

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR OLUKLU MUKAVVA FABRİKASINDA ENERJİ  
TASARRUFU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

**Tezi Hazırlayan  
Mehmet Raşit YOZGATLIGİL**

**Tezi Yöneten  
Prof.Dr. Necdet ALTUNTOP**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Ocak 2010  
KAYSERİ**



**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR OLUKLU MUKAVVA FABRİKASINDA ENERJİ  
TASARRUFU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

**Tezi Hazırlayan  
Mehmet Raşit YOZGATLIGİL**

**Tezi Yöneten  
Prof.Dr. Necdet ALTUNTOP**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Ocak 2010  
KAYSERİ**

Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP danışmanlığında **M.Raşit YOZGATLIGİL** tarafından hazırlanan “**Bir Oluklu Mukavva Fabrikasında Enerji Tasarrufu Potansiyelinin Belirlenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

26/01/2010

**JÜRİ:**

Başkan: Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP



Üye : Doç. Dr. S. Orhan AKANSU



Üye : Doç. Dr. Veysel ÖZCEYHAN



**ONAY:**

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 09.02/2010 tarih ve 2010.07-08 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

09 / 02 / 2010



  
Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ

**Enstitü Müdürü**

## TEŞEKKÜR

“Bir oluklu mukavva fabrikasında enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesi” konulu tez çalışmasının seçiminde, yşrştşlmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde maddi ve manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Prof.Dr. Necdet ALTUNTOP’a teőekkřr ederim.

Yapılan çalışmalarda, zaman harcayan, tecrşbesini paylaşan babam Zekeriya YOZGATLIGİL’e teőekkřr ederim.

Ayrıca tşm desteklerinden dolayı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Sayın Taner YILDIZ’a teőekkřr ederim.

Tez alışması boyunca bana verdiği manevi destek, gřstermiő olduğu sabır ve anlayıştan dolayı değerli eőim Nurőin YOZGATLIGİL’e ve her akőam neőesi ve gşlşcşkleri ile bana enerji veren bebeğim Taha YOZGATLIGİL’e teőekkřr ederim.

## **BİR OLUKLU MUKAVVA FABRİKASINDA, ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

**Mehmet Raşit YOZGATLIGİL**  
**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2010**  
**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP**

### **ÖZET**

Enerji kullanımı bir üretim sırasında ana maliyetlerden birini oluşturmakta ve bir endüstriyel kuruluşun başarısında, etkin ve ekonomik enerji kullanımı kritik bir rol oynamaktadır. Endüstriyel tesislerde, etkin ve verimli enerji kullanımını sağlamak için alınabilecek basit ve ispatlanmış yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden bazıları, ısı transferini en aza indirmek için yalıtım uygulanması, elektrik motoru ve diğer enerji kullanan ekipmanların verimli olanlarının seçilmesi, ısı geri kazanım sistemlerinin kullanımı, uygun yakıtın kullanımı, yüksek verimli aydınlatma sistemlerinin kullanımı, kompresörlerin verimli çalıştırılmaları, ve üretimi arttıracak diğer yöntemlerdir. Türk endüstrisinde enerji kullanımının yeterince verimli olmadığı ve dolayısıyla enerjinin daha etkin kullanımı ve tasarrufu için büyük bir de potansiyelin olduğu düşünülmektedir. Bu durum Kayseri'deki bir endüstriyel tesiste incelenmiştir. Bir oluklu mukavva üretim fabrikası olan ÜÇYILDIZ'daki incelememiz, bu tesiste birçok enerji tasarrufu imkânı olduğunu göstermiştir. Bu endüstriyel tesiste toplam tasarruf potansiyeli yaklaşık yılda 48,853 TL (33,000 USD) olarak hesaplanmıştır. Bu rakam, endüstriyel tesisteki toplam enerji maliyetinin % 12.2'sini oluşturmaktadır. Üçyıldız kutunun tek vardiya halinde ve haftada 6 gün çalışması, günde 24 saat ve yılda 365 gün çalışan bazı fabrikalara nazaran, tasarruf rakamlarının daha küçük olmasına neden olmuştur. Ayrıca bu sebeple geri ödeme süreleri de, o fabrikalara nazaran yüksek olmuştur. Fakat hiçbir tasarruf küçümsenmemeli ve tasarruf imkanı olan birimler hemen değerlendirmeye alınmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji tasarrufu, Enerji tüketimi, Enerji verimliliği, Endüstriyel enerji kullanımı

