

17 2601

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ENERJİ TASARRUF
OLANAKLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Ahmet GÜLCİVAN
(301041003)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Aralık 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 31 Ocak 2006

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Önder GÜLER

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Sermin ONAYGİL (İ.T.Ü)

Prof.Dr. Z.Düriye BİLGE (Y.T.Ü)

OCAK 2006

ÖNSÖZ

Ülkemiz ihracatında ve toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan Türk Tekstil Sektörü, gelişen ve hızla büyüyen rekabet piyasasında var olabilmek yada varlığını sürdürebilmek için üretim maliyetlerini azaltmak durumundadır. Bu aşamada üretim maliyetleri içerisinde yer alan enerji maliyetlerini azaltmaya yönelik ne tür çalışmaların yapılabileceği bu çalışmanın konusu olmuştur.

Yüksek lisans tez çalışmamın konusunun belirlenmesinde, çalışmalarımın sürdürülmesinde bana her açıdan yardımcı olan, yol gösteren tez danışmanım değerli hocam, Yrd.Doç.Dr. Önder GÜLER'e teşekkürü severek yerine getireceğim zevkli bir görev bilirim.

Bu çalışmanın hazırlanmasında, fabrika verilerinden yararlanmama olanak sağlayan ilgili fabrikaların çalışanlarına, bilerek yada bilmeyerek katkıda bulunan "Kaynaklar"ımın yazarlarına, sevgili arkadaşım Elk.Müh. Cenk ULU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca üzerimdeki haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim anneme, babama, kardeşime ve ton ton babaanneme; her zaman yanımda olan ve her zaman yanımda olmasını istediğim "Baharım"a çok teşekkür ederim.

Aralık 2005

Ahmet GÜLCİVAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. SANAYİDE ENERJİ KULLANIMI	3
2.1. Sanayide Enerji Tüketimi	3
2.2. Sanayide Enerji Yönetimi	6
2.3. Tekstil Sektörü'nün Durumu	9
2.3.1. Tekstil sektöründe maliyetler	11
2.3.2. Spesifik enerji tüketimi ve ana tasarruf odakları	14
3. TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ISI ENERJİSİ İLE İLGİLİ TASARRUF OLANAKLARI	16
3.1. Tekstilde Buharın Yoğun Olarak Kullanıldığı Alanlar	16
3.2. Buhar Kazanı Seçimi, İşletilmesi ve Verimliliği	17
3.3. Yanma Veriminin Arttırılması	22
3.3.1. Tam yanmanın sağlanması	22
3.3.2. Yanma havasının ısıtılması	24
3.4. Kazan Besi Suyunun Niteliği	26
3.5. Blöf İşlemi	27
3.5.1. Blöf ihtiyacının ve blöf ile kaybolan ısı miktarının belirlenmesi	29
3.6. Kondensatın Değerlendirilmesi	32
3.6.1. Kondensin besleme suyu olarak kullanımı	32
3.6.2. Kondensstopların önemi	38
3.7. Baca Gazı Sıcaklığının Düşürülmesi	40
3.7.1. Ekonomizör kullanımı	41
3.8. Atık Suyun Değerlendirilmesi	43
3.9. Atık Kurutma Havasından Isı Enerjisinin Geri Kazanılması	50
3.10. Isı Yalıtımı	51
3.10.1. Yalıtım ceketi kullanımı	53
3.11. Toplam Sistem Verimi	54
4. TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ELEKTRİK ENERJİSİ İLE İLGİLİ TASARRUF OLANAKLARI	56
4.1. Uygun Enerji Tarifesinin Seçilmesi	56
4.1.1. Tek terimli tarife	56
4.1.2. Çift terimli tarife	57

4.2. Talep Yönetiminin Sağlanması	58
4.3. Reaktif Güç Kompanzasyonu	59
4.4. Aydınlatma Sisteminde Tasarruf	61
4.4.1. Kullanılan balastın önemi	64
4.5. Elektrik Motorlarında Verimlilik ve Yüksek Verimli Motor Kullanımı	75
4.5.1. Yüksek verimli motor kullanımı	78
4.6. Hız Sürücüsü Kullanımı	80
4.7. Boşta Çalışma Süresinin Azaltılması	82
4.8. Basınçlı Hava Sisteminde Enerji Tasarrufu	83
4.8.1. Kompresör çıkış basıncının düşürülmesi	85
4.8.2. Hava kaçaklarının önlenmesi	87
4.8.3. Emiş havasının soğuk ortamdan alınması	88
5. DİĞER ENERJİ TASARRUF OLANAKLARI	90
5.1. Üretim Sırasında Oluşan Tekstil Atıklarının Uzaklaştırılması	90
5.2. Tekstil Terbiyesi İşlemlerinde Enerji Tüketimi ve Tasarruf	90
6. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER	92
KAYNAKLAR	97
EKLER	100
ÖZGEÇMİŞ	111

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
BG	: Beygir Gücü
CELMA	: Federation of National Manufacturers Associations for Luminaires and Electrotechnical Components for Luminaires in the European Union
EEI	: Energy Efficiency Index
GDO	: Güç Düşüm Oranı
GTO	: Güçteki Tüketim Oranı
KKO	: Kapasite Kullanım Oranı
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TYÜKO	: Talebin Yerli Üretimle Karşılanma Oranı
YF	: Yük Faktörü
YMTa	: Yıllık Mali Tasarruf
YYTa	: Yıllık Yakıt Tasarrufu

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 Enerji Talep-Üretim-İthalat ve İhracatının Gelişimi	2
Tablo 2.1 2002 Yılı Enerji Dengesi	3
Tablo 2.2 Genel ve Nihai Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı	4
Tablo 2.3 Elektrik Enerjisi Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı	4
Tablo 2.4 Ekonomik Faaliyete Göre Elektrik Enerjisi Tüketimi	5
Tablo 2.5 Çeşitli Tüketici Gruplarının Tasarruf Potansiyelleri	6
Tablo 2.6 Sanayi Sektörü Enerji Fiyatları	6
Tablo 2.7 Tekstil Sektöründe Enerji Tüketimine Bağlı Kategoriler	9
Tablo 2.8 Tekstil Sektöründe Öncelikli Teknoloji Faaliyet Konuları	11
Tablo 2.9 Ülkemizdeki Enerji Satış Fiyatlarının Yıllara Göre Değişimi	12
Tablo 3.1 Yakıtın Isıl Değerlerine Bağlı “K” Değerleri	21
Tablo 3.2 Kazan Suyunda Tavsiye Edilen Maksimum İletkenlik Değerleri	28
Tablo 3.3 Çeşitli Basınçlar İçin Doymuş Su ve Buhar Tablosu	33
Tablo 3.4 Kapalı Kondens Tankı Kullanımı İle Elde Edilecek Kazançlar	38
Tablo 3.5 Kondensat Buhar Kaçaklarından Meydana Gelen Kayıplar	39
Tablo 3.6 A Tesisleri İçin Kondensat Buhar Kaçaklarından Olan Kayıplar	39
Tablo 3.7 Alt Kategorilere Göre Atık Su Oluşturan Prosesler	44
Tablo 3.8 Bazı Proseslerdeki Ortalama Su Kullanım Miktarları	44
Tablo 3.9 A Tesisinde Yıkama Proseslerinde Oluşan Atık Su Miktarları	46
Tablo 3.10 Bazı Yalıtım Çekiti Malzemeleri	54
Tablo 4.1 Tedaş Sanayi Elektriği 2005 Tarifesi	58
Tablo 4.2 Endüstri Tesislerinde Kullanılabilen Işık Kaynaklarının Özellikleri	62
Tablo 4.3 Tekstil Endüstrisi İçin Aydınlatma Düzeyi, Kamaşma ve Renk Kalitesi Değerleri	64
Tablo 4.4 EEI Sınıflandırmasına Göre Örnek Lamba-Balast Devresi	64
Tablo 4.5 B Tesisleri Kurulu Aydınlatma Sistemi Değerleri	66
Tablo 4.6 B Tesisleri Mevcut Aydınlatma Sistemi Değerleri	67
Tablo 4.7 B Tesisleri Mevcut Aydınlatma Düzeyi Değerleri	67
Tablo 4.8 Önerilen Durum 1 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim1)	69
Tablo 4.9 Önerilen Durum 2 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim1)	70
Tablo 4.10 Önerilen Durum 3 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim1)	71
Tablo 4.11 Önerilen Durum 1 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim2)	73
Tablo 4.12 Önerilen Durum 2 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim2)	73
Tablo 4.13 Önerilen Durum 3 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim2)	74
Tablo 4.14 Motor Verimlerinin Karşılaştırılması	78
Tablo 4.15 B Tesisinde Yüksek Verimli Motor Kullanımının Maliyetleri	79
Tablo 4.16 Yüksek Verimli Motor Kullanımı İle Elde Edilecek Kazançlar	80
Tablo 4.17 Motorlarda Hız Sürücüsü Kullanılmasının Enerji Tasarrufu Hesabı	81
Tablo 4.18 B Tesisinde Kullanılacak Hız Sürücüsü Sisteminin Maliyeti ve Geri Ödeme Süresi	82
Tablo 4.19 Değişik Basınçlarda Her Bir Delikten Meydana Gelen Hava Kaçağı	87

Tablo 6.1	A Tesisinde Yapılabilecek Tasarruf Çalışmaları ve Sonuçları	95
Tablo 6.2	B Tesisinde Yapılabilecek Tasarruf Çalışmaları ve Sonuçları	96
Tablo A.1	A Tesisinin 2004 Yılına Ait Üretimi	103
Tablo A.2	A Tesisinin 2003 ve 2004 Yılı Elektrik Tüketimleri	103
Tablo A.3	A Tesisinin 2003 ve 2004 Yılı Doğal Gaz Tüketimi	104
Tablo A.4	A Tesisinin 2004 Yılı Toplam Enerji Tüketimi	104
Tablo A.5	A Tesisindeki Buhar Kazanları	104
Tablo A.6	A Tesisi Baca Gazı Analiz Sonuçları	105
Tablo A.7	A Tesisi Buhar Sistemi Bilgileri	105
Tablo B.1	B Tesisinin 2004 Yılı İplik Üretimi	107
Tablo B.2	B Tesisinin 2003 ve 2004 Yılına Ait Elektrik Tüketimi	107
Tablo B.3	B Tesisindeki Makinalardan Çekilen Anlık Elektrik Gücü	108
Tablo B.4	B Tesisindeki Kompresörlere Ait Bilgiler	109



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 İplik Üreticilerinin Problemleri	13
Şekil 2.2 Entegre Üreticilerin Problemleri	13
Şekil 2.3 Terbiye Sektöründe Maliyet Dağılımı	14
Şekil 3.1 Baca Gazı Sıcaklığı ve Fazla Hava Oranına Bağlı Yakıt Kaybı Oranı	23
Şekil 3.2 Kazandaki Kireçtaşı Kalınlığına Bağlı Verim Kaybı	27
Şekil 3.3 Blöf Oranı ve Kazan İşletme Basıncına Göre Tasarruf Faktörü	31
Şekil 3.4 Çeşitli Kazan İşletme Basıncıları İçin Kaybolan Flaş Buhar Oranı	33
Şekil 3.5 Kondens Geri Dönüş Oranı ve Sıcaklığına Bağlı Yakıt Tasarruf Oranı	34
Şekil 3.6 Kazana Gönderilen Yumuşak Su Sıcaklığına Bağlı Yakıt Tasarrufu	49
Şekil 4.1 Motor Yüğü ve Verim Arasındaki İlişki	76
Şekil 4.2 Güç Faktörünün Motor Verimine Etkisi	77
Şekil 6.1 A Tesisinin 2004 Yılı Üretim-Enerji Tüketiminin Karşılaştırması	94
Şekil 6.2 B Tesisinin 2004 Yılı Üretim-Enerji Tüketiminin Karşılaştırması	94
Şekil A.1 A Tesisinin Proses Akış Şeması	101
Şekil A.2 Kasar, Boyama, Yıkama Proses Şeması	102

SEMBOL LİSTESİ

A_y	: Yakıttaki külün ağırlıkça yüzdesi
b	: Elektrik birim fiyatı
BD	: % Blöf (besi suyu miktarına göre)
B_y	: Yakıt miktarı
C_{FA}	: Uçucu küldeki yanabilir maddelerin ağırlıkça yüzdesi
c_p	: Özgül ısı
C_{SA}	: Cüruftaki yanabilir maddelerin ağırlıkça yüzdesi
c_v	: Baca gazı sıcaklığındaki duman gazı özgül ısınma ısısı
CV_g	: Yakıtın üst ısı değeri
C_y	: Yakıttaki karbonun ağırlıkça yüzdesi
F_{FA}	: Uçucu külün toplam küldeki ağırlıkça yüzdesi
F_{SA}	: Cüruf külünün toplam küldeki ağırlıkça yüzdesi
h_b	: Buhar entalpisi
h_{bs}	: Besi suyu entalpisi
H_u	: Yakıt alt ısı değeri
H_y	: Yakıttaki hidrojenin ağırlıkça yüzdesi
i_{atm}	: Atmosfer basıncındaki suyun ısı tutumu
i_{bs}	: Kazan besleme suyunun (kondens + ilave su) ısı tutumu
i_k	: Kazan işletme basıncındaki suyun ısı tutumu
i_{ys}	: İlave edilecek suyun sıcaklığına bağlı ısı tutumu
K	: Yakıtın ısı değeri ile içerdiği karbon oranına bağlı katsayı
K'	: Yakıtın ısı değerine bağlı katsayı
k	: Havanın özgül ısı oranı
L_{BD}	: Blöfle olan ısı kaybı
L_{CO}	: Yanmamış karbonmonoksit nedeniyle olan kayıp
L_{DG}	: Kuru baca gazı kaybı
L_{H_2O}	: Subuharı duyulur ısısı nedeniyle olan kayıp
L_{fa}	: Uçucu küldeki yararlı ısı olarak atılan kayıp
L_{FA}	: Uçucu küldeki yanabilir maddeler nedeniyle olan kayıp
L_{RC}	: Kazan yüzeyinden radyasyon ve konveksiyonla olan ısı kaybı
L_{sa}	: Cüruftaki yararlı ısı olarak atılan kayıp
L_{SA}	: Cüruftaki yanabilir maddeler nedeniyle olan kayıp
m_{AS}	: Atık su miktarı
m_b	: Buhar miktarı
m_{BD}	: Blöf miktarı
m_{bs}	: Besi suyu miktarı
m_k	: Kondens miktarı
m_{ys}	: Yumuşatılmış taze su miktarı
n_B	: Balast sayısı
n_L	: Lamba sayısı
P_{atm}	: Atmosfer basıncı
P_b	: Bakır Kaybı

P_B	: Balast gücü
P_e	: Motorun şebekeden çektiği güç
$P_{emiş}$	: Kompresör emiş basıncı
P_k	: Kazan işletme basıncı
P_K	: Elektrik motorundaki kayıplar
P_L	: Lamba gücü
P_m	: Motor milinden elde edilen mekanik güç
P_{pompa}	: Pompa gücü
P_1	: Kompresörün mevcut durumdaki çıkış basıncı
P_2	: Kompresörün düşürülebilecek çıkış basıncı
Q_{AS}	: Atık suyun ısısı
Q_{baca}	: Bacadan atılan ısı miktarı
$Q_{blöf}$	: Blöf ile kaybolan ısı miktarı
Q_{eko}	: Ekonomizörde kazanılan ısı miktarı
$Q_{dı}$	: Duyulur ısı miktarı
Q_{TS}	: Taze suya verilen ısı miktarı
r	: Kazan basıncındaki suyun gizli ısısı
S	: Tasarruf miktarı
S_b	: Kazanda müsaade edilen maksimum iletkenlik değeri
S_f	: Besleme suyunun iletkenlik değeri
T_a	: Ortam sıcaklığı
$T_{aç}$	: Atık hava çıkış sıcaklığı
T_{ag}	: Atık hava giriş sıcaklığı
T_{AS}	: Atık suyun sıcaklığı
T_{BD}	: Blöf sıcaklığı
T_g	: Baca gazı sıcaklığı
$T_{hç}$	: Taze hava çıkış sıcaklığı
T_{hg}	: Taze hava giriş sıcaklığı
T_{H_2O}	: Besi suyu sıcaklığı
T_{SA}	: Cüruf külünün çıkış sıcaklığı
$T_{tç}$	: Eşanjör çıkış sıcaklığı
T_{tg}	: Eşanjör giriş sıcaklığı
T_{TS}	: Taze su sıcaklığı
t_y	: Yıllık çalışma süresi
T_y	: Yakıt sıcaklığı
T_{yh}	: Yanma havası sıcaklığı
V_{baca}	: Baca gazı hacmi
W_y	: Yakıttaki suyun ağırlıkça yüzdesi
$\cos\phi$	: Güç faktörü
ε	: Flaş buhar oranı
$\Delta\eta_k$	: Kazan verimindeki artış
η_{bh}	: Buhar hattı verimi
$\eta_{boşta}$	: Motorun boşta çalışma verimi
η_e	: Yüksek verimli motor verimi
$\eta_{ısıl}$	: Isıl verim

η_k	: Kazan verimi
η_{k2}	: Yanma havası ısıtıldıktan sonraki kazan verimi
η_{komp}	: Kompresör verimi
η_{ky}	: Kazan yanma verimi
$\eta_{k.yük}$	: Kısmi yükteki motor verimi
η_m	: Motor verimi
η_p	: Pompa verimi
η_{pr}	: Proses verimi
η_s	: Düşük verimli standart motor verimi
η_{sis}	: Sistem verimi
$\eta_{tük}$	: Buhar tüketicisi verimi
$\eta_{t.yük}$	: Tam yükteki motor verimi
ΣL	: Toplam ısı kayıpları
$\rho_{d.gaz}$	: Doğal gaz yoğunluğu

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ENERJİ TASARRUF OLANAKLARININ BELİRLENMESİ

ÖZET

Son yıllarda artan enerji maliyetleri nedeniyle tekstil endüstrisi de dahil bütün endüstri kollarında, hatta binalarda ve günlük yaşamda enerji tasarrufu konusu en çok tartışılan ve üzerinde çalışılan konulardan biri olmuştur. Petrol varil fiyatlarında görülen sürekli artış, enerji kaynaklarının güvenilirliğindeki azalma, her alanda enerji tasarrufu yapılması daha doğrusu enerjinin etkin kullanılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmanın amacı, literatürde mevcut olan sanayide enerji tasarrufu olanakları ve benzeri başlıklarla anlatılan prosedürleri, açıklamaları ve değerlendirmeleri tekstil sanayi özelinde incelemek ve var olan üretim prosedürlerini detaylandırmadan direkt olarak enerji tasarrufunun nerelerde ve nasıl aranılması gerektiğini anlatmaktır. Bunu yaparken aynı zamanda enerji kayıplarının önemi vurgulanmış ve üretimleri farklı alanda olan iki tekstil tesisinin verileri kullanılarak yapılacak enerji tasarrufu çalışmalarıyla elde edilecek kazançlar ortaya konulmuştur.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde Türkiye ve sanayideki enerji tüketimi, tekstil sektörünün Türkiye'deki durumu anlatılmıştır. Tekstil sektörünün %6'lık toplam enerji tüketimindeki payı ve %10,6'lık elektrik enerjisi tüketimindeki payı ile önemli bir yere sahip olduğu vurgulanmıştır. Dolayısıyla tekstil sektöründe sağlanacak tasarruflar ülke ekonomisine de katkıda bulunacaktır.

Üçüncü bölümde tekstil sektöründe ısı enerjisinde tasarruf sağlayan çalışmalar anlatılmıştır. Bu çalışmalar, yanma veriminin artırılması, uygun kazan seçimi, atık sıcak suyun, kondensatın ve flaş buharın değerlendirilmesi gibi toplam sistem verimini arttıran bazı çalışmalardır. A tesisinin verilerinden yararlanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda yaklaşık %25'lik bir ısı enerjisi tasarrufu yapılabileceği hesaplanmıştır.

Dördüncü bölümde ise elektrik enerjisinde tasarruf sağlayan çalışmalar anlatılmıştır. Bu çalışmalar, talep yönetiminin ve elektrik motorlarında verimliliğin sağlanması, yüksek verimli motor ve hız sürücülerinin kullanımı gibi tasarruf sağlayıcı birtakım çalışmalardır. B tesisinin verilerinden yararlanılarak yapılan değerlendirmeler sonucunda yaklaşık %6,6'luk bir elektrik enerjisi tasarrufu yapılabileceği hesaplanmıştır.

DETERMINING ENERGY SAVING OPPORTUNITIES IN TEXTILE INDUSTRY

SUMMARY

In recent years, energy saving has become one of the most delated and discussed subject in all industrial fields including textile industry. The constant raise in the petrol barrel prize, fall in the reliability of energy sources has brought the necessity of energy saving in every field or rather the effective usage of energy.

The aim of this study is to examine the procedure, explanation and evaluations of energy saving in industry which is avaliable in literature in the textile specific field and without going into detail of the available production procedures, tell directly where one has to look for the energy saving as how to save energy. While doing this, at the same time the profits which will be gained by an energy saving study which is achived by using the data acquired from two textile plant of which production fields are different and have different energy loss importance levels has been put forward.

In second chapter of this study, quantity of energy usage in Turkey, industry and especially Textile Industry were shown. Having great rate of energy in total consumption, the importance of energy saving studies in Textile Industry were emphasized.

In third chapter, some heat energy saving studies were explained which in textile industry. The studies that are increasing burn efficiency, selecting suitable boiler and heat recovery from waste hot water, condencate and flash steam which increase the total system efficiency. After doing some evaluations with using datas of A factory, 25% profit rate is calculated.

In fourth chapter, some study of electical energy saving opportunities which in textile industry were explained. The studies are some energy saving studies, for example providing demand side management increasing motor efficiency, using high efficiency electrical motors and using speed driver systems. And again after doing some evaluations with using datas of B factory, reaching 6,6% profit rate is calculated.

1. GİRİŞ

Enerji, ekonomik büyümedeki önemli rolü ile ulusal kalkınma programlarında her zaman yer alan ve daima yer alacak olan bir unsurdur. Ulusal anlamda olduğu kadar ticari anlamda da özellikle sanayicilerin çeşitli programlar geliştirerek etkin kullanmayı hedefledikleri enerji, önemli bir maliyet kalemi olarak değerlendirilir. Enerji maliyetlerinin düşürülmesiyle kazanç elde etme, enerjinin etkin kullanılmasıyla yani enerji kullanımında verimliliğin sağlanması ile mümkündür.

Bunu başarabilen yani 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 yürütölmeye başlanmıştır.

Türkiye’de enerji tüketimi giderek artmakta ve artan talebin karşılanması için ithal edilen enerji miktarı günden güne büyümektedir. Buna bağlı olarak Türkiye’de enerjiye ödenen bedel de artmaktadır. Ülkemiz enerji ihtiyacının %70’ine yakını ithalatla karşılanmaktadır. Ülkemiz enerji üretim-ithalat ve ihracatının gelişimi Tablo 1.1’de görölmektedir [1]. Ayrıca toplam ihracatımızın yarıya yakını petrol ve petrol ürünleri ithalatına harcanmaktadır [2]. Bu nedenle enerjinin etkin kullanımı sanayici açısından olduğu kadar ülke ekonomisi için de önemlidir. Çünkü artan tüketim, sınırlı öz kaynaklara sahip olan ölkemizi daha da dışa bağımlı hale getirecektir. Ayrıca artan talebin karşılanamaması durumunda ise enerji kesintileri kaçınılmaz olacaktır. Bu durumdan, aksayan üretime bağılı olarak ihracatımız ve ekonomimiz direkt olarak etkilenecektir.

Tablo 1.1: Enerji Talep-Üretim-İthalat ve İhracatının Gelişimi (Bin TEP) [1]

	1990	1995	1999	2000	2001	2002*
Talep	52987	63679	74275	81251	75952	78403
Üretim	25478	26719	27659	26855	25173	24569
İthalat	30936	39779	49406	56280	52702	58335
İhracat	2104	1947	2791	1584	2620	3162
İhrakiye	355	464	587	467	624	1233
Net İthalat	28477	37368	46028	54229	49458	53940
Artış (%)		5,6	5,3	17,8	-8,8	8,9
TYÜKO** (%)	48,1	42,0	37,2	33,1	33,1	31,3

* Geçici

** TYÜKO : Talebin Yerli Üretimle Karşılama Oranı

Ülkemizde sanayi sektörleri arasında enerji tüketiminde yaklaşık % 6 gibi bir paya sahip olan ve yoğun rekabetin yaşandığı tekstil sektöründe, kullanılan enerjinin maliyet içindeki payı yaklaşık %8-10 civarındadır [3].

Tekstil sektöründe üretim türüne göre bu oran oldukça yükselebilmektedir. Bunun sebebi ise tekstilde yoğun olarak kullanılan iki önemli enerji türü olan ısı ve elektriğe duyulan ihtiyacın üretim türüne bağlı olarak değişmesidir.

Daha önce de belirtildiği gibi rekabet, tekstil sektöründe de ciddi bir şekilde yaşanmaktadır. Giderek artan bu ticari rekabet, maliyetlerin azaltılması amacıyla enerji verimliliği ve tasarruf kavramlarını tekstil sektöründe de kullanılır hale getirmiştir. Buna bağlı olarak tekstil sanayinde enerji tasarrufu çalışmalarının yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Burada önemli olan, enerjide verimliliğin ve tasarrufun sağlanabilmesi için yapılacak olan çalışmaların nerede ve nasıl olacağının belirlenmesidir.

Belirlenen tasarruf çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile tekstil sektöründe, dolayısıyla sanayide enerjinin etkin kullanımı sağlanacak ve enerji tüketimleri azalacaktır.

2. SANAYİDE ENERJİ KULLANIMI

2.1. Sanayide Enerji Tüketimi

Artan nüfus, hızlı kentleşme ve sanayideki gelişmeler ülke genelinde enerji tüketiminde bir artışa sebep olmuştur. Özellikle sanayide, gelişen teknoloji ile birlikte kömürden fuel oil ve doğal gaza geçiş olmuştur. Günümüzde ise fuel oil maliyetlerinin yüksek oluşu nedeniyle doğal gaz ve linyit daha cazip hale gelmiştir. Fakat linyitin kalorifik değerinin düşük olması ve çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı sanayide yoğun olarak doğal gaz ve ikincil yakıt olarak fuel oil kullanılmaktadır. Linyit ise rezervlerinin çok oluşu ve ekonomikliği nedeniyle yoğun olarak termik santrallarda kullanılmaktadır. Bilindiği gibi ülkemiz, petrol ve doğal gaz rezervlerinin az ve üretiminin kısıtlı olması nedeniyle enerji ithal eden bir ülke konumundadır (Tablo 2.1). Sürekli artan enerji talebinin karşılanabilmesi için artan ithalat nedeniyle enerjinin bedeli de artmakta ve bunun sonucunda üretimdeki enerjinin maliyeti de artmaktadır.

Tablo 2.1: 2002 Yılı Enerji Dengesi (Bin TEP)[1]

	Toplam Katı Yakıt	Petrol	Doğal Gaz	Hidrolik	Yenilenebilir	Elektrik	TOPLAM
Yerli Üretim	17619	2541	370	2897	1142		24569
İthalat	9611	32649	15767			309	58335
İhracat		-3125				-37	-3162
Diğer	-41	-1289	-9				-1339
Toplam Enerji Arzı	27189	30777	16128	2897	1142	271	78403
Sanayi Tüketimi	10127	6464	3631		119	4123	24465
Ulaştırma		11244	4			71	11320
Konut ve Hizmetler	7528	2871	2648		929	4208	18184
Tarım		2730				296	3026
Enerji Dışı						1777	1777
Toplam Nihai Enerji Tüketimi	17655	25087	6283		1048	8699	58772
Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh)	32323	10744	52497	33684	153	129400	
Kurulu Güç Kapasitesi (MW)	7011	2856	9702	12241	37	31846	

Ülkemizdeki nihai enerji kullanımının ve elektrik enerjisi kullanımının sektörlere göre miktarları yıllara bağlı olarak Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’de verilmektedir [1].

Tablo 2.2: Genel ve Nihai Enerji Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (Bin TEP)[1]

	1990	%	1995	%	2000	%	2001	%	2002*	%
Sanayi	14543	35	17372	35	23635	39	20547	37	24465	42
Konut ve Hizmetler	15358	37	17596	35	19860	33	17935	33	18184	31
Ulaştırma	8723	21	11066	22	12007	20	12000	22	11320	19
Tarım	1956	5	2556	5	3073	5	2964	5	3026	5
Enerji Dışı	1031	2	1386	3	1915	3	1638	3	1777	3
Net	41611	100	49976	100	60490	100	55083	100	58772	100
Çevrim Sektörü	11377	21	13703	22	20760	26	20869	27	19632	25
Genel Enerji Tüketimi	52987	100	63679	100	81251	100	75952	100	78403	100

* Geçici

Tablo 2.3: Elektrik Enerjisi Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı (GWh)[1]

	1990	1995	1999	2000	2001	2002*
Sanayi	% 62,4	% 56,4	% 51	% 49,7	% 48,4	% 48,2
Konut ve Hizmetler	% 35,6	% 40,6	% 45	% 46,5	% 47,5	% 47,7
Tarım	% 1,2	% 2,2	% 2,9	% 3,1	% 3,3	% 3,3
Ulaştırma	% 0,8	% 0,8	% 1,1	% 0,7	% 0,8	% 0,8
Toplam Net Tüketim	46820	67394	91202	98296	97070	102800

* Geçici

Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’den görüldüğü gibi ülkemiz sanayi sektörü, nihai enerji tüketimi içinde %42 ve elektrik tüketiminde ise yaklaşık %48’lik bir paya sahiptir.

Ülkemizde faaliyet gösteren endüstri dalları ve yıllara göre elektrik enerjisi tüketimleri Tablo 2.4’de verilmiştir [4]. Tablodan da görüldüğü gibi sanayi dalları arasında toplam tüketimdeki %10,6’lık payı ile tekstil, deri ve giyim sanayi, elektrik enerjisi tüketiminde birinci sırayı almaktadır. İkinci sırada ise %8,5’luk tüketim payı ile demir, çelik üretimi ve demir işleme sanayi gelmektedir.

Tablo 2.4: Ekonomik Faaliyete Göre Elektrik Enerjisi Tüketimi [4]

Faaliyet Alanı	Tüketim Miktarı (10 ⁶ kWh)				
	1999	2000	2001	2002	2003
Tarım, ormancılık, avcılık ve balıkçılık	2.624,5	3.069,6	3.203,1	3.490,1	3.657,1
Maden kömürü ve linyit üretimi	532,2	541,8	456,7	444,7	446,5
Maden kömürü ve linyit dışı diğer madenler üretimi	761,8	617,2	589,0	430,3	463,7
Gıda, meşrubat, içki ve tütün sanayi	3.336,5	3.090,7	3.150,1	3.193,9	4.142,3
Tekstil, deri ve giyim sanayi	7.798,1	9.058,6	9.096,4	10.248,8	11.873,8
Ağaç işleri, kağıt ve bağımlı benzer sanayi	2.107,5	2.355,8	1.777,0	1.828,8	2.270, 7
Kauçuk, lastik ve plastik sanayi	1.647,5	1.708,0	1.610,1	1.566,6	1.492,9
Kimya sanayi	4.499,2	4.672,9	3.717,6	3.883,4	4.244,3
Toprak ve çimento sanayi	6.544,2	6.873,2	5.720,8	5.191,3	5.886,0
Demir, çelik üretimi ve demir işleme sanayi	7.735,3	8.394,7	7.013,1	8.074,3	9.581,8
Demir dışı metal üretimi ve işleme sanayi	2.686,7	2.513,9	3.572,6	2.544,4	3.080,8
Makine, elektrikli aletler ve ulaşım araçları yapımı	2.074,7	2.483,0	2.160,9	2.291,5	2.736,7
Organize ve diğer fabrikasyon sanayi	5.570,1	5.325,7	6.934,2	9.608,8	7.673,5
İnşaat ve bayındırlık	1.186,5	1.206,1	1.190,6	1.182,6	1.206,2
İdari ve kamu hizmet sektörü	7.878,6	9.328,6	9.384,3	9.920,6	10.410,5
Ticaret, el sanatları, turizm ve diğer hizmetler	6.861,5	8.063,5	8.967,1	9.361,0	11.507,6
Ulaştırma ve haberleşme	819,1	887,6	401,0	1.023,4	1.165,7
Genel aydınlatma	3.953,6	4.217,2	4.568,1	5.103,9	4.731,0
Mesken içi hizmetler	22.584,2	23.887,6	23.557,3	23.559,4	25.194,9
TOPLAM	91.201,8	98.295,7	97.070,0	102.947,8	111.766,0

Sanayi sektöründe tüketilen enerji miktarının büyük olması ve yüksek enerji tasarrufu potansiyeli içermesi nedeniyle, enerji tasarrufu çalışmalarında sanayi sektörü öncelikli olarak ele alınmalıdır. Almanya'da deneyimlerden elde edilen, tüketici gruplarına göre tasarruf potansiyelleri Tablo 2.5'de görülmektedir [5].

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.

Tablo 2.5: Çeşitli Tüketici Gruplarının Tasarruf Potansiyelleri [5]

Tüketici	Tasarruf Potansiyeli (%)
Büro binası	30-40
Otel ve restoranlar	20-25
Alışveriş merkezleri	20-25
Çimento sanayi	30-35
Demir çelik sanayi	35-40
Ağaç işleme sanayi	25-35
Deri sanayi	20-25
Tekstil sanayi	30-35
Küçük atölyeler	15-25
Konutlar	15-20
Not : Değerler, Almanya’da deneyimlerden elde edilen rakamlardır	

2.2 Sanayide Enerji Yönetimi

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. Tablo 2.6’da yıllara bağlı olarak fuel oil, linyit, taşkömürü ve elektrikteki dalgalanmalar ve doğal gazdaki sürekli artış gösterilmiştir [1]. Benzer olayların gelecekte yaşanmayacağını hiçbir garantisi yoktur. Dolayısıyla her türlü enerji kaynağının etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Tablo 2.6: Sanayi Sektörü Enerji Fiyatları [1]

	1990	1995	1999	2000	2001	2002
Ağır Fuel Oil (ABD\$/ton)	236,4	174,6	173,8	206,7	181,3	264,4
Doğal Gaz (ABD\$/10 ⁷ kcal)	126,6	157,6	162,3	175,2	200,1	215,4
Linyit (ABD\$/ton)	48,6	35,8	35,2	32,4	31,8	42,1
Taşkömürü (ABD\$/ton)	79,3	75,2	61,7	70	62,5	74,9
Elektrik (ABD\$/kWh)	0,083	0,076	0,079	0,080	0,079	0,094

Günümüzde enerjinin etkin kullanımı denildiğinde “enerji verimliliği” kavramı aklı gelmektedir. Enerji verimliliği; üretimi, iletimi ve tüketilmesi sırasında, enerjinin en düşük kayıpla ve en yüksek yarar sağlayacak şekilde kullanımı anlamını taşımaktadır.

Enerji tasarrufu, enerji arzının azaltılması veya kısıtlanması demek değildir. Sanayide enerji tasarrufu yapmak demek, ürün miktarından, kaliteden, iyi çalışma

koşullarından, güvenlikten, çevresel koşullardan fedakârlık etmeden enerjinin etkin ve akıllıca kullanımı demektir. Herkes tarafından bilinen ve kabul gören diğer bir tanım ise, minimum maliyetle maksimum kâr elde etmek yani aynı enerjiyi tüketerek daha fazla mal veya hizmet üretmek yada aynı mal veya hizmeti daha az enerji tüketerek üretmektir [6,7].

Bir fabrikadaki üretim maliyetleri, hammadde, işçilik, işletme ve enerji maliyetlerinin toplamını içerir. Bu nedenle enerji maliyetleri ayrı bir kalem olarak değerlendirilmelidir. Genel olarak enerji tasarrufu yatırımları mali açıdan diğer yatırımlara göre daha caziptir. Bazı enerji tasarrufu yatırımları şundaki enerji fiyatlarına göre cazip olmasa bile gelecekte enerji fiyatlarının artması ile kârlı hale dönüşebilecektir [6].

Enerji yönetimi, enerji verimliliğinin iyileştirilmesine olanak sağladığı gibi fabrika bölümlerindeki her bir enerji tüketen ekipmanın detaylı olarak incelenmesi sayesinde diğer alanlarla da ilgili olan maliyetin azaltılması fırsatlarının belirlenmesine yardımcı olabilir. Özellikle mühendislik, yönetim, insan ilişkileri gibi çok değişik alanı kapsayarak çoğu kez hammadde, işgücü ve ekipmanların daha iyi kullanımına yardımcı olur [6].

