	24	150	3,26	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 7	EFF 3	4	940	24	150	3,45	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 8	EFF 3	4	940	24	150	2,87	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 9	EFF 3	4	940	24	150	3,04	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 10	EFF 3	4	940	24	150	2,77	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 11	EFF 3	4	940	24	150	2,64	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 12	EFF 3	4	940	24	150	2,72	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 13	EFF 3	4	940	24	150	3,05	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 14	EFF 3	4	940	24	150	3,27	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 15	EFF 3	4	940	24	150	2,95	4

Çizelge A.2 (Devam) : Ölçüm yapılan elektrik motorlarının özellikleri ve öneriler.

Ölçüm Yapılan Motor	Verimlilik Sınıfı	Motor Gücü (kW)	Devir Sayısı (d/d)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)	Ölçülen Max.Güç Değeri (kW)	Önerilen IE2 Motor Gücü (kW)
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 16	EFF 3	4	940	24	150	2,91	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 17	EFF 3	4	940	24	120	3,42	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 18	EFF 3	4	940	24	120	2,47	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 19	EFF 3	4	940	24	120	3,01	4
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 20	EFF 3	4	940	24	120	2,88	4
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 11	EFF 3	11	1.459	24	120	7,21	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 12	EFF 3	11	1.450	24	120	8,01	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 13	EFF 3	11	1.459	24	120	7,71	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 14	EFF 3	11	1.459	24	120	6,49	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 15	EFF 3	15	1.450	24	120	8,16	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 16	EFF 3	11	1.460	24	120	7,34	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 17	EFF 3	11	1.460	24	120	7,09	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 18	EFF 3	11	1.450	24	120	7,14	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 19	EFF 3	11	1.450	24	120	7,28	7,5
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 20	EFF 3	11	1.450	24	120	6,83	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 31	EFF 3	11	1.450	24	120	7,35	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 32	EFF 3	11	1.450	24	120	6,77	7,5

Çizelge A.2 (Devam): Ölçüm yapılan elektrik motorlarının özellikleri ve öneriler.

Ölçüm Yapılan Motor	Verimlilik Sınıfı	Motor Gücü (kW)	Devir Sayısı (d/d)	Günlük Çalışma Süresi (saat)	Yıllık Çalışma Süresi (Gün)	Ölçülen Max.Güç Değeri (kW)	Önerilen IE2 Motor Gücü (kW)
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 33	EFF 3	11	1.459	24	120	8,13	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 34	EFF 3	11	1.459	24	120	5,94	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 35	EFF 3	11	1.450	24	120	5,88	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 36	EFF 3	11	1.450	24	120	5,39	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 37	EFF 3	11	1.460	24	120	7,02	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 38	EFF 3	11	1.450	24	120	7,31	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 39	EFF 3	11	1.459	24	120	6,97	7,5
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 40	EFF 3	11	1.460	24	120	6,04	7,5
Fırın Fan Motoru 1	EFF 3	15	1.460	24	120	6,87	7,5
Fırın Fan Motoru 2	EFF 3	15	1.460	24	120	7,33	7,5
Fırın Fan Motoru 3	EFF 3	15	1.450	24	120	8,29	7,5
Fırın Fan Motoru 4	EFF 3	11	1.459	24	120	6,83	7,5
Fırın Fan Motoru 5	EFF 3	15	1.460	24	120	7,15	7,5
Fırın Fan Motoru 6	EFF 3	18.5	1.450	24	120	7,83	7,5
Fırın Fan Motoru 7	EFF 3	15	1.450	24	120	5,96	7,5
Fırın Fan Motoru 8	EFF 3	15	1.450	24	120	6,85	7,5
Fırın Fan Motoru 9	EFF 3	15	1.450	24	120	7,48	7,5
Fırın Fan Motoru 10	EFF 3	15	1.460	24	120	7,41	7,5
Fırın Fan Motoru 11	EFF 3	15	1.460	24	120	6,08	7,5
Fırın Fan Motoru 12	EFF 3	15	1.460	24	120	8,01	7,5
Fırın Fan Motoru 13	EFF 3	15	1.460	24	120	7,04	7,5
Fırın Fan Motoru 14	EFF 3	15	1.460	24	120	7,31	7,5

