T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL FABRİKASINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI

Burak CABAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Yrd.Doç.Dr.Berrin KARAÇAVUŞ

EDİRNE-2018

Burak CABAK'ın hazırladığı "Tekstil Fabrikasında Enerji Verimliliği Uygulamaları" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Prof.Dr.Semiha ÖZTUNA	.....
Yrd.Doç.Dr.Berrin KARAÇAVUŞ	.....
Yrd.Doç.Dr.Havva CEYLAN	.....

Tez Savunma Tarihi: 12/03/2018

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Yrd.Doç.Dr.Berrin KARAÇAVUŞ
Tez Danışmanı .....

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

.....
Prof.Dr.Murat YURTCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

12/03/2018

Burak CABAK

Yüksek Lisans Tezi
Tekstil Fabrikasında Enerji Verimliliği Uygulamaları
T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Sanayileşme, gelişen teknoloji ve enerjinin verimsiz olarak kullanılması nedeniyle dünyadaki fosil yakıt rezervleri her geçen gün daha da azalmaktadır. Enerjinin verimsiz olarak kullanılması üretim yapan işletmelerde enerji maliyetlerinin artmasına neden olmakta bu nedenle, verimlilik çalışmaları önemli bir rol oynamaktadır.

Enerji verimliliğinin ele alındığı bu çalışmada tezin amacına, literatür taramasına, endüstri bazında enerji dağılım bilgilerine ve endüstriyel tesislerde enerjinin verimsiz olarak kullanıldığı uygulama alanlarına yer verilmiştir. Bunlara ek olarak çalışmanın gerçekleştirildiği fabrikaya ait son üç yıllık enerji tüketim miktarları ve enerji maliyetleri incelenmiştir. Fabrikadaki buhar hatları ve vanaların yalıtımları yapılmış, turbo kompresörün eski airend ünitesi daha aerodinamik olarak tasarlanan yeni ünite ile değiştirilmiş, basınçlı hava sistemlerindeki kaçaklar giderilmiş, aydınlatmalar daha verimli olan led sisteme dönüştürülmüştür. Arıtma tesisinde bulunan loblu blowerlerın vidalı blowerlar ile değiştirilmesi ve ramöz makinelerine ısı geri kazanım sistemi kurulması projeleri ele alınmıştır. Çalışmaların verimliliğe olan etkileri pratik, teorik ve analiz yöntemleri kullanılarak sunulmuştur. Farklı sektörlere uygulanabilir olması nedeniyle gelecek çalışmalara ışık tutması planlanmıştır.

Yıl : 2018
Sayfa Sayısı : 76
Anahtar Kelimeler : Enerji, Verim, Yüksek Verimli Elektrik Motoru, Atık Isı Geri Kazanım, Airend Ünitesi, Basınçlı Hava Kaçağı, Aydınlatmada Verimlilik, Isı Kaybı

Master's Thesis
Energy Efficiency Practices in Textile Factory
T.U Graduate School of Natural Science
Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

Fossil fuel reserves in the world are diminishing due to industrialization, developing technology, and the use of energy inefficiently. Inefficient use of energy causes energy costs to increase in manufacturing enterprises, thus productivity studies play an important role.

In this study which deals with energy efficiency, the purpose of the study, literature review, data on energy distribution by industry, and application areas where energy is used inefficiently in industrial plants are included. In addition, the last three years of energy consumption and energy costs of the plant where the study was carried out were examined. The factory's steam lines and valves were insulated, the old air-end unit of the turbo compressor was replaced with a more aerodynamically designed new unit, the leaks in the compressed air systems were eliminated, and the lighting was converted into a more efficient led system. Replacement of lobed blowers with screwed blowers in the treatment plant and projects for installing a heat recovery system to the stenter machines are discussed. The effects of the studies on productivity are presented using theoretical, practical and analytical methods. Because it is applicable to different sectors, it is planned to shed light on future studies.

Year : 2018
Number of Pages : 76
Key words : Energy, Efficiency, High Efficiency Electrical Motor, Waste Heat Recovery, Air-end Unit, Compressed Air Leak, Lightning Efficiency, Heat Loss

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Zorlu Tekstil fabrikasında gerçekleştirilen ve gerçekleştirilmesi planlanan enerji verimliliği çalışmaları ele alınmıştır.

Enerji verimliliği çalışmalarının ele alındığı tez çalışmasının yazımı sırasında bana yol gösteren ve beni destekleyen tez danışmanım Yrd.Doç.Dr.Berrin KARAÇAVUŞ'a, tecrübe ve bilgilerinden faydalandığım Zorlu Tekstil Makine Enerji Müdürü Osman BÜYÜKATLI'ya, Makine ve Tesisat Bakım Yöneticisi Zafer SEVİMLİ'ye ve Elektrik Mühendisi Burak GÜNAÇ'a yardımlarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca beni bugünlere getiren ve çalışmalarım sırasında desteklerinin hiçbir zaman esirgemeyen annem Gülsevim CABAK, babam Lütfi CABAK ve ablam Büşra CABAK'a sonsuz teşekkürler.

Burak CABAK

İÇİNDEKİLER

ÖZET I
ABSTRACT II
ÖNSÖZ III
İÇİNDEKİLER IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ VI
ÇİZELGELER VE ŞEKİLLER DİZİNİ IX
1.BÖLÜM: GİRİŞ 1
2.BÖLÜM: KAYNAK ARAŞTIRMASI 2
3.BÖLÜM: ENERJİ 5
3.1. Enerji Verimliliği 5
3.2. Türkiye'de Endüstriyel Enerji Tüketim Dağılımı 5
4.BÖLÜM: ENDÜSTRİYEL TESİSLERDEKİ VERİMSİZ UYGULAMALAR 7
4.1. Düşük Verimli Motorlar Kullanılması 7
4.2. Basınçlı Hava Sistemlerindeki Kayıp Nedeni ile Oluşan Verimsizlik 11
4.3. Yüzeylerden Gerçekleşen Isı Kayıplarıyla Oluşan Verimsizlik 15
4.4. Düşük Verimli Aydınlatma Sistemlerinin Kullanılması 17
5.BÖLÜM: ENERJİ DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ 19
5.1. 2014-2016 Yılları Arasında Fabrika Geneli Enerji Tüketim Değerleri 19
5.2. 2016 Yılı Fabrika Geneli Enerji Tüketim ve Kumaş Üretim Değerleri 21
6.BÖLÜM: GERÇEKLEŞTİRİLEN VERİMLİLİK UYGULAMALARI 22
6.1. Buhar ve Kondens Hatlarının Yalıtımı Uygulaması 22
6.1.1. Buhar ve Kondens Hatlarındaki Isı Taşınım Katsayısı Hesaplamaları 24
6.1.2. Buhar ve Kondens Hatlarındaki Isı Kayıplarının Hesaplanması 25
6.1.3. Yatılım Maliyetinin Geri Dönüş Süresinin Hesaplanması 30
6.2. Kompresör Sisteminde İyileştirme Yapılması 31
6.2.1. Kompresör Sisteminde Yapılan İyileştirme Aşamaları ve Faydaları 35
6.2.2. İyileştirme Maliyeti ve Geri Dönüş Süresinin Hesaplanması 36
6.2.3. İyileştirme Çalışması Sonucu Birim Üretimdeki Enerji Düşüşü 38

6.3. Basınçlı Hava Hatlarındaki Kaçakların Giderilmesi 42
6.4. Aydınlatmada Yüksek Verimli Led Lamba Kullanımına Geçilmesi 44
6.5. Vana Yalıtım Ceketi Uygulaması..... 50
7.BÖLÜM: GERÇEKLEŞTİRİLEBİLİR VERİMLİLİK UYGULAMALARI..... 56
7.1. Arıtma Tesisinde Bulunan Blower Sisteminin Revize Edilmesi..... 56
7.1.1. Arıtma Tesisindeki Blowerlerın Değiştirilmesi 57
7.1.2. Blower Motorlarının Yüksek Verimli Motorlarla Değiştirilmesi..... 59
7.2. Ramöz Makinelerine Isı Kazanın Sistemi Kurulması 60
7.3. Kompresör Sisteminin Havasının Dış Ortamdan Alınması 64
8.BÖLÜM: SONUÇLAR VE TARTIŞMA..... 67
8.1. Gerçekleştirilen Enerji Verimliliği Çalışmaları 67
8.2. Gerçekleştirilebilir Enerji Verimliliği Çalışmaları..... 68
KAYNAKLAR 70
EKLER..... 73
ÖZGEÇMİŞ..... 76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Alan (m^2)
D	Çap (mm)
E_{save}	Yıllık enerji kazancı (kWh/yıl)
h	Isı taşınım katsayısı (W/m^2K)
h_{buhar}	Buhar entalpisi (kcal/kg)
h_1	Boru içinden geçen akışkanın ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)
h_2	Boru dışından geçen akışkanın ısı taşınım katsayısı (W/m^2K)
k	Isı iletim katsayısı (W/mK)
k_1	Boru ısı iletim katsayısı (W/mK)
k_2	Yalıtım malzemesi ısı iletim katsayısı (W/mK)
k_3	Alüminyum sac ısı iletim katsayısı (W/mK)
L	Uzunluk (m)
$\dot{m}$	Debi (m^3/s)
$\dot{m}_{min}$	Kompresör hava üretim kapasitesi (m^3/dk)
μ	Su difüzyon direnç katsayısı
μ_s	Kondensin vizkozitesi ($N\ s/m^2$)
μ_g	Buharın viskozitesi ($N\ s/m^2$)
M	Kütle (kg)
m_{buhar}	Yıllık tasarruf edilen buhar miktarı (kg)
$M_{yatırım}$	Yatırım maliyeti (TL, $)
$M_{günlük}$	Günlük kazanç miktarı ($)
$M_{yıllık}$	Yıllık kazanç miktarı (TL, $)
$M_{bakım}$	Yıllık bakım maliyeti (TL)
η	Verim
N	Güç (kW)
$N_{çıkış}$	Çıkış gücü (kW)
$N_{giriş}$	Giriş gücü (kW)
Nu	Nusselt Sayısı

P	Basınç (bar)
Pr	Prandtl Sayısı
Pr_g	Buharın Prandtl Sayısı
Pr_s	Kondensin Prandtl Sayısı
Q	Isı geçişi (Watt)
Q_{t1}	Boru ile akışkan arasındaki ısı geçişi (Watt)
Q_1	Boruda gerçekleşen ısı geçişi (Watt)
Q_2	Yalıtım malzemesinde gerçekleşen ısı geçişi (Watt)
Q_3	Alüminyum sacda gerçekleşen ısı geçişi (Watt)
Q_{t2}	Dış yüzey ile akışkan arasında gerçekleşen ısı geçişi (Watt)
Q_r	Toplam ısı geçişi (Watt)
$Q_{yalıtımsız}$	Yalıtımsız halde ısı geçişi (Watt)
$Q_{yalıtımlı}$	Yalıtımlı halde ısı geçişi (Watt)
Q_{azalma}	Isı geçişindeki azalma (Watt)
$Q_{azalma,y}$	Isı geçişindeki yıllık azalma (Watt)
ρ_g	Özgül kütle (kg/m^3)
r	Yarıçap (mm)
r_1	Boru iç yüzey yarıçapı (mm)
r_2	Boru dış yüzey yarıçapı (mm)
r_3	Yalıtım dış yüzey yarıçapı (mm)
r_4	Alüminyum sac dış yüzey yarıçapı (mm)
R_d	Isıl direnç (m^2K/W)
Re	Reynold Sayısı
SER	Bir m^3 hava üretmek için harcanan enerji
SER_a	Revizyon öncesi 1 m^3 hava üretmek için harcanan enerji
SER_b	Revizyon sonrası 1 m^3 hava üretmek için harcanan enerji
$t_{payback}$	Geri ödeme süresi
T	Sıcaklık (ºC, K)
T_{a1}	Boru içinden geçen akışkan sıcaklığı (K)
T_{a2}	Boru dışından geçen akışkan sıcaklığı (K)
$T_{iç}$	İç ortam sıcaklığı (K)
$T_{dış}$	Dış ortam sıcaklığı (K)

T_1	Borunun iç yüzey sıcaklığı (K)
T_2	Borunun dış yüzey sıcaklığı (K)
T_3	Yalıtım malzemesi dış yüzey sıcaklığı (K)
T_4	Alüminyum sac dış yüzey sıcaklığı (K)
u	Akış hızı (m/s)
v_s	Kondensin özgül hacim (m^3/kg)
v_g	Buharın özgül hacim (m^3/kg)

ATÜ	Atmosfer üstü basınç
CEMEP	Avrupa elektrik makineleri ve elektroniği imalatçıları komitesi
CRI	Renksel geriverim (Color Rendering Index)
DN	Nominal çap (Diameter Nominal)
EBF	Elektrik birim fiyatı
GAF	Güç azaltma faktörü
GÇS	Günlük çalışma süresi
HP	Beygir gücü
LED	Light emitting diode
LPG	Likit petrol gazı
TEP	Ton eşdeğer petrol
UV	Ultraviyole
YÇS	Yıllık çalışma süresi
YO	Yükleme oranı

ÇİZELGE VE ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Çeşitli endüstri sektörleri ve enerjinin toplam maliyette enerji oranları 6
Çizelge 4.1. CEMEP'e göre asenkron motor verimlilik sınıfları 9
Çizelge 4.2. Basınçlı hava sistemlerinde basınç ve delik çapına göre kaçak miktarları. 15
Çizelge 4.3. Değişik ölçü ve sıcaklıktaki borularda gerçekleşen ısı kayıp miktarı 16
Çizelge 4.4. Flanş ve vana kayıpları için eşdeğer boru uzunluk tablosu 16
Çizelge 5.1. 2014 yılındaki toplam enerji tüketim verileri 19
Çizelge 5.2. 2015 yılındaki toplam enerji tüketim verileri 20
Çizelge 5.3. 2016 yılındaki toplam enerji tüketim verileri 21
Çizelge 6.1. Yalıtımı yapılacak olan boru hatları 23
Çizelge 6.2. Isı yalıtım malzemesinin ısıl iletkenlik ve ısıl direnç bilgiler 23
Çizelge 6.3. Çelik çekme boru ve alüminyum sacın ısıl iletkenlik katsayıları 24
Çizelge 6.4. Buhar hatlarındaki buharın fiziksel özellikleri 24
Çizelge 6.5. Kondens hatlarındaki kondensin fiziksel özellikleri 24
Çizelge 6.6. Isı taşınım katsayısı hesaplama tablosu 25
Çizelge 6.7. Boru hatlarına ait çap, ısı iletim ve ısı taşınım katsayıları 28
Çizelge 6.8. Yalıtımlı, yalıtımsız ısı kayıpları ve ısı kaybındaki azalma 28
Çizelge 6.9. Nevresim fabrikasının bir yıllık enerji tüketim miktarları 32
Çizelge 6.10. Kompresörlerin güç, debi ve SER değerleri 36
Çizelge 6.11. Turbo kompresör revizyon öncesi 12 aylık durum 39
Çizelge 6.12. Turbo kompresör revizyon sonrası 12 aylık durum 40
Çizelge 6.13. Revizyon sonrası ve öncesi aylık elektrik tüketiminin kıyaslanması 41
Çizelge 6.14. Led aydınlatma ve floresan aydınlatmaya lamba bilgileri 45
Çizelge 6.15. Depo aydınlatmalarının led projektör sistemine dönüştürülmesi 46
Çizelge 6.16. Fabrika giriş aydınlatmalarının led projektör sistemine dönüştürülmesi 46
Çizelge 6.17. Fabrika dış aydınlatmasının led projektör sistemine dönüştürülmesi..... 47
Çizelge 6.18. 4x18W floresan aydınlatmanın led armatür sistemine dönüştürülmesi ... 47
Çizelge 6.19. Vana ceketlerinde kullanılan malzemelerin özellikleri 51
Çizelge 6.20. Makine bazında eksik ve yıpranmış vana ceketi sayıları..... 53

Çizelge 6.21. Vana ceketi uygulaması ile yıllık kayıp maliyetinde gerçekleşen azalma ... 54
Çizelge 7.1. Mevcut blowerler ile 3 farklı revizyon seçeneğinin karşılaştırılması 58
Çizelge 7.2. Doğalgaz tüketiminin en fazla olduğu ramöz makineleri 64

Şekil 4.1. Motorların elektrik tüketimindeki oranları 7
Şekil 4.2. Avrupa'da 1998-2006 yılları arasında kullanılan motorların dağılımı 8
Şekil 4.3. Avrupa sanayi sektöründe elektrik motoru kullanım alanlarının dağılımı 10
Şekli 4.4. Bir kompresörün ekonomik ömrü boyunca oluşan masrafların dağılımı 12
Şekil 4.5. Kompresör sistemlerinde uygulanabilir tasarruf noktaları 12
Şekil 4.6. Akkor flamanlı lamba 17
Şekil 4.7. Floresan lamba 17
Şekil 4.8. Led lamba 18
Şekil 5.1. 2014 yılı enerji tüketim ve maliyet dağılımları 20
Şekil 5.2. 2015 yılı enerji tüketim ve maliyet dağılımları 20
Şekil 5.3. 2016 yılı enerji tüketim ve maliyet dağılımları 21
Şekil 5.4. 2016 yılı üretim ve enerji tüketim miktarlarının aylara göre dağılımı 21
Şekil 6.1. Yalıtımlı boru hattı kesiti 26
Şekil 6.2. Kurutma kabini üzerindeki buhar ve kondens hatlarının yalıtımsız hali 29
Şekil 6.3. Kurutma kabini üzerindeki buhar ve kondens hatlarının yalıtılması aşaması. 30
Şekil 6.4. Yalıtım sonrası normal kamera ve termal kamera görüntüsü 31
Şekil 6.5. Turbo kompresörün anahtar bileşenleri 33
Şekil 6.6. Turbo kompresörde sıcaklık, basınç ve entropi değişimi 33
Şekil 6.7. TA-48 çark dizaynı ve TA-6000 çark dizaynı 34
Şekil 6.8. TA-48 dişli kutusu ve TA-6000 iyileştirilmiş dişli kutusu 34
Şekil 6.9. TA-48 ve TA-6000 difüzör dizaynı 35
Şekil 6.10. Solda Quad 2000 ve sağda Maestro Universal kontrol paneli 36
Şekil 6.11. Revizyon öncesi TA-48 turbo kompresör airend ünitesi 38
Şekil 6.12. Revizyon sonrası TA-6000 turbo kompresör airend ünitesi 38
Şekil 6.13. Revizyon öncesi ve sonrası 12 aylık dönem birim enerji tüketim grafiği ... 40
Şekil 6.14. Kaçak tespiti için makine girişine bağlanan seyyar debimetre 42
Şekil 6.15. Hava kaçakları nedeniyle basınç düşüşünün hassas manometre ile tespiti .. 44
Şekil 6.16. Dijital baskı 300 lüks aydınlatma analizinin yanlış renkler gösterimi 48

Şekil 6.17. Dijital baskı 500 lüks aydınlatma analizinin yanlış renkler gösterimi 49
Şekil 6.18. Led armatürlerin 300 lüks analizine göre yerleştirilmiş hali 50
Şekil 6.19. Yalıtımsız olan vanaların termal kamera görüntüsü 51
Şekil 6.20. Glob vanada yıllık enerji kayıp maliyetleri 52
Şekil 6.21. Vana ceketi uygulaması öncesi ve sonrası fotoğraflar 52
Şekil 7.1. Roots blower iç yapısı ve arıtma tesisinde bulunan bir roots tipi blower..... 56
Şekil 7.2. Tesiste bulunan her biri 1875 m^3/h emiş debisine sahip blower kabinleri 57
Şekil 7.3. Tesisteki mevcut EFF2 enerji verimliliği sınıfına ait motor özellikleri 59
Şekil 7.4. Doğalgaz ısıtmalı ramöz makinesi kesit görünüşü 61
Şekil 7.5. Örnek ramöz makinesi hava-hava ısı geri kazanım ünitesi 62
Şekil 7.6. Örnek ramöz makinesi hava-su ısı geri kazanım ünitesi 62
Şekil 8.1. Gerçekleştirilen çalışmaların özeti 68
Şekil 8.2. Gerçekleştirilebilir çalışmaların özeti..... 69

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE AMAÇ

İnsanlar tarih boyunca birçok enerji kaynağını doğrudan ya da dolaylı olarak kullanmıştır. Fosil yakıtların bulunmasıyla insanlar enerji kaynağı olarak fosil yakıt kullanmaya başlamıştır. Ancak gelişen teknolojiyle enerji tüketimi daha da artmış fosil yakıtlara olan talep buna paralel olarak artış göstermiştir. Enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle enerjinin verimli kullanılması önemli bir hal almıştır.

Enerjinin verimli olarak kullanılmaması ile üretim maliyetleri artmıştır. Üretim yapan bir işletmede maliyetlerin en büyüğünü ham maddeden sonra enerjinin oluşturduğu göz önüne alındığında enerji maliyetleri düşürmenin firmanın rekabet gücünü arttıracağı ortadadır. Maliyetleri düşürmenin en önemli yollarından biri de enerji maliyetlerini en aza indirgemekten geçmektedir. Enerji maliyetlerini en aza indirgemek için ise enerji analizi çok iyi bir şekilde yapılarak, enerjinin verimsiz kullanıldığı yerlerin en iyi şekilde tespit edilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Bu önlemler gerekli yeni yatırımlarla alındığı zaman yapılan yatırımın geri dönüş sürelerinin aslında çok uzun olmadığı görülmektedir. Alınan bu önlemlerin hem firmalar hem de ülkemiz ekonomisine büyük katkısı olacaktır. Enerjinin verimli kullanılması işletmelerin üretim maliyetleri en aza indirgeyip rekabet gücünü arttıracak, ülkemizin dışa olan bağımlılığın artmasının önüne geçecek ve Türkiye'nin siyasi ve ekonomik bakımdan güçlenmesine yardımcı olacaktır.

Bu tezde yapılan çalışmalar enerji tüketiminin çok yoğun olduğu Kırklareli Lüleburgaz'da bulunan Zorluteks Tekstil Ticaret ve Sanayi A.Ş fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Fabrikada enerji verimliliğini arttırmak üzere yapılan ve yapılması planlananlar ele alınmış, çalışmaların enerji verimliliğine etkileri ortaya konulmuştur.

BÖLÜM 2

KAYNAK ARAŞTIRMASI

Türkiye artan enerji talebi ve gelişen ekonomisi ile dünyadaki en büyük ekonomiye sahip olan ülkelerden birisidir. Ülkedeki tekstil endüstrisinde enerji kullanımı oldukça verimsizdir ve oldukça büyük bir iyileştirme potansiyeline sahiptir. Enerji verimliliği artan enerji tüketimi ile daha da önemli bir hal almaktadır. Bu nedenle enerjinin her geçen gün öneminin artması ve enerjinin verimli kullanılması için düzenlenen ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemini ortaya çıkarmıştır. Hangi sektör olursa olsun uygulamaya açık olan bu sistemin amacı enerjinin daha verimli kullanılmasını ve her geçen gün iyileştirme yapılarak verimliliği en üst düzeyde tutmaya çalışmaktır.

Türkiye 2013 yılı itibarı ile enerjisinin %74'lük bölümünü ithal etmiştir. Bu oranın 2020 yılında %76 ile %77 arasında değişeceği öngörülmektedir. Bu dışa olan bağımlılık Türkiye'yi dünyadaki en hızlı büyüyen enerji piyasalarından biri haline getirmektedir.

Öztürk (2005), tekstil sektöründe enerji tüketimi ve enerji maliyetinin enerjinin kullanımı ile tekstil üretimi arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında tekstil endüstrisinde enerji tüketiminin karakteristiklerini incelemiş, elektrik enerjisinin 4 farklı tekstil firmasında üretim, aydınlatma, ısıtma ve havalandırma gibi alanlarda kullanım miktarını gözler önüne sermiştir. Ayrıca dokuma, boyama, iplik üretimi gibi alanlarda kullanılan elektrik, buhar, doğalgaz, fuel oil, kömür enerjisinin kullanım oranlarından bahsetmiştir. Tekstil sektöründe oluşan atık sıcak suyun enerjisinin atık su ısı kazanım sistemleri ile geri kazanılarak büyük enerji tasarrufu sağlanacağını üzerinde durmuştur. Çalışmasında bulmuş olduğu sonuçları hem tablo hem de grafik şeklinde ortaya koymuştur.

Acar (2012), yapmış olduğu çalışmada enerji yoğunluklu bir fabrikayı enerji verimliliği özelinde incelemiştir. İncelemeyi yaparken enerjinin yoğun olarak kullanıldığı sistemleri ele almıştır. Bu sistemlerin daha verimli bir şekilde kullanılabilmesi için ne gibi değişiklikler yapılabileceğini incelemiş ve yapılabilecek olan bu değişikliklerin maliyet analizini gerçekleştirmiştir. Gerçekleştirmiş olduğu çalışma sonucunda büyük yatırım maliyetleri gerektirmeyen, amortisman süresinin düşük olduğu ve fabrika tarafından uygulanmasına karar verilmesi durumunda çok kısa vadede büyük kazançlar sağlayabilecek uygulamaların olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Çınar (2008), gerçekleştirmiş olduğu çalışmada tekstil sektöründe faaliyet gösteren 6 farklı firma ile çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında enerji tüketimi ve üretim ile ilgili veriler toplamış ve bu verilerin analizini gerçekleştirmiştir. Değişik enerji formlarının kullanıldığı tekstil sektöründe enerji tüketiminin izlenmesi ve kontrol altında tutulması için gerekli otomasyon sistemlerinin yapılmasının yüksek yatırım maliyetlerine rağmen göz ardı edilmemesi gereken bir konu olduğunu belirtmiştir.