## **ENERGY ASSESSMENT AND CONSERVATION MEASURES IN A CERTAIN CORRUGATED CARDBOARD FACILITY**

**Mehmet Raşit YOZGATLIGİL**  
**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**  
**M.Sc. Thesis, January 2010**  
**Thesis Supervisor : Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP**

### **ABSTRACT**

Effective and economic energy use is critical for the success of any industrial facility since energy consumption makes one of the primary costs during production. There are simple and well-proven measures that can be taken to improve the effectiveness of the energy use and energy conservation in industrial facilities. Some of these measures include insulation to minimize heat losses, use of efficient motors and other energy consuming equipment, using heat recovery systems, changing the fuel, using high efficiency lighting, reducing the cost of compressed air, and enhancing productivity. We believe that energy use by Turkish industry is not efficient enough and there is a large potential for more effective use of energy as well as energy conservation. This is explored with this thesis by studying one industrial facility in the city of Kayseri. Our investigation in Üçyıldız – a corrugating cardboard manufacturing plant – show that many sites with energy conservation opportunities exist. The total savings potential in this facility are estimated to be 48,853 TL, equivalent to about 33,000 USD per year. This value represents 12.2 percent of the total energy consumption in the facility. In Üçyıldız, working only a shift and 6 days on a week, respect to facilities that works 24 hours in a day and 365 days in a year, cause to smaller occupation quantities. Otherwise, because of this reason , the payback periods are longer than that facilities have. But neither occupation must'nt be despised. And immediately evaluate which unit has occupation potential.

**Keywords:** Energy savings, Energy consumption, Energy conservation, Energy efficiency, Energy usage in industry

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	i
TEŞEKKÜR .....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi
1. BÖLÜM	
GİRİŞ .....	1
2. BÖLÜM	
ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ YÖNTEMLERİ .....	4
2.1. Kazanlardaki Enerji Verimliliği .....	4
2.1.1. Gaz Yakıtlı Kazanların Kontrolü Ve Verimlerinin İyileştirilmesi .....	4
2.1.1.1. Gerekli Ekipmanlar .....	4
2.1.1.2. Baca Gazı Kayıpları Hesabı .....	5
2.1.1.3. Hesaplamaların Temeli .....	7
2.1.1.4. Hedefler .....	8
2.1.1.5. Öneriler .....	8
2.1.2. Fazla Havanın Kontrolü .....	9
2.1.2.1. Yanma Prensipleri .....	9
2.1.2.2. Minimum Fazla Hava .....	11
2.1.2.3. Fazla Havanın Hesaplanması .....	12
2.1.2.4. Öneriler .....	13
2.1.3. Kazanlarda Blöf Miktarının Azaltılması .....	14
2.1.3.1. Blöf Oranının Hesaplanması .....	14
2.1.3.2. Besleme Suyu Kalitesi .....	16
2.1.3.3. Yüksek Buhar Basıncında Çalışma .....	17
2.1.3.4. Öneriler .....	17
2.1.4. Su Tarafındaki Kazan Borularının Temiz Tutulması .....	18
2.1.4.1. Kazan Taşı Oluşumunun Önlenmesi .....	18