Çizelge A.3: EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Rotervan Motoru 1	14,39	18,5	0,78	0,79	0,897	11,37	12,67	1,72	150	6.179,52	939,29	2.167,00	2,31
Rotervan Motoru 2	13,81	18,5	0,75	0,79	0,897	10,85	12,10	1,71	150	6.152,15	935,13	2.167,00	2,32
Rotervan Motoru 3	12,41	18,5	0,67	0,78	0,897	9,67	10,78	1,63	150	5.877,11	893,32	2.167,00	2,43
Rotervan Motoru 4	14,39	18,5	0,78	0,79	0,897	11,37	12,67	1,72	150	6.179,52	939,29	2.167,00	2,31
Rotervan Motoru 5	13,81	18,5	0,75	0,79	0,897	10,85	12,10	1,71	150	6.152,15	935,13	2.167,00	2,32
Rotervan Motoru 6	12,41	18,5	0,67	0,78	0,897	9,67	10,78	1,63	150	5.877,11	893,32	2.167,00	2,43
Rotervan Motoru 7	14,39	18,5	0,78	0,79	0,897	11,37	12,67	1,72	150	6.179,52	939,29	2.167,00	2,31
Rotervan Motoru 8	13,81	18,5	0,75	0,79	0,897	10,85	12,10	1,71	150	6.152,15	935,13	2.167,00	2,32
Rotervan Motoru 9	12,41	18,5	0,67	0,78	0,897	9,67	10,78	1,63	150	5.877,11	893,32	2.167,00	2,43
Rotervan Motoru 10	11,78	18,5	0,64	0,78	0,897	9,13	10,18	1,60	150	5.767,87	876,72	2.167,00	2,47
Kıvırma Motoru 1	7,59	11	0,69	0,78	0,899	5,93	6,59	1,00	150	3.586,46	545,14	1.269,00	2,33
Kıvırma Motoru 2	7,23	11	0,66	0,78	0,895	5,62	6,28	0,95	150	3.431,62	521,61	1.269,00	2,43
Kıvırma Motoru 3	6,61	11	0,60	0,77	0,890	5,10	5,73	0,88	150	3.154,98	479,56	1.269,00	2,65
Kıvırma Motoru 4	7,75	11	0,70	0,78	0,900	6,06	6,73	1,02	150	3.658,00	556,02	1.269,00	2,28
Kıvırma Motoru 5	6,48	11	0,59	0,77	0,888	4,96	5,59	0,89	150	3.204,97	487,16	1.269,00	2,60
KıvırmaMotoru 6	7,38	11	0,67	0,78	0,897	5,75	6,41	0,97	150	3.495,01	531,24	1.269,00	2,39
Kıvırma Motoru 7	7,05	11	0,64	0,78	0,894	5,47	6,12	0,93	150	3.349,93	509,19	1.269,00	2,49