Sanayide enerji tasarrufu, iyi bir şekilde hazırlanmış bir enerji yönetim programı ve bu programın başarılı bir şekilde uygulanmasıyla sağlanır. Bir işletmede iyi bir enerji tasarruf çalışması yapabilmek ve bu çalışmaların sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için öncelikle o işletmede iyi bir enerji yönetim sistemi kurmak gerekir. Bu sistemi kurarken mutlaka üst yönetimin katkı ve desteği de sağlanmalıdır. Yapılacak enerji tasarrufu çalışmalarına tüm çalışanların katılımı sağlanarak çalışanların kişisel deneyimlerinden faydalanılmalıdır. Ayrıca çalışanlar bu konuda bilgilendirilerek enerji tasarrufu bilincinin oluşması sağlanmalıdır. Daha sonra kısaca aşağıdaki maddeleri de kapsayan bir enerji yönetim sistemi oluşturularak, enerji tasarrufu çalışmaları doğru bir prosedürle takip edilmelidir:

- İşletmedeki tüm enerji tüketen elemanların listesi çıkarılmalıdır. Bu listede, her elemanın çalışma saati, enerji tüketim miktarı, verimi, bakım planı vb. açıklamalar bulunmalıdır.
- İşletmenin, varsa üretim bölümlerine göre; yoksa belirli bölgelere ayrılarak, her bir bölgesinin enerji tüketimi belirlenmelidir ve tüketim düzenli aralıklarla

izlenmelidir. Unutulmamalıdır ki tüketimin fazla olduğu yerde sağlanabilecek tasarruf miktarı da fazla olur.

- Belirlenen bölgelerde enerji tasarrufu etütleri ve fizibilite çalışmaları yapılarak bir hedef oluşturulmalıdır.
- Çeşitli ölçümler yapılarak, sonuçları değerlendirilmelidir. Ölçümler, fabrikaya giren her enerji kaynağı için ayrı ayrı yapılmalıdır. Yani sistemde sıcak su, soğutma, sıkıştırılmış hava ve buhar için harcanan tüketimler ayrı ayrı belirlenmelidir.
- Yapılan izleme, etüt ve ölçümlerden sonra raporlar hazırlanarak hedef belirlenmelidir.
- İhtiyaç duyulan sistem ve ekipmanlar belirlendikten sonra maliyet ve geri dönüşüm oranı belirlenerek, ekonomik olurluluk var ise ilgili ekipman temin edilip, kullanılmalıdır.

Bu konuyla ilgili olarak ülkemizde sanayi, sanayi ve ticaret odalarına bağlı olarak Kamu ve Özel Sektörde endüstriyel faaliyet gösteren kuruluşlar ile maden çıkartılması ve işlenmesi ile ilgili ve yıllık toplam enerji tüketimi 2000 TEP'e eşit ve büyük olan tesisleri kapsayan çeşitli sanayi sektörleri için enerji verimliliğinin artırılması amacıyla yapılması gerekli düzenlemeleri sağlayan bir yönetmelik hazırlanmıştır. 11 Kasım 1995 tarih 22460 Sayılı Resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren ve “Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik” adıyla anılan bu yönetmeliğe ile, sanayi kuruluşlarının; enerji verimliliğini arttırmak üzere tesislerinde enerji yönetimi sistemi oluşturması, enerji etütlerini yaptırması ve etüt sonuçlarını uygulama planı çerçevesinde uygulaması, belli başlı ürünlerinin spesifik enerji tüketimini izlemesi, bunun izlenmesi için fabrikalarındaki eksik sayaç ve benzeri ölçüm cihazlarını taktırması gibi hususlar öngörülmüştür. Enerji tüketimi 2000 TEP'e (Ton Eşdeğer Petrolü'ne) eşit ve büyük olan tüm fabrikalar yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden 6 ay ile 1 yıl içerisinde Tablo 2.7'de verilen (tekstil sektörü için) ilgili enerji tüketim kategorisinde bulunan işletmeler, belirtilen çerçevede “Enerji Yönetim Sistemi”ni oluştururlar [8].

Tablo 2.7: Tekstil Sektörü’nde Enerji Tüketimine Bağlı Kategoriler [8]

Tekstil Sektörü	Enerji Tüketim Kategorisi	
	A	B
İplik, Dokuma ve Basma	> 20.000 TEP	20.000-2.000 TEP
Halı ve Kilim		≥ 2.000 TEP
Örme ve Konfeksiyon		≥ 2.000 TEP
Diğer	> 50.000 TEP	50.000-2.000 TEP

Buna göre; “A” kategorisinde gösterilen miktarda ve üzerinde enerji tüketen fabrikalar bir “Enerji Yöneticisi” koordinatörlüğünde “Enerji Kontrol Birimi” oluştururlar. “B” kategorisinde yer alan fabrikalar ise bir “Enerji Yöneticisi” görevlendirirler. Fabrikada enerji yönetiminden sorumlu tutulan bu elemanlarda “Enerji Yöneticisi Sertifikası”na sahip olma şartı aranır [8]. İşletme tarafından atanan enerji yöneticisi, tesiste portatif ölçü aletleri kullanarak dokuz ana sistemde incelemelerini sistematik olarak yapmalıdır. Bu incelemeleri, ilgili sistemlerin deneyimli elemanları ile yürütmesi ölçümlerin sağlığı açısından önemlidir. Bu dokuz ana sistem şunlardır [7];

1. Bina kabuğu (dış cephe)
2. Kazan ve buhar dağıtım sistemi
3. Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemi
4. Elektrik üretim sistemi
5. Aydınlatma sistemi
6. Sıcak su dağıtım sistemi
7. Sıkıştırılmış hava dağıtım sistemi
8. Motorlar
9. Üretim sistemi

2.3. Türk Tekstil Sektörü’nün Durumu

Türk Tekstil Endüstrisi, Türkiye’deki en eski ve büyük sektörlerden biridir. Günümüzde ülke ihracatında önemli bir paya sahip olan tekstil sektörü, dünya ülkeleri arasında önemli bir yere sahiptir. Türk tekstil sektörü, iplikten başlayarak, geniş ve güçlü bir üretim yelpazesi ve kapasitesine sahiptir. İş sayısı itibarı ile dünyada altıncı, rotor sayısında dördüncüdür; dokuma ve örgü kapasitesi AB

(Avrupa Birliği) kapasitesinin dörtte biri, terbiye (boya, baskı, apre) kapasitesi AB düzeyindedir. Türkiye, AB'nin tekstilde birinci, konfeksiyonda ikinci; dünyanın ise yedinci büyük hazırgiyim tedarikçisidir [9]. Türk tekstil ve konfeksiyon sanayi, toplam sanayi üretiminin yaklaşık %12'sini gerçekleştirmektedir. Türk tekstil sanayi aşağıda belirtilen ana ve alt üretim sektörlerinden oluşmaktadır [9]:

- Pamuklu Sektörü
 - Pamuk ipliği
 - Pamuklu dokuma
- Ynl Sektörü
 - Kamgarn iplik ve dokuma
 - Yarı kamgarn iplik ve dokuma
 - Strayhgarn iplik ve dokuma
- Halı Sektörü
 - Makine halıcılığı (dokuma, non-woven, tufting)
 - El halıcılığı
- Tekstil Terbiyesi Sektörü
 - Pamuklu (ağırlıklı)
 - Ynl
 - Sentetik
- Keten-Kendir-Jt Sektörü
 - İplik (oğunluk)
 - Dokuma (Türkiye'de sadece bir entegre tesiste yapılmaktadır)
- Suni-Sentetik Sektörü
 - İplik
 - Dokuma
 - zgl rme
- Konfeksiyon Sektörü

Türk tekstil sektörünün vizyonu; katma değeri yüksek, yenilikçi, rekabetçi ve teknoloji içeren ürün ve hizmet sunumları ile dünya ticaretindeki payını ve toplumsal refahı arttırmaktır. Bu amaçla “Öncelikli Teknolojik Faaliyet Konuları” adı verilen çeşitli sosyo-ekonomik faaliyet konuları oluşturulmuştur. Bunlardan ilk olarak gerçekleştirilmesi düşünülen hedef (2003-2007 dönemi için düşünülen), tekstil terbiyesinde enerji tasarrufu sağlayan çevre dostu teknolojilerin kullanılması olmuştur. Bu teknolojiler Tablo 2.8’de belirtilmiştir [9].

Tablo 2.8: Tekstil Sektöründe Öncelikli Teknoloji Faaliyet Konuları [9]

Öngörülen Teknolojik Aşamalar/Gelişmeler		
1	D21	Tekstil terbiye atık sularının yeniden kullanılabilirlikte, ters osmoz vb. yöntemlerle arıtımının yapılması
2	D23	Tekstil ön terbiyesinde başta enzimlerin kullanımı olmak üzere, biyolojik yöntemlerin ve teknolojilerin kullanılması
3	D25	Tekstil terbiyesi uygulamalarında ultrason teknolojisinin yaygınlaşması
4	D26	Tekstil terbiye işletmelerinde ısı pompası destekli kojenerasyon santrallerinin yaygınlaşması
5	D28	Poliakrilat, polivinil alkol ve CMC esaslı haşıl maddelerinin sökülmesi sırasında geri kazanımının sağlanması
6	D37	Faydalı ömrü tükenen tekstil ürünlerinin geri dönüşüm uygulamalarının yaygınlaşması
Öncelikli Teknoloji Alanları		
1	TA12	Atık Su Arıtımı
2	TA13	Terbiye Maddeleri Geri Kazanımı
3	TA14	Biyolojik Terbiye Yöntemleri
4	TA15	Ultrasonik Terbiye Yöntemleri
5	TA16	Isı Pompalı Kojenerasyon
6	TA18	Konfeksiyon Teknolojileri

2.3.1. Tekstil sektöründe maliyetler

Tekstil ve konfeksiyon sektörünün başlıca maliyet kalemlerinden biri olan enerji maliyeti, görülen büyük yıllık artışlarla sektörün üretim maliyetlerinin artmasına neden olmuştur. Kullanılan enerji kaynaklarının yıllara göre değişen sanayi satış fiyatlarına ait bilgiler Tablo 2.9’da verilmiştir [10].

Tablo 2.9: Ülkemizdeki Enerji Satış Fiyatlarının Yıllara Göre Değişimi[10]

	Linyit (YTL/ton)	Taş Kömürü (YTL/ton)	Doğal Gaz (10 ⁻³ YTL/104 kcal)	Elektrik (10 ⁻³ YTL/kWh)	Fuel Oil (10 ⁻³ YTL/kg)
1990	0,126	0,206	0,329	0,214	0,615
1991	0,209	0,236	0,570	0,348	0,748
1992	0,364	0,321	0,932	0,634	1,129
1993	0,466	0,523	1,714	1,039	1,679
1994	0,939	1,317	4,191	2,287	3,597
1995	1,637	3,438	7,201	3,486	7,980
1996	2,990	7,152	15,268	7,020	14,984
1997	5,817	14,644	30,210	11,711	27,619
1998	9,775	21,381	44,879	19,645	40,009
1999	14,737	25,872	68,014	33,255	72,729
2000	20,199	43,682	109,404	50,051	124,040
2001	39,079	76,727	245,775	97,412	222,684
2002	63,649	113,196	325,774	142,391	399,900
2003				121,127	

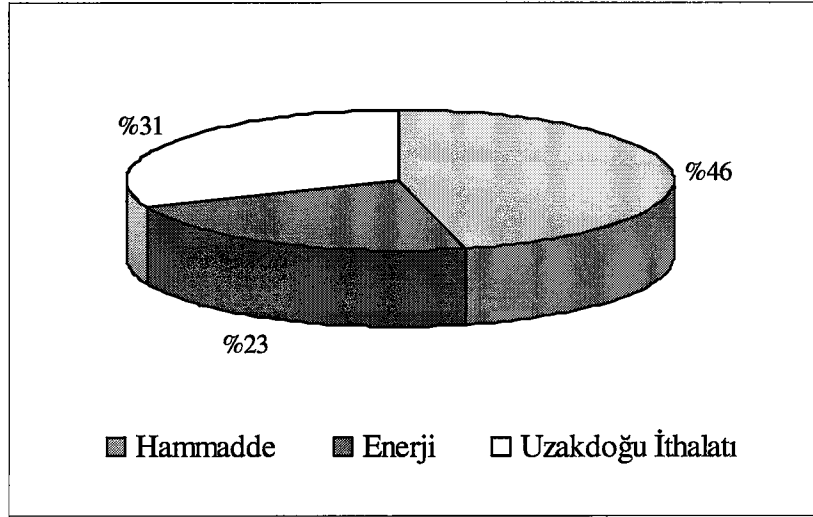
Türkiye'de üretim maliyetleri içerisinde enerji maliyetlerinin payı, Batı Avrupa ve ABD'dekinden daha yüksektir ve bu pay son dönemde daha da artmıştır. Bu durumun iki nedeni vardır [11]:

- Gerek elektrik enerjisi fiyatları, gerekse ısı enerjisi (doğal gaz, LPG, fuel-oil) fiyatları Türkiye'de birçok sanayileşmiş ülkedekinden daha yüksektir.
- Kesintiler (elektrik ve doğal gazda) sırasındaki zararı azaltmak için alınan önlemler (kombine kazanlar, generatörler) maliyetleri daha da artırmaktadır. Bu önlemler alınmazsa bu kez de üretimin aksaması ve bozulması nedeniyle yaşanan zarar çok daha büyük olmaktadır.

Sektörde faaliyet gösteren sadece iplik ünitesine sahip şirketlerin en büyük üç problemi [11];

- Hammadde fiyatı ve kalitesi
- Uzakdoğu'dan yapılan ithalat
- Enerji maliyetlerinin yüksek oluşu

olarak belirlenmiştir ve Şekil 2.1'de iplik üreticilerindeki bu problemlerin oranları gösterilmiştir.

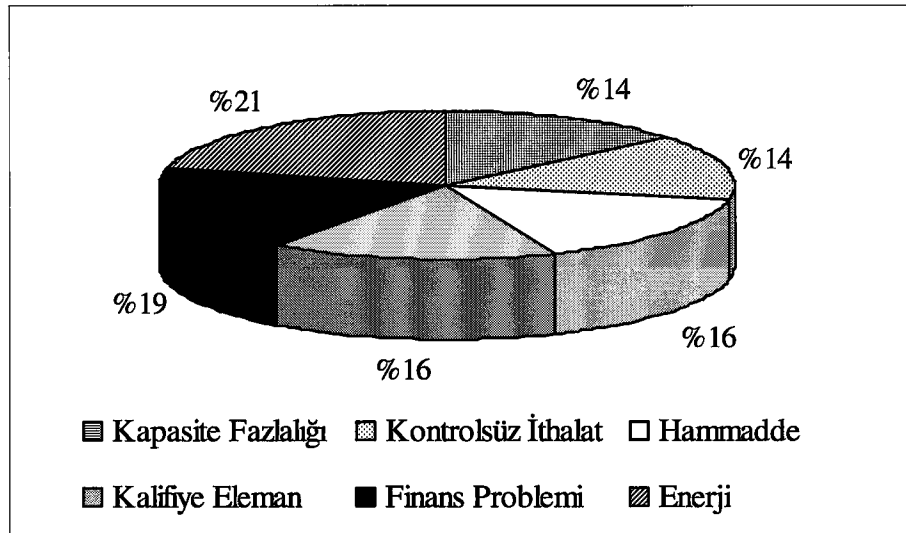


Şekil 2.1: İplik Üreticilerinin Problemleri [11]

Sektörde faaliyet gösteren 2-4 üniteli entegre şirketlerin en büyük problemleri ise;

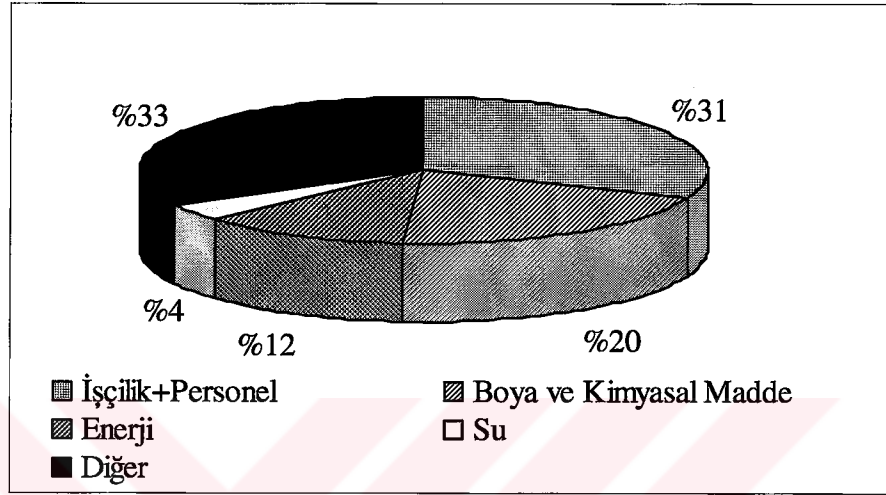
- Enerji maliyetlerinin yüksek oluşu
- Finansman maliyetlerinin yüksek oluşu
- Hammadde fiyatı ve kalitesi
- Kalifiye eleman sıkıntısı
- Kapasite fazlalığı
- Uzakdoğu'dan yapılan kontrolsüz ithalat

olarak belirlenmiştir ve Şekil 2.2'de entegre üreticilerdeki bu problemlerin oranları gösterilmiştir [11].



Şekil 2.2: Entegre Üreticilerin Problemleri [11]

Enerji maliyetlerinin yüksek oluşu, işçilik maliyetlerinin Avrupa ülkelerine göre daha az olduğu ülkemizde bu avantajın yitirilmesine sebep olmaktadır. Özellikle Asya ülkelerinde işçilik maliyetlerinin az oluşu nedeniyle rekabet edebilir bir pozisyonda olabilmek, enerji maliyetlerinin azaltılması ile mümkün olabilecektir. Ülkemiz tekstil terbiye sektöründeki maliyet dağılımı ise Şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Terbiye Sektöründe Maliyet Dağılımı [11]

2.3.2. Spesifik enerji tüketimi ve ana tasarruf odakları

Sanayide, enerjiyi etkin kullanabilmenin ilk şartı ne kadar enerji tüketildiğini bilmektir. Sanayide yaygın olarak kullanılan spesifik enerji tüketimi kelimesi, üretici için büyük anlam ifade eder. Spesifik enerji tüketimi, birim ürün başına tüketilen enerji olarak tanımlanır ve geleceğe dair enerji tüketim tahmininde bulunmak için de kullanılır.

$$\text{Spesifik Enerji Tüketimi (SET)} = \text{Enerji Tüketimi} / \text{Üretim} \quad (2.1)$$

olarak ifade edilir ve bu değer direkt olarak ürün maliyetine etki eder.

Bir tesiste üretime bağlı olmayan enerji tüketimi yüksek ise; kullanılan ekipman kapasitesi, mevcut işletme koşulları değişmediği sürece üretimde sağlanacak artış ile spesifik enerji tüketimini düşürmek mümkün olabilecektir. Spesifik enerji tüketimlerini azaltmanın ikinci bir yolu da; enerji tasarrufu sağlayıcı tedbirlerin alınması, izolasyonların tamamlanması, atık ısının değerlendirilmesi gibi enerji kullanımındaki verimlilik arttırıcı çalışmaların yapılmasıdır [6].

Tekstil sanayinde yoğun olarak kullanılan enerji türleri ısı ve elektrik enerjisidir. Bu nedenle tekstil sanayinde ana tasarruf odaklarını ;

- Isının üretim ve tüketimindeki prosesler ile
- Elektriğin üretim ve tüketimindeki prosesler

olarak gruplandırılabilir. Bir tesiste yapılacak enerji tasarrufu çalışmaları bu iki ana kısımdaki çalışmaları kapsamalıdır.



3. TEKSTİL SANAYİNDE ISI ENERJİSİ İLE İLGİLİ ENERJİ TASARRUF OLANAKLARI

Bir tesiste ısı enerjisinin etkin kullanımı, o tesisin ısı üretimi, dağıtımı ve kullanımındaki verim arttırılarak sağlanır. Bu bölümde tesisteki sistemlerin verimliliğinin nasıl arttırılabileceği ve buna bağlı olarak ısı enerjisini üreten ve tüketen sistemlerden, bu sistemleri oluşturan ekipmanlardan ve diğer sistem elemanlarından ne şekilde ve ne kadar enerji tasarrufu yapılabileceği anlatılmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte sağlanabilecek tasarruf miktarlarının hesaplanabilmesi için gerekli eşitlikler verilip, bu eşitliklerden faydalanarak bazı konular için, ele alınan A Tesisi'nin* mevcut durumu örneklerle değerlendirilmiştir. Böylelikle anlatılanlar somutlaştırılmaya çalışılmıştır.

3.1. Tekstilde Buharın Yoğun Olarak Kullanıldığı Alanlar

Klima santralinde;

Bilindiği gibi özellikle iplik üretiminde üretimhanenin belirli bir sıcaklık ve neme sahip olması istenir. Bu değerler ürünün kalitesi için önemlidir. Özellikle kış aylarında istenilen işletme sıcaklığına ulaşmak için, tesis hava giriş fanları önüne konulan buhar serpantinlerinden yararlanılır. Hava, işletme içerisine gönderilirken, buhar serpantinleri içerisinden geçen buharın ısısıyla ısıtılıp, istenilen sıcaklık değerine ulaşması sağlanarak tesis içerisine gönderilir.

Tesisin ısıtılmasında;

Kış aylarında özellikle tesisin idari bina, sosyal tesisler gibi kısımlarında ısınma ihtiyacı doğar. Bu ihtiyaç, merkezi bir ısıtma tesisatına verilen buhar veya buhar kullanılarak elde edilen sıcak su ile karşılanır.

* A Tesisi hakkında detaylı bilgiler Ek A'da verilmiştir.

Tekstil ürünlerinin kurutulmasında;

Yaş bir işleme tabi tutulmuş veya yıkanmış bir tekstil ürünü, banyodan hiç sıkmadan çıkarıldığında üzerinde ağırlığının %150-300'ü kadar su bulundurmaktadır [12]. Tekstil ürününün üzerindeki suyun uzaklaştırılması kurutma işlemleri ile yapılır. Bu işlemler iki temel adımdan oluşur. Birinci adım ön kurutma işlemleri ve ikinci adım ise esas kurutma işlemleri olarak adlandırılır. Buhar tüketimi ise yoğun olarak esas kurutma adımında gerçekleşmektedir.

Tekstil ürünlerinin boyanması ve ütülenmesinde;

Tekstil fabrikalarının özellikle boyahane bölümlerinde çok yoğun bir buhar tüketimi gerçekleştirilir. Atmosferik taşlamalı veya yüksek sıcaklıklı boya makinalarında ihtiyaç duyulan buhar basıncı 6-7 bar'dır. Tekstil ürünlerinin ütülenmesi sırasında ihtiyaç duyulan buhar basıncı 4-5 bar civarındadır [12].

Baskı işlemlerinde;

Bir baskı işlemi; baskı patının hazırlanması, kumaşın basılması, kurutma, boyanın fikse edilmesi ve yıkama işlemlerinden oluşur.

Bu işlemlerden buharın yoğun olarak kullanıldığı işlem, boya sınıfına bağlı olarak basınçlı buharlama, yüksek sıcaklık buharlaması ve normal buharlama işlemleri yapılan boyanın fikse edilmesi işlemidir.

3.2. Buhar Kazanı Seçimi, İşletilmesi ve Verimi

Tekstil fabrikasının ısıtılmasında, pamuğa uygulanan çeşitli proseslerde, iplik ve kumaşların kurutulmasında, boyanması, ütülenmesi ve baskı işlemlerinde buhara ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan buhar, buhar kazanlarında üretilir.

Buhar kazanları farklı amaçlara hizmet edebilmesi amacıyla farklı tip ve kapasitelerde üretilirler. Kazanlar, gerek ilk yatırım gerekse işletim maliyetleri açısından oldukça pahalı makinelerdir. Dolayısıyla kazan seçimi yapılırken ihtiyaca cevap verebilecek uygun kazan seçilerek işletiminde ve bakımında gerekli özen gösterilmelidir.

Yüksek sıcaklıkta buhara ihtiyaç duyulan işletmelerde, buhar kazanıyla ancak yüksek basınçta üretim yapılarak bu ihtiyaç karşılanabilir. Yüksek basınçlı buhar üretimi

durumunda ise hem kazanın işletilmesi ekonomik olmaktan çıkacak hem de buhar hattı elemanlarının yüksek basınca karşı daha dayanıklı olması gerekeceğinden maliyetler artacaktır. Dolayısıyla bu tür işletmelerde kızgın yağ kazanları tercih edilmez. İşletme zorluğu ve taşıdıkları risk nedeniyle kızgın yağ kazanları sanayicilerin pek istemeyerek aldıkları bir sistemdir.

Günümüzde ise böyle bir talebi karşılamaya yönelik tercih edilen sistemler arasında kızgın buhar robotu veya kızgın buhar generatörü bulunmaktadır. Çok düşük basınçta bile yüksek sıcaklıkta kızgın buhar üretimi yapan bu sistemler, diğer sistemlere oranla yüksek olan yatırım maliyetlerini sağladıkları avantajlar ile kısa sürede karşılayabilmektedirler. Bu avantajlar arasında; azalan boru çapları, artan buharlı cihaz performansı, buharlı proseslerin işlem sürelerinin kısalması ve sistemin işletme riskinin bulunmayışı yer almaktadır. Ayrıca cihazlarda değişiklik yapmadan kızgın buhara geçilmesi durumunda, mevcut cihazların performansında bir artış sağlanabilmektedir. Bunun yanında kızgın buhar üretimi esnasında sistemden doymuş buhar da çekilebilmektedir [13].

Buhar kazanlarında verimlilik, tasarruf sağlamada oldukça büyük bir öneme sahiptir. Buhar üretiminde verimliliğin sağlanması ile büyük ölçüde yakıt tasarrufu ve işletme gideri tasarrufu sağlamak mümkündür.

Kazanlardan, genellikle düşük yükte ve aşırı yük durumunda çalıştırılmadıkları zaman en büyük verim elde edilir. Genelde maksimum verimlere kazanın tam yükünün %70' inden yukarı yüklerde çalıştığı durumlarda ulaşılmaktadır [14]. Buhar kazanlarındaki verim hesaplamaları direkt yöntem ve dolaylı yöntem olmak üzere iki yöntemle yapılır.

Direkt yöntemle göre kazan verimi hesabı şu şekilde yapılır [2]:

$$\eta_k = \frac{(m_b \times h_b) - (m_{bs} \times h_{bs})}{B_y \times H_u} \quad (3.1)$$

Burada;

m_b : Buhar miktarı (kg/h)

m_{bs} : Besi suyu miktarı (kg/h)

B_y : Yakıt miktarı (kg/h)

h_b : Buhar entalpisi (kcal/kg)

h_{bs} : Besi suyunun entalpisi (kcal/kg)

H_u : Yakıt alt ısı değeri (kcal/kg)

dir. Dolaylı yöntemle göre kazan verimi ise şu şekilde hesaplanır [14]:

$$\eta_k = 1 - \Sigma L \quad (3.2)$$

Burada ΣL , toplam ısı kayıplardır. Toplam ısı kaybı oluşturan diğer kayıplar ve oranlarını hesaplamaya yarayan eşitlikler maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

1. Uçucu küldeki yanabilir maddeler nedeniyle olan kayıp (L_{FA})

$$L_{FA} = \frac{A_y \times F_{FA} \times C_{FA} \times 8083 \times 100}{(1 - C_{FA}) \times CV_g} \quad (3.3)$$

A_y : Yakıttaki külün ağırlıkça yüzdesi (%)

F_{FA} : Uçucu külün toplam küldeki ağırlıkça yüzdesi (%)

C_{FA} : Uçucu küldeki yanabilir maddelerin ağırlıkça yüzdesi (%)

CV_g : Yakıtın üst ısı değeri (kcal/kg)

2. Cüruftaki yanabilir maddeler nedeniyle olan kayıp (L_{SA})

$$L_{SA} = \frac{A_y \times F_{SA} \times C_{SA} \times 8083 \times 100}{(1 - C_{SA}) \times CV_g} \quad (3.4)$$

F_{SA} : Cüruf külünün toplam küldeki ağırlıkça yüzdesi ($100 - F_{FA}$) (%)

C_{SA} : Cüruftaki yanabilir maddelerin ağırlıkça yüzdesi (%)

3. Uçucu küldeki yararlı ısı olarak atılan kayıp (L_{fa})

$$L_{fa} = \frac{A_y \times F_{FA} \times (T_g - T_a) \times 0,21 \times 100}{(1 - C_{FA}) \times CV_g} \quad (3.5)$$

T_g : Bacagazı sıcaklığı (°C)

T_a : Ortam sıcaklığı (°C)

Burada “0,21” kcal/kg°C cinsinden külün spesifik ısısı’dır.

4. Cüruftaki yararlı ısı olarak atılan kayıp (L_{sa})

$$L_{sa} = \frac{A_y \times F_{SA} \times (T_{SA} - T_a) \times 0,21 \times 100}{(1 - C_{SA}) \times CV_g} \quad (3.6)$$

T_{SA} : Cüruf külünün çıkış sıcaklığı ($^{\circ}C$)

5. Kuru bacagazı kaybı (L_{DG})

$$L_{DG} = \frac{K \times (T_{FG} - T_a) \times \left[1 - \frac{L_{FA} + L_{SA}}{100} \right]}{CO_2} \quad (3.7)$$

$$K = \frac{69,7 \times C_y \times (H_u)^2}{(CV_g)^3} \quad (3.8)$$

K : Yakıtın alt ve üst ısı değeri ile içerdiği karbon oranına bağlı hesaplanan katsayı

C_y : Yakıttaki karbonun ağırlıkça yüzdesi (%)

H_u : Yakıtın alt ısı değeri (kcal/kg)

$$CV_g = CV_n + [6 \times (9 \times H_y + W_y)] \quad (3.9)$$

H_y : Yakıttaki hidrojenin ağırlıkça yüzdesi (%)

W_y : Yakıttaki suyun ağırlıkça yüzdesi (%)

$$CO_2 = \left[1 - \frac{O_2}{21} \right] \times (CO_2)_{maks} \quad (3.10)$$

$$(CO_2)_{maks} = \frac{\frac{C_y}{12}}{\frac{4,78 \times C_y}{12} + \frac{1,89 \times H_y}{2}} \times 100 \quad (3.11)$$

6. Subuharı duyulur ısısı nedeniyle olan kayıp (L_{H_2O})

$$L_{H_2O} = \frac{\{W_y + (9 \times H_y)\} \times \{(588 - T_a) + (0,5 \times T_g)\}}{CV'_g} \quad (3.12)$$

$$CV'_g = CV_g + (T_y - T_a) \times 0,47 \quad (3.13)$$

T_y = Yakıtın atomizasyon sıcaklığı (°C)

Not: Katı yakıt kullanıldığında veya yakıta ön ısıtma yapılmadığında $CV'_g = CV_g$ alınır.

7. Yanmamış karbonmonoksit nedeniyle olan kayıp (L_{CO})

$$L_{CO} = \frac{K^1 \times CO \times \left(1 - \frac{L_{FA} + L_{SA}}{100}\right)}{CO + CO_2} \quad (3.14)$$

Not : K^1 için yaklaşık değerler Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 : Yakıtın Isıl Değerine Bağlı “ K^1 ” Değerleri

Yakıt Cinsi	K^1
Kok	70
Linyit	63
Sıvı Yakıt	48
Doğalgaz	32

8. Kazan yüzeyinden radyasyon ve konveksiyonla olan ısı kaybı (L_{RC})

$$L_{RC} = \frac{100}{\text{Kazan çalışma yükü (\%)}} \quad (3.15)$$

9. Blöfle olan ısı kaybı (L_{BD})

$$BD = \frac{S_f}{S_b} \times 100 \quad (3.16)$$

BD : % Blöf (besi suyu miktarına göre)

S_f : Besleme suyunun iletkenlik değeri (ppm) (Tablo 3.2’den okunabilir)

S_b : Kazanda izin verilen maksimum iletkenlik değeri (ppm)

$$L_{BD} = \frac{(T_{BD} - T_{H_2O}) \times (BD) \times [100 - (\Sigma L_1)]}{[(T_{BD} - T_{H_2O}) \times (BD)] + \{[100 - (BD)] \times (660 - T_{H_2O})\}} \quad (3.17)$$

T_{BD} : Blöf sıcaklığı, °C, (varsa atık ısı geri kazanımı sonrası sıcaklık)

T_{H_2O} : Besi suyu sıcaklığı, °C, (ekonomizörden önce, kondensat ve ilave su karışımından önce oluşan besi suyu sıcaklığı)

ΣL_1 : Blöf hariç toplam ısı kayıpları

Bir kazanda verimliliğin sağlanabilmesi için yukarıda belirtilen tüm ısı kayıpların minimize edilmesi ve tüm önlemlere rağmen gerçekleşmesi kaçınılmaz olan ısı kaybının da geri kazanılması gerekmektedir. Bu yönde yapılabilecek çalışmalar takip eden başlıklar altında anlatılmıştır.

3.3. Yanma Veriminin Arttırılması

Yanmanın iyi olabilmesi için öncelikle kullanılacak yakıtı uygun yakma ekipmanı tercih edilmelidir. Daha sonra gerekli sıcaklık derecesinin sağlandığı bir ortamda yeterli sürede yanma gerçekleştirilmelidir. Yakma işleminde en önemli parametrelerden bir diğeri ise optimum yakıt-hava karışımının sağlanmasıdır. Bu noktada katı yakıtlı sistemlerde yakıtın fiziksel ve kimyasal özellikleri önem kazanır. Yakıtın özelliklerinin bilinmesi uygun karışım oranının belirlenmesinde büyük öneme sahiptir. İyi bir yanmanın gerçekleşebilmesi için sıvı yakıtlarda viskozite ve gaz yakıtlarda ise gaz basıncı sabit olmalıdır [14,15].

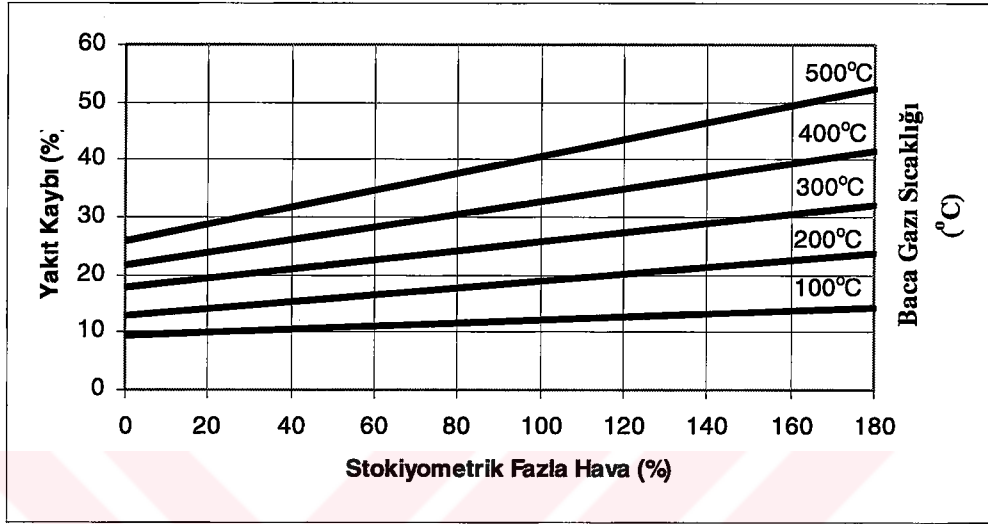
3.3.1. Tam yanmanın sağlanması

Eksik yanmanın olduğu sistemlerde yararlı enerjinin bir kısmı bacadan dışarı atılır. Atılan bu enerjinin miktarını azaltmak için olabildiğince tam yanmaya yaklaşmak gerekir. Tam yanma; yakıtın fiziksel büyüklüğüne, orantılı bir şekilde hazırlanan yakıt-hava karışımının yanma odasına, yanma hacminin kaldırabileceği debide gönderilmesiyle ve hava fazlalığının ayarlanmasıyla sağlanır. Fazla hava oranı arttıkça baca kaybı da artar; azaldıkça yanma verimi düşer. Dolayısıyla fazla hava oranı optimum değerde tutulmalıdır. Şekil 3.1’de baca gazı sıcaklığı ve fazla hava oranına bağlı yakıt kaybı oranları gösterilmektedir.

Baca gazında ölçülen O_2 ve CO_2 değerlerine bağlı olarak ve (3.11) nolu eşitlikten yararlanarak aşağıdaki formüller yardımıyla fazla hava oranı hesaplanır [14]:

$$\text{Fazla Hava Oranı (\%)} = \left[\frac{(\text{CO}_2)_{\text{maks}}}{\text{CO}_2} - 1 \right] \times 100 \quad (3.18)$$

$$\text{Fazla Hava Oranı (\%)} = \left[\frac{\text{O}_2}{21 - \text{O}_2} \right] \times 100 \quad (3.19)$$



Şekil 3.1: Baca Gazı Sıcaklığı ve Fazla Hava Oranına Bağlı Yakıt Kaybı Oranı [14]

Günümüzde tam yanmanın sağlanabilmesi amacıyla birçok ürün piyasaya sürülmüştür. Bunlardan birisi eskiden daha büyük boyutlu kazanlarda kullanılan fakat şimdilerde daha küçük boyutlu kazanlarda da kullanılabilen yanma kontrol sistemleri, diğeri ise yakıtın manyetik polarizasyonunu sağlayan cihazlardır.

Yanma kontrol sistemleri, baca gazı analizine ve sistemden çekilen buhar debisine bağlı olarak yakıt/hava karışım oranını ayarlayarak hem yakıt tasarrufu hem de çevreye atılan emisyonların azaltılmasında önemli rol oynarlar. Bu sistemlerde yakıt/hava karışımındaki ayarlama, hava fanı klapesi ve yakıt debisindeki kontrolör ile yanma hücreğine hava ve yakıtın uygun miktarlarda girmesi sağlanarak yapılmaktadır [2].