Uylukçuoğlu (2009), ise otomotiv sanayinde enerji verimliliği ve enerji tasarruf olanaklarının belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yapmış olduğu çalışmada gerçekleştirilebilecek değişik uygulamalardan bahsetmiş bu verimlilik uygulamaların gerçekleştirilmesi durumunda fabrikanın yıllık giderlerinin ne kadar azalacağını gözler önüne sermiştir.

Yacout, Kawi ve Hassouna (2014), Mısır tekstil endüstrisinde uygulanabilecek ISO 50001 enerji yönetim sistemi hakkında bilgilere yer vermiştir. En büyük enerji tasarrufunun hangi uygulamaların gerçekleştirilerek sağlanabileceğini araştırmış, bu uygulamalardan birçoğunun sadece tekstil endüstrisi değil diğer birçok endüstri alanında da uygulanabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Mousavi, Kara ve Kornfeld (2014), yapmış oldukları çalışmada sıkıştırılmış hava sistemlerinde değişken hız sürücüsü kullanmanın enerji verimliliğine etkisini araştırmışlardır.

Söğüt ve Oktay (2006), ortaklaşa gerçekleştirmiş olduğu çalışmada bir çimento fabrikasında üretim ile enerji tüketimi arasında olan ilişkiyi belirlemek için regresyon analizine yer vermiştir. Hedef enerji tüketimini yakalamak için ne tür çalışmalar yapılabileceği üzerinde çalışmıştır.

Sharma (2012), gerçekleştirmiş olduğu çalışmada tekstil endüstrisinde enerji yönetimi konusu ele almıştır. Hangi alanda ne tür çalışmalar yapılarak ne kadar tasarruf sağlanabileceği gibi konulara değinmiştir.

Erten (2014), aydınlatmada enerji verimliliğinin incelenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında yapay olarak kullanılan aydınlatma sistemlerinin modellemesini gerçekleştirmiş, led ve floresan aydınlatma sistemlerini enerji verimliliği açısından karşılaştırmıştır.

Melo, Moreira ve Pereira (2015), çalışmalarında Brezilya tekstil endüstrisinde enerji verimliliği ile üretkenlik arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmalarındaki başlıca amaç mevcut enerji verimliliğini arttırmak, mevcut enerji kayıplarını belirlemek olmuştur.

BÖLÜM 3

ENERJİ

3.1. Enerji Verimliliği

Enerjiyi verimli kullanmak denildiğinde ilk olarak gereksiz enerji kullanımının önüne geçmek akla gelmektedir. Enerji verimliliği gereksiz olarak kullanılan enerjinin kullanımının önüne geçilmesi değil, bir işi gerçekleştirmek için daha az enerji kullanılmasıdır. Kısacası enerji verimliliği aslında aynı miktar enerji ile daha çok iş yapmak olarak tanımlanabilir.

Gün geçtikçe artan teknolojik gelişmeler ve fosil yakıt tüketiminin artması nedeni ile sınırlı miktarda bulunan rezervlerin azalmasının ilerleyen zamanlarda büyük sıkıntılara yol açacağı ön görülmektedir. Karbondioksit emisyonunun artmasına bağlı küresel ısınmada artış meydana gelmektedir. Bu noktada enerji verimliliği ön plana çıkmaktadır. Enerji verimliği uygulamaları sayesinde fosil yakıt rezervlerindeki azalma hızının önüne geçilebilir, küresel ısınmaya karşı önlem alınmış olunabilir hem de enerji konusunda dışa bağımlı ülkelerin dışa bağımlılığının azalması sağlanabilir.

3.2. Türkiye'de Endüstriyel Enerji Tüketim Dağılımı

Endüstriyel enerji tüketim miktarlarına bakıldığı zaman toplam maliyetin %55'lik bir kısmını enerji maliyetlerinin oluşturduğu sektörler olduğu görülmektedir. Bu da enerjinin verimli kullanılmasının ne kadar önemli olduğunu bir kez daha gözler önüne sermektedir.

Türkiye'de endüstriyel enerji tüketimlerinin yüzdeleri ve bu sektörlerde enerjinin maliyetin ne kadarını oluşturduğu Çizelge 3.1'de verilmiştir (Öztürk, 2005, s.6). Toplam maliyette %10 gibi bir enerji oranı bulunan tekstil sektöründe yapılacak verimlilik uygulamaları birim maliyette büyük düşüşler sağlayacaktır.

Çizelge 3.1. Çeşitli endüstri sektörleri ve enerjinin toplam maliyette enerji oranları

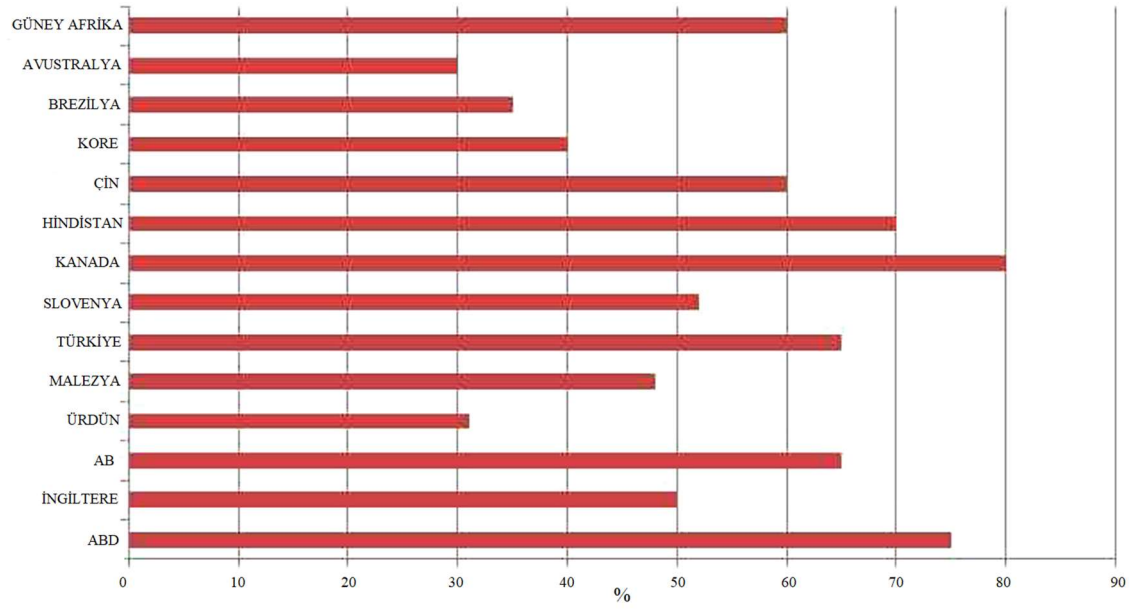
Endüstri	Endüstriyel tüketim miktarı (%)	Toplam maliyette enerji oranı (%)
Demir çelik	34,9	11,5-48
Demir olmayan metaller	2,3	6,2-47,5
Seramik	4,5	32,5
Çimento	19,7	55
Cam	1,7	22-42
Kâğıt ve selüloz	3,4	9-30
Tekstil	5,9	8-10
Petrokimya	4,6	28,5
Ana kimyasallar	2,2	24
Suni gübre	5,2	40
Petrol rafineleri	2,9	4
Boya	0,05	1,6
İlaç	0,12	1,5
Sabun, temizlik	0,3	2,1
LPG	0,24	1
Diğerleri	4	-
Orman ürünleri	0,52	6
Metal mobilyalar	0,3	4
Un sanayi	0,06	4
Çay	0,52	3,5
Şeker	2,99	8,5
Yağ	0,99	3,7-6
Sebze ve meyve endüstrisi	0,47	6,44
Tütün sanayi	0,77	0,7-6
Toplam	100	

BÖLÜM 4

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDEKİ VERİMSİZ UYGULAMALAR

4.1. Düşük Verimli Motorlar Kullanılması

Elektrik motorları endüstride kullanım yelpazesinin geniş olması nedeniyle elektrik tüketiminde büyük paya sahiptir. Şekil 4.1'de bazı ülkelerde elektrik motorlarının elektrik tüketimindeki oranları verilmiştir (Sauer, Tatizawa, Salotti & Mercedes, 2015).



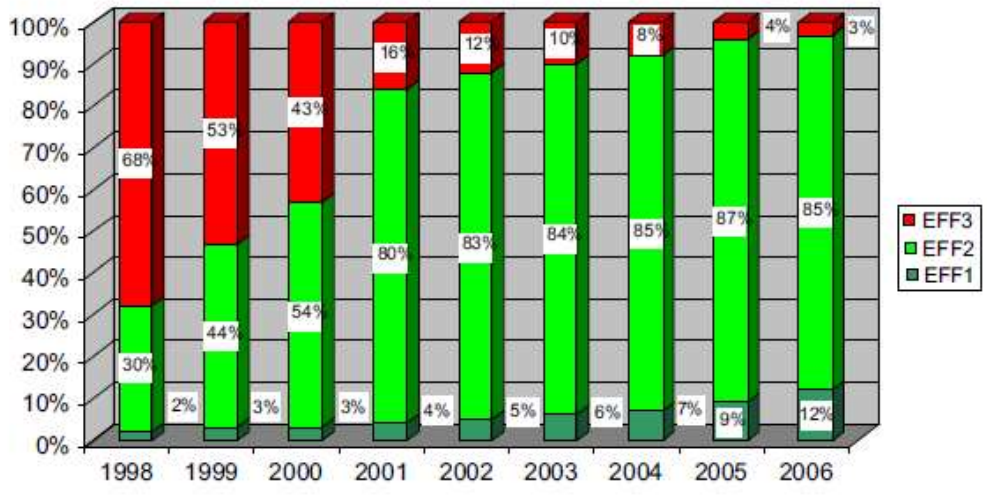
Şekil 4.1. Motorların elektrik tüketimindeki oranları

Tekstil endüstrisinde elektrik tüketiminin %90 kadarı elektrik motorları tarafından gerçekleştirilmektedir. Motorun verimi motorun büyüklüğü ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Büyük motorlar daha verimlidir. Bir elektrik motorunun verimi

mekanik olarak elde edilen gücün motora elektriksel olarak verilen güce oranı olarak eşitlik 4.1'de verilmiştir (Yanti & Mahlia, 2009).

$$\eta = \frac{N_{çıkış}}{N_{giriş}} \tag{4.1}$$

CEMEP'in (Eupean Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics, Avrupa Elektrik Makineleri ve Elektroniği İmalatçıları Komitesi) 1,1 kW ile 90 kW aralığında bulunan elektrik motorları için yapmış olduğu EFF1, EFF2 ve EFF3 sınıflandırması Çizelge 4.1'deki gibidir. Avrupa'da 1998-2006 yılları arasında kullanılan motorların verimlilik sınıfına göre dağılımı Şekil 4.2'deki gibi verilmiştir (Yanti & Mahlia, 2009). Elektrik motorlarının kullanım alanlarına göre dağılımı ise Şekil 4.3'te görülmektedir (Saidur & Mahlia, 2010). Günümüz itibarı ile EFF 3 sınıfı elektrik motoru üretimi gerçekleştirilmemektedir.



Şekil 4.2. Avrupa'da 1998-2006 yılları arasında kullanılan motorların dağılımı

Bu sınıflandırmada,

- EFF 1 Sınıfı= En verimli
- EFF 2 Sınıfı= Orta verimli
- EFF 3 Sınıfı= En verimsiz anlamındadır.

IEC 60034-30:2008 standardına göre elektrik motorları için verimlilik sınıfları 0.75kW ile 375kW arasına genişletilmiş olup tanımlamaları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- IE1 Sınıfı = Standart Motor
- IE2 Sınıfı = Yüksek Verimli Motorlar (1 Haziran 2011'de geçilecek)
- IE3 Sınıfı = Premium Verimli Motorlar (7,5kW-375kW arası)
- IE4 Sınıfı = Süper Premium Verimli Motorlar

Çizelge 4.1. CEMEP'e göre asenkron motor verimlilik sınıfları (Yanti & Mahlia, 2009).

Çıkış Gücü (kW)	2 Kutuplu Motorlar (%)			4 Kutuplu Motorlar (%)		
	EFF1	EFF2	EFF3	EFF1	EFF2	EFF3
1,1	>=82,8	>=76,2	<76,2	>=83,8	>=76,2	<76,2
1,5	>=84,1	>=78,5	<78,5	>=85,0	>=75,8	<<75,8
2,2	>=85,6	>=81,0	<81,0	>=86,4	>=81,0	<81,0
3	>=86,7	>=82,6	<82,6	>=87,4	>=82,6	<82,6
4	>=87,6	>=84,2	<84,2	>=88,3	>=84,2	<84,2
5,5	>=88,6	>=85,7	<85,7	>=89,2	>=85,7	<85,7
7,5	>=89,5	>=87,0	<87,0	>=90,1	>=87,0	<87,0
11	>=90,5	>=88,4	<88,4	>=91,0	>=88,4	<88,4
15	>=91,3	>=89,4	<89,4	>=91,8	>=89,4	<89,4
18,5	>=91,8	>=90,0	<90,0	>=92,2	>=90,0	<90,0
22	>=92,2	>=90,5	<90,5	>=92,6	>=90,5	<90,5
30	>=92,9	>=91,4	<91,4	>=93,2	>=91,4	<91,4
37	>=93,3	>=92,0	<92	>=93,6	>=92,0	<92,0
45	>=93,7	>=92,5	<92,5	>=93,9	>=92,5	<92,5
55	>=94	>=93,0	<93	>=94,2	>=93,0	<93,0
75	>=94,6	>=93,6	<93,6	>=94,7	>=93,6	<93,6
90	>=95	>=93,9	<93,9	>=95	>=96,9	<96,9

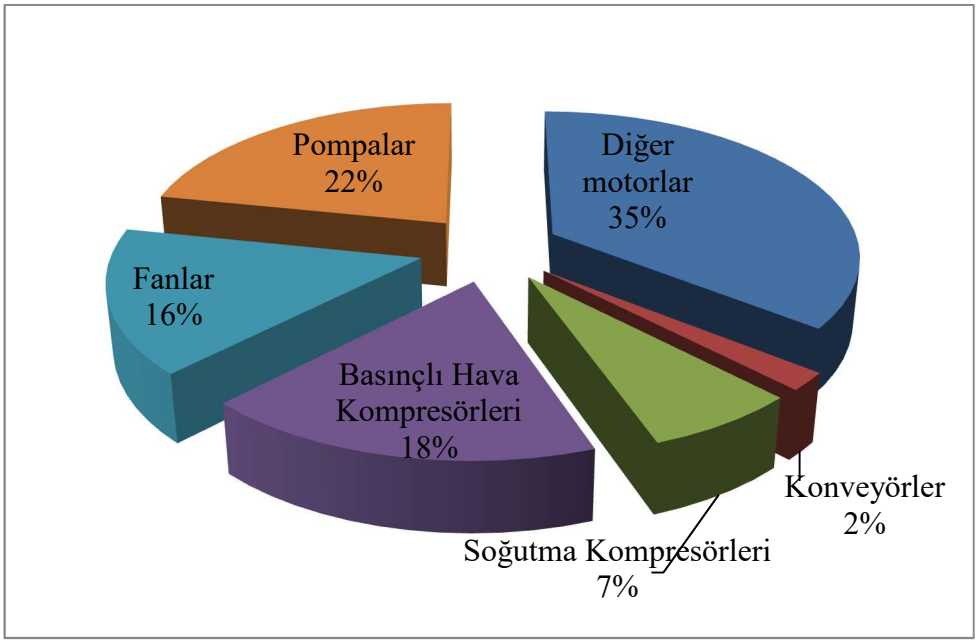
Elektrik motorlarında da bir kayıp söz konusu olup tüketilen elektriğin tamamı mekanik enerjiye çevrilememektedir. Motor verimi motor türü ve boyutuna göre %75 ile %97 arasında değişiklik göstermektedir. Tekstil fabrikasında bulunan terbiye makinalarının büyük bir kısmı sıkma silindirleri, sevk silindirleri, baskı silindirleri ve kurutma silindirleri gibi bölümlerden oluşmaktadır. Bu silindirlere hareket verme işlemi elektrik motorları tarafından gerçekleşmektedir.

Bu nedenle motorlar ile ilgili uygulama yapılırken şu hususlara dikkat edilmelidir:

1) Bozulan motorların yerine yenisini almak yerine bozulan motoru yeniden sarıma göndermeden önce motorun ilk verimini hiçbir şekilde sağlamayacağı dikkate alınmalıdır.

2) Satın alınan bir motorun maliyetinin motorun ortalama olarak 1,5 ayda tükettiği enerji maliyetine eşit olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

3) Makinalarda kullanılan mevcut motorlar tek tek incelenip mevcut olan ihtiyaçtan daha büyük güçte elektrik motoru olup olmağı tespit edilmeli ve motor verimlilik sınıflarını göz önünde bulundurarak etkinlik maliyet konusunda en uygun motor seçilmelidir.



Şekil 4.3. Avrupa sanayi sektöründe elektrik motoru kullanım alanlarının dağılımı

4.2. Basınçlı Hava Sistemlerindeki Kayıp Nedeni ile Oluşan Verimsizlik

Endüstriyel tesislerde basınçlı hava sistemleri en çok ihtiyaç duyulan sistemlerden birisidir. Çok uzak mesafelere rahatlıkla taşınabilmesi, yanma tutuşma tehlikesi olmaması, temiz olması ve bakım onarım maliyetlerinin düşük olması gibi nedenlerden dolayı makinelerin tasarımında çok fazla tercih edilmektedir. Bu olumlu yönlerinin yanında basınçlı hava üretmenin maliyetinin çok yüksektir ve sistemin durması üretimi durdurabilecek güçtedir.

Endüstride çok fazla kullanım alanı bulunan kompresörlerin çok farklı tipleri bulunmaktadır. Yapılacak olan uygulama için kompresör seçmeden önce performans gereksinimiyle ilgili parametreler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu parametreler basınç oranı, akış hızı, kapasite ve maliyet hesapları gibi konuları içermektedir. Seçim yapılırken bu parametrelerin göz önüne alınması önemli bir konudur.

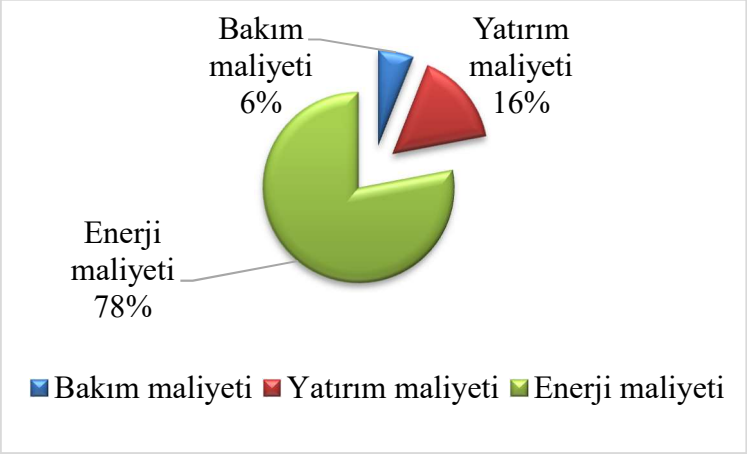
Pozitif deplasmanlı kompresörler ve dinamik kompresörler olmak üzere iki temel kompresör tipi vardır. Pozitif deplasmanlı kompresörlerde sıkıştırılmak istenen akışkan bir sıkıştırma haznesinde sıkıştırılır ve hacmi mekanik olarak azaltılır böylece akışkanın basıncı arttırılmış olunur. Bu kompresörler pistonlu ve döner tip olmak üzere ikiye ayrılabilir.

Pistonlu tip kompresörlerde piston akışkanı bir silindir içerisinde sıkıştırır ve böylelikle akışkanın basıncının artması sağlanır. Pozitif deplasmanlı kompresörlerin diğer türü ise döner tip kompresörlerdir. Bu kompresörlerde sıkıştırma işlemi döner elemanlar vasıtasıyla gerçekleştirilir. Helisel lobları olan ve vidalı kompresör olarak bilinen tipi dinamik kompresörlerin en çok kullanılanlarıdır. Bu kompresör tipinde hava erkek ve dişi olarak adlandırılan bir çift rotorun içinde sıkıştırılır. Hapsedilen havanın hacmi rotorun hareketi ile rotor boyunca azaltılır bu da hava çıkış noktasına basınçlı bir şekilde ulaşır.

Dinamik kompresörlerin en yaygın olarak kullanılanları turbo kompresörlerdir. Bu tip kompresörlerde akışkan sisteme eksenel olarak giriş yaparken sistemi radyal olarak terk eder. Yani hava sistemde bulunan çarka ortadan girer ve çarkta bulunan kanatçıklar yardımıyla çevresine savrulur. Savrulan havanın çıkış bölgesinde yığılması nedeni ile havanın basıncı arttırılmış olur (Al-Suhaibani, 2005).

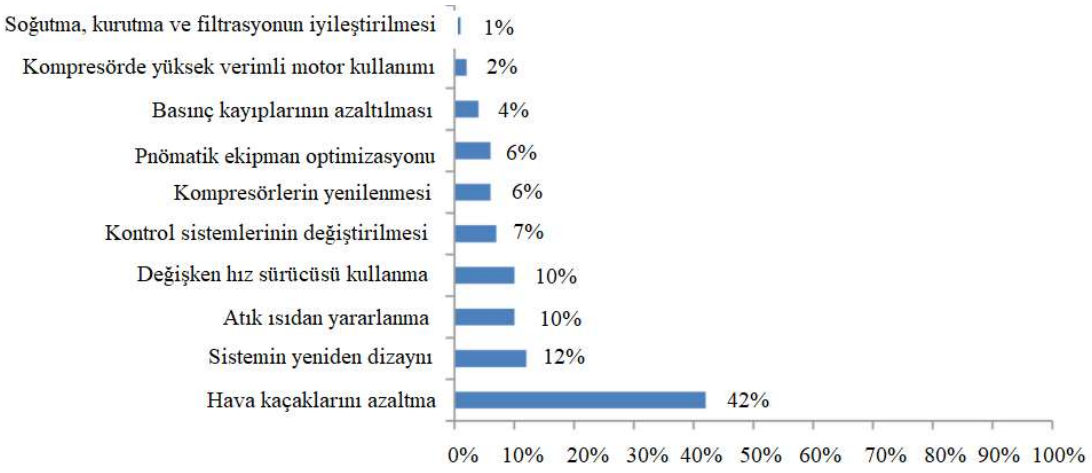
Bir kompresörün bir yıl boyunca harcadığı elektrik enerjisinin maliyeti kompresör sisteminin ilk yatırım maliyetlerine varabilmektedir. Kompresörün

ekonomik ömrü boyunca harcadığı elektrik enerjisi bütün masraflarının %75 inden fazla bir bölümünü oluşturur. Kompresörlerin ekonomik ömürleri boyunca ortalama maliyet giderleri Şekil 4.4'teki gibidir.



Şekil 4.4. Bir kompresörün ekonomik ömrü boyunca oluşan masrafların dağılımı

Üretilen havanın genellikle yarısı amaçlanan işlemler için kullanılabilmektedir. Diğer yarısı uygun olmayan kullanımlar ve hava kaçakları gibi nedenlerle yok olmaktadır. Hava kaçakları basınçlı hava sisteminin en büyük enerji kayıplarından biridir. Uygun olmayan kullanımlar ise ortam serinletmesi, motor soğutması, serinlemek amaçlı kullanım durumlarını kapsamaktadır. Şekil 4.5'te basınçlı hava sistemlerinde uygulanabilecek tasarruf noktaları görülmektedir.



Şekil 4.5. Kompresör sistemlerinde uygulanabilir tasarruf noktaları (Karataş, 2012).

Hava kaçakları dışarıdan bakıldığı zaman çok önemli değilmiş gibi görünebilir. Ancak basınçlı hava sistemlerinde hava kaçakları %30 oranlarına kadar olabilmektedir. Binlerce metre uzunluğunda basınçlı hava sistemine sahip olan bir işletmede hava kaçağını sıfıra indirmek pek mümkün değildir. Ancak sistemdeki kaçaklar belirli aralıklar ile yapılacak kaçak giderme çalışmaları ile en aza indirgenmeye çalışılmalıdır.

Basınçlı hava sistemlerinde kaçakların meydana gelebileceği noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1-Valfler

2-Aktivatörler

3-Boru ve hortumlar

4-Boru ve hortum bağlantı parçaları

5-Basınç regülatörleri

6-Hava seperatörleri (şartlandırıcı)

7-Pistonlar (Silindirler)

8-Manometreler

Boru tesisatı, bağlantı elemanları ve flanşlar: Büyük kaçaklar genellikle ana dağıtım sistemi ve branşmanlarda meydana gelmektedir. Burada meydana gelen kaçakların başlıca nedenleri eskimiş ya da kötü gerçekleştirilmiş bağlantılardır.

Hortumlar ve kaplinler: Sızıntılar ortam koşulları ya da malzeme yıpranması sonucu hasar gören hortumlardan, bağlantı elemanlarının özelliğini kaybetmesi, hortumun çok uzun ya da çok kısa olması nedeni ile bağlantı noktasına uygulanan gerilmelerden meydana gelebilir.