2.1.4.2.	Öneriler . . . . .	18
2.1.5.	Isı Transfer Yüzeylerinin Temiz Tutulması . . . . .	19
2.1.5.1.	Bazı Pratik Açıklamalar . . . . .	19
2.1.5.2.	Öneriler . . . . .	20
2.1.6.	Blöftten Isı Geri Kazanımı . . . . .	21
2.1.6.1.	Tasarruf Hesapları . . . . .	22
2.1.6.2.	Öneriler . . . . .	23
2.2.	Buhar Tesisatında Enerji Verimliliği . . . . .	24
2.2.1.	Tesisatta Buhar Kayıpları ve Giderilme Yöntemleri . . . . .	24
2.2.1.1.	Buhar Kaçaklarının Giderilmesi . . . . .	25
2.2.1.2.	Kaçak Miktarının Hesaplanması . . . . .	26
2.2.1.3.	Öneriler . . . . .	26
2.2.2.	Buhar Kapanlarının Kontrolü Ve Onarılması . . . . .	27
2.2.2.1.	Öneriler . . . . .	29
2.2.3.	Kondensatın Kazana Geri Gönderilmesi . . . . .	30
2.2.3.1.	Öneriler . . . . .	33
2.2.4.	Ekonomizer . . . . .	34
2.2.5.	Flaş Buhar ve Flaş Buharla Enerjinin Geri Kazanılması Uygulamaları . . . . .	36
2.2.5.1.	Flaş Buhar . . . . .	36
2.2.5.2.	Flaş Buharın Kullanılma Nedeni . . . . .	37
2.2.5.3.	Flaş Buharın Elde Edilmesi . . . . .	38
2.2.5.4.	Uygulama Örneği . . . . .	39
2.2.5.5.	Flaş Buhar Elde Edilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar . . . . .	40
2.2.5.6.	Flaş Buharla Enerjinin Geri Kazanılması . . . . .	41
2.3.	Yalıtım . . . . .	43
2.3.1.	Buhar Borularının İzolasyonu . . . . .	44
2.3.2.	Öneriler . . . . .	46
2.3.2.	Isıtılmış Tankların Üst Yüzeylerinin Kapatılması . . . . .	46
2.3.2.1.	Öneriler . . . . .	50
2.3.3.	Vana ve Armatürlerde Yalıtım . . . . .	50
2.4.	Elektrik Motor Sistemlerinde Enerji Verimliliği . . . . .	52
2.4.1.	Yüksek Verimli Motorlar . . . . .	55

2.4.1.1.	Neden Yüksek Verimli Elektrik Motorları? . . . . .	57
2.4.1.2.	Düşük Verimin Yıllık Enerji Harcamasına Etkisi . . . . .	59
2.4.1.3.	Dünya’da Enerji Verimliliği . . . . .	60
2.4.1.4.	IEC Standartlar . . . . .	60
2.4.1.5.	Enerji verimli motor kullanımıyla ilgili tasarruf örnekleri . . . . .	62
2.4.2.	DHS ile Elektrik Motorlarında %50’ye Varan Enerji Tasarrufu . . . . .	63
2.4.2.1.	DHS Ne Tür Uygulamalar İçin Düşünülmelidir? . . . . .	65
2.4.2.2.	DHS nin Çalışma Prensibi Nedir? . . . . .	65
2.4.2.3.	DHS ne Kadar Tasarruf Sağlar . . . . .	66
2.4.2.4.	DHS’nin Tasarruf Dışında Sağladığı Avantajlar . . . . .	68
2.4.2.5.	DHS uygulamalarından örnekler . . . . .	69
2.4.3.	Düşük Yüklü Motorların Değiştirilmesi . . . . .	71
2.4.3.1.	Öneriler . . . . .	74
2.4.4.	Motorlarda Enerji Tasarrufunu Daha Da Arttırmak İçin Ne Yapmalı? . . . . .	75
2.5.	Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği . . . . .	76
2.5.1.	Kompresör Seçimi . . . . .	76
2.5.1.1.	Kapasite Belirleme . . . . .	76
2.5.1.2.	Çalışma Basıncı . . . . .	78
2.5.1.3.	Hava Kalitesi . . . . .	79
2.5.1.4.	İşletme Maliyeti . . . . .	81
2.5.1.5.	Sonuç . . . . .	82
2.5.2.	Düşük Basınç Kullanımı . . . . .	82
2.5.3.	Hava Kaçakları . . . . .	83
2.5.3.1.	Hava Kaçaklarının Yerinin Tespiti . . . . .	86
2.5.3.1.1.	Branşman Yalıtımı . . . . .	86
2.5.3.1.2.	Sabun Köpüğünün Kullanılması . . . . .	87
2.5.3.1.3.	Parfüm kullanılması . . . . .	87
2.5.4.	Kompresörlerde Enerji Geri Kazanım Sistemleri . . . . .	87
2.5.4.1.	Isı Geri Kazanımının Faydaları . . . . .	89
2.5.4.2.	Kompresör Tipleri (Isı Kaynakları) . . . . .	88
2.5.4.3.	Kompresörlerden Elde Edilebilecek Isının Saptanması . . . . .	90
2.5.4.4.	Su Soğutmalı Kompresörde Elde Edilecek Su Debisi Hesabi . . . . .	91
2.5.5.	Yağ Enjekteli vidalı Kompresörlerde ısı kazanımı . . . . .	91