Yakıtın manyetik polarizasyonu sağlanarak hidrokarbon yakıtlarda tam yanmaya yaklaşılmaktadır. Bu teknoloji ile yakıt içerisindeki hidrokarbon moleküllerinin hareketi düzenlenerek oksijen molekülleri ile daha iyi bağ oluşturması sağlanır. Oksidasyonun hızlanması yanma verimliliğini artırarak tam yanma şartlarına yaklaşmayı sağlar. Bu işlem cihazın montaj edildiği yerde oluşturduğu manyetik alan sayesinde gerçekleştirilir. Bu cihazlar yakıt borusu üzerine takılabilen oldukça

kullanışlı cihazlardır. Günümüzde bu teknolojiyi kullanarak yanma verimini arttıran cihazların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Sağladıkları avantajlar şu şekilde sıralandırılmaktadır [16];

- %3 ile %23 oranında yakıt tüketimini düşürür
- Tam yanmayı % 97'ye yaklaştırır
- Yanmanın gerçekleştiği bölgeler temiz kalır ve kullanım ömürleri uzar
- Toksik emisyonu (HC, HO, NO_x) %50 - % 99 oranında düşer
- Sistemin bakım masraflarını azaltır
- Güç tüketimi yoktur
- Portatiftir, her türlü yakıt borusuna kolaylıkla takıp çıkarılabilir
- Çok uzun ömre sahiptir (125 yılda % 1'lik güç kaybı olacağı görülmüştür)
- Yatırımın geri dönüş süresi çok kısadır

3.3.2. Yanma havasının ısıtılması

Yanma havasının her 28°C sıcaklık artışında yanma verimi de yaklaşık olarak %1 oranında artmaktadır [14]. Tesiste bulunan kazan veya fırınlarda kullanılan yakma havasının ısıtılarak kullanılması, tesislerde atık ısıların değerlendirilebileceği önemli bir alandır.

Kazan yakma havasının ön ısıtılması sonucunda sağlanacak enerji tasarrufu ve tasarrufun mali karşılığı şu şekilde hesaplanır [17]:

$$\Delta\eta_k = (\Delta T_{yh} / 28) \times 1 \quad (3.20)$$

$$\eta_k = \eta_{ky} - L_{BD} - L_{RC} \quad (3.21)$$

$$\eta_{k2} = \eta_k + \Delta\eta \quad (3.22)$$

$$\text{Yıllık Yakıt Tasarrufu (YYTa)} = \text{Yıllık yakıt tüketimi} \times (\Delta\eta_k / \eta_{k2}) \quad (3.23)$$

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf (YMTa)} = \text{Yıllık yakıt tasarrufu} \times \text{Yakıtın birim fiyatı} \quad (3.24)$$

$\Delta\eta_k$: Kazan verimindeki artış (%)

ΔT_{yh} : Yanma havasında sağlanan sıcaklık artışı (°C)

η_{ky} : Kazan yanma verimi (%)

L_{BD} : Blöf ile olan kayıp (%)

L_{RC} : Yüzeyden olan kayıp (%)

η_k : Kazan verimi (%)

η_{k2} : Yanma havası ısıtıldıktan sonraki kazan verimi (%)

Değerlendirme :

Aşağıda A tesisine ait çeşitli değerler verilmiştir. Yakma havası ön ısıtması yapılmayan A tesisinde yakma havasının sıcaklığının baca gazı ısıyla artırılabilceği düşünülmüştür. Bu bağlamda yakma havası sıcaklığının 25,5°C'tan en az 55°C'a çıkarılabileceği öngörülmüştür. Bu şartın sağlanması durumunda elde edilecek olan yıllık yakıt tasarrufu (YYTa) ve yıllık mali tasarruf (YMTa) miktarları aşağıda hesaplanmıştır:

Yıllık yakıt tüketimi : 4.106.621 m³

Yakıtın birim fiyatı : 0,3355 YTL/m³

T_{yh} : Yanma havası sıcaklığı = 25,5°C

η_{ky} : Kazan yanma verimi = %92

L_{BD} : Blöf ile olan kayıp = %0,287 (Bölüm 3.5.1-Değerlendirme 1)

L_{RC} : Yüzeyden olan kayıp = %2,77

T_{yh2} : Hedeflenen yanma havası sıcaklığı = 55°C

Kazan verimindeki artış (3.20) nolu eşitlikten;

$$\Delta\eta_k = (\Delta T_{yh} / 28) \times 1 = [(55-25,5) / 28] \times 1 = 1,05 \text{ (\%)}$$

Yanma havası ısıtıldıktan sonraki kazan verimi (3.21) ve (3.22) nolu eşitliklerden;

$$\eta_{k2} = \eta_k + \Delta\eta_k = (92 - 0,287 - 2,77) + 1,05 = 90 \text{ (\%)}$$

$$YYTa = \text{Yıllık yakıt tüketimi} \times (\Delta\eta_k / \eta_{k2}) = 4.106.621 \times (1,05 / 90) = 47.910 \text{ m}^3$$

$$YMTa = \text{Yıllık yakıt tasarrufu} \times \text{Yakıtın birim fiyatı} = 47.910 \times 0,3355 = 16.074 \text{ YTL}$$

3.4. Kazan Besi Suyunun Niteliği

Buhar kazanı içinde bulunan kazan suyu, buhar üretimi ile birlikte azalmaya başlar. Sistemden buhar çekildikçe kazan suyunun buharlaşması da o oranda artar. Azalan kazan suyu kadar besi suyu ilave edilerek buhar üretiminin sürekliliği sağlanır. Üretilen buharın kaliteli olabilmesi için kazan suyunun belirli özelliklere sahip olması gerekir.

Birçok literatürde izin verilen değerler, çeşitli toleranslarla birlikte aşağıdaki gibidir [18]:

Toplam sertlik	: 0,0 Fr
İletkenlik	: maksimum 3500 ppm (0-20 bar işletme basınçlı kazanlar için)
pH	: 9,5-11,5
Silikat	: maksimum 150 mg/l
Toplam demir (Fe)	: 10 mg/l
Klorür	: olabildiğince az
Çözülmüş oksijen	: 0 (degazör vasıtasıyla)

Bu değerlerdeki değişiklikler kazan verimini, buhar kalitesini, buhar üretimini ve dolayısıyla yakıt tüketimini etkiler. Bu nedenle kazana ilave edilen besi suyunun niteliği çok önemlidir. Kazana iletkenliği düşük, uygun besi suyu verilmelidir.

Bilindiği gibi besi suyu, buharın yoğunlaşması sonucu oluşan kondens ve su yumuşatma ünitesinden gelen ilave su karışımından oluşur. Bu karışım, kondensin yüksek denebilecek sıcaklığından ötürü normal şebeke suyu sıcaklığının üzerindedir. Fakat kazana gönderilirken daha yüksek sıcaklıkta olması istenir. Bunun iki önemli nedeni vardır. Birincisi, daha az ısı vererek kazan suyunun doyma sıcaklığına ulaşmasını sağlamak, ikincisi ise kazana soğuk olarak su beslemesi yapıldığında kazan içinde açığa çıkacak olan oksijenin, kazan borularında korozyon meydana getirmesini önlemektir. Kazan besleme suyuna eklenmesi gereken su miktarının hesabı şu şekilde yapılır [18];

$$m_{ys} = m_b - m_k + m_{BD} \quad (\text{kg/h}) \quad (3.25)$$

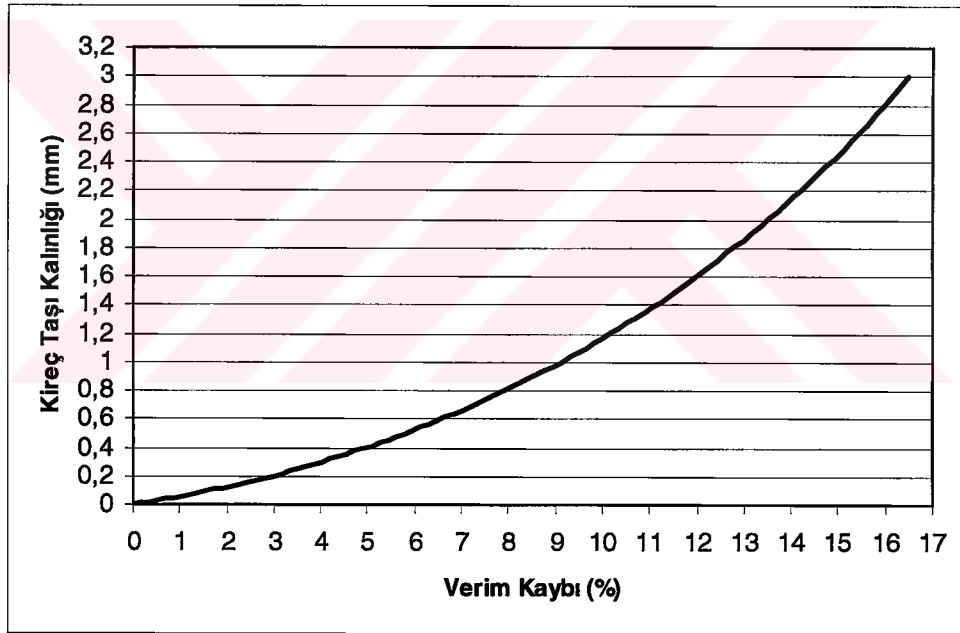
m_b : Üretilen buhar miktarı (kg/h)

m_k : Kondens miktarı (kg/h)

m_{BD} : Blöf ile atılan sıvı miktarı (kg/h)

m_{ys} : Yumuşatma ünitesinden eklenmesi gereken su miktarı (kg/h)

Buhar, kazan içerisindeki buharlaşmada buharlaşan suyun saf kısmıdır. Mineraller ise kazan suyu içerisinde kalarak konsantrasyonun artmasına sebep olur. Bu minerallerin kazan suyu içerisinde artması suyun üst yüzeyinde köpük oluşmasına ve bu köpüğün buhar sistemine kaçmasıyla buhar kalitesinin düşmesine; kazan içerisinde taş oluşturmalarıyla ise ısı veriminin azalmasına, dolayısıyla kazan veriminin düşmesine neden olur (Şekil 3.2)[14]. İşte bu nedenlerle buharlaşma esnasında kazan suyu içerisindeki mineral konsantrasyonunun düzenlenmesi gerekir. Bu düzenleme ise kazan suyunun bir kısmının dışarı atılmasıyla (blöf işlemi) gerçekleştirilir.



Şekil 3.2 : Kazandaki Kireçtaşı Kalınlığına Bağlı Meydana Gelen Verim Kaybı [14]

3.5. Blöf İşlemi

Blöf işlemi, kazan içerisinde meydana gelen buharlaşma esnasında, kazan suyu içerisindeki kirecin ve asılı partiküllerin buhar kalitesini bozmaması ve kazan verimini düşürmemesi amacıyla bu maddeleri ihtiva eden bir kısım kazan suyunun dışarı atılmasıdır.

Kazanda iki çeşit blöf yapılır. Dip blöfü ile kazan suyu içerisindeki çökelmiş maddeler, yüzey blöfü ile buharlaşmanın gerçekleştiği sıvı yüzeyindeki asılı partiküller, çeşitli mineraller ve köpük dışarı atılır. Dip blöfü her 1 saatte birkaç saniye, yüzey blöfü ise kesintili veya sürekli olarak yapılır.

Blöf sistemi ile dışarı atılan su, buharlaşma sıcaklığında kazan suyudur. Bu dışarı atılan su miktarı kadar kazana oranla soğuk besleme suyu pompalandığından bir miktar enerji kaybı söz konusudur. Blöf tipine göre dışarı atılan sıvı miktarları göz önüne alındığında, yüzey blöfü ile daha fazla sıvının atılacağı söylenebilir. Yani yüzey blöfü ile dışarı atılan ısı miktarı daha büyüktür.

Yapılacak blöf miktarı belirlenirken Tablo 3.2’de verilen kazan işletme basıncına bağlı maksimum kazan suyu iletkenliği göz önüne alınmalıdır. Aksi takdirde iletkenliği düşürme adına yapılacak aşırı blöf daha fazla enerjinin dışarı atılması demektir. Blöf ile dışarı atılan bu enerjinin geri kazanılması düşünülmelidir. Öncelikle bu enerjinin ne kadarının geri kazanılabileceği ve kazanılan enerjinin nerelerde kullanımının verimli olacağı saptanmalıdır. Daha sonra bu kullanıma uygun ve bu enerjiyi sağlayabilecek geri kazanım sisteminin seçimi yapılmalıdır. Bu seçim yapılırken öncelikli kriter, sistemin ömrü ve maliyeti olmalıdır. Çünkü bilindiği gibi blöf sonucu elde edilen sıvı çeşitli maddeler içerir. Bu maddelerin sisteme vereceği zarar göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca yüksek maliyetli sistemler geri kazanılacak ısıнын bedeliyle karşılaştırıldığında ekonomik olmaktan çıkabilir.

Tablo 3.2 : Kazan Suyunda Tavsiye Edilen Maksimum İletkenlik Değerleri [14]

Kazan basıncı (bar)	İletkenlik (ppm)
0 – 20	3500
21 – 30	3000
31 – 40	2500
41 – 50	2000
51 – 60	1500
61 – 67	1250
68 – 100	1000
101 – 103	750
134 ve üstü	500

Bilindiği gibi blöf ısısından yoğun olarak şu iki şekilde yararlanılır. Birincisi, bir ısı değiştiricisi yardımıyla başka bir akışkanın ısıtılmasını sağlamak, diğeri ise blöf sıvısının basıncını ani olarak düşürerek sıcak suyun buharlaşmasını sağlayıp oluşan buharın (flaş buhar) tekrar kullanımını sağlamaktır. Bu noktada önemli olan, ne çeşit bir ısıya hangi miktarda ihtiyaç duyulduğunun bilinmesidir.

3.5.1. Blöf ihtiyacının ve blöf işlemi ile kaybolan ısı miktarının belirlenmesi

Blöf işlemi ile dışarı atılan ısı miktarını belirleyebilmek için öncelikle şu verilere sahip olunması gerekir.

- Olması gereken maksimum kazan suyu iletkenliği (Tablo 3.2'den okunabilir)
- Sistemde kullanılan besi suyu sıcaklığı ve iletkenliği
- Blöf sıcaklığı
- Kazanda meydana gelen toplam ısı kayıpları

Bu verileri elde ettikten sonra aşağıdaki formülleri [18] kullanarak blöf sonucu dışarı atılan sıvı miktarı, ısı miktarı ve tüketilen yakıt miktarına bağlı parasal karşılığı hesaplanabilir.

$$BO = \frac{S_f}{S_b} \quad (3.26)$$

S_f : Kazan besleme suyunun iletkenlik değeri (ppm)

S_b : Kazan suyunun iletkenlik değeri (ppm)

$$m_{BD} = BO \times m_b \quad (3.27)$$

BO : Blöf oranı

m_{BD} : Blöf ile atılan sıvı miktarı (kg/h)

m_b : Kazanda üretilen buhar miktarı (kg/h)

Pratikte blöf ile kaybolan ısı miktarı ($Q_{blöf}$) ise blöf miktarı (m_{BD}) ile besleme suyunu işletme basıncına çıkarmak için gerekli duyulur ısı miktarının (Q_{dt}) çarpılmasıyla bulunur.

$$Q_{blöf} = m_{BD} \times Q_{dt} \quad (3.28)$$

Değerlendirme 1:

A tesisinden alınan aşağıdaki bilgilere dayanarak yapılan blöfün miktarı aşağıda hesaplanmıştır:

Besleme suyu iletkenliği : $S_f = 123 \mu\text{S}/\text{cm}^2$

Kazan suyu iletkenliği : $S_b = 5080 \mu\text{S}/\text{cm}^2$

Üretilen buhar miktarı : $m_b = 5400 \text{ kg/h}$

Kondens miktarı : $m_k = 3984 \text{ kg/h}$

Blöf yüzdesi (3.16) nolu eşitlikten;

$$BD = \frac{S_f}{S_b} \times 100 \Rightarrow BD = \frac{123}{5080} \times 100 = 2,42 (\%)$$

Blöf ile atılan sıvı miktarı (3.26) ve (3.27) nolu eşitliklerden;

$$BO = \frac{S_f}{S_b} \Rightarrow BO = \frac{123}{5080} = 0,0242$$

$$m_{BD} = BO \times m_b \Rightarrow m_{BD} = 0,0242 \times 5400 = 130,74 \text{ kg/h}$$

Besleme suyuna eklenmesi gereken yumuşak su miktarı (3.25) nolu eşitlikten;

$$m_{ys} = m_b - m_k + m_{BD} \Rightarrow m_{ys} = 5400 - 3984 + 130,74 = 1546,74 \text{ kg/h}$$

Blöf kaybı hesabı ise 130,74 kg kazan suyunu buharlaşma sıcaklığına getirmek için verilen ısıнын, 5400 kg buhar elde etmek için kazan suyuna verilen ısıya oranı ile bulunur. Bu değerlendirmede 6 bar kazan işletme basıncı için blöf kaybı oranı %0,287 olarak hesaplanmıştır.

Değerlendirme 2 :

Blöf oranı %2,42, sistem basıncı 6 bar olan Değerlendirme 1'deki sisteme blöften ısı geri kazanım sistemi kurarak sağlanabilecek enerji tasarrufu şu şekilde hesaplanabilir:

Sistemin mevcut buhar maliyeti (Ek A) = 33,14 YTL/ton

Tasarruf faktörü (Şekil 3.3'den) = 0,9965

Yeni durumdaki buhar maliyeti = $33,14 \times 0,9965 = 33,02$ YTL/ton

Tasarruf = $0,12$ YTL/ton

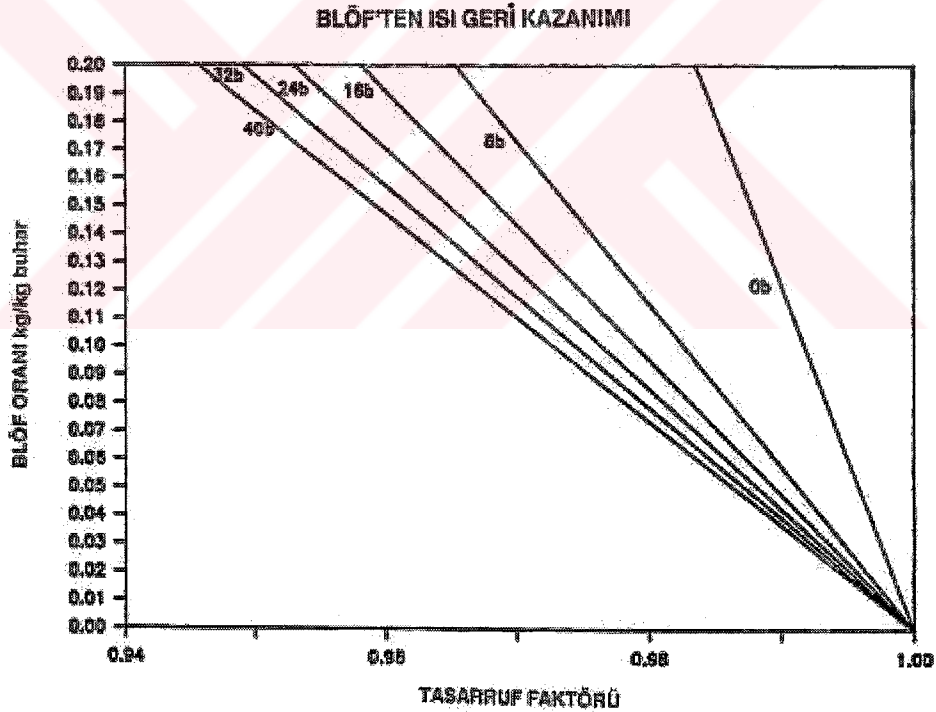
Üretilen buhar miktarı 5400 kg/h ve yıllık çalışma süresi 7200 saat olduğundan saatlik ve yıllık mali tasarruf miktarları ise;

$SMTa = 5,4 \times 0,12 = 0,648$ YTL/h

$YMTa = 0,648 \times 7200 = 4665,6$ YTL/yıl

olmaktadır.

A tesisinde 15 ton/h kapasiteli sistem, $5,4$ ton/h'lık bir üretim yapmaktadır. Yani sistemin kapasitesi ve basıncı, ihtiyaç doğrultusunda artabilir. Bu ise blöf oranına bağlı olarak blöf miktarının da artması yani dışarı atılacak olan enerji miktarının artması demektir. Bu durum, blöften ısı geri kazanım sistemi kurulmasını gerekli kılabilir.



Şekil 3.3 : Blöf Oranı ve Kazan İşletme Basıncına Göre Tasarruf Faktörü [19]

3.6. Kondensatın Değerlendirilmesi

Buhar kazanında üretilen buhar, buhar hattı ile ihtiyaç duyulan noktalara taşınır. Kullanım noktalarında taşıdığı ısıyı bırakan buharın büyük bir kısmı yoğuşur. Bir kısmı ise doymuş buhar olarak sistemde kalır. Buhar kapanları vasıtasıyla buhar ve sıcak su birbirinden ayrılır. Burada elde edilen sıcak su (kondens), yüksek sıcaklıkta basınçlı su olduğundan bir enerjiye sahiptir ve geri kazanımı ekonomik yönden önem taşır. Buradaki geri kazanımın miktarı suyun niteliğine göre değişir.

Eğer prosesten dolayı suda bir kirlenme söz konusu değil ise kondensin bir tankta (kondens tankı) toplanıp kazana besleme suyu olarak döndürülmesiyle kazan verimi artırılabilir. Tabiki bu noktada kondens geri dönüş oranı ve kondens sıcaklığı, kazan verimini arttırmada önemli bir rol oynar. Eğer suda bir kirlenme söz konusu ise bir ısı değiştiricisi yardımıyla başka bir akışkan ısıtılabilir veya temiz su aranmayan yerlerde direkt olarak kullanılabilir. Ancak sanayide en çok tercih edilen yol, kondensin kazana geri döndürülerek tekrar kullanımıdır.

Kondens, buhar hattına paralel bir boru hattı ile taşınır. Kondensat boruları, ısıtma sezonu da göz önüne alınarak maksimum kondensat miktarını taşıyacak şekilde seçilmelidir.

3.6.1 Kondensin besleme suyu olarak kullanımı

Daha önce de bahsedildiği gibi kondens, yüksek sıcaklıkta basınçlı sudur. Bu su, kondens tankında toplanır. Eğer bu tank üzeri açık (atmosfere açık, atmosfer basıncında) bir tank ise basınçlı sıcak su, kondens tankına dökülürken oluşacak basınç farkından dolayı bir buharlaşma olur. Oluşan buhar (flaş buhar), eğer tesiste düşük basınçlı buhara ihtiyaç duyulan bir kullanıcı var ise orada değerlendirilebilir; yok ise yine başka bir akışkanın ısıtılmasında kullanılabilir. Flaş buharın verimli bir şekilde kullanılabilmesi için flaş buhar kullanıcısının flaş buharın elde edildiği noktaya yakın olması gerekir. Çünkü düşük basınçlı buharın taşınabilmesi için büyük çaplı boru kullanılması gerekir. Bu ise hem maliyeti arttırır hem de oluşan ısı kayıpları nedeniyle geri kazanılan enerjinin faydasını da azaltır.

Bir tesiste flaş buhar, özellikle kazan besleme suyunun ön ısıtılmasında, degazör buhar ihtiyacının karşılanmasında ve yakıt olarak fuel oil kullanılıyorsa yakıtın ısıtılmasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu noktada ne kadar flaş buhar elde

edilebileceğini bilmek flaş buharın doğru yerde ve verimli kullanılabilmesi için önemlidir. Kondens tankından atılan flaş buhar oranı (ϵ);

$$\epsilon = \frac{i_k - i_{atm}}{r} \quad (3.29)$$

i_k : Kazan işletme basıncındaki suyun ısı tutumu (kcal/h)

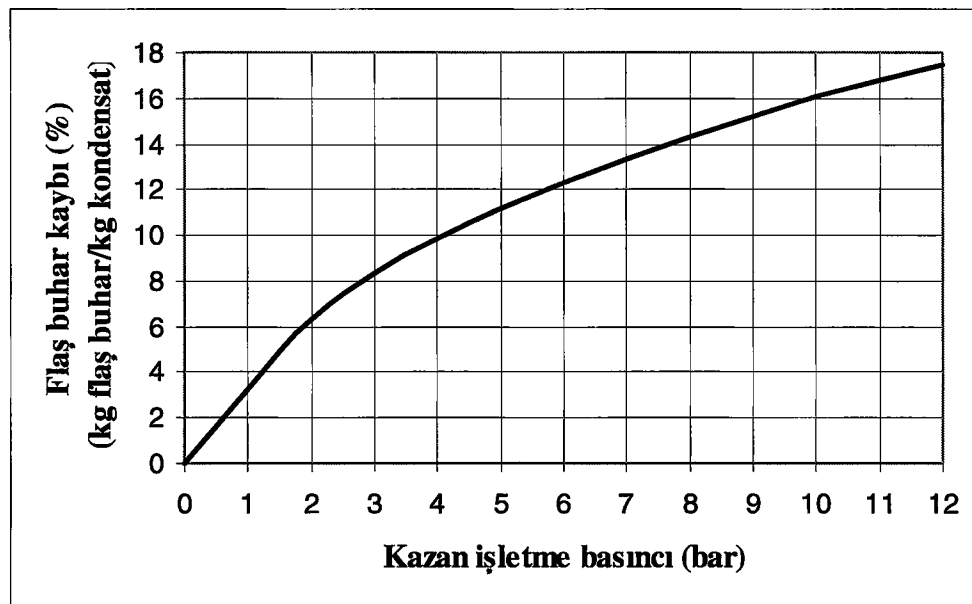
i_{atm} : Atmosfer basıncındaki suyun ısı tutumu (kcal/h)

r : Kazan basıncındaki suyun gizli ısı (kcal/kg)

formülüyle bulunabilir [13]. Bu formülde, aşağıdaki “doymuş su ve buhar tablosu”ndaki değerler (Tablo 3.3’den okunabilir) yerlerine koyularak çeşitli kazan işletme basınçları için kaybolan flaş buhar oranını veren grafik (Şekil 3.4) çizilmiştir.

Tablo 3.3 : Çeşitli Basınçlar İçin Doymuş Su ve Buhar Tablosu

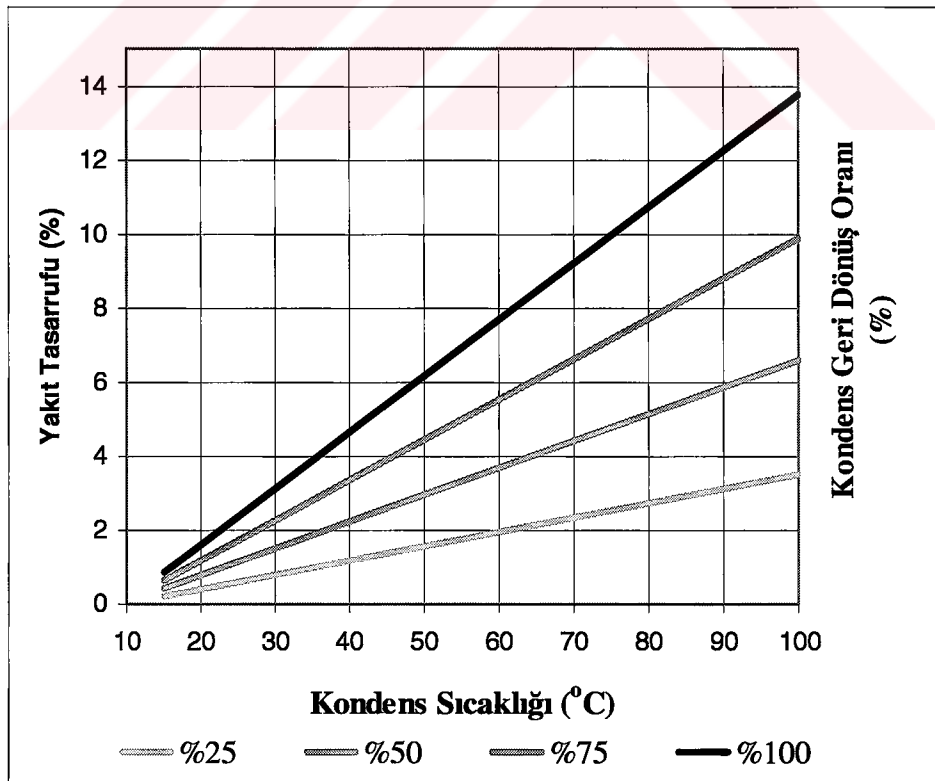
Kazan Basıncı	Sıcaklık	Özgül Hacim		Özgül Kütle	Isı Tutumu		Gizli Isı
P (bar)	T (°C)	V_{su} (m ³ /kg)	V_{buhar} (m ³ /kg)	ρ_{buhar} (kg/m ³)	i_{su} (kcal /kg)	i_{buhar} (kcal /kg)	r (kcal/kg)
0	99,1	0,00104	1,7250	0,5797	99,1	638,5	539,4
2	133,0	0,00107	0,6166	1,6218	133,4	650,3	516,9
4	151,1	0,00109	0,3816	2,6205	152,1	655,8	503,7
6	164,2	0,00111	0,2778	3,5997	165,6	659,1	493,5
8	174,5	0,00112	0,2189	4,5683	176,4	662,0	485,6
10	183,2	0,00113	0,1808	5,5310	185,6	663,9	478,3
12	190,7	0,00114	0,1541	6,4893	193,5	665,4	471,9



Şekil 3.4 : Çeşitli Kazan İşletme Basınçları İçin Kaybolan Flaş Buhar Oranı

Buhar kullanan tesislerde sistem verimi flaş buhar kaybına bağılı olarak azalır, yakıt tüketimi artar. Bunun yanında flaş buhar ile birlikte kaybolan miktar kadar damıtılmış su da dışarı atılmaktadır. Tüm bunlar flaş buharın tesisteki ekonomik değerini göstermektedir.

Kondens tankında toplanan kondens miktarı gerek sistemdeki kaçaklardan dolayı (varsa); gerekse flaş buhar oluşumundan dolayı ilk anda yoğunlaşan kondens miktarından daha azdır. Dolayısıyla eksilen miktar kadar su ilave etmek gerekir. Eklenen su, düşük sıcaklıkta olduğundan karışımın sıcaklığı da düşecektir. Kazana besleme suyu olarak gönderilecek olan bu karışım, degazörde buhar ile ısıtılarak hem içindeki çözünmüş oksijenden arındırılır hem de kazana daha yüksek sıcaklıkta besleme suyunun girmesi sağlanarak buharlaşma için gerekli ısı miktarı da azaltılmış olur. Ayrıca kazan baca çıkışına yerleştirilen bir ekonomizör vasıtasıyla degazörden çıktuktan sonra ve kazana girmeden önce besleme suyu sıcaklığı tekrar arttırılarak kazanda buharlaşma için verilen ısı miktarının biraz daha azaltılması sağlanabilir. Bunun yanında baca gazı ısının bir kısmının kazan besleme suyuna verilmesiyle baca gazı sıcaklığının düşürülmesi de sağlanacağından toplam sistem veriminde bir artma, yakıt tüketiminde bir azalma görülecektir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Kondens Geri Dönüş Oranı ve Sıcaklığına Bağlı Yakıt Tasarruf Oranı[14]

Buraya kadar bahsedilen kondens tankı, açık çevrim kondens sisteminde kullanılan atmosfere açık kondens tankıdır. Bir diğer kondens sistemi ise kapalı çevrim kondens sistemidir. Burada tahmin edileceği gibi kondens tankı kapalı yani basınçlıdır. Bu sistem daha çok, düşük basınçlı buhar (flaş buhar) ihtiyacının olmadığı veya az miktarda olduğu yada bu flaş buhardan elde edilecek ısıнын çok yetersiz olduğu tesislerde tercih edilir. Az miktarda düşük basınçlı buhar ihtiyacının olduğu tesislerde açık kondens tankı tercih etmek yanlıştır. Çünkü oluşacak olan flaş buharın bir kısmı tesiste kullanıldıktan sonra kalan kısmı dışarı atılacaktır ve enerji kaybı söz konusu olacaktır. Eğer çok miktarda düşük basınçlı buhar ihtiyacı duyuluyorsa flaş buharın tamamı kullanılıp yetersiz olan miktar kadar buhar, kazandan by-pass edilip basıncı düşürülerek kullanılabilir [20].

Kapalı çevrim kondens tankı kullanımının avantajları ise şöyle sıralanabilir [13];

1. Besleme suyu pompasının enerji tüketimi daha az olur. Bilindiği gibi açık sistemde besleme suyu pompası atmosfer basıncındaki suyu alır kazan basıncına sıkıştırarak pompalar. Kapalı sistemde ise kondens tankı basınçlı olduğundan emme basma basınç farkı az olduğu için enerji tüketimi daha azdır.
2. Kapalı sistemde kondens tankı basınçlı olduğu için açık sistemde basınç farkından dolayı görülen flaş buhar oluşumu burada görülmez. Dolayısıyla besleme suyu kaybı, sadece sistem kaçaklarından meydana geldiği için çok daha azdır. Bu da besleme suyu maliyetlerini azaltır.
3. Kapalı kondens tankında toplanan kondensin sıcaklığının yüksek olması nedeniyle kazana beslenen besi suyu, açık sisteme göre daha yüksek sıcaklıkta girecek ve buharlaştırmak için kazanda daha az ısı verilecektir.

Kazanda suya verilmesi gereken duyulur ısı miktarı [13];

$$Q_{dt} = m_b \times (i_k - i_{atm}) \quad (3.30)$$

$$i_{bs} = (\epsilon \times i_{ys}) + [(1 - \epsilon) \times i_{atm}] \quad (3.31)$$

$$Q_{dt} = m_b \times (i_k - i_{bs}) \quad (3.32)$$

Q_{dt} : Duyulur ısı miktarı (kcal/h)

m_b : Üretilen buhar miktarı (kg/h)

i_k : Kazan işletme basıncındaki suyun ısı tutumu (kcal/kg)

i_{atm} : Atmosfer basıncındaki suyun ısı tutumu (kcal/kg)

i_{ys} : İlave edilecek suyun sıcaklığına bağlı ısı tutumu (kcal/kg)

i_{bs} : Kazan besleme suyunun (kondens + ilave su) ısı tutumu (kcal/kg)

Besleme suyu pompasının tükettiği enerji miktarı;

$$P_p = \frac{(P_k - P_{atm}) \times m_b}{\eta_p \times 3600} \quad (3.33)$$

P_p : Pompanın tükettiği güç (kW)

P_k : Kazan işletme basıncı (mSS)

P_{atm} : Atmosfer basıncı (mSS = 0)

η_p : Pompa verimi

Değerlendirme :

A tesisindeki buhar üretimi 6 bar basınçta ve 5400 kg/h buhardır. Açık kondens tankı kullanılmakta ve buhar hattında yoğunlaşan kondens %40 verimli bir pompayla kondens tankına basılmaktadır. Açık kondens tankı yerine kapalı kondens tankı kullanıldığında elde edilecek tasarruflar şu şekilde hesaplanmıştır:

i_k : Kazan işletme basıncındaki suyun ısı tutumu = 165,6 kcal/kg (Tablo 3.3)

i_{atm} : Atmosfer basıncındaki suyun ısı tutumu = 99,1 kcal/kg (Tablo 3.3)

i_{bs} : İlave edilecek suyun sıcaklığına bağlı ısı tutumu =20 kcal/kg (20°C sıcaklık için Tablo 3.3'den)

$$\epsilon = \frac{165,6 - 99,1}{539,4} = 0,12 \quad ; \quad \text{Yani \%12 flaş buhar kaybı var}$$

Flaş buhar kaybı = 0 olsaydı;

$$Q_{d1} = m_b \times (i_k - i_{atm}) = 5400 \times (165,6 - 99,1) = 359.100 \text{ kcal/h}$$

olurdu. %12 flaş buhar kaybı için Q_{d1} 'yi hesapladığımızda;

$$i_{bs} = (\varepsilon \times i_{ys}) + [(1 - \varepsilon) \times i_{atm}] = (0,12 \times 20) + [(1-0,12) \times 99,1] = 89,6 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{dt} = m_b \times (i_k - i_{bs}) = 5400 \times (165,6 - 89,6) = 410.400 \text{ kcal/h}$$

bulunur. Kondensin açık kondens tankına pompalanması için tüketilen güç;

$$P_p = \frac{(P_k - P_{atm}) \times m_b}{\eta_p \times 3600} = \frac{(60 - 0) \times 5400}{0,40 \times 3600} = 225 \text{ kW}$$

iken kapalı kondens tankı kullanıldığında ;

(Kondens tankında basınç, kayıp ve kaçaklar nedeniyle 4 bar kabul edilmiştir.)

i_k : 4 bar basıncındaki suyun ısı tutumu = 152,1 kcal/kg (Tablo 3.3)

i_{bs} : İlave edilecek suyun sıcaklığına bağlı ısı tutumu = 20 kcal/kg (20°C sıcaklık için

Tablo 3.3'den)

$$\varepsilon = \frac{165,6 - 152,1}{503,7} = 0,02 \quad ; \quad \text{Yani \%2 flaş buhar kaybı var}$$

Flaş buhar kaybı = 0 olsaydı;

$$Q_{dt} = m_b \times (i_{atm} - i_k) = 5400 \times (165,6 - 152,1) = 72.900 \text{ kcal/h}$$

olurdu. %2 flaş buhar kaybı için Q_{dt} 'yi hesapladığımızda;

$$i_{bs} = (\varepsilon \times i_{ys}) + [(1 - \varepsilon) \times i_k] = (0,02 \times 20) + [(1-0,02) \times 152,1] = 149,46 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{dt} = m_b \times (i_{atm} - i_{bs}) = 5400 \times (165,6 - 149,49) = 86.994 \text{ kcal/h}$$

olurdu. Kondensin kapalı kondens tankına pompalanması için tüketilen güç;

$$P_p = \frac{(60 - 40) \times 5400}{0,40 \times 3600} = 75 \text{ kW}$$

olarak hesaplanır. Bu durumda elde edilecek olan toplam kazançlar Tablo 3.4'de verilmiştir (Yakıt alt ısı değeri = 8078 kcal/kg, doğalgaz birim fiyatı = 0,4188 YTL/kg, elektrik birim fiyatı = 0,114 YTL/kWh'tir).