Yeterli olarak yapılmayan bakımlar: Pnömatik bileşenlerin maksimum çevrim sayısı ve çevrim saati mevcuttur. Zamanında yapılmayan bakımlar nedeni ile silindirler, valf ve basınç düşürücülerde bulunan sızdırmazlık contaları aşınarak iç ve dış hava kaçaklarına neden olmaktadır.

Kondens boşaltma vanaları: Sistem hattı üzerinde bulunan kondens tahliye vanalarının bilerek açık bırakılması veya takılı kalması durumunda çok büyük hava kaçakları oluşur. Bu durum genellikle yoğuşmanın fazla olduğu sistemin uzak noktalarında meydana gelir.

Kullanılmayan makinelerin basınç altında bırakılması: Kullanılmayan makinelerde bulunan giderilmemiş hava kaçakları nedeniyle oluşan hava kaçaklarıdır. Bu durumda makinenin ana basınçlı hava sistemi ile bağlantısının kesilmesine dikkat edilmelidir. Bu durumda makinenin ana hava giriş hattına konulabilecek bir manuel veya elektrik kontrollü valf makineyi ana sistemden ayırmak için yapılabilecek en düşük maliyetli çalışmalardan birisidir (Dittmer, 2016).

Kaçakların tespit yöntemlerinin üç başlık altında sınıflandırmak mümkündür. Bunlar donanımsal, biyolojik ve yazılım yöntemleridir.

1-Donanımsal yöntem: Kaçakların ve yerlerinin tespiti için çeşitli cihazların kullanılmasına başvurulur. Çalışma prensibine göre bu cihazlar dört gruba ayrılır.

A- Görsel cihazlar (termal kameralar, sıcaklık sensörü vb)
B- Akustik cihazlar (ultrasonik dedektörler),
C- Gaz dedektörleri
D- Basınç ve akış ölçer

2-Biyolojik yöntem: Biyolojik yöntemler kaçakların tespiti için duyuya bağlı ampirik yöntemlerdir Bunlar uygulama alanına göre duyma, koklama ve görme duyularına hitap edebilir.

3-Yazılımsal yöntemler: Bu yöntemde çeşitli yazılım paketleri kullanarak, akış, basınç sıcaklık gibi parametrelerin daha önceden tanımlanmış değerler ile karşılaştırılması ile gerçekleştirilir.

Basınçlı hava kaçaklarının tespiti için kullanılan en yaygın yöntemler sıralamak gerekirse sıralama şu şekilde sıralanabilir (Dudıć, Ignjatovıć, Šešlıja, Blagojević, & Stojiljković, 2012):

-Duygusal algıya dayalı olarak sesin dinlenmesi yöntemi
-Kaçakların sabun köpüğü testi ile bulunması
-Ultrasonik ses dedektörü kullanılması
-Kızıl ötesi kaçak tespiti.

Farklı basınçlar ve delik çaplarında sistemde meydana gelen hava kaçakları Çizelge 4.2'de verilmiştir (Karataş, 2012).

Çizelge 4.2. Basınçlı hava sistemlerinde basınç ve delik çapına göre kaçak miktarları

Basınç (Bar)	Değişik çaptaki deliklerde (m^3/h) meydana gelen hava kaçakları						
	0,5 mm	1 mm	2 mm	3 mm	5 mm	10 mm	12,5 mm
0,5	0,22	0,79	3,31	7,56	20,52	82,08	127,8
1,0	0,29	1,19	4,79	10,8	30,24	120,96	189
2,5	0,5	2,09	8,39	19,8	52,56	210,96	329,04
5,0	0,9	3,49	14,11	31,68	87,84	351	547,2
7,0	1,19	4,72	18,68	41,76	117	464,4	727,2

Kompresör sistemlerinde havanın kurutulması işlemi genellikle yanlış anlaşılmaktadır. Verimsiz olarak bir araya getirilen sistemler enerji ve paranın boşa gitmesine neden olmaktadır. Sistem verimli bile olsa sıkıştırılmış havanın uygulama alanının gerektirdiği miktardan fazla kurutmak gereksizdir (Vetal, 2017). Atık ısıdan yararlanma adına sıkıştırma işlemi sonucu ısınan havanın ve kompresörün atık ısısı bir ortamın veya kullanım suyunun ısıtılması gibi işlemlerde kullanılarak enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması sağlanabilir.

4.3. Yüzeylerden Gerçekleşen Isı Kayıplarıyla Oluşan Verimsizlik

Endüstriyel tesislerin olmaz ise olmazı boru hattı tesisatlarıdır. Bu tesisatlar yeri geldiğinde çok yüksek derecede akışkan taşırken kimi zaman çok soğuk akışkanları taşımakla yükümlüdürler. Bu akışkanları taşıyan boru tesisatlarındaki yalıtım çok önemlidir. Sıcak hatlarda yalıtım yapılmasının sebebi ısı kaybının azaltmak, soğuk hatlarda ise ısı kazancını azaltmaktır. İçerisinden yüksek sıcaklıklarda akışkan geçen boruların yalıtımı yapılarak enerji kayıplarında %95'e varan azalma sağlanabilir. Çizelge 4.3'te değişik ölçü ve sıcaklıklarda yalıtımsız borularda gerçekleşen ısı kayıpları, Çizelge 4.4'te flanş ve vana kayıpları için eşdeğer boru uzunlukları görülmektedir (Özbek, 2017).

Endüstri uygulamalarında boru hatları sıcaklıkları göz önüne alındığında aşağıdaki gibi adlandırılırlar.

Soğuk hatlar: Akışkan sıcaklığının +6 ºC dereceye kadar olduğu hatlar

Ilık hatlar: Akışkan sıcaklığının +6 ºC derece ile +100 ºC derece arasında olan hatlar

Sıcak hatlar: Akışkan sıcaklığının +100 ºC derecede yüksek olduğu hatlardır.

Çizelge 4.3. Değişik ölçü ve sıcaklıklardaki borularda gerçekleşen ısı kayıp miktarı

Ölçü		Dış çap (mm)	0,1 Atü buhar ve 10 derece oda sıcaklığında ısı kaybı W/m	0,1 Atü buhar ve 20 derece oda sıcaklığında ısı kaybı W/m
DN 15	½	21,3	99	86
DN 20	¾	26,9	121	105
DN 25	1	33,7	143	124
DN 32	1 ¼	42,4	180	156
DN 40	1 ½	48,3	201	173
DN 50	2	60,3	244	212
DN 65	2 ½	76,1	299	260
DN 80	3	88,9	341	295
DN 100	4	114,3	430	372

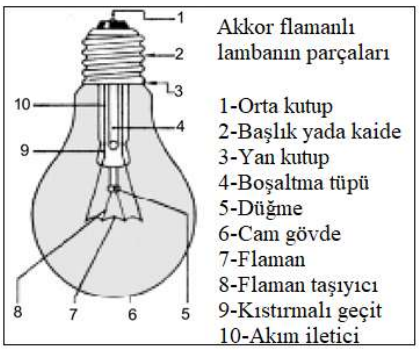
Çizelge 4.4. Flanş ve vana kayıpları için eşdeğer boru uzunluk tablosu

Cinsi	Boyutu	Boru Sıcaklığı ºC		
		50	100	300
Vana	DN 25	0,5 m	1,0 m	2,5 m
	DN 100	1,2 m	2,5 m	7,0 m
	DN 300	3,0 m	6,0 m	12,0 m
Flanş	DN 25	0,2 m	0,4 m	1,0 m
	DN 100	0,5 m	1,0 m	2,5 m
	DN 300	1,5 m	3,0 m	7,0 m

4.4. Düşük Verimli Aydınlatma Sistemlerinin Kullanılması

Aydınlatma sistemlerinde kullanılan belli başlı aydınlatma elemanları akkor lambalar, halojen lambalar, floresan lambalar, led lambalar olarak sayılabilir.

Akkor lambalarda aydınlatma prensibi lamba içerisinde bulunan tungsten telden geçen elektrik akımının teli ısıtmasıyla birlikte telin akkor hale gelmesi ve oluşan ışınımın çevreyi aydınlatması ile oluşur. Harcanan enerjinin büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşürken küçük bir kısmı aydınlatmaya dönüşmektedir, bu nedenle en verimsiz lamba türlerindendir. Yatırım maliyetleri düşük işletme maliyetleri yüksektir. Şekil 4.6'da akkor flamanlı lambanın temel bileşenleri gözükmektedir.



Şekil 4.6. Akkor flamanlı lamba

Şekil 4.7'de görülen floresan lambalar cıva buharlı lambalardır. Bu lambaların çalışma prensibi verilen elektrik enerjisi ile lamba içerisinde bulunan cıva gazının gözle görülmeyen UV ışınlar yayması ve bu yayılan ışınların tüpün iç yüzeyine kaplanmış olan fosfor tozlarına çarparak görünen ışığı oluşturmasıdır. Bu tip lambalarda lamba verimi lamba kapasitesi arttıkça artmaktadır. Yatırım maliyetleri orta işletme maliyetleri ise düşüktür.



Şekil 4.7. Floresan lamba

LED (Light Emitting Diode) lambalar diyotların yaydığı ışınım ile aydınlatma sağlayan lambalardır. Led lambaların ömürleri uzundur 100.000 saat ömre ulaşabilirler. Yatırım maliyetleri yüksek ancak işletme maliyetleri çok düşüktür. Şekil 4.8'de led lamba örneği görülmektedir.



Şekil 4.8. Led lamba

Led lambaların başlıca özellikleri aşağıdaki sıralanabilir:

-Çok küçük yapıya sahiptirler.

-Kullanım alanları geniş ve kolaydır.

-Tepki verme süreleri çok kısadır 200 nano saniye içinde ışık vermeye başlarlar.

-Uzun ömürlüdürler.

-Işık verimlilikleri çok yüksektir.

-Aydınlatma şiddetleri ayarlanabilir.

-Darbeye karşı dayanıklıdırlar.

-Yapılarında çevreye zarar verebilecek gazlar bulunmamaktadır.

BÖLÜM 5

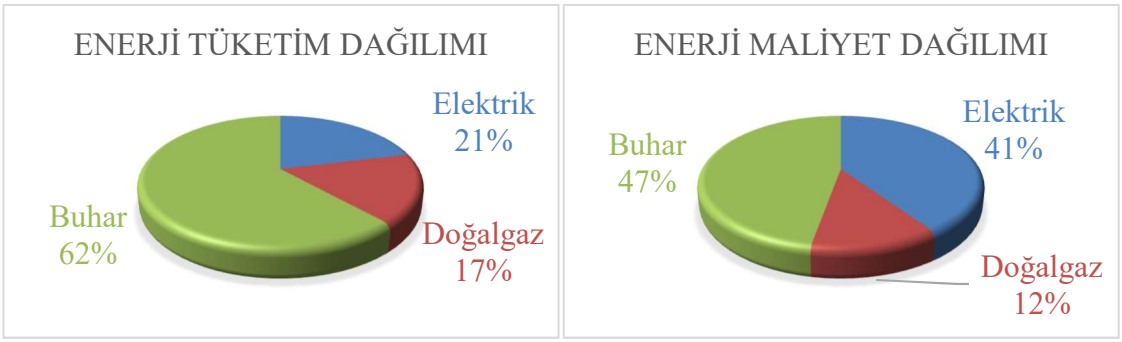
ENERJİ DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ

5.1. 2014-2016 Yılları Arasında Fabrika Geneli Enerji Tüketim Değerleri

Fabrikada yapılmış olan ve yapılabilecek olan enerji verimliliği çalışmalarının başlangıç noktasının belirlenmesi için Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3'te verilen son üç yıllık elektrik, doğalgaz ve buhar tüketim miktarları incelenmiştir. Çizelgeler oluşturulurken 1kWh= 0,000086 TEP, 1 Nm^3 Doğalgaz= 0,000825 TEP, 1 Ton Buhar= 0,055 TEP olarak alınmıştır. Elektrik ve doğalgaz tüketimlerine bakıldığında tüketim miktarlarının üç yıllık süreçte azaldığı görülmektedir. Buhar tüketimi ise 2015 yılında düşüş göstermesine rağmen 2016 yılında son üç yılın en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2014 ile 2015 yılı TEP (Ton eşdeğer petrol) değerleri karşılaştırıldığında enerji tüketim yüzdeleri aynı olmasına rağmen enerji birim maliyetlerindeki değişimler nedeni ile maliyet yüzdelerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. 2016 yılında elektrik tüketiminin toplam tüketimdeki payı 2014 ve 2015 yıllarına göre %1 düşerken buhar tüketiminin payı %1 artmıştır. Enerji tüketim ve maliyet dağılımı Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.1. 2014 yılındaki toplam enerji tüketim verileri

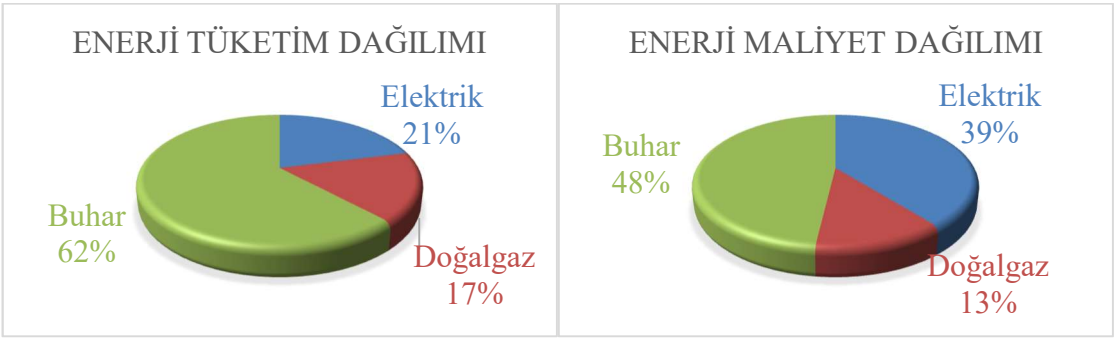
Enerji Türü	Tüketim				Maliyet		Birim Tutarı
	Miktarı	Birimi	TEP	TEP %	TL	Maliyet %	TL/TEP
Elektrik	64.828.000	kWh	5.575,21	21	13.465.609	41	2.415,27
Doğalgaz	5.441.631	Nm^3	4.489,35	17	4.113.910	12	916,37
Buhar	295.745	ton	16.265,98	62	15.696.964	47	965,02
Toplam			**26.330,53**		**33.276.483**		**1.263,80**



Şekil 5.1. 2014 yılı enerji tüketim ve maliyet dağılımları

Çizelge 5.2. 2015 yılındaki toplam enerji tüketim verileri

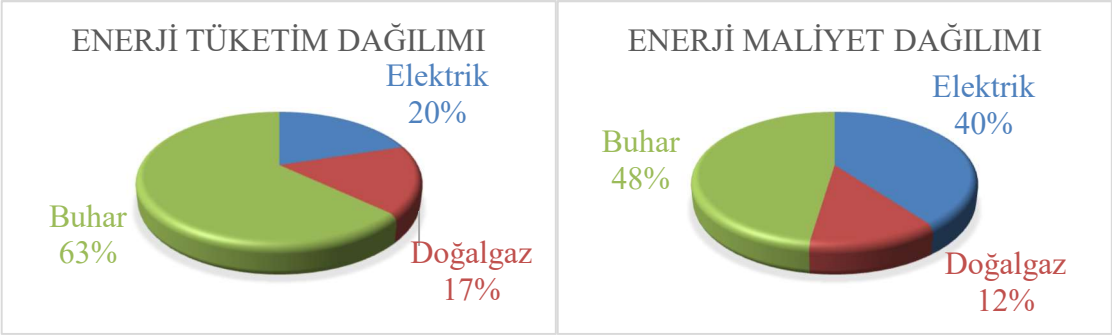
Enerji Türü	Tüketim				Maliyet		Birim Tutarı
	Miktarı	Birimi	TEP	TEP %	TL	Maliyet %	TL/TEP
Elektrik	63.150.000	kWh	5.430,90	21	13.551.265	39	2.495,22
Doğalgaz	5.324.066	Nm^3	4.392,35	17	4.357.762	13	992,12
Buhar	290.787	ton	15.993,29	62	16.608.970	48	1.038,49
Toplam			**25.816,54**		**34.517.997**		**1.337,04**



Şekil 5.2. 2015 yılı enerji tüketim ve maliyet dağılımları

Çizelge 5.3. 2016 yılındaki toplam enerji tüketim verileri

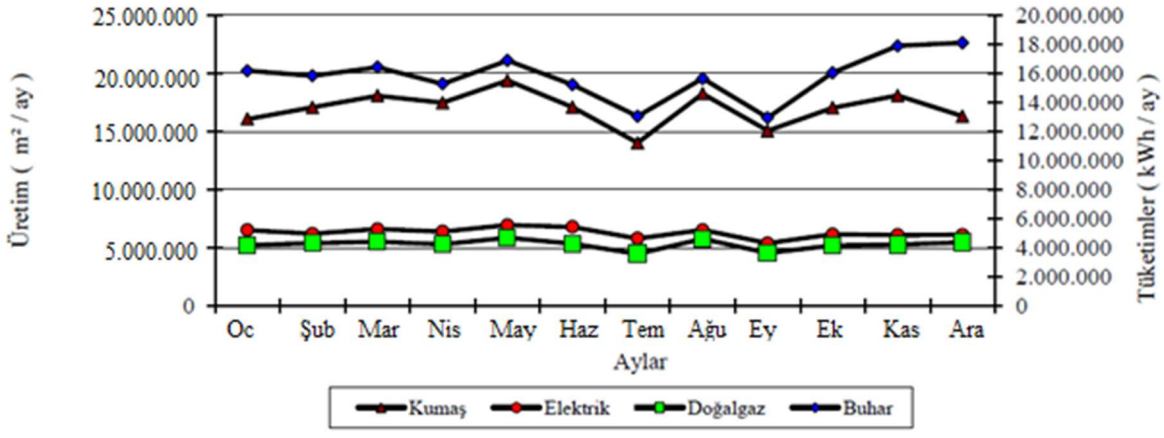
Enerji Türü	Tüketim				Maliyet		Birim Tutarı
	Miktarı	Birimi	TEP	TEP %	TL	Maliyet %	TL/TEP
Elektrik	60.470.000	kWh	5.200,42	20	13.845.651	40	2.662,42
Doğalgaz	5.285.444	Nm^3	4.360,49	17	4.347.144	12	996,94
Buhar	296.090	ton	16.284,95	63	16.548.036	48	1.016,16
Toplam			**25.816,54**		**34.740.831**		**1.345,68**



Şekil 5.3. 2016 yılı enerji tüketim ve maliyet dağılımları

5.2. 2016 Yılı Fabrika Geneli Enerji Tüketim ve Kumaş Üretim Değerleri

2016 yılında gerçekleşen kumaş üretim ve enerji tüketim değerlerinin aylara göre dağılımı Şekil 5.4'teki gibi olmuştur.



Şekil 5.4. 2016 yılı üretim ve enerji tüketim miktarlarının aylara göre dağılımı

BÖLÜM 6

GERÇEKLEŞTİRİLEN VERİMLİLİK UYGULAMALARI

6.1. Buhar ve Kondens Hatlarının Yalıtımı Uygulaması

Tekstil fabrikasında en büyük enerji tüketiminin olduğu makineler arasında baskı makineleri bulunmaktadır. Baskı makineleri dokunan kumaş üzerine desenlerin boyanmasını sağlayan makinelerdir. Rotasyon baskı, film druck baskı ve dijital baskı gibi değişik tip baskı makineleri bugün tekstil sektöründe kullanılmaktadır. Bu uygulamada tekstil fabrikasına yeni kurulmuş olan saatte baskı hızı en fazla 70 metreye ve genişliği 3,2 metreye çıkabilen bir dijital baskı makinesinin kurutma kabini ele alınmıştır. Dijital baskı makinası genel olarak dört kısımdan oluşur.

1- Giriş kısmı: Giriş kısmının varoluş amacı kumaşın baskı işleminin gerçekleştiği blanketin üzerine temiz ve düzgün bir şekilde getirilmesini sağlamaktır.
2- Blanket: Blanket kauçuktan meydana gelmiş sonsuz bir banttır. Baskı işlemi blanketin üzerinde gerçekleşir. Blanketin üzerinde istenilen deseni elde etmek için boyama işlemini gerçekleştiren dijital baskı kafaları bulunmaktadır. Dijital baskı makinalarında baskı işlemi yedi farklı renkteki boyar maddenin nozullar yardımı ile çok ince düzelerden kumaşın üzerine püskürtülmesi yoluyla oluşmaktadır.
3- Kurutma kabini: Baskısı gerçekleşen kumaş taşıyıcı astar vasıtasıyla buharla ısıtılan kurutma kabini bölgesine taşınır. Gerçekleşen baskı buhar ile ısıtılan kabinlerde kurutulur.
4- Çıkış kısmı: Baskısı yapılıp kurutulan kumaşın çıkış kısmında bulunan sallama kolları vasıtasıyla kumaş arabasına sallanır ya da çıkış kısmında bulunan dok sarma motoru sayesinde silindir üzerine top kumaş olarak sarılır.

Kurulan makinenin kurutma bölümü dört kabinden oluşmaktadır. Kurutma işlemi için saatte 1000 kg buhar harcanmaktadır. Her bir kabinde spiral kanatlı serpantinlerden oluşan ısı değiştiricisi mevcuttur. Kurutma işlemi için gerekli olan sıcaklık bu serpatinlerden geçen buhar vasıtası ile sağlanmaktadır. Kabinlerin sıcaklıkları her bir kabinde bulunan serpantinlere giren buharı kontrol eden pnömatik oransal kontrol vanaları ile sağlanmakta ve sıcaklık kabinlerde bulunan sirkülasyon fanları ile ortama dağıtılmaktadır.

Çalışmada kurutma kabinine gelen ana buhar hattı ve ana buhar hattından serpantinlere dağılan 4 adet branşman ve serpantinlerden çıkıp kazana geri dönen kondens hattına bağlanan 4 adet branşmanın ısı yalıtımı yapılmıştır.

Ana buhar hattı 4" (DN100), ana hattan serpantinlere dağılan kollar 2" (DN 50), kondens dönüş hattı 2 ½" (DN65) ve kondens dönüş hattına bağlanan kolların tesisatında 1" (DN 25) çelik çekme boru kullanılmıştır. Buhar hattı ve kondens hattı üzerinde bulunan patent dirseklerden gerçekleşen ısı geçişleri düz borudan geçen ısı geçişiyle aynı olarak kabul edilmiş ve hesaplamalarda dirsek uzunlukları boru metrajlarına eklenmiştir.

Boru hatlarının yalıtımında 5 cm kalınlıkta rapitz telli taş yünü kullanılmıştır. Taş yünü üzeri 0,6 mm kalınlıkta alüminyum sac kaplama gerçekleştirilmiştir. Yalıtımı yapılacak olan boruların boyutları Çizelge 6.1'de, yalıtım malzemesi özellikleri Çizelge 6.2'de boruların ve alüminyum sacın ısıl iletkenlik değerleri ise Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.1. Yalıtımı yapılacak olan boru hatları

Boru hatlarının anma çapları		Dış çap (mm)	İç çap (mm)	Kullanım amacı	Hat uzunluğu (m)
DN 100	(4")	114,3	102,3	Ana buhar hattı	13,5
DN 65	(2 ½ ")	73,0	62,6	Ana kondens hattı	11,5
DN 50	(2 ")	60,3	52,5	Buhar hattı kolları	20,0
DN 25	(1 ")	33,7	26,9	Kondens hattı kolları	6,2

Çizelge 6.2. Isı yalıtım malzemesinin ısıl iletkenlik ve ısıl direnç bilgileri

50 mm kalınlıktaki taş yünü şilte ısıl iletkenlik- ısıl direnç değerleri							
T	ºC	50	100	150	200	250	300
k	W/mK	0,038	0,047	0,058	0,069	0,083	0,098
R_d	m^{2K}/W	1,3	1,05	0,75	0,70	0,6	0,5

Çizelge 6.3. Çelik çekme boru ve alüminyum sacın ısıl iletkenlik katsayıları

Malzeme	k (W/mK)
Çelik Çekme Boru	59
Alüminyum Sac	300

6.1.1. Buhar ve Kondens Hatlarındaki Isı Taşınım Katsayısı Hesaplamaları

Borunun bulunduğu ortamda sıcaklık 35 ºC ve hava doğal taşınım ile ortamdan uzaklaşmaktadır. Bu nedenle ısı kayıp hesabı yaparken için dış ortamda bulunan havanın taşınım katsayısı 25 W/m^2K olarak kabul edilecektir. Buhar ve kondens hatlarındaki ısı taşınım katsayısı değerlerinin hesaplanmasında hatlardan geçen buhar basıncı 7,3 bar kondens sıcaklığı ise 100 ºC olarak alınacaktır. Hatlardaki buhar ve kondensin özellikleri Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'te verilmiştir (Halıcı & Gündüz 2010).