Çizelge A.3 (Devam) : EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Kıvırma Motoru 8	7,39	11	0,67	0,78	0,901	5,76	6,39	1,00	150	3.602,32	547,55	1.269,00	2,32
Kıvırma Motoru 9	8,03	11	0,73	0,79	0,881	6,30	7,15	0,88	150	3.150,02	478,80	1.269,00	2,65
Kıvırma Motoru 10	7,88	11	0,72	0,78	0,898	6,17	6,87	1,01	150	3.632,87	552,20	1.269,00	2,30
Kıvırma Motoru 11	5,66	11	0,51	0,74	0,901	4,18	4,64	1,02	150	3.686,22	560,31	1.269,00	2,26
Kıvırma Motoru 12	7,57	11	0,69	0,78	0,901	5,90	6,55	1,02	150	3.659,81	556,29	1.269,00	2,28
Kıvırma Motoru 13	8,13	11	0,74	0,79	0,898	6,38	7,11	1,02	150	3.682,94	559,81	1.26900	2,27
Kıvırma Motoru 14	8,27	11	0,75	0,79	0,897	6,52	7,27	1,00	150	3.617,78	549,90	1.269,00	2,31
Kıvırma Motoru 15	7,52	11	0,68	0,78	0,891	5,87	6,58	0,94	150	3.372,61	512,64	1.269,00	2,48
Kıvırma Motoru 16	7,38	11	0,67	0,78	0,892	5,75	6,45	0,93	150	3.365,68	511,58	1.269,00	2,48
Kıvırma Motoru 17	6,71	11	0,61	0,77	0,898	5,19	5,78	0,93	150	3.362,47	511,10	1.269,00	2,48
Kıvırma Motoru 18	6,85	11	0,62	0,77	0,900	5,30	5,89	0,96	150	3.452,40	524,76	1.269,00	2,42
Kıvırma Motoru 19	7,55	11	0,69	0,78	0,900	5,89	6,54	1,01	150	3.624,00	550,85	1.269,00	2,30
Kıvırma Motoru 20	7,76	11	0,71	0,78	0,881	6,07	6,89	0,87	150	3.139,23	477,16	1.269,00	2,66
Kıvırma Motoru 21	7,71	11	0,70	0,78	0,883	6,03	6,83	0,88	150	3.174,81	482,57	1.269,00	2,63
Kıvırma Motoru 22	5,66	11	0,51	0,74	0,899	4,18	4,65	1,01	150	3.649,09	554,66	1.269,00	2,29
Kıvırma Motoru 23	5,93	11	0,54	0,75	0.890	4,42	4,97	0,96	150	3.454,06	525,02	1.269,00	2,42
Kıvırma Motoru 24	7,62	11	0,69	0,78	0,893	5,95	6,66	0,96	150	3.440,52	522,96	1.269,00	2,43

Çizelge A.3 (Devam): EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Kıvırma Motoru 25	6,61	11	0,60	0,77	0,898	5,10	5,68	0,93	150	3.338,86	507,51	1.269,00	2,50
Kıvırma Motoru 26	6,97	11	0,63	0,78	0,891	5,40	6,06	0,91	150	3.266,75	496,55	1.269,00	2,56
Kıvırma Motoru 27	7,52	11	0,68	0,78	0,901	5,87	6,51	1,01	150	3.635,64	552,62	1.269,00	2,30
Kıvırma Motoru 28	6,75	11	0,61	0,77	0,891	5,22	5,86	0,89	150	3.218,18	489,16	1.269,00	2,59
Kıvırma Motoru 29	8,51	11	0,77	0,79	0,898	6,72	7,49	1,02	150	3.684,51	560,05	1.269,00	2,27
Kıvırma Motoru 30	6,78	11	0,62	0,77	0,885	5,24	5,92	0,86	150	3.088,92	469,52	1.269,00	2,70
Kıvırma Motoru 31	7,49	11	0,68	0,78	0,888	5,84	6,58	0,91	150	3.279,41	498,47	1.269,00	2,55
Kıvırma Motoru 32	6,09	11	0,55	0,75	0,900	4,59	5,10	0,99	150	3.556,56	540,60	1.269,00	2,35
Kıvırma Motoru 33	6,44	11	0,59	0,77	0,898	4,93	5,49	0,95	150	3.407,89	518,00	1.269,00	2,45
Kıvırma Motoru 34	7,76	11	0,71	0,78	0,888	6,07	6,83	0,93	150	3.334,70	506,87	1.269,00	2,50
Kıvırma Motoru 35	7,51	11	0,68	0,78	0,887	5,86	6,60	0,91	150	3.261,39	495,73	1.269,00	2,56
Kıvırma Motoru 36	6,48	11	0,59	0,77	0,894	4,96	5,55	0,93	150	3.340,03	507,68	1.269,00	2,50
Kıvırma Motoru 37	6,37	11	0,58	0,76	0,887	4,85	5,47	0,90	150	3.231,68	491,22	1.269,00	2,58
Kıvırma Motoru 38	7,05	11	0,64	0,78	0,893	5,47	6,13	0,92	150	3.325,26	505,44	1.269,00	2,51
Kıvırma Motoru 39	6,35	11	0,58	0,76	0,895	4,84	5,41	0,94	150	3.397,07	516,36	1.269,00	2,46
Kıvırma Motoru 40	6,97	11	0,63	0,78	0,895	5,40	6,04	0,93	150	3.364,29	511,37	1.269,00	2,48
Göbekli Kıvırma Motoru 1	7,19	11	0,65	0,78	0,898	5,59	6,22	0,97	150	3.487,71	530,13	1.269,00	2,39

