



BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ  
BİLECİK

ŞEYH EDEBALIÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

**BİR TEKSTİL FABRİKASINDA ENERJİ  
MALİYETLERİNİN AZALTILMASINA İLİŞKİN BİR  
UYGULAMA**

**Mesut TURAN**  
Yüksek Lisans Tez

**Tez Danışman**  
**Doç. Dr. Eylem PEHLİVAN**

**BİLECİK, 2019**  
Ref No.: 10289993



BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK**

**ŞEYH EDEBALIÜNİVERSİTESİ**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**BİR TEKSTİL FABRİKASINDA ENERJİ  
MALİYETLERİNİN AZALTILMASINA İLİŞKİN BİR  
UYGULAMA**

**Mesut TURAN  
Yüksek Lisans Tez**

**Tez Danışman  
Doç. Dr. Eylem PEHLİVAN**

**BİLECİK, 2019**



BİLECİK ŞEYH EDEBALI  
ÜNİVERSİTESİ

**BİLECİK**

**SEYH EDEBALI UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences  
Department of Energy Systems Engineering**

**AN APPLICATION OF REDUCING ENERGY COSTS IN A  
TEXTILE FACTORY**

**Mesut TURAN  
Master Thesis**

**Thesis Advisor  
Assoc. Prof. Dr. Eylem PEHLİVAN**

**BİLECİK, 2019**



## BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

### FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS

#### JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 31/07/2019 tarih ve 41-20 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 23/08/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mesut TURAN'ın "Bir tekstil fabrikasında enerji maliyetlerinin azaltılmasına ilişkin bir uygulama" başlıklı tez çalışması Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/~~oy çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

#### JÜRİ

##### ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Eylem PEHLİVAN

ÜYE : Doç. Dr. Selçuk ÖZCAN

ÜYE : Doç. Dr. Elif ÖDEŞ AKBAY

#### ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun  
.../.../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/ MÜHÜR

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalıőmamda bana yardımcı olan ve bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli tez danıőmanım Sayın Doç. Dr. Eylem Pehlivan'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Ve en önemlisi her zaman maddi manevi desteęini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

## **BEYANNAME**

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

**.../.../2019**

**Mesut TURAN**

## BİR TEKSTİL FABRİKASINDA ENERJİ MALİYETLERİNİN AZALTILMASINA İLİŞKİN BİR UYGULAMA

### ÖZET

İstihdam bakımından önde gelen sektörlerden olan tekstil sektöründe 1970-2000 yılları arasında hızlı bir büyüme gerçekleşmiştir. Hızlı büyüme ile birçok tekstil fabrikası açılmış ve günün şartları gereği yüksek karlar ile çalışan bu fabrikalar enerji verimliliğine gereken özeni göstermemiştir. Geçen zaman içerisinde küresel pazardaki rekabet ile fabrikalar nihai üründe maliyet azaltıcı tedbirler almak zorunda kalmıştır.

Bu çalışmada yüksek yatırım bedelleri gerektirmeyen, kısa vadede kendini amorti edip kar sağlamaya başlanabilecek enerji verimliliği çalışmaları üzerinde durulmuştur. Fabrikadaki izolasyonsuz vana grupları ve sıcak hatların izolasyon çalışması yapılmış, buhar kaçakları, klima sistemi, basınçlı hava hattındaki kaçaklar, kompresörlerde verimsizliğe neden olan etmenler tespit edilmiştir. Enerji verimsizliğine neden olan bu etmenlerin yatırım maliyetleri, boşa giden enerji miktarları, bunların mali değerleri ile basit geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Bir tekstil fabrikasında gerçekleştirdiğimiz çalışmamız önemli bir ek maliyet getirmeden, her ölçekte işletmenin faydalanabilmesine uygundur. Çalışmamızın ülkemizde yüksek istihdam sağlayan tekstil sektörünün dünya ile rekabet edebilme gücüne fayda sağlayabileceği düşünülmektedir. Benzer prosese sahip diğer işletmelere yol gösterici olması ve enerji verimliliği konusunda çalışma yapabilmeleri için teşvik edici olması umut edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Verimliliği, Tekstil, Enerji Tasarrufu

## **AN APPLICATION ON RESEARCH OF ENERGY COSTS IN A TEXTILE FACTORY**

### **ABSTRACT**

In the textile sector, which is one of the leading sectors in terms of employment, rapid growth was realized between 1970 and 2000. Many textile factories were opened with the help of rapid growth, but these factories, operating with high profits due to the conditions of the day, did not pay due attention to energy efficiency. With the competition in the global market, factories have had to take cost-reducing measures in the final product.

In this study, energy efficiency studies that do not require high investment costs and which can pay for itself in the short term and start to make a profit are emphasized. Insulation works were made for uninsulated valve groups and hotlines in the factory and steam leaks, air conditioning system, compressed air line leaks, factors causing inefficiencies in compressors were determined. Investment costs, wasting energy amounts, their financial values and simple repayment periods of these factors causing energy inefficiency were calculated.

The study carried out in a textile factory is suitable for businesses of all sizes without significant additional costs. It is thought that the study can benefit the competitiveness of the textile sector which provides high employment in our country with the world. It is hoped that it will guide other businesses with similar processes and encourage them to work on energy efficiency.

**Key Words:** Energy Efficiency, Textiles, Energy Saving

## İÇİNDEKİLER

	Szayfa No
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	
<b>BEYANNAME</b> .....	
<b>ÖZET</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>III</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>V</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>V</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>IX</b>
<b>2. ENERJİ</b> .....	<b>4</b>
2.1. Enerji Verimliliği .....	4
2.2. Dünyada Enerji Durumu .....	5
2.4. Fabrikanın Enerji Dağılımlarının İncelenmesi .....	10
<b>3. TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TASARRUF OLANAKLARI</b> .....	<b>13</b>
3.1. İzolasyon .....	13
3.1.1. Vana grupları .....	13
3.1.2. Sıcak Hatların İzolasyonu.....	16
3.2 Buhar Kaçakları.....	17
3.3 Basınçlı Hava Sistemleri .....	17
3.4 Aydınlatma Sistemi .....	21
<b>4. MATARYEL ve METOT</b> .....	<b>24</b>
4.1. İzolasyon Çalışmaları .....	24
4.1.1 Vana Grupları .....	27
4.1.2 Sıcak hatlar .....	27
4.2. Buhar Kaçakları.....	28
4.3. Basınçlı Hava Sistemleri .....	29
4.4. Aydınlatma .....	31
4.5. Klima Sistemi .....	33
<b>5. TEKSTİL FABRİKASINDA TESPİT EDİLEN ENERJİ KAYIPLARI ve TASARRUF MİKTARLARI</b> .....	<b>35</b>
5.1. İzolasyon Çalışmaları .....	35

5.2. Buhar Kaçakları.....	48
5.3. Basınçlı Hava Sistemleri .....	50
5.4 Aydınlatma Sistemi .....	53
5.5. Klima Santralleri .....	59
<b>6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>61</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>64</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>.....</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

<b>Şekil 2.1.</b> 2016-2040 yılları arasında yeni politikalar senaryosu dikkate alındığında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar .....	4
<b>Şekil 2.2.</b> Bazı sanayi kollarında toplam üretim içindeki enerjinin yaklaşık maliyeti .....	8
<b>Şekil 2.3.</b> 1990-2016 yılları arasında Türkiye toplam birincil enerji üretimi ve arzı .....	8
<b>Şekil 2.4.</b> 1985-2016 değerlerine göre 2017-2030 Türkiye birincil enerji talep tahminleri .....	9
<b>Şekil 2.5.</b> Türkiye elektrik üretim santralleri toplam kurulu gücünün kaynaklara göre yıllık gelişimi.....	10
<b>Şekil 2.6.</b> Fabrikanın yıllara göre enerji tüketim oranları .....	11
<b>Şekil 2.7.</b> Fabrikanın yıllara göre enerji tüketim miktarları .....	12
<b>Şekil 2.8.</b> Fabrikanın yıllara göre enerji maliyetleri .....	12
<b>Şekil 3.1</b> Bir standart buhar hattı ekipmanları .....	14
<b>Şekil 3.2.</b> Vana ceketini görseli ve doğru uygulanmış bir vana ceketini izolasyon uygulaması.....	15
<b>Şekil 3.3.</b> Şamandıralı kondensatör kesiti.....	16
<b>Şekil 3.4.</b> Alüminyum kaplı cam yünü boru izolasyon malzemesi .....	16
<b>Şekil 3.5.</b> Basıncı hava sistemlerinin bir yıllık giderleri .....	18
<b>Şekil 3.6.</b> AB normlarına göre uygulanabilir tasarruf olanakları.....	19
<b>Şekil 3.7.</b> Basıncı hava sistemi genel görünümü .....	19
<b>Şekil 3.8.</b> Basınç düşüm diyagramı.....	21
<b>Şekil.4.1.</b> Buhar uzunluğunun fonksiyonu olarak kaçak buhar akışı.....	28
<b>Şekil 4.2.</b> Mevcut kompresörler.....	29
<b>Şekil 4.3.</b> Hava kurutucuları ve hava tankları.....	29
<b>Şekil 4.4.</b> Armatür kaynaklı aydınlatma verimsizliğine neden olan örnek armatürler ...	31
<b>Şekil 4.5.</b> Klima dairesi şematik görünümü.....	33
<b>Şekil 4.6.</b> İncelemesi yapılan klima sisteminden görseller .....	34
<b>Şekil 5.1.</b> Vana grupları için örnek termal kamera fotoğrafları ve orjinal fotoğraflar...	35
<b>Şekil 5.2.</b> Enerji verimsizliğine yol açan örnek bir buhar hattının termal kamera ve düz lens fotoğrafı.....	44
<b>Şekil.5.3.</b> Örnek buhar kaçakları fotoğrafı.....	48

<b>Şekil.5.4.</b> Hatalı montajı bulunan kondensstopların fotoğrafları .....	49
<b>Şekil 5.5.</b> Şamandıralı kondensstopun yanlış ve doğru montaj şeması.....	49
<b>Şekil 5.6.</b> Termal kamera ile görüntülenen bir armatür ve ısınma değerleri .....	54

## ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa No**

<b>Çizelge 2.1.</b>	Farklı enerji kaynaklarına ait emisyon değerleri... ..	5
<b>Çizelge 2.2.</b>	2003 yılı Dünya Kişi Başına Enerji Tüketimi .....	6
<b>Çizelge 2.3.</b>	Fabrikanın 2014 ile 2019 yılları arasında kullanılan enerji bilgileri... ..	11
<b>Çizelge 3.1.</b>	Basınçlı Hava Hatlarında Kullanılan Bazı Bağlantı Elemanlarının Karşılık Geldiği Boru Uzunluğu .....	20
<b>Çizelge 3.2.</b>	Yaygın kullanılan ışık kaynaklarının ortalama etkinlik faktörü ve ömür değerleri.....	22
<b>Çizelge 4.1.</b>	Hava Hızına Bağlı Olarak Yüzeysel Isı İletim Katsayıları (Uso) .....	26
<b>Çizelge 4.2.</b>	İzolasyon hesaplamalarında kullanılan değerler .....	26
<b>Çizelge 4.3.</b>	Basınçlı Hava Sistem Sabitleri .....	30
<b>Çizelge 5.1.</b>	Enerji verimsizliği tespit edilen vana gruplarının bilgileri.....	36
<b>Çizelge 5.2.</b>	Vana gruplarına yönelik vana ceketi uygulaması için tasarruf hesaplamaları.....	39
<b>Çizelge 5.3.</b>	Sıcak hatların ölçümleri sonucunda alınan veriler .....	44
<b>Çizelge 5.4.</b>	Sıcak hatlar yönelik izolasyon uygulaması için tasarruf hesaplamaları ..	46
<b>Çizelge 5.5.</b>	Kayıp buhar miktarları ve bu kayıpların giderilmesi ile elde edilebilecek tasarruf miktarları .....	48
<b>Çizelge 5.6.</b>	Tespit edilen hava kaçaklarının değerleri.....	50
<b>Çizelge 5.7.</b>	Basınçlı hava kaçaklarının maliyeti.....	51
<b>Çizelge 5.8.</b>	İşletme basıncının 660 kPa olması durumunda elde edilebilecek tasarruf miktarı.....	55
<b>Çizelge 5.9.</b>	Aydınlatma sisteminin mevcut durumunun incelemesi .....	55
<b>Çizelge 5.10.</b>	LED Teknolojisi Dönüşüm Hesaplamalarda kullanılan değerler .....	56
<b>Çizelge 5.11.</b>	Aydınlatma Sisteminin LED Lambalar İle Değişimi Sonrası Yapılan Hesaplamalar .....	57
<b>Çizelge 5.12.</b>	Aydınlatma Sistemi Toplu Sonuç Hesaplama Tablosu .....	58
<b>Çizelge 5.13.</b>	Mevcut motorların IE3 sınıfı yüksek verimli motor ile değişimi sonrası hesaplamalar .....	60
<b>Çizelge 5.14.</b>	Klima bakım sonucu verim hesaplamaları .....	61
<b>Çizelge 6.1.</b>	Çalışma sonuçları toplu gösterim çizelgesi .....	62

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
e	: Yalıtımsız yüzeyin emissivitesi
Q	: Isı kaybı (W)
Q <sub>b</sub>	: Yalıtım öncesi ısı kaybı (W/m)
Q <sub>y</sub>	: Yalıtım sonrası ısı kaybı (W/m)
U <sub>c</sub>	: Konveksiyon ile ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
U <sub>r</sub>	: Radyasyon ile ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
d <sub>1</sub>	: Boru dış çapı (m)
d <sub>2</sub>	: Yalıtım sonrası dış çap (m)
λ	: Yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği (W/mK)
U <sub>so</sub>	: Hava hızına bağlı yüzeysel ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
T <sub>s</sub>	: Yüzey sıcaklığı (K)
T <sub>a</sub>	: Ortam sıcaklığı (K)
T <sub>o</sub>	: Yalıtım sonrası hedeflenen yüzey sıcaklığı (K)
B	: Eşdeğer faktör (1,3)
A	: Isı transfer alanı (m <sup>2</sup> )
R	: Isıl direnç (m <sup>2</sup> K/W)
L	: Hava kaçakları nedeniyle oluşan güç kaybı (m <sup>3</sup> /s)
N <sub>L</sub>	: Hava kaçaklarının sayısı
P <sub>L</sub>	: Delik olan yerdeki hat basıncı (kPa)
P <sub>i</sub>	: Delik olan yerdeki hat basıncı (kPa)
T <sub>i</sub>	: Kompresör içindeki havanın sıcaklığı
C <sub>1</sub>	: Hacimsel sonik akış sabiti (13,29)
C <sub>d</sub>	: Kare kesitli orisif katsayısı (0,8)
σ	: 5.67 x 10 <sup>-8</sup> W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )
D	: Delik çapı (m)
V <sub>f</sub>	: Kaçan havanın debisi (m <sup>3</sup> /h)
K	: Havanın özgül ısı oranı (1,4)
N	: Kademe sayısı
P <sub>o</sub>	: Kompresör çalışma basıncı (kPa)
E <sub>a</sub>	: Kompresör diyabatik verimi

$E_m$	: Kompresör motor verimi
$A_{eş}$	: Eşdeğer alan
$U_{so}$	: Hava hızına bağlı olarak yüzeysel ısı iletim katsayısı
$K$	: Yıllık toplam tasarruf (TL)
$t$	: Yıllık çalışma saati (saat)
$P_N$	: Motorun anma gücü
$x$	: Motorun yüklenme oranı
$k$	: Elektrik birim fiyatı
$n$	: Mevcut motorun verim değeri
$n_{eff}$	: Verimli motorun verim değeri

### **Kısaltmalar**

### **Açıklama**

kWh	: Kilowatt saat
GWh	: Gigawatt saat
TEP	: Ton eşdeğer petrol
MTEP	: Milyon ton eşdeğer petrol
BGÖS	: Basit geri ödeme süresi (yıl)
MMO	: Makine mühendisleri odası
L70	: Ekonomik ömür (%70)
GTO	: Güçteki tüketim oranı
UEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
KGPE	: Kilogram petrol eşdeğer
LED	: Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)

## 1. GİRİŞ

Enerji, sosyoekonomik açıdan bakıldığında, yaşam standartlarında ve ülke gelişiminde ilerlemeyi sağlayan en önemli faktördür. Sanayi devriminden sonra ülkelerin enerji ihtiyacı hızlı bir şekilde artmıştır. Teknolojik gelişmeler ve insanların yaşam standartlarındaki iyileşmelerin devamlılığı enerji ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Sonsuz enerji ihtiyacının meydana getirdiği çevresel kirlilikler, enerji maliyetlerinin giderek artması, fosil yakıtların tükenme eğiliminde olması gibi sebepler ülkeleri daha temiz, daha verimli ve daha akıllı teknolojilere yönlendirmiştir.

Bir ülkenin enerji ihtiyacı, o ülkenin gelişmişlik seviyesi ile bağlantılıdır. Buradan yola çıkarak gelişmek için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkemiz, gelişen bir ülke olmasından dolayı yüksek enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Son yıllarda yapılan yatırımlara rağmen, enerjide dışa bağımlılığımız devam etmektedir ve kısa vadede kendi kendine yetip, enerji ihracatçısı bir ülke konumuna gelmemiz mümkün gözükmemektedir. Sürekli enerji ithalatı yapan ülkemizde; dışarıya bağımlılığımızı azaltmamız ve ülke olarak enerjimizi daha verimli kullanmamız gerekmektedir. Gelişen teknolojileri takip edip, enerjide tasarruf yaparak ülkemizi ileriye götürmemiz mümkündür.

Enerji kaynaklarının sürekli olarak tükenme eğiliminde olması, enerji fiyatlarının artışına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle günümüzde yüksek kar marjlarına sahip endüstriler dahi ileride enerji maliyetlerinin oluşturduğu etki ile dünya piyasası ile rekabet etme gücünü yitirme eğilimine girmesi muhtemeldir. Enerji verimliliği, gelişen teknolojileri kullanarak kaliteyi değiştirmeden daha az enerji ile aynı üretimi yapabilme prensibine dayanmaktadır. Gelişmek isteyen her ülke, fabrika ve konut buna uymak mecburiyetindedir. Enerji verimliliği ile enerji kullanımından kaynaklı istenmeyen yan etkilerde (çevre kirliliği, ortam ısısı, ekipman arızası, yüksek yatırım ve maliyet, kaza riski vb.) azalma meydana gelecektir. Enerji verimliliğinden elde edilen tasarruf ile daha rekabetçi bir güç olunabilecektir.

Bu çalışmada iplik üreten bir tekstil fabrikasında, enerji verimliliği sağlanarak enerjinin etkin kullanılması, enerji tasarruf olanaklarının ve verimlilik artırıcı projelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızda fabrikadaki izolasyon çalışmaları, buhar kaçakları, aydınlatma, pompalar ve klima sistemleri incelenmiştir. Yapılan çalışma ile enerji maliyetlerinden sağlanan tasarruf ile nihai ürün maliyetinin düşüşü

amaçlanmıştır. Buradan yapılacak maliyet düşüşü ile sanayicilerin rekabet etme gücü artacaktır. Bununla beraber kullanılan enerji miktarındaki düşüş ile daha az baca gazı, daha az fosil yakıt kullanımı ve ülkemizin daha az enerji ithalatı yapması amaçlanmıştır.

Termal kamera çekimleri ile ısı kaçakların tespit edilmesi; kullanılan termal enerjinin ürün dışında dış ortama kaçarak ziyan olan kısmının tespiti için yapılmaktadır. Özellikle boyahanelerde, buhar kullanılan tüm tezgâhlarda, sıcak hava apereylerinde ısının atmosfere kaçıp kaçmasının ölçülmesini sağlar. Ayrıca izolasyonların eskiiyip eskimediğini, elektrik panolarındaki gevşek bağlantı, dengesiz güç çekimi gibi uygunsuzlukların anında tespitine yaramaktadır (Öztürk, 2012). Uzun mesafeli buhar iletiminde borulama sistemlerinde yüksek basınçlı ve küçük çaplı sistemler yerine, düşük basınçlı ve daha geniş çaplı sistemler tercih edilmelidir. Bununla birlikte boruların kıvrımlarında basınç kayıpları yüksek olduğundan, kıvrımların veya dönemeçlerin çaplarının genişletilmesi bu kayıpları azaltmaktadır. Özellikle Türkiye'deki tekstil tesislerine bakıldığında, buhar ve sıcak su sistemlerindeki yalıtım seviyelerinin düzgün olmadığı görülür, bunun en önemli nedeni yırtılan yalıtım malzemelerinin bakım yetersizliği veya yanlış bakımıdır (Ünlü, 2009).

TUİK 2013 yılı hane halkı işgücü anketi sonuçlarına göre tekstil sektöründe çalışan sayısı 619 bin kişi olup, 349 bin kişi erkek, 270 bin kişi kadın olarak tahmin edilmiştir (URL-1). İnceleme yapılan iplik üretimi yapan tesiste 195 erkek, 464 kadın çalışmaktadır. Kadın istihdam oranı %70,4'tür. Sanayide kadın istihdamı %15 civarındadır. Tekstil sektörünün yüksek kadın istihdam oranı göz önüne alınırsa, tekstil sektörünün devamlılığının sağlanması ve geliştirilmesi özellikle kadınlarımızın geleceği güven altına alınacaktır. Tekstil sektörü özellikle 1970-2000 yılları arasında hızlı bir büyüme göstermiş, 1990 yılında ülkemizin toplam ihracatının %40'ını tekstil sektörü yapmıştır. Beraberinde yüksek enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Yüksek kar marjları ve ihracat oranları ile birçok yatırım yapılan sektör, günümüzde ise rekabet ortamının güçlüğü ve buna bağlı olarak kar marjının düşmesi nedeniyle sektöre yeni yatırımların ivmesi azalmıştır. Yeni yatırımlar daha çok hazır giyim üzerine yapılmaya başlanmıştır. İşletmelerin yeni yatırım yapmak yerine geçmişte yaptıkları yatırımlarla veya kapanan işletmelerin eski model makineleri ile üretim yapması beraberinde enerji verimsizliğini de getirmiştir. Enerjisini verimsiz kullanan işletmeler, toplam enerji maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır. Tekstil sektörünün yüksek enerji ihtiyacı düşünüldüğünde,

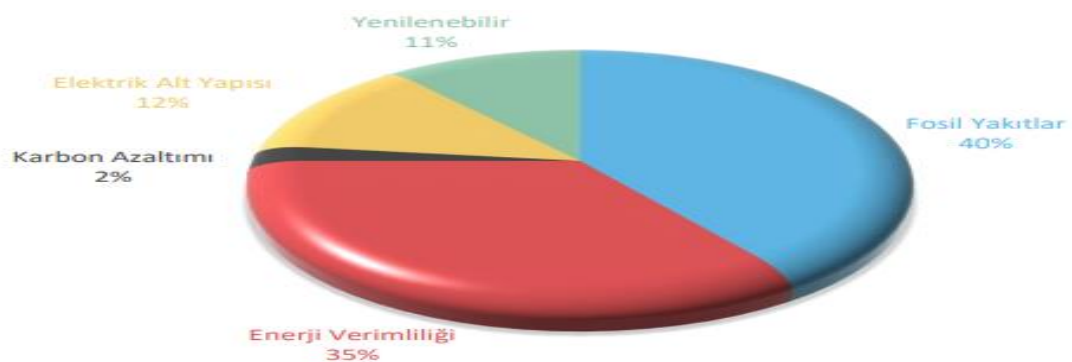
enerji verimsizliği nihai ürüne ek maliyet getirerek dünya ile rekabet edebilme gücüne zarar vermektedir. Günümüzün rekabetçi koşulları ve sürekli artan enerji fiyatları nedeniyle işletmelerin tükettiği enerjiyi verimli kullanabilmesi gerekmektedir. Tükettiđi enerjiyi verimli kullanan bir işletme, buradan sağlanan tasarruf ile nihai ürün maliyetlerini azaltılabilecektir. Böylece işletmecilerin uluslararası pazarda rekabet gücünü arttırarak, sektörün güçlenmesine fayda sağlanacaktır.