Çizelge 6.4. Buhar hatlarındaki buharın fiziksel özellikleri

Sıcaklık T (K)	Basınç P (bar)	Özgül Hacim v_g (m^3/kg)	Özgül kütle ρ_g (kg/m^3)	Viskozite μ_g ($N\ s/m^2$)	Isı iletim katsayısı (W/mK)	Prandtl sayısı (Pr_g)
440	7,333	0,261	3,831	$14,5x10^{-6}$	$31,7x10^{-3}$	1,12

Çizelge 6.5. Kondens hatlarındaki kondensin fiziksel özellikleri

Sıcaklık T (K)	Özgül Hacim v_s (m^3/kg)	Özgül kütle ρ_s (kg/m^3)	Viskozite μ_s ($N\ s/m^2$)	Isı iletim katsayısı (W/mK)	Prandtl sayısı (Pr_g)
373,15	$1,044x10^{-3}$	958	$279x10^{-6}$	$680x10^{-3}$	1,76

Hatlardaki ısı iletim katsayılarının hesaplamaları verilen fiziksel özellikler ve aşağıdaki denklemler kullanılarak gerçekleştirilmiş, sonuçlar Çizelge 6.6'da verilmiştir. Hatlardaki akış hızı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$u = \frac{\dot{m}}{A} = \frac{\dot{m}}{\pi \frac{D^2}{4}} \tag{5.1}$$

Boru içindeki akışta Reynold sayısı şu şekilde hesaplanır:

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu} \tag{5.2}$$

Deneysel çalışmalar sonucunda Dittus ve Boelter boru içinde tam gelişmiş türbülanslı akış halinde Re>10000 0,7≤Pr≤160 aralığında L/D≥60 için aşağıdaki bağıntı kullanılır (Halıcı & Gündüz 2010):

$$Nu = 0{,}023\, Re^{0,8} Pr^{0,3} \tag{5.3}$$

Isı taşınım katsayısı aşağıdaki denklem yardımı ile hesaplanır:

$$h = \frac{kNu}{D} \tag{5.4}$$

Çizelge 6.6. Isı taşınım katsayısı hesaplama tablosu

Nominal Ölçü	Akış debisi (ṁ) m^3/s	İç çap D (mm)	Akış hızı u (m/s)	Reynold sayısı (Re)	Nusselt sayısı (Nu)	Isı iletim katsayısı (k)
DN100	$7{,}25x10^{-2}$	102,3	8,82	238390,2	476,78	147,74
DN65	$2{,}9x10^{-4}$	62,6	0,094	20205,2	75,81	823,49
DN50	$18{,}125x10^{-3}$	52,5	8,37	116099,1	268,13	161,89
DN 25	$7{,}25x10^{-5}$	26,9	0,127	11730,5	49,07	1240,4

6.1.2. Buhar ve Kondens Hatlarındaki Isı Kayıplarının Hesaplanması

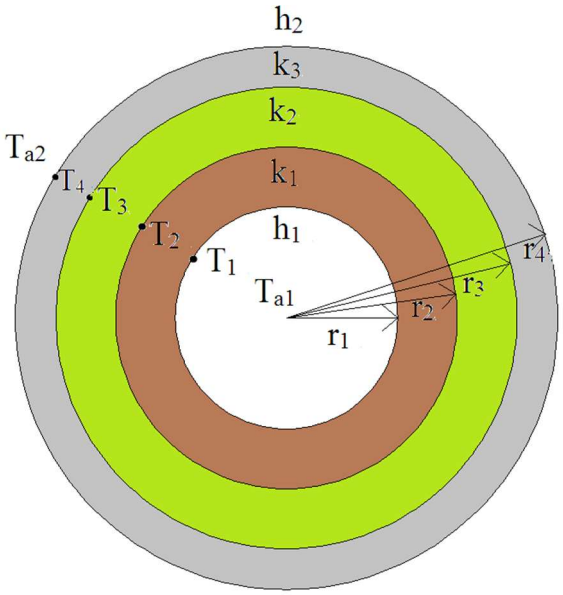
Bölüm 4.3'te verilen tablolar dışındaki değerlerde oluşan ısı kayıplarının hesabı için yapılan kabuller aşağıda sıralanmıştır.

Kabuller:

1. Isı iletimi radyal yöndedir.
2. Özellikler sabittir.
3. Isı üretimi yoktur.
4. Sürekli rejimdir.

5. Temas ısıl direnci yoktur.
6. Kirlilik ısıl direnci yoktur.

Bu kabuller yapılarak silindirik yüzeyler arasındaki ısı geçişi hesaplamaları kesit görünüşü Şekil 6.1'de verilen silindirik yüzeylerde şu şekilde gerçekleştirilir (Halıcı & Gündüz 2010):



Şekil 6.1. Yalıtımlı boru hattı kesiti

Boru iç yüzeyi ile akışkan arasındaki ısı taşınımı ile olan ısı geçişi:

$$Q_{t1} = h_1 A_1 (T_{a1} - T_1) = h_1 2\,\pi r_1 L (T_{a1} - T_1) \tag{5.5}$$

Boruda gerçekleşen ısı geçişi:

$$Q_1 = \frac{2\pi L k_1}{ln\frac{r_2}{r_1}} (T_1 - T_2) \tag{5.6}$$

Yalıtım malzemesinde gerçekleşen ısı geçişi:

$$Q_2 = \frac{2\pi L k_2}{ln\frac{r_3}{r_2}} (T_2 - T_3) \tag{5.7}$$

Alüminyum sacda gerçekleşen ısı geçişi:

$$Q_3 = \frac{2\pi L k_3}{ln\frac{r_4}{r_3}}(T_3 - T_4) \tag{5.8}$$

Dış yüzey ile akışkan arasında ısı geçişi:

$$Q_{t2} = h_2 A_2 (T_4 - T_{a2}) = h_2 2\,\pi r_4 L (T_4 - T_{a2}) \tag{5.9}$$

Enerji dengesi nedeniyle ısı geçişlerinin hepsi birbirine eşittir.

$$Q_{t1} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_{t2} = Q_r \tag{5.10}$$

Bu eşitlik ile aşağıdaki bağıntı elde edilir.

$$Q_r = \frac{T_{a1} - T_{a2}}{\frac{1}{h_1 2\,\pi r_1 L} + \frac{ln\frac{r_2}{r_1}}{2\pi L k_1} + \frac{ln\frac{r_3}{r_2}}{2\pi L k_2} + \frac{ln\frac{r_4}{r_3}}{2\pi L k_3} + \frac{1}{h_2 2\,\pi r_4 L}} \tag{5.11}$$

Yalıtımlı ve yalıtımsız borulardaki ısı kayıpları aşağıda verilen denklemler yardımı ile hesaplanır.

$$Q_{yalıtımsız} = \frac{2\pi L(T_{a1} - T_{a2})}{\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_1} + \frac{1}{r_2 h_2}} \tag{5.12}$$

$$Q_{yalıtımlı} = \frac{2\pi L(T_{a1} - T_{a2})}{\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_1} + \frac{ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_2} + \frac{ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{k_3} + \frac{1}{r_4 h_2}} \tag{5.13}$$

Yukarıda verilen denklemler ve Çizelge 6.7'de bulunan değerler kullanılarak değişik ölçülere sahip borularda yalıtımlı ve yalıtımsız halde gerçekleşen ısı geçişleri hesaplanmış ve Çizelge 6.8'de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Boru hatlarına ait çap, ısı iletim ve ısı taşınım katsayıları

Nominal Ölçü	T_{a1} (K)	T_{a2} (K)	L (m)	r_1 ($x10^{-3}$ m)	r_2 ($x10^{-3}$ m)	r_3 ($x10^{-3}$ m)	r_4 ($x10^{-3}$ m)	h_1 (W/m^2K)	h_2 (W/m^2K)	k_1 (W/mK)	k_2 (W/mK)	k_3 (W/mK)
DN 100	440	308,15	13,5	51,15	57,15	107,15	107,75	147,74	25	59	0,058	300
DN65	373,15	308,15	11,5	31,30	36,50	86,50	87,10	823,49	25	59	0,047	300
DN50	440	308,15	20,0	26,25	30,15	80,15	80,75	161,9	25	59	0,058	300
DN25	373,15	308,15	6,2	13,15	16,85	66,85	67,45	1240,4	25	59	0,047	300

Çizelge 6.8. Yalıtımlı, yalıtımsız ısı kayıpları ve ısı kaybındaki azalma

Nominal Ölçü	$Q_{yalıtımsız}$ (watt)	$Q_{yalıtımlı}$ (watt)	Q_{azalma} (watt)
DN 100	13.408,8	986,04	12.422,76
DN65	4.133,3	249,04	3.884,26
DN50	10.596,3	942,3	9.654
DN25	1.040,52	84,47	956,05
Toplam	29.178,92	2.261,85	26.917,07

Denklemler ve Çizelge 6.7'de bulunan:

T_{a1}= Boru içinden geçen akışkan sıcaklığı

T_{a2}= Dış ortam sıcaklığı

L= Boru hattı toplam uzunluğu

r_1 = Boru iç çapı

r_2 = Boru dış çapı

r_3 = Yalıtım malzemesi dış çapı

r_4 = Alüminyum sac dış çapı

h_1 = Boru içindeki akışkanın ısı taşınım katsayısı

h_2 = Dış ortam ısı taşınım katsayısı

k_1 = Borunun ısı iletim katsayısı

k_2 = Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı

k_3 = Alüminyum sacın ısı iletim katsayısını ifade etmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma öncesi yalıtımsız durum Şekil 6.2'de, yalıtım aşaması Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.2. Kurutma kabini üzerindeki buhar ve kondens hatlarının yalıtımsız hali



Şekil 6.3. Kurutma kabini üzerindeki buhar ve kondens hatlarının yalıtılması aşaması

$$Q_{azalma} = Q_{yalıtımsız} - Q_{yalıtımlı} \quad (5.14)$$

$$Isı\ kaybındaki\ düşüş\ (\%) = \frac{Q_{azalma}}{Q_{yalıtımsız}} \quad (5.15)$$

Yapılan kabuller ile yalıtım çalışmasının ısı kayıplarını %92 azalttığı hesaplanmıştır.

6.1.3. Yalıtım Maliyetinin Geri Dönüş Süresinin Hesaplanması

Dijital baskı makinesinin günlük çalışma süresi (GÇS) 12 saat, yıllık çalışma süresi (YÇŞ) 320 gün olarak kabul edilerek ısı yalıtımı yapmanın ısı kaybında meydana getireceği yıllık azalma aşağıdaki gibi hesaplanır.

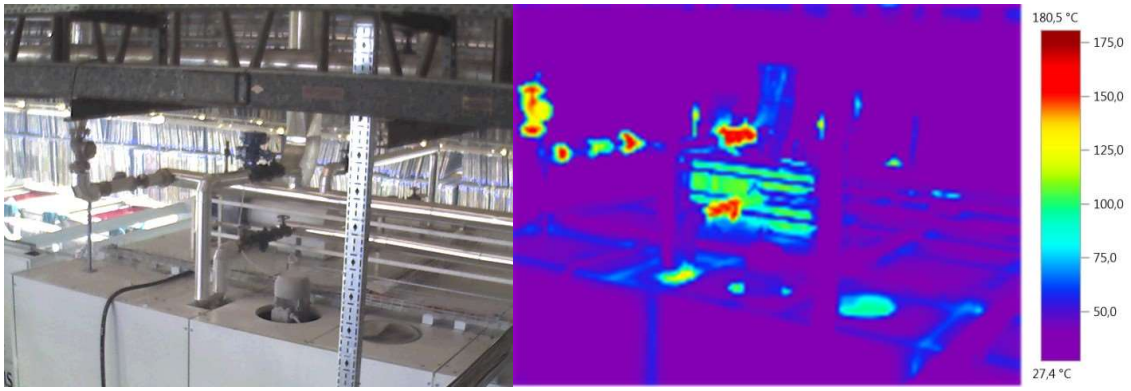
$$Q_{azalma,y} = Q_{azalma}\ x\ GÇS\ x\ YÇS \quad (5.16)$$

Buhar entalpisi h_{buhar}=660,1 kcal/kg olarak alındığında verimsiz olarak kullanımının önüne geçilen buhar miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$m_{buhar} = \frac{Q_{azalma,y}}{h_{buhar}} \quad (5.17)$$

Yapılan çalışma ile $Q_{azalma,y}$=88.874.880 kcal/yıl ve m_{buhar}=134.638,5 kg olarak hesaplanmıştır. Fabrikanın buhar maliyeti 63 TL/ton dur. Yapılan çalışma yıllık 8479,8 TL kaybın önüne geçilmiştir. Yalıtım çalışması maliyeti 3750 TL olarak gerçekleşmiştir. Geri ödeme süresi 5,2 aydır.

Şekil 6.4'te yalıtım sonrası normal kamera ve termal kamera görüntüsü görülmektedir. Kırmızı ve sarı renk tonlarında görünen bölümler yalıtım yapılmaması nedeni ile yüzey sıcaklıkları çok yüksek olan çek-valf, buhar sayacı, oransal kontrol vanası ve diğer vanaların bulunduğu bölgelerdir.



Şekil 6.4. Yalıtım sonrası normal kamera ve termal kamera görüntüsü

6.2. Kompresör Sisteminde İyileştirme Yapılması

Fabrikada bulunan basınçlı hava sistemi nevresim dokuma, nevresim terbiye ve perde olmak üzere üç farklı bölüm için gerekli olan basınçlı havayı üretmektedir. Basınçlı havanın %85-%90'lık bölümü dokuma fabrikasında bulunan hava jetli dokuma tezgâhları tarafından kullanılırken %10-%15'lik kısmı nevresim ve perde fabrikasında kullanılmaktadır.

Fabrikada bulunan havalı dokuma tezgahlarında kumaşın dokunması için atkı ipinin hareketi basınçlı hava yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Dokuma tezgâhları ortalama 2 m^3/dk hava tüketmektedir. Fabrikada 138 adet dokuma tezgâhı olduğu ve bütün tezgahların aynı anda çalıştığı düşünüldüğünde sadece dokuma tezgahlarının 276

m^3/dk hava tüketimi gerçekleştirildiği ve bu tüketimin çok büyük bir değer olduğu görülmektedir. Bu nedenle fabrika çok büyük kapasiteli kompresör sistemine ihtiyaç duymakta ve fabrikada üç adet turbo kompresör ve üç adet vidalı kompresör bulunmaktadır.

Fabrikanın basınçlı hava ihtiyacı 130 m^3/dk debiye sahip iki adet 937 kW gücündeki turbo kompresör ve 20 m^3/dk debiye sahip iki adet 200 kW gücündeki vidalı kompresör tarafından sağlanmaktadır. Turbo kompresörler ve bir adet vidalı kompresör gerekli olan hava ihtiyacını karşılamak için sürekli olarak çalışırken ikinci vidalı kompresör gerekli olduğu durumda devreye girip çıkmaktadır. Enerjiyi daha verimli kullanarak basınçlı hava maliyetini düşürmek adına kompresör sisteminde iyileştirme yapmaya karar verilmiş ve tesiste bulunana üç adet turbo kompresörün iki adedinde iyileştirme çalışması gerçekleştirmiştir.

Nevresim fabrikasının bir yıllık enerji dağılımı Çizelge 6.9'daki gibi gerçekleşmiştir. Görüldüğü üzere kompresörlerin çektiği güç nevresim fabrikasının elektrik tüketiminin %28,8'lik bir kısmını oluşturmuştur.

Çizelge 6.9. Nevresim fabrikasının bir yıllık enerji tüketim miktarları (2014 yılı)

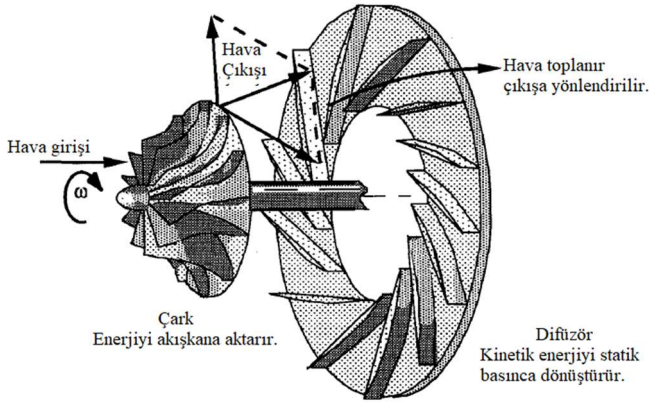
Enerji Türü	Değer	% Oran
Elektrik Tüketimi	58.446.000 kWh/yıl	
Doğalgaz Tüketimi	3.654.444 m^3/yıl	
Buhar Tüketimi	275.261.000 Kg/yıl	
Toplam Kompresörlerin Çektiği Güç	**16.814.105 kW/yıl**	**28,8%**

Turbo kompresörlerde havayı basmak için yüksek hızla dönen eleman çark ya da turbo fan olarak adlandırılır. Turbo kompresörlerde diğer kompresör tiplerinde olduğu gibi sıkıştırma elemanı bulunmaz. Şekil 6.5'te görüldüğü gibi turbo kompresör hava girişinden emdiği havayı turbo fan kanatlarında içten dışa olacak şekilde savurur. Sıkıştırma işlemi havanın santrifüj kuvveti ile savrulması, savrulan havanın çark çıkış bölgesinde toplanması ve santrifüj kuvveti ile kazandığı enerjinin basınç enerjisine dönüşmesiyle gerçekleşir.

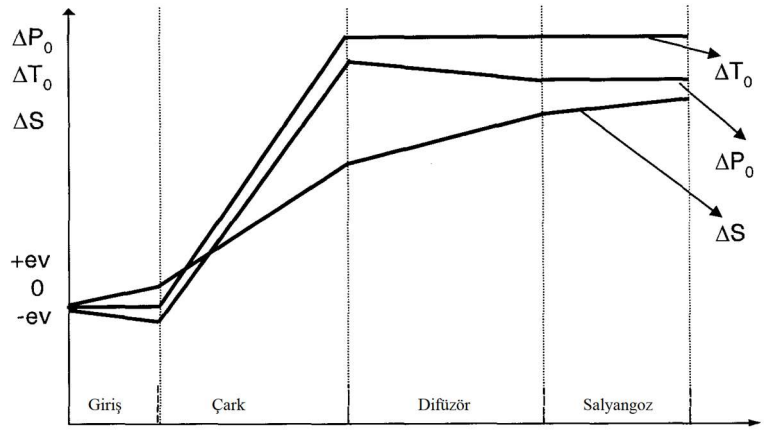
Santrifüj kompresörlerde akış çok kompleks bir yapıya sahiptir ve açıklanması zordur. Çoğu durumda üç boyutlu, yüksek türbülanslı, viskoz ve kararsızdır. Bu

santrifüj kompresörlerin tasarımının diğerlerine göre daha zor olmasına neden olmaktadır (Al-Suhaibani, 2005).

Kompresör sisteminde gerçekleştirilen iyileştirme kompresörün airend bölümünün değiştirilmesi olmuştur. Airend bölümündeki birçok parça üretici firma tarafından yeniden tasarlanmış ve test edilmiştir. Mevcut TA-48M30 (1250 HP / 118 psi) modeli turbo kompresörün airend ünitesi yeni TA-6000 (1250 HP / 125 psi) airend ile değiştirilmiştir. Dakikada 130 m^3 olan hava üretimi kompresörün sadece airend olarak adlandırılan yeniden tasarlanmış bölümünün revize edilmesi ile dakikada 150 m^3 seviyelerine yükseltilmiştir. Bu artışın gerçekleşmesindeki en büyük etkenlerden birisi çark sisteminin ve dişli kutusunun yeniden dizayn edilmiş olmasıdır. Yeni tasarlanan çark sistemi ve dişli sistemi ile debi artışı sağlanmıştır.

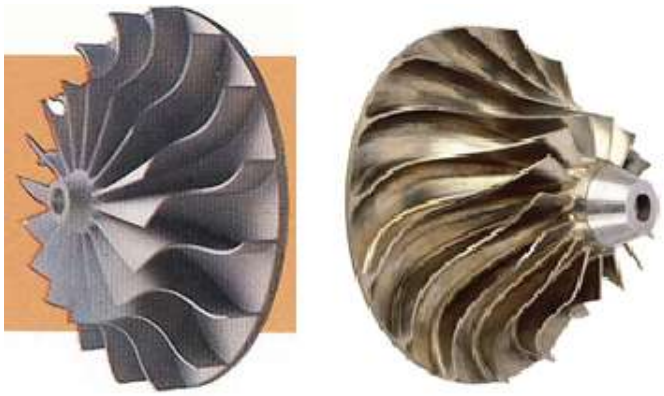


Şekil 6.5. Turbo kompresörün anahtar bileşenleri (Al-Suhaibani, 2005).



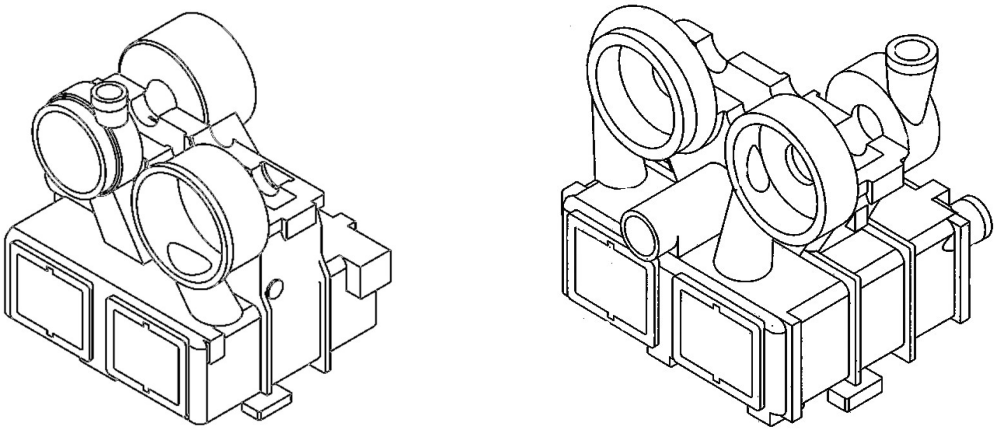
Şekil 6.6. Turbo kompresörde sıcaklık, basınç ve entropi değişimi (Al-Suhaibani, 2005).

Şekil 6.6'da görüldüğü gibi çark, kompresör sisteminde en büyük sıcaklık ve basınç artışının olduğu bileşendir. Diğer bir deyişle kompresör sisteminin kalbidir. Bu nedenle çark sisteminin dizaynı turbo kompresörlerde çok önemlidir. TA-6000 airend bölümünde bulunan çark sistemi TA-48'den farklı olarak geri açılı olacak şekilde daha aerodinamik bir yapıda tasarlanmıştır. Daha iyi verim ve daha geniş debi ayar sahasına elverişlidir. Dişli kutusu ise eski tasarıma göre daha düşük basınç kayıpları sağlamaktadır. Şekil 6.7'de eski ve yeni çark dizaynı, Şekil 6.8'de eski ve yeni dişli kutusu, Şekil 6.9'da eski ve yeni difüzör yapısı, Şekil 6.10'da ise eski ve yeni kontrol paneli yer almaktadır.



TA-48 Çark Dizaynı TA-6000 Çark Dizaynı

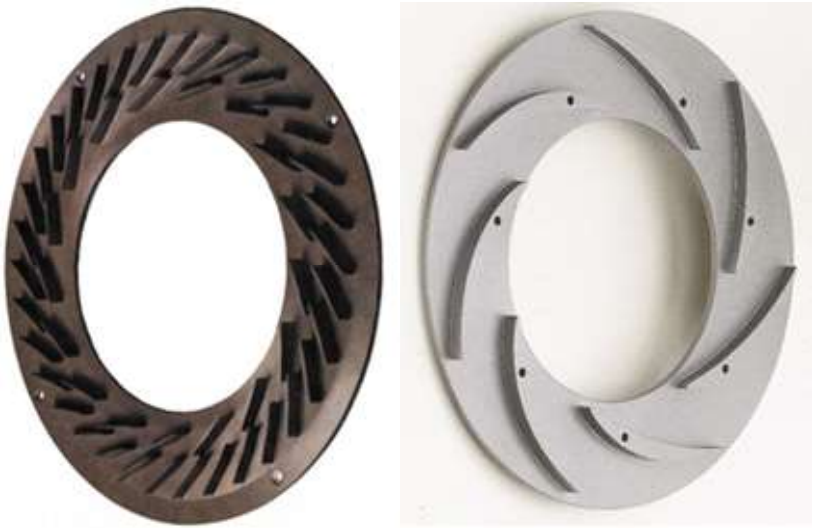
Şekil 6.7. TA-48 çark dizaynı ve TA-6000 çark dizayn



TA-48 Dişli-Kutusu TA-6000 İyileştirilmiş Dişli-Kutusu

Şekil 6.8. TA-48 dişli kutusu ve TA-6000 iyileştirilmiş dişli kutusu

Yataklarda yapılan iyileştirmeler sayesinde yük taşıma ve titreşim sönümleme karakteristikleri geliştirilmiş ayrıca sürtünme kayıpları büyük oranda azaltılmıştır. Ve difüzör sistemi yeniden tasarlanmıştır.



TA-48 Difüzör Dizaynı TA-6000 Difüzör Dizaynı

Şekil 6.9. TA-48 ve TA-6000 difüzör dizaynı

6.2.1. Kompresör Sisteminde Yapılan İyileştirme Aşamaları ve Faydaları

Turbo kompresör iyileştirme aşamaları,

- Mevcut kompresör üzerinde bulunan TA-48 Airend tamamen sökülmüş ve yerine yeni TA-6000 Airend ünite montajı yapılmıştır.
- Yağlama yağı devresi için gerekli revizyon parçalarının montajı yapılmıştır.
- Mevcut elektrik motorunun yüksekliği şimler yardımı ile yeni monte edilen airende göre ayarlanmıştır.
- Yeni standart tip motor kompresör kaplini monte edilmiştir.
- Mevcut Quad 2000 modeli kontrol paneli ve sistemi komple sökülmüş yerine en son model Maestro Universal kontrol paneli montajı yapılmıştır.
- Elektrik motoru, motor şalteri, kompresör yağ tankı ve motor şasesi, nihai soğutucu elektrik motorlu yardımcı yağ pompası ve yağ eşanjörü aynen kullanılmıştır.