Çizelge A.3 (Devam) : EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Göbekli Kıvırma Motoru 2	7,23	11	0,66	0,78	0,889	5,62	6,32	0,91	150	3.279,12	498,43	1.269,00	2,55
Göbekli Kıvırma Motoru 3	7,57	11	0,69	0,78	0,893	5,90	6,61	0,96	150	3.448,46	524,17	1.269,00	2,42
Göbekli Kıvırma Motoru 4	6,59	11	0,60	0,77	0,897	5,07	5,66	0,93	150	3.358,92	510,56	1.269,00	2,49
Göbekli Kıvırma Motoru 5	6,95	10	0,70	0,78	0,889	5,43	6,11	0,84	150	3.039,55	462,01	1.269,00	2,75
Göbekli Kıvırma Motoru 6	7,41	11	0,67	0,78	0,894	5,77	6,46	0,95	150	3.431,48	521,58	1.269,00	2,43
Göbekli Kıvırma Motoru 7	6,52	15	0,43	0,70	0,893	4,56	5,11	1,41	150	5.072,90	771,08	1.269,00	1,65
Göbekli Kıvırma Motoru 8	7,05	11	0,64	0,78	0,898	5,47	6,09	0,96	150	3,448,06	524,11	1.269,00	2,42
Göbekli Kıvırma Motoru 9	6,97	11	0,63	0,78	0,892	5,40	6,06	0,91	150	3.291,22	500,26	1.269,00	2,54
Göbekli Kıvırma Motoru 10	7,49	11	0,68	0,78	0,900	5,84	6,49	1,00	150	3.595,20	546,47	1.269,00	2,32
Göbekli Kıvırma Motoru 11	6,83	11	0,62	0,77	0,901	5,29	5,87	0,96	150	3.465,79	526,80	1.269,00	2,41
Göbekli Kıvırma Motoru 12	7,74	11	0,70	0,78	0,901	6,05	6,72	1,02	150	3.680,15	559,38	1.269,00	2,27
1 Numaralı Kazan Fan Motoru	13,06	22	0,59	0,77	0,907	1,06	11,09	1,97	150	7.101,64	1.079,45	1.526,00	1,41
2 Numaralı Kazan Fan Motoru	12,53	22	0,57	0.76	0,907	9,50	10,47	2,06	150	7.410,24	1.126,36	1.526,00	1,35