2.5.5.1.	Hava Soğutmalı . . . . .	91
2.5.5.2.	Su Soğutmalı . . . . .	92
2.5.6.	Yağsız Vidalı Kompresörler . . . . .	92
2.5.6.1.	Hava Soğutmalı . . . . .	92
2.5.6.2.	Su Soğutmalı . . . . .	92
2.5.7.	Santrifüj Kompresörler . . . . .	93
2.5.8.	Ekonomi Hesabı . . . . .	93
2.5.8.1.	İlk Yatırım Maliyeti . . . . .	93
2.5.8.2.	İşletme Maliyeti . . . . .	94
2.5.8.3.	Geri Ödeme Süresi Hesabı . . . . .	95
2.5.9.	Sonuç . . . . .	96
2.6.	Aydınlatma Sisteminde Enerji Verimliliği . . . . .	96
2.6.1.	Aydınlatma Verimi . . . . .	96
2.6.2.	Aydınlatma Seçimi İçin Diğer Etkenler . . . . .	97
2.6.3.	Aydınlatma Kaynaklarının Verim ve Ömür Açısından Karşılaştırılması .98	
2.6.4.	Aydınlatma Kaynaklarının Seçimi ve Kullanım Önerileri . . . . .	99
2.6.5.	Enerji Tasarrufuna Bir Örnek . . . . .	100
2.6.6.	Öneriler . . . . .	101
<b>3. BÖLÜM</b>		
FABRİKA TANITIMI VE MEVCUT DURUMUNUN İNCELENMESİ . . . . .		102
3.1..	Sunuş . . . . .	102
3.2.	Genel firma tanıtımı . . . . .	102
3.3.	Üretim süreci . . . . .	105
3.4.	Buhar kazanı departmanı . . . . .	105
3.5.	Kompresör dairesi ve hava dağıtım şeması. . . . .	107
3.6.	Tanklar . . . . .	111
3.7.	Enerji tüketimleri . . . . .	112
3.8.	Değerlendirme. . . . .	115
<b>4. BÖLÜM</b>		
ÜÇYILDIZ KUTUDAKİ ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ. . . . .		116
4.1.	Sunum. . . . .	116
4.2.	Basınçlı hava sistemindeki kaçakları en aza indirmek . . . . .	117