Quad 2000 kontrol paneli Maestro Universal kontrol paneli

Şekil 6.10. Solda Quad 2000 ve sağda Maestro Universal kontrol paneli

6.2.2. İyileştirme Maliyeti ve Geri Dönüş Süresinin Hesaplanması

Fabrikada gerçekleştirilen iyileştirme çalışması maliyeti her bir kompresör için 150.000 $ olmuştur. İlk bakışta çok büyük gözüken bu miktar kendini 1,3 yıl gibi kısa bir sürede amorti edecektir.

TA-48 (1250/125) model kompresörün tam yükte gücü 967 kW TA-6000 (1250/125) model kompresörün gücü tam yükte 945 kW olmaktadır. 1 m^3 hava üretmek için gerekli olan enerji miktarı (SER) denklem 6.1 ile hesaplanmış ve kompresörlerin güç ve debi bilgileri ile birlikte Çizelge 6.10'da verilmiştir.

$$SER = \frac{N}{\dot{m}_{min} x 60} \tag{6.1}$$

Yukarıdaki denklemde N kompresör gücünü, $\dot{m}_{min}$ dakikada üretilen hava miktarını belirtmektedir.

Çizelge 6.10. Kompresörlerin güç, debi ve SER değerleri

Kompresör	N (kW)	$\dot{m}_{min}$ (m^3/dk)	SER (kWh/m^3)
TA-48(1250/125)	967	130	0,124
TA-6000(1250/125)	945	150	0,105

Yapılan iyileştirme çalışması ile teorikte hava verimi artışının $\frac{150-130}{130}$ = %15,3 olacağı öngörülmektedir. Teorikte birim hava üretim enerjisinin $\frac{0,124-0,105}{0,124}$ = %15,3 oranında azalma olacağı öngörülmektedir.

Yapılan iyileştirmenin pratikte faydaları şu şekilde olacağı öngörülmektedir.

- Hava verimi %10 $\pm$ %1 artacaktır.
- Özgül enerjide (kWh/Nm^3) %9 $\pm$ %1 düzelme olacaktır.
- Performans eğrilerine bakıldığında (*Ek A ve Ek B*) aynı motorla daha fazla debi sağlanacaktır.
- Aynı motor gücü ile daha fazla basınç üretilebilecektir.

İyileştirme yapılan her bir kompresörün verim artışının yıllık getirisi;

$$M_{yıllık} = (SER_a - SER_b) x\ \dot{m}_{min}\ x\ 60\ x\ 24\ x\ YÇS\ x\ EBF \tag{6.2}$$

Eşitlik 6.2 SER_a revizyon öncesi basınçlı hava birim maliyetini, SER_b revizyon sonrası basınçlı hava birim maliyetini, $\dot{m}_{min}$ bir dakikada üretilen hava miktarını, YÇŞ yıllık çalışma süresini ve EBF elektrik birim fiyatını belirtmektedir.

Turbo kompresörlerin günde 24 saat ve yılda 320 gün çalıştığı ve elektrik birim fiyatının 0,085 $/kWh olarak hesaplanması durumunda verim artışının yıllık getirisi 116.628 $/yıl olmaktadır. Yapılan iyileştirme çalışasının geri ödeme süresi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$t_{payback} = \frac{M_{yatırım}}{M_{yıllık}} \tag{6.3}$$

Her bir turbo kompresör revizyon maliyeti 150.000 $ ve revizyonun teorikte yıllık getirisi 116.628 $'dır. Bu durumda yapılan çalışmanın teorikte geri ödeme süresi $t_{payback} = \frac{M_{yatırım}}{M_{yıllık}} = \frac{150.000\ \$}{116.628\ \$} = 1,29$ yıl olarak hesaplanır.

Yapılan turbo kompresör sisteminin iyileştirilmesi çalışması sonucunda fabrikada gerekli olan basınçlı hava ihtiyacını karşılamak için 2 adet vidalı kompresörün

çalışmasına gerek kalmamıştır. Gerekli olan basınçlı hava ihtiyacı 2 adet turbo kompresör ile sağlanmaya başlanmıştır. Revizyonu yapılmayan turbo kompresör ve fabrikada bulunan 3 adet 20 m^3/dk debiye sahip vidalı kompresör diğer kompresörlerin arızalanması gibi durumlar için yedek olarak faaliyete hazır bir şekilde beklemektedir.

Turbo kompresör odasında bulunan değişim öncesi TA-48 kompresörün airend ünitesi Şekil 6.11'de, değişim sonrası TA-6000 airend ünitesi şekil 6.12'de görülmektedir.



Şekil 6.11. Revizyon öncesi TA-48 turbo kompresör airend ünitesi



Şekil 6.12. Revizyon sonrası TA-6000 turbo kompresör airend ünitesi

6.2.3. İyileştirme Çalışması Sonucu Birim Üretimdeki Enerji Düşüşü

Bütün fabrikanın basınçlı hava ihtiyacını sağlayan turbo kompresörler dokuma fabrikasında bulunan sayaca bağlıdır. Tabloda dokuma fabrikasının turbo kompresör revizyonları öncesi ve sonrası 12 aylık dönemdeki toplam elektrik tüketimi, kumaş

üretimi, atılan atkı sayısı, metrekare başına birim elektrik tüketimi ve her 100.000 atkı için harcanan elektrik miktarı verilmiştir.

Dokuma fabrikasındaki elektrik tüketiminin %70'lik gibi büyük bir kısmını turbo kompresörler oluştururken, geriye kalan %30'luk bölüm fabrikada bulunan dokuma tezgahlarının tahrik motorları, aydınlatmalar, klimalar, çalışma ofisleri gibi unsurlar oluşturmaktadır.

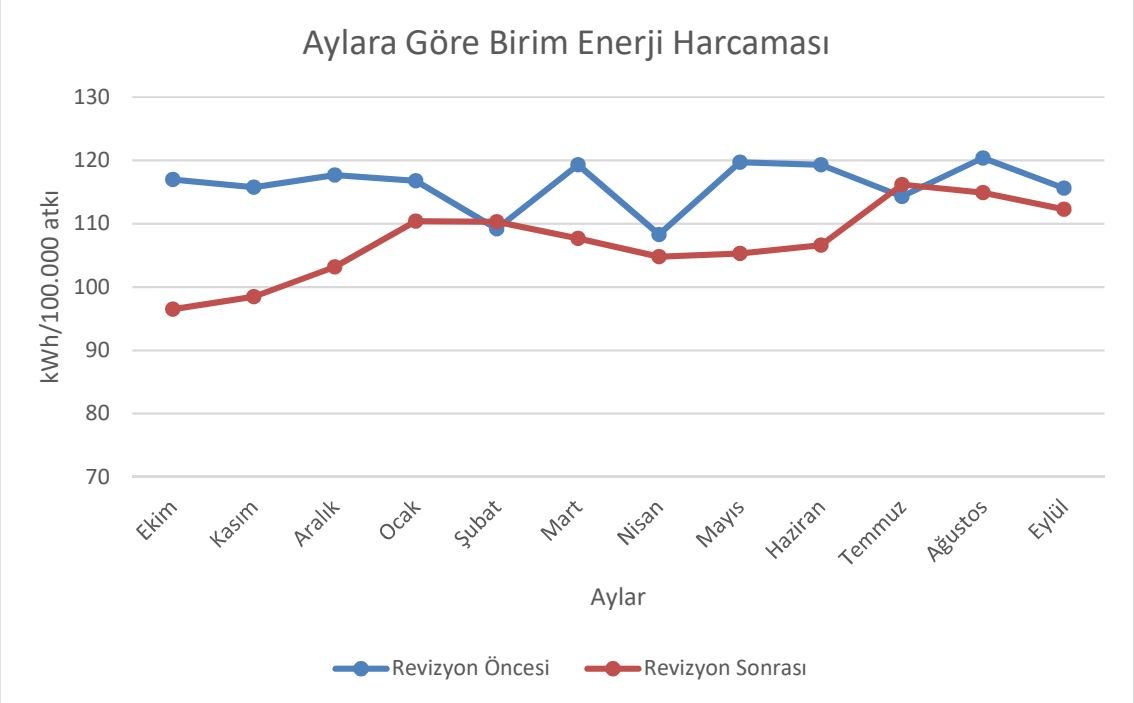
Fabrikada dokunan kumaş türü ve kalitesine göre her 1 santimetredeki atkı sayısı farklılık göstermektedir. Bu da aynı uzunluk ve genişlikteki iki farklı kalite kumaşı üretmek için harcanan enerjinin farklı olması anlamına gelmektedir. Bu nedenle toplam üretilen kumaş miktarı yerine bir ayda atılan toplam atkı sayısı üzerinden hesaplama yapmak birim maliyetteki azalmayı gözler önüne sermek açısından çok daha etkin bir yol olacaktır. Yapılan revizyon öncesi ve sonrası dokuma fabrikasının elektrik giderinin dokunan kumaştaki her 100.000 atkı başına değeri Çizelge 6.11 ve Çizelge 6.12'de görülmektedir. Revizyon öncesi ve revizyon sonrasında aylara göre birim enerji tüketim grafiği Şekil 6.13'te verilmiştir.

Çizelge 6.11. Turbo kompresör revizyon öncesi 12 aylık durum

Aylar	Revizyon Öncesi 12 Aylık Durum				
	Elektrik (kWh)	Kumaş Üretimi (m^2)	Atılan Atkı (Adet/Ay)	Birim Elektrik Tüketimi (kWh/m^2)	Elektrik Tüketimi (kWh/100.000 Atkı)
EKİM	2.125.455	1.951.315	1.816.098.000	1,0892	117,0
KASIM	2.415.740	2.160.560	2.085.408.000	1,1181	115,8
ARALIK	2.555.543	2.030.061	2.171.365.000	1,2589	117,7
OCAK	2.642.779	2.528.249	2.262.587.000	1,0453	116,8
ŞUBAT	2.267.349	2.470.391	2.077.189.000	0,9178	109,2
MART	2.465.121	2.514.525	2.065.655.000	0,9804	119,3
NİSAN	2.314.839	2.413.438	2.136.776.000	0,9591	108,3
MAYIS	2.258.335	2.189.619	1.885.923.000	1,0314	119,7
HAZİRAN	2.263.796	2.287.798	1.897.648.000	0,9895	119,3
TEMMUZ	2.117.285	1.979.897	1.852.108.000	1,0694	114,3
AĞUSTOS	2.438.994	2.216.241	2.025.619.000	1,1005	120,4
EYLÜL	1.922.556	1.733.304	1.662.736.000	1,1092	115,6
Ortalama	**2.315.649**	**2.206.283**	**1.994.926.000**	**1,0557**	**116,07**

Çizelge 6.12. Turbo kompresör revizyon sonrası 12 aylık durum

Aylar	Revizyon Sonrası 12 Aylık Durum				
	Elektrik (kWh)	Kumaş Üretimi (m^2)	Atılan Atkı (Adet/Ay)	Birim Elektrik Tüketimi (kWh/m^2)	Elektrik Tüketimi (kWh/100.000 Atkı)
EKİM	2.266.237	2.200.236	2.347.853.000	1,0300	96,5
KASIM	2.290.002	2.267.725	2.325.428.000	1,0098	98,5
ARALIK	2.361.460	2.232.439	2.287.614.000	1,0578	103,2
OCAK	2.512.550	2.176.968	2.275.584.000	1,1542	110,4
ŞUBAT	2.183.143	2.028.790	1.975.447.000	1,0761	110,3
MART	2.277.379	2.186.039	2.113.646.000	1,0418	107,7
NİSAN	2.179.296	2.275.595	2.079.163.000	0,9577	104,8
MAYIS	2.207.846	2.118.913	2.096.487.000	1,0420	105,3
HAZİRAN	1.987.943	1.688.899	1.865.416.000	1,1771	106,6
TEMMUZ	2.275.546	1.832.553	1.957.982.000	1,2417	116,2
AĞUSTOS	2.252.911	1.992.182	1.960.408.000	1,1309	114,9
EYLÜL	1.918.446	1.581.920	1.708.119.000	1,2127	112,3
Ortalama	**2.226.063**	**2.048.521**	**2.082.762.250**	**1,0943**	**106,88**



Şekil 6.13. Revizyon öncesi ve sonrası 12 aylık dönem birim enerji tüketim grafiği

Yapılan iyileştirme sonucunda pratikte,

- 9 aylık dönem göz önüne alındığında dokuma fabrikasındaki birim atkı başına elektrik tüketimindeki azalma ortalama %10 olmuştur.
- 12 aylık dönem göz önüne alındığında birim atkı başına elektrik tüketimindeki azalma ortalama %7,9 olmuştur. Değişim sonrası son 3 aylık dönemde birim atkı başına düşen maliyetlerde büyük artışlar görülmektedir. Bu artışın sebebi 150 m^3/dk hava kurutma kapasitesine sahip olan hava kurutucusunun arızalanması sonucu daha düşük kapasiteli hava kurutucunun devreye alınmış olmasıdır. Buna rağmen son 3 aydaki birim enerji tüketimi revizyon öncesi dönemdeki tüketimden düşük olmuştur.

Çizelge 6.13'e bakıldığında revizyon sonrasında atılan 2.082.762.250 adet atkının revizyon yapılmadan atılmış olması durumunda aylık ortalama 2.226.063 kWh olarak gerçekleşen tüketim miktarının 2.417.606 kWh olacağı görülmektedir. Yapılan revizyon ortalama aylık 191.543 kWh daha az elektrik tüketilmesini sağlamıştır. Yıllık olarak 2.298.516 kWh olmaktadır. Birim enerji maliyetinin 0,085 $/kWh olduğu göz önüne alındığında revizyon çalışmasının maddi getirisinin 195.373 $/yıl olmuştur.

Çizelge 6.13. Revizyon sonrası ve öncesi aylık elektrik tüketiminin kıyaslanması

	Elektrik (kWh)	Atılan Atkı (Adet/Ay)	Elektrik Tüketimi (kWh/100.000 Atkı)
Revizyon Sonrası	2.226.063	2.082.762.250	106,88
Revizyon Öncesi	2.417.606	2.082.762.250	116,07

Yapılan çalışmada 2 adet turbo kompresörün revizyonu gerçekleştirildiği için toplam yatırım maliyeti 300.000 $ olmuştur. Geri ödeme süresi $t_{payback} = \frac{300.000\ \$}{195.373\ \$}$ =1,54 Yıl= 18,4 Aydır.

Teorik olarak hesap yapıldığında geri dönüş süresinin 15,5 ay olacağı hesaplanırken 12 aylık ortalama ele alındığında pratikte bu sürenin 18,4 ay olacağı görülmektedir.

6.3. Basınçlı Hava Hatlarındaki Kaçakların Giderilmesi

Basınçlı hava hatlarındaki kayıpları gidermek için tesiste üretimin durduğu zamanlar makine gürültüsünün olmaması nedeniyle tespitinin en kolay gerçekleştirildiği zamanlardır. Bu nedenle üretimin durduğu günlerde tesiste enerji verimliliğinin arttırılması adına basınçlı hava hatlarındaki kaçakları gidermek için çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Makine bazında kaçak miktarını tespit ederken makinelerin ana hava giriş hattına Şekil 6.14'te bulunan debimetre, makine içerisinde bulunan bir hatta kaçak tespiti gerçekleştirilirken Şekil 6.15'te bulunan hassas manometre kullanılmakta ve yapılan çalışma sonucunda gerçekleşen azalma görülebilmektedir.



Şekil 6.14. Kaçak tespiti için makine girişine bağlanan seyyar debimetre

Yapılan kaçak kontrolünde fabrikada hiçbir makinenin çalışmadığı günde 20 m^3/dk kapasiteli 2 adet vidalı kompresör çalıştırılmış ve kompresörlerden birinin hiç durmadan çalıştığı gözlemlenirken diğer kompresörün 1 saat boyunca çeşitli zaman aralıklarında devreye girerek toplamda 30 dakika çalıştığı gözlemlenmiştir. Bu da saatte ortalama 30m^3/dk x 60dk = 1800 m^3/h basınçlı havanın hiçbir makine çalışmamasına rağmen sistemden kaçaklar sebebi ile uzaklaştığı anlamına gelmektedir.

Yapılan kaçakların giderilmesi çalışmasında tespit edilen ve giderilen kaçaklar aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir:

1- Çeşitli kimyasal madde teması ya da malzeme yorulması sonucu makinenin basınçlı boru hatlarında bulunan çapları 0,5 mm ile 2 mm arasında değişen 42 adet delik,

2- Basınç düşürücü diyaframının özelliğini yitirmesi sonucu yırtılması nedeni ile diyaframlarda oluşan 3 adet kaçak,

3- Bağlantı elemanlarının zamanla deforme olması sonucu çapları Ø4mm-Ø12mm arasında değişen 82 adet bağlantı elemanında meydana gelen kaçak,

4- Pnömatik silindir içindeki pistonun hareketi sonucu boğaz keçesinin aşınması ile meydana gelen 3 adet kaçak,

5- Makinelerin üzerinde bulunan 2 adet hava şartlandırıcıdaki çatlak nedeni ile olan kaçak,

6- Fabrikanın basınçlı hava ana dağıtım hattında $1^{1/2}$" ve 2" galvaniz boru bağlantı noktalarındaki rakor bağlantısının gevşemesi sonucu meydana 2 adet kaçak giderilmiştir.

Yapılan kaçak tespiti ve kaçakların giderilmesi işlemi ile çalışan 2 adet vidalı kompresörün ikincisinin çalışma süresi saatte 6 dakikaya kadar düşmüştür. Böylelikle 1800 m^3/h olan kaçak miktarı 1320 m^3/h derecelerine kadar gerilemiştir. Yapılan kaçak giderilmesi çalışması ile 480 m^3/h hava kaçağının önüne geçilmiştir.

Fabrikadaki kompresörler günde 24 saat ve yılda 320 gün çalışmaktadır. Yapılan kaçak giderme çalışmasının günlük getirisi aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$M_{günlük} = \dot{m}_h \; x \; GÇS \; x \; SER \; x \; EBF \qquad (6.4)$$

Yapılan çalışmanın getirisi günlük 102,8 $ iken gerçekleştirilen çalışmanın maliyeti 800 $ olmuştur. Bu nedenle yapılan çalışma kendini 8 gün içinde amorti edecek kadar önemli bir çalışmadır. Ancak tekstil makineleri boyar madde, ağartıcı maddeler, sıcaklık gibi etmenlerin yoğun olduğu makineler olması nedeniyle basınçlı hava tesisatlarında çok çabuk deformasyonlar meydana gelmekte ve gerçekleşen kaçak giderilmesi işleminden birkaç ay sonra kaçak miktarı kaçağın giderilmeden önceki seviyelerine geri gelebilmektedir.

Yapılan çalışma sonucunda hava kaçak miktarı %26 oranında azaltılmıştır. Hava kaçaklarını sıfır seviyesine indirmek 108.000 m^2 kapalı üretim alanına sahip, binlerce

metre uzunluğunda pnömatik hortum ağı ve pnömatik bağlantı elemanı bulunan fabrikada gerçekleştirilemeyecek bir eylemdir. Ancak kaçakları minimum seviyede tutmak için her fırsatta fabrikada hava kaçaklarının giderilmesi adına çalışmalar gerçekleştirilmektedir.



Şekil 6.15. Hava kaçakları nedeniyle basınç düşüşünün hassas manometre ile tespiti

6.4. Aydınlatmada Yüksek Verimli Led Lamba Kullanımına Geçilmesi

Tesis alanının büyük olması, günde üç vardiya olarak çalışması nedeniyle üretim sahasının 24 saat aydınlatma ihtiyacı duyması, düşük verimli halojen projektör lambalar ve floresan armatürler kullanılması aydınlatma sistemlerinde verimlilik çalışması yapılmasında en önemli etmenlerden biri olmuştur.

Yapılacak olan çalışmada aşağıdaki değişim işlemleri gerçekleştirilmiştir:
- Fabrika giriş aydınlatmaları 400 W halojen projektörler 128 W led projektörle
- Fabrika dış aydınlatmaları 400 W halojen projektörler 150 W led projektörle
- Depolarda bulunan 2x58 floresan armatürler 95 W led panel armatürle
- Fabrikanın değişik bölgelerinde bulunan 4x18 W floresan armatürler 28 W led panel armatür ile değiştirilmiştir.

Değişim yapılırken depo gibi bölgelerde aydınlatma sayısı azalmış ancak fabrika içerisinde olması gereken aydınlanma şiddeti ölçümleri yapılarak veya analiz ile bir önceki değerinin altına düşmesini önleyecek şekilde led yerleşimi yapılmıştır.

Değişim öncesi kullanılan floresan armatürlerin görüş açısı ile değişim sonrası takılan led armatürlerin görüş açılarının farklı olması aydınlatma şiddetini etkilemektedir. Floresan armatürlerde görüş açısının fazla olması nedeniyle reflektörler yukarı noktalara yayılan ışığın aydınlatılmak istenilen bölgelere yansıtılması sağlanırken led armatürlerde ışığın gereksiz yerlere dağılmasının önüne geçilerek aydınlatma veriminin yüksek olması sağlanmaktadır. Led aydınlatma ve floresanlara ait özellikler Çizelge 6.14'te verilmiştir.

Çizelge 6.14. Led aydınlatma ve floresan aydınlatmaya lamba bilgileri

Aydınlatma türü	Güç (W)	Işık Akısı (lm)	Renk Tanımı	Renk Sıcaklığı	Renksel Geriverim (CRI)	Etkinlik Faktörü (lm/W)	Ömür (saat)
Panel Backlit Pro (Led Armatür)	28	2.650	Soğuk Beyaz	4.000K	>80	95	40.000
Sirius (Led projektör)	95	10.000	Doğal Beyaz	4.000K	>70	105	50.000
Ephesus- M2S-128 (Led Projektör)	128	14.800	Beyaz	4.000K	>70	115	50.000
Floresan	18	1.350	Soğuk Beyaz	4.000K	85	75	12.000

Güvenlik açışından önem arz eden dış bölgelerde aydınlatma sayısı değişmemiş daha düşük güç tüketimi ile daha yüksek aydınlatma sağlanarak hem enerjinin verimli kullanılması hem de güvenlik arz eden bölgelerin daha fazla aydınlanması sağlanmıştır. Gerçekleştirilen led dönüşüm çalışmaları ile ilgili bilgiler Çizelge 6.15, Çizelge 6.16, Çizelge 6.17 ve Çizelge 6.18'de verilmiştir.