## 2. ENERJİ

### 2.1. Enerji Verimliliği

Kullanılan enerjideki kayıpların önlemesi, enerji kullanım sonrası oluşan atıkların değerlendirilmesi veya ileri teknoloji kullanılarak üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim ürün başına kullanılan enerjinin azaltılmasıdır. Bu tanıma göre örnekleme yaparsak; sıcak bir yaz günü evdeki klimayı kapatmak enerji verimliliği olarak tanımlanamaz, çünkü kullanılan enerjide azalma olmasına rağmen termal konfordan feragat edilmiştir.

Enerji verimliliği, yaşam kalitemizden, ihtiyaçlarımızdan ve üretimimizden ödün vermeden enerjiyi yüksek bir verimle ve tasarrufla kullanmaktır. Bugün enerjinin verimli kullanımı sonucunda sağlanacak olan enerji tasarrufunun, en hızlı ve en ucuz elde edilen, en temiz enerji kaynağı olduğu bütün dünyada kabul edilmektedir. Ülkemiz açısından da enerji verimliliğinin artırılması ile tasarruf edilebilecek enerji, bedeli diğerlerinden daha ucuz olan ve özellikle başvurulması gereken yerli ve temiz bir enerji kaynağıdır (Kaya & Öztürk 2014). Dünya enerji talebini karşılamak için küresel enerji yatırımları her yıl artış göstermektedir. UEA verilerine göre enerji sektörüne 2016 ile 2040 yılları arasında küresel ölçekte toplam 66,5 trilyon dolar yatırım yapılacağı tahmin edilmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017). Şekil 2.1'de 2016-2040 yılları arasında yeni politikalar senaryosu dikkate alındığında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar verilmiştir.



**Şekil 2.1.** 2016-2040 yılları arasında yeni politikalar senaryosu dikkate alındığında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımlar (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017).

Tüm enerji kaynakları çeşitli miktarlarda CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olduğu göz önüne alınmalıdır. Bu denli büyük bir yatırımın verimli bir şekilde kullanılması hem ekonomik hem de gelecek nesillere yaşanılabilir bir dünya bırakmak adına oldukça önem içermektedir. Çizelge 2.1’de farklı enerji kaynaklarına ait emisyon değerleri verilmiştir. Sera gazı emisyonlarının azaltılmasında, mevcut enerjinin verimli bir şekilde kullanılması gerektiği görülmektedir.

**Çizelge 2.1.** Farklı enerji kaynaklarına ait emisyon değerleri (Özcan & Öztürk, 2015).

KAYNAK	SERA GAZI EMİSYONU ((Ton-CO <sub>2</sub> )/GWh)
Doğalgaz	499
Linyit	1054
Taş Kömürü	888
İthal Kömür	888
Fuel-oil	733
Nükleer	66
Hidroelektrik	26
Rüzgâr	10
Jeotermal	38
Biokütle	26
Güneş	23

## 2.2. Dünyada Enerji Durumu

1980 yılında 7.246,2 MTEP olan dünya birincil enerji üretimi, yıllar bazında giderek artış eğilimi göstermiş, 2004 yılına gelindiğinde 11.166,9 MTEP seviyelerinde seyretmiştir. Benzer şekilde ele alınan yıllarda tüketim artış eğilimi göstermiş olup, genel olarak enerji tüketimi, üretimden daha fazla olmuştur. Yaklaşık 6 milyar nüfusa sahip dünyada sanayileşmiş ülkelerde yaşayan 1 milyar nüfus kullanılan toplam enerjinin yaklaşık %60’ını tüketirken, gelişmekte olan ülkelerde yaşayan 5 milyar nüfus sadece %40’ını kullanmaktadır. 2004 yılı baz alındığında, dünya elektrik enerjisi

tüketiminin %41,4'ünün sanayi, %1,8'inin ulaşım, %56,8'lik kısmın tarım, konut ve hizmet sektörleri tarafından kullanılmaktadır (Koç & Kaplan, 2008). 2003 yılı Dünya kişi başına enerji tüketimi Çizelge 2.2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** 2003 yılı dünya kişi başına enerji tüketimi.

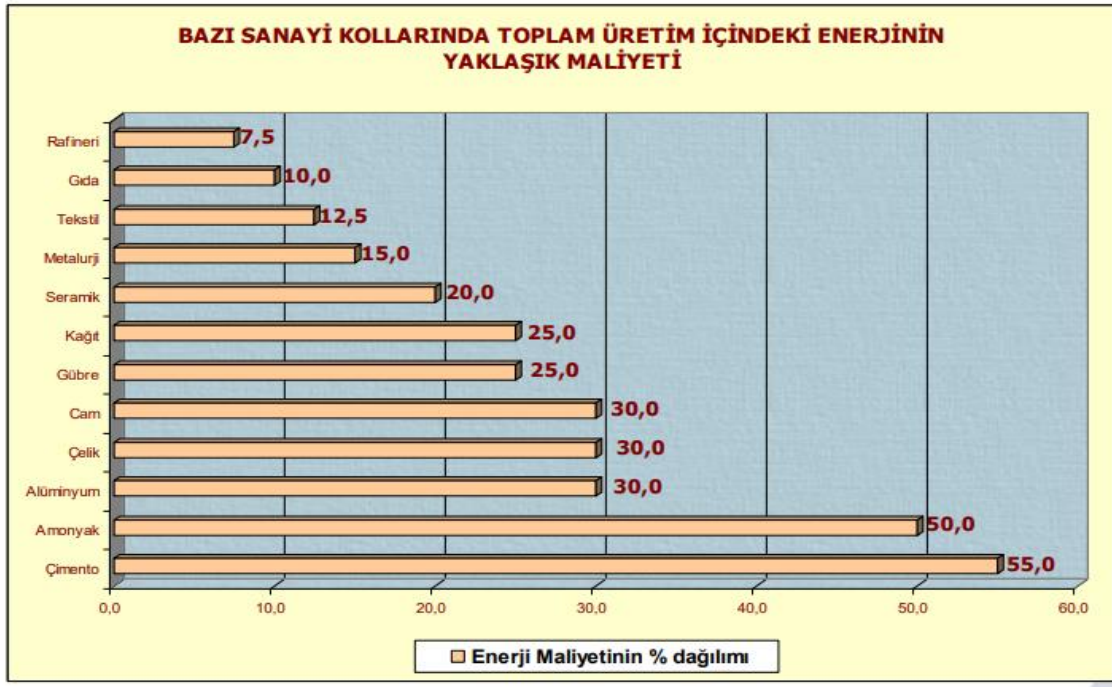
Ülkeler	Nüfus (Milyon)	Birincil Enerji (KGPE/kişi)	Elektrik Enerjisi (kWh/kişi)
Kanada	31	9.313	15 584
Finlandiya	5	5.558	15 112
ABD	288	79.812	12 713
Avustralya	20	5.898	9.980
Japonya	128	3.960	7.616
Belçika	11	6.495	7.653
Fransa	60	4.354	6.930
Almanya	83	4.032	6.225
İtalya	58	3.339	5.115
İngiltere	59	3.777	5.821
Çin	1.295	910	1.125
Hindistan	1.050	330	486
Pakistan	150	299	420
OECD Ülkeleri	1.145	4.714	8.621
AB	380	3.950	7.255
TÜRKİYE	71	1.187	1.994
DÜNYA	6.243	1.560	2.670

Sanayileşme ve refah seviyesindeki artış ile birlikte enerji tüketiminin arttığı görülmektedir. Enerji kaynaklarını kendi bünyelerinde üretmekte yetersiz kalan ülkeler, enerji verimliliği konusunda öncü çalışmaları gerçekleştirmiştir. Bu konuda Avrupa Birliği ülkeleri iş gücü ve enerji gereksinimi yüksek olan sanayi sektörlerinde yatırımlarını enerji ve iş gücüne ulaşım bakımından daha zengin ülkelere yapmaktadır. Ayrıca sanayileşme ile birlikte yaşanan çevre sorunları da ülkelerin bu konuda adım atmalarını zorunlu kılmıştır. Bu kapsamda birçok dünya ülkesi tarafından 2005 yılında

Kyoto protokolü imzalanarak yürürlüğe girmiştir. Protokol gereği ülkeler belirli bir çerçevede dâhilinde, sera gazı emisyonlarını azaltması gerekmektedir.

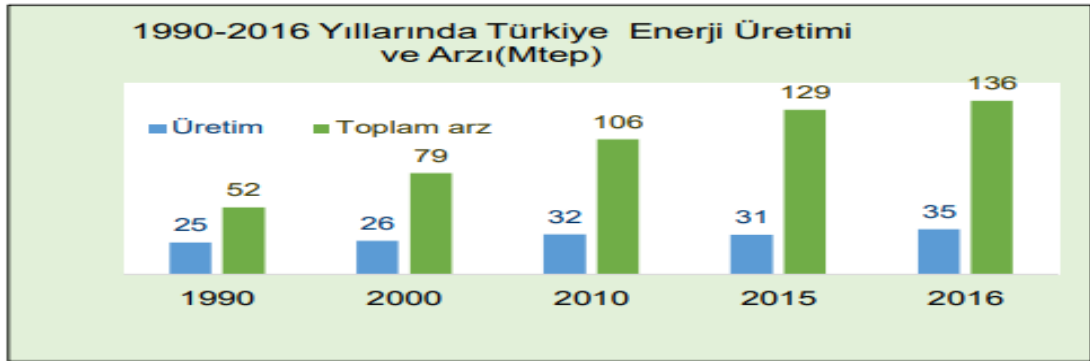
### **2.3. Türkiye’de Enerji Durumu**

Türkiye’de sanayi sektöründe enerji tasarrufu potansiyelinin en az %20 olduğu ve bunun yaklaşık %50’si küçük yatırımlarla ve iki yıldan az geri ödemelerle gerçekleştirilebileceği tespit edilmiştir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü’nün çalışmalarına göre, Türkiye’nin 2020 yılında 222 milyon TEP birincil enerji talebi içerisinde %15 tasarruf potansiyeli mevcuttur. Mevcut mevzuata göre, 1000 TEP enerji tüketen sanayi tesisleri ve bünyesinde 50’den fazla işletme bulunduran Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) enerji yönetimi uygulamak zorundadır. İyi organize edilmiş bir enerji yönetimi ile hiç yatırımsız %10 enerji tasarruf sağlamak mümkündür (Özcan & Öztürk, 2015). Şekil 2.2’de bazı sanayi kollarında toplam üretim içindeki enerjinin yaklaşık maliyeti verilmiştir. Türkiye’nin bu kötü durumdan ancak en maliyet etkin olarak tek çıkış noktası mevcuttur, o da enerji verimliliğini artırarak, sadece nihai tüketimdeki en az %25 olan potansiyelin geri kazanılmasıdır. 2010’daki 71.6 milyar dolarlık dış ticaret açığının 34 milyar dolarla yaklaşık yarısı, "net" enerji ithalatından kaynaklanmıştır. Eğer yerli üretim artmaz, tasarruf sağlanmaz ve uluslararası enerji piyasalarında enerji fiyatları düşmez ise, Türk ekonomisi sekiz yıl sonra, 2020’de, 100 milyar dolara yakın enerji ithalatı faturasına hazır olmalıdır. Gelişen teknolojilerin sanayilerimizde uygulanması ile ve enerji verimliliği üzerine yapılacak çalışmalar ile enerjinin üretim üzerindeki maliyet baskısının düşürülmesi mümkündür (MMO, 2012).



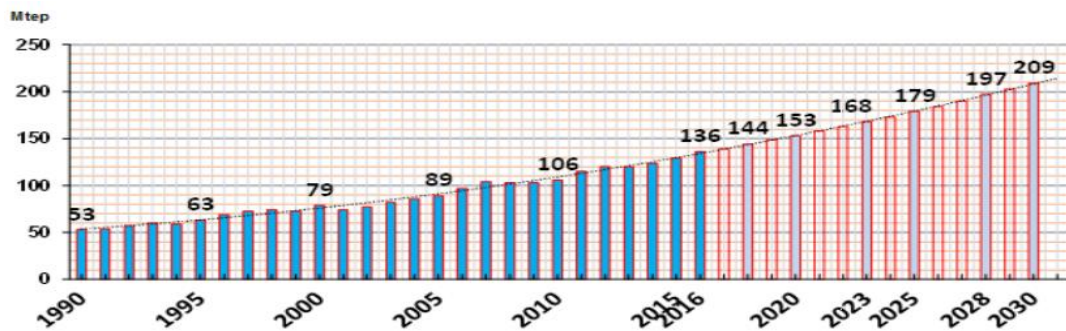
**Şekil 2.2.** Bazı sanayi kollarında toplam üretim içindeki enerjinin yaklaşık maliyeti (Onaygil, 2015).

Ülkemizde termik ve hidroelektrik santrallere ağırlık verilmekle beraber ham petrol ithalatımızın her sene arttığı bir gerçek. 1987 yılından beri doğalgaz ithalatına başlandığı ve ithalatın bir program çerçevesinde her yıl artacağı da göz önüne alındığında, ülkemizde sanayi ve konut sektöründeki önemli gelişmelere rağmen enerjiyi tasarruf önlemlerine uyararak kullanmadığımız sonucu ortaya çıkıyor (Dağsöz, 1991). 1990-2016 yılları arasında Türkiye toplam birincil enerji üretimi ve arzı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



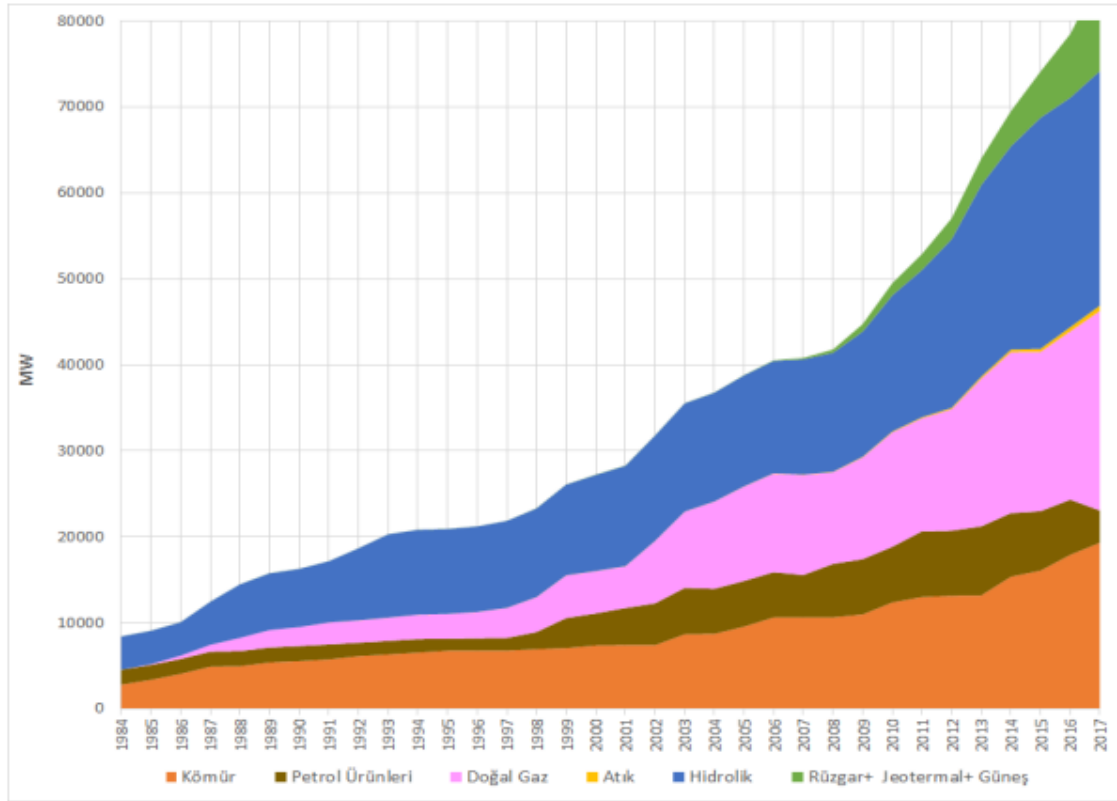
**Şekil 2.3.** 1990-2016 yılları arasında Türkiye toplam birincil enerji üretimi ve arzı (Koçak, 2018).

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere enerji üretimi ve toplam arz miktarları sürekli artarken, son yıllarda yapılan enerji üretim yatırımlarına rağmen 1990 yılında üretimin toplam arza oranı %50 civarında iken 2016 yılında %25 civarına gerilemiştir. 1985-2016 değerlerine göre 2017-2030 Türkiye birincil enerji talep tahminleri Şekil 2.4'te verilmiştir. Enerji tüketiminin sürekli olarak bir artış göstereceği tahminine göre, enerji ithalatından korunmak için yerli enerji üretimine yatırım yapılması, enerjinin verimli kullanılması, alternatif enerji kaynaklarının oluşturulması gibi konuların dikkate alınması gerekmektedir.



**Şekil 2.4.** 1985-2016 değerlerine göre 2017-2030 Türkiye birincil enerji talep tahminleri (Koçak, 2018).

Şekil 2.5'te Türkiye elektrik üretim santralleri toplam kurulu gücünün kaynaklara göre yıllık gelişimi verilmiştir. Kurulu gücün termik santraller ve yenilenebilir kaynaklara dayalı santrallere göre yıllık dağılımına bakıldığında, özellikle 2001 yılından sonra doğal gaz yakıtlı santraller toplam kapasitesinin daha fazla artmasından dolayı, toplam kurulu güç içinde termik santraller kapasitesinin payı oldukça yükselmiş, 2011 yılından sonra ise, yenilenebilir kaynakların payında önemli artış olmuştur. 2001 yılından sonra doğal gaz fiyatlarının ucuzlaması ayrıca doğal gaz santrallerinin daha kolay ve kısa sürede tesis edilebiliyor olması, doğal gaza bağlı kapasitenin hızlı artmasına neden olmuştur. Ancak, 2011 yılından sonra hem doğal gaz fiyatlarının artması hem de rüzgâr türbini teknolojilerinde gelişme ve birim güç yatırımlarının ucuzlaması, ayrıca küçük hidrolik santraller için önemli teşviklerin verilmiş olması, rüzgâr ve hidrolik santraller kapasitesine daha fazla yönelme sonucunu getirmiştir. Bu nedenle, 2011 yılından sonra toplam kurulu güç içinde yenilenebilir kaynaklara dayalı olanların payı önemli ölçüde artmıştır (Türkyılmaz ve Bayrak, 2018).



**Şekil 2.5.** Türkiye elektrik üretim santralleri toplam kurulu gücünün kaynaklara göre yıllık gelişimi (Türkyılmaz ve Bayrak, 2018).

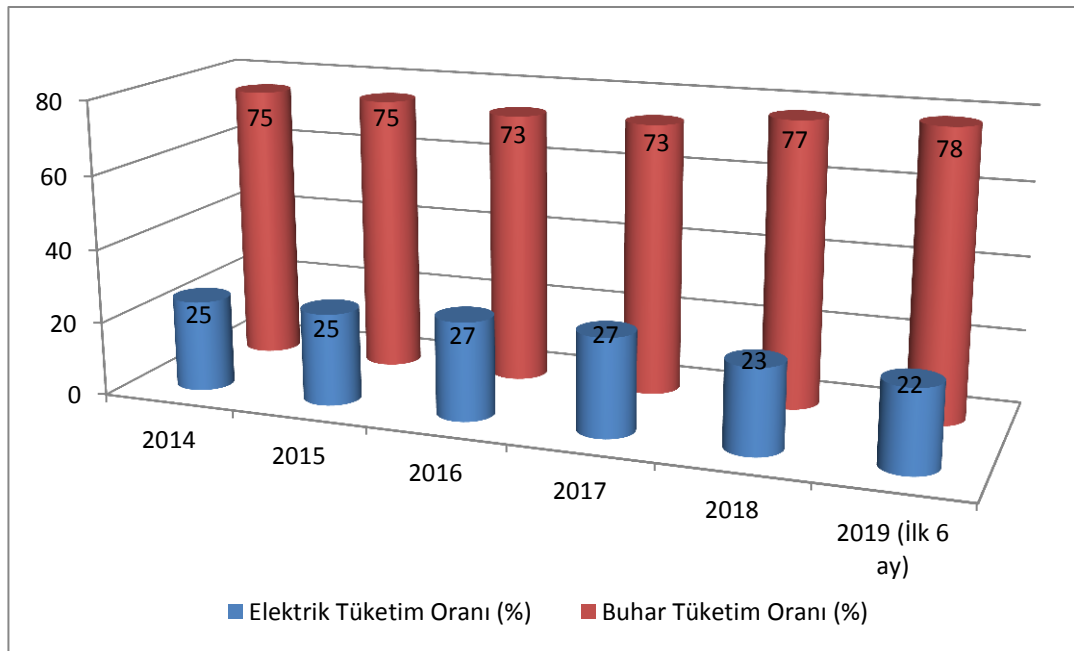
#### 2.4. Fabrikanın Enerji Dağılımlarının İncelenmesi

İşletmede elektrik enerjisi ve buhar enerjisi olmak üzere iki tür enerji kullanımı mevcuttur. Kullanılan enerjiler satın alma yolu ile temin edilmektedir. Satın alınan buhar içeriğinde korozyon önleyici ve kireçlenme önleyici kimyasallar bulunmaktadır. Fabrikada enerji üretimi yapılmamaktadır. Elektrik enerjisi ağırlıklı olarak; aydınlatma sistemi, makineler, klima santralleri, pompalar ve kompresörlerde kullanılmaktadır. Buhar enerjisi ise boyahane dairesinde, termal konforun sağlanması amacıyla ile ısıtıcılarda ve iplik son işlem dairesinde ipliğin şişirilmesi amacıyla kullanılmaktadır.