4.2.1.	Sonuçların değerlendirilmesi. . . . .	125
4.3.	Harekete duyarlı sensörlerin kullanılması. . . . .	126
4.3.1.	Sonuçların değerlendirilmesi. . . . .	128
4.4.	Aydınlatmada enerji tasarrufu. . . . .	130
4.4.1.	Gereksiz aydınlatmaları devre dışı bırakmak . . . . .	131
4.4.2.	Verimsiz floresanları verimliler ile değiştirmek. . . . .	132
4.4.3.	Civa buharlı lambaların yerine sodyum buharlı lambaların tutulması . . . . .	133
4.4.4.	Sonuçların değerlendirilmesi. . . . .	135
4.5.	Lamba yerine gün ışığının kullanılması . . . . .	136
4.5.1.	Sonuçların değerlendirilmesi. . . . .	137
4.6.	Elektrik motorları . . . . .	139
4.6.1.	Sonuçların değerlendirilmesi. . . . .	146
4.7.	Kazanda doğalgazdan fuel-oil e geçiş. . . . .	146
4.7.1.	Doğalgaz kullanım maliyeti. . . . .	147
4.7.2.	Fuel-oil kullanım maliyeti. . . . .	147
4.7.3.	Yakıt maliyet hesabı . . . . .	148
4.7.4.	Sonuç . . . . .	148
4.8.	Buhar tesisatındaki tasarruf potansiyelleri . . . . .	149
4.8.1.	Buhar borularının izolasyonu . . . . .	149
4.8.2.	Buhar vanalarının izlolasyonu . . . . .	152
4.8.3.	Buhar kaçaklarının giderilmesi . . . . .	154
4.8.4.	Kondenstopların kontrolü ve onarılması. . . . .	156
4.8.5.	Buhar tesisatındaki tasarrufların değerlendirilmesi . . . . .	158
4.9.	Bina ısıtma soğutma sistemi . . . . .	159
4.10.	Çalışmaların özeti. . . . .	159
5. BÖLÜM		
SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER . . . . .		160
5.1.	Tez sonucu . . . . .	160
5.2.	Öneriler . . . . .	164
KAYNAKLAR. . . . .		167
ÖZGEÇMİŞ . . . . .		170

## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Yakıt tipine göre gerekli hava miktarı . . . . .	9
Tablo 2.2.	Yakıcı şekline göre fazla hava miktarı . . . . .	10
Tablo 2.3.	Flaş Buhar Tank Boyutları . . . . .	39
Tablo 2.4.	Çeşitli cihazların basınçlı hava kullanım oranları . . . . .	78
Tablo 2.5.	ISO 8573 Kalite sınıflaması . . . . .	79
Tablo 2.6.	Çeşitli uygulamalar için hava sınıflandırmaları . . . . .	80
Tablo 2.7.	Potansiyel kazanım örnekleri . . . . .	90
Tablo 2.8.	Genel Aydınlatma Kaynaklarının Özellikleri . . . . .	97
Tablo 2.9.	Yaygın Olarak Kullanılan Işık Kaynaklarının Çeşitli Özellikleri . . . . .	98
Tablo 2.10.	Aydınlatma tipine göre verim ve ömür katsayısı . . . . .	98
Tablo 3.1.	Enerji dönüşüm tablosu. . . . .	112
Tablo 3.2.	Üçyıldız kutuda 2009 yılına ait elektrik faturası . . . . .	113
Tablo 3.3.	Üçyıldız kutuda 2009 yılında aylara göre elektrik tüketimi . . . . .	114
Tablo 3.4.	Üçyıldız kutuda 2009 yılına ait doğalgaz tüketimi . . . . .	114
Tablo 3.5.	Üçyıldız kutuda 2009 yılında aylara göre doğalgaz tüketimi. . . . .	115
Tablo 4.1.	Üçyıldız kutudaki hava kaçakları . . . . .	119
Tablo 4.2.	Delik çaplarına göre enerji tasarrufları . . . . .	123
Tablo 4.3.	Üçyıldız kutuda harekete duyarlı sensörler ile enerji tasarrufu . . . . .	129
Tablo 4.4.	Fabrika içindeki aydınlatma sistemi . . . . .	130
Tablo 4.5.	Fabrika dışındaki aydınlatma sistemi . . . . .	131
Tablo 4.6.	Üçyıldız kutudaki elektrik motorları. . . . .	141
Tablo 4.7.	Motor verimlerinin karşılaştırılması . . . . .	143
Tablo 4.8.	Konfeksiyondaki 2 hp (1.5 kW) lık ayar motorları . . . . .	143
Tablo 4.9.	Üçyıldız kutuda, yüksek verimli motorların kullanılması ile yapılan enerji tasarrufu. . . . .	145
Tablo 4.10.	Flanş ve vanalardan ısı kaybı için eşdeğer boru uzunluğu. . . . .	152
Tablo 4.11.	Buhar tesisatında yapılan tasarruflar ve maliyetleri . . . . .	158
Tablo 4.12.	Yapılan tasarrufların ve yatırımların özet tablosu . . . . .	159
Tablo 5.1.	Üçyıldız kutudaki enerji tasarrufu potansiyelinin belirlendiği alanlar, yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri . . . . .	161