Çizelge 6.15. Depo aydınlatmalarının led projektör sistemine dönüştürülmesi

DEPO AYDINLATMA MEVCUT SİSTEM	
Floresan Tüketimi (Wh)	116
Fiili Çalışma Süresi (h/gün)	24
Aylık Tüketim (kWh)	83,52
Yıllık Tüketim (kWh)	1.002,24
Sökülen Toplam Aydınlatma Sayısı (Adet)	300
Toplam Yıllık Tüketim (kWh)	300.672
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,229
Yıllık Elektrik Tutarı Toplam (TL/Yıl)	68.853,88
DEPO AYDINLATMA DÖNÜŞÜM SONRASI LEDLİ SİSTEM	
Led Tüketimi	95
Fiili Çalışma Süresi (h/gün)	24
Aylık Tüketim (kWh)	68,4
Yıllık Tüketim (kWh)	820,8
Takılan Toplam Aydınlatma Sayısı (Adet)	72
Toplam Yıllık Tüketim (kWh)	59.097,6
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,229
Yıllık Elektrik Tutarı Toplam(Toplam)	13.533,35
Enerji Tasarrufu (kWh/yıl)	241.574,4
Tasarruf Yüzdesi (%)	80,34%
Revizyon Tutarı (TL/Adet)	676,1
Toplam Yatırım Tutarı (TL)	45.519,2
Tasarruf Tutarı (TL/Yıl)	55.320,53
Amortisman Süresi	**0,82**

Çizelge 6.16. Fabrika giriş aydınlatmalarının led projektör sistemine dönüştürülmesi

FABRİKA GİRİŞİ AYDINLATMA MEVCUT SİSTEM	
Projektör Tüketimi (Wh)	400
Fiili Çalışma Süresi (h/gün)	11
Aylık Tüketim (kWh)	132
Yıllık Tüketim (kWh)	1584
Sökülen Toplam Aydınlatma Sayısı (Adet)	8
Toplam Yıllık Tüketim (kWh)	12.672
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,229
Yıllık Elektrik Tutarı Toplam (TL/Yıl)	2891,58
FABRİKA GİRİŞİ AYDINLATMA DÖNÜŞÜM SONRASI LEDLİ SİSTEM	
Led Projektör Tüketimi (Wh)	128
Fiili Çalışma Süresi (h/gün)	11
Aylık Tüketim (kWh)	42,24
Yıllık Tüketim (kWh)	506,88
Takılan Toplam Aydınlatma Sayısı (Adet)	8
Toplam Yıllık Tüketim (kWh)	4.055,04
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,229
Yıllık Elektrik Tutarı Toplam(Toplam)	928,6
Enerji Tasarrufu (kWh/yıl)	8.616,96
Tasarruf Yüzdesi (%)	68
Revizyon Tutarı (TL/Adet)	864
Toplam Yatırım Tutarı (TL)	6912
Tasarruf Tutarı (TL/Yıl)	1.973,28
Amortisman Süresi	**3,5**

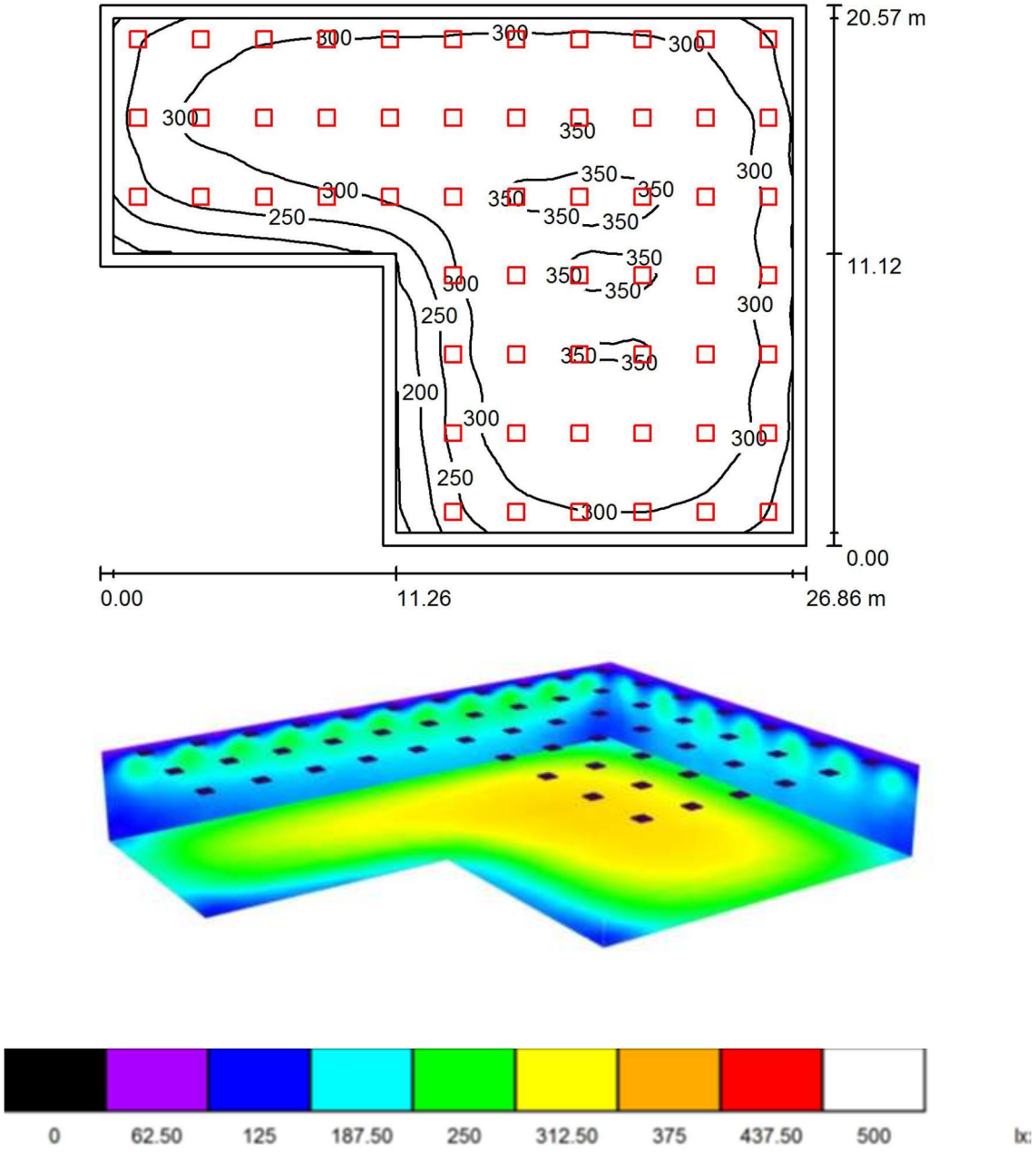
Çizelge 6.17. Fabrika dış aydınlatmasının led projektör sistemine dönüştürülmesi

FABRİKA DIŞ AYDINLATMA MEVCUT SİSTEM	
Projektör Tüketimi (Wh)	400
Fiili Çalışma Süresi (h/gün)	11
Aylık Tüketim (kWh)	132
Yıllık Tüketim (kWh)	1584
Sökülen Toplam Aydınlatma Sayısı (Adet)	100
Toplam Yıllık Tüketim (kWh)	158.400
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,229
Yıllık Elektrik Tutarı Toplam (TL/Yıl)	36.273,6
FABRİKA DIŞ AYDINLATMA DÖNÜŞÜM SONRASI LEDLİ SİSTEM	
Led Projektör Tüketimi (Wh)	150
Fiili Çalışma Süresi (h/gün)	11
Aylık Tüketim (kWh)	49,5
Yıllık Tüketim (kWh)	594
Takılan Toplam Aydınlatma Sayısı (Adet)	100
Toplam Yıllık Tüketim (kWh)	59.400
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,229
Yıllık Elektrik Tutarı Toplam(Toplam)	13.602,6
Enerji Tasarrufu (kWh/yıl)	99.000
Tasarruf Yüzdesi (%)	62,50
Revizyon Tutarı (TL/Adet)	681
Toplam Yatırım Tutarı (TL)	68.100
Tasarruf Tutarı (TL/Yıl)	22.671
Amortisman Süresi (Yıl)	**3**

Çizelge 6.18. 4x18W floresan aydınlatmanın led armatür sistemine dönüştürülmesi

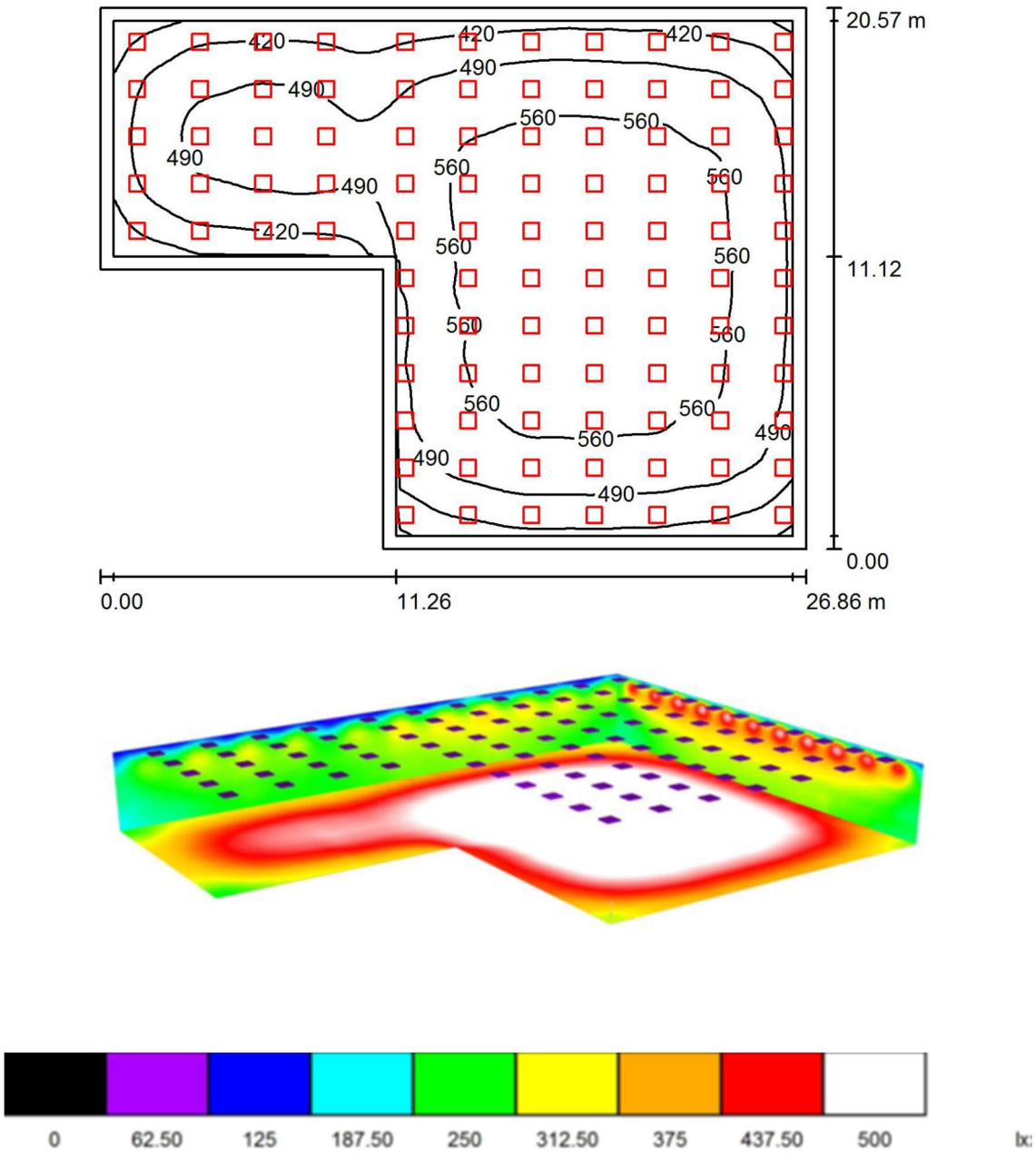
4x18W FLORESAN AYDINLATMA MEVCUT SİSTEM	
Armatür Tüketimi (Wh)	72
Fiili Çalışma Süresi (h/gün)	11
Aylık Tüketim (kWh)	23,76
Yıllık Tüketim (kWh)	285,12
Sökülen Toplam Aydınlatma Sayısı (Adet)	183
Toplam Yıllık Tüketim (kWh)	52.176,96
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,229
Yıllık Elektrik Tutarı Toplam (TL/Yıl)	11.948,5
28W AYDINLATMA DÖNÜŞÜM SONRASI LEDLİ SİSTEM	
Led Armatür Tüketimi Tüketimi (Wh)	28
Fiili Çalışma Süresi (h/gün)	11
Aylık Tüketim (kWh)	9,24
Yıllık Tüketim (kWh)	110,88
Takılan Toplam Aydınlatma Sayısı (Adet)	92
Toplam Yıllık Tüketim (kWh)	10.200,96
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	0,229
Yıllık Elektrik Tutarı Toplam(Toplam)	2.336,01
Enerji Tasarrufu (kWh/yıl)	41976
Tasarruf Yüzdesi (%)	80,45
Revizyon Tutarı (TL/Adet)	126,15
Toplam Yatırım Tutarı (TL)	11.605,8
Tasarruf Tutarı (TL/Yıl)	9.612,5
Amortisman Süresi	**1,2**

28 Watt led armatür uygulaması yapılan çalışmaların biriside dijital baskı bölümü olarak adlandırılan baskı odasının aydınlatmasının led armatür olacak şekilde gerçekleştirilmesi çalışması olmuştur. Dijital baskı odasının boyutları 26,86x20,57x4,00 metredir. Bölgenin aydınlatması için çeşitli led armatür yerleşimleri yapılmış ve yapılan yerleşim sonucu 300 lüks için yanlış renkler gösterimi Şekil 6.16'da verilmiştir.



Şekil 6.16. Dijital baskı 300 lüks aydınlatma analizinin yanlış renkler gösterimi

Şekil 6.17'de ise 500 lüks değeri için yanlış renkler gösterimi ile odanın çeşitli bölgelerinde oluşan aydınlatma değerleri renksel olarak görülmektedir. Yapılan analiz çalışmaları sonucunda makine bölgesine yapılacak olan en uygun aydınlatmanın Şekil 6.16'da gösterilen şeklinde olmasına karar verilmiş ve bu analize göre yapılan yerleşim Şekil 6.18'deki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.17. Dijital baskı 500 lüks aydınlatma analizinin yanlış renkler gösterimi



Şekil 6.18. Led armatürlerin 300 lüks analizine göre yerleştirilmiş hali

6.5. Vana Yalıtım Ceketi Uygulaması

Buhar hatlarında bulunan borulara yapılan yalıtımların yanı sıra buhar tesisatlarında bulunan vana, basınç düşürücü gibi tesisat elemanlarının yalıtımsız olması büyük kayıplara neden olabilmektedir. Aynı ölçüye sahip aynı uzunluktaki buhar borusu ile buhar vanası ele alındığında buhar vanasının yüzey alanının büyük olması nedeniyle daha fazla enerji kaybına neden olduğu görülmektedir. Bu nedenle vana ceketi uygulaması enerjinin verimli kullanılması adına önemli bir uygulamadır. Vana, çekvalf ve basınç düşürücü gibi elemanların bozulması, filtrelerin kirlenmesi nedeniyle görevini tam yerine getiremez hala gelebilirler. Bu gibi durumlarda vana ceketleri kolay demonte ve monte edilmesi nedeni ile uygulama kolaylığı sağlamaktadır.

Yalıtım malzemelerinde aranan özellikler aşağıdaki gibidir:

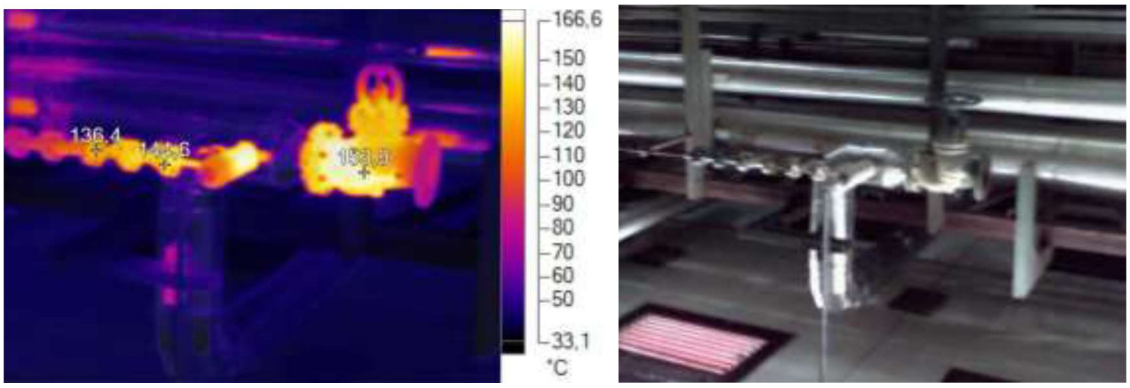
- Yüksek ısı yalıtım özelliğine sahip olmalı
- Sıcaklık ve neme maruz kalmaları durumunda boyut değişikliği istenmez
- Çürümez, paslanmaz ve korozyona dirençli olmalı
- Isı iletim katsayısı düşük olmalı
- Kolayca uygulanabilir olmalı
- Ucuz ve uzun ömürlü olmalı

Vana ceketi uygulamalarında ceket yalıtım malzemesi olarak taş yünü, cam yünü ve seramik yünü gibi malzemeler kullanılabilmektedir bu malzemelerin özellikleri Çizelge 6.19'de verilmiştir. Ceketlerin dış yüzeylerinde cam elyaf kumaş kullanılırken bağlantı iplerinde yine cam elyaf ipler tercih edilmektedir.

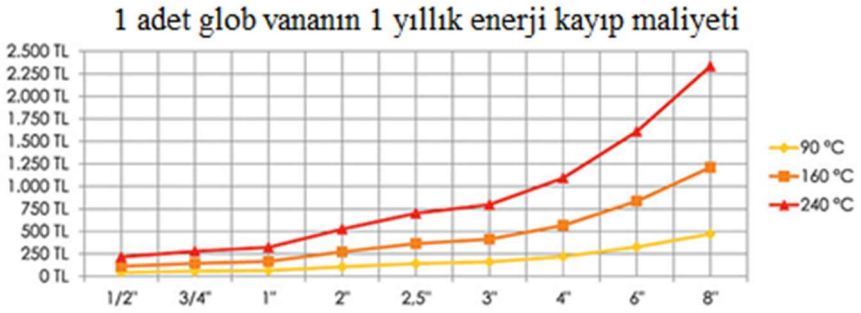
Çizelge 6.19. Vana ceketlerinde kullanılan malzemelerin özellikleri

Malzeme ve Özellikleri	Isı iletkenlik katsayısı (W/mK)	Kullanım sıcaklığı	Su difüzyon direnç katsayısı	Yanıcılık Sınıfı	Ergime Sıcaklığı
Cam Yünü	$\lambda \leq 0{,}040$	260 ºC e kadar	$\mu=1$	A1	1250 ºC
Taş Yünü	$0{,}035 \leq \lambda \leq 0{,}040$	750 ºC e kadar	$\mu=1$	A1	1400 ºC
Seramik Yünü	$0{,}06 \leq \lambda \leq 0{,}032$	1400 ºC e kadar	$\mu=542$	A1	1800 ºC

Fabrikada bulunan buhar hatlarındaki yalıtımsız vanaların tespiti yapılmıştır. Şekil 6.19'da yalıtımsız olan vanalar ait bir fotoğraf, Şekil 6.20'de yalıtımsız vanalardaki yıllık enerji kayıp maliyetleri görülmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda eksik olan vana ceketi sayısı vana ceketi boyutları verileri toplanmıştır. Eksik olan vana ceketlerinin tamamlanması çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmaya ait örnek fotoğraflar Şekil 6.21'de verilmiştir.

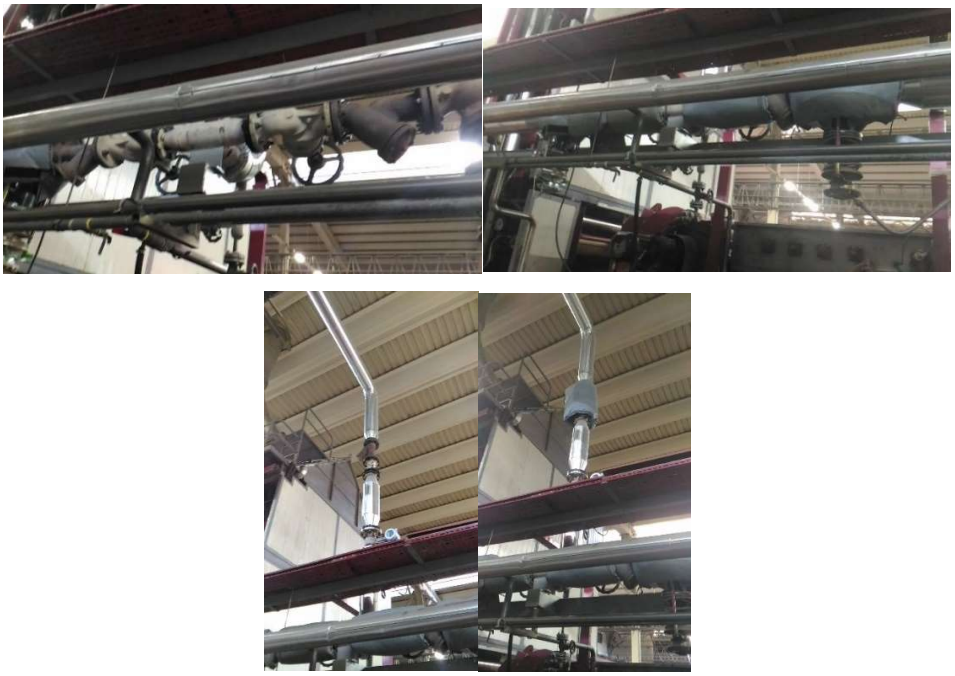


Şekil 6.19.Yalıtımsız olan vanaların termal kamera görüntüsü



Şekil 6.20. Glob vanada yıllık enerji kayıp maliyetleri

*Hesaplamalar ASTM C 1129-12 standardına göre yapılmıştır. Rüzgâr hızı 2 m/sn, ortam sıcaklığı 25 ºC ve emisivite 0,95 olarak alınmıştır. Yıllık çalışma saati 5000 saat ve doğalgaz birim fiyatı 0,9 TL/m^3 alınmıştır. Hesaplamalar flanşlı glob vanaya göre yapılmıştır (http://www.ayvaz.com/urunler/153-Vana-Ceketi.html).



Şekil 6.21. Vana ceketi uygulaması öncesi ve sonrası fotoğraflar

Yapılan çalışmada makine bazında tamamlanan eksik vana ceketi sayıları Çizelge 6.20'de verilmiştir. Vanalara ceket konulması ile önüne geçilen kayıp Şekil 6.20'de verilen değerler makinelerin yıllık çalışma saati 7680 saat, doğalgaz birim fiyatı 0,822 TL/m^3 ve vanalardan geçen akışkan sıcaklığı 160 ºC olarak revize edilerek Çizelge 6.21'de verilmiştir.

Çizelge 6.20. Makine bazında eksik ve yıpranmış vana ceketi sayıları

Makina Adı	DN15 (1/2")	DN20 (3/4")	DN25 (1")	DN32 (1 1/4")	DN40 (1 1/2")	DN50 (2")	DN65 (2 1/2")	DN80 (3")	DN100 (4")
Buharlama 1						Vana=1		Vana=1	Vana=2
Buharlama 2						Vana=1		Vana=3	
Buharlama 3			Vana=3						
Buharlama 4			Vana=4						
Flat Baskı 2					Vana=4		Vana=4		
Goller Yıkama 2	Vana=2								Vana=1
Kasar 1			Vana=2				Vana=3		Vana=2
Kasar 2							Vana=3	Vana=1	
Kasar 3								Vana=1	
Sanfor&Turbang	Vana=2		Vana=3	Vana=2	Vana=2				
Ram 1 Makinası	Vana=4		Vana=8						
Ram 3 Makinası			Vana=7						
Ram 5 Makinası	Vana=1		Vana=9			Vana=1		Vana=1	
Ram 7 Makinası	Vana=2		Vana=10						
Ram 8 Makinası			Vana=15			Vana=1			
Rotasyon 3 Makinası							Vana=2	Vana=3	
Rotasyon 4 Makinası								Regülatör=1	
Rotasyon 5 Makinası								Vana=2	
Ferraro Sanfor&Santeks	Vana=2	Vana=1	Vana=2				Vana=1		
Haşıl Sökme-Yakma 1						Vana=2	Vana=1		

Haşıl Sökme-Yakma 2					Vana=2	Vana=2	Vana=2	Vana=2	
Haşıl Sökme-Yakma 3	Vana=1		Vana=2						
Küsters Yıkama 2					Vana=2		Vana=2 Regülatör=1	Vana=1 Regülatör=1	Vana=3 Filtre=1
MS Baskı Makineleri	Vana=2	Vana=2	Vana=10	Vana=14		Vana=1			Vana=1
Levent Boya					Vana=2				
Toplam	16 adet	3 adet	75 adet	16 adet	12 adet	9 adet	19 adet	17 adet	10 adet

Çizelge 6.21. Vana ceketi uygulaması ile yıllık kayıp maliyetinde gerçekleşen azalma

Vana Boyutu	DN15 (1/2")	DN20 (3/4")	DN25 (1")	DN32 (1 1/4")	DN40 (1 1/2")	DN50 (2")	DN65 (2 1/2")	DN80 (3")	DN100 (4")	Toplam
Eksik Ceket Sayısı	16	3	75	16	12	9	19	17	10	177
Bir Vanadaki Yıllık Enerji Kayıp Maliyeti (TL)	175	210	280	300	322	350	525	560	770	
Vana Ceketi Birim Fiyatı (TL)*	195	225	255	300	320	395	550	655	945	
Vana Ceketi Toplam Maliyeti (TL)	3.120	675	19.125	4.800	3.840	3.555	10.450	11.135	9.450	66.150
Toplam Yıllık Kayıp Enerji Maliyeti (TL)	2.800	630	21.000	48.00	3.864	3.150	9.975	9.520	7.700	63.439

* Birim fiyatlar Ek-D' de bulunan katalogdan alınmıştır.

Fabrikada bulunan eksik vana ceketlerinin tamamlanması ile enerji kayıplarının önüne geçilerek yıllık 63.439 TL kazanç sağlanmıştır. Ek-D'de birim fiyatları verilen vana ceketlerinin kullanılması durumunda geri ödeme süresi $= \frac{Yatırım\ maliyeti}{Yıllık\ Kazanç} = \frac{63.439}{66.150} =$ 0,95 Yıl = 11,5 Ay olmaktadır.

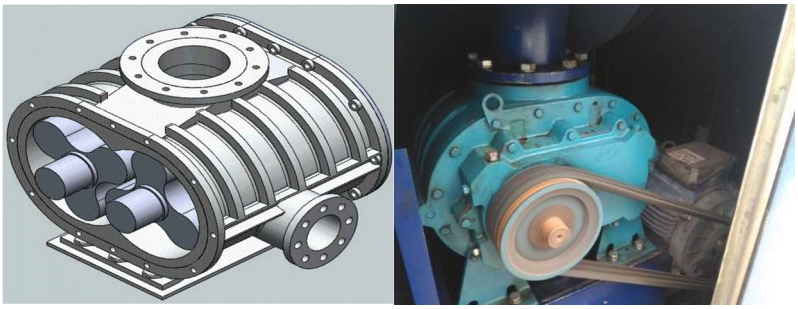
BÖLÜM 7

GERÇEKLEŞTİRİLEBİLİR VERİMLİLİK UYGULAMALARI

7.1. Arıtma Tesisinde Bulunan Blower Sisteminin Revize Edilmesi

Uygulamaların yapıldığı tekstil fabrikasının nevresim üretim bölümünde ortaya çıkan boyar maddeli, kimyasal maddeli ve evsel atık sularının arıtma işleminin gerçekleştiği 7200 m^3/gün kapasiteye sahip arıtma tesisi bulunmaktadır. Bu arıtma tesisinde bulunan havalandırma havuzlarında difüzör adı verilen hava üfleme elemanları yer alır. Üflenen hava sayesinde atık su içerisinde bulunan mikroorganizmaların canlı kalması ve organik ve kirletici maddelerin yok edilmesi işlemi gerçekleştirilir. Üfleme işlemi için gerekli olan hava arıtma tesisinde bulunan blowerler tarafından sağlanmaktadır. Günde 24 saat üretim yapan bu tekstil fabrikasının arıtma tesisinde bulunan blowerler durmaksızın çalışmakta ve arıtma tesisinin enerji giderinin en büyük kısımlarını oluşturmaktadır.