Çizelge A.3 (Devam) : EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
3 Numaralı Kazan Fan Motoru	14,02	22	0,64	0,78	0,894	10,87	12,15	1,87	150	6.718,31	1.021,18	1.526,00	1,49
4 Numaralı Kazan Fan Motoru	12,27	22	0,56	0,75	0,907	9,25	10,20	2,07	150	7.451,29	1.132,60	1.526,00	1,35
Fermantasyon Fan Motoru	7,12	11	0,65	0,78	0,901	5,53	6,13	0,99	150	3.556,05	540,52	1.269,00	2,35
Tasnif Toz Alma Motoru 1	27,96	55	0,51	0,73	0,920	20,52	22,31	5,65	150	20.350,02	3.093,20	2.758,00	0,89
Tasnif Toz Alma Motoru 2	26,50	55	0,48	0,73	0,918	19,21	20,93	5,57	150	20.056,86	3.048,64	2.758,00	0,90
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 1	3,88	4	0,97	0,80	0,846	3,10	3,67	0,21	150	759,49	115,44	706,00	6,12
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 2	2,95	4	0,74	0,79	0,846	2,32	2,74	0,21	150	765,74	116,39	706,00	6,07
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 3	2,81	4	0,70	0,78	0,846	2,20	2,60	0,21	150	765,28	116,32	706,00	6,07
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 4	2,53	4	0,63	0,78	0,846	1,96	2,32	0,21	150	764,38	116,19	706,00	6,08
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 5	3,04	4	0,76	0,79	0,846	2,40	2,84	0,20	150	737,36	112,08	706,00	6,30
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 6	2,92	4	0,73	0,79	0,846	2,29	2,71	0,21	150	757,96	115,21	706,00	6,13
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 7	2,57	4	0,64	0,78	0,846	1,99	2,36	0,21	150	765,53	116,36	706,00	6,07

Çizelge A.3 (Devam) : EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 8	3,04	4	0,76	0,79	0,846	2,40	2,84	0,20	150	737,36	112,08	706,00	6,30
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 9	2,83	4	0,71	0,78	0,846	2,21	2,62	0,21	150	770,72	117,15	706,00	6,03
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 10	3,39	4	0,85	0,80	0,846	2,71	3,20	0,19	150	692,43	105,25	706,00	6,71
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 11	2,97	4	0,74	0,79	0,846	2,33	2,76	0,21	150	758,30	115,26	706,00	6,13
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 12	2,96	4	0,74	0,78	0,846	2,32	2,74	0,22	150	780,94	118,70	706,00	5,95
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 13	3,11	4	0,78	0,79	0,846	2,45	2,89	0,22	150	780,81	118,68	706,00	5,95
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 14	3,07	4	0,77	0,79	0,846	2,41	2,85	0,22	150	783,83	119,14	706,00	5,93
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 15	2,77	4	0,69	0,78	0,846	2,16	2,55	0,22	150	789,74	120,04	706,00	5,88
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 16	2,13	4	0,53	0,74	0,846	1,58	1,87	0,26	150	942,64	143,28	706,00	4,93
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 17	3,03	4	0,76	0,79	0,846	2,38	2,81	0,22	150	786,51	119,55	706,00	5,91
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 18	3,21	4	0,80	0,79	0,846	2,54	3,00	0,21	150	764,94	116,27	706,00	6,07
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 19	2,68	4	0,67	0,78	0,846	2,08	2,46	0,22	150	786,89	119,61	706,00	5,90

Çizelge A.3 (Devam) : EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Soldurma 1.Kat Güney Cephe Fan Motoru 20	2,95	4	0,74	0,78	0,846	2,31	2,73	0,22	150	790,85	120,21	706,00	5,87
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 1	3,04	4	0,76	0,79	0,846	2,39	2,82	0,22	150	776,17	117,98	706,00	5,98
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 2	2,99	4	0,75	0,78	0,846	2,34	2,77	0,22	150	788,85	119,91	706,00	5,89
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 3	3,58	4	0,90	0,80	0,846	2,86	3,38	0,20	150	716,00	108,83	706,00	6,49
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 4	3,71	4	0,93	0,80	0,846	2,97	3,51	0,20	150	726,21	110,38	706,00	6,40
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 5	2,99	4	0,75	0,78	0,846	2,34	2,77	0,22	150	788,85	119,91	706,00	5,89
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 6	3,26	4	0,82	0,79	0,846	2,58	3,05	0,21	150	762,98	115,97	706,00	6,09
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 7	3,45	4	0,86	0,80	0,846	2,75	3,25	0,20	150	734,04	111,57	706,00	6,33
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 8	2,87	4	0,72	0,78	0,846	2,24	2,65	0,22	150	793,83	120,66	706,00	5,85
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 9	3,04	4	0,76	0,79	0,846	2,39	2,82	0,22	150	776,17	117,98	706,00	5,98
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 10	2,77	4	0,69	0,78	0,846	2,16	2,55	0,22	150	789,74	120,04	706,00	5,88
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 11	2,64	4	0,66	0,78	0,846	2,05	2,42	0,22	150	786,38	119,53	706,00	5,91
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 12	2,72	4	0,68	0,78	0,846	2,12	2,50	0,22	150	787,06	119,63	706,00	5,90