Fabrikanın 2014 ile 2019 yılları arasında kullandığı enerji bilgileri Çizelge 2.3'te verilmiştir. Çizelge hazırlanırken 2019 yılı için ilk 6 ay alınmıştır. İncelemesi yapılan fabrika kış döneminde daha yoğun olarak çalışmakta ve ısınma maliyetlerinin de etkisi ile kış döneminde daha yoğun enerji tüketimi oluşmaktadır. Bu nedenle 2019 yılı enerji tüketimleri 2018 yılının bir miktar üzerine çıkıp 2017 yılı seviyesinde enerji tüketimi beklenmektedir. Şekil 2.6'da fabrikanın yıllara göre enerji tüketim oranları gösterilmektedir.

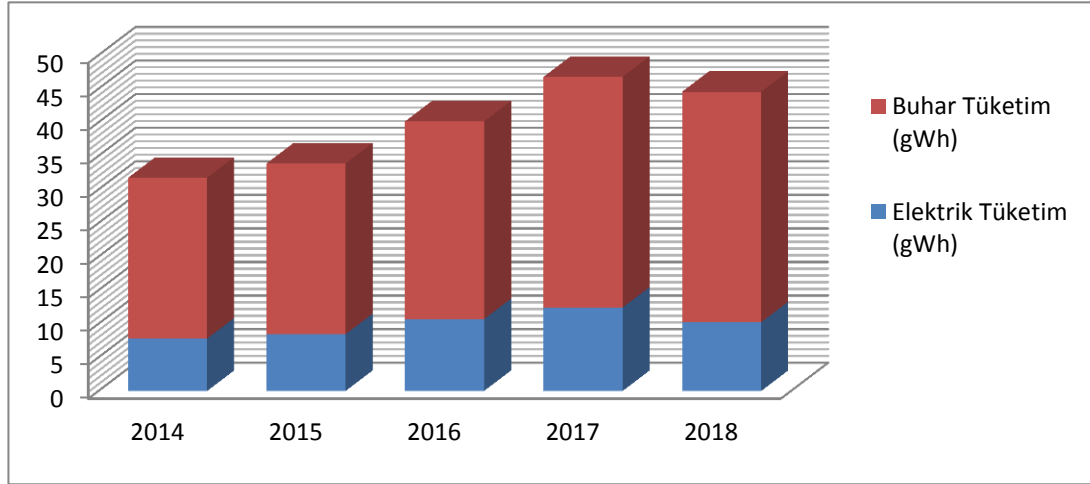
**Çizelge 2.3.** Fabrikanın 2014 ile 2019 yılları arasında kullanılan enerji bilgileri.

Yıl	Elektrik Tüketim (kWh/yıl)	Elektrik Fiyatı (kWh/TL)	Buhar Tüketim (kWh/yıl)	Buhar Fiyatı (kWh/TL)
2014	7.810.840	0,2311	23.933.950	0,0661
2015	8.457.877	0,2452	25.420.587	0,0682
2016	10.702.543	0,2560	29.436.442	0,0658
2017	12.429.383	0,2533	34.340.999	0,8707
2018	10.233.457	0,3255	34.316.815	0,1148
2019 (İlk 6 ay)	4.224.625	0,4325	13.798.291	0,1439

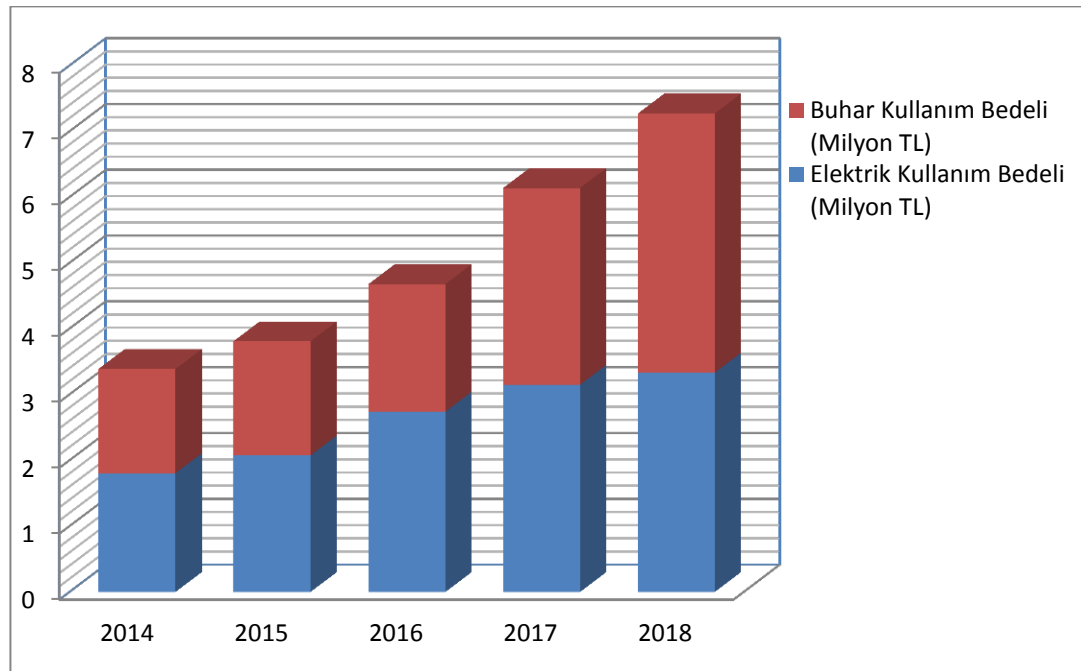
**Şekil 2.6.** Fabrikanın yıllara göre enerji tüketim oranları.

Şekil 2.6' da görüldüğü üzere buhar kullanımı, elektrik kullanımının yaklaşık 3 katıdır. Tekstil sanayinde buhar kullanımının fazla olmasının en önemli sebebinin boyahane işletmesine sahip olmasıdır. Ayrıca bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde görüleceği üzere izolasyonların yetersiz olması da buhar tüketiminin fazla olmasına neden olmaktadır. Şekil 2.7'de fabrikanın yıllara göre enerji tüketim miktarları verilmiştir. Şekil 2.8'de fabrikanın yıllara göre enerji maliyetleri gösterilmiştir. 2014

yılından 2018 yılına kadar üretimdeki artıştan kaynaklı enerji kullanımı artışı genel artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 2.7. Fabrikanın yıllara göre enerji tüketim miktarları.



Şekil 2.8. Fabrikanın yıllara göre enerji maliyetleri.

### 3. TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TASARRUF OLANAKLARI

#### 3.1. İzolasyon

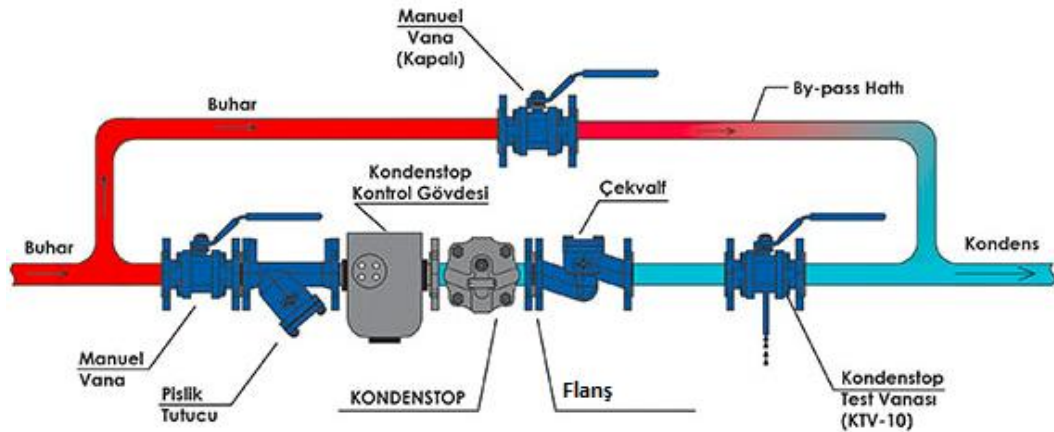
Isının yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru akma eğilimi nedeniyle sıcak hatlardaki enerjinin kullanılacak makineye ulaşmasını sağlamak amacı ile izolasyon yapılması gerekmektedir. İzolasyonu ısı geçişini azaltan bir direnç olarak tanımlamak mümkündür. Isı yalıtımının en önemli amacı; sıcak bir kaynaktan ortama veya ortamdan soğuk işlemlere olan ısı akışlarını azaltmaktır. Bunun için temel ilke; düşük ısı iletkenlik veya bunun tersi olan yüksek ısı direncin meydana getirilmesidir. Isı yalıtımı uygulamasının nedeni, bazı maddeler bulunduğu ortama göre sıcak, bazılarını da soğuk tutmak gerekmesidir. Isı yalıtımı uygulamaları, uygulama yerindeki işletme şartlarına göre çok farklı tip ve özelliklerde olabilir ve maliyetleri de buna bağlı olarak değişir. Isı yalıtımı uygulama şeklinin belirlenmesinde aşağıdaki etmenlerin dikkate alınması gerekir (Kaya ve Öztürk, 2014).

- İşletme sıcaklığı
- Ortam koşulları
- Yalıtımın zarar görme riski
- İşletme şekli (sürekli veya kesikli)
- Sıcaklık farkları
- Hava hareketleri

##### 3.1.1. Vana grupları

Vana grupları, ısı kaybı bakımından genellikle gözden kaçmaktadırlar ve izolasyonları önemsenmemektedir. Bunun sebebi ise vana gruplarının izolasyonlarının yapılması için ekipmana özgü izolasyon malzemesi kullanımının gerekmesidir. Vanaların yüzey alanları, normal bir boruya göre daha fazladır. Bir vananın, boruya göre ısı kaybını ifade etmek için “ eşdeğer boru uzunluğu” terimi kullanılmaktadır. İncelemesi yapılan tesiste, ortalama bir vana flanşları ile beraber 3 metre boru kadar ısı kaybı yapmaktadır. Buna pislik tutucu ve kondenstoplar da eklendiğinde bir vana grubunun ısı kaybı 5 metre civarındadır. Her vana grubunun eşdeğer boru uzunluğu hesabı kendine özgü olarak yapılmıştır. Bir standart buhar hattı ekipmanları görsel olarak Şekil 3.1’de verilmiştir. Vanalar bakım gerektiren ekipmanlar olduğundan, bunlarda sabit izolasyon uygulamaları yerine, sökölüp takılabilen ceket tipi izolasyon

kullanımı daha uygundur. Vana ceketleri, ısı enerji verimliliği uygulamalarında tercih edilen ürünlerin başında gelmektedir. Genel amaç ise, sıcak hatlardaki enerji kaybını minimuma indirerek işletme enerjisi giderlerini azaltmaktır.



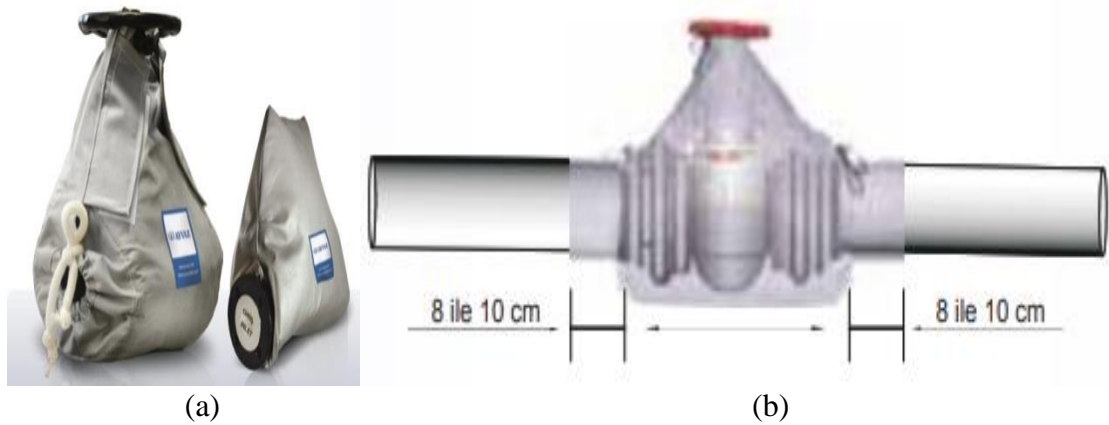
Şekil 3.1 Bir standart buhar hattı ekipmanları (URL-2).

Buhar hattında kullanılan vana ve armatürlerde vana ceketleri ile yalıtım yapılmaktadır. Vana Ceketleri, yanmaz silikonlu özel kumaşları sayesinde  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklık aralığında kullanılabilir. Üç ayrı katmandan oluşan vana ceketleri iç ve dış yüzeylerinde cam ipliğinden imal edilmiş ve silikon emperye edilmiş yanmaz kumaş kullanılmaktadır.

Vana ceketinin özellikleri;

- Montaj, demontajı ve bakımı kolaydır.
- Kalifiye eleman gerektirmez.
- Alev almaz ve alevi iletmez.
- Suya, yağa ve zayıf asitlere dayanıklıdır
- Dış ortamda rahatlıkla kullanılabilir.
- Vanayı tam sardığı için ısı köprüleri oluşmaz.
- Soğutma sistemlerinde yoğuşmayı engeller.
- Uygulandığı vana ve armatürlerin ömrünü uzatır.
- Paslanma ve korozyon sorunlarını ortadan kaldırır.
- Uzun ömürlüdür. (Akdaş ve Ömür, 2017)

Vana ceketi seçiminde flanşların da izole edilmesi gerekmektedir. Vana ceketi görseli ve doğru uygulanmış bir vana ceketi izolasyon uygulaması Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.2.** (a) Vana ceketi görseli (URL-3) ve (b)doğru uygulanmış bir vana ceketi izolasyon uygulaması (URL-8).

Kazanda üretilen buhar, proses cihazlarına borular yardımı ile taşınır ve cihazda kullanılır. Buhar boruda ilerlerken bir miktar sıcaklık, ışıyım yoluyla dış ortama geçecektir. Aynı zamanda boruları da ısıtmak için de bir miktar ısı harcayacaktır. Bu durumda bir miktar buhar yoğunlaşarak borunun alt noktalarında kondens oluşturacaktır. Bu kondensi, oluşabilecek verimsizlik ve problemlerden dolayı ve de buharın ısını soğutmaması için, borulardan veya cihazlardan (eşanjör, serpantin, proses makine vb.) otomatik olarak tahliye edecek bir cihaza ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple üretilmiş olan cihaza kondensstop denir. Kondensstopun görevi; Buhar hatlarındaki veya buhar kullanılan cihazlardaki kondensin buharla karışarak ısı transferini azaltmasını engellemek ve maksimum ısı transferini sağlamak için, kondensi buhar hattından tahliye edip, buharı sistemde tutmaktır. Buhar kapanları, prensip olarak buhar kullanılan ekipmanların çıkışlarına ve belirlenen aralıklar ile buhar nakil ana ve ara hatlara montaj yapılırlar. Şamandıralı kondensstop kesiti Şekil 3.3’te verilmiştir (URL-2).

Doğru montajı yapılmış kondensstoplar dahi, belirli periyotlarda kontrol edilmeli ve üreticinin belirttiği bakımları aksatılmamalıdır. Kapalı bir sistem olduğundan doğru çalışıp çalışmadığını anlamak için çoğunlukla test cihazları kullanmak gerekmektedir.



**Şekil 3.3.** Şamandıralı kondestop kesiti (URL-2).

### 3.1.2. Sıcak hatların izolasyonu

Buhar, sıcak su ve kızgın yağ gibi ısı kaynaklarının kullanıldığı endüstriyel işletmelerde boru hatlarında ve sıcak yüzeylerde bir miktar ısı ışıınım yoluyla kaybolmaktadır. Enerji tasarrufu sağlamak ve verimliliği artırmak için termal enerji kaybını ve kaçakları önlemek gerekmektedir. Kaçakları önlemek için kazan yüzeyleri, boru hattı ve ısı işlem gerçekleşen bölümlerin uygun malzeme ile izolasyon yapılması şarttır (Sert, 2018). Şekil 3.4'te alüminyum kaplı cam yünü boru izolasyon malzemesi verilmiştir. İzolasyon malzemesini dış etkenlerden korunmak ve ısı kaybını azaltmak için günümüzde en çok alüminyum kaplı cam yünü boru izolasyon malzemesi tercih edilmektedir.



**Şekil 3.4.** Alüminyum kaplı cam yünü boru izolasyon malzemesi.

### 3.2 Buhar Kaçakları

Buhar sistemlerinde sağlanabilecek enerji tasarruf fırsatları; buhar sistemlerinde oluşan kaçakların giderilmesi ve dışarı atılan buharın en aza indirilmesi, buhar tesisatlarının, vanaların, bağlantı elemanlarının ve kazanların yalıtılması, kullanılmayan hatlara giden buharın kesilmesi ve kondensstopların belirli zaman aralıklarında kontrolünün sağlanarak arızalı olanların tespit edilip sisteme müdahale edilmesidir (Sert, 2018).

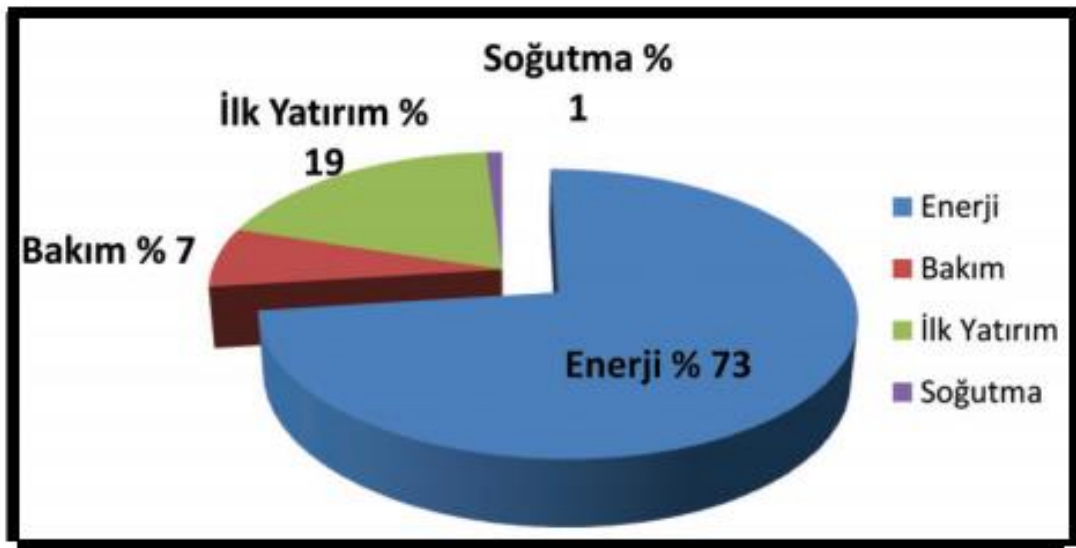
Buhar kaçaklarının ölçümlerinde farklı yöntemler mevcuttur. Teknolojik cihazlar ile ölçümler hassas olarak yapılabilmektedir. Bu çalışmanın amaçlarından biri, mümkün olduğunca her işletmeye hitap edebilmesi olduğundan cihaz kullanmadan kaba ölçüm ile buhar kaçaklarının maliyet hesabını yapmak olduğundan buhar uzunluğu yöntemi kullanarak hesaplamalar yapılmıştır.

### 3.3 Basınçlı Hava Sistemleri

Basınçlı hava sistemleri kompresör ünitesi ile başlar. Hava giriş filtrelerinden geçerek, kompresöre giden hava sıkıştırılarak basıncı artırılır. Bu işlem, havanın basıncını artırırken, sıcaklığını da 80-170 °C seviyelerine yükseltir. Aynı zamanda, kompresörün mekanik ekipmanlarından havaya yağ bulaşır. Basınçlı hava, yağ filtrelerinden geçirilerek, içerisindeki yağ ve pisliklerden temizlenir. Bu aşamada, havanın sıcaklığının azalması gerekir. Hava soğutulurak içerisindeki suyun yoğunlaşması sağlanır. Yoğuşan su kodenstoplar vasıtası ile tahliye edilir. Daha sonra, hava kullanıma hazır halde hava tanklarına gönderilir. Hava tankları basınçlı havanın depolandığı tanklardır. Bu tanklar sayesinde kısa süreli ve değişken yükler dengeli şekilde karşılanabilir. Hava tankları, son kullanım noktalarına ulaştırılmak üzere hava hattına bağlanır ( Kaya ve Öztürk, 2014).

Basınçlı hava uygun, güvenli ve emniyetli olduğu için, bir güç kaynağı olarak kontrol vanalarında, hava motorlarında, temizleme amaçlı olarak hava tabancalarında ve daha birçok yerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Basınçlı hava sistemlerinin güç/ağırlık oranı düşüktür ve güç yoğunluğu yüksektir. Patlamalara ve aşırı yüke karşı dayanıklı olmaları, sıcaklık, nem, toz ve elektromanyetik gürültü gibi unsurlardan etkilenmemeleri, bakımlarının kolay olması ve uzak mesafelere taşınabilir olmaları dolayısıyla birçok işletme tarafından tercih edilmektedir. Birçok avantaja sahip olması nedeniyle, basınçlı havanın yüksek maliyetli bir güç kaynağı olduğu gerçeği sık sık

gözden kaçırılır. Basınçlı hava sistemleri enerji tüketimi oldukça yoğun sistemlerdir. Basınçlı havanın maliyeti elektrik fiyatlarından 7-10 misli daha fazladır. Şekil 3.5'te basınçlı hava sistemlerinin bir yıllık giderleri gösterilmiştir (Karataş, 2012). Kompresörün faydalı kullanım ömrünün ortalama 15 yıl, basınçlı hava hatlarının ise ortalama 40 yıllık faydalı kullanım ömrü olduğu düşünüldüğünde, ilk yatırım maliyeti grafikte çok küçük bir alan kaplayacaktır. Bu nedenle ilk kompresör seçimi yaparken verimlilik, malzeme kalitesi ve profesyonel projelendirme giderlerinden kaçınılması gerekmektedir.



Şekil 3.5. Basınçlı hava sistemlerinin bir yıllık giderleri (Karataş, 2012).