Mevcut durumda 6 adet her biri 1875 m^3/h emiş debisine sahip Şekil 7.1 ve Şekil 7.2'de görülen roots tipi blower bulunmaktadır. Blowerların tahrik işlemi her bir blowere bağlı olan 45 kW güce sahip elektrik motorları ile gerçekleştirilmektedir. Roots tipi blowerlarda hava rotor adı verilen kanatlar yardımı giriş kısmından emilerek blower gövdesinde sıkıştırılır ve çıkış kısmına basınçlı bir şekilde aktarılır.



Şekil 7.1. Roots blower iç yapısı ve arıtma tesisinde bulunan bir roots tipi blower

Arıtma tesisinde tüketilen enerjinin büyük bir bölümünü blowerlerın oluşturması nedeniyle tesisinin enerji giderlerini indirmek ve enerjiyi daha verimli kullanmak için yapılabilecek uygulamaların başında blower sisteminde iyileştirmeler göze çarpmaktadır. Bu nedenle roots tipi blowerlerın yedekli olacak şekilde turbo ve vidalı blowerler ile değiştirilmesi projesinin gerçekleştirilmesi düşünülmektedir. Bir diğer yapılabilecek iyileştirme ise mevcut olan roots tipi blower sisteminde bulunan elektrik motorlarının daha verimli motorlar ile değiştirilmesi projesidir. Ancak arıtma tesisindeki blowerlerın ekonomik ömrünü doldurması, arızalanması ve bakım onarım masraflarının artması nedeni ile blowerlerin daha verimli olan turbo veya vidalı blowerler ile değiştirilmesi projesinin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.



Şekil 7.2. Tesiste bulunan her biri 1875 m^3/h emiş debisine sahip blower kabinleri

7.1.1. Arıtma Tesisindeki Blowerlerın Değiştirilmesi

Tesiste bulunan mevcut blower sisteminin değişimi Çizelge 7.1'deki opsiyonlar ve kompresör kapasiteleri (*Ek C*) göz önünde bulundurularak yapılacaktır. Bu opsiyonlar:

- 2 adet faal olarak çalışacak, 1 adet yedek olacak şekilde 3 adet yeni turbo blower alınması,
- 1 adet faal olarak çalışacak, 1 adet yedek olacak şekilde 2 adet yeni turbo blower alınması,
- 2 adet faal olarak çalışacak, 1 adet yedek olacak şekilde 2 adet vidalı ve 1 adet yeni turbo blower alınmasıdır.

Çizelge 7.1. Mevcut blowerler ile 3 farklı revizyon seçeneğinin karşılaştırılması

Teknoloji		**Mevcut Roots Kayış-Kasnak**	**Opsiyon 1 3 Turbo (%50 yedekli)**	**Opsiyon 2 2 Turbo (%100 yedekli)**	**Opsiyon 3 2 Vidalı+Turbo (%50 yedekli)**
Ürünler		**6x Roots Blower**	**ZB110VSDx3**	**ZB250VSDx2**	**ZS160x2 + ZB110VSD**
Çalışan Blower Sayısı	adet	**6**	**2**	**1**	**2**
Emiş havası sıcaklığı	°C	20	20	20	20
Ortam basıncı	bar(a)	1	1	1	1
Bağıl Nem	%	0	0	0	0
Emiş Kapasitesi	m³/h	11250	-	-	-
Çıkış Flanşında Garanti Edilen Kapasite	m³/h	**10687**	**12100**	**11880**	**10610**
Şaft Gücü 400 mbar(g)	kW	**270**	**-**	**-**	**-**
Paket Güç Tüketimi (kayıplar dahil)	kW	**302**	**243,8**	**227,0**	**198,3**
Çalışma Saati	Saat/Yıl	8500	8500	8500	8500
Enerji Birim Fiyatı	$/kWh	0,085	0,085	0,085	0,085
Basınçlı Hava Birim Maliyeti (SER)	kWh/m³	0,0284	0,0201	0,0191	0,0187
Toplam Enerji Tüketimi	kWh/Yıl	2.567.000	2.072.300	1.929.500	1.685.550
Toplam Enerji Bedeli	$/Yıl	**218.195**	**176.145**	**164.007**	**143.271**
Bütçe Fiyatı	$	-	230.000	283.000	230.000
Yıllık Tasarruf Miktarı	$	-	42.050	54.188	74.924
Yatırım Geri Dönüş Süresi	YIL	**-**	**5,46**	**5,22**	**3,07**

*Paket güç tüketimi için mevcut blowerların toplam şaft gücüne %12 eklenirken opsiyonlar için paket güç tüketim değerleri yazılmıştır.

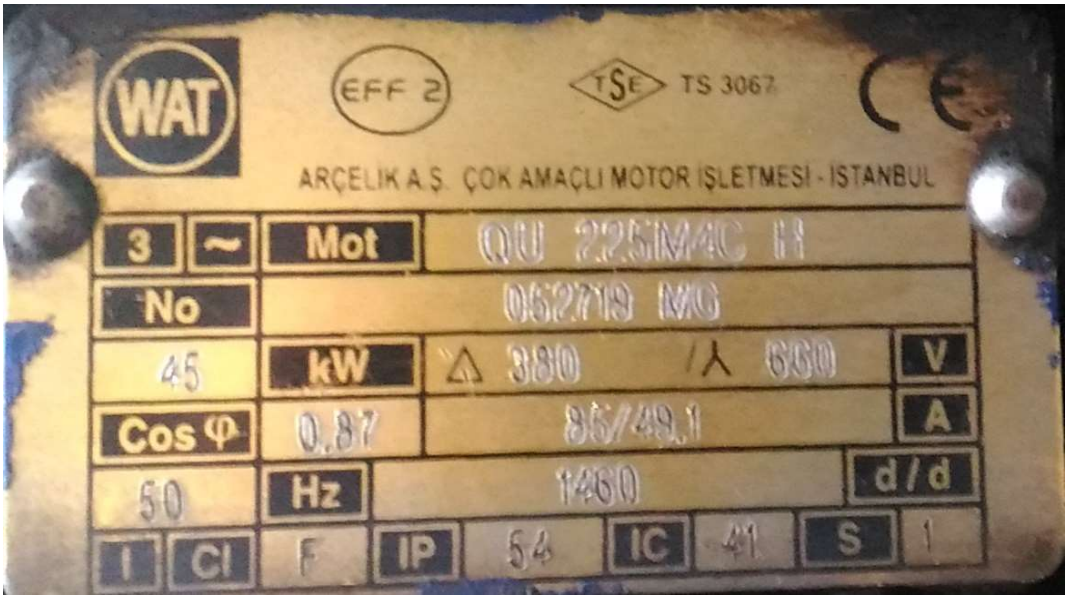
**Mevcut kapasite hesaplanırken roots tipi blowerlerin çıkış-emiş oranı %95 kabul edilmiştir.

***SER: 1 m³ hava üretmek için harcanan elektrik miktarıdır.

Karşılaştırma tablosundan da görülebileceği gibi yatırım geri dönüş süresinin en düşük olduğu opsiyon mevcut şekilde çalışacak 2 adet vidalı ve yedek olarak bekleyecek 1 adet turbo kompresör sisteminin bulunduğu 3 numaralı opsiyondur. Mevcut blower sisteminin Opsiyon 3'te belirtilen şekilde revize edilmesi durumunda her yıl yaklaşık olarak 70.000 $ enerji tasarrufu sağlanacaktır ve revizyonun geri dönüş süresi 3,07 yıl olacaktır.

7.1.2. Blower Motorlarının Yüksek Verimli Motorlarla Değiştirilmesi

Arıtma tesisinde bulunan ve bilgileri Şekil 7.3'te verilen motorlar göz önüne alındığında yapılabilecek bir diğer işlem ise blower motorlarının yüksek verimli motorlar ile değiştirilmesi olmaktadır. Arıtma tesisinde bulunan blowerlarda EFF2 verimlilik sınıfına ait 4 kutuplu 45 kW gücünde IP 54 koruma sınıfına sahip elektrik motorları bulunmaktadır. Bu motorların EFF 1 verimlilik sınıfında motorlar ile değiştirilmesi işlemi gündeme alınabilecek bir konudur.



Şekil 7.3. Tesisteki mevcut EFF2 enerji verimliliği sınıfına ait motor özellikleri

45 kW güce sahip EFF 2 (IE1) sınıfına ait bir motorun verimi 92,5'tir. Tesiste bulunan motorların her birinin en az 2 kez sarıma gönderilmesi göz önüne alınarak sarım nedeni ile veriminin %2 düştüğü ile mevcut durumdaki elektrik motorlarının

verimi %90,5 olarak kabul yapılacaktır. Motor değişiminin getireceği yıllık enerji kazancı aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

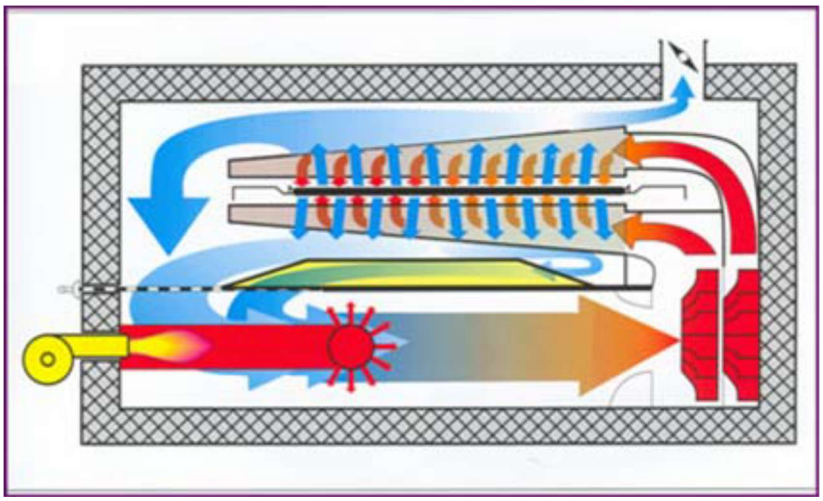
$$E_{save} = \text{N x YÇS x YO x} \left(\frac{1}{\eta_{st}} - \frac{1}{\eta_{yv}} \right) \quad (6.5)$$

E_{save}= Yıllık enerji kazancı (kWh/yıl)
N= Motor nominal gücü (kW)
YÇS: Yıllık Çalışma Süresi (saat)
YO: Yükleme Oranı (fiili yükün tam yüke oranı)
η_{st}: Standart tip motor verimi
η_{yv}: Yüksek verimli tip motor verimi

Mevcut sistemde bulunan motorların veriminin %90,5 olarak kabul edilmesi ve veriminin %93,1 olarak belirtilen verimli motorlar ile değiştirilmesi durumunda motor başına yıllık enerji kazancı=$45\text{kW x } 8500 \text{ saat/yıl x } 1.00 \left(\frac{1}{0,905} - \frac{1}{0,931} \right) = 11.803,3$ kWh/yıl olmaktadır. Elektrik birim maliyetinin 0,229 TL/kWh olduğu durumda yıllık 2.702,95TL kazanç sağlanabilir. IE2 verimlilik sınıfına sahip %93,1 verime sahip motorun fiyatı araştırılmış ve en uygun fiyat 3700 TL olarak belirlenmiştir. 6 adet motorun hepsinin değiştirilmesi durumunda yatırım maliyeti 22.200 TL, yatırımın yıllık getirisi 16217,7 TL olacaktır. Geri ödeme süresi = $\frac{Yatırım\ maliyeti}{Yıllık\ Kazanç}$ $\frac{22.000}{16.217,7} = 1,35$ Yıl = 16 Ay olmaktadır.

7.2. Ramöz Makinelerine Isı Kazanın Sistemi Kurulması

Ramöz makineleri taşınım yolu ile kurutma işlemi yapan tekstil makineleridir. Kumaş kurutma işlemi Şekil 7.4'te görülen ve düze adı verilen iki bölüm arasından geçen ıslak kumaşın yüzeyine sirkülasyon fanları ile sıcak hava üflenmesi sayesinde gerçekleşir. Bu işlem sonucunda sıcak hava kumaş üzerindeki suyu buharlaştırır, buharlaşan su kurutma kabinindeki nemin artmasına neden olur. Nemli havanın bir kısmı makinenin baca fanları vasıtasıyla atmosfere atılır. Yüksek enerji tüketimine sahip bu makinelerde egzoz gazı büyük miktarda atık ısı barındırmaktadır. Bu atık ısının kullanılması ramöz makinelerinin enerji tüketimini çok büyük ölçülerde azaltabilir.



Şekil 7.4. Doğalgaz ısıtmalı ramöz makinesi kesit görünüşü (Karaaslan, 2006).

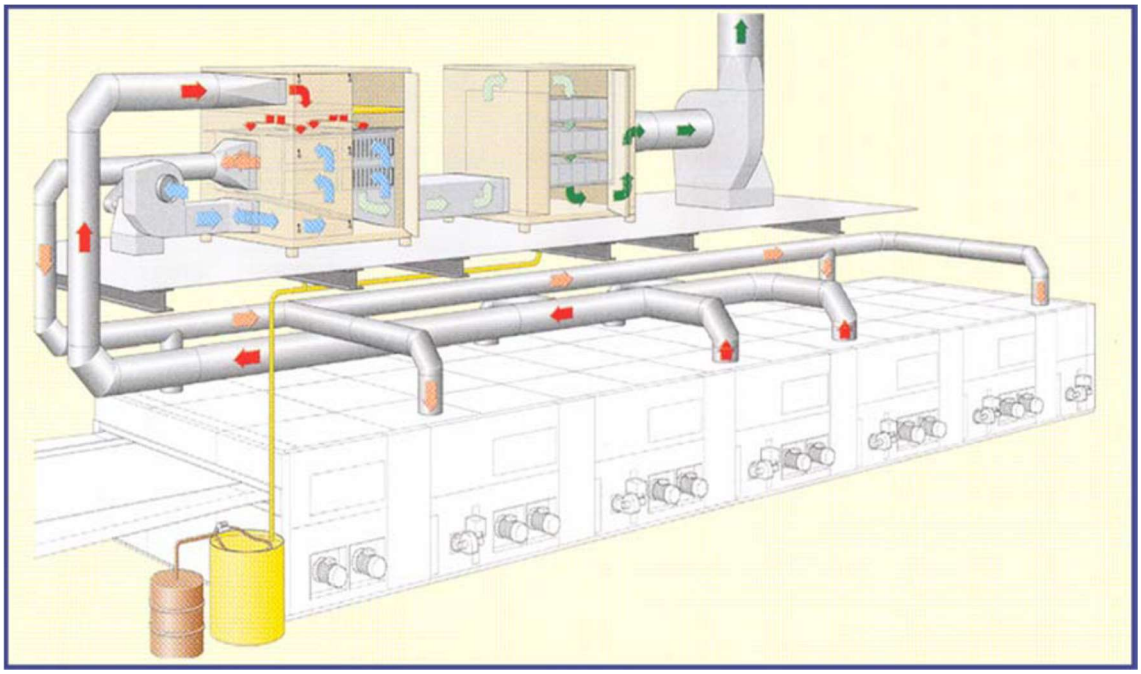
Bacadan atılan sıcak ısıdan iki farklı şekilde yararlanma imkânı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi makine içine alınan taze havanın atık baca gazın sıcaklığından faydalanılarak ısıtılması diğeri ise başka proseslerde kullanılacak olan suyun ön ısıtmasının yapılması işlemidir.

Hava-Hava Isı Kazanım Sistemi

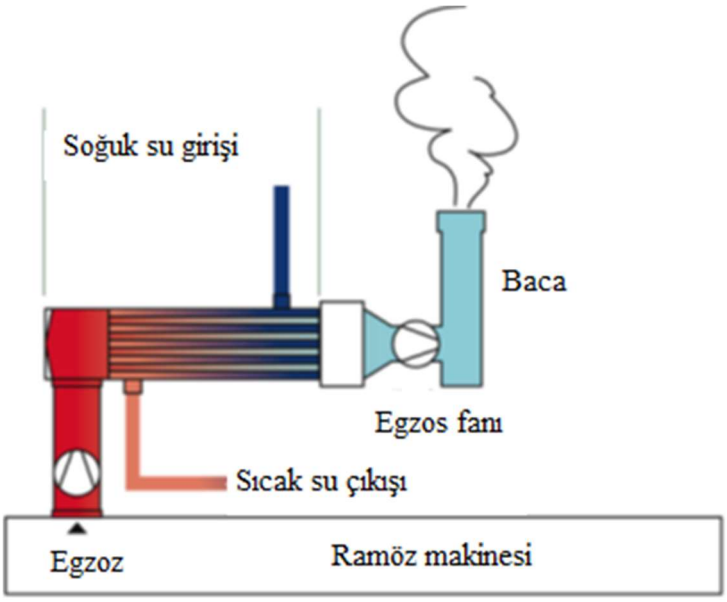
- Hava ekonomizeri sisteminde atık ısı ile kurutma kabini içerisine giren havanın ön ısıtılması işlemi gerçekleştirilir. Şekil 7.5'te hava-hava ısı geri kazanım ünitesi örneği görülmektedir.
- Ram makinelerine kurulan ekonomizer sistemlerde atık baca ısısına bağlı olarak makine giriş hava sıcaklıkları 70 ºC -100 ºC arasında sıcaklıklara ısıtılabilmektedir.

Hava-Su Isı Kazanım Sistemi

Bu sistemde atık ısı ile üretimin herhangi bir prosesinde kullanılacak olan sıcak suyun ön ısıtma işlemi Şekil 7.6'daki gibi gerçekleştirilebilir. Suyun ısıtılması işlemi eşanjörden geçen atık baca gazının, eşanjörden geçen soğuk suyu ısıtması prensibi ile gerçekleşmektedir.



Şekil 7.5. Örnek ramöz makinesi hava-hava ısı geri kazanım ünitesi (Karaaslan, 2006).



Şekil 7.6. Örnek ramöz makinesi hava-su ısı geri kazanım ünitesi (Karaaslan, 2006).

Ramöz makinelerine kurulan ısı geri kazanım sistemlerinin faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Karaaslan, 2006):

1- Verimleri %50-%60 seviyelerindedir ve %30'a varan enerji tasarrufu sağlarlar.

2- Kumaşta bulunan ve kurutma işlemi sonrası ortaya çıkan yağ, parafin, elyaf gibi maddelerin filtrasyonu sağlanarak egzoz havasındaki zararlı maddelerin en aza indirgenmesine yardımcı olur.

3-Atık egzoz havası ile ön ısıtılması yapılacak olan havanın birbirine karışmadığı sistemlerde kumaş üzerine damlama, leke yapma problemi görülmez.

4- Yatırım maliyetlerini 1 ile 2 yıl arası sürelerde amorti ederler.

Tekstil sektöründe ramöz bacalarından ısı geri kazanı potansiyelinin büyük olmasına rağmen baca atık gazının geri kazanım prosesi sırasında oluşan yoğuşma nedeni ile tercih edilmemiştir. Yoğuşmanın olumsuz etkileri gün geçtikçe gelişen teknoloji ile minimuma indirilmiştir. Artan enerji maliyetleri ve rekabet nedeni ile enerjinin verimli kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu durum geri kazanım ünitelerinin kullanımını tercih edilmeyen bir uygulama olmaktan çıkarmış vazgeçilmez bir uygulama haline gelmesini sağlamıştır.

Fabrikada 5 adet buhar ve 3 adet doğalgaz ısıtmalı ramöz makinesi bulunmakta, kumaş türüne göre kurutma kamarası sıcaklıkları buharlı makinalarda 130-150 ºC iken doğalgazlı makinelerde 150-170 ºC arasında olmaktadır. Çalışmaların yapılmış olduğu fabrikada ramöz makinelerinde ısı geri kazanım ünitesi bulunmamaktadır bu durumun en büyük nedeni işletmedeki makinelerin geri kazanım ünitesi uygulamasının rağbet görmediği yıllarda üretilmiş olduğu söylenebilir. Fabrikanın makine parkurundaki makinelerin %90'ı tesis kurulum zamanında kurulan makineler olup ramöz makineleri de bu makineler arasında yer almaktadır ve ramöz makinelerinin en yenisi 2005 modeldir. Fabrikada en çok doğalgaz tüketimine sahip 2 adet ramöz makinesine ait 2016 yılı toplam doğalgaz tüketim miktarı Çizelge 7.2'deki gibi gerçekleşmiştir.

Çizelge 7.2. Doğalgaz tüketiminin en fazla olduğu ramöz makineleri

	RAM-2	RAM-4	ORTALAMA
2016 Yılı doğalgaz tüketimi m^3	712.000	748.900	730.450
Doğalgaz birim ücreti TL	0,8043	0,8043	0,8043
Tasarruf Yüzdesi	%30	%30	%30
Yapılabilecek Tasarruf m^3	213.600	224.670	219.135
Toplam Tasarruf			176.250,28 TL

%30 tasarruf sağlayacak bir ısı geri kazanım sisteminin kurulması halinde bu iki makine için tasarruf tutarı 176.250 TL seviyelerine varabilmektedir. Geri ödeme süresi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$t_{payback} = \frac{M_{yatırım}}{\left(M_{yıllık} - M_{bakım}\right)} \tag{7.1}$$

%30 tasarruf sağlayan, 369.000 TL yatırım ve 60.000 TL yıllık bakım maliyeti olan bir sistem kurulumu gerçekleştirilmesi durumunda geri ödeme süresi $= \frac{369.000}{176.250-60.000} =$ 3,17 yıl=38 ay olmaktadır (Sarıdikmen & Ungan, 2017).

7.3. Kompresör Sisteminin Havasının Dış Ortamdan Alınması

Kompresörlerde soğuk, temiz ve kuru hava girişi verimli sıkıştırmanın en önemli etmenlerinden birisidir. Bu nedenle kompresör dairelerinin kurulum aşamasında dikkat edilmesi gereken noktaların başında kompresör havasının sıcaklığının en uygun olduğu bölgenin tespit edilmesi olmaktadır.

Çalışmanın yapıldığı fabrikada kompresörlerin emiş havası kompresörlerin içinde bulunduğu kompresör odasından alınmaktadır. Kompresör üzerinde bulunan ekipmanlar kompresör dairesinin ısınmasına neden olmakta bu da kompresör tarafından emilen havanını sıcaklığının ısınması anlamını taşımaktadır. Emiş havasının sıcaklığının artması kompresör veriminin azalmasına neden olur. Özellikle kış aylarında kompresör odası sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasında farklar çok fazla olmaktadır. Kompresör

emiş havasının 5 ºC düşürülmesi kompresörün veriminde %2'ye varan enerji tasarrufları sağlanabilmektedir (Sarıdikmen & Ungan, 2017).

Emiş havasının dış ortamdan alınması durumunda basınç düşmelerini en aza indirgemek için havanın ilk giriş noktasından kompresör içine giren bölgeye kadar olan bölümün kısa, düz ve büyük boyutlu seçilmesi gerekmektedir.

Kompresör sisteminde havanın sıcak olan ortam yerine soğuk olan ortamdan alınması durumunda elde edilebilecek güç azaltma faktörü formülü aşağıdaki gibidir.

$$\text{Güç azaltma faktörü} = 1 - \frac{T_{dış}}{T_{iç}} \tag{7.2}$$

$T_{dış}$: Dış ortam sıcaklığı

$T_{iç}$: İç ortam sıcaklığı

Güç azaltma faktörüne bağlı olarak emiş havasının sıcaklığının azaltılması sonucu elde edilebilecek yıllık enerji kazancı denklem 7.3, enerji kazancının yıllık getirisi denklem 7.4'teki gibi hesaplanır.

$$E_{save} = \frac{GAF\ x\ N\ x\ YO\ x\ YÇŞ}{\eta_{comp}} \tag{7.3}$$

$$M_{yıllık} = E_{save} \text{ x EBF} \tag{7.4}$$

Eşitlik 7.3 ve 7.4'te YO yükleme oranını, YÇŞ yıllık çalışma süresini, GAF güç azaltma faktörünü, N kompresör nominal gücünü, η_{comp} kompresör verimini, EBF elektrik birim fiyatını belirtmektedir.

Ortalama dış ortam sıcaklığının (*Ek E*) 13,3 ºC ve ortalama kompresör dairesi sıcaklığının 25 ºC olduğu durumda $GAF = 1 - \frac{13{,}3+273{,}15}{25+273{,}15} = 0{,}0392$ olmaktadır.