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Baca gazında % O <sub>2</sub> . . . . .	5
Şekil 2.2.	Baca gazında % CO <sub>2</sub> . . . . .	6
Şekil 2.3.	Doğal gaz için baca gazı kayıpları . . . . .	12
Şekil 2.4.	Buhar miktarına göre blöf oranı . . . . .	14
Şekil 2.5.	Buhar miktarına göre blöf kayıpları . . . . .	14
Şekil 2.6.	Blöften ısı geri kazanımı. . . . .	22
Şekil 2.7.	Buhar uzunluğuna göre kaçak buhar akışı . . . . .	26
Şekil 2.8.	Kondenstoplardaki kaçaklar (ton/yıl cinsinden). . . . .	28
Şekil 2.9.	Kondenstoplardaki kaçaklar (kg/h cinsinden). . . . .	28
Şekil 2.10.	Kondens sıcaklığına göre yakıttan tasarruf oranları . . . . .	33
Şekil 2.11.	Ekonomizer sisteminin genel görünüşü . . . . .	35
Şekil 2.12.	Flaş Buhar/ kg Kondens oranları . . . . .	37
Şekil 2.13.	Tipik bir flaş tankı . . . . .	38
Şekil 2.14.	Flaş buhar tankı uygulama örneği . . . . .	39
Şekil 2.15.	Isıtma bataryalarında uygulama . . . . .	41
Şekil 2.16.	Eşanjörlerde Uygulama . . . . .	41
Şekil 2.17.	Isıtma cihazlarında uygulama . . . . .	42
Şekil 2.18.	Ceketli ısıtma kazanlarında uygulama . . . . .	42
Şekil 2.19.	Kazan dairesinde uygulama . . . . .	43
Şekil 2.20.	Borularda ısı kayıpları . . . . .	45
Şekil 2.21.	Isıtılan tanklarda yüzey kayıpları . . . . .	47
Şekil 2.22.	Vana ceketi uygulaması. . . . .	52
Şekil 2.23.	Termal kamera ile çekilen motor görüntüsü . . . . .	56
Şekil 2.24.	Devamlı çalışmadaki elektrik tüketimi . . . . .	57
Şekil 2.25.	Motor satın alma maliyetininin temsili gösterimi . . . . .	58
Şekil 2.26.	Motor çalıştırma maliyetininin temsili gösterimi . . . . .	58
Şekil 2.27.	Düşük verimli motorun yıllık maliyeti . . . . .	59
Şekil 2.28.	Santrifüj pompa ve fanlarda gerekli gücün motor hızı ve akışkan debisiyle değişimi. . . . .	66
Şekil 2.29.	Fanlarda DHS ile sağlanan elektrik enerjisi tasarrufu. . . . .	67