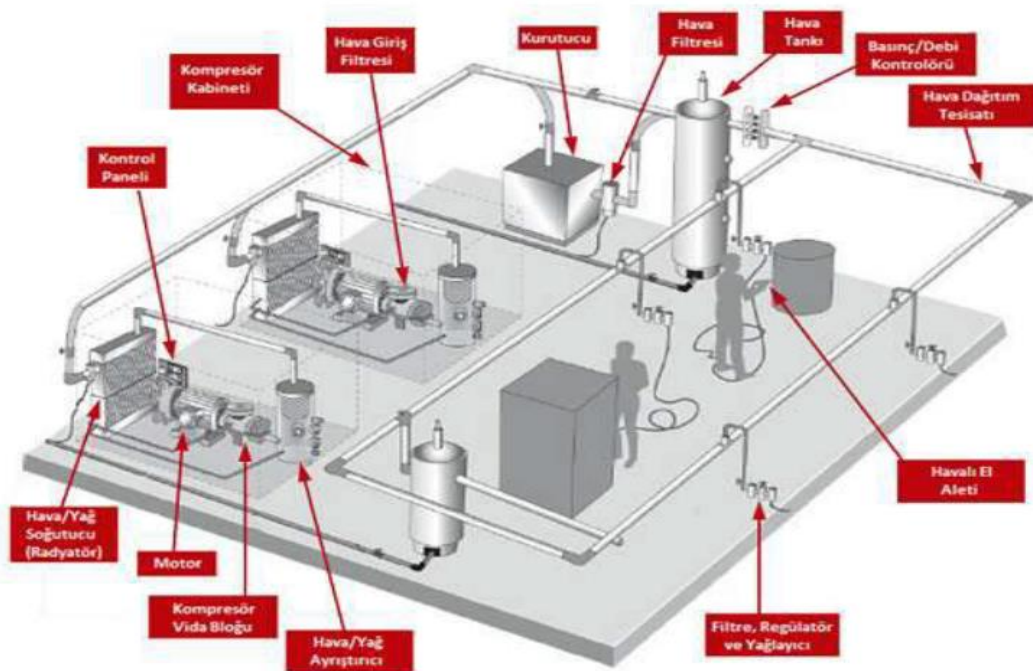
Hava kaçakları, basınçlı hava sistemlerinde meydana gelen enerji kayıplarının en önde gelen sebebidir. Bir kompresörün hava kaçaklarının oluşturduğu basınç düşümünü önlemesi için daha uzun zaman çalışması gerekmektedir. Özellikle yeniden yapılandırılmamış fabrikalarda üretilen basınçlı havanın %25' i sızıntılar nedeniyle kayıp olur. Bu kayıpların tamamen önlenmesi pratik değildir ve ortalama %10 gibi bir seviyeye indirilmesi kabul edilebilir bir sınırdır. Kaçak hava miktarı hat basıncına, basınçlı havanın kaçak noktasındaki sıcaklığına, kompresör emişindeki hava sıcaklığına ve havanın kaçtığı deliğin çapına bağlıdır. Genelde hava kaçakları boruların bağlantı yerlerinde, flanşlarda, manşon ve dirseklerde, redüksiyonlarda, vana gövdelerinde, filtrelerde, hortumlarda, çek valflerinde, uzatmalarda ve basınçlı havayı kullanan cihazlarda olmaktadır (Üser vd., 2005). Şekil 3.6'da AB normlarına göre uygulanabilir

tasarruf olanakları gösterilmiştir. Burada belirtilen hususları her fabrikanın kendi bünyesinde değerlendirme yapması açısından önemlidir.



Şekil 3.6. AB normlarına göre uygulanabilir tasarruf olanakları (Karataş, 2012).

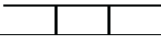
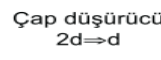
Her işletmenin basınçlı hava sistemi kendine özgü olmalıdır. Sistem kurulumlarında verimlilik hesaplamaları özenle yapılmalıdır. Şekil 3.7’de basınçlı hava sistemi genel görünümü verilmiştir. Maliyetten kaçınmak adına bu sistemi küçültmek hem verimsizliğe hem de arızalara neden olacaktır.



Şekil 3.7. Basınçlı hava sistemi genel görünümü (URL-4).

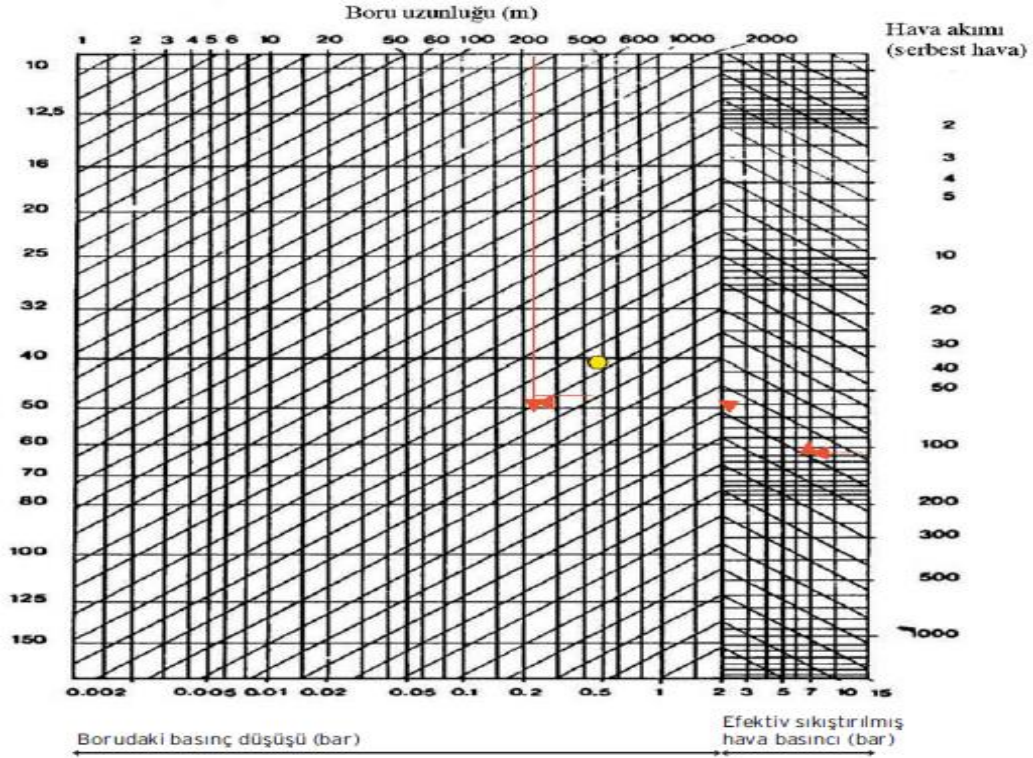
Çizelge 3.1’de basınçlı hava hatlarında kullanılan bazı bağlantı elemanlarının karşılık geldiği boru uzunluğu değerleri verilmiştir. Basınçlı hava hattındaki kayıpları azaltmak için yapılabileceklerden biri de mümkün olduğunca bağlantı elemanları kullanmadan, basınç azalmasına sebebiyet verebilecek hususlardan kaçınmaktır. Şekil 3.8’de basınç düşüm diyagramı verilmiştir. Çizelge 3.3 ve Şekil 3.8 kullanılarak bir işletmenin hat uzunluğundan kaynaklı basınç kayıpları hesaplanabilir.

**Çizelge 3.1.** Basınçlı Hava Hatlarında Kullanılan Bazı Bağlantı Elemanlarının Karşılık Geldiği Boru Uzunluğu (Aypak vd., 2016).

Elemanlar	Karşılık gelen boru uzunluğu (m)						
	Boru iç çapı (d=mm)						
	25	40	50	80	100	125	150
Küresel vana	5	8	10	16	20	25	28
Diyagram vana	1.2	2	3	4.5	6	8	10
90° dirsek	1.5	2.5	3.5	5	7	10	15
R=2d dirsek	0.15	0.25	0.3	0.5	0.8	1	1.5
R=d dirsek	0.3	0.5	0.6	1	1.5	2	2.5
T bağlantı 	2	3	4	7	10	15	20
Çap düşürücü 2d⇒d 	0.5	0.7	1	2	2.5	3.5	4

Tüketimin en uzak noktası ile kompresör arasındaki mesafede borularda ki basınç düşümü en fazla 0.1 bar olacak şekilde hava hattı dizayn edilmeli ve ölçülendirilmelidir. Bununla beraber 0.1 bar basınç düşümü, 5 bar’lık hatta 7 bar’lık hatta nazaran daha fazla enerji kaybına neden olmaktadır. Dolayısıyla müsaade edilen basınç düşümünü çalışma basıncının 1.5%’inden az olacak şekilde belirlenmesi daha gerçekçi olacaktır. Ayrıca boru hatlarında ki basınç düşümlerini aşağıda tutmak için basınçlı hava geçiş hızı 6-10 m/sn arasında olmalıdır (Aypak vd., 2016).

Bütün kompresörlerden yayılan ısı kompresör odasının ısınmasına neden olur. Kompresörlerin arıza yapmaması ve basınçlı hava üretirken daha fazla enerji harcamaması için bu sıcaklığın kompresör odasından atılması gereklidir. Odanın havalandırma kapasitesi kompresör adedine, su veya hava soğutmalı oluşuna bağlıdır. Kompresör odasının sıcaklığının kabul edilir bir derecede tutulması için her kompresör üreticisi makinasının ihtiyaç duyduğu havalandırmaya ait bilgileri sağlamakla yükümlüdür (Emil, 2001).



Şekil 3.8. Basınç düşüm diyagramı (Emil, 2001).

Pnömatikte kullanılan malzemeler, borular, bağlantı elemanları farklı boyutlarda basınç düşümlerine neden olurlar. Özellikle bilgisizlikten ya da özen göstermemekten kaynaklı yapılan hatalar ve hava kaçaqları, hatlardaki basınç düşümlerini artırır. Hat sonlarında yeteri kadar basıncın gelmediği durumlarda kompresör basıncını arttırmaya gidildiğinde de daha yüksek basınçlarda çalışıldığından havanın m<sup>3</sup> maliyeti ve sonucunda elektrik tüketimi artacaktır (URL-5).

### 3.4 Aydınlatma Sistemi

TÜİK tarafından yayınlanan istatistiklere göre 2014 yılında, yalnızca genel aydınlatma için kullanılan mevcut elektrik aboneleri, toplam 207.375 GWh'lik yıllık elektrik tüketiminin %1,9'unu oluşturmaktadır. Konutlarda aydınlatma için yapılan tüketim incelendiğinde, akkor flamanlı lamba kullanımında konuttaki toplam elektrik tüketiminin %28.4'ünün, kompakt flüoresan lamba kullanıldığında ise %7.4'ünün aydınlatma için harcandığı belirlenmiştir. Aydınlatmanın küresel olarak elektrik tüketiminde %20 dolaylarında paya sahip olduğu, 2030 yılına kadar bina aydınlatmalarında yapılabilecek tasarruf potansiyelinin, 2013 yılında Afrika'daki toplam elektrik tüketimine eşdeğer olacağı bildirilmektedir (Asker, 2017).

Aydınlatmada enerji tasarrufu, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden ve iyi bir aydınlatmanın koşulları yerine getirilerek yapılmalıdır. İyi bir aydınlatma, daha verimli aydınlatma elemanları ile sağlanabileceği için, aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimi ile sağlanması da mümkündür. Kriterleri sağlayan doğru ve verimli bir aydınlatma ile hem daha az elektrik enerjisi tüketimi olacak, hem de göz sağlığı korunarak, iş verimi yükseltilebilecektir. İyi ve kaliteli bir aydınlatma sisteminden, aydınlatılması amaçlanan alanlara yeterli miktarda ışık göndermesi beklenilir. Kullanılmayan alanların aydınlatılması ya da kullanılan alanlarda gereğinden fazla aydınlatma yapılması enerji kaybına sebep olacaktır. Yetersiz aydınlatma emniyet ve konfor açısından sakıncalıdır. Aynı şekilde aşırı aydınlatma da kamaşma problemi nedeni ile görüş koşullarını tamamen bozabilir (Gökmen, 2010). Çizelge 3.2’de yaygın kullanılan ışık kaynaklarının ortalama etkinlik faktörü ve ömür değerleri verilmiştir. Aydınlatma sisteminde ekonomik ömür ışık çıktısının başlangıçtaki çıktının %70’ine düşmesine kadar geçen süredir. Bu tanım günümüzde bir endüstri standardı olmuş ve kısaca L70 denilmektedir.

**Çizelge 3.2.** Yaygın kullanılan ışık kaynaklarının ortalama etkinlik faktörü ve ömür değerleri (Yurtseven, 2017).

Işık Kaynağı	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ekonomik Ömür (saat)
Enkandesen	5-15	1.000
Tungsten Halojen	12-35	2.000-4.000
Yüksek Basıncılı Civa Buharlı	40-60	12.000
Kompakt Flüoresan	40-65	6.000-12.000
Tüp Flüoresan	50-100	10.000-16.000
İndüksiyon	60-80	60.000-100.000
Metal Halojen	50-100	6.000-12.000
Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı	80-100	12.000-24.000
Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı (rengi iyileştirilmiş)	40-60	6.000-10.000
Alçak Basıncılı Sodyum Buharlı	150	16.000-20.000
LED	160	25.000-100.000

### 3.5. Klima Santralleri

Bir tekstil fabrikasında istenen üretim, kalite ve değerlere ulaşılabilme için uygun iç ortam şartları, yani içeride belirli rutubet ve sıcaklık şartları sağlanmalıdır. Ayrıca kullanılan malzemeden üretim aşamasında salon içine dağılan pamuk lifleri ve tozlarının da temizlenmesi gerekmektedir. Bir işletmede istenen şartları sağlayacak bir klima sistemi yok ise o işletmede verimli üretimden ve kaliteden bahsetmek mümkün değildir (URL-6).

İplik üretim fabrikalarında ise bağıl nem %45-55 arasında olmalıdır. Üretilen ipliğin kıvrımsız, yumuşak ve aynı derecede elastiki olması istenir. Bu ise ancak iç hava bağıl neminin istenen değerde sabit tutulması ile mümkündür. Bağıl nem %45'in altına düştüğü zaman, ipliği oluşturan lifler üzerinde statik yük meydana gelerek ipliği pürüzlendirir ve kıvrımlar oluşturur. Bunun sonucunda kopmalar artar ve verimlilik düşer (URL-7).

Elyafın kuru olmaları durumunda bu sebeple iplik kopuşları meydana gelmekte ve üretimde kesilmeler söz konusu olmaktadır. Bu nedenle bilhassa pamuk ve diğer doğal elyafın gerilim dayanımını artıracak oranda, ihtiyaçları kadar nemin hava vasıtasıyla işlem sırasında bu elyafı kazandırılması gerekmektedir. Böylelikle tekstil hammaddelerinin işlenmesi kolaylaşmakta ve sürtünme ile meydana gelebilecek statik elektriklenme büyük oranda önlenmektedir. Üretimden kaynaklanan bu zorunluluğun yanında, üretim sırasında oluşan tozların; gerek çalışanların sağlıkları gerekse kullanılan makinaların, otomatik kontrol cihazlarının hassas ve verimli bir şekilde çalıştırılabilmesi için temizlenmesi, ortama sürekli taze havanın gönderilmesi gerekli olmaktadır. Genel olarak toz, işlem bölgesinden ayrılmış lif-küçük lif parçacıklarını, hammadde içerisindeki yabancı maddeleri, mekanik toz parçacıklarını ve ipliğe mukavemet kazandırma veya haşılama kullanılan yardımcı maddeleri içermektedir (Oğulata, 1998).

İplik bölümü için 1 kg iplik üretiminde; 2,7-4 kWh elektrik enerjisi kullanılmakta, kullanılan elektrik enerjisinin %15-20'si klimalarda harcanmaktadır. İplik üretimi için 1,1-4,7 MJ/kg ısı enerjisi tüketilmekte ve bunun tamamı ortamı iklimlendiren klimalar tarafından kullanılmaktadır (Kabakçı, 2011).

## 4. MATARYEL ve METOT

### 4.1. İzolasyon Çalışmaları

Bir endüstriyel işletmede sıcak buharın, üretilen ısıya en yakın değerde makinelere ulaştırılabilmesi verimlilik açısından temel prensiptir. Bunun için enerjinin yolda harcanan enerjisinin azaltılmasında, mekanik tesisat yalıtımının önemi göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Özellikle buhar hatları, vanalar, depolar ve konsenstopların yalıtılması her endüstride mümkün olup, üretimde kullanılan makineler ise incelenerek imal edildikleri malzemeler günün şartlarında enerji verimliliğine uygun değil ise bunların da izolasyon malzemesi ile kaplanması gerekmektedir. Bu bölümler yalıtıldıkları takdirde sağlanacak enerji tasarrufu işletmede üretim maliyetini azaltıcı yönde etki gösterecektir. Bu yüzden, mekanik tesisatı oluşturan ekipmanlar içinden geçen akışkanın uygun özelliklere sahip ve uygun kalınlıktaki yalıtım malzemeleri ile yalıtılmaları gerekmektedir. Tesisat yalıtımı, yapılan enerji etüdü çalışmalarında geri ödeme süresi en kısa uygulamaların başında gelmekte olup, genellikle ilk yatırım tutarını birkaç ayda geri ödemektedir.

Tekstil sanayinde enerji giderlerinden en önemli kalemlerden biri buhar enerjisidir. İşletmede ısıl işlem gerektiren yerlerde ağırlıklı olarak buhar enerjisinden faydalanılmaktadır. İncelemesi yapılan tesiste buhar aşağıda belirtilen yerlerde kullanılmaktadır.

- Ortam ısıtmasında; işletmenin istenilen sıcaklıkta tutulması için apereyler ve kalorifer petekleri tarafından buhar kullanılmaktadır.
- Koparma makinesinde; Koparılan elyafın şişirilmesi işleminde kullanılır.
- Boyama makineleri; Kazanlarda, boyalar ile elyafın boyaması işleminde kullanılır.
- Kurutma makinelerinde; kazan içerisindeki ısının yükseltilmesi amacı ile kullanılmaktadır.
- Fikse işlemi: İpliğin fiksaj yapılması esnasında buhar kullanılmaktadır.
- Şişirme makinelerinde, ipliğe hacim kazandırmak için buhar kullanılmaktadır.
- Lavabolarda ve yemekhanede, kullanım suyunun ısıtılması için boyler tanklarında buhar kullanılmaktadır.

Ağırlıklı olarak sistemlerin eski teknoloji olması, izolasyon malzemelerinin fayda göstermemesi, izolasyon sistemlerinin olmaması, buhar enerjisinin kolay enerji

olarak görülmesi ve bundan dolayı verim araştırması yapılmadan gibi nedenlerden dolayı mevcut sistemde izolasyon yapılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu nedenle buhar enerjisinin izolasyon yapılarak bu çalışma kapsamına alınmıştır.

İzolasyon ile elde edilecek tasarruf miktarının belirlenmesi için mevcut durumdaki ve yalıtım sonrasında vana grupları ve sıcak hatlarda meydana gelen ısı kayıpları aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır. Eşitlikler, ISO 12241 (bina donanımları ve endüstriyel tesisatlar için ısı yalıtımı - Hesaplama kuralları) standardına uygun olarak seçilmiştir.

Yalıtım öncesi ısı kaybı

$$Q_m : (U_c + U_r) * (T_s - T_a) * A_{eş} \quad (4.1)$$

Konveksiyon ile ısı transfer katsayısı

$$U_c : 1,32 * ((T_s - T_a) / d_1)^{0,25} \quad (4.2)$$

Radyasyon ile ısı transfer katsayısı

$$U_r \text{ yalıtımlı} : \sigma * \epsilon * (T_s^2 + T_a^2) * (T_s + T_a) \quad (4.3)$$

Yalıtım Sonrası Isı Kaybı Konveksiyon ve Radyasyon ile olan ısı kaybı

$$Q_y : \frac{\pi * (T_s - T_a)}{\frac{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)}{2 * \lambda} + \frac{1}{U_{so} * d_2}} \quad (4.4)$$

$$\text{Nihai Isı kaybı} : (Q_m \text{ yalıtımsız} - Q_m \text{ yalıtımlı}) * B \quad (4.5)$$

$$\text{Enerji Tasarrufu(yıl)} : \text{Isı kaybı (W)} * \text{Çalışma saati(adam*saat/yıl)} \quad (4.6)$$

$$\text{Mali tasarruf} : \text{Enerji tasarrufu} * \text{Enerji birim ücreti} \quad (4.7)$$

İşletmelerde termal konforun sağlanması için belli bir hava sirkülasyonu olması gerekmektedir. Bu sirkülasyon işletme içerisinde çalışanların taze hava kullanmalarına olanak sağlamaktadır. Yalıtımsız yüzeylerde ise hava, ısı iletimine neden olduğundan izolasyon çalışmalarında bu unsur da hesaplamalara dâhil edilmelidir. Endüstriyel işletmelerde en çok karşılaşılan hava hızına bağlı olarak yüzeysel ısı iletim katsayıları (Uso) Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Hava Hızına Bağlı Olarak Yüzeysel Isı İletim Katsayıları (Uso) (Güven, 2011).

Hava Hızı (m/s)	0	0,5	1,0	2,0
Yüzey Tipi				
Parlak Yüzeysel Metaller (Parlatılmış Alüminyum)	5,7	6,5	8,0	9,5
Mat Yüzeysel Metaller (Galvanizli ya da işlenmiş çelik, alüminyum boyalı yüzeyler)	8,0	9,0	11,0	13,0
Diğer Tüm Yüzeyler	10,0	11,0	13,0	15,0

İşletmede yapılan izolasyon ölçümleri kapsamında, vana grupları ve yalıtımsız borular termal kamera yardımıyla incelenmiştir. İnceleme ile izolasyonların zayıf olduğu yerler tespit edilmiş olup bu veriler kapsamında elde edilebilecek tasarruf miktarları hesaplanmıştır. Sıcak yüzey ölçümlerinde manuel odaklama özellikli 32° objektifi, < 50 mK termal duyarlılığı olan 2493433 seri numaralı testo 875-1i model termal kamera cihazı kullanılmıştır. Çizelge 4.2’de hesaplamalarında kullanılan değerler verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** İzolasyon hesaplamalarında kullanılan değerler.

Parametreler	Değerler
Eşdeğer Faktör (B)	1,3
Yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği ( $\lambda$ )	0,04 W/m <sup>0</sup> K
Ortam Sıcaklığı (Ta),	29 °C
Yalıtım Sonrası İstenilen Yüzey Sıcaklığı	35 °C
Hava hızına bağlı yüzeysel ısı transfer katsayısı (Uso)	10 (W/m <sup>2</sup> K)
Yalıtımsız yüzeyin emissivitesi (e)	0,95
Yıllık çalışma saati	7200 (sa/yıl)
Buhar birim fiyatı	0,1439 (kWh/TL)
Eşdeğer Boru Uzunluğu	3-5 (m)
Stefan-Boltzmann sabiti( $\sigma$ )	5.67 x 10-8 W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )

#### 4.1.1 Vana grupları

İnceleme yapılan tesiste vana gruplarında(vana, flanş, pislik tutucu) izolasyon uygulaması mevcut değildir. Vanalara izolasyon yapılmamasının temel sebepleri ise; vana eşdeğer boru uzunluğu katsayısının önemsenmemesi ve eski tip vana ceketlerinde sökme takma işlemi yapılmasının zorluğundan dolayıdır.

Fabrika genelinde termal kamera ile vana ve armatürlerin izolasyonun zayıf ve/veya hatalı kısımları tespit edilmiş ve buna yönelik tasarruf hesaplamaları yapılmıştır. Bu kapsamda buhar hatlarında değişik çaplardaki 102 adet vana grubunda enerji verimsizliği tespit edilmiştir. Termal kamera ölçümler alınmıştır. İzolasyon yapılan vanalar üzerinden birden çok değer okunarak ortalaması alınmıştır.