Çizelge A.3 (Devam) :EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 13	3,05	4	0,76	0,79	0,846	2,40	2,83	0,22	150	778,72	118,37	706,00	5,96
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 14	3,27	4	0,82	0,79	0,846	2,59	3,06	0,21	150	765,32	116,33	706,00	6,07
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 15	2,95	4	0,74	0,78	0,846	2,31	2,73	0,22	150	790,85	120,21	706,00	5,87
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 16	2,91	4	0,73	0,78	0,846	2,28	2,69	0,22	150	792,51	120,46	706,00	5,86
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 17	3,42	4	0,86	0,80	0,846	2,72	3,21	0,21	150	742,21	112,82	706,00	6,26
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 18	2,47	4	0,62	0,77	0,846	1,90	2,25	0,22	150	788,30	119,82	706,00	5,89
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 19	3,01	4	0,75	0,79	0,846	2,36	2,79	0,22	150	781,32	118,76	706,00	5,94
Soldurma 1.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 20	2,88	4	0,72	0,78	0,846	2,25	2,66	0,22	150	784,34	119,22	706,00	5,92
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 11	7,21	11	0,66	0,78	0,891	5,59	6,27	0,94	150	3.379,23	513,64	1.004,00	1,95
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 12	8,01	11	0,73	0,78	0,891	6,26	7,03	0,98	150	3.527,64	536,20	1.004,00	1,87
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 13	7,71	11	0,70	0,78	0,891	6,01	6,75	0,96	150	3.457,82	525,59	1.004,00	1,91
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 14	6,49	11	0,59	0,77	0,891	4,97	5,58	0,91	150	3.277,78	498,22	1.004,00	2,02
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 15	8,16	15	0,54	0,75	0,891	6,09	6,83	1,33	150	4.780,61	726,65	1.004,00	1,38

Çizelge A.3 (Devam) : EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 16	7,34	11	0,67	0,78	0,891	5,70	6,39	0,95	150	3.410,51	518,40	1.004,00	1,94
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 17	7,09	11	0,64	0,77	0,891	5,49	6,16	0,93	150	3.351,64	509,45	1.004,00	1,97
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 18	7,14	11	0,65	0,77	0,891	5,53	6,20	0,94	150	3.375,27	513,04	1.004,00	1,96
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 19	7,28	11	0,66	078	0,891	5,65	6,34	0,94	150	3.382,63	514,16	1.004,00	1,95
Soldurma 2.Kat Güney Cephe Fan Motoru 20	6,83	11	0,62	0,77	0,891	5,27	5,92	0,91	150	3.283,92	499,16	1.004,00	2,01
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 31	7,35	11	0,67	0,78	0,891	5,70	6,40	0,95	150	3.415,15	519,10	1.004,00	1,93
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 32	6,77	11	0,62	0,77	0,891	5,22	5,86	0,91	150	3.282,42	498,93	1.004,00	2,01
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 33	8,13	11	0,74	0,78	0,891	6,37	7,14	0,99	150	3.547,64	539,24	1.004,00	1,86
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 34	5,94	11	0,54	0,75	0,891	4,43	4,97	0,97	150	3.480,00	528,96	1.004,00	1,90
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 35	5,88	11	0,53	0,74	0,891	4,36	4,90	0,98	150	3.539,88	538,06	1.004,00	1,87
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 36	5,39	11	0,49	0,73	0,891	3,91	4,39	1,00	150	3.615,11	549,50	1.004,00	1,83
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 37	7,02	11	0,64	0,77	0,891	5,43	6,09	0,93	150	3.346,91	508,73	1.004,00	1,97
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 38	7,31	11	0,66	0,78	0,891	5,67	6,37	0,94	150	3.396,57	516,28	1.004,00	1,94