Tablo 3.4 : Kapalı Kondens Tankı Kullanımı İle Elde Edilecek Kazançlar

	Açık Kondens Tankı	Kapalı Kondens Tankı	Kapalı Kondens Tankı Kazanç Oranı	Saatlik Yaklaşık Kazanç Miktarı
Flaş buhar kaybı	%12	%2	%10	540 kg.buhar / h
Kazandaki duyulur ısı ihtiyacı	410.400 kcal/h	86.994 kcal/h	%79	40,04 kg. yakıt / h (16,77 YTL / h)
Besi suyu kaybı	%12	%2	%10	540 kg. su / h
Pompa enerji tüketimi	225 kW	75 kW	150 kW	17 YTL / h

3.6.2. Kondenstopların önemi

Kondenstoplar, kondensatın sistemden otomatik olarak ayrılması için kullanılan ekipmanlardır. Sistemin en alt kısmına monte edilirler. Dolayısıyla içerisine yabancı madde dolması kaçınılmazdır. Temizlenmeyen bu yabancı maddeler, buharın tam olarak tutulamamasına yani kondenstopun görevini tam olarak yerine getirememesine neden olurlar.

Kapalı konumda bozulan kondenstoplar tesisin buhar sarfiyatını düşürecek ve düşük sıcaklıkta yaş buhar mevcut olacaktır. Açık konumda bozulmuş bir kondenstopta kondens yerine taze buhar da boşaltılabilir. Bazen kondens flaş buhara dönüşebilir ve oluşan buhar, kondensin geçişine engel olur. Bu nedenle buhar tasarrufu sağlayan ve tesis verimliliği üzerinde etkisi olan bu elemanların periyodik olarak bakımı yapılmalıdır [14].

Pratikte en sağlıklı çalışan kondenstoplarda bile kondens suyu ile birlikte sürüklenen buhar miktarı kondens miktarının %4'ü kadardır. Bu oran bakımsız, arızalı ve/veya uygun seçilmemiş olan kondenstoplar ile daha da artmaktadır [21].

Kondenstoptaki buhar kaçakları ile ilgili bazı değerler Tablo 3.5'de 6 bar işletme basıncı için hazırlanmıştır. Tabloda belirtilen ısı kaybı değeri yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında elde edilmiştir [20]. Yakıt kaybı miktarı ise ısı kaybı miktarının yakıtın alt ısı değeri miktarına bölünmesi ile bulunur.

Tablo 3.5 : Kondenstop Buhar Kaçaklarından Meydana Gelen Kayıplar [20]

Kondenstop buhar kaçaklarından meydana gelen kayıp				
Kondenstop çapı	Kondenstoplardaki ortalama orifis çapı	6 bar için		
		Buhar kaybı	Isı kaybı (Q_K)	Yakıt kaybı
DN 15	3.0 mm	17 kg/h	10.800 kcal/h	Q_K / H_u
DN 20	5.0 mm	48 kg/h	30.845 kcal/h	Q_K / H_u
DN 25	7.5 mm	110 kg/h	77.142 kcal/h	Q_K / H_u
DN 40	10.0 mm	195 kg/h	129.600 kcal/h	Q_K / H_u
DN 50	12.5 mm	305 kg/h	205.632 kcal/h	Q_K / H_u

Değerlendirme :

Yapılan hesaplamalar sonucunda A tesisindeki buhar sisteminde 768 kg/h'lik bir buhar kaybı olduğu hesaplanmıştır. Bu buhar kaybının vana, flanş gibi çeşitli bağlantı elemanları, olası arızalı buhar kapanları ve tesisattan uygun şekilde ayrılmamış veya kullanılmayan hatlardaki vanalardan gerçekleşebileceği tahmin edilmektedir. Yapılan kontroller sonucunda net bir sonuç çıkmamakla birlikte 6 bar basınçlı buhar tesisatında bulunan üç adet DN15 (3mm orifis çapına sahip) ve bir adet DN25 (7,5mm orifis çapına sahip) kondensstoplarda kaçak olduğu tespit edilmiştir. Bu kaçakların tesise maliyeti hesaplanmış ve Tablo 3.6'da verilmiştir.

($H_u = 8078$ kcal/kg, Yıllık çalışma süresi = 7200 saat)

Tablo 3.6: A Tesisi İçin Kondenstop Buhar Kaçaklarından Olan Kayıplar

Kondenstop buhar kaçaklarından meydana gelen kayıp				
Kondenstop çapı	Adet	6 bar için		
		Buhar kaybı	Isı kaybı	Yakıt kaybı
DN 15	3	$17 \times 3 = 51$ kg/h	$10.800 \times 3 = 32.400$ kcal/h	4,01 kg/h
DN 25	1	$110 \times 1 = 110$ kg/h	$77.142 \times 1 = 77.142$ kcal/h	9,55 kg/h
TOPLAM		161 kg/h	109.542 kcal/h	13,56 kg/h

Kondenstoptaki buhar kaçağından dolayı yıllık yakıt kaybı bedeli;

Yıllık Yakıt Kaybı Bedeli = Yakıt kaybı x Yakıt birim fiyatı x Yıllık çalışma süresi

Yıllık Yakıt Kaybı Bedeli = $13,56$ kg/h x $0,4188$ YTL/ kg x 7200 h = $40.888,3$ YTL

olarak elde edilmiştir.

3.7. Baca Gazı Sıcaklığının Düşürülmesi

Buhar kazanında buhar üretmek için gerekli ısı, yakıtın yanması sonucu oluşan gazlardan elde edilir. Yanma sonucu oluşan yüksek enerjili gazlar, sahip oldukları enerjinin büyük bir kısmıyla suyu buharlaştırdıktan sonra nispeten düşük ama önemli denebilecek bir enerjiyle bacadan atmosfere atılırlar. Atmosfere atılan baca gazının sıcaklığı arttıkça dışarı atılan enerjinin miktarı da artar. Bu durumda kazan veriminde bir azalma olur.

Baca gazı sıcaklığı, baca gazlarının yoğuşamayacağı sıcaklık değerine kadar düşürülebilir. Eğer bacada baca gazları yoğuşursa asit oluşumu sebebiyle korozyona ve kuruyup katılaşarak baca çapının daralmasına sebep olabilirler. Bu duruma daha çok katı ve sıvı yakıt kullanımında rastlanır, gaz yakıtlarda bu durum söz konusu olmadığından baca gazı sıcaklığı gaz yakıtlı sistemlerde olabildiğince düşürülebilir.

Baca gazı sıcaklığını düşürmedeki temel amaç verimi arttırmaktır. Baca gazında normal gaz sıcaklığının üzerine çıkan her 17°C 'lik artış verimlilikte yaklaşık olarak %1'lik düşüşe sebep olmaktadır [14]. Baca gazı sıcaklığının yüksek olmasındaki nedenler ısı transfer yüzeylerinin yetersiz oluşu ve ısı transfer yüzeyinde oluşan kirliliklerdir. Bu nedenle alev ve duman boruları ile diğer ısı değişim yüzeylerinin temizliği bacadan dışarı atılan enerjinin azaltılmasında büyük önem taşımaktadır.

Baca gazından meydana gelen diğer ısı kayıpları ise yakıtın niteliğinden ve yakma sisteminden kaynaklanır. Yakıt içerisinde bulunan nem, yanma sonucunda su buharı olarak bir kısım enerjinin dışarı atılmasına sebep olur. Ayrıca yakıt tipine göre değişik oranlarda karbon ve hidrojen içeren yakıtların yanma sonucu baca gazında oluşturdukları kurum ve cüruf miktarları da farklıdır. Bilindiği gibi baca gazındaki kurum ve cüruf da baca gazı kaybına neden olur. Bu nedenle kullanılacak yakıt seçilirken kimyasal kompozisyonunun iyi bilinmesi gerekir.

Yakma işleminin fazla havayla yapılması yani gereğinden fazla oksijenin sisteme verilmesi, faydalı ısının bacaya taşınmasına sebep olur. Dolayısıyla fazla hava oranı ayarlanarak hem faydalı ısının bir kısmının bacadan atılması önlenir, hem de baca gazı sıcaklığı düşürülerek yakıt tasarrufu sağlanabilir.

Bacadan atılan ısı miktarı [13] ;

$$Q_{\text{baca}} = V_{\text{baca}} \times (T_g \times c_v) \quad (3.34)$$

$$V_{\text{baca}} = B_y \times V_{H^*y} \quad (3.35)$$

$$c_v = (-2,95 \times 10^{-11} \times T_g^3) + (3,45 \times 10^{-08} \times T_g^2) + (7,76 \times 10^{-05} \times T_g) + 0,322757 \quad (3.36)$$

Q_{baca} : Bacadan atılan ısı miktarı (kcal/h)

V_{baca} : Duman gazı hacmi (Nm^3/h)

B_y : Tüketilen yakıt miktarı (kg/h)

T_g : Baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

c_v : Baca gazı sıcaklığındaki duman gazı özgül ısınma ısısı ($\text{kcal}/\text{Nm}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}$)

V_{H^*y} : Yanma sonucu oluşan özgül duman gazı hacmi , aşağıdaki uygun formül ile hesaplanacaktır ($\text{Nm}^3/\text{kg. yakıt}$)

$$\text{Katı yakıt özgül duman gazı hacmi : } V_{Hky} = 0,0014H_u + 1,86 \quad (3.37)$$

$$\text{Sıvı yakıt özgül duman gazı hacmi : } V_{Hsy} = 0,00180556H_u - 4,25 \quad (3.38)$$

$$\text{Gaz yakıt özgül duman gazı hacmi : } V_{Hgy} = 0,00138889H_u + 0,0278 \quad (3.39)$$

H_u = Yakıt alt ısı değeri (kcal/kg)

3.7.1. Ekonomizör kullanımı

Ekonomizörler bacaya verilen duman gazının enerjisinin (bir kısmının) geri kazanılmasında kullanılan ısı değiştiricileridir. Gazdan sıvıya veya gazdan havaya ısı iletimi sağlanarak duman gazlarının sahip olduğu ısı enerjisi ile hem bu akışkanların sıcaklığı arttırılmış hem de baca gazının sıcaklığı düşürülmüş olur. Elde edilen daha doğrusu geri kazanılan enerji ile sanayide çoğunlukla kazan besleme suyunun ön ısıtılması ve tesiste ihtiyaç duyulan sıcak suyun elde edilmesi (ısıtma, yıkama, banyo vs. amaçlı kullanımlar için) sağlanır. Bu şekilde aynı kapasite için daha az yakıt tüketimi veya aynı yakıt tüketimi ile daha fazla kullanılabilir ısı üretimi sağlanarak kazan ve dolayısıyla sistem verimi arttırılmış olur.

Ekonomizör ile geri kazanılan enerji miktarı [13]:

$$Q_{eko} = V_{baca} \times (T_1 \times c_{v1} - T_2 \times c_{v2}) \quad (3.40)$$

$$c_v = (-2,95 \times 10^{-11} \times T_g^3) + (3,45 \times 10^{-08} \times T_g^2) + (7,76 \times 10^{-05} \times T_g) + 0,322757$$

T_{g1} : Ekonomizörsüz baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

T_{g2} : Ekonomizör sonrası baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

c_{v1} : “ T_{g1} ” sıcaklığındaki duman gazı özgül ısınma ısısı ($\text{kcal/Nm}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$)

c_{v2} : “ T_{g2} ” sıcaklığındaki duman gazı özgül ısınma ısısı ($\text{kcal/Nm}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Değerlendirme :

Tesiste yapılan incelemelerde, kullanılan ekonomizörün ekonomik olarak kullanılmadığı yetkililerce savunulmuştur. A tesisindeki mevcut durum için aşağıdaki bilgiler verilmiştir. Yeni ve uygun bir ekonomizör kullanılması ile şu sonuçlar elde edilebilir;

Kullanılan yakıt : Doğal gaz ($H_u = 8078 \text{ kcal/kg}$)

Baca gazı sıcaklığı : 165°C

Tüketilen yakıt : $570,36 \text{ m}^3/\text{h}$

Yıllık çalışma saati : 7200

Yakıtın birim fiyatı : $0,4188 \text{ YTL / kg}$

Bacadan atılan ısı miktarı sırasıyla (3.39), (3.35), (3.36) ve (3.34) nolu eşitliklerden

$$V_{Hgy} = 11,24 \text{ (Nm}^3/\text{kg yakıt)}$$

$$V_{baca} = 570,36 \times 11,24 = 6410,8 \text{ (Nm}^3/\text{h)}$$

$$c_v = 0,336 \text{ (kcal/Nm}^3\text{ }^{\circ}\text{C)}$$

$$Q_{baca} = V_{baca} \times (T_g \times c_v) = 6410,8 \times (165 \times 0,336) = 355.415 \text{ kcal/h} = 44 \text{ kg. yakıt /h}$$

Eğer uygun bir ekonomizör kullanılarak baca gazı sıcaklığı 110°C 'a düşürülebilirse, ekonomizör ile kazanılan enerji miktarı (3.36) ve (3.39) nolu eşitliklerden;

$$c_{v1} = 0,336 \text{ (kcal/Nm}^3\text{ }^{\circ}\text{C)}$$

$$c_{v2} = 0,331 \text{ (kcal/Nm}^3\text{ }^{\circ}\text{C)}$$

$$Q_{eko} = 6.410,8 \times (165 \times 0,336 - 110 \times 0,331) = 122.048 \text{ kcal/h } (\%34 \text{ kazanç})$$

$$\text{Kazanılan ısıdan dolayı yapılan yakıt tasarrufu} = Q_{eko} / H_u = 15,11 \text{ kg/h}$$

olarak hesaplanmıştır. Tesisin yıllık çalışma süresi 7200 saat ve yakıt birim fiyatı 0,4188 YTL/kg olduğuna göre elde edilecek yıllık yakıt tasarrufu miktarı (YYTa) ve bu tasarruftan dolayı sağlanabilecek yıllık mali tasarruf (YMTa);

$$YYTa = 15,11 \times 7200 = 108.792 \text{ kg /yıl}$$

$$YMTa = 108.792 \times 0,4188 = 45.562 \text{ YTL}$$

olmaktadır.

3.8. Atık Suyun Değerlendirilmesi

Isı üretimi ve tüketimi yapılan bir tesiste, dışarı atılması tamamen önlenemeyen bir enerji her zaman vardır. Bu enerji sıvı ve gazlarla dışarı atılır. Tam olarak önlenemese de çeşitli atık ısı geri kazanım sistemleri ile kaybolan bu enerji azaltılabilir.

Tekstil sanayinde önemli denebilecek miktarda atık su oluşmaktadır. Bu miktar büyük oranda ürüne, prosese ve işletme koşullarına bağlı olarak değişmesine rağmen birim yükler dikkate alındığında, az su kullanılan proseslerde atık su miktarı genelde 10 m³/ton kumaş değerinin altında, dokunmuş kumaş son işlemleri için 50-300 m³/ton kumaş aralığında yer almaktadır; yünlü kumaş son işlemleri bu aralığın alt sınırına yakın, örgü kumaş son işlemleri ise orta ve üst sınıra yakın değerler civarında atık su üretmektedir. Atık su oluşturan prosesler ve bazı prosesler için tüketilen su miktarlarına ait değerler sırasıyla Tablo 3.7 ve Tablo 3.8’de gösterilmiştir [22].

Tablo 3.7: Alt Kategorilere Göre Atık Su Oluşturan Prosesler [22]

Alt Kategoriler	Atık Su Oluşturan Prosesler
Yapağı Yıkama	Yıkama, durulama
Yün Son İşlemleri	Boyama, ağartma, yıkama, durulama, karbonizleme ve yıkama, dinkleme ve yıkama
Dokunmuş Kumaş Son İşlemleri	Haşıl sökme, pişirme-yıkama, merserizasyon-yıkama, ağartma-yıkama, boyama-yıkama, basma, apre-ikmal
Örgü Kumaş Son İşlemleri	Yıkama, pişirme-ağartma, boyama, basma, apre-ikmal
Açık Elyaf ve İplik Son İşlemleri	Boyama, ağartma, merserizasyon, yıkama
Halı Son İşlemleri	Boyama veya baskı, kurutma, lateks kaplama
Dokusuz Yüzeyle Kumaş Üretimi	Yapıştırma
Keçeleştirilmiş Kumaş Üretimi	Durulama
Az Su Kullanılan İşlemler	Haşılama
Koza İşleme ve Doğal İpek Üretimi	Pişirme, ipek çekimi, ağartma, boyama, yıkama, avivaj

Tablo 3.8: Bazı Proseslerdeki Ortalama Su Kullanım Miktarları [22]

Proses	Su Tüketimi (lt/kg kumaş)
Pamuk boyama + ilk ve son arıtım	90,0
Pamuk/Sentetik orta renk tonunda + ilk ve son arıtım	150,0
Pamuk/Reyon (suni ipek) boyama; basma, tekne, direkt	70,0
Pamuk/Sentetik ıslak hazırlama sürekli temizleme	2,5
Pamuk/Sentetik ıslak hazırlama sürekli ağartma	2,5
Pamuk/Sentetik ıslak hazırlama sürekli haşıl sökme	2,4

Atık ısının geri kazanılabilirliği, atık suyun miktarı ve sıcaklığı ile orantılıdır. Isı geri kazanımının ekonomik olabilmesi için atık su miktarı en az 30 ton/saat olmalıdır. Ayrıca atık suyun drenaj hattına, sıcak ve soğuk atık suyun tek bir kanalda toplanarak verilmesiyle değil ayrı ayrı kanallarda toplanarak verilmesiyle atık ısıdan geri kazanılacak olan miktar daha fazla olacaktır. Çünkü karışım sonucunda atık su sıcaklığı düşeceğinden (40-45°C) ısı geri kazanımı verimli olmayacaktır. Bunun yanında atık ısı geri kazanımını verimli kılan diğer bir parametre ise işletmenin 24 saat çalışması ve su kullanımının sürekli olması gerekliliğidir [23].

Tekstil sektöründe ısı enerjisi yoğun olarak ıslak proseste kullanılır. Islak proses, boyama, ağartma, kimyasal muamele ve yıkama işlemlerini içerir. Sudan suya ısı eşanjörleri, sıcaklıkları 40°C ile 100°C arasında bulunan sıcak akışkanlardan ısı geri kazanılmasında etkilidirler. Sudan suya ısı geri kazanım sistemlerinin pek çoğu gelen soğuk suyun ön ısıtılması için geri kazanılmış ısıyı kullanırlar. İhtiyaç duyulan proses sıcaklığı ilave buhar veya gaz ısıtması ile sağlanır. Böylece sağlanan enerji tasarrufu direkt olarak buhar ve gaz tüketimindeki azalmaya karşılık gelir [24]. Zira geri kazanılan enerji doğrudan kurutma havası veya suyun ısıtılmasında kullanıldığından, bu ısıtma için gerekli buharın eldesi, dağıtımı ve enerjisinin aktarılması sırasındaki kayıplar da ortadan kalkmış olmaktadır.

Atık ısı geri kazanım sistemini seçerken, atık ısının nereden kaynaklandığı, miktarı ve nerede değerlendirileceği göz önüne alınmalıdır. Çünkü ısı geri kazanım uygulamalarının atık ısı kaynağına yakın olması geri kazanılan enerjiden maksimum yarar sağlar. Ayrıca seçilecek olan sistemin düzenli bir şekilde işletilmesi ve yüksek verimli oluşu, yapılan yatırım masraflarının kısa sürede karşılanabilmesi için belirleyicidir.

Isı geri kazanım sisteminde kullanılan eşanjörün tipi çok önemlidir. Özellikle tekstil sektöründe plakalı ısı eşanjörü, borulu eşanjörlere göre daha çok tercih edilir. Bunun sebebi ise aynı debideki aynı akışkan arasındaki sıcaklık farkı plakalı ısı eşanjöründe 5°C'ye kadar düşürülüyorken borulu tiplerde bu fark 15°C'ye kadar düşürülebilmektedir. Ayrıca bakım ve temizlik süresi kısadır. Unutulmamalıdır ki tekstil sanayinde üretilen atık su içerisinde elyaf, pamuk ve imalat atıkları bol miktarda bulunmaktadır ve filtrelenerek atılmaları gerekir. Filtreleme ise geri kazanım için oldukça büyük bir problemdir. Bu nedenle eşanjör bakım ve temizlik süresindeki kısalık bir tercih sebebidir. Plakalı eşanjörün diğer bir avantajı ise oldukça hafif ve küçük hacim kaplamasıdır. Ayrıca atık su miktarı arttırıldığında yalnızca plaka ilavesi ile artan kapasite karşılanmış olur [12].

Plakalı eşanjör kullanımı ile 35m³/saat'ten az olmamak kaydıyla 70°C atık su üreten bir tesis ortalama 2,5 ayda ilk yatırım bedelini ödeyebilir [23].

Isı eşanjörü kullanarak kazanılan enerji miktarının hesabı şu şekilde yapılmaktadır:

$$Q_{AS} = m_{AS} \times c_p \times \Delta t \quad (3.41)$$

Burada;

Q_{AS} : Atık suyun ısısı (kcal/h)

m_{AS} : Atık suyun debisi (kg/h)

Δt : Atık suyun eşanjöre giriş çıkış sıcaklıkları arasındaki fark (°C)

ile gösterilmiştir. Atık suyun ısısı kadar ısı elde etmek için yakılması gereken yakıt miktarı B_y ise;

$$Q_{AS} = H_u \times B_y \quad (3.42)$$

$$B_y = Q_{AS} / H_u$$

şeklinde hesaplanır (H_u : kcal /kg olarak yakıt alt ısı değeri) .

Tekstil sektöründe sıcak akışkan ile soğuk akışkan arası sıcaklık maksimum 5-10°C civarı olmaktadır [23]. Plaka sayısını arttırmak gerektiğinden bu değer daha fazla küçültülemez. Bu ise temizliği zorlaştırır.

Isınan taze su çıkış sıcaklığı;

$$Q_{AS} = m_{TS} \times c_p \times \Delta t \quad (3.43)$$

$$\Delta t = (T_{tç} - T_{tg}) \quad (3.44)$$

dir. Burada;

$T_{tç}$: Taze su çıkış sıcaklığı (°C)

T_{tg} : Taze su giriş sıcaklığı (°C)

m_{TS} : Isıtılan taze suyun debisi (kg/h)

dir. Isı değiştiricilerinde alınan ısı, verilen ısıya eşit olduğundan ($m_{AS} = m_{TS}$) taze su çıkış sıcaklığı;

$$T_{tç} = (Q_{AS} / m_{TS}) + T_{tg} \quad (3.45)$$

eşitliği ile bulunur.

Değerlendirme :

A tesisindeki yaş bölümde çeşitli üretim proseslerinde oluşan atık su miktarları ve diğer bilgiler Tablo 3.9'da verilmiştir [Ek A].

Tablo 3.9: A Tesisinde Yıkama Proseslerinde Oluşan Atık Su Miktarları [Ek A]

	Proses	Günlük İşlem (kg kumaş)	Oluşan Atık su Miktarı (m ³)
1	Kasar, Boyama, Yıkama	7350	73,5
2	Optik Kasar, Yıkama	1470	14,7
3	Yıkama	980	9,8
	TOPLAM	9800	98

Tesiste sıcak ve soğuk atık sular karıştırılarak atık su havuzuna dökülmektedir. Eğer sıcak atık sular ayrı kanallarla toplanırsa sıcak su havuzunda toplanacak olan yüksek sıcaklıktaki sudan daha fazla ısı geri kazanılabilecektir. Burada ısı geri kazanımı havuz içerisine yerleştirilen bir ısı değiştiricisiyle olabileceği gibi yaygın olarak kullanılan bir yöntem olan boya makinası çıkışına yerleştirilen ters akışlı bir ısı değiştiricisi sistemiyle makinaya beslenen taze suyun ısıtılması şeklinde de olabilir.

Tablo 3.9’da verilen 1 nolu proses işlemleri içerisinde, 75-85°C sıcaklıkta yapılan sıcak durulama işleminden sonra kullanılıp atılan sıcak suyun ters akışlı bir ısı değiştiricisinden geçirilerek bir sonraki işlem olan 60°C’te yapılan nötralizasyon işlemi için 15°C’teki şebeke suyunun ısıtılmasında yararlanarak ve 75-85°C’te yapılan ikinci sıcak durulama işleminden sonra kullanılıp atılan suyun bir sonraki işlem olan 90-95°C sıcaklıkta yapılan sabunlama işleminde kullanılacak olan yine 15°C’teki şebeke suyunun ısıtılmasında yararlanarak bir ısı tasarrufu yapmak mümkündür. Buna göre 1 kg. kumaş için yapılacak tasarruf şu şekilde hesaplanabilir.

Daha önce tekstil sanayinde kullanılan atık sudan ısı geri kazanımı sağlayan ısı eşanjörlerinde iki akışkan arası sıcaklığın maksimum 5-10°C olabileceği belirtilmişti. Yapılan hesaplamalarda bu fark 15°C olarak alınmıştır. Buna göre ilk sıcak durulama işleminden sonra atılan sıcak sudan 60°C (75°C - 15°C = 60°C) sıcaklıkta su elde etmek mümkündür. Her bir işlem için aynı debide su kullanıldığından ısıtılan şebeke suyu direkt olarak makineye gönderilip kullanılabilir. Aynı durum ikinci sıcak durulama işleminden sonra yapılan sabunlama işlemi için de geçerlidir. Ancak elde edilecek sıcaklık 60°C (75°C - 15°C = 60°C) olup işlem 90°C’te sıcak su ile yapıldığı için sıcaklığı 60°C’tan 90°C’a çıkarmak için buhardan yararlanılmalıdır.

Isı değiştiricisi kullanmadan 15°C’teki şebeke suyunu 75°C’a çıkarmak için;

$$Q = m_s \times c_p \times \Delta t$$

ana denklemden yararlanarak ($m_s = 10\text{kg.su/kg-kumaş}$; $c_p = 1\text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ alınmıştır)

$$Q = 10 (\text{kg su/kg kumaş}) \times 1 (\text{kcal/kg}^\circ\text{C}) \times (75-15)(^\circ\text{C}) = 600 \text{ kcal/kg kumaş}$$

ısıya ve yine 15°C’teki şebeke suyunu 90°C’a çıkarmak için;

$$Q = 10 (\text{kg su/kg kumaş}) \times 1 (\text{kcal/kg}^\circ\text{C}) \times (90-15)(^\circ\text{C}) = 750 \text{ kcal/kg kumaş}$$

ısıya ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır. Yani toplamda “1.Proses”de 1 kg kumaş için 1350 kcal ısıya ihtiyaç duyulmaktadır. Günlük ısı ihtiyacı ise;

$$1350 \times 7350 = 9.922.500 \text{ kcal/gün}$$

dür. Kullanılacak olan ısı değiştiricisi ile birinci sıcak durulama işleminden sonra atılan sıcak suyun ısısı ile nötralizasyon işlemi için gerekli ısının tamamı elde edilebilecektir. İkinci sıcak durulama işleminden sonra ise 60°C’a çıkartılan şebeke suyunun 90°C’a çıkarılması için ise buhar kullanılacaktır. Bu işlem için gerekli ısı ihtiyacı;

$$Q = 10 \text{ (kg su/kg kumaş)} \times 1 \text{ (kcal/kg}^\circ\text{C)} \times (90-60)(^\circ\text{C)} = 300 \text{ kcal/kg kumaş}$$

dir. Yani günde

$$300 \times 7350 = 2.205.000 \text{ kcal/gün}$$

ısı ihtiyacı söz konusu olacaktır. Bu durumda günlük ısı tasarruf miktarı;

$$9.922.500 - 2.205.000 = 7.717.500 \text{ kcal/gün}$$

olup, normalde bu ısıyı elde etmek için tüketilen buhar miktarı (m_b);

$$Q = m_b \times r_b$$

ana denklemden ($r_b = 6$ bardaki buharın gizli ısı; Tablo 3.3'den $r_b = 493 \text{ kcal/kg}$)

$$7.717.500 = m_b \times 493,5 \Rightarrow m_b = 15.638,3 \text{ kg/gün}$$

bulunur. Buharın hesaplanan maliyeti, 33,14 YTL/ton olduğundan [Ek A]; elde edilecek tasarrufun bedeli;

$$15,6383 \times 33,14 = 518,25 \text{ YTL/gün}$$

olacaktır.

Diğer bir geri kazanım imkanı ise sıcak ve soğuk atık suların ayrı kanallarla ayrı havuzlarda toplanıp, sıcak atık su havuzunda toplanan sudan ısı geri kazanımı sağlamak olabilir. Mevcut durum şu şekildedir;

Ortalama sıcak atık su miktarı : 98m³/ gün

Ortalama sıcak atık su sıcaklığı : 57 °C

Soğuk su sıcaklığı : 15°C

Eğer sıcak ve soğuk su ayrı kanallarla taşınırsa 1 günde taşınan suyun sıcaklığı ve miktarı;

20°C'de 39,2 m³ soğuk su ve 81,6°C'de 58,8 m³ sıcak su olur [Ek A]

Bu durumda işletmede sıcak suya ihtiyaç duyulan kullanma suyu, kazana gönderilecek olan 15°C sıcaklıktaki yumuşak suyun ön ısıtılması amacıyla, su boruları sıcak su havuzundan geçirilerek ihtiyaç duyulan yerlere taşınabilir ve böylelikle bu ısıdan da geri kazanım sağlanmış olur.

A tesisinde kazana gönderilen yumuşak suyun ön ısıtılması sağlanırsa ($m_{ys} = 1546,74 \text{ kg/h}$); nolu denklemden elde edilen her 1°C sıcaklık arttırımı için gerekli ısı

miktarları, aşağıda hesaplanan 1 kg. yakıttan elde edilen ısı miktarına bölünerek gerekli olan yakıt miktarı bulunmuştur. Bulunan değerler yakıtın birim fiyatı olan 0,4188 YTL/kg ile çarpılarak, yumuşak suyun arttırılabileceği sıcaklık değerleri için sağlanacak tasarruf miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplardan elde edilen değerler Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

1 kg. yakıttan elde edilen ısı miktarı;

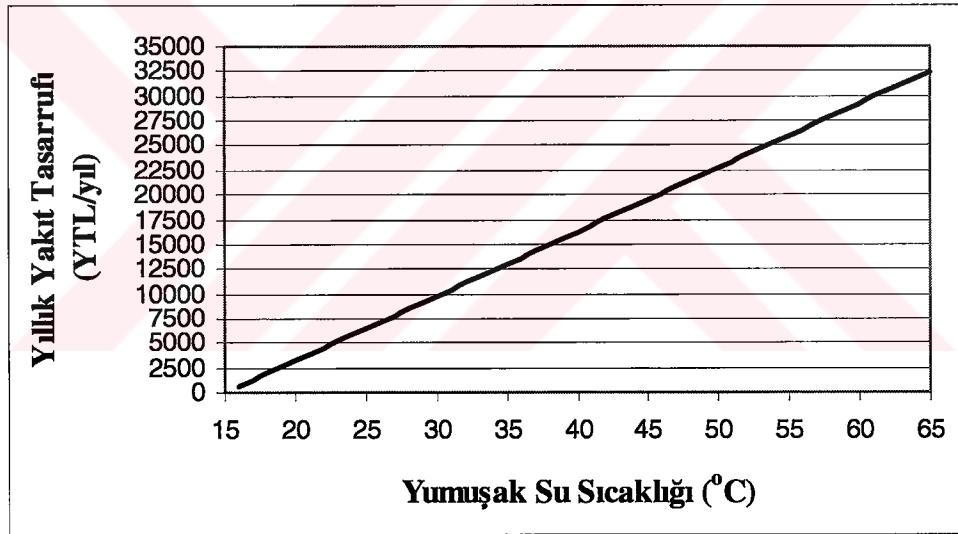
$$H_u \times \eta_k = 8078 \times 0,89 = 7181,3 \text{ kcal/kg}$$

Burada;

H_u : Yakıt alt ısı değeri (kcal/kg)

η_k : Kazan verimi

dir.



Şekil 3.6: Kazana Gönderilen Yumuşak Su Sıcaklığına Bağlı Yakıt Tasarrufu

Şekil 3.6'da da görüldüğü gibi mevcut 57°C'lik havuzdan boru yardımıyla yumuşatılmış suyun geçirilmesi ile 45°C'a çıkarılabilecek bir sıcaklık ile yaklaşık 20.000 YTL/yıl ve ayrı havuzlarda biriktirilen atık su için, sıcak olan atık su havuzundan (yaklaşık 80°C) yumuşatılmış su geçirilerek suyun sıcaklığı 65°C'a çıkarılabilir. Bu durumda da yaklaşık 30.000 YTL/yıl'nin üzerinde bir tasarruf sağlanabilir.

3.9. Atık Kurutma Havasından Isı Enerjisinin Geri Kazanılması

Bir proseste atık sıcak gazlar fırın, kurutma sistemleri gibi çeşitli yerlerden çıkmaktadır. Özellikle kurutuculardan çıkan sıcak ve nemli hava, kurutucuya giren soğuk ve temiz havanın ön ısıtılmasında, suyun veya diğer akışkanların ısıtılmasında kullanılabilir. Burada önemli olan atık sıcak gazların ekonomik bir şekilde ve direkt olarak değerlendirilebileceği kullanım yerlerinin saptanmasıdır.

Özellikle tekstil sanayinde yoğun olarak kullanılan kurutucularda ısı geri kazanımı, ya kurutucudan çıkan havanın direkt kullanımı yada çeşitli ısı geri kazanım sistemleri ile sağlanmaktadır. En çok tercih edilen yöntem, eğer egzost havasındaki nem miktarı kurutma hızını etkilemeyecek ve içinde kirletici bulunmayacaksa bir kısmının direkt olarak girişe beslenmesidir. Eğer çıkış havasında fazla nem veya kirletici bulunuyorsa o zaman çeşitli ısı değiştiricileri ile atık ısıdan faydalanılabilir. Sanayide bu amaca yönelik yoğun olarak reküperatörler ve rejeneratörler kullanılır.

Reküpereatörler genellikle yanma için gerekli havayı ön ısıtmak amacıyla sıcak atık gazlardan ısı aktarımını sağlayan ısı değiştiricilerdir. Reküperatörlerde ısıtılacak hava ve baca gazları ayırdılır. Bir fabrikaya bu sistem uygulanacaksa genelde fabrikanın yüksek sıcaklıklarda ve tam kapasitede çalışması ve sisteme yüksek atık gaz sıcaklığı sağlaması gereklidir. Proses sıcaklıkları ve kirletme gibi faktörlerin reküperatörlerin kullanımını engellediği durumlarda rejeneratörler kullanılır. Rejeneratörler metal veya refraktörlerin kullanıldığı bir ısı transfer ortamına sahip döngüsel ısı değiştiricileridir. Bu ortam belli bir zaman süresince sıcak atık gazlarla ısıtılır, ön ısıtılacak soğuk hava daha sonraki belirli bir zaman boyunca sıcak ortamdan geçerek bu ortamın ısınısını alır. Ortam değişken olarak atık sıcak gazlarla ısıtılır ve yanma havası ile soğutulur [25].

Tekstil sanayinde kurutuculara yerleştirilen bu eşanjörler kurutucunun ya dışına (ekstern) yada içine (entegre) monte edilirler. Ekstern ısı eşanjörleri genellikle tasarruf elde etmek amacıyla daha sonradan satın alınıp kurutucuya monte edilen sistemlerdir. Bu sistemlerde temiz hava giriş ve atık hava çıkış kanallarının yan yana pozisyonda bulunup, dışarıya karşı iyi bir şekilde izole edilmiş olması gerekmektedir. Hem kurutucuya temiz hava göndermek, hem de kurutucudan temiz hava emmek için iki ayrı vantilatöre gerek vardır. Entegre ısı eşanjörler ise kurutucu üretimi yapan firma tarafından, üretim esnasında kurutucunun içine yerleştirilen

tasarruf amaçlı sistemlerdir. Entegre sistemler; temiz hava kanalına gerek duymaması, ek bir temiz hava vantilatörü gerektirmemesi, kurutucu üzerinde ek bir yüksekliğe ihtiyacının olmaması ve yatırım giderlerinin daha düşük dolayısıyla kendini geri ödeme süresinin daha kısa olması nedeniyle daha çok tercih edilirler [12].