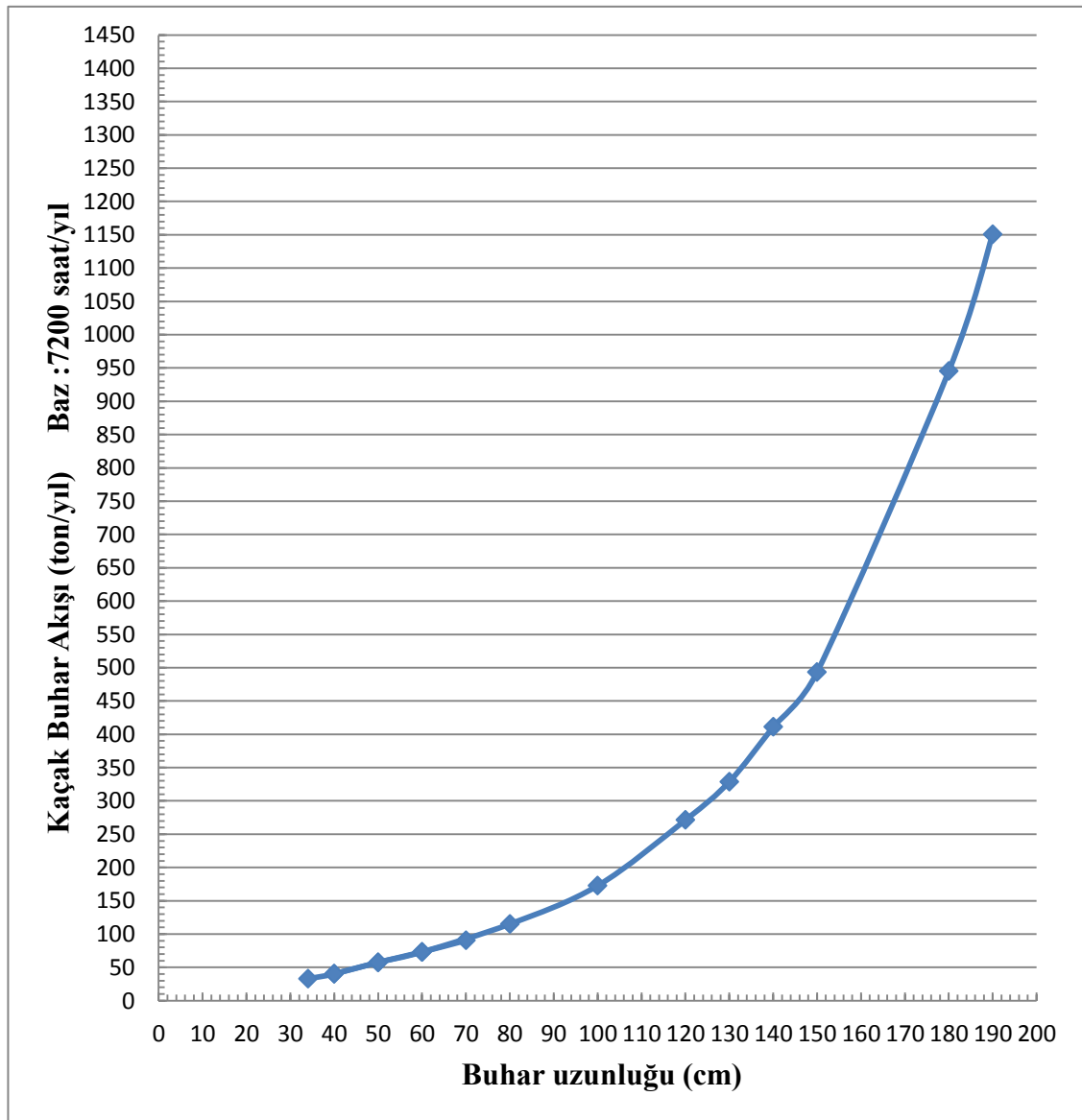
Vana grubu fabrika da 2 çeşit olarak bulunmaktadır. 1. uygulamada standart olarak vana, 2 flanş ve pislik tutucu olarak bulunmakta olup vana eşdeğer boru uzunluğu 5, 2. uygulamada ise vana ve 2 adet flanş bulunmakta olup, vana eşdeğer boru uzunluğu 3 olarak alınmıştır.

#### 4.1.2 Sıcak hatlar

Tesiste buhar kullanılan makinalara ve termal konfor sağlayan ısıtıcılara giden buhar hatlarındaki izolasyon hataları tespit edilmiştir. Fabrika içerisinde yer alan buhar hatlarındaki izolasyon eksiklikleri termal kamera ile belirlenmiştir. Buhar hatlarında genel olarak enerji kaybına yol açan unsurlardan bazıları; küçük çapa sahip boruların yalıtımlarının önemsenmemesi, boru hattında yapılan bakım sonrasında sökülen izolasyon malzemelerinin yerine takılmaması, nemli ortamda bulunan hatların izolasyon malzemesinin içerisine nem girmesinden dolayı izolasyon malzemesinin görevini yapamaması, açık alanda bulunan sıcak hatların üzerindeki alüminyumdan içeri yağmur girişi, bakım sonrası yalıtım malzemesinin yerine takılmaması, izolasyon malzemesinin bağlantı noktalarından açılması, boru hatlarının üzerinde yürünmesi sonucunda malzemenin özelliğini yitirmesi olarak sıralanabilir. Buhar kaçakları sonrası nemlenen izolasyon malzemeleri, montaj yapılmadan önce tam olarak kurutulması gerekmektedir. Buhar kaçaklarına kolay müdahale edebilmek için, izolasyon malzemesinin fabrikasyon olarak kullanılan boru çapına uygun seçilmesi gerekmektedir. İzolasyon verimliliğini etkileyeceği için, boru çapına uygun olmayan izolasyon malzemesi kullanımından kaçınılmalıdır.

#### 4.2. Buhar Kaçakları

Çalışma yapılan işletmede 6 bar gösterge basıncında buhar kullanılmaktadır. Buhar kayıpları genellikle vana contalarından, kondens toplardan ve boru hatlarındaki dirsek yıpranmalarından meydana gelmektedir. İşletmeye herhangi bir ek maliyet getirmeden giderilebilecek bu sarfiyatlar tespit edildiği anda öncelikli olarak kaçak giderilmelidir. Vana, kondens top, pislik tutucu, boru çatlaklarındaki buhar kayıpları tespit edilmiş ve bu kayıpların giderilmesi ile elde edilebilecek tasarruf miktarları belirlenmiştir. Şekil.4.1’de buhar uzunluğunun fonksiyonu olarak kaçak buhar akışları verilmiştir.



Şekil.4.1. Buhar uzunluğunun fonksiyonu olarak kaçak buhar akışı (URL-9).

### 4.3. Basınçlı Hava Sistemleri

Firma bünyesinde toplam 4 adet kompresör bulunmaktadır. 3 adet kompresör aktif olarak çalışmakta ve 1 adet kompresör yedek olarak tutulmaktadır. 3 adet hava tankı ve 2 adet hava kurutucu ünitesi bulunmaktadır. Egzoz havası kanal vasıtası ile dışarı atılmaktadır. Kompresörler hava emişini ise kompresör odasından almaktadır. Fabrikada kullanılan kompresörlerin görüntüsü Şekil 4.2’de, hava tankları ve kurutucuların görüntüsü Şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil.4.2. Mevcut kompresörler.



Şekil.4.3. Hava kurutucuları ve hava tankları.

Basınçlı hava sistemlerinde, atmosferik basıncın hat basıncına oranı kontrol edilir. Bu oran %52’den küçük olduğu durumlarda akışın bir sızıntı olarak kabul edilerek, delikten kaçan havanın debisi ( $V_f$ ) 4.8’de verilen eşitlik ile hesaplanabilir. Hava kaçakları nedeniyle oluşan güç kaybı, (L) 4.9’da verilen eşitlik ile hesaplanır. Kompresör hava basıncını düşürme sonucunda güçteki tüketim oranı (GTO) 4.10’da verilen eşitlik ile hesaplanır (Durmuş ve Öztürk, 2014).

Eşitlik 4.8 ve 4.9’da görüldüğü üzere gerekli olan enerji miktarı, hat basıncına, basınçlı havanın kaçak noktasındaki sıcaklığına, kompresör emiş hava sıcaklığına ve havanın kaçtığı deliğin çapına bağlıdır. İşletmelerde temizlik amaçlı ve makinelerin pnömatik sistemlerde kullanımı esnasında, gereğinden fazla yüksek basınçlı hava kullanılarak daha iyi performans alındığı düşünülse de, yüksek basınçlı hava ek maliyet oluşturmaktadır.

$$V_f: (N_L * T_i * (P_L/P_i) * C_1 * C_d * (\pi * D^2/4)) / T_i^{(0,5)} \quad (4.8)$$

$$L : [P_i * V_f * (k/k-1) * N * ((P_o/P_i)^{(k-1)/(k*N)} - 1)] / (E_a * E_m) \quad (4.9)$$

$$GTO: [((P_2 + P_{atm})^{(k-1)/k} - 1) / [((P_h + P_{atm})^{(k-1)/k} - 1)] \quad (4.10)$$

Basınçlı hava sisteminde yapılacak enerji verimliliği hesaplamalarında kullanılan basınçlı hava sistem sabitleri Çizelge 4.3.’te verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Basınçlı hava sistem sabitleri.

Sabitler	Değeri
Kompresör emiş havası sıcaklığı (°C)	33
Kompresör çalışma basıncı (kPa)	760
Ortalama hat sıcaklığı (°C)	29
Atmosferik ortam basıncı (kPa)	101
Kompresör çalışma basıncı (kPa)	760
Havanın özgül ısı oranı (k)	1,4
Toplam kompresör motor gücü (kW)	110
Kompresör motor verimi (%)	91
Kademe sayısı (N)	1
Kompresör tipi	Vidalı
Kompresör motor güçleri (kW)	100
Kompresör çalışma saati (saat/yıl)	7200
Enerji birim fiyatı (TL/kWh)	0,433

#### 4.4. Aydınlatma

İnceleme yapılan tesiste toplam kapalı alan 40.000 m<sup>2</sup>, açık alan 80.000 m<sup>2</sup>'dir. Ambarlar 18.000 m<sup>2</sup>, iplik işletmesi 12.000 m<sup>2</sup>, boyahane kazan dairesi 2.000 m<sup>2</sup>, boyahane hazırlık daireleri toplam 8.000 m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Boyahane kazan dairesinde ve fabrika çevre güvenlik aydınlatmasında 250 watt civa buharlı lamba diğer kısımlarda 36 watt floresan lamba kullanılmaktadır. Armatürler buhardan dolayı yıllar içerisinde paslanmış. Yansıtma özelliği azalmış armatürler enerji verimsizliğine neden olmaktadır. Armatür kaynaklı aydınlatma verimsizliğine neden olan örnek armatürler Şekil 4.4.'te verilmiştir. Çalışmada CEM marka 140717783 seri numaralı multi fonksiyonel ortam ölçüm cihaz kullanılmıştır.



**Şekil 4.4.** Armatür kaynaklı aydınlatma verimsizliğine neden olan örnek armatürler.

Armatürlerin yansıtma kısımları nemden dolayı pas tuttuğu için aydınlatma verimini önemli ölçüde düşürmektedir. İşyerlerinin aydınlatmasında TS EN 12464-1 (Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları) standardı kullanılmaktadır. İnceleme yapılan işyeri mevcut durumda TS EN 12464-1 standardına uygun olmadığı için ayrıca kaza riski doğurmaktadır. İşletme içerisinde kurulu aydınlatma sistemi, ilk kurulum yapılırken tek ve çift floresanlı olarak 2 şekilde kurulmuştur. Mevcut aydınlatma sisteminin açma-kapama işlemi görevli çalışanlar tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Aydınlatmada kullanılan elektrik birim fiyatı 0,433 TL/kW olarak faturalandırılmaktadır. İşletme vardiyalı olarak altı gün

yirmi dört saat çalışma olacak şekilde çalışmaktadır. Haftada bir gün ise işletmenin iş durumuna göre zaman zaman mesai yapılmaktadır.

Çalışma sırasında fabrika genelinde cıva buharlı ve floresan armatürlerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Mevcut durumda bulunan armatürlerin günümüz şartlarına göre verimsiz aydınlatma sistemleri olarak tanımlamak mümkündür. Bu aydınlatma ekipmanlarının yerine enerji verimliliği daha yüksek olan LED aydınlatma teknolojisi ile çalışan aydınlatma ekipmanlarının kullanılması durumunda elde edilebilecek tasarruf miktarı hesaplanmıştır. Aydınlatma sistemi yasal mevzuat şartlarını sağlamamaktadır.

Yeni sistem seçimi yapılırken yasal mevzuat şartların sağlayarak çalışanların daha sağlıklı bir ortamda çalışması hedeflenmiştir. Ambarlar, sosyal alanlar, ofisler ve atölyelerde çalışan olmasa dahi aydınlatma sistemlerinin çalıştığı gözlemlenmiştir. Bu kısımlara LED dönüşümü dışında ayrıca hareket sensörü veya zaman rolesi ilavesi yapılarak kısımlarda çalışan olmadığı zaman aydınlatma ekipmanlarının enerji tüketiminin önüne geçilmesi ve aydınlatma sisteminin yıllık çalışma saatinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Çalışan olmadığı zamanlarda aktif bir şekilde enerji tüketimi yapan aydınlatma sistemleri, ürettikleri ısı nedeniyle tekstil uçuntularında yangına sebebiyet olabilir. Yangınlar ilk bir kaç dakika içerisinde müdahale edildiğinde büyümeden söndürülebilir. Fakat çalışanların olmadığı bir işyerinde müdahale süresinin uzaması muhtemeldir.

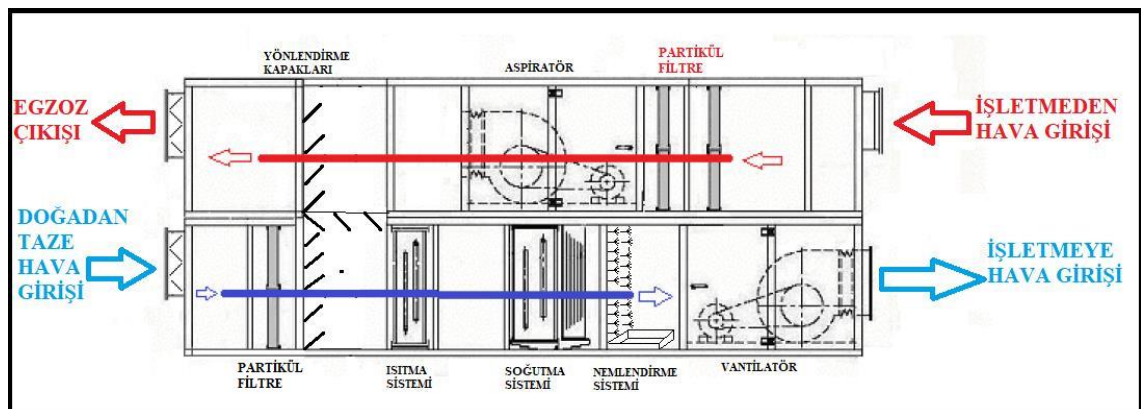
Çevre aydınlatması manuel olarak açıp kapatıldığından bazen çevre aydınlatmaları açık bırakılabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için, çevre aydınlatmasına ışık sensörü ilavesi yapılarak yalnızca ihtiyaç anında buraların aydınlık kalması ve aydınlatma sisteminin yıllık çalışma saatinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Mevcut durumda kullanılan floresan lambaların aydınlatma açısının 360<sup>0</sup> olması nedeniyle, ortam aydınlatması armatürün yansıtma kuvveti ile doğru orantılıdır. Armatürlerin paslanma, kirlenme gibi ışığın yansıma derecesine etki eden yansıtma kayıplarına “kirlenme faktörü olarak” adlandırılmaktadır. Floresan lambalarda temizlik işlemi yapılırken hem lamba hem de armatür temizliği yapılması gerekmektedir. LED lambalarda ise aydınlatma tek yönlü olduğu için, temizlik lambanın tozunu alarak kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilir.

#### 4.5. Klima Sistemi

Tekstil fabrikalarında genelle aynı klima sistemi birçok amaca hizmet etmektedir. Bunlardan en önemlileri;

- Nem kontrolü: İplik ve dokuma sanayinde üretimin verimli bir şekilde devamlılığının sağlanabilmesi için, işletmenin belirli bir nemde bulunması gerekmektedir.
- Uçuntu Toplama: Üretim esnasında oluşan tekstil uçuntularını kanallar vasıtası ile üretim alanından çekilir. Klima santralleri girişinde bulunan partikül filtreler ile tutulur. Uçuntu toplama faydası hem ürünün kalitesi hem de çalışanların iş sağlığı bakımından çok önemlidir.
- Termal konfor: Çalışanların termal konforunun sağlanması amacı ile soğutma ve ısıtma amacı ile kullanılır. Ayrıca çalışanların taze havaya ulaşmasını sağlar.
- Çevrenin korunması: Partikül filtreler sayesinde, üretimden çıkan uçuntuların fabrika sahası dışına çıkmasını engeller.

Fabrikada kullanılan klima santrali şematik görünümü Şekil 4.5'te verilmiştir. Temel çalışma prensibi; işletmeden gelen kirli havayı aspiratörler inşaatı tip gömülü kanallar vasıtası ile çeker. Burada kalın ve ince delikli olmak üzere iki adet filtreden geçerken uçuntularını bırakır. Dış havanın ve üretim alanının durumu göz önüne alınarak, yönlendirme kapakları ile hava doğaya veya tekrar üretim alanına gönderilir. İklimlendirme ünitesinden geçen hava yine üretim alanının ihtiyacına göre havayı ısıtma, soğutma ve/veya nemlendirme işlemi yapılır. İstenilen özelliklere sahip olunan hava vantilatörün gücü ve asma kanalların vasıtası ile üretim alanına verilir.



Şekil 4.5. Klima dairesi şematik görünümü.

Çalışma kapsamında fabrikadaki klimalarda aşağıdaki konular üzerine incelemeler yapılmıştır. Şekil 4.6'da verimlilik çalışması yapılan klima sisteminin görselleri verilmiştir.

- Partikül filtrelerin hava geçirgenliğinin incelenmesi
- Klima motorlarının verimlilik hesaplamaları
- Klima motorlarının kayış kasnak sistemi



Şekil 4.6. İncelemesi yapılan klima sisteminden görseller.

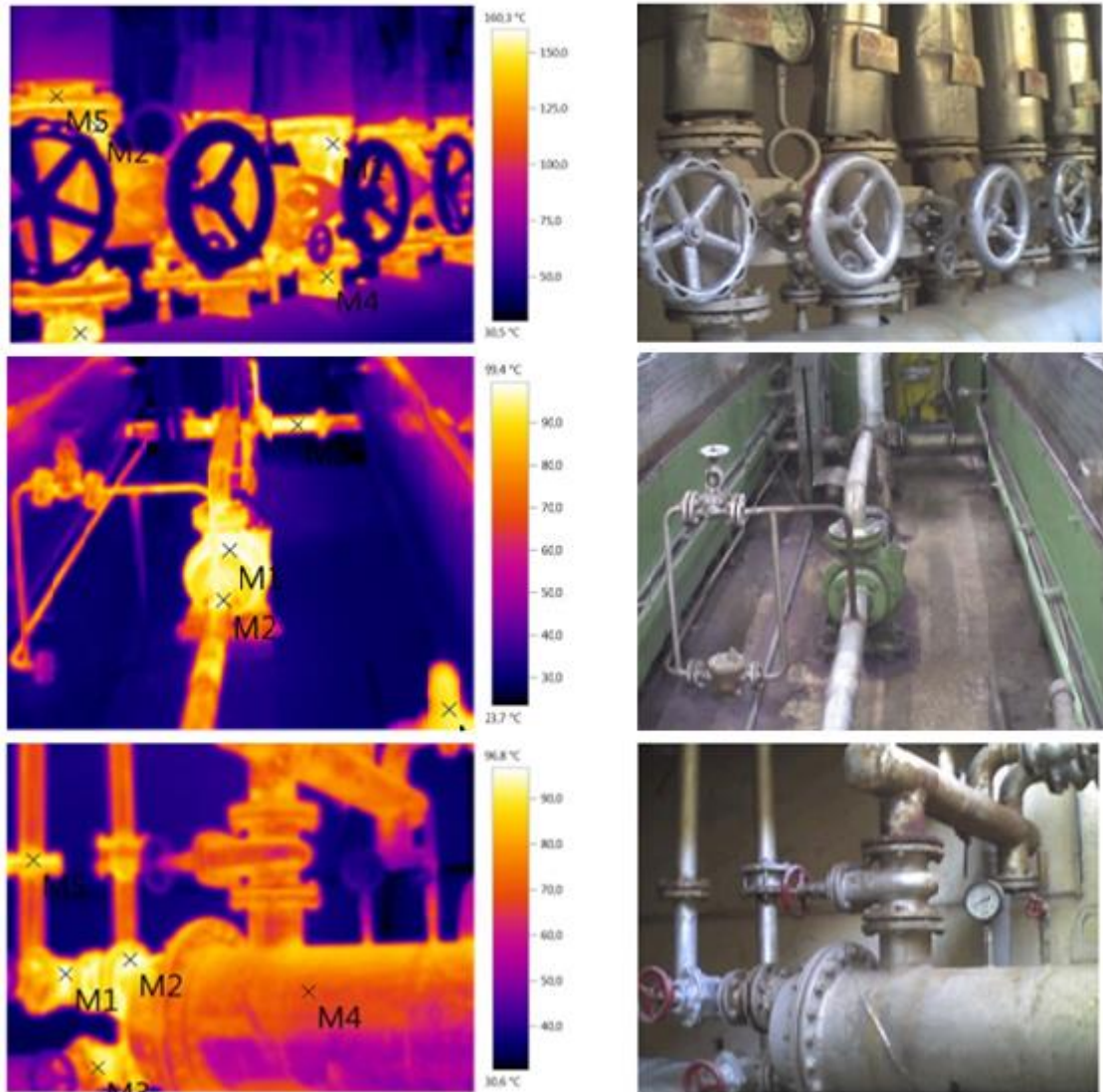
Bir elektrik motorunun daha verimli bir motor ile değişimi sonucunda elde edilebilecek yıllık tasarruf miktarı aşağıdaki 4.10 eşitliğinde verilmiştir. Çalışmada Voltcarft marka DH628249 seri numaralı anemometre kullanılmıştır. Bu eşitliğe göre bir motordan elde edilebilecek tasarruf miktarı, motorun çalışma süresine, motorun anma gücüne, motorun yüklenme oranına, enerji birim fiyatına ve motorun verimine bağlıdır. Günümüzde kullanılan teknolojiler geliştikçe daha verimli motorlar üretilmektedir. Motor seçimi yapılırken yukarıda belirtilen unsurlara göre fiyat performans değerlendirmesi yapılmalı ve buna göre motor seçimi yapılmalıdır.

$$K: t * P_N * x * k * (1/n - 1/n_{eff}) \quad (4.10)$$

## 5. TEKSTİL FABRİKASINDA TESPİT EDİLEN ENERJİ KAYIPLARI ve TASARRUF MİKTARLARI

### 5.1. İzolasyon Çalışmaları

İzolasyon çalışmalarımızın birinci kısmında fabrikadaki vanalar incelenmiştir. Vana gruplarında enerji verimsizliklerini tespit ederken yapılan çalışma sonucunda, vanalar için örnek termal kamera fotoğrafları Şekil.5.1’de, termal kameralardan elde edilen ölçüm sonuçları sonucunda enerji verimsizliği tespit edilen buhar hatlarının bilgileri Çizelge 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Vana grupları için örnek termal kamera fotoğrafları ve orjinal fotoğraflar.