Şekil 2.30.	Düşük verimli motor için güç oranı . . . . .	72
Şekil 2.31.	Orta verimli motor için güç oranı . . . . .	72
Şekil 2.32.	Düşük verimli motor için güç oranı . . . . .	73
Şekil 2.33.	Pistonlu ve rotary kompresörün güç kullanımı . . . . .	83
Şekil 2.34.	Hava kaçakları tarafından israf edilen güç . . . . .	84
Şekil 2.35.	Değişik basınçlarda her bir delikten meydana gelen hava kaçağı . . . . .	85
Şekil 2.36.	Kaçaklar nedeniyle oluşan toplam hava sarfiyatı . . . . .	86
Şekil 2.37.	Kompresörlerde tipik enerji akışı . . . . .	88
Şekil 2.38.	Hava soğutmalı kompresörle ortam ısıtması . . . . .	92
Şekil 2.39.	Su soğutmalı yağ enjekteli vidalı kompresörde geri kazanım uygulaması . . . . .	93
Şekil 2.40.	Su soğutmalı yağsız vidalı kompresörde geri kazanım uygulaması . . . . .	94
Şekil 3.1.	Fabrikanın genel bir görünümü . . . . .	103
Şekil 3.2.	Fabrika yerleşim planı . . . . .	104
Şekil 3.3.	Baca ve eski fuel-oil kazanı . . . . .	105
Şekil 3.4.	Kazan dairesi . . . . .	106
Şekil 3.5.	Basınçlı hava hattı dağıtım şeması . . . . .	107
Şekil 3.6.	Fabrikadaki kompresörler . . . . .	107
Şekil 3.7.	Fabrikadaki kompresörler ve kurutucu . . . . .	108
Şekil 3.8.	Çift kademeli kompresör akış diyagramı . . . . .	109
Şekil 3.9.	Vidalı kompresör ana elemanları . . . . .	110
Şekil 3.10.	Kompresyon prensibi şematik gösterimi . . . . .	110
Şekil 3.11.	Tanklardan bazıları (kondens tankı) . . . . .	111
Şekil 3.12.	Tanklardan bazıları (arıtılmış su tankı) . . . . .	112
Şekil 4.1.	Ultrasonik dedektör ve uygulaması . . . . .	118
Şekil 4.2.	Kompresör hava giriş ve çıkış durumları . . . . .	120
Şekil 4.3.	Delik çapına göre enerji tasarrufunun grafiksel gösterimi . . . . .	125
Şekil 4.4.	Harekete duyarlı sensörlerin resimleri . . . . .	128
Şekil 4.5.	Tasarrufların TL cinsinden büyüklükleri ve onların ay cinsinden geri ödeme süreleri . . . . .	135
Şekil 4.6.	Işıklandırılan alının fabrika içerisindeki konumu . . . . .	136
Şekil 4.7.	Işıklandırma yapılmadan önceki konfeksiyon hangarı . . . . .	138
Şekil 4.8.	Işıklandırma yapıldıktan sonraki konfeksiyon hangarı . . . . .	138
Şekil 4.9.	Yüksek verimli AC elektrik motorlarının genel görünüşü . . . . .	139

Şekil 4.10. Alüminyum gövdeli yüksek verimli AC elektrik motorlarının genel görünüşü. ....	139
Şekil 4.11. Martin inline ana motoru .....	140
Şekil 4.12. Üçyıldız kutudaki bazı ayar motorları .....	140
Şekil 4.13. Yalıtılmamış boruda ısı kayıpları .....	150
Şekil 4.14. Buhar uzunluğuna göre kaçak buhar akışı .....	155
Şekil 4.15. Kondens toplardaki kaçaklar (ton/yıl cinsinden). ....	157
Şekil 4.16. Buhar maliyetlerinde yıllık tasarruf oranı .....	158
Şekil 4.12. Üçyıldız kutudaki bazı ayar motorları .....	140
Şekil 4.12. Üçyıldız kutudaki bazı ayar motorları .....	140
Şekil 4.12. Üçyıldız kutudaki bazı ayar motorları .....	140
Şekil 5.1. Elektrik kullanımında yapılan tasarruflar ve yatırım maliyetleri .....	162
Şekil 5.2. Buhar tesisatında yapılan tasarruflar ve yatırım maliyetleri .....	162
Şekil 5.3. Toplam tasarruf potansiyel yüzdesinin grafiksel gösterimi .....	163