Bu sistemlerde sağlanan enerji tasarrufu miktarı; ısı verim derecesi ve atık havadaki nem miktarına bağlı olarak değişmektedir. Tesisin sıcaklık verim derecesi ise, tesisin yapısal özelliklerine ve bu tesiste ısıtılacak temiz hava kütlesinin atık hava kütlesine oranına bağlı olarak değişmekte olup,

$$\eta_{\text{ısı}} = \frac{t_{hç} - t_{hg}}{t_{ah} - t_{hg}} \quad (3.44)$$

$\eta_{\text{ısı}}$ = Isıl verim derecesi

$t_{hç}$ = Eşanjörden çıkan temiz havanın sıcaklığı (°C)

t_{hg} = Eşanjöre giren temiz havanın sıcaklığı (°C)

t_{ah} = Eşanjöre giren atık havanın sıcaklığı (°C)

formülüyle hesaplanmaktadır. Isıl verim genellikle %60-75 arasında değişen bir değerdir [12].

3.10. Isı Yalıtımı

Endüstriyel tesislerde yapılan ısı yalıtımı temelde, işletmede bulunan proses ekipmanlarından ve yapılardan olan kayıpların azaltılması veya bu sistemlere olan ısı transferlerinin azaltılması amacıyla yapılır. Ayrıca ısı yalıtımı ile işletme içerisinde uygun yüzey sıcaklık değeri sağlanarak hem çalışanların güvenliği hem de yoğunlaşmanın önlenmesi gerçekleştirilmiş olur. Ayrıca hava hareketlerinin düzenlenmesi, ısıtmanın ve soğutmanın kontrollü olarak yapılabilmesinin sağlanması ile iklimlendirme ve havalandırmaya da katkı sağlar.

Seçilecek olan yalıtım malzemelerinde şu özellikler göz önünde bulundurulmalıdır;

- Değişik işletme sıcaklıklarına dayanım,
- Fiziksel mukavemet,

- Basma mukavemeti,
- Mekanik mukavemet,
- Zararlı emisyon yaymama,
- Yanma direnci,
- Korozyon etkilere dayanım,
- Yalıtım kalınlığı ve ağırlığı,
- Kimyasal etkilere karşı direnç [14].

Fabrikalarda yalıtım uygulamaları; tesis yalıtımı, boru sistemlerinin yalıtımı ve bina yalıtımı olarak yapılmaktadır. Burada tesis yalıtımından kasıt kazan dairesi, tank, kanal, baca ve fırın yalıtımı gibi yüksek sıcaklık uygulamalarıdır.

Tesis yalıtımında amaç, gürültünün, terlemenin, donmanın, aşırı ısınmanın önüne geçerek enerji tasarrufu yanında tesisin işletme güvenliğini de sağlamaktır. Bunun için her amaca uygun çeşitli tip ve kalınlıkta yalıtım malzemesi piyasada mevcuttur. Burada önemli olan amaca hitap edecek uygun malzemeyi seçip doğru bir şekilde montajını yapmaktır. Çünkü tesis yalıtımında diğer yalıtım uygulamalarında olduğu gibi değişiklik yapmak oldukça zordur.

Tekstil sanayinde özellikle iplik üretimi ve dokuma proseslerinde yüksek iç sıcaklık (28-30°C) ve yüksek iç neme (iplik için %50-55 ve dokuma için %80-85) ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüksek nem oranına bağlı olarak üretim bölümlerinde iç hava içerisindeki su buharının soğuk yüzeylerde yoğunlaşması nedeniyle bir terleme sorunu ortaya çıkmaktadır. İplik fabrikasında (30°C iç sıcaklık ve %55 nem) yüzey sıcaklığı +19,9°C'nin ve dokuma fabrikasında (30°C iç sıcaklık ve %85 nem) yüzey sıcaklığı +27,5°C'nin altına düştüğünde yüzeyde bir terleme olmaktadır [2]. Bu amaçla, A tesisinde sağlanan değerler 28-30°C iç sıcaklık ve %55-60 nem oranı şeklindedir.

Tesis içerisinde oluşan terlemenin önüne geçebilmek için ya iç havayı bir fanla dışarı atmak, ya iç sıcaklığı arttırmak yada terleme görülen yüzeylerin sıcaklığını ısı yalıtımıyla arttırmak gerekir. Fan ile hava tahliyesi ve iç sıcaklığın artırılabilmesi için sürekli bir enerji tüketimi gerekmektedir. Dolayısıyla bu önlemler ekonomik değildir. Sadece ilk yatırım maliyeti gerektiren ısı yalıtımı uygulamalarının ekonomik olabilmesi için doğru şekilde uygulanmış ve yeterli miktarda yalıtım malzemesi kullanılmış olması gerekir.

Isı yalıtımı yaparken iç ortamdaki yüksek neme bağlı su buharının yalıtım malzemesi içerisine sızıp ısı iletkenliği bozmaması gerekir. Dolayısıyla yalıtım malzemesi seçimi kadar montajı da önemlidir. Yalıtım kalınlığı belirlenirken ise terleme oluşumuna sebebiyet veren yüzey sıcaklığını yeteri kadar yükseltebilecek kalınlık seçilmelidir.

Boru yalıtımı uygulamasında ise vana ve flanşlar dahil olmak üzere tüm boruların kaçakları önlenerek uygun yalıtım malzemeleri ile izolasyon yapılmalıdır. Burada vana ve flanş yalıtımı üzerinde önemle durulmalıdır. Çünkü yalıtılmamış bir flanştan olan ısı kaybı, bağlı bulunduğu aynı çaptaki 0,5 m uzunluğundaki yalıtımsız bir borudan olan ısı kaybına eş değerdir. Ayrıca yalıtılmamış bir vanadan olan ısı kaybı ise, aynı çapta ve 2,5 m uzunluğundaki yalıtımsız bir borudan olan ısı kaybına eş değerdir [14]. Bunun yanında özellikle boruların sabitlenmesi için kullanılan ekipmanlarla boru ve duvar-tavan arasında bir ısı köprüsü oluşturulmamalıdır. Bunun için yalıtım sırasında bağlayıcı ve destekleyici elemanlar ile boru arasında bir izolasyon yapılmalıdır.

Bina yalıtım uygulamalarında ise yalıtım malzemesi yönetmeliklerde belirtilen ısı iletim katsayılarına göre belirlenir ve uygulama zorunluluğu da bulunmaktadır. Eğer iyi bir bina yalıtımı uygulaması başarıyla gerçekleştirilirse kış aylarında ısı kaybı az olacağından ısıtma sisteminin, yaz aylarında ise güneşin etkisiyle oluşan ısı kazançlarının etkisi azalacağından soğutma sisteminin kapasitesi düşecek dolayısıyla bir tasarruf sağlanacaktır [14].

Unutulmamalıdır ki nereye yalıtım yapılırsa yapılsın bir yalıtım uygulamasının başarılı olabilmesi için, doğru ve yeterli miktarda malzeme kullanılarak uygun teknik ile yalıtım yapılmalıdır.

3.10.1. Yalıtım ceketinin kullanımı

Yalıtım ceketleri, sıcak boru hatları üzerindeki vana ve pislik tutucularda oluşan ısı kayıplarını en aza indirmek, soğutma hatlarında ise yoğuşmayı önlemek için yanmaz cam elyaf kumaş veya seramik kumaş arası taşıyıcı veya kauçuk izolasyon malzemeleri kullanılarak imal edilirler. Yalıtım ceket malzemeleri ile bazı izolasyon malzemeleri Tablo 3.10'da gösterilmiştir.

Yalıtım ceketleri defalarca sökülüp takılabilmek, dar alanlarda kullanılabilmek ve yakıt buharı, yağ, su ve zayıf asitlere dayanıklı olma özellikleri nedeniyle diğer boru

izolasyonu esnasında kullanılan izolasyon malzemesi ve tekniklerine göre daha uzun ömürlü ve daha yüksek ısı kazancı sağlayan bir izolasyon ekipmanıdır [16].

Yalıtım ceket, kullanılacağı vana ve flanş boyutuna göre özel olarak üretildiklerinden, boşluksuz tam bir yalıtım sağlamaktadırlar. Dolayısıyla uygun yalıtım ceketini seçerken öncelikle vana, flanş tipi ve boyutuna dikkat edilmeli daha sonra ise kullanım sıcaklığı dikkate alınarak uygun izolasyon malzemesi ve izolasyon kalınlığı belirlenmelidir.

Tablo 3.10 : Bazı Yalıtım Ceket Malzemeleri [16]

Kumaş		Sürekli Kullanım Sıcaklığı
Tek yüzü silikon kaplı cam elyafı kumaş		230°C
Çift yüzü silikon kaplı cam elyafı kumaş		230°C
Alüminyum tozu pigmente edilmiş poliüretan kaplı cam elyafı kumaş		600°C
Seramik elyaf kumaş çelik tel takviyeli		1200°C
İzolasyon Malzemesi	Kullanım Sıcaklığı	İzolasyon Kalınlığı
Rabitz teline dikili taş yünü sanayi şiltesi	700°C	40 mm
Seramik elyaf battaniye	1260°C	25 mm
Elastomerik kauçuk köpüğü	-40/105°C	19 mm

3.11. Toplam Sistem Verimi

Bir buhar sisteminin toplam verimi, o buhar sistemini meydana getiren tüm elemanların her birinin veriminin birbirleriyle çarpılmasıyla bulunur. Tipik bir buhar sisteminde şu elemanlar bulunur [14]:

- Buhar üretici (Buhar kazanı veya buhar generatörü)
- Buhar hattı, vana, flanş, buhar kapanı, izolasyon malzemesi.
- Kondensat dönüş hattı, kondensat tankı, pompa, izolasyon malzemesi.

Toplam sistem verimi şöyle bulunur [14] ;

$$\eta_{sis} = \eta_k \times \eta_{bh} \times \eta_{tük} \times \eta_{pr} \quad (3.44)$$

η_{sis} : Toplam sistem verimi

η_k : Kazan verimi

η_{bh} : Buhar hattı verimi (buhar kaçakları ve yüzey kayıplarından sonra)

$\eta_{tük}$: Buhar tüketicisi verimi

η_{pr} : Proses yüzey kayıplarına bağlı verim

Yukarıdaki formülden (3.44 nolu eşitlik) de anlaşılacağı gibi sistem elemanlarının herhangi birinin veriminde sağlanan bir artış, toplam sistem verimini büyük oranda etkiler. Bir buhar sisteminde asıl enerji verimliliği en başta yani doğru sistem seçimi ve yeterli boyutlandırmaların yapılmasıyla sağlanır. Kazan seçimi yapılırken tesisin mevcut buhar ihtiyacının ne kadar olduğu, kısa ve orta vadede ne kadar buhara ihtiyaç duyulabileceği göz önüne alınmalıdır. Seçilen kazanda buhar, en son buhar tüketicisinin ihtiyaç duyduğu basınçta üretilmelidir. İhtiyaçtan daha yüksek basınçta buhar üretilirse hem fazla yakıt tüketilecek hem de yüzeyden, artan basınçtan dolayı buhar kaçırarak noktalardan ve yükselen bacagazı sıcaklığından dolayı enerji kayıpları da artacaktır.

Doğru kazan ve basınç seçimi yapıldıktan sonra diğer önemli nokta ise buhar borularının dizaynıdır. Bu boruların dizaynı yapılırken; buhar basıncı, buhar tüketicilerinin ihtiyaç duyduğu buhar miktarı, ileride gelebilecek ek buhar yükleri ve buhar borularındaki genleşmeler dikkate alınmalıdır. Bunları kısaca açıklamak gerekirse; olması gerekenden daha küçük çapta seçilmiş buhar boruları, gereken miktar ve basınçta buharı son tüketiciye ulaştıramazlar. Ayrıca buhar hızı da artacağından borularda aşınmalara sebep olacaktır. İleride gelecek ek yükler de düşünülerek gereğinden fazla seçilmiş daha büyük çapta borular ise boru maliyetinin artmasına, artan yüzey alanı nedeniyle daha fazla ısı transfer olmasına ve dolayısıyla daha fazla buharın yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Diğer bir önemli parametre olan genleşme de sistem emniyeti açısından dikkate alınmalıdır.

4. TEKSTİL SANAYİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ İLE İLGİLİ ENERJİ TASARRUF OLANAKLARI

Bir işletmede elektrik enerjisi ile ilgili tasarruf çalışmalarına başlarken öncelikle elektrik enerjisinin nerelerde, hangi zamanlarda, ne miktarda kullanıldığı tespit edilmelidir. Daha sonra işletme belirli bölgelere ayrılarak, her bölgede bulunan enerji tüketen ekipmanların kurulu gücü ve çektikleri anlık güçler belirlenmelidir. Böylelikle oluşturulacak tasarruf hedeflerinin sonuçlarını daha net görmek ve sağlanabilecek tasarruf miktarları hakkında bir öngörude bulunabilmek mümkün olacaktır. Bu bölümde de üçüncü bölümde olduğu gibi bazı anlatımları somutlaştırmak amacıyla B Tesisi'nin* verilerinden yararlanılarak çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

4.1. Doğru Enerji Tarifesinin Seçilmesi

Ülkemizde elektrik satınalımında tek terimli tarife ve çift terimli tarife olmak üzere iki çeşit tarife uygulanmaktadır. İşletmede tarife seçimi yapılırken öncelikle işletmenin kurulu gücü belirlenmeli daha sonra saatlik elektrik enerjisi tüketimleri ve özel bir sayaç ile demand gücü ölçülmelidir. Burada zaman çok önemlidir. Günün hangi zamanında ne kadar tüketim yapıldığı kesinlikle bilinmelidir.

4.1.1. Tek Terimli Tarife

Bu tarifede müşterinin aktif enerji tüketimi ölçülür. Ölçülen kWh cinsinden tüketim miktarı, elektriğin kWh'inin bedeli ile çarpılmak suretiyle tüketiciye fatura edilir. Müşteri eğer isterse gündüz, gece ve puant dönemleri için ayrı ayrı belirlenen çok zamanlı tarife uygulanır. Bunun için müşteri çok zamanlı ölçüm sayacı tesis etmelidir. Çok zamanlı tarifelerde tüketilen elektrik enerji bedeli aşağıdaki üç değişik saat döneminde ayrı ayrı özel bir sayaç tarafından ölçülür ve üç ayrı bedel olarak hesaplanır. Tüketilen aylık elektrik enerji bedeli ise bu üç ayrı bedelin toplanmasıyla bulunur.

* B Tesisi hakkında detaylı bilgiler Ek B'de verilmiştir.

Çok zamanlı tarifelerin uygulanması bakımından;

Puant dönemi : Saat 17.00-22.00

Gece dönemi : Saat 22.00-06.00

Gündüz dönemi : Saat 06.00-17.00

arasındaki dönemdir.

4.1.2. Çift Terimli Tarife

Faturalandırmada iki parametre gözetilir.

1. Aylık Elektrik Enerjisi Tüketimi
2. Demand Gücü

Bu iki parametre için ayrı ayrı ücretlendirme yapılır. Müşteri faturasına bu iki ayrı ücretlendirmenin toplamı yansır. Demand gücü, özel sayaç tarafından sürekli ölçülen anlık güçler arasında hafızaya alınan maksimum anlık güçtür. Kısaca müşterinin fatura döneminde çekmiş olduğu maksimum anlık elektrik enerjisi gücüdür. Bu tarifiede müşteri demand gücünü sözleşmede belirtir ve sözleşmedeki demand gücü üzerinden bedel ödenir

Demand gücü, en yüksek tüketim miktarına göre yapılan sözleşme gücü karşılığı kW miktarı üzerinden hesaplanarak demand gücü bedeli olarak müşteriden alınır.

Çift terimli tarifieden elektrik enerjisi alacak müşteri, çekilen gücün en yüksek anlık değerinin belirlenmesi için demandmetreli sayaç monte etmek zorundadır. Tek terimli tarifiede olduğu gibi çift terimli tarifiede de müşterinin isteği üzerine çok zamanlı tarife uygulanabilir. Çift terimli tarifieden enerji alan ve sözleşme gücü 0,7 MW (dahil) ve daha fazla olan aboneye çok zamanlı tarife uygulanır [26].

Tek veya çift terimli tarife sınıfındaki değişiklik, özel sebepler dışında hiçbir zaman yılda iki defadan fazla olamaz. Çift terimli tarifieden enerji alan ve sözleşme gücünde değişiklik yapacak olan müşteri, bir yıl içerisinde en fazla dört defa güç değişikliği talebinde bulunabilir [26].

Ülkemizde sanayi kuruluşları için elektrik satınalımında TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi) tarafından uygulanan 2005 yılı tarifi Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Tedaş Sanayi Elektriği 2005 Tarifesi [27]

	Aktif Enerji (YTL/kWh)	Tarife Dönemi (YTL/kWh)			Güç (YTL/kW)	Güç Aşımı (YTL/kWh)	Reaktif Enerji (YTL/kVArh)
		17-22	22-06	06-17			
Çift Terimli Tarife							
Kalkınmada Öncelikli İller	0,096	0,147	0,056	0,091	5,843	8,765	0,048
Diğer iller	0,102	0,163	0,056	0,097	6,250	9,375	0,051
Tek Terimli Tarife							
Kalkınmada Öncelikli İller	0,112	0,184	0,058	0,106			0,056
Diğer iller	0,119	0,202	0,058	0,113			0,059

4.2. Talep Yönetiminin Sağlanması

Elektrik tüketimi zamana bağlı olarak değişen işletmelerde elektrik yükünü yayarak mali tasarruf yapmak mümkündür. Bu ise işletmede iyi bir yük (talep) yönetimi sağlamakla mümkündür. Çift terimli tarifeye göre elektrik satın alan işletmelerde maksimum tüketimin ne zaman yapıldığını bilmek, o andaki pik tüketimi yayarak sözleşme gücünün aşılmasını önler. Bilindiği gibi pik talep aşıldığında kW başına ek bir ücret ödenmektedir. Bu nedenle pik yükün aşılması sağlanmalıdır. Bunun için belirli aralıklarla tüketilen enerjiyi kaydetmek gerekir. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre pik tüketimin ne zaman yapılacağı bilineceğinden o anda acil ihtiyaç duyulmayan enerji tüketiciler kapatılarak aşırı tüketimin önüne geçilmiş olur. Pik yükün aşılp aşılmadığı ise tesise bağlanan bir demandmetre ile belirlenir.

Bu anlamda diğer bir önlem ise makinaların çektikleri güç değerlerine bağlı olarak, kullanılan çift terimli tarifenin dönemsel fiyatlarına göre üretimi kaydırıp, temizlik ve bakım saatlerini ayarlayarak ucuz elektrik bedeli döneminde tüketimin yapılmasını sağlamaktır.

Pratik öneriler;

- Özellikle pamuk ipliği üretimi yapılan tesislerde kullanılan makinalarda (özellikle unlap makinaları) bir de fan bulunmaktadır. Bu fan üretim esnasında oluşan tozların toplanmasında kullanılır. Birçok makinede bu fan motorları ana motordan bağımsız olarak çalışır. Yani makina durduğunda bile fanlar çalışmaya devam eder. Fan motorlarının ana motorla eş zamanlı olarak çalışması sağlanmalıdır.

- Fan devirlerinin makine ihtiyacından fazla olduğu durumlarda ihtiyacı karşılayabilecek değere düşürülmelidir.
- Makinalardaki duruşlar enerjinin pahalı olduğu puant ve gündüz dönemine kaydırılmalıdır.
- Genellikle hafta sonları ve gündüz döneminde yapılan genel temizlik ve genel bakım işleri nedeniyle çoğu işletmede üretim puant dönemi ve gece dönemine kayar. Bu ise enerjinin pahalı olduğu dönemde tüketim yapmak demektir. Bunun yerine temizlik ve bakım işleri (makinaların durdurulması) gündüz döneminden puant dönemine kaydırılırsa tüketim de enerjinin ucuz olduğu döneme kayacağından bir mali tasarruf sağlanacaktır.

4.3. Reaktif Güç Kompanzasyonu

Mevcut aktif gücün görünür güce oranına “güç faktörü” adı verilir. Elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisi iletilmekte, dağıtmakta ve son aşamada yükler tarafından kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi tüketen makine ve cihazların çoğu endüktif karakteristli olduklarından, gerçekte kendilerine gerekli aktif gücün yanında bir miktarda reaktif güç çekerler. Bu güç, enerji üreten santrallerdeki makinalardan itibaren transformatör, enerji nakil hatları gibi bütün devre elemanlarını yükleyerek ondan tam kapasiteyle faydalanmasına engel olur. Ayrıca gerilim düşümüne de yol açar. Özellikle düşük yükte çalışan motorlarda güç faktörü oldukça düşüktür. Bütün bunlara rağmen reaktif güç, işletmelerde gerekli olmaktadır. Düşük güç faktörünü dengelemek için şebekeden dinamik veya statik faz kaydırıcıları ile kapasitif güç verilerek endüktif güç dengelenmeye çalışılır. Elektrik enerji sisteminin en iyi koşullarda çalıştırılması için reaktif gücün, gereksinim duyulan noktaya en yakın yerde üretilmesinin faydası çoktur. Tüketicilerin çalışmaları sırasında şebekeden çektikleri endüktif reaktif gücün, kapasitif güç çekmek suretiyle özel bir reaktif güç üreticisi tarafından dengelenmesine reaktif güç kompanzasyonu denir ve genelde kondansatör adı verilen statik faz kaydırıcısı kullanılarak sağlanır [14, 28, 29].

Reaktif güç kompanzasyonunun üretici ve tüketici açısından faydaları şu şekilde özetlenebilir:

Üretici açısından bakıldığında; sistemin kapasitesi artar, ısı kayıpları azalır ve gerilim düşümü azalır. Tüketici açısından bakıldığında ise; kayıplar azalır, gerilim azalır ve reaktif enerji bedeli ödenmemiş olur [28,29].

Bir işletmede kompanzasyon genel olarak üç şekilde yapılır.

1. Bireysel Kompanzasyon

Bu tür kompanzasyonda her motor, lamba veya transformatör kendine bağlı belli güçte kondansatör ile tek tek kompanse edilir. Bu tip bir kompanzasyonda gerektiği kadar kondansatör devreye girdiğinden aşırı kompanzasyon söz konusu değildir. Bunun yanında her bir cihaza ayrı bir kondansatör gerekeceğinden maliyetler fazladır [14,28,29].

2. Grup Kompanzasyonu

Aynı anda devrede olan ekipmanların gruplandırılarak her bir gruba kondansatör bağlanmasıyla yapılan bir kompanzasyondur. Grup elemanlarından biri yada birkaçı devreden çıktığında aşırı kompanzasyon görülebilir. Bunu önlemek için kondansatör gruplarına anahtarlama yapılması gerekir [14,28,29].

3. Merkezi Kompanzasyon

Merkezi ayar düzeneğiyle, çok sayıda bulunan ve değişik zamanlarda devreye girip çıkan tüketicilerin, reaktif güç gereksinimlerine uygun olarak kondansatörlerin devreye sokulup çıkarılmasıdır [28,29].

Satın alınan elektrik faturalandırılırken sistemden çekilen (endüktif) veya sisteme aşırı kompanzasyon sonucu verilen (kapasitif) reaktif enerji miktarı da göz önünde bulundurulur. Tesiste bulunması zorunlu olan ölçü aletleri ile ölçülen endüktif ve kapasitif reaktif enerji miktarları belirli sınırlar içerisinde kalmalıdır. Eğer bu sınırlar aşılsa reaktif güç de faturalandırılarak bir ceza olarak müşteriden alınır. Faturalandırma, reaktif enerji tarifesi uygulanarak yapılır. Ülkemizde EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) tarafından belirlenen ve 1 Ocak 2004 tarihinden itibaren geçerli olan “Perakende Satış Tarifesi Usul ve Esasları”nda yer alan “Reaktif Enerji Tarifesi” özetle şu şekildedir [26]:

Abone, çekeceği (endüktif) reaktif enerjinin ölçülmesi için gerekli ölçü aletlerini tesis etmek zorundadır. Sistemden çekilen (endüktif) reaktif enerjiyi ölçen düzeni olmayan aboneden, o dönemde çektiği aktif enerjinin 0,90 katı reaktif enerji bedeli

alınır. Çekilen reaktif enerjiyi ölçmek üzere gerekli ölçü aletlerini tesis eden aboneden, çektiği aktif enerjinin 0,33 (dahil) katına kadar reaktif enerji bedeli alınmaz. Bu sınır aşılsa, çekilen reaktif enerjinin tamamına (endüktif sayaçta ölçülen değer) reaktif enerji tarifi uygulanır. Kompanzasyon sistemi bulunan işletmelerde, aşırı kompanzasyon sonucunda sisteme vereceği reaktif (kapasitif) enerjiyi ölçmek için 1 adet geri dönmesiz reaktif (kapasitif) enerji sayacını şirketçe yapılacak bildirim tarihinden itibaren 1 ay içinde tesis etmek zorundadır. Yapılan bildirimle rağmen sisteme vereceği (kapasitif) reaktif enerji sayacını tesis etmeyen aboneden, o dönemde çektiği aktif enerjinin 0,90 katı reaktif enerji bedeli alınır. Sisteme vereceği (kapasitif) reaktif enerjiyi ölçmek üzere gerekli ölçü aletlerini tesis eden aboneden, çektiği aktif enerji miktarının 0,20 (dahil) katına kadar sisteme verilen (kapasitif) reaktif enerji için reaktif enerji bedeli alınmaz. Bu sınır aşılsa, sisteme verilen reaktif (kapasitif sayaçta ölçülen değer) enerjinin tamamına reaktif enerji tarifi uygulanır. Endüktif ve kapasitif sınırların ikisini birden aşan aboneye, endüktif reaktif ve kapasitif reaktif sayaçlardan hangisi daha yüksek değer kaydetmişse o sayaç değerinin tamamına reaktif enerji tarifi uygulanır.

4.4. Aydınlatmada Tasarruf

Endüstri tesislerindeki aydınlatma, yapılan işin cinsine, çalışılan alanın büyüklüğüne, yerleşme düzenine ve tavan yüksekliğine göre farklılıklar gösterir. Tekstil sektöründe üretim bölümlerindeki aydınlatmaya büyük önem verilmektedir. Bu nedenle aydınlatmanın toplam elektrik enerjisi tüketimindeki payı yüksektir ve aydınlatma giderleri de ürün maliyetine etki eden enerji maliyetlerine dahil edilmektedir. Bu nedenle ürün maliyetleri içerisinde yer alan enerji maliyetlerinin azaltılmasında aydınlatmada yapılacak tasarrufun direkt bir katkısı olacaktır.

Aydınlatma yükünün çok az olduğu yerlerde bile, enerjide önemli bir tasarruf sağlanabilir. Fakat bu noktada önemli olan aydınlatma kalitesini düşürmeden iyi bir aydınlatmanın sağlanabilmesidir.

Aydınlatma sisteminin gün boyunca uzun saatler kullanıldığı endüstri tesislerinde kullanılacak ışık kaynaklarının etkinlik faktörleri yüksek ve ömürleri uzun olmalıdır. Piyasada, kullanılacakları alanlara göre birçok farklı özellikte lamba bulmak mümkündür. Tablo 4.2’de endüstri tesislerinde kullanılabilen ışık kaynaklarının özellikleri gösterilmiştir [30].

Tablo 4.2 : Endüstri Tesislerinde Kullanılabilen Işık Kaynaklarının Özellikleri [30]

Tipi	Gücü (W)	Etkinlik faktörü (lm/W)*	Ekonomik ömür (saat)	Işık rengi	Renksel geriverim
Tüp floresan	14-140	50-104	7.500-15.000	çeşitli	orta - iyi (50 - 95)
Yüksek Basıncılı Civa Buharlı	50-1000	36-58	15.000	soğuk (mavi) beyaz	zayıf - orta (20 - 40)
Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı	50-1000	64-123	7.000-20.000	altın sarısı	zayıf - orta (25)
Metal Halojen	70-1800	73-83	6.000 (4.000)	soğuk beyaz	iyi - çok iyi (70 - 80)
Alçak Basıncılı Sodyum Buharlı	18-180	50-145	13.500	monokromatik sarı	yok

Endüstri tesislerinde yoğun olarak genel aydınlatma yapılır. Genel aydınlatma, tüm çalışma alanında belli bir düzgünlük derecesi sağlanarak, montaj yüksekliğine göre seçilen aydınlatma düzenleri ile yapılan aydınlatmadır. Bina tiplerine göre montaj yükseklikleri dört grupta toplanabilir [30].

- Çok katlı ofis tipli binalar (2,5-3,0 m.); armatürleri tavana eşit aralıklı bantlar veya kareler halinde yerleştirilmiş genelde floresan lambalı aydınlatma düzenleri ile aydınlatılırlar. Yükseklik az olduğu için kamaşmaya dikkat edilmelidir.
- Tek yada çok katlı fabrika binaları (3,0-4,0 m.); armatürleri pencerelere ve çalışanların bakış doğrultularına paralel, çalışma bantları ve makine sıralarına dik olarak uzanan sürekli veya eşit aralıklarla kesintili bantlar şeklinde yerleştirilmiş genellikle floresan lambalı ve reflektörlü armatürler kullanılarak aydınlatılırlar.
- Tek katlı fabrika binaları (4,0-7,0 m.); genellikle tavanları düz veya testere dişi şeklinde kademeli olan ve duvarların en üst kısmında pencere bulunan binalardır. Bu binaların aydınlatması; 6m.'nin altındaki montaj yüksekliklerinde, tavana veya çatı konstrüksiyonuna askı çubukları ile asılmış floresan lambalı ve reflektörlü armatürlerin pencerelere dik veya paralel uzanan sıralar halinde yerleştirilmesiyle sağlanır. 6 m.'nin üzerindeki montaj yüksekliklerinde ise etkinlik faktörleri ve ekonomik ömürleri daha uzun olan deşarj lambaları kullanılmalıdır. Bunlar; yüksek basınçlı civa buharlı, rengi düzenlenmemiş yüksek basınçlı sodyum buharlı ve metal halojen lambalar olabildiği gibi yeni armatürlerle bu yüksekliklerde de floresan lambalı ray sistemler de kullanılabilmektedir.
- Yüksek hangar tipi fabrika binaları (7 m.'den yüksek); armatürleri tavana sıralar halinde yerleştirilmiş, yüksek akıllı deşarj lambaları ile aydınlatılır.

Aydınlatmada enerji tasarrufu sağlamaya yarayan birçok yöntem vardır. Bunlar;

- Gün ışığından yararlanılabilecek noktalarda gün ışığı sensörü kullanmak
- Nadir kullanılan bölümlerde hareket sensörü kullanmak
- Zamana bağlı olarak açma-kapama yapmak
- İhtiyaca göre bazı alanların ışık seviyesini ayarlamak
- Etkinlik faktörü yüksek lamba ve az kayıplı balast kullanmak

Bir tesiste aydınlatma ile ilgili tasarruf çalışmalarına başlarken, öncelikle aydınlatılan bölümlerin aydınlık düzeyleri ölçülmelidir. Bu ölçüm yapılırken, doğal aydınlatma, çalışanların yoğun olarak bulundukları noktalar, dikkat gerektiren çalışma ortamları vb. özel durumlar ayrıca değerlendirilmelidir. Unutulmamalıdır ki aydınlatmada en büyük tasarruf, gereğinden fazla aydınlatılan bölümlerde elde edilmektedir.

Aydınlatma hesaplamaları yapılırken ışık kullanılan alana göre ışığın rengi, aydınlatmanın kalitesi, lambanın ömrü ve maliyetine dikkat edilmelidir. En önemli nokta ise lambanın verimi yani etkinlik faktörüdür. Verim veya etkinlik faktörü “lümen/Watt” (giren birim enerji başına çıkan ışık akısı) olarak ifade edilir [31].

Tasarruf çalışması yapılacak olan tesiste gerekli ölçümler yapıldıktan sonra kurulu aydınlatma sisteminin yeterliliği değerlendirilmelidir. Ölçülen aydınlık düzeyi değerleri istenen değerlerin çok üzerinde ise, ortamdaki aydınlık düzeyi istenen değerde kalacak ve düzgünlüğü bozulmayacak şekilde bazı lambaların söndürülmesi yoluna gidilebilir. Eğer ortamdaki aydınlık düzeyi değerleri yetersiz ise mevcut lambalar yerine ışık akıları daha yüksek lambalar ile değişim yapılmalı yada ilave armatür tesisi gerçekleştirilmelidir. Mevcut aydınlatma sisteminin standartlarda belirtilen değerleri sağlayıp sağlayamadığının belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu bağlamda CIE S 008/E-2001 standardına göre tekstil endüstrisi için aydınlık düzeyi, kamaşma değerleri ve renk kalitesi ile ilgili veriler Tablo 4.3’de verilmiştir [32].

Tablo 4.3: Tekstil’de Aydınlık Düzeyi, Kamaşma ve Renk Kalitesi Değerleri [32]

Ortamın tipi, işlev veya aktivite	E (lux)	UGR _L	R _a	Notlar
Banyo bölümlerindeki çalışma alanları ve bölgeler, balya açma	200	25	60	
Kesim, yıkama, ütüleme, çizme, tarama, ölçüleme, biçme, ön iplik eğirme	300	22	80	
İplik eğirme işlemi, büküm, sarma, örme	500	22	80	Stroboskopik etkiler önlenmeli
Dikiş, ince kesim	750	22	80	
Elle kesim, desen çizme	750	22	90	En az 4000K renk sıcaklığı
Bitirme, yıkama	500	22	80	
Kurutma odası	100	28	60	
Otomatik baskı	500	25	80	
Çözme, keserek düzeltme	1000	19	80	
Renk kontrolü, genel kontrol	1000	16	90	En az 4000K renk sıcaklığı
Onarım	1500	19	90	En az 4000K renk sıcaklığı

4.4.1. Kullanılan balastın önemi

C.E.L.M.A. (Federation of National Manufacturers Associations for Luminaires and Electrotechnical Components for Luminaires in the European Union) Ulusal Komponent Üreticileri Birlikleri’nden oluşmuş Avrupa Topluluğu Birliği içinde bir komitedir. Aydınlatma sistemleri üzerinde yaptıkları çalışmalar sonucunda kullanılan balastlardan dolayı büyük bir enerji kaybı olduğunu tespit etmişler ve bunun üzerine “EEI” adında bir enerji verimliliği sınıflandırması oluşturmuşlardır. Bu sınıflandırmada sınıflar; A1, A2, A3, B1, B2, C ve D’dir. A1 (ayar edilebilir), A2, A3 sınıfları elektronik balastları, B1, B2, C ve D sınıfları manyetik balastları göstermektedir [33].

Ülkemizde D sınıfı balast, 21 Kasım 2005’ten itibaren CE sembolü kullanarak üretilmemektedir ve C sınıfında ise aynı durum 15 Temmuz 2006’dan itibaren söz konusu olacaktır [34]. EEI sınıflandırmasına göre balast tipine bağlı floresan lamba ve balast sisteminin şebekeden çekebilecekleri maksimum güçler Tablo 4.4’de görülmektedir [33].

Tablo 4.4: EEI Sınıflandırmasına Göre Örnek Lamba-Balast Devresi [33]

	Fluoresan Lamba ve Balast Devresi Gücü (W)						
Fluoresan Lamba Gücü (W)	A1	A2	A3	B1	B2	C	D
18	10,5	≤19	≤21	≤24	≤26	≤28	>28
36	19	≤36	≤38	≤41	≤43	≤45	>45
58	29,5	≤55	≤59	≤64	≤67	≤70	>70

Endüktif balastlara oranla daha pahalı olan yüksek frekanslı elektronik balastların sisteme getirdiği üstünlükler ve sakıncalar aşağıdaki gibi sıralanabilir [35,36]:

- 1- Lambanın ve tüm aydınlatma sisteminin etkinlik faktörünü artırır.
- 2- Işık titreşimlerini ve stroboskopik olayları önler (Manyetik balastlı armatürlerde eski lamba kullanıldığında veya %50 kapasiteye loşlaştırıldığında titreşim problemleri oluşur. Fakat elektronik balastlarda titreşim oluşturmada %1 kapasiteye kadar loşlaştırma yapmak mümkündür.
- 3- Startere gerek kalmadan lambanın ani ateşlemesini sağlar.
- 4- Lambaların ömrünü uzatır.
- 5- Kompanzasyona gerek kalmayacak şekilde sistemin güç faktörünü yükseltir.
- 6- Işık akısının istenilen oranda azaltılıp, çoğaltılmasına imkan tanır.
- 7- Sıcaklık yükselmesi az olduğundan ısı kayıpları da azalır. Buna bağlı olarak soğutma giderleri ve yangın tehlikesi de azalır.
- 8- Uğultu ve vızıltı gibi gürültülerin oluşması önlenir (Özellikle manyetik balastlar uzun süre kullanıldıkça çıkardıkları ses artar).
- 9- Hafiftirler. Bu durum armatür ve tavan tasarımında kolaylık sağlar.
- 10- Bir balastla iki lamba çalıştırılabilmesine olanak verir.
- 11- Sistem doğru gerilimle de beslenebilir. Fakat sistem doğru gerilimle beslendiği zaman aynı gerilim kademesinde alternatif gerilimle beslenmesine göre vereceği ışık akısı %20 daha az olacaktır.
- 12- Balast kayıpları genelde lamba gücünün %10'u kadardır (normal balastlarda %20). Böylece aynı güçte %10 fazla ışık akısı veya aynı ışığı %10 daha az güç ile elde edebilmemiz mümkündür.