**Çizelge 5.1.** Enerji verimsizliği tespit edilen vana gruplarının bilgileri.

Ölçüm No	T <sub>s</sub> (°C)	L <sub>eş</sub> (m)	Boru Ölçüleri(DN)	Ölçüm No	T <sub>s</sub> (°C)	L <sub>eş</sub> (m)	Boru Ölçüleri(DN)
1	150	3	DN 80	23	133	3	DN 40
2	150	3	DN 25	24	142	3	DN 40
3	153	3	DN 25	25	142	5	DN 25
4	145	3	DN 100	26	155	5	DN 15
5	145	3	DN 15	27	132	5	DN 50
6	133	3	DN 15	28	132	3	DN 50
7	130	3	DN 50	29	152	3	DN 20
8	120	3	DN 80	30	155	3	DN 25
9	131	3	DN 40	31	133	3	DN 100
10	131	3	DN 50	32	132	3	DN 200
11	147	3	DN 20	33	150	3	DN 100
12	153	3	DN 40	34	142	3	DN 50
13	150	3	DN 50	35	130	3	DN 100
14	145	3	DN 50	36	130	3	DN 100
15	150	3	DN 32	37	130	3	DN 100
16	150	3	DN 50	38	128	3	DN 100
17	153	3	DN 50	39	135	3	DN 100
18	147	3	DN 50	40	139	3	DN 100
19	150	3	DN 50	41	145	3	DN 100
20	133	3	DN 50	42	137	3	DN 200
21	130	3	DN 40	43	125	3	DN 80
22	95	5	DN 20	44	127	5	DN 50

**Çizelge 5.1. (Devam Ediyor)** Enerji verimsizliği tespit edilen vana gruplarının bilgileri.

Ölçüm No	T <sub>s</sub> (°C)	L <sub>eş</sub> (m)	Boru Ölçüleri(DN)	Ölçüm No	T <sub>s</sub> (°C)	L <sub>eş</sub> (m)	Boru Ölçüleri(DN)
45	127	5	DN 40	67	140	3	DN 20
46	133	5	DN 50	68	140	3	DN 20
47	127	3	DN 50	69	135	3	DN 50
48	130	5	DN 50	70	140	3	DN 50
49	125	5	DN 40	71	142	3	DN 50
50	132	5	DN 50	72	142	3	DN 50
51	137	5	DN 50	73	150	3	DN 80
52	130	5	DN 50	74	121	3	DN 20
53	127	5	DN 50	75	140	5	DN 15
54	135	5	DN 50	76	140	5	DN 15
55	132	5	DN 50	77	137	5	DN 25
56	127	5	DN 50	78	145	5	DN 40
57	130	5	DN 50	79	120	5	DN 80
58	125	3	DN 50	80	129	5	DN 50
59	105	5	DN 20	81	142	3	DN 100
60	108	5	DN 20	82	162	3	DN 100
61	115	3	DN 80	83	154	3	DN 100
62	121	3	DN 80	84	161	3	DN 100
63	117	3	DN 80	85	145	3	DN 100
64	147	5	DN 20	86	155	5	DN 20
65	135	5	DN 15	87	155	5	DN 20
66	130	5	DN 15	88	88	5	DN 20

**Çizelge 5.1. (Devam Ediyor)** Enerji verimsizliği tespit edilen vana gruplarının bilgileri.

Ölçüm No	T <sub>s</sub> (°C)	L <sub>ceş</sub> (m)	Boru Ölçüleri(DN)	Ölçüm No	T <sub>s</sub> (°C)	L <sub>ceş</sub> (m)	Boru Ölçüleri(DN)
89	92	3	DN 20	96	98	3	DN 40
90	159	3	DN 20	97	100	3	DN 40
91	157	3	DN 20	98	99	3	DN 40
92	146	3	DN 20	99	150	3	DN 50
93	157	3	DN 20	100	123	3	DN 50
94	155	3	DN 20	101	90	5	DN 20
95	104	3	DN 40	102	88	5	DN 20

Toplamda 102 adet vana grubuna vana ceketleri uygulaması yapılması gerektiği tespit edilmiştir. Piyasa fiyatları göz önüne alınarak yapılan çalışmada kullanılacak optimum izolasyon kalınlığı 50 mm olarak belirlenmiştir. Fabrikanın mevcut personelinin montajı yapabilmesi ve işçilik maliyetlerinin azaltılabilmesi için kolay montaj özelliğine sahip cırtlı vana ceketleri seçilmiştir. Maliyet hesabına iki personelin günlük hakkedışı, manlift kiralama ücreti ve vana ceketleri izolasyon malzemesi dahil edilerek yapılmıştır. Vana gruplarına yönelik vana ceketleri uygulaması için tasarruf hesaplamaları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Vana ceketleri uygulaması ile 1.149.123 kWh/Yıl enerji tasarrufu sağlamak mümkün olduğu görülmüştür. Bu tasarrufun mali değeri 165.358 TL/Yıl’dır. Vana ceketleri uygulamasının mali bedeli 66.547 TL olarak belirlenmiştir. Uygulamanın basit geri ödeme süresi 0,40 yıl’dır.

**Çizelge 5.2.** Vana gruplarına yönelik vana ceketi uygulaması için tasarruf hesaplamaları.

Ölçüm No	$U_r$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_c$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	Aeş (m <sup>2</sup> )	$Q_b$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_r$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_c$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$Q_y$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	Isı Kaybı (kW)	Tasarruf (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL)	Yatırım Tutarı (TL)	BGÖS (yıl)
1	10,22	7,11	0,84	1,89	5,86	4,76	0,12	2,29	16.513	2.376	930	0,39
2	10,22	9,06	0,32	0,80	5,86	6,06	0,07	0,95	6.813	980	600	0,61
3	10,37	9,11	0,32	0,82	5,86	6,06	0,07	0,98	7.046	1.014	600	0,59
4	9,99	6,61	1,08	2,23	5,86	4,47	0,14	2,72	19.594	2.820	1095	0,39
5	9,99	10,07	0,20	0,50	5,86	6,80	0,05	0,59	4.220	607	510	0,84
6	9,45	9,81	0,20	0,44	5,86	6,80	0,05	0,51	3.647	525	510	0,97
7	9,32	7,52	0,57	1,05	5,86	5,24	0,08	1,26	9.091	1.308	712,5	0,54
8	8,89	6,66	0,84	1,30	5,86	4,76	0,09	1,57	11.303	1.627	930	0,57
9	9,36	7,96	0,45	0,87	5,86	5,54	0,07	1,04	7.524	1.083	682,5	0,63
10	9,36	7,53	0,57	1,07	5,86	5,24	0,08	1,28	9.209	1.325	712,5	0,54
11	10,08	9,53	0,25	0,63	5,86	6,41	0,06	0,74	5.354	770	540	0,70
12	10,37	8,33	0,45	1,13	5,86	5,54	0,09	1,36	9.792	1.409	682,5	0,48
13	10,22	7,84	0,57	1,33	5,86	5,24	0,10	1,61	11.591	1.668	712,5	0,43
14	9,99	7,76	0,57	1,26	5,86	5,24	0,09	1,52	10.939	1.574	712,5	0,45
15	10,22	8,56	0,40	0,98	5,86	5,72	0,08	1,17	8.405	1.209	637,5	0,53
16	10,22	7,84	0,57	1,33	5,86	5,24	0,10	1,61	11.591	1.668	712,5	0,43
17	10,37	7,88	0,57	1,38	5,86	5,24	0,10	1,67	11.990	1.725	712,5	0,41
18	10,08	7,79	0,57	1,29	5,86	5,24	0,09	1,56	11.198	1.611	712,5	0,44
19	10,22	7,84	0,57	1,33	5,86	5,24	0,10	1,61	11.591	1.668	712,5	0,43
20	9,45	7,57	0,57	1,09	5,86	5,24	0,08	1,31	9.448	1.360	712,5	0,52
21	9,32	7,94	0,45	0,86	5,86	5,54	0,07	1,03	7.427	1.069	682,5	0,64
22	7,89	8,36	0,42	0,51	5,86	6,41	0,06	0,59	4.270	614	277,5	0,45

**Çizelge 5.2.(Devam Ediyor)** Vana gruplarına yönelik vana ceketi uygulaması için tasarruf hesaplamaları.

Ölçüm No	$U_r$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_c$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	Aeş (m <sup>2</sup> )	$Q_b$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_r$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_c$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$Q_y$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	Isı Kaybı (kW)	Tasarruf (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL)	Yatırım Tutarı (TL)	BGÖS (YIL)
23	9,45	8,00	0,45	0,90	5,86	5,54	0,07	1,07	7.719	1.111	682,5	0,61
24	9,85	8,15	0,45	1,00	5,86	5,54	0,08	1,20	8.624	1.241	682,5	0,55
25	9,85	8,92	0,53	1,21	5,86	6,06	0,11	1,44	10.346	1.489	322,5	0,22
26	10,46	10,26	0,33	0,94	5,86	6,80	0,09	1,09	7.877	1.134	262,5	0,23
27	9,41	7,55	0,95	1,80	5,86	5,24	0,14	2,16	15.547	2.237	375	0,17
28	9,41	7,55	0,57	1,08	5,86	5,24	0,08	1,30	9.328	1.342	712,5	0,53
29	10,32	9,63	0,25	0,67	5,86	6,41	0,06	0,79	5.667	816	540	0,66
30	10,46	9,15	0,32	0,84	5,86	6,06	0,07	1,00	7.204	1.037	600	0,58
31	9,45	6,45	1,08	1,93	5,86	4,47	0,13	2,35	16.909	2.433	1095	0,45
32	9,41	5,47	2,06	3,44	5,86	3,80	0,21	4,20	30.214	4.348	1822,5	0,42
33	10,22	6,68	1,08	2,37	5,86	4,47	0,15	2,88	20.768	2.988	1095	0,37
34	9,85	7,71	0,57	1,22	5,86	5,24	0,09	1,47	10.557	1.519	712,5	0,47
35	9,32	6,41	1,08	1,86	5,86	4,47	0,12	2,26	16.266	2.341	1095	0,47
36	9,32	6,41	1,08	1,86	5,86	4,47	0,12	2,26	16.266	2.341	1095	0,47
37	9,32	6,41	1,08	1,86	5,86	4,47	0,12	2,26	16.266	2.341	1095	0,47
38	9,23	6,38	1,08	1,81	5,86	4,47	0,12	2,20	15.844	2.280	1095	0,48
39	9,54	6,48	1,08	1,98	5,86	4,47	0,13	2,41	17.344	2.496	1095	0,44
40	9,72	6,53	1,08	2,08	5,86	4,47	0,13	2,53	18.229	2.623	1095	0,42
41	9,99	6,61	1,08	2,23	5,86	4,47	0,14	2,72	19.594	2.820	1095	0,39
42	9,63	5,53	2,06	3,66	5,86	3,80	0,22	4,47	32.200	4.634	1822,5	0,39
43	9,10	6,74	0,84	1,39	5,86	4,76	0,10	1,68	12.110	1.743	930	0,53
44	9,19	7,46	0,95	1,69	5,86	5,24	0,13	2,02	14.565	2.096	375	0,18

**Çizelge 5.2.(Devam Ediyor)** Vana gruplarına yönelik vana ceketi uygulaması için tasarruf hesaplamaları.

Ölçüm No	$U_r$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_c$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	Aeş (m <sup>2</sup> )	$Q_b$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_r$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_c$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$Q_y$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	Isı Kaybı (kW)	Tasarruf (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL)	Yatırım Tutarı (TL)	BGÖS (YIL)
45	9,19	7,89	0,76	1,39	5,86	5,54	0,11	1,65	11.901	1.713	360	0,21
46	9,45	7,57	0,95	1,82	5,86	5,24	0,14	2,19	15.747	2.266	375	0,17
47	9,19	7,46	0,57	1,01	5,86	5,24	0,08	1,21	8.739	1.258	712,5	0,57
48	9,32	7,52	0,95	1,75	5,86	5,24	0,13	2,10	15.151	2.180	375	0,17
49	9,10	7,85	0,76	1,35	5,86	5,54	0,11	1,61	11.586	1.667	360	0,22
50	9,41	7,55	0,95	1,80	5,86	5,24	0,14	2,16	15.547	2.237	375	0,17
51	9,63	7,63	0,95	1,91	5,86	5,24	0,14	2,30	16.557	2.383	375	0,16
52	9,32	7,52	0,95	1,75	5,86	5,24	0,13	2,10	15.151	2.180	375	0,17
53	9,19	7,46	0,95	1,69	5,86	5,24	0,13	2,02	14.565	2.096	375	0,18
54	9,54	7,60	0,95	1,87	5,86	5,24	0,14	2,24	16.150	2.324	375	0,16
55	9,41	7,55	0,95	1,80	5,86	5,24	0,14	2,16	15.547	2.237	375	0,17
56	9,19	7,46	0,95	1,69	5,86	5,24	0,13	2,02	14.565	2.096	375	0,18
57	9,32	7,52	0,95	1,75	5,86	5,24	0,13	2,10	15.151	2.180	375	0,17
58	9,10	7,43	0,57	0,99	5,86	5,24	0,08	1,18	8.508	1.224	712,5	0,58
59	8,28	8,62	0,42	0,61	5,86	6,41	0,07	0,70	5.060	728	277,5	0,38
60	8,40	8,70	0,42	0,64	5,86	6,41	0,07	0,74	5.306	764	277,5	0,36
61	8,68	6,58	0,84	1,21	5,86	4,76	0,09	1,46	10.520	1.514	930	0,61
62	8,93	6,68	0,84	1,32	5,86	4,76	0,10	1,59	11.463	1.649	930	0,56
63	8,77	6,61	0,84	1,25	5,86	4,76	0,09	1,50	10.830	1.559	930	0,60
64	10,08	9,53	0,42	1,05	5,86	6,41	0,10	1,24	8.923	1.284	277,5	0,22
65	9,54	9,86	0,33	0,75	5,86	6,80	0,08	0,87	6.233	897	262,5	0,29
66	9,32	9,75	0,33	0,70	5,86	6,80	0,08	0,81	5.849	842	262,5	0,31

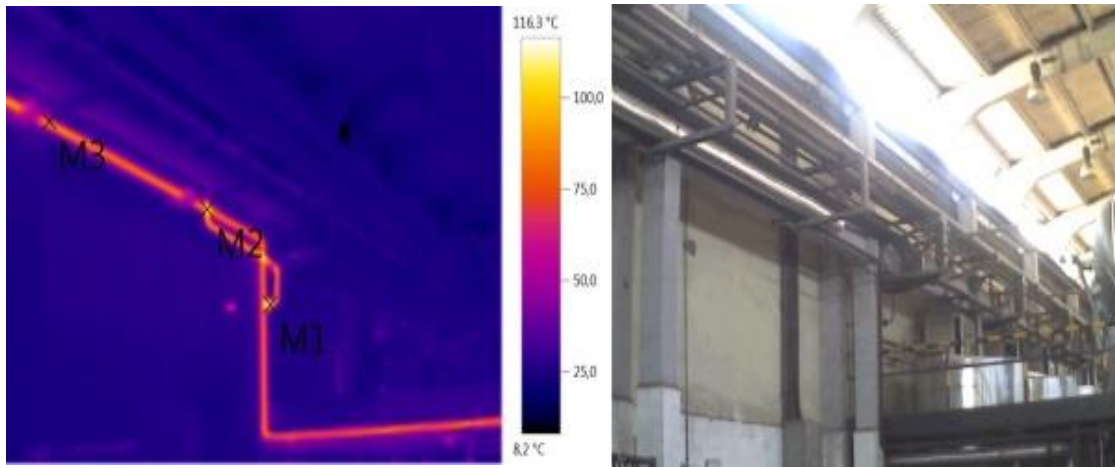
**Çizelge 5.2.(Devam Ediyor)** Vana gruplarına yönelik vana ceketi uygulaması için tasarruf hesaplamaları.

Ölçüm No	$U_r$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_c$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	Aeş (m <sup>2</sup> )	$Q_b$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_r$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_c$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$Q_y$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	Isı Kaybı (kW)	Tasarruf (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL)	Yatırım Tutarı (TL)	BGÖS (YIL)
67	9,76	9,40	0,25	0,58	5,86	6,41	0,06	0,68	4.929	709	540	0,76
68	9,76	9,40	0,25	0,58	5,86	6,41	0,06	0,68	4.929	709	540	0,76
69	9,54	7,60	0,57	1,12	5,86	5,24	0,08	1,35	9.690	1.394	712,5	0,51
70	9,76	7,68	0,57	1,19	5,86	5,24	0,09	1,43	10.306	1.483	712,5	0,48
71	9,85	7,71	0,57	1,22	5,86	5,24	0,09	1,47	10.557	1.519	712,5	0,47
72	9,85	7,71	0,57	1,22	5,86	5,24	0,09	1,47	10.557	1.519	712,5	0,47
73	10,22	7,11	0,84	1,89	5,86	4,76	0,12	2,29	16.513	2.376	930	0,39
74	8,93	9,00	0,25	0,46	5,86	6,41	0,05	0,54	3.855	555	540	0,97
75	9,76	9,96	0,33	0,79	5,86	6,80	0,08	0,92	6.628	954	262,5	0,28
76	9,76	9,96	0,33	0,79	5,86	6,80	0,08	0,92	6.628	954	262,5	0,28
77	9,63	8,83	0,53	1,14	5,86	6,06	0,10	1,35	9.737	1.401	322,5	0,23
78	9,99	8,20	0,76	1,72	5,86	5,54	0,13	2,07	14.892	2.143	360	0,17
79	8,89	6,66	1,40	2,17	5,86	4,76	0,16	2,62	18.839	2.711	480	0,18
80	9,28	7,50	0,95	1,73	5,86	5,24	0,13	2,08	14.955	2.152	375	0,17
81	9,85	6,57	1,08	2,16	5,86	4,47	0,14	2,63	18.905	2.720	1095	0,40
82	10,80	6,83	1,08	2,70	5,86	4,47	0,16	3,29	23.721	3.414	1095	0,32
83	10,41	6,73	1,08	2,47	5,86	4,47	0,15	3,02	21.731	3.127	1095	0,35
84	10,75	6,82	1,08	2,67	5,86	4,47	0,16	3,26	23.468	3.377	1095	0,32
85	9,99	6,61	1,08	2,23	5,86	4,47	0,14	2,72	19.594	2.820	1095	0,39
86	10,46	9,68	0,42	1,15	5,86	6,41	0,11	1,36	9.765	1.405	277,5	0,20
87	10,46	9,68	0,42	1,15	5,86	6,41	0,11	1,36	9.765	1.405	277,5	0,20
88	7,63	8,15	0,42	0,45	5,86	6,41	0,05	0,52	3.747	539	277,5	0,51

**Çizelge 5.2.(Devam Ediyor)** Vana gruplarına yönelik vana ceketi uygulaması için tasarruf hesaplamaları.

Ölçüm No	$U_r$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_c$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	Aeş (m <sup>2</sup> )	$Q_b$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_r$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_c$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$Q_y$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	Isı Kaybı (kW)	Tasarruf (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL)	Yatırım Tutarı (TL)	BGÖS (YIL)
89	7,78	8,27	0,25	0,29	5,86	6,41	0,03	0,34	2.426	349	540	1,55
90	10,65	9,75	0,25	0,72	5,86	6,41	0,06	0,85	6.119	881	540	0,61
91	10,56	9,71	0,25	0,70	5,86	6,41	0,06	0,83	5.988	862	540	0,63
92	10,04	9,51	0,25	0,62	5,86	6,41	0,06	0,74	5.292	762	540	0,71
93	10,56	9,71	0,25	0,70	5,86	6,41	0,06	0,83	5.988	862	540	0,63
94	10,46	9,68	0,25	0,69	5,86	6,41	0,06	0,81	5.859	843	540	0,64
95	8,24	7,43	0,45	0,60	5,86	5,54	0,05	0,71	5.100	734	682,5	0,93
96	8,00	7,29	0,45	0,54	5,86	5,54	0,05	0,64	4.612	664	682,5	1,03
97	8,08	7,34	0,45	0,56	5,86	5,54	0,05	0,66	4.773	687	682,5	0,99
98	8,04	7,31	0,45	0,55	5,86	5,54	0,05	0,65	4.692	675	682,5	1,01
99	10,22	7,84	0,57	1,33	5,86	5,24	0,10	1,61	11.591	1.668	712,5	0,43
100	9,02	7,39	0,57	0,96	5,86	5,24	0,08	1,15	8.280	1.191	712,5	0,60
101	7,70	8,21	0,42	0,47	5,86	6,41	0,05	0,54	3.894	560	277,5	0,50
102	7,63	8,15	0,42	0,45	5,86	6,41	0,05	0,52	3.747	539	277,5	0,51

İzolasyon çalışmalarımızın ikinci kısmında, sıcak hatlarda enerji verimsizliğine neden olan enerji kayıpları belirlenmiştir. Tesiste buhar kullanılan makinalara ve termal konfor sağlayan ısıtıcılara giden buhar hatlarında tespit edilen izolasyon hataları enerji verimsizliğine neden olmaktadır. Fabrika içerisinde izolasyon eksiliği tespit edilen buhar hatlarından örnek olarak birinin termal kamera görüntüsü ve düz lens ile çekilmiş görüntüsü Şekil 5.2’de, sıcak hatların ölçümleri sonucunda alınan verilere Çizelge 5.3’de verilmiştir.



**Şekil 5.2.** Enerji verimsizliğine yol açan örnek bir buhar hattının termal kamera ve düz lens fotoğrafı.

**Çizelge 5.3.** Sıcak hatların ölçümleri sonucunda alınan veriler.

Ölçüm No	$T_s$ (°C)	L (m)	Boru Ölçüsü (DN)	Ölçüm No	$T_s$ (°C)	L (m)	Boru Ölçüsü (DN)
1	140	0,6	DN 25	14	140	3	DN 20
2	137	0,2	DN 80	15	120	9	DN 20
3	135	0,4	DN 100	16	95	3	DN 20
4	145	1,7	DN 100	17	98	4	DN 20
5	140	7	DN 25	18	100	2	DN 20
6	120	0,75	DN 50	19	132	3	DN 25
7	125	0,6	DN 15	20	129	5	DN 20
8	123	1,2	DN 15	21	140	5	DN 20
9	123	1,8	DN 15	22	98	4	DN 20
10	115	8	DN 15	23	133	2	DN 40
11	115	5	DN 15	24	127	2	DN 20
12	135	4	DN 25	25	123	3	DN 20
13	120	6	DN 15	26	117	2	DN 20

Toplamda 26 adet sıcak hat'a uygulanacak olan izolasyon uygulaması gerektiği tespit edilmiştir. Uygulamada izolasyon malzemesi olarak 50 mm kalınlığında alüminyum kaplı tař yünü sečilmiřtir. Bu uygulama ile 112.338 kWh/yıl enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Bu tasarrufun mali değeri 16.165 TL/yıl'dır. İzolasyon uygulamasının yatırım bedeli 4.667 TL olarak belirlenmiştir. Uygulamanın basit geri ödeme süresi 0,29 yıl olarak belirlenmiştir. Sıcak hatlara yönelik izolasyon uygulaması için tasarruf hesaplamaları Çizelge 5.4'te verilmiştir.