Kompresör nominal gücü N=945 kW

Yükleme Oranı YO= 0,9

Yıllık çalışma süresi YÇS=7680 saat/yıl

Motor Verimi= %92 olarak alındığında;

Yıllık enerji kazancı E_{save}= $\frac{0{,}0392\ x\ 945\ x\ 0{,}9\ \ x\ 7680}{0{,}92}$ = 278.313 kWh/yıl, enerji kazancının yıllık getirisi ise $M_{yıllık} = 278.313\ x\ 0{,}229$ = 63.733 TL/yıl olmaktadır. Her iki kompresörün havasının dış ortamdan alınması durumunda yıllık getirisi 127.466 TL olmaktadır. Dış ortamın iç ortamdan soğuk olduğu zamanlarda emiş havasını dışarıdan, iç ortamın soğuk olması durumunda emiş havasını iç ortamdan alacak şekilde kontrol sistemi kurulumunun yatırım maliyetinin 60.000 TL olduğu durumda geri ödeme süresi $= \frac{60.000}{127.466}$ =0,47 yıl= 5,6 ay olacaktır.

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

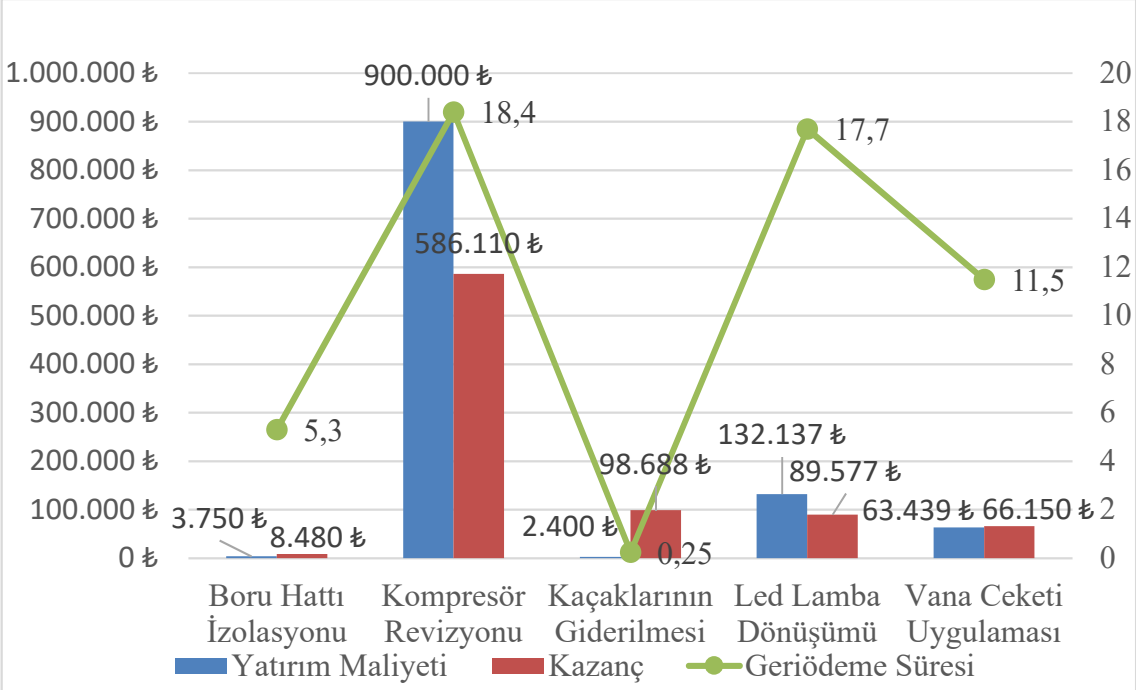
Bu tez çalışmasında yıllık enerji tüketimi 25.000 ton eşdeğer petrol olan bir tekstil fabrikasında gerçekleştirilen, gerçekleştirilmesi planlan ve gerçekleştirilebilecek olan verimlilik uygulamaları ele alınmıştır. Bu uygulamalar ile öncelikle üretim birim maliyetlerinin azaltılması, diğer taraftan enerji konusunda dış kaynaklara bağımlı olan Türkiye'de bulunan farklı sektörlerdeki sanayi tesislerinde uygulanabilir çalışmaların gözler önüne serilmesi planlanmıştır.

8.1. Gerçekleştirilen Enerji Verimliliği Çalışmaları

Çalışmalar gerçekleştirilirken fabrikada enerji tüketiminin, enerji kayıplarının en yoğun olduğu baskı makinesi, turbo kompresörler, basınçlı hava hatları, buhar hatları, buhar vanaları ve aydınlatmalar ele alınmıştır. Baskı makinesi kurutma bölümü buhar ve kondens hatları yalıtılmış, kompresör sisteminin airend ünitesi değiştirilmiş, hava kaçakları azaltılmış, fabrika içinde değişimin uygun olduğu bölgelerde led lamba dönüşümü gerçekleştirilmiş ve eksik vana ceketleri tamamlanmıştır. Hesaplama, deneysel ve analiz gibi çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmaların yatırım maliyetleri, sağladığı kazanç ve geri ödeme süreleri Şekil 8.1'deki grafikte verilmiştir. Yatırım maliyetlerinin Türk Lirası olarak değerlerin hesaplanırken yatırımın gerçekleştiği tarihteki kurlar ele alınmıştır.

Yapılan çalışmaların geri ödeme süresi en uzun olanı 18,4 ay ile kompresör revizyonu iken en kısa olanı 7,7 gün ile basınçlı hava hatlarındaki kaçakların giderilmesi çalışması olmuştur. Ancak bölüm 6.3'te de belirtilen etmenler nedeniyle hava kaçakları birkaç ay içerisinde eski seviyelere gelebilmektedir. Dolayısı ile havayı verimli kullanmak adına gerçekleştirilen rutin kaçak giderme çalışmaları daha sık gerçekleştirilmeli, pnömatik cihazların bakım ve onarımları zamanında yapılmalı,

pnömatik dağıtım hatlarında bulunan hortumların sıcaklık ve kimyasal dayanımı yüksek hortumlar ile değiştirilmelidir.



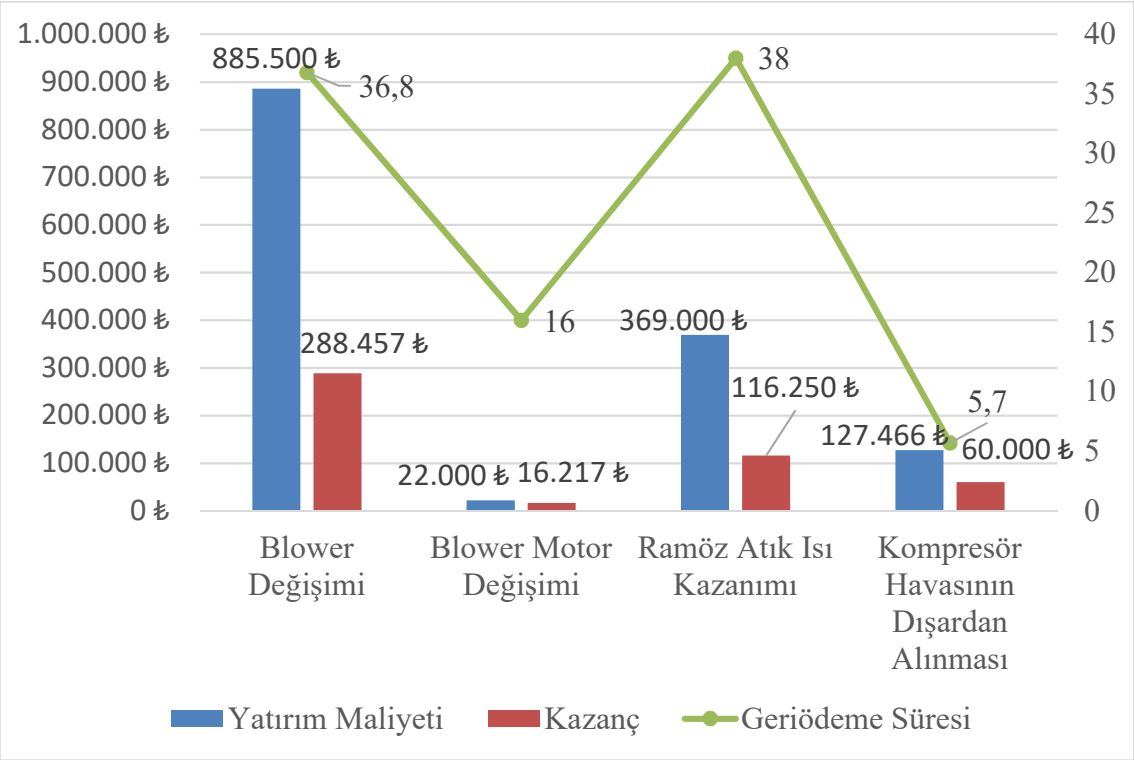
Şekil 8.1. Gerçekleştirilen çalışmaların özeti

Buhar hatlarında bulunan yıpranmış, eskimiş özelliğinin kaybetmiş yalıtımlar vana ceketleri tamir edilmeli ya da yenisi ile değiştirilmeli, sıcaklık, nem gibi etmenler nedeniyle led dönüşümünün uygun olmadığı bölgelerde farklı tip aydınlatmalar kullanılarak bu noktalarda aydınlatma maliyetleri düşürülmelidir.

8.2. Gerçekleştirilebilir Enerji Verimliliği Çalışmaları

Gerçekleştirilebilecek çalışmalar ele alınırken enerji tüketiminin en fazla olduğu noktalarda yapılabilecek çalışmalara odaklanılmıştır. Arıtma tesisindeki blowerlerin motorlarının verimli motorlar ile değiştirilmesi ya da blowerlerin yerine vidalı kompresör sistemi kurulması planlanmaktadır. Yüksek verimli motor dönüşümü yeni kompresör sistemine geçiş ile karşılaştırıldığında maliyet ve geri ödeme süresi düşük bununla beraber sağladığı yıllık kazanç azdır, bu nedenle motor değişimi yerine blowerlarda değişim yapılması öncelikli olarak düşünülmektedir. Nevresim fabrikasında bulunan ramöz makinesi bacalarına atık ısısından yararlanılacak geri kazanım sistemleri

kurulumu ile %30 kazanç sağlanabilir. Ayrıca kompresör havası dış ortamdan alınarak kompresör veriminin artması sağlanabilir. Gerçekleştirilebilir çalışmaların yatırım maliyetleri, sağladığı kazanç ve geri ödeme süreleri Şekil 8.2'deki grafikte verilmiştir.



Şekil 8.2. Gerçekleştirilebilir çalışmaların özeti

Çalışmada verilenlere ek olarak; düzenli bakım ve onarım, buhar hatlarında bulunan kondenstopların periyodik kaçak kontrolü, üretim proseslerinde sürekli iyileştirme çalışmaları yapılarak enerjinin verimli kullanılması sağlanabilir. Enerji tüketiminin en yoğun olduğu nevresim terbiye işletmesinde bulunan makine operatörlerinin bilinçlendirilmesi de bir verimlilik çalışması sayılabilir. Örnek olarak makinelerde bulunan otomasyon sistemlerinin bilinçli bir şekilde kullanılması ile üretim prosesleri için gerekli olan su ve sıcaklık değerlerinin makine programına doğru bir şekilde işlenmesi sağlanarak proses için gereğinden fazla su ve buhar kullanılmasının önüne geçilip enerji tüketiminin optimum değerde tutulması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Acar, E. (2012). *Enerji yoğunluklu bir fabrikanın enerji verimliliği özelinde incelenmesi*, Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Al-Suhaibani, Z.A. (2005). *Flow Analysis and Modelling Of Centrifugal Compressor Impellers*, Michigan State Üniversitesi/ Makine Mühendisliği Departmanı, Michigan.

Çınar, T. (2008). *Tekstil Sanayisinde Enerji Yönetimi ve Enerji Verimlilik Analizi*, Pamukkale Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.

Dittmer, B. (2016, Aralık). Saving Energy in Compressed-Air Systems, *Hydraulics and Pneumatics*, 32-37.

Dudıć, P.S., Ignjatovıć, M.I., Šešlıja, D.D., Blagojević, V.A., & Stojiljković, M.M. (2012). Leakage Quantification Of Compressed Air On Pipes Using Thermovision, *Thermal Science*, 16, 555-565.

Erten, Ş.Y. (2014). *Aydınlatmada Enerji Verimliliğinin İncelenmesi: Endüstri Yapısı Örneği*, Trakya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Halıcı, F., & Gündüz, M. (2010). *Örneklerle Isı Geçişi-Isı Transferi.* İstanbul: Birsen.

Karaaslan, M.A. (2006). *Ramöz Atık Isısından Isı Geri Kazanımı*, Ege Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Karataş, M.A. (2012). Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği: Bir Çelik Fabrikasının Basınçlı Hava Denetleme Çalışması, *Tesisat Mühendisliği*, 132, 19-26.

Melo, M.O., Moreira, R., & Pereira, V. (2015). Productivity and Energy Efficiency: A Case Study In The Textile Industry In Brazil, *Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering*, 7, 196-215.

Moussavi, S., Kara, S., & Kornfeld, B. (2014). Energy Efficiency of Compressed Air Systems, *Procedia CIRP 15*, 313-318.

Saharma, S. (2012). Energy Management In Textile Industry, *International Journal of Power System Operation and Energy Management*, 2, 45-49.

Saidur, R., & Mahlia, T.M.I. (2010). Economic And Environmental Benefits Of Using High-Efficiency Motors to Replace Standard Motors For Malaysian Industries, *Energy Policy*, 38, 4617-3625.

Sarıdikmen, A., & Ungan, B., (2017). *Zorlutekstil Ticaret ve Sanayi A.Ş. Detailed Energy Audit Report*. İstanbul: Enve Enerji.

Sauer, S.L., Tatizawa, H., Salotti, F.A.M., & Mercedes, S.S. (2015). A Comparative Assesment of Brazilian Electric Motors Performance With Minimum Efficiency Standarts, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 308-318.

Söğüt, Z., & Oktay, Z. (2006). Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Enerji Verimliliğine Etkisi ve Bir Uygulama, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10, 151-162.

Özbek, G. (2017). Borularda Isı Kaybı ve Yalıtımı, *Tesisat Mühendisliği*, 20.

Öztürk, H.K. (2005). Energy usage and cost in textile industry: A Case Study For Turkey, *Energy xx*, 14(4),1-23.

Uylukçuoğlu, Ö.E. (2009). *Otomotiv Sanayimde Enerji Verimliliği ve Tasarruf Olanaklarının Belirlenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi/Enerji Enstitüsü, İstanbul.

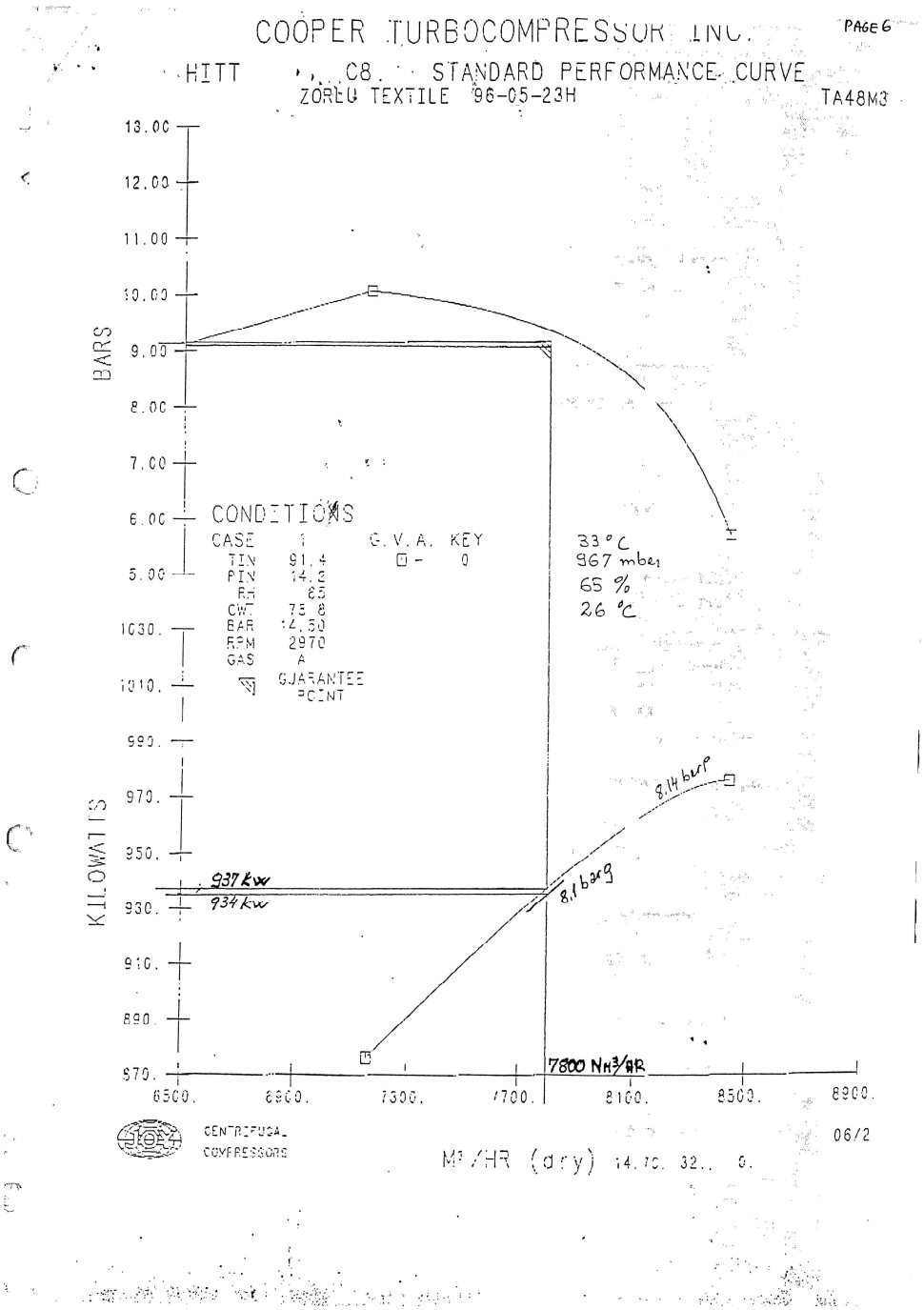
Yacout, M., El-Kawi, M.A., & Hassouna M.S. (2014). Applying Energy Management in Textile Industry, Case Study: An Egyptian Textile Plant. *International Energy Journal*, 14, 87-94.

Vetal, D. (2017, Ocak-Şubat). 10 Tips To Lower Compressed Air Cost, Mechanical Solutions, 58-60.

Yanti, A.A., & Mahlia, T.M.I. (2009). Consideration For The Selection Of An Applicable Energy Efficiency Test Procedure For Electric Motors In Malaysia: Lesson For Other Developing Countries, *Energy Policy*, 31, 3467-3474.

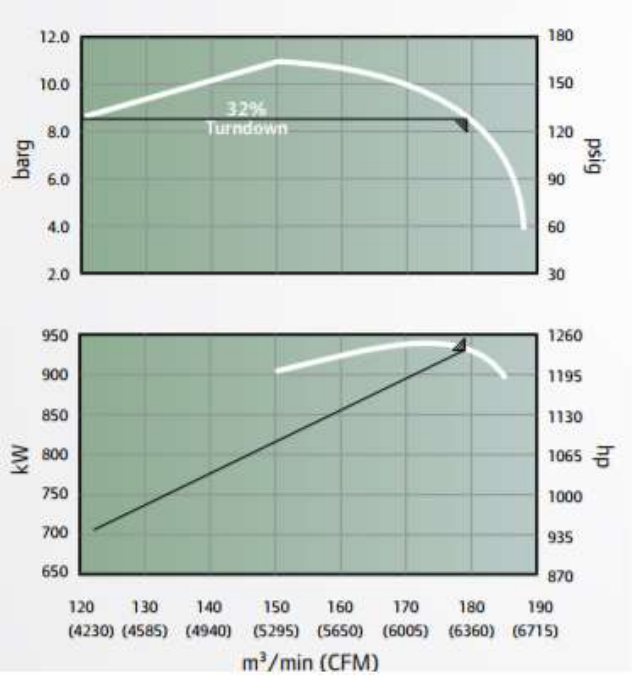
EKLER

EK A- TA-48 Turbo Kompresör Performans Eğrisi



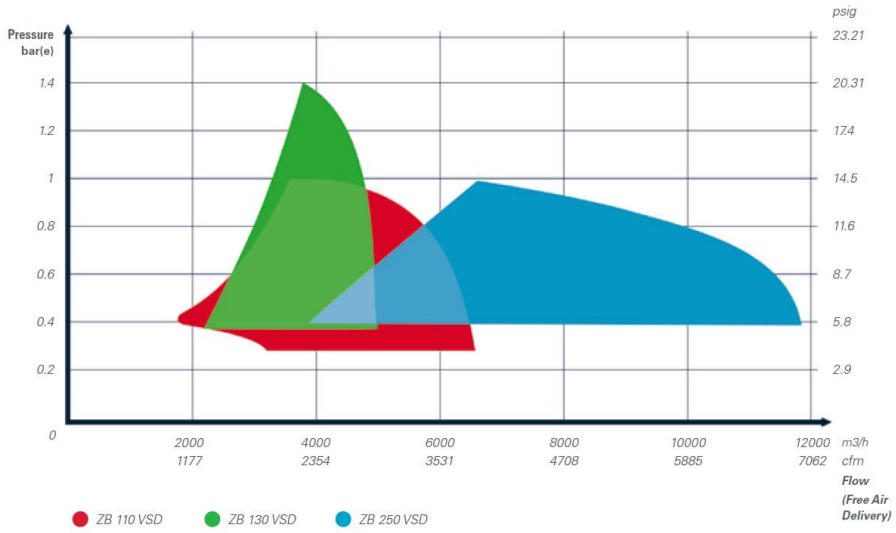
EK B- TA-6000 turbo kompresör performans eğrisi

TYPICAL PERFORMANCE CURVE FOR 932 KW (1250 HP) / 8.6 BARG (125 PSIG)
Model: TA-6000 (50) (1250/125)



(https://www.ingersollrandproducts.com/en-us/air-compressor/products/centrifugal-compressors/turbo-air-6000.html)

EK C- Basınç ve debi aralıkları (ZB 110 VSD, ZB 130 VSD ve ZB 250 VSD)



(https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/compressor-technique/oil-free-air/documents/2935044318%20ZB%20100_250%20VSD%20LR.pdf)

EK D- Vana ceketi fiyat listesi

VANA CEKETİ

aspen aerogels
NANOTECHNOLOGY AT WORK

Vana Ceketi / Aspen Aerogels Cryogel



PİSTONLU VANA			KÖRÜKLÜ VANA		ÜÇ YOLLU VANA	
DN	Art. No	TL/Adet	Art. No	TL/Adet	Art. No	TL/Adet
15	708020701015	195,00	708020702015	250,00	708020703015	200,00
20	708020701020	225,00	708020702020	275,00	708020703020	210,00
25	708020701025	255,00	708020702025	300,00	708020703025	220,00
32	708020701032	300,00	708020702032	310,00	708020703032	225,00
40	708020701040	320,00	708020702040	365,00	708020703040	230,00
50	708020701050	395,00	708020702050	470,00	708020703050	235,00
65	708020701065	550,00	708020702065	565,00	708020703065	370,00
80	708020701080	655,00	708020702080	650,00	708020703080	490,00
100	708020701100	945,00	708020702100	1.240,00	708020703100	630,00
125	708020701125	1.325,00	708020702125	1.280,00	708020703125	820,00
150	708020701150	1.590,00	708020702150	1.695,00	708020703150	1.065,00
200	708020701200	1.900,00	708020702200	2.865,00		
250			708020702250	3.240,00		
300						

(www.ayvaz.com/download/ayvaz_2017_ocak_fiyat_listesi.pdf)

EK E- Kırklareli ili 1956-2016 yılları arası sıcaklık ortalaması

KIRKLARELI	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyoduna (1959 - 2016)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	3.0	4.1	6.9	12.1	17.3	21.6	23.9	23.4	19.2	13.9	9.0	5.0	13.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.7	8.4	12.0	17.8	23.4	27.9	30.6	30.5	26.0	19.7	13.6	8.6	18.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	0.0	0.8	2.9	7.1	11.6	15.4	17.7	17.5	13.9	9.7	5.7	2.0	8.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.2	4.4	5.4	8.1	8.6	9.6	9.5	7.1	4.5	3.2	2.2	68.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.1	9.2	9.2	10.3	10.0	8.5	4.7	3.7	4.8	7.1	8.6	11.2	98.4
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	61.5	50.9	46.7	44.9	49.6	47.7	24.6	21.3	34.1	53.4	66.0	69.4	570.1

(www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=KIRKLARELI)

ÖZGEÇMİŞ

Burak CABAK iki çocuklu bir ailenin küçük çocuğu olarak 15.05.1991 tarihinde Gölcük'te doğdu. Lüleburgaz Emrullah Efendi İlköğretim Okulu'nu (2005), Lüleburgaz Anadolu Lisesi'ni (2009) bitirdi. 2009 yılında kazandığı Trakya Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden 2013 yılında mezun oldu. Aynı yıl Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimi görmeye hak kazandı. Öğrenimine ara vererek vatani görevini Ocak 2015-Ocak 2016 yılları arasında Diyarbakır 16'ncı Mekanize Piyade Tugayı İstihkam Şube Müdürlüğünde Proje Subayı olarak yerine getirdi. Zortluteks Tekstil Ticaret ve Sanayi A.Ş'de Makine Mühendisi olarak çalışmaktadır. Bekardır ve İngilizce bilmektedir.