Bunlarla birlikte elektronik balastların maliyeti, manyetik balastlara oranla yüksektir. Ancak sağladıkları tasarruf nedeniyle aydınlatmanın önemli olduğu yerlerde sıklıkla tercih edilirler.

$$\text{Aydınlatma Tüketimi} = [(P_L \times n_L) + (P_B \times n_B)] \times t_y \quad (4.1)$$

Burada;

P_L : Lamba gücü (W)

n_L : Lamba sayısı

P_B : Balast gücü (W)

n_B : Balast sayısı

t_y : Yıllık çalışma süresi (saat)

olarak gösterilmiştir.

$$\text{Aydınlatma Maliyeti} = \text{Aydınlatma tüketimi} \times \text{Elektrik birim fiyatı} \quad (4.2)$$

Değerlendirme :

B tesisi “Üretim1” bölümünde aydınlatma, içlerinde Philips marka TL 40W/54 SLV tipi 38 mm. çapında floresan lamba bulunan, tavana monte edilmiş bant tipi 1x40W’lık armatürlerle yapılmaktadır. Tesisteki aydınlatmada kullanılan 40W’lık floresan lambaların ışık akıları 2.500 lm’dir [37]. Armatürler içinde kullanılan balastların tipi D olup, güç kaybı 10W’tır.

B tesisi “Üretim2” bölümünde aydınlatma, içlerinde Philips marka TL 36W/54 SLV tipi 26 mm. çapında floresan lamba bulunan, tavana monte edilmiş bant tipi 1x36W’lık armatürlerle yapılmaktadır. Tesisteki aydınlatmada kullanılan 36W’lık floresan lambaların ışık akıları 2500 lm’dir [37] Armatürler içinde kullanılan balastların tipi D olup, güç kaybı 10W’tır.

Tesiste yapılan incelemeler sırasında toplam armatür ve lamba sayıları belirlenmiştir. Bu veriler yardımıyla m^2 başına tesis edilen aydınlatma gücü ve ışık akısı miktarları hesaplanmış ve Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5: B Tesisi Kurulu Aydınlatma Sistemi Değerleri

Bölüm	Alan (m^2)	Armatür sayısı	Lamba sayısı	Çekilen güç (W)	Toplam ışık akısı (lm)	W/ m^2	lm/ m^2
Üretim1	67.488	2.769	2.769	138.450	6.922.500	2,05	102,57
Üretim2	45.360	1.789	1.789	82.294	4.472.500	1,81	98,6

Ayrıca incelemeler sonucunda bazı lambaların tasarruf amacıyla gelişigüzel kapatıldığı görülmüştür. Yapılan sayım sonucunda “Üretim1” bölümünde 2769 lambanın sadece 1802 tanesinin devrede olduğu, geriye kalan 987 lambanın ise

söndürüldüğü görülmüştür. “Üretim2” bölümünde ise aynı şekilde 1789 lambanın sadece 1531 tanesinin devrede olduğu, geriye kalan 258 lambanın ise söndürüldüğü görülmüştür. Tesisin toplam aydınlatma tüketim bilgileri tesisin yıllık çalışma süresi olan 8400 saat ve elektriğin kWh’ine ödenen 0,114 YTL göz önünde bulundurularak hesaplanmış ve bu durumdaki m² başına yıllık aydınlatma tüketimi ve m² başına ışık akısı hesaplanarak Tablo 4.6’da gösterilmiştir.

Tablo 4.6 : B Tesis Mevcut Aydınlatma Sistemi Değerleri

Bölüm	Lamba sayısı	Çekilen güç (W)	Toplam ışık akısı (lm)	Tüketim (kWh)	YTL	W/m ²	lm/m ²	kWh/m ²
Üretim1	1.802	90.100	4.505.000	756.840	86.280	1,34	66,75	11,21
Üretim2	1.531	70.426	3.827.500	591.578	67.440	1,55	84,38	13,04

Tesiste mevcut aydınlatma durumunu ve standartlara uygunluğunu belirlemek için lüksmetre ile çeşitli ölçümler yapılmıştır. Tesisteki farklı çalışma alanlarında ölçülen minimum ve maksimum aydınlık düzeyi değerleri Tablo 4.7’de gösterilmiştir.

Tablo 4.7: B Tesis Mevcut Aydınlik Düzeyi Değerleri

Üretim1	Alan	E _{min} (lx)	E _{max} (lx)
Paketleme	Genel	200	300
Pamuk açma	Çalışma	200	300
	Çevre	100	150
İplik üretim (bobin)	Çalışma	90	200
	Çevre	150	250
İplik üretim (ring)	Çalışma	90	120
İplik hazırlama	Çalışma	100	150
Telef	Genel	30	75
Diğer	Genel	40	110
Üretim2	Alan	E _{min} (lx)	E _{max} (lx)
Pamuk açma	Çalışma	200	300
	Çevre	95	180
İplik hazırlama	Çalışma	100	200
	Çevre	90	170
İplik üretim (ring)	Çalışma	80	130
	Çevre	80	160
İplik üretim (bobin)	Çalışma	110	175
	Çevre	100	200
Diğer	Genel	80	135

Tablo 4.7’de verilen B tesisi Üretim1 alanına ait aydınlık düzeyi ölçüm sonuçları ile Tablo 4.3’de verilen olması gereken değerler karşılaştırıldığında, iplik üretim ve iplik hazırlama bölümlerindeki aydınlık düzeyi değerlerinin standartta verilen değerlerden düşük olduğu görülmüştür. Buna göre iplik üretim için ortalama 500 lux olması

gereken değer, yapılan lmlerde bobin makinalarının bulunduğu yerde minimum 90 lux, maksimum 200 lux ve ring makinalarının bulunduğu alanda ise minimum 90 lux maksimum 120 lux olarak ölçülmüştür. İplik hazırlama işleminin yapıldığı bölümde ise olması gereken değer 300 lux iken, ortamda ölçülen minimum değer 100 lux, maksimum değer ise 150 lux'tr. Pamuk açma bölümünde ise önerilen 200 lux'e karşı, ortamda minimum 200 lux, maksimum 300 lux değerleri ölçülmüştür.

Aynı şekilde Tablo 4.7 de verilen B tesisi Üretim2 alanına ait aydınlık düzeyi ölçüm sonuçları ile Tablo 4.3' de verilen olması gereken değerler karşılaştırıldığında, iplik üretim ve iplik hazırlama bölümlerindeki aydınlık düzeyi değerlerinin standartta verilen değerlerden düşük olduğu görülmüştür. Buna göre iplik üretim için ortalama 500 lux olması gereken değer, yapılan lmlerde bobin makinalarının bulunduğu yerde minimum 110 lux, maksimum 175 lux ve ring makinalarının bulunduğu alanda da minimum 80 lux maksimum 130 lux olarak ölçülmüştür. İplik hazırlama işleminin yapıldığı bölümde ise olması gereken değer 300 lux iken, ortamda ölçülen minimum değer 100 lux, maksimum değer ise 200 lux'tr. Pamuk açma bölümünde ise önerilen 200 lux'e karşı, ortamda minimum 200 lux, maksimum 300 lux değerleri ölçülmüştür.

Yapılan bu ölçümler sonucunda kullanılan aydınlatma sisteminin standartlara göre yetersiz olduğu ve ayrıca mevcut sistemin de verimli olarak kullanılmadığı tespit edilmiştir. Bilindiği gibi standartlara uygun olarak yapılmış bir aydınlatma sistemi iş verimini artırmakta, üretim hatalarını ve kaza oranlarını azaltmaktadır. Bu nedenle incelenen tesisin aydınlatma sisteminin, yüksek verimli ve kaliteli, armatr, lamba, balast kullanarak ve ortamdaki makinaların yerleşimini göz önünde bulundurarak standartlara uygun olacak şekilde yenilenmesi gerekmektedir. Üretim tesisinde bulunan yüksek makinalar ışığın çalışma düzlemine gelmesini büyük bir oranda engellemektedirler. Yapılacak olan aydınlatma tasarımında hacim içindeki engellerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu da ayrıntılı bir aydınlatma tasarımını zorunlu kılmaktadır. B tesisindeki yetkililerle yapılan karşılıklı görüşmeler sonucunda aydınlatma sisteminin yenilenmesine sıcak bakılmadığından mevcut sistemin verimli kullanılmasına yönelik tasarruf sağlayıcı birtakım önerilerde bulunulmuştur. Bu öneriler ve elde edilebilecek kazançlar aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

B tesisi Üretim1 için öneriler;

1. B tesisi Üretim1 biriminde mevcut balastları değiştirmeden mevcut TL 40W/54 SLV tipi 38 mm. çapında fluoressan lambaların yerine 26 mm'lik L 36W/840 tipi fluoressan lamba kullanmak (Durum 1),
2. B tesisi Üretim1 biriminde mevcut D sınıfı balastları, B1 sınıfı az kayıplı balastlar ile değiştirmek ve mevcut TL 40W/54 SLV tipi 38 mm. çapında fluoressan lambaların yerine 26 mm'lik TL 36W/84 SLV tipi fluoressan lamba kullanmak (Durum 2),
3. B tesisi Üretim1 biriminde mevcut D sınıfı balastları, A2 sınıfı elektronik balastlar ile değiştirmek ve mevcut TL 40W/54 SLV tipi 38 mm. çapında fluoressan lambaların yerine 26 mm'lik TL 36W/84 SLV tipi fluoressan lamba kullanmak, (Durum 3)

Tesisdeki mevcut aydınlatmada (Mevcut Durum) ve önerilen Durum 1'de kullanılan lambaların gücü, ışık akısı, balast gücü ve etkinlik faktörü değerleri ile mevcut TL 40W/54 SLV tipi 38 mm. çapında fluoressan lambaların yerine 26 mm'lik TL 36W/84 SLV tipi fluoressan lambaların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf, ışık akısı dolayısıyla aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8: Önerilen Durum 1 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim1)

Üretim1 Bölümü	Mevcut Durum	Durum 1
Lamba gücü (W)	40	36
Balast gücü (W)	10	10
Işık akısı (lm)	2500	3350
Etkinlik faktörü (lm/W)	50	73
Toplam ışık akısı (lm)	4.505.000	6.036.700
lm/m ²	66,75	89,45
Çekilen güç (W)	90.100	82.892
W/m ²	1,34	1,23
Yıllık tüketim (kWh)	756.840	696.293
kWh/m ² /yıl	11,21	10,32
Tüketim maliyeti (YTL)	86.280	79.377

Tablo 4.8'den görüldüğü gibi sadece mevcut fluoressan lambaların, 36W'lık fluoressan lambalar ile değiştirilmesi sonucunda aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi için ödenecek tutarda yılda %8'lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamda sağlanan ışık akısında %34'lük bir artış olacaktır.

Mevcut lambanın yerine konulacak floresan lambanın fiyatı 3 YTL [38] olup ışık akısı bakımından %34 daha fazla olan sistemin geri ödeme süresi;

$$\text{Geri ödeme süresi} = (3 \times 1.802) / (86.280 - 79.377) = 0,78 \text{ yıldır}$$

Tesisdeki mevcut aydınlatmada (Mevcut Durum) ve önerilen Durum 2’de kullanılan lambaların gücü, ışık akısı, balast gücü ve etkinlik faktörü değerleri ile mevcut TL 40W/54 SLV tipi 38 mm. çapında floresan lambaların yerine 26 mm’lik TL 36W/84 SLV tipi floresan lambaların ve mevcut D sınıfı manyetik balastlar yerine şebekeden çekmiş oldukları güçleri maksimum 5W olan ve az kayıplı balastlar olarak adlandırılan B1 sınıfı manyetik balastların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf, ışık akısı dolayısıyla aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9: Önerilen Durum 2 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim1)

Üretim1 Bölümü	Mevcut durum	Durum 2
Lamba gücü (W)	40	36
Balast gücü (W)	10	5
Işık akısı (lm)	2500	3350
Etkinlik faktörü (lm/W)	50	82
Toplam ışık akısı (lm)	4.505.000	6.036.700
lm/m ²	66,75	89,45
Çekilen güç (W)	90,100	73.882
W/m ²	1,34	1,09
Yıllık tüketim (kWh)	756.840	620.609
kWh/m ² /yıl	11,21	9,20
Tüketim maliyeti (YTL)	86.280	70.749

Tablo 4.9’dan görüldüğü gibi mevcut floresan lambaların 36W’lık floresan lambalar ve mevcut D sınıfı balastların B1 sınıfı balastlar ile değiştirilmesi sonucunda aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi için ödenecek tutarda yılda %18’lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamda sağlanan ışık akısında %34’ lük bir artış olacaktır.

Mevcut D sınıfı balastların yerine konulacak B1 sınıfı manyetik balastların fiyatı 3.9 YTL [39] mevcut lambanın yerine konulacak floresan lambanın fiyatı 3 YTL olup ışık akısı bakımından %34 daha fazla ışık akısı sağlayacak sistemin geri ödeme süresi;

$$\text{Geri ödeme süresi} = [(3 \times 1.802)+(3.9 \times 1.802)] / (86.280 - 70.749) = 0,8 \text{ yıldır.}$$

Tesisdeki mevcut aydınlatmada (Mevcut Durum) ve önerilen Durum 3’de kullanılan lambaların gücü, ışık akısı, balast gücü ve etkinlik faktörü değerleri ile mevcut TL 40W/54 SLV tipi 38 mm. çapında floresan lambaların yerine 26 mm’lik TL 36W/84 SLV tipi floresan lambaların ve mevcut D sınıfı manyetik balastlar yerine lamba ile birlikte şebekeden çekmiş oldukları güçleri lamba gücüne eşit veya daha az olan elektronik balastlar olarak adlandırılan A2 sınıflı balastların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf, ışık akısı dolayısıyla aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10: Önerilen Durum 3 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim1)

Üretim1 Bölümü	Mevcut durum	Durum 3
Lamba gücü (W)	40	36
Balast gücü (W)	10	-
Işık akısı (lm)	2500	3350
Etkinlik faktörü (lm/W)	50	93
Toplam ışık akısı (lm)	4.505.000	6.036.700
lm/m ²	66,75	89,45
Çekilen güç (W)	90.100	64.872
W/m ²	1,34	0,96
Yıllık tüketim (kWh)	756.840	544.925
kWh/m ² /yıl	11,21	8,07
Tüketim maliyeti (YTL)	86.280	62.121

Tablo 4.10’dan görüldüğü gibi mevcut floresan lambaların 36W’lık floresan lambalar ve mevcut D sınıfı balastların A2 sınıfı elektronik balastlar ile değiştirilmesi sonucunda aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi için ödenecek tutarda yılda %28’lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamda sağlanan ışık akısında %34’lük bir artış olacaktır.

Mevcut D sınıfı balastların yerine konulacak A2 sınıfı elektronik balastların fiyatı 17.9 YTL [39] mevcut lambanın yerine konulacak floresan lambanın fiyatı 3 YTL olup ışık akısı bakımından %34 daha fazla ışık akısı sağlayacak sistemin geri ödeme süresi;

$$\text{Geri ödeme süresi} = [(17.9 \times 1.802) + (3 \times 1.802)] / (86.280 - 62.121) = 1,56 \text{ yıldır.}$$

Elektronik balast ve lambaların değişiminde geri ödeme süresi 1,56 yıl olup Durum 1 ve Durum 2’ye göre daha uzundur. Fakat kullanılan elektronik balastların ömrünün 50.000 saat olduğu, kompanzasyona gerek olmadığı dolayısıyla sistemin reaktif

yükünü azalttığı, lamba ömrünü artırma gibi üstünlükleri göz önünde bulundurulduğunda avantajlı oldukları görülecektir.

Yapılan hesaplamalardan görüldüğü gibi önerilen her üç durumda (Durum 1, Durum 2 ve Durum 3) şebekeden çekilen güç değerleri azalmakta bunun sonucunda elektrik enerjisine ödenecek tutarlardan mevcut duruma göre sırasıyla %8, %18 ve %28' lik tasarruflar elde edilmekte ve her üç durumda da ortamdaki ışık akısında %34' lük artışlar sağlanmaktadır.

B tesisi Üretim2 için öneriler;

1. B tesisi Üretim2 biriminde mevcut balastları değiştirmeden mevcut TL 36W/54 SLV tipi 26 mm. çapında floresan lambaların yerine 26mm'lik L 36W/840 tipi floresan lamba kullanmak (Durum 1),
2. B tesisi Üretim2 biriminde mevcut D sınıfı balastları, B1 sınıfı az kayıplı balastlar ile değiştirmek ve mevcut TL 36W/54 SLV tipi 26 mm. çapında floresan lambaların yerine 26 mm'lik TL 36W/84 SLV tipi floresan lamba kullanmak (Durum 2),
3. B tesisi Üretim2 biriminde mevcut D sınıfı balastları, A2 sınıfı elektronik balastlar ile değiştirmek ve mevcut TL 36W/54 SLV tipi 26 mm. çapında floresan lambaların yerine 26 mm'lik TL 36W/84 SLV tipi floresan lamba kullanmak (Durum 3),

Tesisdeki mevcut aydınlatmada (Mevcut Durum) ve önerilen Durum 1'de kullanılan lambaların gücü, ışık akısı, balast gücü ve etkinlik faktörü değerleri ile mevcut TL 36W/54 SLV tipi 26 mm. çapında floresan lambaların yerine 26mm'lik TL 36W/84 SLV tipi floresan lambaların kullanılmasıyla elde edilecek ışık akısı dolayısıyla aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11'den görüldüğü gibi sadece mevcut floresan lambaların, 36W'lık floresan lambalar ile değiştirilmesi sonucunda ışık akısında %34'lük bir artış olacaktır.

Tablo 4.11 : Önerilen Durum 1 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim2)

Üretim2 Bölümü	Mevcut Durum	Durum 1
Lamba gücü (W)	36	36
Balast gücü (W)	10	10
Işık akısı (lm)	2500	3350
Etkinlik faktörü (lm/W)	54	73
Toplam ışık akısı (lm)	3.827.500	5.128.850
lm/m ²	84,38	113,07
Çekilen güç (W)	70.426	70.426
W/m ²	1,55	1,55
Yıllık tüketim (kWh)	591.578	591.578
kWh/m ² /yıl	13,04	13,04
Tüketim maliyeti (YTL)	67.440	67.440

Mevcut lambanın yerine konulacak floresan lambanın fiyatı 3 YTL [38] olup ışık akısı bakımından %34 daha fazla olan sistemin maliyeti;

$$\text{Maliyet} = 1.531 \times 3 = 4.593 \text{ YTL}$$

Tesisdeki mevcut aydınlatmada (Mevcut Durum) ve önerilen Durum 2’de kullanılan lambaların gücü, ışık akısı, balast gücü ve etkinlik faktörü değerleri ile mevcut TL 36W/54 SLV tipi 26 mm. çapında floresan lambaların yerine 26 mm’lik TL 36W/84 SLV tipi floresan lambaların ve mevcut D sınıfı manyetik balastlar yerine şebekeden çekmiş oldukları güçleri maksimum 5W olan ve az kayıplı balastlar olarak adlandırılan B1 sınıflı manyetik balastların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf, ışık akısı dolayısıyla aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12: Önerilen Durum 2 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim2)

	Mevcut durum	Durum 2
Lamba gücü (W)	36	36
Balast gücü (W)	10	5
Işık akısı (lm)	2500	3350
Etkinlik faktörü (lm/W)	54	82
Toplam ışık akısı (lm)	3.827.500	5.128.850
lm/m ²	84,38	113,07
Çekilen güç (W)	70.426	62.771
W/m ²	1,55	1,38
Yıllık tüketim (kWh)	591.578	527.276
kWh/m ² /yıl	13,04	11,62
Tüketim maliyeti (YTL)	67.440	60.109

Tablo 4.12'den görüldüğü gibi mevcut fluoressan lambaların 36W'lık fluoressan lambalar ve mevcut D sınıfı balastların B1 sınıfı balastlar ile değiştirilmesi sonucunda aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi için ödenecek tutarda yılda %11'lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamda sağlanan ışık akısında %34'lük bir artış olacaktır.

Mevcut D sınıfı balastların yerine konulacak B1 sınıfı manyetik balastların fiyatı 3,9 YTL [39] mevcut lambanın yerine konulacak fluoressan lambanın fiyatı 3 YTL olup ışık akısı bakımından %34 daha fazla ışık akısı sağlayacak sistemin geri ödeme süresi;

$$\text{Geri ödeme süresi} = [(3 \times 1531) + (3.9 \times 1531)] / (67440 - 60109) = 1,44 \text{ yıldır}$$

Tesisdeki mevcut aydınlatmada (Mevcut Durum) ve önerilen Durum 3'de kullanılan lambaların gücü, ışık akısı, balast gücü ve etkinlik faktörü değerleri ile mevcut TL 40W/54 SLV tipi 38 mm. çapında fluoressan lambaların yerine 26 mm'lik TL 36W/84 SLV tipi fluoressan lambaların ve mevcut D sınıfı manyetik balastlar yerine lamba ile birlikte şebekeden çekmiş oldukları güçleri lamba gücüne eşit veya daha az olan elektronik balastlar olarak adlandırılan A2 sınıflı balastların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf, ışık akısı dolayısıyla aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13: Önerilen Durum 3 İle Mevcut Durumun Karşılaştırılması (Üretim2)

Üretim2 Bölümü	Mevcut durum	Durum 3
Lamba gücü (W)	36	36
Balast gücü (W)	10	-
Işık akısı (lm)	2500	3350
Etkinlik faktörü (lm/W)	54	93
Toplam ışık akısı (lm)	3.827.500	5.128.850
lm/m ²	84,38	113,07
Çekilen güç (W)	70.426	55.116
W/m ²	1,55	1,22
Tüketim (kWh)	591.578	462.974
kWh/m ² /yıl	13,04	10,21
Tüketim maliyeti (YTL)	67.440	52.779

Tablo 4.13'den görüldüğü gibi mevcut fluoressan lambaların 36W'lık fluoressan lambalar ve mevcut D sınıfı balastların A2 sınıfı elektronik balastlar ile değiştirilmesi sonucunda aydınlatma için tüketilen elektrik enerjisi için ödenecek tutarda yılda

%22'lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamda sağlanan ışık akısında %34'lük bir artış olacaktır.

Mevcut D sınıfı balastların yerine konulacak A2 sınıfı elektronik balastların fiyatı 17,9 YTL [39], mevcut lambanın yerine konulacak floresan lambanın fiyatı 3 YTL olup ışık akısı bakımından %34 daha fazla ışık akısı sağlayacak sistemin geri ödeme süresi;

$$\text{Geri ödeme süresi} = [(17.9 \times 1531) + (3 \times 1531)] / (67440 - 52779) = 2,18 \text{ yıldır}$$

Yapılan hesaplamalardan görüldüğü gibi önerilen Durum 1'de 4593 YTL maliyet ile ışık akısı %34 artmakta, Durum 2 ve Durum 3'te ise şebekeden çekilen güç değerleri azalmakta bunun sonucunda elektrik enerjisine ödenecek tutarlardan mevcut duruma göre sırasıyla, %11 ve %22' lik tasarruflar elde edilmekte ve yine her iki durumda da ortamdaki ışık akısında %34' lük artışlar sağlanmaktadır.

Bunlara ek olarak Üretim 1 ve 2 tesislerinin tuvalet ve koridorlarının aydınlatmasında kullanılan 50 adet 60W' lık akkor telli lambalar yaklaşık eşdeğer ışık akısına sahip 11W' lık kompakt floresan lambalar ile değiştirilirse yıllık elektrik enrjisi tüketiminde 2346 YTL' lik bir tasarruf elde edilir. 11 W' lık kompakt floresan lambanın fiyatı 4 YTL olup;

$$\text{Geri dönüşüm süresi} = 50 \times 4 / (50 \times 8400 \times 0.114) \times (0.06 - 0.011) = 0.085 \text{ yıldır}$$

4.5. Elektrik Motorlarında Verimlilik ve Yüksek Verimli Motor Kullanımı

Bir elektrik motorunun verimi, motor milinden elde edilen mekanik gücün (P_m), motorun şebekeden çektiği elektriksel güce (P_e) oranı olarak ifade edilebilir ve η_m ile gösterilir;

$$\eta_m = \frac{P_m}{P_e} \quad (4.3)$$

şeklinde hesaplanır [40].

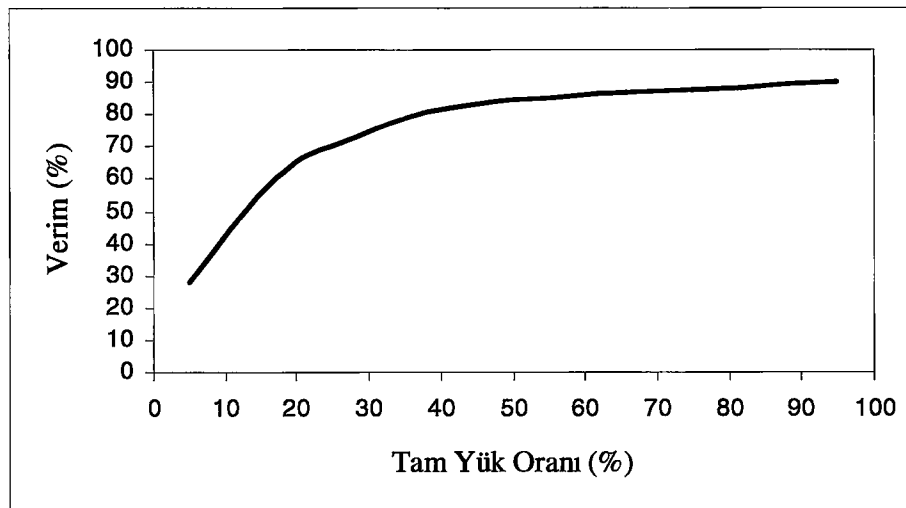
Motor verimini arttırmak için mekanik kayıpların (P_K) azaltılması gerekir. Kayıplara bağlı olarak motor verimi aşağıdaki gibi düzenlenir.

$$\eta_m = \frac{P_m}{P_m + P_K} \quad (4.4)$$

Bir elektrik motorundaki kayıplarını şu şekilde sınıflandırabiliriz [14,40]:

1. Stator kayıpları: Akımın stator sargısından geçmesi ile oluşan bir direnç kaybıdır.
2. Rotor kayıpları: Rotor iletkenindeki direnç kayıplarıdır. Bu kayıp statordan geçen akıma ve stator sargısının direncine bağlıdır.
3. Demir veya manyetik göbek kayıpları: Motorların manyetik devresinin enerjilenmesiyle ortaya çıkan anaför akımları ile histerisiz kayıplarının toplamından oluşur. Manyetik yapıdaki akı yoğunluğu, bu kayıpların saptanmasındaki başlıca etkidir. Ayrıca göbek sacının kalitesi ve kalınlığı da bu kayıpları etkiler.
4. Sürtünme ve hava sürtünmesi kayıpları: Bu tür kayıplar rotor karşısında hava sürtünmesi ve yataklardaki sürtünmeden oluşurlar.
5. Yükleme dalgalanması ile oluşan kayıplar: Sargı ve rotordaki kenar etkisi nedeniyle oluşurlar. Motor konstrüksiyonu ve motor elemanlarının dizaynı ile yakından ilgilidir.

Motor verimi özellikle düşük güçlü motorlarda, motor boyutu ile oldukça önemli oranlarda değişmektedir. Ancak boyutu büyük motorların daha verimli çalıştığı da bir gerçektir. Bunlarda sıcaklık artışını sınırlamak amacıyla daha ağır demir göbek ve daha kaliteli malzeme kullanılmıştır [40]. Kısmi yükte çalışan motorların verimleri de düşüktür. Bu verimler motordan motora değişiklik gösterir. Motor veriminin yükleme oranına göre tipik değişimi Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

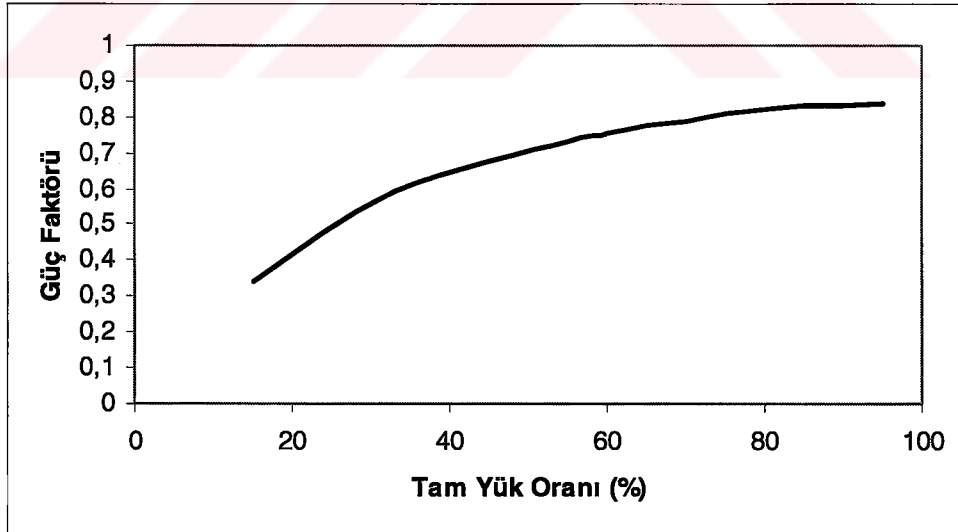


Şekil 4.1 : Motor Yükleme Oranı ve Verim Arasındaki İlişki [40]

Motor verimliliğinde motor bakımı da oldukça önemlidir. Motorlar, boşluksuz bir şekilde ekipmana bağlanmalı, aşınan yataklar değiştirilmeli, kayış ve makaraların gerginliği sağlanmalıdır. Böylelikle elektrik motorlarının verimi ve ömrü basit önlemlerle artırılmış olur. Bu sayede bir tasarruf da sağlanacaktır.

Elektrik motorlarında ömür ve verim artırıcı diğer öneriler şunlardır:

- Elektrik motorlarından yüksek verim alabilmek için tam yükte çalıştırılmalıdır. En iyi yük % 70-80'ler civarındadır [40]
- Büyük güç gereken yerlerde sistem kayıplarını azaltarak motoru daha verimli kullanmak için yüksek gerilimli motorlar kullanılmalıdır.
- Kaliteli elektrik malzemeleri kullanılmalıdır.
- Motorlarda yağlama, havalandırma ve soğutma çok iyi şekilde yapılmalıdır.
- Motorun genel temizliği yapılarak içeride toz ve kir birikmemesine çalışılmalıdır.
- Elektrik motoru seçilirken ihtiyaç göz önünde bulundurulmalıdır. Gereğinden daha küçük motor işlevini yerine getiremez. Gereğinden büyük motorların ise, düşük yükte çalıştırıldığında verimleri ve güç faktörleri düşer. Şekil 4.2'de güç faktörünün verime olan etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : Motor Yük Oranının Güç Faktörüne Etkisi [40]

4.5.1. Yüksek verimli motor kullanımı

Yüksek verimli motorlar kapasitelerine bağlı olarak standart verimli motorlara göre %2-10 daha verimlidirler (Tablo 4.14). Bu verimlilik daha önce bahsedilen kayıpların azaltılmasına bağlı olduğu kadar kullanılan kaliteli malzeme ve iyi tasarıma da bağlıdır. Yüksek verimli motorların fiyatları %10-30 fazla olduğu halde, sürekli ve uzun zaman kullanıldıklarında kendilerini kısa bir sürede geri ödemektedirler [35]. Yüksek verimli motorların maliyetinin fazla olması nedeniyle işletmeler, bu tip motor kullanımını daha çok mevcut motorların arızalanması veya ömrünü tamamlaması durumunda tercih etmektedirler.

Tablo 4.14 : Motor Verimlerinin Karşılaştırılması [35]

Nominal Motor Gücü (BG)	Nominal Motor Gücü (kW)	Standart Tip Motor Ortalama Verimi	Yüksek Verimli Motor Ortalama Verimi
1	0,746	0.825	0.865
1,5	1,119	0.840	0.894
2	1,492	0.840	0.888
2,5	1,865	0.812	0.870
3	2,238	0.875	0.895
4	2,984	0.827	0.889
5	3,73	0.875	0.902
7,5	5,595	0.895	0.917
10	7,46	0.895	0.917
15	11,19	0.910	0.930
18	13,428	0.878	0.924
20	14,92	0.910	0.936
25	18,65	0.924	0.941
30	22,38	0.924	0.941
40	29,84	0.930	0.945
50	37,3	0.930	0.950
60	44,76	0.936	0.954
75	55,95	0.941	0.954
100	74,6	0.945	0.958
125	93,25	0.945	0.954
150	111,9	0.950	0.958
200	149,2	0.950	0.958
250	186,5	0.954	0.962
300	223,8	0.954	0.962

Not: 1 BG = 0,746 kW

Standart bir AC motorun çalışma süresi boyunca oluşturduğu toplam masrafların %97'sini enerji giderleri oluşturur. Geri kalan %3' lük pay ise satınalma, montaj ve bakım masraflarıdır [41]. Bu değerler dikkate alındığında standart verimli bir motor yerine yüksek verimli bir motor kullanarak, bir elektrik motorunun kullanım süresi boyunca oluşturacağı toplam masrafların azaltılması sağlanmış olur. Özellikle çok fazla sayıda elektrik motoru kullanılan işletmelerde bu masraflarda sağlanacak olan

azalma ile işletmenin toplam enerji tüketiminde de önemli derecede bir azalma sağlanabilir. Yüksek verimli bir motorun kazandırdığı tasarruf miktarı ve yapılan yatırımın geri ödeme süresi şu şekilde bulunabilir [14];

$$S = P_m \times YF \times b \times t_y \times (1/\eta_s - 1/\eta_e) \quad (4.4)$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \text{Yatırım Tutarı} / \text{Yıllık Mali Tasarruf} \quad (4.5)$$

S : Elektrik giderindeki tasarruf miktarı (kWh)

P_m : Motor mekanik gücü (kW)

YF : Yük faktörü

b : Elektrik birim fiyatı (YTL/kWh)

t_y : Yıllık çalışma süresi (Saat/yıl)

η_s : Düşük verimli standart motorun verimi

η_e : Yüksek verimli motorun verimi

Değerlendirme :

B tesisinde sürekli ve tam yüke yakın çalışan makinalara ait standart verimli elektrik motorlarının güçleri ve sayıları Tablo 4.15’de verilmiştir. Bu motorların herhangi bir arıza durumunda yüksek verimli motorlarla değiştirilmeleri sonucu elde edilecek kazançlar şöyledir:

Tablo 4.15 : B Tesisinde Yüksek Verimli Motor Kullanımının Maliyetleri

Makina Adı	Nominal Motor Gücü (kW)	Motor Sayısı	Yük Faktörü	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	Çalışma Süresi (saat)	Değişim Fiyat Farkı (YTL)	Toplam Değişim Fiyat Farkı (YTL)
Ring	30	32	0,90	0,114	8400	212,4	6.796,8
	45	26	0,90	0,114	8400	410,6	10.675,6
Bobin	15	7	0,90	0,114	8400	119	833
	20	9	0,90	0,114	8400	170	1.530
Toplam		74 adet motor					19.835,4
Not	Motor fiyatları Euro üzerinden olup, 1€ = 1.6 YTL dönüşümü ile fiyatlar hesaplanmıştır. Bir firmadan alınan fiyatlara göre hazırlanan Tablo 4.17’de firma tarafından yüksek verimli motor fiyatlarının, standart verimli motor fiyatlarından ortalama %15 daha pahalı olduğu belirtilmiştir.						

(4.4) nolu denkleme göre, elde edilecek elektrik tasarrufu miktarı 45 kW'lık motorların tamamı için;

$$S = 45 \times 0,90 \times 8400 \times 26 \times (1/0,936 - 1/0,954) = 178.302 \text{ kWh}$$

olarak hesaplanır. Aynı şekilde diğer motorlar için de yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen değerler Tablo 4.16'da işlenmiştir. Yıllık mali tasarruf (YMTa), yıllık elektrik tasarrufu (S) ile elektrik birim fiyatının (b) çarpılmasıyla bulunmuş ve (4.5) nolu denklem kullanarak yapılacak değişimin geri ödeme süresi de hesaplanarak Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4.16: Yüksek Verimli Motor Kullanımı İle Elde Edilecek Kazançlar

Makine Adı	Nominal Motor Gücü (kW)	Motor Sayısı	S (kWh)	b (YTL/kWh)	YMTa (YTL)	Geri Ödeme Süresi (ay)
Ring	30	32	123.871	0,114	14.121,3	5,7
	45	26	178.302	0,114	20.326,5	6,3
Bobin	15	7	24.231	0,114	2.762,3	3,6
	20	9	26.606	0,114	3.033,1	6
Toplam	74 adet motor		353.010	0,114	40.243,2	6

4.6. Hız Sürücüsü Kullanımı

Modern elektronik hız sürücü sistemleri motor uçlarındaki gerilimi ayarlayarak, yükü ancak karşılayacak şekilde akım çekmesini ayarlayabilirler. Bu şekilde gerilime bağlı olan demir kayıpları azalır. Bunun yanı sıra motorun kalkış anındaki pik akımı ve boşa çalışma durumunda çektiği akım azalır. Sürücü kullanılarak düşük güçte düşük güç, tam yükte tam güç sağlanabilir. Hız sürücüleri, enerji tasarrufu sağlayan yumuşak yol vericilerdir ve sürücü sistemlerinin katalog bilgileri %30-40 arasında enerji tasarrufunun olacağına garanti etmektedir [42].