**Çizelge 5.4.** Sıcak hatlar yönelik izolasyon uygulaması için tasarruf hesaplamaları.

Ölçüm No	$U_r$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_c$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	Aeş (m <sup>2</sup> )	$Q_b$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_r$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_c$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$Q_y$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	Isı Kaybı (kW)	Tasarruf (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL)	Yatırım Tutarı (TL)	BGÖS (YIL)
1	10,09	8,71	0,06	0,13	6,12	4,82	12,15	0,16	1.127	162	57,3	0,21
2	9,96	6,79	0,06	0,10	6,12	3,78	7,20	0,12	878	126	86,7	0,14
3	9,87	6,35	0,14	0,25	6,12	3,55	16,95	0,30	2.151	309	110,4	0,14
4	10,33	6,49	0,61	1,19	6,12	3,55	78,85	1,44	10.403	1.497	187,68	0,13
5	10,09	8,71	0,74	1,55	6,12	4,82	141,73	1,83	13.147	1.892	401,1	0,21
6	9,21	7,17	0,14	0,21	6,12	4,17	17,55	0,25	1.816	261	70,5	0,20
7	9,42	9,42	0,04	0,07	6,12	5,41	8,32	0,08	602	87	52,5	0,36
8	9,34	9,37	0,08	0,14	6,12	5,41	16,30	0,16	1.169	168	63	0,37
9	9,34	9,37	0,12	0,21	6,12	5,41	24,46	0,24	1.753	252	94,5	0,37
10	9,00	9,17	0,54	0,84	6,12	5,41	99,45	0,96	6.892	992	420	0,42
11	9,00	9,17	0,33	0,52	6,12	5,41	62,15	0,60	4.308	620	262,5	0,42
12	9,87	8,61	0,42	0,83	6,12	4,82	77,34	0,98	7.036	1.013	229,2	0,23
13	9,21	9,30	0,40	0,68	6,12	5,41	78,92	0,78	5.587	804	315	0,39
14	10,09	9,22	0,25	0,54	6,12	5,10	53,96	0,64	4.579	659	165,6	0,25
15	9,21	8,77	0,76	1,24	6,12	5,10	132,74	1,44	10.399	1.496	496,8	0,33
16	8,19	8,09	0,25	0,27	6,12	5,10	32,10	0,31	2.249	324	165,6	0,51
17	8,31	8,18	0,34	0,38	6,12	5,10	44,74	0,44	3.180	458	220,8	0,48
18	8,39	8,24	0,17	0,20	6,12	5,10	23,02	0,23	1.651	238	110,4	0,46
19	9,73	8,55	0,32	0,60	6,12	4,82	56,36	0,70	5.068	729	171,9	0,24
20	9,60	8,98	0,42	0,78	6,12	5,10	81,03	0,91	6.586	948	276	0,29
21	10,09	9,22	0,42	0,91	6,12	5,10	89,94	1,06	7.632	1.098	276	0,25
22	8,31	8,18	0,34	0,38	6,12	5,10	44,74	0,44	3.180	458	220,8	0,48

**Çizelge 5.4.(Devam Ediyor)** Sıcak hatlar yönelik izolasyon uygulaması için tasarruf hesaplamaları.

Ölçüm No	$U_r$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_c$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	Aeş (m <sup>2</sup> )	$Q_b$ yalıtımsız (W/m <sup>2</sup> °K)	$U_r$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$U_c$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	$Q_y$ yalıtımlı (W/m <sup>2</sup> °C)	Isı Kaybı (kW)	Tasarruf (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL)	Yatırım Tutarı (TL)	BGÖS (YIL)
23	9,78	7,83	0,30	0,56	6,12	4,41	46,61	0,66	4.764	685	134,4	0,20
24	9,51	8,93	0,17	0,31	6,12	5,10	31,76	0,36	2.561	369	110,4	0,30
25	9,34	8,84	0,25	0,43	6,12	5,10	45,70	0,50	3.625	522	165,6	0,32
26	9,08	8,70	0,17	0,26	6,12	5,10	28,53	0,31	2.207	318	110,4	0,35

## 5.2. Buhar Kaçakları

Vana, kondensstop, pislik tutucu, boru çatlaklarında kayıp buhar bulma çalışması yapılmıştır. 60 cm ve 80 cm buhar atım mesafesi (sırası ile soldan sağa) olan örnek buhar kaçakları Şekil 5.3'te , kayıp buhar miktarları ve bu kayıpların giderilmesi ile elde edilebilecek tasarruf miktarları Çizelge 5.5'te verilmiştir.



Şekil.5.3. Örnek buhar kaçakları fotoğrafı.

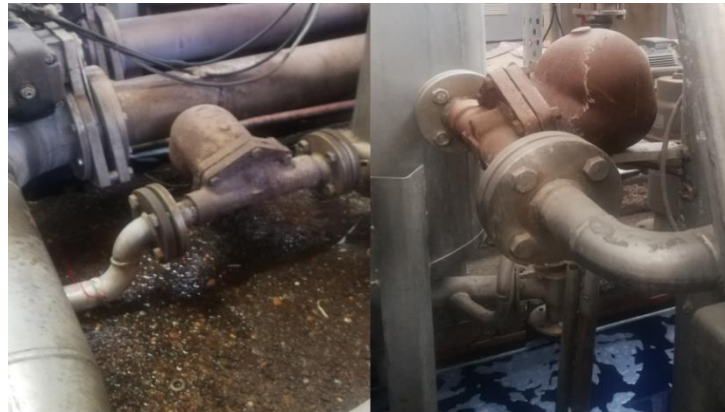
Çizelge 5.5. Kayıp buhar miktarları ve bu kayıpların giderilmesi ile elde edilebilecek tasarruf miktarları.

Ölçüm No	Kaçak Buhar Uzunluğu (cm)	Kayıp Miktarı (ton/yıl)	Mali Kayıp (tl/yıl)	Ölçüm No	Kaçak Buhar Uzunluğu (cm)	Kayıp Miktarı (ton/yıl)	Mali Kayıp (tl/yıl)
1	60,0	74,0	7982,4	13	40,0	40,0	4314,8
2	40,0	40,0	4314,8	14	100,0	172,0	18553,6
3	55,0	66,0	7119,4	15	45,0	49,0	5285,6
4	120,0	270,0	29124,9	16	35,0	34,0	3667,6
5	105,0	200,0	21574,0	17	110,0	235,0	25349,5
6	65,0	82,0	8845,3	18	40,0	40,0	4314,8
7	75,0	102,0	11002,7	19	85,0	130,0	14023,1
8	70,0	90,0	9708,3	20	95,0	157,0	16935,6
9	50,0	59,0	6364,3	21	35,0	34,0	3667,6
10	80,0	115,0	12405,1	22	45,0	49,0	5285,6
11	65,0	82,0	8845,3	23	35,0	34,0	3667,6
12	45,0	49,0	5285,6	24	40,0	40,0	4314,8

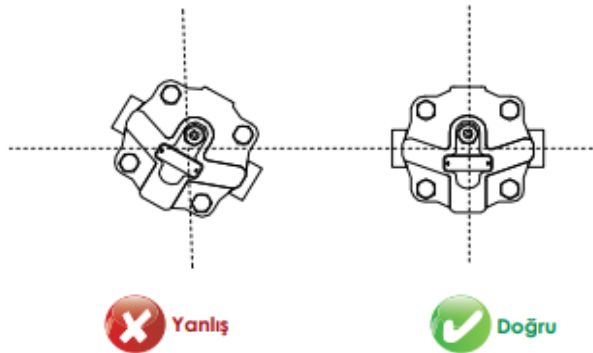
Buhar hatları incelenmiş ve hatlarda tespit edilen 24 adet kaçak ve 2 adet kondensstobun hatalı montajının yapıldığı tespit edilmiştir. Buhar kaçaklarının giderilmesi çalışması ile 2.243 ton/yıl buhar tasarrufu sağlamanın mümkün olduğu görülmüştür. Bu tasarrufun mali değeri 241.952,4 TL/Yıl olarak hesaplanmıştır. Buhar hatlarındaki kaçakların giderilmesi uygulamasının fabrikanın mevcut personeli ile uygulanacağından, bu uygulamanın yatırım bedeli yoktur.

Fabrikada tespit edilen hatalı montajı bulunan kondensstobuların fotoğrafları Şekil 5.4'te verilmiştir. Şamandıralı kondensstobun yanlış ve doğru montaj şeması Şekil.5.5'te verilmiştir.

Şamandıralı kondensstobuların yatay tesisata, yatay olarak montajı yapılmalıdır. Kondensstobun aşağıya veya yukarıya doğru eğik montaj yapılmamalıdır. X ve Y ekseninde sapma olduğunda kondensstop kendini tam olarak kapatamamaktadır ve bundan dolayı enerji kaçıışı olmaktadır.



Şekil.5.4. Hatalı montajı bulunan kondensstobuların fotoğrafları.



Şekil 5.5. Şamandıralı kondensstobun yanlış ve doğru montaj şeması.

### 5.3. Basıncılı Hava Sistemleri

Basıncılı hava sistemlerinde enerji verimliliği kapsamında, işletmedeki kaçaklar dinleme yöntemi ile belirlenmiştir. Tespit edilen hava kaçakları değerleri Çizelge 5.5 'te verilmiştir. Yaklaşık delik çapı ve delik olan yerdeki hat basıncı aynı olan hava kaçakları tek satırda verilmiştir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen basıncılı hava kaçaklarının maliyeti ise Çizelge 5.6'da verilmiştir.

**Çizelge 5.6.** Tespit edilen hava kaçaklarının değerleri.

Ölçüm No	Delik olan yerdeki hat basıncı (bar)	Hava kaçaklarının sayısı	Delik çapı (mm)	Ölçüm No	Delik olan yerdeki hat basıncı (bar)	Hava kaçaklarının sayısı	Delik çapı (mm)
1	5,8	14	0,5	13	5	2	2
2	6,1	12	0,5	14	5,5	3	2
3	6,5	10	0,5	15	6,5	1	2
4	5,7	8	1	16	4	2	3
5	6,3	5	1	17	4,7	1	3
6	6,5	3	1	18	6,5	2	3
7	6,7	2	1	19	6,5	1	3
8	6	3	1,5	20	4	2	4
9	6,2	4	1,5	21	4,5	2	4
10	6,6	2	1,5	22	6,5	1	4
11	4	4	2	23	6	1	4
12	4,5	1	2	24	5	1	5

**Çizelge 5.7.** Basıncılı hava kaçaklarının maliyeti.

Ölçüm No	Kaçan havanın debisi (L/h)	Güç Kaybı (kW)	Enerji tasarrufu (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL/yıl)
1	2,95	1,091	7.858,2	3.379,04
2	2,66	0,984	7.084,0	3.046,13
3	2,36	0,874	6.290,5	2.704,89
4	6,64	2,452	17.652,0	7.590,35
5	4,58	1,694	12.193,8	5.243,33
6	2,84	1,048	7.548,5	3.245,87
7	1,95	0,720	5.187,2	2.230,50
8	5,89	2,177	15.677,7	6.741,43
9	8,12	3,000	21.600,4	9.288,19
10	4,32	1,597	11.497,0	4.943,71
11	9,31	3,441	24.774,7	10.653,12
12	2,62	0,968	6.967,9	2.996,19
13	5,82	2,151	15.484,2	6.658,20
14	9,60	3,548	25.548,9	10.986,03
15	3,78	1,398	10.064,7	4.327,83
16	10,48	3,871	27.871,5	11.984,76
17	6,15	2,274	16.374,5	7.041,05
18	17,02	6,290	45.291,2	19.475,23
19	8,51	3,145	22.645,6	9.737,62
20	18,62	6,882	49.549,4	21.306,24
21	20,95	7,742	55.743,1	23.969,52
22	15,13	5,592	40.258,9	17.311,32
23	13,97	5,161	37.162,0	15.979,68
24	18,19	6,721	48.388,1	20.806,87

Kompresör odasında, açık bırakılan temizlik hortumlarında, makinelerin bağlantı noktalarında, delinmiş plastik hava hortumlarında, ana hattaki metal borularda enerji tasarrufu yapılabilecek 87 adet kaçak noktası tespit edilmiştir. Tespit edilen noktalarda gerçekleşen enerji kaybı 538.714 kWh/yıl ve kaybedilen enerjinin yıllık toplam maliyeti 231.647 TL/yıl'dır.

Kaçaklar sebebiyle sistem çıkış basıncında oluşan düşüşlerin önüne geçilmesi durumunda, son kullanım noktalarındaki ekipmanlarının verimsiz çalışması engellenecektir. Kompresörde 760 kPa basınçlı hava üretilirken, yapılan çalışma sonucunda basıncın 400 kPa değerlerine kadar düştüğü tespit edilmiştir. Basınçlı hava hattında gerekli çalışmalar yapıp giriş ve son nokta arasındaki bu fark düşürülmedikçe, makinelerin çalışması için gerekli basıncı sağlamak amacı ile kompresör basıncı sürekli artırılması gerekmektedir. Bu nedenle mümkün olan en düşük set basıncı seçilmelidir. İşletme basıncının 660 kPa olması durumunda elde edilebilecek tasarruf miktarı Çizelge 5.8'de verilmiştir.

**Çizelge 5.8.** İşletme basıncının 660 kPa olması durumunda elde edilebilecek tasarruf miktarı.

Kompresör No	Motor Gücü (kW)	GTO	Kapasite Kullanım Oranı	Enerji Tasarrufu (kWh/yıl)	Mali Tasarruf (TL/yıl)
1	100	0,924437	0,9	53.807	23.299
2	100	0,924437	0,8	47.829	20.710
3	100	0,924437	0,5	29.893	12.944

Hava kaçıklarında belirtilen eksiklikler giderildikten sonra kompresörlerde basınç düşümüne olanak sağlanmış olacaktır. İşletmenin ihtiyaç duyduğu 600 kPa basınca %10 hat kaybı eklendiğinde oluşan 660 kPa ideal çalışma basıncı olabilecektir. Kompresörlerdeki basınç azaltılması çalışması sonucunda kazanılacak enerji miktarı 131.529 kWh/yıl enerji tasarrufu gerçekleştirmek mümkündür.

Kompresör hava emişinin, kompresör odasından alınması bir tasarım hatasıdır. Kompresör odaları her zaman (ek bir soğutma sistemi yoksa) dış ortamdan sıcak olmaktadır. Emiş havasındaki her 4 °C'lik artışın %1 enerji kaybına neden olduğu genel prensibine göre, incelemesi yapılan tesiste emiş havasının dışarıdan alınması 4 °C'lik bir düşüşe neden olacağından kompresörlerin enerji maliyetinde %1'lik bir ek kazanç sağlayacaktır. Bu nedenle kompresör, mümkün olan düşük sıcaklıktaki, temiz ve kuru hava beslenmelidir. Kompresör dairesine ilave edilen fanlar ile birlikte, kompresör dairesinin sıcaklığı yıl içerisinde 4 °C düşmesi hedeflenmiştir. Sıcaklığın düşmesi sonucunda gerçekleşecek %1'lik tasarruf ile birlikte toplamda 683.396 kWh/yıl ve bu

enerjinin mali değeri 294.294 TL/yıl'dır. Basınçlı hava kaçaklarının giderilmesi, kompresör çalışma basıncının düşürülmesi ve kompresör emiş havası sıcaklığının düşürülmesi çalışmalarının toplam maliyeti 37.000 TL'dir. Uygulamanın basit geri ödeme süresi 0,13 yıl'dır.

Sistemde düzenli bakım ve temizlik yapılmalı, özellikle filtrelerin temizliğine dikkat edilmelidir. Filtre temizliğini takip etmek için filtre giriş ve çıkışına manometre yerleştirilerek, filtre takibi daha kolay hale getirilebilir. Filtre seçimi yaparken basınç düşümüne daha az etki eden filtreler kullanılmalıdır. Çalışanlara basınçlı hava kullanımı ile ilgili eğitimler verilmeli, basınçlı havanın maliyetleri çalışanlara aktarılmalı ve bu konu ile ilgili prosedürler oluşturularak kontrol mekanizması kurulmalıdır. Hava ile temizlik yapılması yüksek maliyet oluşturduğundan hava ile temizlikten kaçınılmalı, hava ile temizliğin zorunlu olduğu yerlere basınç düşürücü takılmalıdır. Hava hortumlarının ucuna hava tabancası takılarak, hortum çapından daha küçük bir nozul ile kullanılan havanın basınç arttırılması bu şekilde sağlanmalıdır.

#### 5.4 Aydınlatma Sistemi

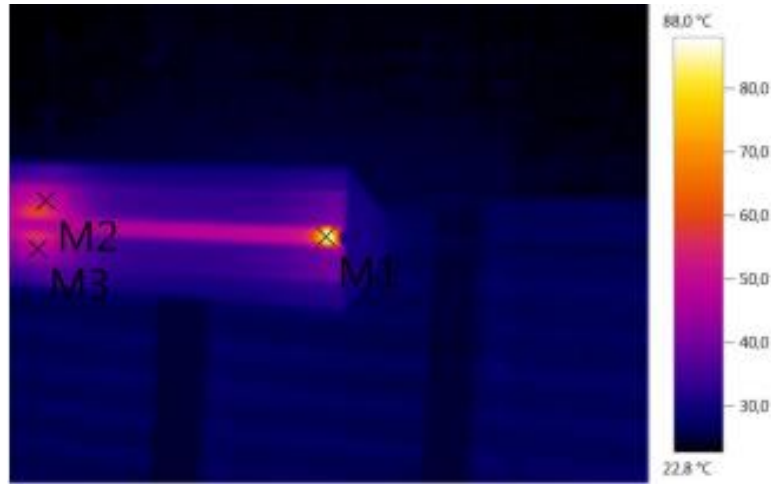
Çizelge 5.9'de aydınlatma sisteminin mevcut durum incelemesi yapılmıştır. Tesiste 6116 adet lamba bulunmaktadır. Bunlardan 110 adedi 250W civa buharlı lamba, 6006 adedi ise 36W floresan lambadır. İşletmenin geneli ortalama 144 lüks ile, toplamda ise 883.340 lüks aydınlanma değeri ile aydınlanmaktadır. Armatürlerde bulunan aydınlatma sisteminin ürettiği lüks ile aydınlatma sisteminin katalog değerleri karşılaştırılarak Çizelge 5.8'de armatür verimi olarak hesaplanmıştır. Mevcut durumda armatürlerin verimi düşük ve değişim maliyetinin yüksek olması sebebi ile yeni sistemde tek yönlü LED lamba seçilmiştir. Yeni sistemde armatür verimi yok sayılabilmektedir.

İncelemesi yapılan tesiste;

- 36 W floresan lambalar yerine, 18 W yüksek verimli LED lamba ile değişimi çalışması yapılmıştır.
- 250 W civa buharlı lambalar yerine 120 W LED projektör lamba ile değişimi çalışması yapılmıştır.
- Çalışanların olmadığı zamanlarda boşa enerji tüketimi yapan aydınlatma ekipmanlarında verimlilik sağlayarak yıllık çalışma saatlerini düşürmek amacı ile zaman rölesi, hareket fotoseli ve ışık fotoseli montajı çalışması yapılmıştır.

- LED sistemine geçişte aydınlatma ekipmanlarının sayısında herhangi bir azaltılma işlemi yapılmamıştır. Mevcut ilave cihaz konulmadan projelendirme yapılmış olup, yeni sistemdeki aydınlatma şiddetinin artışı ile yasal mevzuatın gerektirdiği şartlara uygun olunması veya uygun değere mevcut şartlarda en yakın hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Floresanlarda kullanılan duylar, çalışma esnasında yüksek ısılarla ulaşmakta ve yangın riski oluşturmaktadır. Şekil 1.1’de termal kamera ile görüntülenen bir armatür ve ısınma değerleri verilmiştir. Ölçümde M1: 88 °C, M2: 51 °C, M3: 49 °C olarak tespit edilmiştir. Özellikle uç kısımda meydana gelen ısınma değeri, tekstil uçuntularının yangına sebebiyet vermesine yol açması mümkündür. Tavanda meydana gelebilecek bir yangın başlangıcı, tekstil sektöründen kaynaklı uçuntular sebebi ile büyük bir yangına sebebiyet vermesi mümkündür. Bu nedenle LED teknolojisi kullanımı ayrıca önem içermektedir.



Şekil 5.6. Termal kamera ile görüntülenen bir armatür ve ısınma değerleri.

**Çizelge 5.9.** Aydınlatma sisteminin mevcut durumunun incelemesi.

Daire	Lamba Tipi	Toplam Lamba Sayısı	Ortalama Aydınlatma (Lüx)	Kurulu Aydınlatma Gücü (Lüx)	Lamba Gücü (W)	Kurulu Güç (kW)	YÇS (saat/yıl)	Lamba Çalışma saati (adet*saat/yıl)	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh/yıl)	Armatür Verim
İplikhane	Floresan	510	180	91.800	36	18.360	7.200	3.672.000	132.192	50%
	Floresan	3.200	140	448.000	36	115.200	7.200	23.040.000	829.440	61%
Paketleme	Floresan	425	160	68.000	36	15.300	7.200	3.060.000	110.160	55%
	Floresan	80	150	12.000	36	2.880	7.200	576.000	20.736	58%
Boyahane-1	Floresan	158	130	20.540	36	5.688	7.200	1.137.600	40.954	64%
Boyahane-2	Civa Buharlı	50	80	4.000	250	12.500	4.000	200.000	50.000	27%
Ambarlar	Floresan	760	80	60.800	36	27.360	8.760	6.657.600	239.674	55%
Sosyal Alanlar	Floresan	253	200	50.600	36	9.108	8.000	2.024.000	72.864	44%
Ofisler	Floresan	620	200	124.000	36	22.320	7.200	4.464.000	160.704	44%
Çevre Aydınlatma	Civa Buharlı	60	60	3.600	250	15.000	4.000	240.000	60.000	45%
Toplam		6.116	-	883.340	-	243.716	67.960	45.071.200	134.914	1.716.723

LED teknolojisi dönüşüm hesaplamalarda kullanılan değerler Çizelge 5.10'da, mevcut sistemin LED teknolojisi ile aydınlatma sistemine dönüştürülmesi sonucu elde edilebilecek tasarruf miktarları Çizelge 5.11'de, aydınlatma sistemi toplu sonuç hesaplama tablosu Çizelge 5.12'de verilmiştir.