Çizelge A.3 (Devam) : EFF3 Motor değişimlerinden elde edilecek enerji tasarruf miktarları.

Ölçüm Yapılan Motor	Ölçülen Güç (kW)	Etiket Değeri (kW)	Yükleme Oranı (%)	Mevcut Motor Verimi	Yeni Motor Verimi	Gerekli Mekanik Güç (kW)	Değişimden Sonra Çekilecek Güç (kW)	Tasarruf Miktarı (kW)	Yıllık Çalışma Günü	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Para Tasarrufu (TL/Yıl)	Yatırım Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 39	6,97	11	0,63	0,77	0,891	5,39	6,05	0,92	150	3.323,07	505,11	1.004.00	1,99
Soldurma 2.Kat Kuzey Cephe Fan Motoru 40	6,04	11	0,55	0,75	0,891	4,51	5,06	0,98	150	3.538,59	537,87	1.004,00	1,87
Fırın Fan Motoru 1	6,87	15	0,46	0,71	0,891	4,84	5,44	1,43	150	742,21	112,82	706,00	6,26
Fırın Fan Motoru 2	7,33	15	0,49	0,72	0,891	5,28	5,92	1,41	150	788,30	119,82	706,00	5,89
Fırın Fan Motoru 3	8,29	15	0,55	0,75	0,891	6,22	6,98	131	150	781,32	118,76	706,00	5,94
Fırın Fan Motoru 4	6,83	11	0,62	0,77	0,891	5,27	5,92	0,91	150	784,34	119,22	706,00	5,92
Fırın Fan Motoru 5	7,15	15	0,48	0,72	0,891	5,11	5,74	1,41	150	5.084,44	772,84	1.004,00	1,30
Fırın Fan Motoru 6	7,83	18,5	0,42	0,69	0,891	5,40	6,06	1,77	150	6.358,91	966,55	1.004,00	1,04
Fırın Fan Motoru 7	5,96	15	0,40	0,67	0,891	4,01	4,50	1,46	150	5.273,70	801,60	1.004,00	1,25
Fırın Fan Motoru 8	6,85	15	0,46	0,71	0,891	4,83	5,42	1,43	150	5.147,88	782,48	1.004,00	1,28
Fırın Fan Motoru 9	7,48	15	0,50	0,73	0,891	5,46	6,16	1,32	150	4.752,00	722,00	1.004,00	1,75
Fırın Fan Motoru 10	7,41	15	0,49	0,73	0,891	5,37	6,03	1,38	150	4.969,94	755,43	1.004,00	1,33
Fırın Fan Motoru 11	6,08	15	0,41	0,68	0,891	4,13	4,64	1,44	150	5.183,35	787,87	1.004,00	1,27
Fırın Fan Motoru 12	8,01	15	0,53	0,74	0,891	5,94	6,67	1,34	150	4.822,18	732,97	1.004,00	1,37
FırınFan Motoru 13	7,04	15	0,47	0,71	0,891	5,00	5,61	1,43	150	5.148,44	782,56	1.004,00	1,28
Fırın Fan Motoru 14	7,31	15	0,49	0,72	0,891	5,26	5,91	1,40	150	5.050,55	767,68	1.004,00	1,31

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad	**:** Furkan KORKMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi	**:** İstanbul – 29.10.1986
Lisans	**:** Yıldız Teknik Üniversitesi (Makine Mühendisi)
Lise	**:** Pertevniyal Anadolu Lisesi