Değerlendirme :

B tesisinde yapılan incelemeler sonucunda hız sürücüsü kullanılabilecek çok sayıda elektrik motorunun olduğu saptanmıştır. Sürücü sistemlerinin %30-40 enerji tasarrufu sağladığı anlatılmıştı. Bu çalışmada ortalama %25'lik bir tasarruf sağlanacağı düşünülerek, tespit edilen tüm motorlara hız sürücüsü takılmasıyla elde edilecek tasarruf miktarı ve tasarruf maliyeti Tablo 4.17'de gösterilmiştir.

Tablo 4.17: Motorlarda Hız Sürücüsü Kullanılmasının Enerji Tasarrufu Hesabı

Makine veya Makine Grubu	P _m (kW)	Motor Sayısı	t _y (h)	b (YTL/kWh)	Yıllık Çekilen Enerji (kWh)	S (kWh)	YMTa (YTL)
Ring	5,5	26	8400	0,114	1.201.200	300.300	34.234
Cer	7,5	12	8400	0,114	756.000	189.000	21.546
	7,5	12	8400	0,114	756.000	189.000	21.546
	7,5	2	8400	0,114	126.000	31.500	3.591
Harman Hallaç	4	2	8400	0,114	67.200	16.800	1.915
	3	2	8400	0,114	50.400	12.600	1.436
Tarak	7,5	19	8400	0,114	1.197.000	299.250	34.114
	2,1	19	8400	0,114	335.160	83.790	9.552
	1,5	19	8400	0,114	239.400	59.850	6.823
Penye	4,6	6	8400	0,114	231.840	57.960	6.607
TOPLAM			121 Adet Motor		4.960.200	1.240.050	141.364

yapılan hesaplarda;

Yıllık çalışma saati (t_y) = 8400

Elektrik birim fiyatı (b) = 0,114 YTL/kWh

olarak alınmıştır [Ek B].

Tablo 4.17'deki değerler aşağıda tek bir motor grubu için yapılan hesaplamanın her bir motor grubuna yapılmasıyla elde edilmiştir.

Yıllık çekilen enerji = Motor gücü x Motor sayısı x Yıllık çalışma saati (4.6)

Yıllık çekilen enerji = 5,5 x 26 x 8400 = 1.201.200 kWh

Enerji tasarruf miktarı (S) = 0,25 x 1.201.200 = 300.300 kWh

Yıllık Mali Tasarruf = S x Elektrik birim fiyatı (YTL/kWh)

YMTa = 300.300 x 0,114 = 34.234 YTL /yıl

Sistemin geri ödeme süresi ise hız sürücüsü maliyetinin elde edilecek tasarruf bedeline bölünmesiyle bulunmuş ve Tablo 4.18'e işlenmiştir.

Tablo 4.18: A Tesisi İçin Hız Sürücüsü Sisteminin Maliyeti ve Geri Ödeme Süresi

Makine veya Makine Grubu	P _m (kW)	Motor Sayısı	YMTa (YTL)	Bir İnverter Maliyeti (YTL)	Toplam İnverter Maliyeti (YTL)	Geri Ödeme Süresi (ay)
Ring	5,5	26	34.234	1.416	36.816	13
Cer	7,5	12	21.546	1.700	20.400	11,4
	7,5	12	21.546	1.700	20.400	11,4
Harman Hallaç	7,5	2	3.591	1.700	3.400	11,4
	4	2	1.915	1.133	2.266	14,2
	3	2	1.436	1.133	2.266	20
Tarak	7,5	19	34.114	1.700	32.300	11,3
	2,1	19	9.552	944	17.936	22,5
	1,5	19	6.823	850	16.150	28,4
Penye	4,6	6	6.607	1.200	7.200	13
TOPLAM		121	141.364		159.134	13,5

4.7. Boşta Çalışma Süresinin Azaltılması

Birçok işletmede; gerek önemsememezlik gerekse ihmal edilmesi nedeniyle enerji tüketen ekipmanlar yükten çıktığı zamanlarda bile çalışır pozisyonda bırakılmaktadır. Böyle durumlarda bu ekipmanlar ya tam yükte çalıştırılmalı yada kullanılmadığı zamanlarda kapatılmalıdır. Günümüzde motoru otomatik olarak durdurmaya yarayan yük sensörleri kullanılmaktadır. Yük sensörleri, motor uzun bir süre boşta çalıştığında otomatik olarak motoru durdurur. Bunun yanında on-off çalışan makinalarda işlem bittikten sonra makina tekrar üretime geçene kadar çalışanlar tarafından kapatılabilir. Böylece en başta anlatılan önemsememezlikten kaynaklanan enerji tüketiminin önüne geçilmiş olur ki bu da çalışanların, tasarruf konusunda bilinçlendirilmesiyle veya makinaların bulundukları yerlere çalışanların dikkatini çekecek bu konuyla ilgili levhaların konulması ile sağlanabilir..

Boşta çalışmanın önlenmesiyle yapılacak enerji ve parasal tasarruf [17]

$$\text{Motorun tam yükteki çekmiş olduğu enerji} : A = P_m \times t_{t,yük} \times (YF/\eta_{t,yük}) \quad (4.7)$$

$$\text{Motorun kısmi yükteki çekmiş olduğu enerji} : B = P_m \times t_{k,yük} \times (YF/\eta_{k,yük}) \quad (4.8)$$

$$\text{Motorun boşta çekmiş olduğu enerji} : C = P \times t_{boşta} \times (YF/\eta_{boşta}) \quad (4.9)$$

$$\text{Enerji tasarruf miktarı} : S = B + C - A \quad (4.10)$$

$$\text{Mali Enerji Tasarrufu} = S \times \text{Elektrik birim fiyatı}$$

Burada;

P_m : Motor gücü (kW)

$t_{t.yük}$: Motorun tam yükte çalışma süresi

$t_{k.yük}$: Motorun kısmi yükte çalışma süresi

$t_{boşta}$: Motorun boşta çalışma süresi

$\eta_{t.yük}$: Tam yükte motor verimi

$\eta_{k.yük}$: Kısmi yükte motor verimi

$\eta_{boşta}$: Boşta çalışmada motor verimi

YF : Motorun yüklenme faktörü

S : Enerji tasarruf miktarı (kWh)

olarak gösterilmiştir.

4.8. Basıncılı Hava Sisteminde Enerji Tasarrufu

Basıncılı hava, sanayide çok yaygın olarak kullanılır ve üretim maliyeti oldukça fazladır. Çoğu endüstride, kullanılan elektrik enerjisinin %10'u basıncılı hava kompresörlerinde kullanılmaktadır. Bu nedenle kompresörlerde yapılacak enerji tasarrufu işletmeler için çok fazla önem taşımaktadır [16].

Bir kompresör seçilirken kompresörün sistem talebini karşılayabilmesi çok önemlidir. Dolayısıyla yeterli kapasitede üretim yapabilecek kompresör seçilmelidir. Bu noktada özellikle işletmedeki basıncılı hava aletlerinin kullanım faktörü denilen alet çalışma sürelerinin yüzdesinin bilinmesi gerekir. Aksi takdirde talebi karşılayamama ve ihtiyaç fazlası üretim gibi problemler yaşanabilir.

Kompresörler ihtiyaca göre devreye girip çıkan aletlerdir. Dolayısıyla sıklıkla yüksüz veya boşta çalışma durumuna geçerler. Kompresörlerde, kompresör kontrol sistemleri kullanılarak kompresörün yükten çıkmasına bağlı olarak azalan güç faktöründen dolayı motor verimliliğinde görülen azalmanın engellenmesi sağlanabilir. Bu kontrol metodlarından en yaygını, kompresörün durması yerine boşta veya yükte çalışmasını sağlayan yükten kesme metodudur. Ayrıca kompresörün yüksüz halde daha önce ayarlanan süreden uzun çalışması durumunda, otomatik olarak kompresörü durdurur. Böylelikle hem enerji tasarrufu hem de

kompresörün aşınması önlenmiş olur [14]. Kapasite kontrolü yapılan kompresörlerde, kompresörün işletme ihtiyacına göre belirlenen basınçta çalışması, basınç hareketine göre otomatik olarak devreye girip çıkmayla sağlanır. Basıncın sabit tutulmasıyla kompresör ve pnömatik elemanları da daha önce yaşanan basınç değişimlerinden dolayı görülen olumsuzluklar engellenecek ve bu elemanların ömürleri uzayacaktır. Sistemin bakım masrafları düşecektir.

Kompresör kapasite kontrolü ile toplamda %10- %40 arasında enerji tasarrufu sağlanabilir. Ayrıca böyle bir yatırımın geri dönüş süresi işletme şartlarına göre 4-7 ay arasındadır [16].

Basınç kontrolü şu şekilde yapılır:

- Bir basınç sensörü aracılığıyla sistemin basıncı sürekli olarak kontrol edilerek bilgiler, ana motora bağlı kontrol cihazına gönderilir.
- Kontrol cihazı tarafından değerlendirilen bilgilere göre basıncı sabit tutacak şekilde motorun devri ile oynanarak sürekli değiştirilen kapasite sayesinde kompresör ana motorunun optimumda çalışması sağlanır.

Basıncı hava sisteminde dikkat edilmesi gereken diğer hususlar ise hava dağıtım elemanları ile ilgilidir. Öncelikle sistemde mümkün olduğu kadar düşük basınçta hava kullanımına gidilmelidir. Bilindiği gibi havayı sıkıştırmak için bir güç harcanır. Hava ne kadar düşük basınca sıkıştırılırsa o kadar az güç harcanır. Ayrıca düşük basınçlı hava üretimi ile olası hava kaçaklarından dolayı oluşan kayıplar da azalacaktır. Tüm bunların yanında sıkıştırılan havanın sıcaklığının artmasına bağlı olarak yağ viskozitesinin düşmesi nedeniyle hava ile birlikte yağ da sisteme girer ve kaliteyi bozar. Bununla birlikte yağ sarfiyatı da artar. Boru hatları ise sıkıştırılan hava basıncına dayanıklı (mümkün olan her yerde kaynaklı bağlantı kullanılmalı), çevre şartlarından etkilenmeyen ve aynı zamanda yeterli uzunlukta olmalıdır. Gereğinden uzun boru hatlarında büyük oranda basınç düşümü görüldüğü unutulmamalıdır. Sistemde hava filtreleri kullanarak ve mevcut filtrelerin bakımı düzenli olarak yapılarak, sisteme yağ ve aşınma sonucu oluşan parçaların girmesi engellenmelidir [14,25].

Son olarak basınçlı hava kalitesinin yüksek olması için hava içerisinde bulunan su buharının alınması gerekir. Bunun için kompresör hava çıkışında soğutma yapılarak sağlanan yoğuşma ile su dışarı alınmalıdır. Soğutma işlemi muhtelif soğutucularla

yapılabildiği gibi tesisin herhangi bir yerindeki ısı ihtiyacını karşılama amaçlı kurulan sistemler (genelde eşanjörler) ile de yapılabilir.

Teorik olarak elektrik motorları ile çalışan kompresörlerde tüketilen enerjinin %6'sı verimli kılınabilir. Geri kalan enerjinin %94'ü ısı enerjisine dönüştürülür. Bu durum göz önüne alındığında kompresörler ısı kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu ısı, ara ve son soğutucular ile gerek nemin gerekse sıkıştırma verimliliğinin artırılması için alınmak zorundadır. Alınacak olan bu ısı çeşitli geri kazanım sistemleri ile geri kazanılabilir ve aynı zamanda da soğutma gerçekleştirilmiş olur. Geri kazanılan ısı, alan ısıtması, kazan besleme suyu ön ısıtması, proses ısıtması gibi amaçlar için kullanılabilir. Su soğutmalı bir kompresörde, açığa çıkan ısıнын %80-90'nı 50-60°C sıcaklıkta soğutma suyu ile alınabilir. Soğutma suyu çıkış sıcaklığının yüksek olması devrede taşlanmayı kolaylaştırdığından soğutma suyu devresi kapalı yapılmalıdır. Hava soğutmalı kompresörlerde ara ve son soğutucudan çıkan sıcak hava bitişik bir mahale ulaştırılıp, ısınma amacıyla kullanılabilir, bu yolla %80 ısı geri kazanımı mümkündür. [14,25].

4.8.1. Kompresörün çıkış basıncının düşürülmesi

Basıncı hava hatlarındaki sızıntılar, çatlaklar, uygun dizayn edilmemiş boru hattı gibi nedenlerden dolayı basıncı hava hatlarında basınç kayıpları meydana gelmektedir. Bu kayıplar nedeniyle işletmedeki basıncı hava ihtiyacının karşılanabilmesi için havanın, ihtiyaç duyulan basınçtan daha yüksek basınca sıkıştırılması gerekir. Bu ise kompresörün elektrik tüketimini artırır. Bu nedenle buhar hattının bakımı düzenli olarak yapılmalıdır. Farklı basınçta havaya ihtiyaç duyan cihazlar eğer yapılabiliyorsa ayrı kompresörlerle beslenmeli veya ilgili cihaza ait hat ayrılıp o hattın girişine bağlanan bir regülatör ile basınç düşürülerek kayıplar azaltılmalıdır.

Basıncı düşümü ile sağlanacak enerji tasarrufu şu şekilde hesaplanır [43]:

$$\text{Güçteki Tüketim Oranı (GTO)} = \frac{[(P_2 + P_{\text{emiş}}) / P_{\text{emiş}}]^{(k-1)/k} - 1}{[(P_1 + P_{\text{emiş}}) / P_{\text{emiş}}]^{(k-1)/k} - 1} \quad (4.11)$$

$$\text{Tasarruf edilen enerji} = [P_{\text{komp}} \times \text{KKO} \times t_y \times (1 - \text{GTO})] / \eta_{\text{komp}} \quad (4.12)$$

Burada;

P_1 : Kompresör mevcut çıkış basıncı (bar)

P_2 : Kompresörün düşürülebilecek çıkış basıncı (bar)

$P_{emiş}$: Kompresör emiş basıncı (bar)

k : Havanın özgül ısı oranı ($k=1,4$)

P_{komp} : Kompresör motor gücü (kW)

KKO : Kompresörün kapasite kullanma oranı

t_y : Yıllık çalışma süresi

η_{komp} : Kompresör motor verimi

olarak gösterilmiştir.

Değerlendirme :

B tesisindeki mevcut ana kompresörünün çıkış basıncı 8,9 bar ve kullanım noktasındaki basınçlı hava ihtiyacı 7,5 bar olarak tespit edilmiştir. Yapılacak bakım ve onarım sonucu 1,4 bar'lık basınç düşümünün en kötü ihtimalle 1 bar'a indirilebileceği yetkililerce belirtilmiştir. Bu iyileştirmeden sonra kompresörün çıkış basıncı talebin karşılanabileceği 8,5 bar'a set edilebilecektir. Bu değişikliklerden sonra elde edilebilecek tasarruf miktarı şu şekilde hesaplanmıştır:

Hesaplama (4.11) ve (4.12) nolu eşitlikler kullanılmıştır. $k = 0,4$; $P_{emiş} = 1$ bar; $KKO = 1$; $t_y = 8400$ saat; $P_{komp} = 140$ kW; $\eta_{komp}=0,91$; elektrik birim fiyatı 0,114 YTL/kWh'tir.

$$GTO = \frac{[(8,5 + 1)/1]^{(1,4-1)/1,4} - 1}{[(8,9 + 1)/1]^{(1,4-1)/1,4} - 1} = 0,975$$

$$\text{Tasarruf edilen enerji} = [140 \times 1 \times 8400 \times (1-0,975)] / 0,91 = 32.308 \text{ kWh/yıl}$$

$$\text{Yıllık mali tasarruf} = 32.308 \text{ kWh} \times 0,114 \text{ YTL/kWh} = 3683 \text{ YTL}$$

4.8.2. Hava kaçaklarının önlenmesi

Basıncılı hava sistemindeki yetersiz tesisat ve bakımdan kaynaklanan enerji kaybı, kompresörün harcadığı enerjinin %50'sine varabilir ve basit işletme tedbirleri ile bunun yarısının önlenmesi pratik olarak mümkündür. Ayrıca çeşitli çalışmaların gösterdiğine göre, üretilen basınçlı havanın yaklaşık %25'i sızıntılar nedeni ile kayıp olmaktadır. Bu kayıpların tamamen önlenmesi pratik değildir ve %10'a indirilmesi kabul edilebilir bir sınırdır [43].

Hava kaçakları, basınçlı hava sisteminde meydana gelen enerji kayıplarının en önde gelen sebebidir. Aynı zamanda hava kaçakları, kompresörün etkili kapasitesini de düşürür. Bir kompresörün hava kaçaklarının oluşturduğu basınç düşümünü önlemesi için daha uzun zaman çalışması gerekmektedir. Bazı işletmelerde (özellikle uzun boru hattına sahip işletmelerde), iyi ve bakımlı bir sistemde %5'e kadar olan basınç düşüşü kabul edilebilir bir seviye olmaktadır. Kaçak hava miktarı hat basıncına, basınçlı havanın kaçak noktasındaki sıcaklığına, kompresör emişindeki hava sıcaklığına ve havanın kaçtığı deliğin çapına bağlıdır. Tablo 4.19'da basınç ve delik çapına bağlı kaçak miktarları verilmiştir. Bunların yanında sıcaklık değişimleri ve titreşim, bağlantıların gevşemesinin ve böylece de sızıntıların oluşmasının başlıca sebepleridir. Kaçaklardan dolayı meydana gelen hava kaçağı miktarını hesaplamak için ise basınç düşümü izlenmelidir. Bu hesaplama yapılırken öncelikle tesis içinde basınçlı havaya ihtiyaç duyan bütün üniteler durdurulur. Daha sonra kompresörün boşa ve yükte çalışma süreleri ölçülerek birçok defa kaydedilir ve aşağıdaki formül yardımı ile kaçak miktarı bulunur [14,25,43]:

$$\text{Toplam Kaçak Miktarı (l/s)} = (\text{Kompresör kapasitesi} \times t_{\text{yükte}}) / (t_{\text{yükte}} + t_{\text{boşa}}) \quad (4.13)$$

Burada, $t_{\text{yükte}}$ ve $t_{\text{boşa}}$, sırasıyla saniye olarak yükte ve boşa çalışma süreleridir.

Pratik olarak toplam kaçak miktarının 3'e bölünmesi ile boşa harcanan güç yaklaşık olarak kW cinsinden bulunabilir [14,43].

Tablo 4.19: Değişik Basınlarda Her Bir Delikten Meydana Gelen Hava Kaçakları [14]

Alet Basıncı (bar)	Değişik Çaptaki Deliklerden (lt/s) Olarak Meydana Gelen Hava Kaçakları						
	0,5 mm	1 mm	2 mm	3 mm	5 mm	10 mm	12,5 mm
0,5	0,06	0,22	0,92	2,1	5,7	22,8	35,5
1,0	0,08	0,33	1,33	3,0	8,4	33,6	52,5
2,5	0,14	0,58	2,33	5,5	14,6	58,6	91,4
5,0	0,25	0,97	3,92	8,8	24,4	97,5	152,0
7,0	0,33	1,31	5,19	11,6	32,5	129,0	202,0

4.8.3. Kompresör havasının soğuk ortamdan alınması

Bilindiği üzere sıcaklığın düşmesi ile yoğunluk artacağından daha az güç ile daha fazla hava sıkıştırma imkanı doğar. Yaklaşık olarak emiş havasının sıcaklığının her 5°C düşüşünde, enerji tüketimi %2 azalır [14]. Bu nedenle havanın soğuk ortamdan alınması enerji tasarrufu bakımından oldukça önemlidir. Bu amaçla genelde hava girişinin binanın kuzeyinden ve yağmur almayan bir yerden yapılması sağlanmalıdır. Sıcaklık düşümüyle tasarruf edilecek enerji miktarı şu şekilde hesaplanır [43]:

$$\text{Enerji Tasarruf Miktarı (kW)} = \text{GDO} \times \text{Nominal güç} \times t_y \times (\text{YF} / \eta_{\text{motor}}) \quad (4.14)$$

$$\text{GDO} = 1 - \frac{T_d + 273}{T_e + 273} \quad (4.15)$$

t_y : Yıllık çalışma süresi (saat)

YF : Yük faktörü (fiili yükün tam yüke oranı)

η_{motor} : Motor verimi

GDO : Sıcaklığa bağlı güç düşüm oranı

T_d : Dış ortam sıcaklığı (°C)

T_e : Emiş havası sıcaklığı (°C)

Değerlendirme 1 :

Yapılan incelemelerde B tesisinde kullanılan aşağıda özellikleri verilen ana kompresörün hava emişini iç ortamdan yaptığı tespit edilmiştir. Hava emişinin dış ortamdan yapılması durumunda elde edilecek tasarruf miktarı, gerekli yatırımın geri ödeme süresi şöyle hesaplanmıştır:

Kompresör motor gücü (P) = 140 kW

Yıllık çalışma süresi (t_y) = 8400 saat

Kompresör motor verimi (η_{komp}) = 0,91

Kompresör kullanma faktörü (KKO) = 1

Dış ortam sıcaklığı (T_d) = 21°C

Emiş havası sıcaklığı (T_e) = 26°C

Elektrik birim maliyeti = 0,114 YTL / kWh

(4.31) nolu eşitlikten;

$$\text{Güç Düşüm Oranı (GDO)} = 1 - \frac{T_d + 273}{T_e + 273} = 1 - \frac{21 + 273}{26 + 273} = 0,016$$

$$\text{Enerji Tasarruf Miktarı (ETM)} = 0,016 \times 140 \times 8400 \times (1/0,91) = 20.677 \text{ kWh/yıl}$$

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf} = \text{ETM} \times \text{Elektrik birim fiyatı} = 20.677 \times 0,114 = 2357 \text{ YTL/yıl}$$

Yatırım bedeli;

$$2,5 \text{ m. hava kanalı} = 125 \text{ YTL}$$

$$\text{İşçilik} = 100 \text{ YTL kaynak işçiliği} + 75 \text{ YTL montaj işçiliği} = 175 \text{ YTL}$$

$$\text{Toplam sistem bedeli} = 125 + 175 = 300 \text{ YTL}$$

$$\begin{aligned} \text{Sistem Geri Ödeme Süresi} &= \text{Sistem maliyeti} / \text{Aylık mali tasarruf} \\ &= 300 / (2.357 / 12) = 1,5 \text{ ay} \end{aligned}$$

Değerlendirme 2 :

Değerlendirme 1'deki kompresörün soğutulması ile alınan ısısının maliyeti şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Elektrik enerjisi tüketimi} = P \times \text{KKO} \times t_y$$

$$\text{Elektrik enerjisi tüketimi} = 140 \times 1 \times 8400 = 1.176.000 \text{ kWh/yıl}$$

Teorik olarak kompresörün çektiği gücün %94'ünün ısı enerjisi olarak atıldığı anlatılmıştı. Bu durumda;

$$\text{Atılan ısı miktarı} = 1.176.000 \times 0,94 = 1.105.440 \text{ kWh/yıl}$$

Bu ısısının bir kazanda üretilebilmesi için harcanan yakıt miktarı ve yakıt bedeli;

$$(H_u = 8078 \text{ kcal/kg} , \rho_{d,gaz} = 0,801 \text{ kg /m}^3 , \text{Yakıt birim fiyatı} = 0,4188 \text{ YTL/kg})$$

$$1.105.440 \text{ kWh/yıl} = 955,1 \cdot 10^6 \text{ kcal/yıl} = 118.235 \text{ kg doğalgaz /yıl}$$

$$\text{Harcanan yakıtın bedeli} = 118.235 \times 0,4188 = 49.516,8 \text{ YTL}$$

5. DİĞER POTANSİYEL ENERJİ TASARRUF ALANLARI

5.1. Üretim Sırasında Oluşan Tekstil Atıklarının Uzaklaştırılması

Çeşitli makinalarda, üretim esnasında oluşan tekstil tozlarının, elyafların ve atık ürünlerin pnömatik yolla bir merkezde toplanması sağlanarak, hem ortamın atıklardan temizlenmesi hem de havanın temizlenmesi sağlanabilir. Ayrıca böylelikle tekstil atıklarının havalandırma sistemiyle toplanan miktarının azaltılması sağlanmış olur. Bu nedenle daha düşük kapasiteli fan motorları içeren daha küçük boyutta havalandırma sisteminin kullanımı mümkün olur. Dolayısıyla havalandırma için tüketilen enerji miktarı azaltılmış olur. Bunun yanında bir merkezde toplanan tozların atılması havalandırma sistemine oranla daha kolay olacağından temizlik süresi ve masrafları da azalacaktır.

5.2. Tekstil Terbiyesi İşlemlerinde Enerji Tüketimi ve Tasarruf

Tekstil terbiyesi işlemleri genel olarak yaş terbiye işlemleri ve kuru terbiye işlemleri olmak üzere iki ana işlemler grubundan oluşur.

Kuru terbiye işlemlerinin çoğunda elektrik enerjisi tüketilirken (ısı enerjisi tüketimi daha az miktarda buhar veya gaz şeklinde), kuru terbiye işlemlerinde tüketilen enerji yoğun olarak ısı enerjisidir. Tekstil terbiye işlemlerinin hemen her adımında bir enerji tüketimi söz konusudur. Bunlar da sırasıyla;

- a) Yaş işlemlerde ısı enerjisi tüketimi,
- b) Kurutma için ısı enerjisi tüketimi,
- c) Isıtma sistemindeki kayıplar nedeniyle enerji tüketimi,
- d) Elektrik enerjisi tüketimidir.

Özellikle yaş işlemlerde; yaş işlem sayısının azaltılması, flotte oranının kısaltılması sıcaklığın düşük tutulması ve makinadaki enerji kayıplarının azaltılması gibi önlemler ile enerji tasarrufu sağlamak olasıdır [12].

Kuru işlemlerde ise daha çok kurutucularda büyük oranda enerji tasarrufu sağlanabilir. Tekstil sektöründe genellikle gerdirmeli ve silindir kurutucular kullanılmaktadır. Gerdirmeli kurutucular boya ve son işlemde önemli bir role sahiptir. Kurutmanın yanı sıra kumaşa bazı özellikler kazandırmak üzere başka işlemler de bu makinalarda yapılmaktadır. Gerdirmeli kurutucularda; aşırı kurutmanın önlenmesi, makina durduğunda egzost çıkışının kapatılması, yüksek sıcaklıkta kurutmanın yapılması, iyi bir izolasyonun gerçekleştirilmesi, egzost havasındaki nem oranının optimize edilmesi, direkt kurutma yönteminin uygulanması ve çeşitli ısı geri kazanımı sistemlerinin kullanılması ile enerji tasarrufu sağlamak olasıdır. Silindirli kurutucularda ise; buhar kapanları ve hatlardaki buhar kaçaklarının önlenmesi, silindir çıkışı kumaşa nem kontrolünün yapılması, buhar borularının izolasyonu, emniyet ve basınç düşürücü vanaların montajı (basıncın düşürülmesiyle silindir yüzey sıcaklıklarının azaltılması) ve kondensat geri kazanımı ile enerji tasarrufu yapılabilir [3].

6. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

Türkiye’de artan nüfus, hızlı kentleşme ve sanayideki gelişmeler nedeniyle enerji tüketimi giderek artmakta ve artan talebin karşılanması için ithal edilen enerji miktarı da günden güne artmaktadır. Buna bağlı olarak Türkiye’de enerjiye ödenen bedel de artmaktadır. Ülkemizde enerji ihtiyacının %70’ine yakını ithalatla karşılanmaktadır [1]. Ayrıca toplam ihracatımızın yarıya yakını petrol ve petrol ürünleri ithalatına harcanmaktadır [2]. Bu nedenle enerjinin etkin kullanımı sanayici açısından olduğu kadar ülke ekonomisi için de önemlidir. Çünkü artan tüketim sınırlı öz kaynaklara sahip olan ülkemizi daha da dışa bağımlı hale getirecektir. Ayrıca artan talebin karşılanamaması durumunda ise enerji kesintileri kaçınılmaz olacaktır. Bu durumdan, aksayan üretime bağlı olarak ihracatımız ve ekonomimiz direkt olarak etkilenecektir.

Ülkemiz sanayi sektörü, nihai enerji tüketimi içinde %42 ve elektrik tüketiminde ise yaklaşık %48’lik bir paya sahiptir. Sanayi dalları arasında toplam tüketimdeki %10,6’lık payı ile tekstil, deri ve giyim sanayi, elektrik enerjisi tüketiminde birinci sırayı almaktadır [4]. Toplam enerji tüketiminde yaklaşık % 6 gibi bir paya sahip olan ve yoğun rekabetin yaşandığı tekstil sektöründe kullanılan enerjinin maliyet içindeki payı yaklaşık %8-10 civarındadır [3]. Türk tekstil ve konfeksiyon sanayi, toplam sanayi üretiminin yaklaşık %12’sini gerçekleştirmektedir. Bu nedenle tekstil sektörünün enerji tüketiminde olduğu gibi sanayi üretiminde de önemli bir payı bulunmaktadır.

Bir fabrikadaki üretim maliyetleri, hammadde, işçilik, işletme ve enerji maliyetlerinin toplamını içerir. 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.

Bu çalışmada tekstil sektörü özelinde yapılabilecek enerji tasarruf çalışmalarına yer verilmiştir. Belirlenen tasarruf çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile tekstil sektöründe, 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.

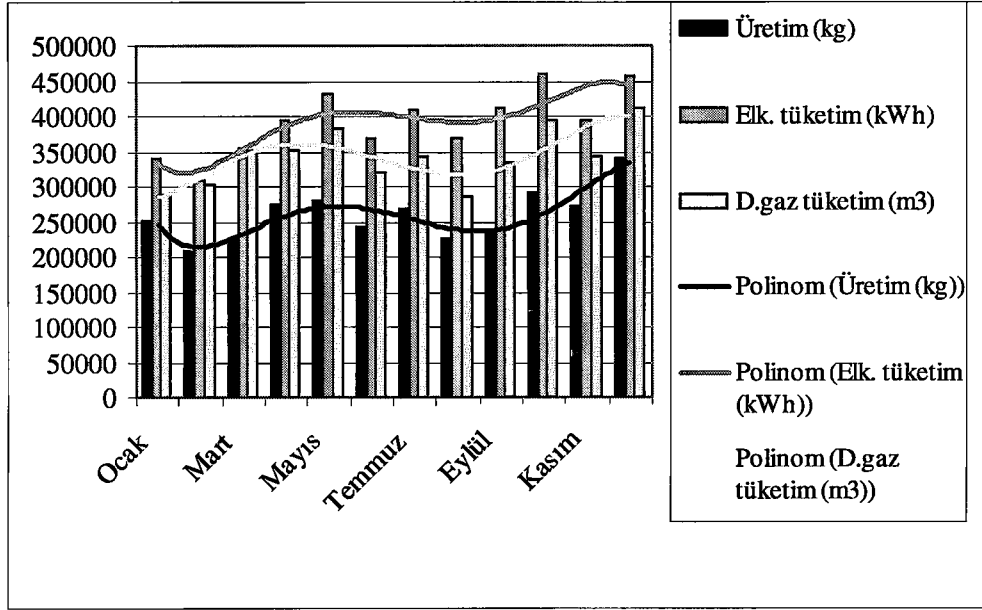
Tekstil sanayinde yoğun olarak kullanılan enerji türleri ısı ve elektrik enerjisidir. Bu nedenle tekstil sanayinde ana tasarruf odaklarını ;

- Isının üretim ve tüketimindeki prosesler ile
- Elektriğin üretim ve tüketimindeki prosesler

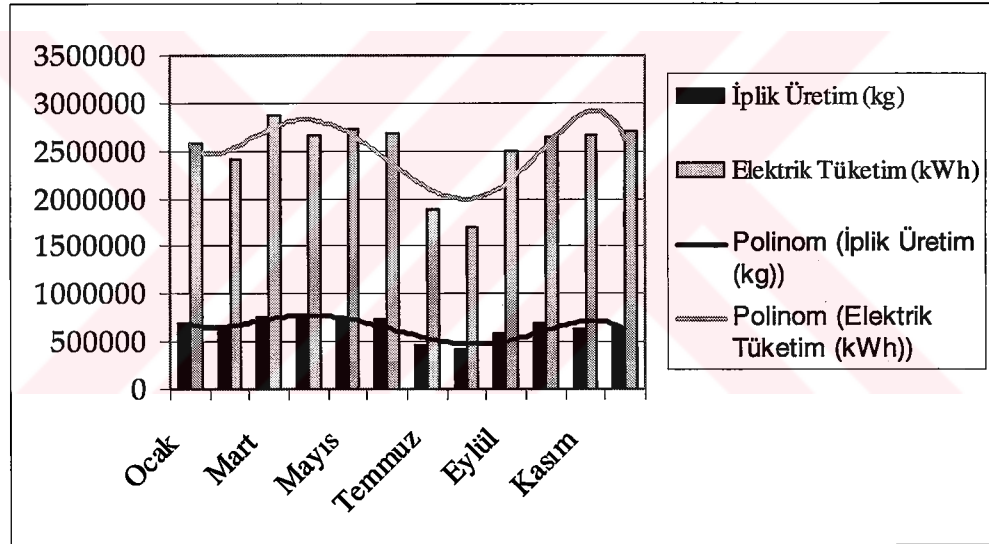
olarak gruplandırılabilir ve bir tesiste yapılacak enerji tasarrufu çalışmaları bu iki ana kısımdaki çalışmaları kapsamalıdır.

Sanayide, enerjiyi etkin kullanabilmenin ilk şartı ne kadar enerji tüketildiğini bilmektir. Öncelikle işletmeler ısı ve elektrik tüketimlerini bilmeli hangi parametrelere bağlı olarak değiştiğini gözlemlemelidir. Normalde bir işletmede enerji tüketimi, yapılan üretime bağlı olarak değişir. Eğer bu değişim zamana bağlı olarak üretimden bağımsız olarak gerçekleşiyorsa, bu değişikliğin sebebinin tanımlanması geleceğe yönelik enerji tüketim öngörülerinde bulunmak için önemlidir.

Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'ye bakıldığında; A ve B tesislerinin enerji tüketimlerinin genelde üretimle paralellik gösterdiği görülmektedir. A tesisinde yapılan görüşmelerde Ocak-Mayıs ayları arasında görülen doğal gaz tüketimindeki artışın, ısınma ve üretim mahalinin sıcaklığının ayarlanması için gereken ek ısı yükleri nedeniyle meydana geldiği anlaşılmıştır. Dolayısıyla gelecekte de aynı dönemde benzer artışın görüleceği muhtemeldir.



Şekil 6.1: A Tesisinin 2004 Yılı Üretim-Enerji Tüketiminin Karşılaştırması



Şekil 6.2: B Tesisinin 2004 Yılı Üretim-Enerji Tüketiminin Karşılaştırması

Bir tesisteki ısı enerjisinin etkin kullanımı, o tesisteki ısı üretimi, dağıtımı ve kullanımındaki verim arttırılarak sağlanır. Tekstil sanayinde buhar yoğun olarak;

- Klima santralinde,
- Tesisin ısıtılmasında,
- Tekstil ürünlerinin kurutulmasında,
- Baskı işlemlerinde,
- Tekstil ürünlerinin boyanması ve ütülenmesinde

kullanılır. Tekstil sanayinde elektrik ise yoğun olarak;

- Elektrik motorlarında ve
- Aydınlatma sisteminde

kullanılır.

Isı üretimi ve tüketimi yapılan bir tesiste, dışarı atılması tamamen önlenemeyen bir enerji her zaman vardır. Bu enerji, sıvı ve gazlarla dışarı atılır. Tam olarak önlenemese de çeşitli atık ısı geri kazanım sistemleri ile kaybolan bu enerji azaltılabilir.

Bir işletmede elektrik enerjisi ile ilgili tasarruf çalışmalarına başlarken öncelikle elektrik enerjisinin nerelerde, hangi zamanlarda, ne miktarda kullanıldığı tespit edilmelidir. Daha sonra işletme belirli bölgelere ayrılarak, her bölgede bulunan enerji tüketen ekipmanların kurulu gücü ve çektikleri anlık güçler belirlenmelidir. Böylelikle oluşturulacak tasarruf hedeflerinin sonuçlarını daha net görmek ve sağlanabilecek tasarruf miktarları hakkında bir öngörude bulunabilmek mümkün olacaktır.