**Çizelge 5.10.** LED teknolojisi dönüşüm hesaplamalarda kullanılan değerler.

Parametreler	Değerler
18 W LED lamba adet fiyatı ve L70 bakım maliyeti	90 TL, 3 TL
120 W LED projektör adet fiyatı ve L70 bakım maliyeti	1100 TL, 35 TL
36 W floresan lamba adet fiyatı ve L70 bakım maliyeti	12 TL, 3 TL
250 W civa buharlı lamba adet fiyatı ve L70 bakım maliyeti	105 TL, 35 TL
Elektrik birim fiyatı	0,433 (kWh/TL)

**Çizelge 5.11.** Aydınlatma sisteminin LED lambalar ile değişimi sonrası yapılan hesaplamalar.

Daire	Lamba Tipi	Lamba Çalışma Saati (adet*saat/yıl)	YÇS (saat/yıl)	Yıllık Enerji Tüketimi (kWh/yıl)	Lamba Gücü (W)	Enerji Tüketimi (kWh/yıl)	Hedeflenen Ortam Aydınlatma (Lüks)	Hedeflenen Aydınlatma Gücü (Lüks)
İplikhane	120 cm LED	3.672.000	7.200	132.192	18	66.096	300	153.000
	120 cm LED	23.040.000	7.200	829.440	18	414.720	300	960.000
Paketleme	120 cm LED	3.060.000	7.200	110.160	18	55.080	300	127.500
	120 cm LED	576.000	7.200	20.736	18	10.368	300	24.000
Boyahane-1	120 cm LED	1.137.600	7.200	40.954	18	20.477	300	47.400
Boyahane-2	LED Projektör	200.000	4.000	50.000	120	24.000	150	7.500
Ambarlar	120 cm LED	2.280.000	3.000	239.674	18	41.040	150	114.000
Sosyal Alanlar	120 cm LED	759.000	3.000	72.864	18	13.662	300	75.900
Ofis ve Atölyeler	120 cm LED	2.480.000	4.000	160.704	18	44.640	300	186.000
Çevre Aydınlatma	LED Projektör	240.000	4.000	60.000	120	28.800	150	9.000
	Toplam	37.444.600	-	1.716.723	-	718.883	-	1.704.300

**Çizelge 5.12.** Aydınlatma sistemi toplu sonuç hesaplama tablosu.

Aydınlatma Sistemi Türü	120 cm LED Lamba	Floresan Lamba	Civa Buharlı Lamba	LED Projektör
Aydınlatma Sistemi L70 Ömrü	40.000	12.000	18.000	50.000
100.000 Saatte Toplam Lamba Değişim Sayısı (adet)	9.009	44.044	501	110
100.000 Saatte Toplam Bakım Maliyeti (TL)	837.837	660.660	70.156	124.850
100.000 Saatte Toplam Enerji maliyeti (TL)	4.648.644	9.297.288	193.500	85.140
100.000 Saatte Toplam Maliyet (TL)	5.486.481	9.957.948	263.656	209.990
Mevcut Durumda Yıllık Tüketim (Kwh/Yıl)	0	1.606.723	110.000	0
Mevcut Durumda Yıllık Çalışma Saati (adet*saat/yıl)	0	44.631.200	440.000	0
Değişim Sonrası Yıllık Çalışma Saati (adet*saat/yıl)	34.004.600	0	0	440.000
Değişim Sonrası Yıllık Tüketim (kWh/Yıl)	612.083	0	0	52.800
Mevcut Durumda Fabrika Toplam Aydınlatma (Lüx)	883.340			
Değişim Sonrası Fabrika Toplam Aydınlatma (Lüx)	1.704.300			
Yıllık Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl)	1.051.840			
Enerji Tasarruf Miktarı	61%			
Kurulu aydınlatma gücündeki artış	93%			
Yıllık Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)	452.291			
Yatırımın Basit Geri Ödeme Süresi (Yıl)	1,51			

Toplamda 6.116 adet lambanın değişimi sonrasında, fabrikanın toplam aydınlatma günü 833.340 lüx'ten, 1.704.300 lüx'e çıkmıştır. Fabrikanın kurulu aydınlatma gücündeki artış oranı %93'tür. Bu uygulama ile yıllık tasarruf miktarının 1.051.840 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu tasarrufun mali değeri 452.291 TL/yıl'dır. Yatırımın basit geri ödeme süresi ise 1.51 yıl olarak hesaplanmıştır.

Bu uygulamanın hayata geçmesi ile çalışanlar daha aydınlık bir ortamda çalışacağından kaza riskleri azalmış olacaktır. Floresan lambaların Şekil.5.6'da görüldüğü üzere meydana gelen aşırı ısınma nedeniyle yangın yaşanması riski ortadan kalmış olacaktır. Daha uzun ömürlü lamba kullanımı sebebi ile fabrika teknik

personelini farklı işlerde kullanarak daha verimli bir işletme olmak adına yol kat etmiş olacaktır. 18 W LED lambaların kullanımı ile armatürlerden kaynaklı yansıma kayıpları yok edilmiş olup. İş sağlığı ve güvenliği yönünden yangın riskini ortadan kaldırmak adına kapalı tip armatüre geçiş projesi iptal edilmiş olup, aydınlatma armatürü, çelik tel, işçilik ve armatür değişimi esnasında makine kapatılması gibi ek maliyetler ortadan kalkmıştır. Floresan değişimi esnasında yaşanan floresan kırılması sonucu lambanın içinde bulunan zehirli gazların solunması ortadan kalkmıştır.

### 5.5. Klima Santralleri

Mevcut motorların IE3 sınıfı yüksek verimli motor ile değişimi sonrası hesaplamalar Çizelge 5.13'te verilmiştir. Klimaların yıllık çalışma saati 5.000 saat, klima motorlarının yüklenme oranı %80, elektrik birim fiyatı 0,433 TL/kWh olarak hesaplama yapılmıştır.

**Çizelge 5.13.** Mevcut motorların IE3 sınıfı yüksek verimli motor ile değişimi sonrası hesaplamalar.

Ekipman Adı	Motorun anma Gücü (kW)	Mevcut Motorun verimi (%)	IE3 motorun verimi (%)	Enerji tasarrufu (kWh/yıl)	Mali tasarruf (TL/yıl)
1. Klima Santrali Vantilatör	55	92	94,3	7.291	3.157
1. Klima Santrali Aspiratör	30	89	93,3	7.767	3.363
2. Klima Santrali Vantilatör	37	92	93,7	3.649	1.580
2. Klima Santrali Aspiratör	37	92	93,7	3.649	1.580
3. Klima Santrali Vantilatör	37	92	93,7	3.649	1.580
3. Klima Santrali Aspiratör	37	89	93,7	10.427	4.515
4. Klima Santrali Vantilatör	37	92	93,7	3.649	1.580
4. Klima Santrali Aspiratör	37	89	93,7	10.427	4.515
5. Klima Santrali Vantilatör	37	92	93,7	3.649	1.580
5. Klima Santrali Aspiratör	37	92	93,7	3.649	1.580
6. Klima Santrali Vantilatör	18,5	89	92,4	3.824	1.656
6. Klima Santrali Aspiratör	22	89	92,7	4.933	2.136

Toplamda 12 adet klima fan motorunun IE3 sınıfı yüksek verimli motor ile değişimi çalışma yapılmıştır. Bu uygulama ile yıllık tasarruf miktarının 66.564 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu tasarrufun mali değeri 28.820 TL/yıl'dır. Verimli motor uygulamasının mali bedeli 47.500 TL'dir. Yatırımın basit geri ödeme süresi ise 1.65 yıl olarak hesaplanmıştır.

Klima kanallarının temizlenmesi, partikül filtrelerin temizlenmesi, fan-motor bağlantı kayışlarının gerginliklerinin ayarlanması ve eksik kayışların tamamlanması çalışması yapılmıştır. Çalışma esnasında aspiratörler üretim alanından hava emişi yapıp doğaya deşarj yaparken, vantilatörler doğadan emiş yapıp üretim alanına besleme yapmaktadır. Klima bakım sonucu verim hesaplamaları Çizelge 5.14'te verilmiştir.

**Çizelge 5.14.** Klima bakım sonucu verim hesaplamaları.

Ekipman Adı	Bakım Öncesi Debi Hızı (m/sn)	Bakım Sonrası Debi Hızı (m/sn)	Verim Artışı (%)
1. Klima Santrali Vantilatör	25,4	30,2	19
1. Klima Santrali Aspiratör	4,6	17,4	278
2. Klima Santrali Vantilatör	15,2	19,6	29
2. Klima Santrali Aspiratör	6,2	20,1	224
3. Klima Santrali Vantilatör	18,6	21	13
3. Klima Santrali Aspiratör	7,2	19,9	176
4. Klima Santrali Vantilatör	19,2	20,3	6
4. Klima Santrali Aspiratör	6,9	20,5	197
5. Klima Santrali Vantilatör	14,2	20,8	46
5. Klima Santrali Aspiratör	10,6	19,1	80
6. Klima Santrali Vantilatör	13,7	14,2	4
6. Klima Santrali Aspiratör	5,8	12,3	112

Fan motorlarında eksik halde bulunan toplamda 10 adet kayışın değişimi işlemleri, tüm kayış kasnak sisteminin bakımının yapılması ve gerginliğin yeniden ayarlanması, inşai tip kanalların ve partikül filtrelerin temizlenmesi işlemleri yapılmıştır. Bu uygulama ile fabrika elinde bulunan ekipmanları daha verimli kullanabileceğini görmüş olup, uygulamanın bedeli olarak 1.400 TL'dir. Bu uygulama ile aynı enerjiye ortalama %99 daha fazla hava debisi sağlanmıştır.

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bir tekstil fabrikasında gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, fabrikada enerji verimliliği elde edilebilecek yerler belirlenip, proseste iyileştirmeler gerçekleştirilerek nihai ürün maliyetini azaltmaktır. Böylece ülkemizdeki işletmelerin küresel pazardaki rekabet gücü artacaktır.

Fabrikadaki buhar ile temas eden vana grupları ve sıcak hatlar, buhar hatları ve basınçlı hava hattındaki kaçaklar, kompresörlerde, klima ve aydınlatma sistemindeki enerji verimsizliğine neden olan etmenler üzerinde çalışma yapılmıştır.

Vana grupları termal kamera ile incelenmiş ve izolasyon eksikliği tespit edilen 102 nokta üzerinde çalışma yapılmıştır. İzolasyon eksikliği tespit edilen yerlere vana ceketi uygulaması ile 1.149.123 kWh/Yıl enerji tasarrufu sağlamak mümkün olduğu görülmüştür. Bu tasarrufun mali değeri 165.358 TL/Yıl'dır. Vana ceketi uygulamasının mali bedeli 66.547 TL, uygulamanın basit geri ödeme süresinin 0,40 yıl olduğu belirlenmiştir.

Sıcak hatlar termal kamera ile incelenmiş ve 26 adet sıcak hatta izolasyon eksikliği tespit edilmiştir. İzolasyon eksikliği tespit edilen yerlere alüminyum kaplı cam yünü uygulaması ile 112.338 kWh/yıl enerji tasarrufu elde edilebileceği görülmüştür. Bu tasarrufun mali değeri 16.165 TL/yıl'dır. İzolasyon uygulamasının yatırım bedeli 4.667 TL olarak belirlenmiştir. Uygulamanın basit geri ödeme süresi 0,29 yıl olarak belirlenmiştir.

Buhar hatları incelenmiş ve hatlarda tespit edilen 24 adet kaçak ve 2 adet kondensatörün hatalı montajının yapıldığı tespit edilmiştir. Buhar kaçaklarının giderilmesi çalışması ile 2.243ton/Yıl buhar tasarrufu sağlanmasının mümkün olduğu görülmüştür. Bu tasarrufun mali değeri 241.952,4 TL/Yıl olarak hesaplanmıştır. Buhar hatlarındaki kaçakların giderilmesi uygulamasının fabrikanın mevcut personeli ile uygulanacağından, bu uygulamanın yatırım bedeli yoktur.

Basınçlı hava hattı incelenmiş ve bu hatta 87 adet hava kaçağı tespit edilmiştir. Kompresör hava emiş ısının yıllık 4 °C düşürülmesi ve işletme basıncının 100 kPa düşürülmesi çalışmaları sonucunda toplamda 683.396 kWh/yıl enerji tasarrufu sağlanmasının mümkün olduğu görülmüştür. Bu tasarrufun mali değeri 294.294 TL/yıl olarak hesaplanmıştır. Uygulamanın bedeli 37.000 TL'dir. Uygulamanın basit geri ödeme süresi 0,13 yıl'dır.

Aydınlatma sistemi incelenmiş ve mevcut aydınlatma sisteminin günümüz koşullarını taşımadığı tespit edilmiştir. Mevcut aydınlatma sisteminin LED aydınlatma sistemi ile değiştirilmesi uygulaması çalışması yapılmıştır. Bu uygulama ile 1.051.840 kWh/yıl enerji tasarrufu elde edilebileceği görülmüştür. Bu tasarrufun mali değeri 452.291 TL/yıl'dır. Aydınlatma sistemi uygulamasının yatırım bedeli 683.408 TL olarak belirlenmiştir. Uygulamanın basit geri ödeme süresi 1,51 yıl'dır..

Klima sisteminde bulunan mevcut elektrik motorları, yüksek verimli elektrik motorları ile değiştirme çalışması yapılmıştır. Bu çalışma ile 66.564 kWh/yıl elektrik tasarrufu sağlamanın mümkün olduğu görülmüştür. Bu tasarrufun mali değeri 28.820 TL/Yıl olarak hesaplanmıştır. Verimli motor uygulamasının mali bedeli 47.500 TL'dir. Yatırımın basit geri ödeme süresi ise 1.65 yıl olarak hesaplanmıştır. Klima sistemindeki kayış kasnak sisteminde iyileştirme yapılmış ve partikül filtrelerin temizliğinin sürekli hale getirilmesi ile ortalama %99 hava debisi artışı sağlanmıştır.

Yapılan çalışmada aynı işi daha az enerji ile yapmak ya da aynı enerji ile daha çok iş yapma prensibine dayanan bu çalışma ile enerjinin etkin yönetimi sağlanarak, işletme maliyetlerinin düşürülmesinin mümkün olduğu gösterilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçları toplu gösterim çizelgesi Çizelge 6.1'de verilmiştir.

**Çizelge 6.1.** Çalışma sonuçları toplu gösterim çizelgesi

Uygulama	Enerji Tasarrufu	Mali Tasarruf (kwh/yıl)	Yatırım Turarı (TL)	BGÖS
Vana ceketi uygulaması	1.149.123 kWh/yıl	165.358	66.547	0,40
Sıcak hatların izolasyonu	112.338 kWh/yıl	16.165	4.667	0,29
Buhar kaçaklarının giderilmesi	2.243 ton/yıl	241.952	0	0
Basınçlı hava sistemi	683.396 kWh/yıl	294.294	37.000	0,13
Aydınlatma sistemi	1.051.840 kWh/yıl	452.291	683.408	1,51
Klima santralleri	66.564 kWh/yıl	28.820	47.500	1,65

Yapılan çalışmanın uygulanması sonrasında, verimliliğin devamının sağlanması için etkin bir eğitim ve planlı bakım programı hazırlanmalıdır. Enerji kullanım noktalarına ölçüm cihazları konularak enerji tüketiminde yükselme olan yerler

incelenmeli ve sürekli olarak karşılaştırma yapılmalıdır. Böylece enerji kullanımındaki değişimler rahatlıkla gözlemlenebilecektir. Enerji verimliliği yalnızca bu çalışma ile kalmamalı, sürekli bir iyileştirme programı hazırlanmalıdır. Enerji kullanımının yüksek olduğu bu tür fabrikalarda enerji yöneticisi bulundurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Akdaş, M. & Ömür, B. (2017) Vana ve Armatürlerde Enerji Verimliliği. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 19-22, İzmir, 2177-2186.
- Aypak, N. & Gülbak, A. & Etemoğlu, A. B. & Çakal, C. & Aydemir, E. & Gümüş, Z. (2016). Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği EL Kitabı. Bursa Sanayici ve İş Adamları Derneği/Rota Ofset, Bursa, 92.
- Asker, E. A. (2017). Aydınlatma Sistemlerinin Verimlilik ve İş Güvenliği Esaslarına Göre Tasarlanması, <https://www.ilbank.gov.tr/dosyalar/uzmanliktezleri/14710.pdf>.
- Emil, M. (2001). Hava Dağıtım Sistemleri. II. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi. 8-11 Kasım, İzmir, 333-343.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Dünya VE Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Enerji-ve-Tabii-Kaynaklar-Gorunumleri>.
- Güven, A. (2011). Endüstriyel Yalıtım. <https://docplayer.biz.tr/11817059-Tmmob-makina-muhendisleri-odasi-kocaeli-subesi-enerji-calisma-grubu.html>.
- Gökmen, R. M. (2010). Endüstri Tesislerinde Enerji Verimli Aydınlatma Teknikleri Ve Örnek Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Kabakçı, K. O. (2011). Tekstil Sanayi Sektöründe Minimum Enerji Tasarruf Potansiyelinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya, D. & Öztürk H. H., (2014). Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği. Umuttepe Yayınları, Kocaeli, 524.
- Karataş, M, A. (2012). Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği: Bir Çelik Fabrikasının Basınçlı Hava Denetleme Çalışması. Tesisat Mühendisliği, (132), 19-26.
- Koç, E., Kaplan, E. 2008. Dünyada ve Türkiye’de Genel Enerji Durumu-I Dünya Değerlendirmesi, Termodinamik Dergisi, (187), 70-80.
- Koçak, Ç. (2018). Türkiyenin Enerji Görünümü 2018, Ankara
- Kozak, M., & Kozak, Ş. (2015). Su ve Isı Yalıtımının Yapılarda Emniyet ve Ekonomi Açısından Önemi. SDU Teknik Bilimler Dergisi, 5(1), 38-47.
- Makine mühendisleri odası. (2012). Dünyada Ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu, Ankara.
- Oğulata, T. (1998). Tekstil İklimlendirmesi. Termodinamik dergisi 71. Sayı, <https://www.termodinamik.info/bilimsel/tekstil-iklimlendirmesi>, (20.07.2019).

### KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Onaygil, S. (2015). Sanayide Verimlilik, Enerji Yönetimi ve Tasarruf. 5. Ulusal Verimlilik Kongresi, [http://www.verimlilikkongresi.gov.tr/sanayide\\_verimlilik.pdf](http://www.verimlilikkongresi.gov.tr/sanayide_verimlilik.pdf), (25.07.2019).
- Öztürk, E. (2012). Tekstil Sektöründe Enerji Tasarrufu Olanaklarının Araştırılması Ve Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Özcan, M., & Öztürk, S. (2015). Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üretimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonunda Beklenen Değişimler Ve Karbon Vergisi Uygulanması. [http://www.emo.org.tr/ekler/58a45a373b0c713\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/58a45a373b0c713_ek.pdf).
- Sert, Ö. M., (2018). Tektstil Sanayinde Enerji Verimliliği: Entegre Bir Tekstil Fabrikası Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Sevel, H. M. (2014). Psikrometri Tarihçe Teori ve Uygulama. <http://psikrometri.com/kitaplik/psikrometri-1.pdf>.
- Türkyılmaz, O. & Bayrak, Y. (2018). Elektrik Üretimi: Mevcut Durumu Ve Analizi. Türkiyenin Enerji Görünümü 2018 MMO Oda Raporu, Ankara.
- URL-1. [http://www.tuik.gov.tr/basinOdasi/Tekzipler/Tekzip\\_20150301.pdf](http://www.tuik.gov.tr/basinOdasi/Tekzipler/Tekzip_20150301.pdf), (Erişim Tarihi: 20.07.2019).
- URL-2. [https://www.ayvaz.com/pdf/yayinlar/Ayvaz\\_Kondenstop\\_Brosuru.pdf](https://www.ayvaz.com/pdf/yayinlar/Ayvaz_Kondenstop_Brosuru.pdf), (Erişim Tarihi: 20.07.2019).
- URL-3. [https://www.ayvaz.com/pdf/foyer/ayvaz\\_vana\\_kondenstop\\_ceketi.pdf](https://www.ayvaz.com/pdf/foyer/ayvaz_vana_kondenstop_ceketi.pdf), (Erişim Tarihi: 20.07.2019).
- URL-4. <https://www.dalgakiran.com/mp-include/uploads/2017/04/basincli-hava-sistemleri.pdf>, (Erişim Tarihi: 22.07.2019).
- URL-5. [http://www.emo.org.tr/ekler/cdc9ce434da2fb2\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/cdc9ce434da2fb2_ek.pdf), (Erişim Tarihi: 24.02.2019).
- URL-6. <http://file.ttmd.org.tr/makale/24-2.PDF>, (Erişim Tarihi: 29.05.2019).
- URL-7. [https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/8cbdf876e90c35d\\_ek.pdf](https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/8cbdf876e90c35d_ek.pdf), (Erişim Tarihi: 24.02.2019).
- URL-8. <http://www.dinamik-izmir.com/images/stories/pdf/dynajacket.pdf>, 29.07.2019, (Erişim Tarihi: 22.07.2019).
- URL-9. [http://www.yegm.gov.tr/verimlilik/document/tek\\_seri\\_24.doc](http://www.yegm.gov.tr/verimlilik/document/tek_seri_24.doc), (Erişim Tarihi: 22.07.2019).

**KAYNAKLAR (Devam Ediyor)**

- Ünlü, O. (2009). Sanayide enerji tasarrufu çalışmalarının önemi ve buhar sistemleri ile ilgili uygulama örnekleri. 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. 6-9 Mayıs, İzmir, 67-80.
- Üser, Y. & Yalçın, M, A. & Özen, Ş. & Cerit, B. (2005), Endüstriyel Bir Tesisteki Basınçlı Hava Üretim Ve Dağıtım Sistemlerde Enerji Tasarrufu Analizi, IV. Ulusal Pnömatik Kongresi, 1-4 Aralık, İzmir, 263-269.
- Yurtseven B. M. (2017). LED Işık Kaynaklı Armatür Isıl Modellenmesi Ve Isıl Tasarımı Etkileyen Faktörlerin İstatistiksel Analizi. Doktora Tezi., İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.

## ÖZ GEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mesut TURAN  
Doğum Yeri ve Tarihi : Pazaryeri 11.01.1989



### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Cumhuriyet Üniversitesi – Çevre Mühendisliği  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce  
Bilimsel Faaliyetleri :

- Pehlivan, E. & Turan, M. (2017). Enerji Verimliliği İçin Bir Çalışma: İplik Fabrikası Buhar Sistemlerinde Maliyet Analizi ve Enerji Verimliliği Olanakları. 16. Uluslararası Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu, 4-6 Mayıs, Bursa, 353-363.

İş Deneyimi : 2012 yılında lisans mezuniyetini tamamladıktan sonra günümüze dek özel sektörde çeşitli alanlarda mühendis, eğitmen, danışman, yönetici ve sorumlu müdür olarak çalışmış ve halen özel sektörde görev almaktadır.

### İletişim

Adres : Yeni mah. Pazaryeri / BİLECİK  
E-Posta Adresi : turan.mst@gmail.com

**Tarih: 23/08/2019**