Isı enerjisi tüketimi açısından incelenen A Tesisinde ve elektrik tüketimi açısından incelenen B Tesisinde yapılan değerlendirmeler sonucunda yapılabilecek olan tasarruf çalışmaları sonucunda elde edilebilecek tasarruf miktarları, YTL cinsinden yıllık tasarruf ve % olarak tasarruf oranları Tablo 6.1 ve Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6.1: A Tesisinde Yapılabilecek Tasarruf Çalışmaları ve Sonuçları

A Tesis	Yıllık Yakıt Tasarrufu (kg.yakıt)	Yıllık Mali Tasarruf (YTL)	Tasarruf Oranı (%)
Yakma havasının ön ısıtılması	38.376	16.072	1,16
Blöften geri kazanım	13.908	4.666	0,034
Kapalı kondens tankı kullanımı	288.288	120.735	8,7
Kondenstop bakımı ve onarımı	97.632	40.888	3
Uygun ekonomizör kullanımı	108.792	45.562	3,3
Atık suyun değerlendirilmesi	303.808	127.235	9,2
TOPLAM	850.804	356.317	25,4

Tablo 6.2: B Tesisinde Yapılabilecek Tasarruf Çalışmaları ve Sonuçları

B Tesis	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Mali Tasarruf (YTL)	Tasarruf Oranı (%)
Aydınlatma	368.975	42.063	1,22
Yüksek verimli motor kullanımı	353.014	40.243,5	1,17
Hız sürücüsü kullanımı	1.240.050	141.365,7	4,1
Kompresör çıkış basıncının düşürülmesi	32.308	3.683	0,1
Kompresör emiş havasının soğuk ortamdan alınması	20.677	2.357	0,07
TOPLAM	2.015.444	229.760	6,67

Yukarıdaki tablolardan da görüldüğü gibi bir tesiste enerji tasarruf çalışmaları yürüterek her zaman olumlu bir sonuç elde etmek mümkündür. Çünkü her tesiste boşa harcanan ve gereksiz tüketilen bir enerji söz konusudur. Burada önemli olan boşa harcanan ve gereksiz tüketilen enerjinin önüne geçebilmek, bununla birlikte atılması kaçınılmaz olan atık enerjiden maksimum şekilde yararlanabilmektir.

İşletme açısından üretim maliyetleri içerisinde yer alan enerji maliyetlerinin düşürülmesinde önemli bir paya sahip olan tasarruf çalışmalarının tüm tekstil sektöründe, daha doğrusu tüm sanayi dallarında yürütülmesiyle ülkemiz enerji ithalatında da azalma sağlanacak, dolayısıyla ülke ekonomisine büyük katkı sağlanacaktır. Azalan enerji tüketimleri ile emisyonlar düşecek, bunun sonucunda küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi sorunların azaltılmasında da fayda sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi**, 2002. Türkiye Enerji Raporu, Poyraz Ofset, İstanbul
- [2] **Dağsöz A., K.**, 1998. Sanayide, Sanayi Yapılarında ve Ulaşımında Enerji Tasarrufu, *Sürekli Eğitim Kursu Kitabı*, İ.T.Ü. Mak.Fak Kütüphanesi, İstanbul
- [3] **Yalçın E.**, Tekstil Sektöründe Enerjinin Verimli Kullanımı, EİEİ Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, Ankara
- [4] **Devlet İstatistik Enstitüsü**, 2004. Maden ve Enerji, *Türkiye İstatistik Yıllığı*, s.185-197, DİE Yayınları, Ankara
- [5] **Bursa Çevre Merkezi**, Sanayide Enerji Verimliliği İyileştirme Yöntemleri, www.bcm.org.tr
- [6] **EİEİ Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi**, 2002. Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt 1, EİEİ Yayınları, Ankara
- [7] **Capehart Barney L., Turner Wayne C., Kennedy William J.**, 2002. Guide to Energy Management, 4th Edition, Fairmont Press, New York
- [8] **www.eie.gov.tr**, 2005. Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik
- [9] **Vizyon 2023 Teknoloji Öngörüsü Projesi**, 2003. *Tekstil Paneli*, Temmuz, www.vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/paneller/tekstil/kararlar/TEKSTIL-9.pdf
- [10] **Altaş M., Özkan H.Ö., Çelebi E.**, 2003, Türkiye Enerji İstatistikleri , *Türkiye 9.Enerji Kongresi*, 24-27 Eylül, Poyraz Ofset, İstanbul
- [11] **Devlet Planlama Teşkilatı**, 2001. Tekstil ve Giyim Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, *VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı*, Ankara, www.plan8.dpt.gov.tr
- [12] **Sava M.**, 1998, Tekstil Fabrikalarında Isı Geri Kazanımının Ekonomik Etüdü, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [13] **www.aralsan.com/1.1.2.0.0.0-Yayın-tr.htm**
- [14] **EİEİ Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi**, 2002. Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt 3, EİEİ Yayınları, Ankara
- [15] **EİEİ Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi**, 2004. Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt 2, EİEİ Yayınları, Ankara

- [16] www.enerjitasarrufu.com
- [17] **Kaya D., Güngör C.**, 2002. Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli-II, *Mühendis Makina*, Aralık, **515**, İstanbul
- [18] **Burkut E.**, 1997. Buhar Kazanı Besi Suyu Hazırlama Teknikleri İçinde Ters Osmos Cihazının Ekonomik Yeri, *Tesisat Kongresi*, İzmir, www.kongre.org/makina/teskon97/050
- [19] **EİEİ Sanayide Enerji Verimliliği Şubesi**, Blöften Isı Geri Kazanımı, *Teknik Bilgi Serisi* No:21, www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/ts21.html
- [20] **SpiraxSarco-InterValf**, 2004. Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı, 8.Baskı, İstanbul
- [21] www.demirmakina.com/demir%20makina%20ısı%20geri%20kazanma%20sistemleri.html
- [22] **Baburşah S.**, 2004. Tekstil Endüstrisi Atıksularının Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [23] **Ener E.**, 1997. Tekstil Sektöründe Isı Geri Kazanım Sistemi, *Tesisat Kongresi*, İzmir, www.kongre.org/makina/teskon97/014
- [24] **EİEİ Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi**, 2002. Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt 4, EİEİ Yayınları, Ankara
- [25] **İTÜ Mustafa İnan Kütüphanesi**, Enerji Bilgi Dosyası “Atık Enerji”, Yer No: TJ.163.3 E54, Ayazağa, İstanbul
- [26] www.epdk.org.tr, 2004. EPDK Kurul Kararı; Perakende Satış Tarifesi Usul ve Esasları, Karar No:284/2, 8 Ocak
- [27] www.tedas.gov.tr, 2005 Yılı Elektrik Tarifeleri
- [28] **Bayram M.**, 1977. Güç Katsayısının Düzeltilmesi ve Kondansatörler, İstanbul
- [29] **TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi**, 1983. Reaktif Güç Kompanzasyonu Seminer Notları, İstanbul
- [30] **Onaygil S.**, 1995. Endüstri Tesislerinin Aydınlatmasında Enerji Tasarrufu, *Elektrik Dergisi*, Sayı 85, s.43-47, Mart-Nisan
- [31] **Özkaya M.**, 1998. Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [32] **S008/E-2001**, 2001., Lighting of Indoor Work Places, CIE Standarts, CIE Pub.
- [33] **Çalbaş Ö.**, Enerji Verimliliği İçin Balastların Sınıflandırılması, www.etmd.org.tr/teknik_yazilar/aydinlatma_siniflandirmasi.doc

- [34] **www.agid.org.tr**, Aydınlatma Gereçleri İmalatçıları Derneği Resmi Sitesi
- [35] **Krorti M.**, 2000. Energy Audit of Building Systems An Engineering Approach, University of Colorado Boulder, CRC Press, Florida
- [36] **Onaygil S., Güler Ö.**, 1996. Yüksek Frekanslı Elektronik Balastlar, *1.Ulusal Aydınlatma Kongresi*, s.200-2007, 28-29 Kasım, İstanbul
- [37] **Philips**, Lamps and Gear Catalogue 2005-2006, www.lampsandgear.philips.com
- [38] **www.osram.com**, Osram Ekim 2004 Aydınlatma Ürün ve Fiyat Katoloğu
- [39] **Er Elektronik**, 2005 Ürün ve Fiyat Katoloğu, İstanbul
- [40] **Beggs C.**, 2002. Energy: Management, Supply and Conservation, Butterworth-Heinemann Press, Oxford, London
- [41] **Demircioğlu A.**, Siemens Yüksek Verimli Alçak Gerilim AC Motorları, Siemens San.ve Tic.A.Ş., www.siemens.com/page/1,3771,255569-7-999_0_0-186,01.html
- [42] **Üser Y., Yalçın M.A., Özen Ş.**, 2005. Tipik Bir Endüstriyel Tesiste Enerji Verimliliği Hesaplamaları, 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, s.340-344, 17-18 Mayıs, Kocaeli
- [43] **Kaya D., Güngör C.**, 2002. Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli-I, *Mühendis Makina*, Kasım, **514**, İstanbul
- [44] **A Tesisi Yetkilileri**, 2005. Kişisel Görüşme
- [45] **B Tesisi Yetkilileri**, 2005. Kişisel Görüşme

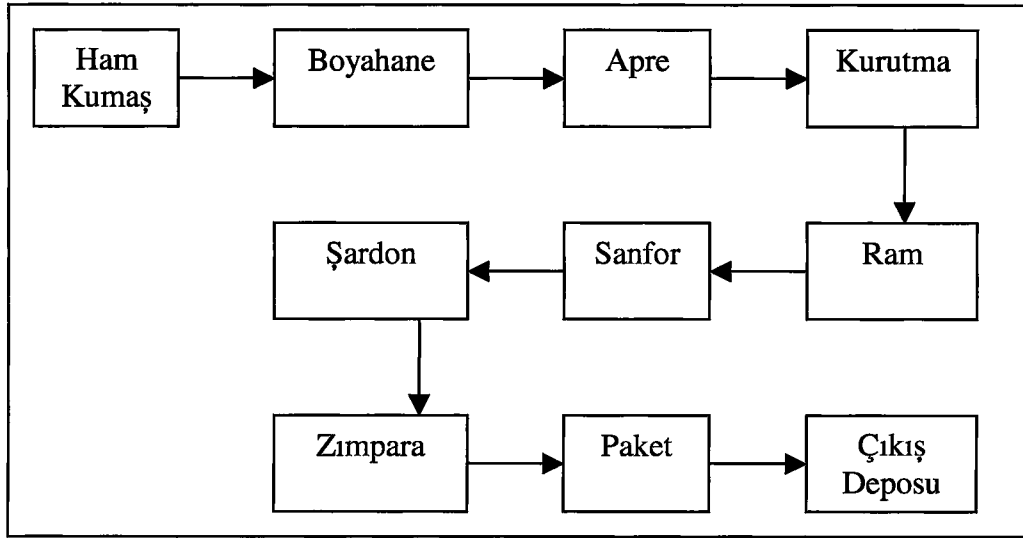
EK A

A TESİSİ İLE İLGİLİ BİLGİLER [44]

Sanayi Sektörü	: Tekstil
Üretim Türü	: Boyalı Örme Kumaş Üretimi
Ürünler	: Pamuk, Pamuk Elaston Pamuk+Sentetik Viskon Sentetik Kumaşlar
Üretim Miktarı	: 17 ton/gün
Kuruluş	: 1981
Kapalı Alan	: 10.000 m ²
Toplam Alan	: 30.000 m ²
Çalışan Sayısı	: 160
Vardiya Sayısı	: 3
Yıllık Çalışma Süresi	: 7200 saat
Başlıca Enerji Kaynakları	: Elektrik (Aydınlatmada, üretim makinalarında, ofis içindeki elektikli aletlerde) Doğalgaz (Buhar üretiminde, kurutma makinalarında)
Diğer Enerji kaynakları	: Buhar (Boya makinalarında, A ve B tesisleri ofis binası ısıtmasında) Su (Boya makinalarında, buhar kazanı besleme suyunun hazırlanmasında)

1. Üretim Prosesi

Tesiste pamuklu dokuma yapılmış örgü kumaşlara ön terbiye, boyama ve apre işlemleri yapılmaktadır. Tesis üretim şeması Şekil A.1'de verilmiştir. Uygulanacak işlemler müşterinin isteği doğrultusunda yapılmaktadır. Yani bazı işlemler istek doğrultusunda uygulanmayabilir.



Şekil A.1: A Tesisinin Proses Akış Şeması

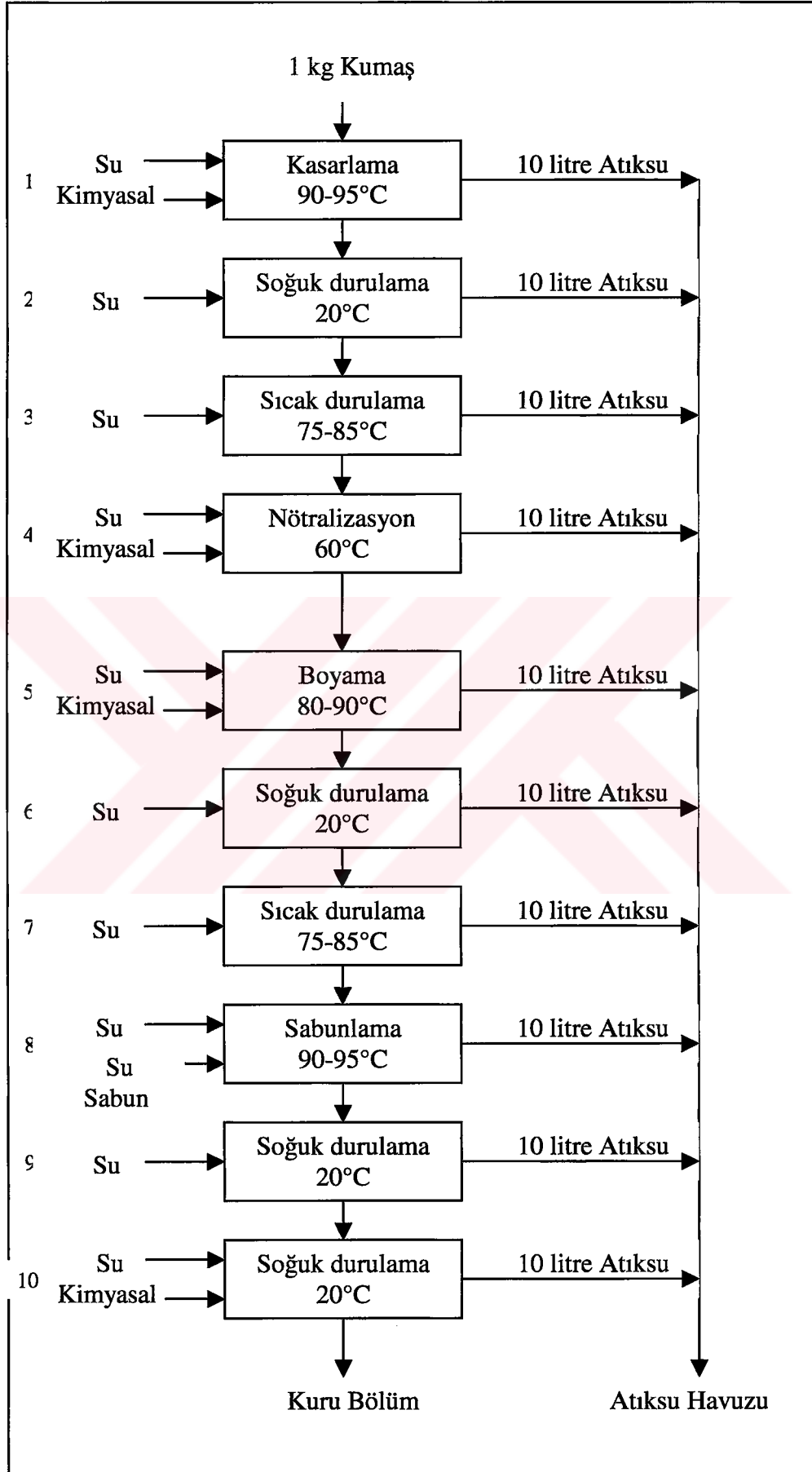
A tesisinde üretim, yaş bölüm (boyahane) ve kuru bölüm olarak iki bölümde gerçekleştirilmektedir. Yaş bölümde kumaşa şu işlemler uygulanmaktadır;

1. Proses; Kasar, boyama, yıkama : Öncelikle kumaşa kimyasal madde kullanılarak kasarlaşma yapılır. Bu işlem yüksek sıcaklıkta (90-95°C) yapılmaktadır. Daha sonra kumaşa sırasıyla soğuk durulama ve sıcak durulama (75-85°C) yapılır. Nötralizasyon işlemi (60°C) yapıldıktan sonra kumaş, boyamaya alınır (80-90°C). Boyamadan sonra daha önce de yapılan soğuk durulama ve sıcak durulama işlemleri uygulanır. Kumaş, daha sonra sabunla yıkanır (90-95°C). Sabunla yıkanan kumaş tekrar soğuk durulama yapılarak yumuşatmada yumuşatılır (50°C).

2. Proses; Optik kasar, yıkama : Optik kasar işlemi normal kasar kimyevi maddelerinin içine ilave olarak beyazlatıcı eklenmesi ile yapılan kasar işlemidir. sonra soğuk durulama yapılır. Daha sonra kumaşa nötralizasyon (pH ayarı) yapıldıktan sonra yumuşatma yapılır.

3. Proses; Yıkama : Sadece yıkama yapılan bu işlemde kuru olarak gelen kumaş öncelikle bir ıslatma işlemi görür daha sonra yumuşatma yapılır.

Tüm bu işlemler, kumaş miktarı, kumaş cinsi ve boya tipine bağlı olarak hazırlanan reçetelerde yazılı olan kimyevi malzeme miktarı, su miktar ve sıcaklığı ile işlem süresine göre yapılır. Her işlem için kg ürün başına ortalama 10 litre atık su oluşmaktadır. "1.Proses" in proses şeması Şekil A.2'de verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi "1.Proses" de on defa atık su oluşmaktadır. Yani kg. ürün başına 100 litre atık su oluşmaktadır. Ayrıca "2. Proses" de dört ve "3. Proses" de iki kez atık su oluşmaktadır.



Şekil A.2: Kasar, Boyama, Yıkama Proses Şeması

Kuru bölümdeki işlemler, adından anlaşılacağı gibi direkt su kullanılmadan yapılan işlemleri kapsar. Bunlar; “apre” denilen kumaşın ütülenmesi ve bu esnada kumaşa çekmezlik özelliği kazandırma işlemi, “ram” denilen kumaşa en ayarı yapıp enden çekmezlik özelliği kazandırma işlemi, “sanfor” denilen kumaşa boydan çekmezlik özelliği kazandırma işlemi, “zımpara” ve “şardon” denilen sırasıyla ince kumaşların ön yüzüne ve kalın kumaşların ön yüzüne uygulanan tüylendirme işlemleridir.

A tesisinin 2004 yılına ait üretim miktarları Tablo A.1’de verilmiştir.

Tablo A.1: A Tesisinin 2004 Yılına Ait Üretimi

2004	kg	gün	% kapasite
Ocak	250.083	26	70
Şubat	208.234	21	73
Mart	226.670	28	57
Nisan	273.406	27	77
Mayıs	281.257	27	80
Haziran	241.650	26	70
Temmuz	268.448	28	73
Ağustos	226.414	25	70
Eylül	236.246	27	72
Ekim	291.757	29	80
Kasım	271.829	26	85
Aralık	340.908	28	85
Aylık Ortalama	259.741,8	26,5	74,33

Tablo A.1’e bakarak günlük işlem gören kumaş miktarının yaklaşık 9800 kg olduğu hesaplanabilir. İşletmedeki yaş işlemlerin ortalama %75’i (7350 kg/gün) “1. Proses”, %15’i (1470 kg/gün) “2. Proses” ve %10’u (980 kg/gün) “3. Proses”i kapsamaktadır.

2. Enerji Tüketimi

Tablo A.2: A Tesisinin 2003 ve 2004 Yılı Elektrik Tüketimleri

Aylar	2003 Yılı Elektrik Tüketimi			2004 Yılı Elektrik Tüketimi		
	Tüketim (kWh)	Birim Fiyat (YTL/kWh)	Toplam Tutar (YTL)	Tüketim (kWh)	Birim Fiyat (YTL/kWh)	Toplam Tutar (YTL)
Ocak	362.880	0,119795	43.471,20	340.200	0,11381	38.718,16
Şubat	226.800	0,119795	27.169,50	308.952	0,11381	35.161,83
Mart	272.160	0,119795	32.603,40	353.808	0,11381	40.266,89
Nisan	367.920	0,119795	44.074,97	395.640	0,11381	45.027,79
Mayıs	355.160	0,119795	42.546,39	430.920	0,11381	49.043,01
Haziran	283.500	0,119795	33.961,88	370.000	0,11381	42.109,71
Temmuz	313.488	0,119795	37.554,29	408.240	0,11381	46.461,79
Ağustos	258.300	0,119795	30.943,04	367.920	0,11381	41.872,98
Eylül	282.744	0,119795	33.871,31	410.760	0,11381	46.748,61
Ekim	253.260	0,119795	30.339,28	461.160	0,11381	52.484,62
Kasım	264.248	0,119795	31.655,58	395.640	0,11381	45.027,79
Aralık	352.800	0,119795	42.263,67	456.120	0,11381	51.911,02
TOPLAM	3,59 GWh = 409.260 YTL			4,70 GWh = 535.800 YTL		

Tablo A.3: A Tesisinin 2003 ve 2004 Yılı Doğalgaz Tüketimi

Aylar	2003 Yılı Doğal Gaz Tüketimi			2004 Yılı Doğal Gaz Tüketimi		
	Tüketim (m ³)	Birim Fiyat (YTL/m ³)	Toplam Tutar (YTL)	Tüketim (m ³)	Birim Fiyat (YTL/m ³)	Toplam Tutar (YTL)
Ocak	390.021	0,3355	130.852,05	288.577	0,3355	96.817,58
Şubat	217.552	0,3355	72.988,69	302.083	0,3355	101.348,85
Mart	317.278	0,3355	106.446,77	351.205	0,3355	117.829,28
Nisan	97.857	0,3355	32.831,02	350.355	0,3355	117.544,11
Mayıs	92.748	0,3355	31.116,95	384.085	0,3355	128.860,52
Haziran	265.489	0,3355	89.071,56	320.134	0,3355	107.404,96
Temmuz	271.696	0,3355	91.154,01	341.466	0,3355	114.561,84
Ağustos	234.242	0,3355	78.588,19	284.783	0,3355	95.544,69
Eylül	241.150	0,3355	80.905,82	334.123	0,3355	112.098,27
Ekim	218.222	0,3355	73.213,48	395.013	0,3355	132.526,86
Kasım	251.623	0,3355	84.419,51	343.864	0,3355	115.366,37
Aralık	341.926	0,3355	114.716,17	410.933	0,3355	137.868,02
TOPLAM	2,9.10⁶ m³ = 972.950 YTL			4,1.10⁶ m³ = 1.377.771 YTL		

A tesisinin 2003-2004 yıllarına ait elektrik ve doğal gaz tüketimleri, sırasıyla Tablo A.2 ve Tablo A.3'de gösterilmiştir. Tablo A.4'de ise A tesisinin 2004 yılı toplam enerji tüketimindeki doğal gaz ve elektriğin, tüketilen miktar ve ödenen bedele bağlı olarak payları gösterilmiştir.

Tablo A.4: A Tesisinin 2004 Yılı Toplam Enerji Tüketimi

Enerji Kaynağı	Toplam Yıllık Tüketim (orjinal birimler)	Toplam Yıllık Tüketim (TEP)	Yıllık Tüketimin Bedeli (YTL)	Toplam Enerji Tüketimindeki Pay	Toplam Enerji Bedelindeki Pay
Elektrik	4.700.000 kWh	404,2	469.936	%10,9	%25
Doğalgaz	4.106.621 m ³	3317,5	1.377.771	%89,1	%75

3. Diğer Veriler

1- Tesiste ikisi yedek olmak üzere toplam üç adet alev borulu skoç tip buhar kazanı mevcuttur. Kazanlara ait özellikler Tablo A.5'de verilmiştir.

Tablo A.5: A Tesisindeki Buhar Kazanları

Kazan No	Isıl Kapasite	Maksimum Üretim	Mevcut Üretim	Maksimum Basınç	Üretim Basıncı	Sıcaklık	Yakıt
1	370 m ²	15000 kg/h	5400 kg/h	18 bar	6 bar	164°C	Doğal gaz Fuel oil
2	100 m ²	4000 kg/h					Fuel oil
3	100 m ²	4000 kg/h					Fuel oil

2- Tesisteki 1 nolu kazan için 03.05.2005 tarihinde farklı çalışma koşullarında yapılan baca gazı analiz sonuçları Tablo A.6'da verilmiştir.

Tablo A.6: A Tesisi Bacagazı Analiz Sonuçları

	En az	En çok
Bacagazı sıcaklığı	161,3 °C	186,8 °C
Ortam sıcaklığı	35,8 °C	37,2 °C
O ₂ oranı	% 3,3	%3,7
CO ₂ oranı	%9,8	%10
CO miktarı	18 ppm	24 ppm
Fazla hava oranı	%18,6	%21,5
Kazan yanma verimi	%92	%93,3

3. Tesisin buhar sistemi ile ilgili bilgiler yetkililerce Tablo A.7’deki gibi verilmiştir:

Tablo A.7 : A Tesisi Buhar Sistemi Bilgileri

Buhar Üretimi	5400	kg/h
Kondens Sıcaklığı	80	°C
Kondens geri dönüş oranı	74	%
Kondens miktarı	3984	kg/h
Kazana giren besleme suyu sıcaklığı	103	°C
Besleme suyu pompası gücü	225	kW
Blöf Sıvısı Sıcaklığı	150	°C
Doğalgaz birim fiyatı	0,3355	YTL/m ³
Doğalgazın yoğunluğu	0,801	kg/m ³
Yakıt alt ısı değeri	8078	kcal/kg
Buharın maliyeti	33,14	YTL/ton
Not: 1 kg yakıt tüketilerek 12,63 kg buhar üretilmektedir. Bir kg yakıt alt ısı değeri kadar ısı verdiği için, 1 kg buhar üretmek için 639,59 kcal ısıya ihtiyaç vardır.		

4. Tesisteki elektrik ile ilgili yetkililerce verilen bilgiler şu şekildedir:

- Elektrik tek terimli tarife üzerinden alınmaktadır.
- Elektrik birim fiyatı; 0,114 YTL/kWh ‘tir.
- Merkezi kompanzasyon yapılarak güç faktörü 0,99’a çıkarılmaktadır.
- Elektrik motorlarında statik yol vericiler kullanılmaktadır.
- Pompa ve fanlarda değişken hız kontrol üniteleri uygulanmaktadır.

EK B

1. B TESİSİ İLE İLGİLİ BİLGİLER [45]

B Tesis :

Sanayi Sektörü	: Tekstil
Üretim Türü	: İplik Üretimi
Ürünler	: %100 Pamuk Ne20-Ne80 arası iplik %100 Bambu Ne20-Ne80 arası iplik
Üretim Miktarı	: 8280 ton/yıl (%70 Penye, %30 Karde)
Kuruluş	: 1988
Kapalı Alan	: 30.000 m ²
Toplam Alan	: 85.000 m ²
Çalışan Sayısı	: 360
Vardiya Sayısı	: 3
Yıllık Çalışma Süresi	: 8400 saat
Başlıca Enerji Kaynağı	: Elektrik (Aydınlatmada, tesis içi makinalarda, ofis içi elektikli aletlerde)
Diğer Enerji kaynakları	: Su (İklimlendirmede) Sıkıştırılmış hava (Pnömatik üretim makinalarında) Buhar (Ofis binası ısıtmasında “A firmasından alınıyor”)

1.1. Üretim Prosesi

B Tesisinde, “Üretim1” ve Üretim2” adı verilen iki ana bölümde aynı üretim prosesleri ile üretim yapılmaktadır. Tarlalardan elle veya makine ile toplanan ham pamuk tohumları, balyalar haline getirildikten sonra kütlü deposu olarak adlandırılan depoda biriktirilir. Kütlü deposundan balyalar halinde alınan pamuklar çırçır fabrikasındaki çırçır makineleri yardımıyla çırçırlanır yani pamuk lifleri çekirdeklerinden ayrılır. Pamuk tohumu çırçır makinelerinden çıktığı gibi kullanılması halinde sadece hayvan yemi olarak kullanım bulur. Bilinçli bir şekilde işlenmesi halinde pamuk tohumlarının tamamı kullanıldığı gibi birçok ürün de elde edilir.

B tesisinin 2004 yılına ait üretim miktarları Tablo B.1’de verilmiştir.

Tablo B.1: B Tesisinin 2004 Yılı İplik Üretimi

Ay	kg
Ocak	696.519
Şubat	635.674
Mart	759.278
Nisan	753.410
Mayıs	746.606
Haziran	727.095
Temmuz	459.540
Ağustos	415.298
Eylül	576.964
Ekim	683.502
Kasım	626.121
Aralık	649.198
Toplam	7.729.205

1.2. Enerji Tüketimi**Tablo B.2: B Tesisinin 2003 ve 2004 Yılına ait Elektrik Tüketimi**

Aylar	2003 Yılı Elektrik Tüketimi			2004 Yılı Elektrik Tüketimi		
	Tüketim (kWh)	Birim Fiyat (YTL/kWh)	Toplam Tutar (YTL)	Tüketim (kWh)	Birim Fiyat (YTL/kWh)	Toplam Tutar (YTL)
Ocak	2541236	0,119795	304427,37	2586694	0,11381	294391,64
Şubat	2386512	0,119795	285892,21	2410132	0,11381	274297,12
Mart	2425322	0,119795	290541,45	2869044	0,11381	326525,89
Nisan	2633937	0,119795	315532,48	2671625	0,11381	304057,64
Mayıs	2747333	0,119795	329116,76	2727711	0,11381	310440,78
Haziran	2633945	0,119795	315533,44	2690630	0,11381	306220,60
Temmuz	2746625	0,119795	329031,94	1896120	0,11381	215797,41
Ağustos	2622830	0,119795	314201,92	1697676	0,11381	193212,50
Eylül	2644341	0,119795	316778,83	2501642	0,11381	284711,87
Ekim	2087014	0,119795	250013,84	2640745	0,11381	300543,18
Kasım	2045207	0,119795	245005,57	2664950	0,11381	303297,95
Aralık	2819392	0,119795	337749,06	2700356	0,11381	307327,51
TOPLAM	30,33 GWh = 3.633.824,9 YTL			30,05 GWh = 3.420.824,2 YTL		

B tesisinin 2003 ve 2004 yıllarına ait elektrik tüketimleri Tablo B.2’de verilmiştir. Ayrıca işletmede bulunan tüm elektrik enerjisi tüketicilerinin, ölçümler sonucu belirlenen anlık güçleri ve herbir makine veya makine grubunun toplam tüketimdeki payları Tablo B.3’de verilmiştir.

Tablo B.3: B Tesisindeki Makinalardan Çekilen Anlık Elektrik Gücü

Bulunduğu Bölüm	Makine Adı	Güç (kW)	Makine Adedi	Toplam Güç (kW)	Bölümündeki %	Toplamdaki %
Üretim1	Ring 1	307,3	22	6.761,4	24,40	13,08
Üretim1	Ring 2	307,3	10	3.073,3	11,09	5,95
Üretim1	Fitil	111,8	8	894,1	3,23	1,73
Üretim1	Cer	30,7	12	368,8	1,33	0,71
Üretim1	Penye	55,9	17	949,9	3,43	1,84
Üretim1	Unilap	81,0	3	243,1	0,88	0,47
Üretim1	Bobin	110,0	7	770,0	2,78	1,49
Üretim1	Tarak	67,1	19	1.274,0	4,60	2,46
Üretim1	HH	698,5	1	698,5	2,52	1,35
Üretim1	Telef pres	223,5	1	223,5	0,81	0,43
Üretim1	Klima Sant. 1	1.061,7	1	1.061,7	3,83	2,05
Üretim1	Klima Sant. 2	1.061,7	1	1.061,7	3,83	2,05
Üretim1	Klima Sant. 3	1.665,2	1	1.665,2	6,01	3,22
Üretim1	Klima Sant. 4	469,4	1	469,4	1,69	0,91
Üretim1	Kompresör 4	1.676,4	1	1.676,4	6,05	3,24
Üretim1	Fixaj	1.452,9	1	1.452,9	5,24	2,81
Üretim1	Arıtma	335,3	1	335,3	1,21	0,65
Üretim1	Paketleme	27,9	1	27,9	0,10	0,05
Üretim1	Hidrant	575,6	1	575,6	2,08	1,11
Üretim1	KS 01 ½	33,5	1	33,5	0,12	0,06
Üretim1	Kompresör 1	614,7	3	1.844,0	6,65	3,57
Üretim1	İmdat	380,0	1	380,0	1,37	0,74
Üretim1	Aydınlatma	1.875,3	1	94	6,77	3,63
Üretim2	Ring 1	363,2	8	2.905,7	12,12	5,62
Üretim2	Ring 2	363,2	18	6.537,8	27,27	12,65
Üretim2	Fitil	95,0	8	760,0	3,17	1,47
Üretim2	Cer	44,7	12	536,4	2,24	1,04
Üretim2	Penye 1	50,3	6	301,7	1,26	0,58
Üretim2	Penye 2	27,9	4	111,8	0,47	0,22
Üretim2	Unilap	44,7	1	44,7	0,19	0,09
Üretim2	Tarak	83,8	20	1.676,4	6,99	3,24
Üretim2	HH	642,6	1	642,6	2,68	1,24
Üretim2	Klima Sant. 1	949,9	1	949,9	3,96	1,84
Üretim2	Klima Sant. 2	1.061,7	1	1.061,7	4,43	2,05
Üretim2	Klima Sant. 3	1.788,1	1	1.788,1	7,46	3,46
Üretim2	Klima Sant. 4	1.564,6	1	1.564,6	6,53	3,03
Üretim2	MT 01Bobin 1	195,6	7	1.369,0	5,71	2,65
Üretim2	MT 08 Bobin 2	223,5	2	447,0	1,86	0,86
Üretim2	UN 01	140,0	1	140,0	0,58	0,27
Üretim2	KS 01 ½	39,1	1	39,1	0,16	0,08
Üretim2	Aydınlatma	3.097,5	1	89	12,92	5,99

1.3. Yakıt Tüketimi

B tesisinde oldukça büyük miktarda elektrik tüketiliyor. Buhardan ise A tesisinde bulunan buhar kazanından çekilen bir buhar hattı yardımıyla sadece kış aylarında ofis binasında bulunan büroların ısıtılmasında yararlanılıyor. Bunun yanında yine kış aylarında iç ortamın sıcaklığını arttırmak için klima santralinde kullanılıyor. Bunun için her ay 5.000YTL'lik sabit bir bedel A tesisine ödeniyor. Dolayısıyla belirli bir yakıt tüketimi yok.

1.4. Diğer Bilgiler

1. Kompresörlere ait bilgiler Tablo B.4'de verilmiştir.

Tablo B.4: B Tesisindeki Kompresörlere Ait Bilgiler

	Ana Kompresör	Yedek Kompresörler
Sayı	1	3
Tip	Vidalı	Vidalı
Marka	Atlas Copco	
Model	GA 132	
Kapasite	20 m ³ /d	8,6 - 8,6 - 8 m ³ /d
Günlük çalışma süresi	24 saat	24 saat
Çıkış basıncı	8,9 bar	8,9 bar
İhtiyaç duyulan basınç	7,5 bar	7,5 bar
Hat boyunca kayıp	1,4 bar	1,4 bar
Soğutma tipi	Hava ile	Hava ile
Soğ. havası giriş sıcaklığı	Ortam sıcaklığı	Ortam sıcaklığı
Soğ. havası çıkış sıcaklığı	33°C	33°C
Yüksüz halde çekilen güç	Yükten çıkmıyor	Yükten çıkmıyor
Yüklü halde çekilen güç	140 kW	59 – 59 – 56 kW
Kurutucu tipi	Soğutmalı	Soğutmalı
Kontrol sistemi	Start-Stop	Start-Stop
Diğer	Hava, bina içinden alınıyor. Binaya taze hava girişi kuzeybatı yönünden sağlanıyor.	

2. Aydınlatma sistemine ait bilgiler;

- Üretim Birimi 1'de 2769 adet 40W'lık tüp flourasan lamba ve 10W'lık manyetik balastlar kullanılıyor.
- Üretim Birimi 2'de 1789 adet 36W'lık tüp flourasan lamba ve 10W'lık manyetik balastlar kullanılıyor.
- Tuvalet ve koridorlarda 50 adet 60W'lık akkor lamba; depo, sevkiyat bölümü ve dış aydınlatmalar için 20 adet 250W'lık civa buharlı, 12 adet 400W'lık civa buharlı, 4 adet 400W'lık halojen ve 6 adet 300W'lık halojen lambalar kullanılıyor (dış aydınlatma gün ışığına göre otomatik olarak yapılıyor)

3. İşletmede inverter takılabilecek elektrik motorları;
 - Ring sistemi motorları: 40 kW'lık 26 adet, 5,5 kW'lık 26 adet
 - Bobin motorları: 15 kW'lık 7 adet
 - Cer motorları: 7,5 kW'lık 24 adet
 - Harman hallaç motorları: 7,5 kW'lık 2 adet, 4 kW'lık 2 adet, 3 kW'lık 2 adet
 - Tarak motorları: 7,5kW'lık 19 adet, 2,1 kW'lık 19 adet, 1,5 kW'lık 19 adet
 - Penye motorları: 4,6 kW'lık 6 adet
4. Elektriğe ait bilgiler;
 - Elektrik, tek terimli tarifieden satın alınıyor.
 - Elektriğin birim fiyatı; 0,114 YTL/kWh
 - Merkezi kompanzasyon yapılarak güç faktörü 0,98'e çıkartılıyor.



ÖZGEÇMİŞ

İstanbul 1982 doğumlu olan Ahmet GÜLCİVAN, 1999 yılında Özel Tekirdağ Fen Lisesi'nde tamamladığı lise eğitiminin ardından, başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'ndeki Lisans Eğitimini, Haziran 2004'te Makine Mühendisi olarak tamamladı. Halen, Eylül 2004'te başlamış olduğu Yüksek Lisans Eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü'nde devam ettirmektedir.