## 1. BÖLÜM

### GİRİŞ

Küreselleşen ekonomi ve artan rekabet şartlarının hüküm sürdüğü günümüzde enerji, bir ekonomideki talep ve arz üzerinde oldukça etkili bir rol oynamaktadır. Bu noktadan hareket ile talep açısından bakıldığında enerji, tüketicilerin faydalarını maksimize etmeleri için satın aldıkları bir ürün niteliğindedir. Arz açısından ise enerji, emek ve sermaye gibi önemli bir üretim faktörüdür ve çoğu üretim ve tüketim faaliyetlerinde gerekli bir girdi olduğu için, ülkelerin ekonomik gelişmelerinin ve sosyal refahın oluşturulmasında belirleyici ve kritik bir konuma sahiptir. Geçmişte yaşanan enerji krizlerinin etkisiyle maliyetlerin artması sonucu enerji, ekonomik gelişmelerin ölçülmesinde önemli bir noktaya gelmiştir.

#### 1.1. Amaç

Bu çalışmanın amacı enerjinin ve enerji tasarrufu çalışmalarının önemini ortaya koymak, yapılabilecek olan uygulamalardan örnekler vermek ve konu ile ilgili bilincin artmasına katkı sağlamaktır. Çalışmada belirtilen bilgiler çok çeşitli kaynaklardan alınmış olup, sunulan örnekler ise gerçek hayatta sanayi tesislerinde ya da endüstriyel işletmelerde uygulanmış örneklerdir. Bu noktadan hareketle, amaç bilinmeyen bir şeyi ortaya koymak değil, Literatürde var olan ancak bilgi ve ilgi eksikliği nedenleri ile oluşan milyarlarca dolar değerindeki kaybın hangi noktalarda ve hangi yöntemlerle aranması gerektiğini vurgulamaktır. Toplam üretim ve işletme maliyeti içerisinde küçük bir paya sahip olduğu düşünülen enerji maliyetinin aslında parasal olarak işletmenin kârıyla karşılaştırıldığında ne kadar büyük olduğunun altının çizilmesi ve örneklerle desteklenmesidir.

## **1.2. Türkiye'nin Durumu**

Türkiye hızla kalkınmakta olan ve nüfusu artan bir ülke olması nedeni ile enerji tüketimi de hızla artmaktadır. Ortalama yıllık % 5,5 büyüme hızı olan Türkiye'de, enerji tüketiminin % 40 oranındaki kısmı sanayi tesislerinde ve endüstriyel işletmelerde yapılmaktadır. Elde edilen veriler ışığında son 5 senelik enerji tüketim artış hızı devam ettiği takdirde 2020 yılında sanayide enerji tüketimi 2008 yılının 2,5 katı olacaktır. Endüstriyel istihdamın üçte birini barındıran tekstil endüstrisinin başı çektiği Türkiye'de yüksek enerji tüketen ve gelişmekte olan demir-çelik ve çimento sektörleri, gelişen ihracatta büyük pay sahibi olan otomotiv ve elektronik sektörleri ile yerel ve uluslararası firmaların yeni yatırımları ile gelişmekte olan gıda, kimya ve kâğıt sektörleri en önemli sektörlerdir.

## **1.3. Sanayi'de Enerji Tasarrufu Potansiyeli**

Değişik sektörlerde yapılan enerji denetleme çalışmalarında ortaya çıkan tablo sonucunda; sanayi tesislerinin ve endüstriyel işletmelerin % 95'inde % 5 ila 40 arasında enerji tasarrufu yapılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Daha da çarpıcı olan konu ise sanayi tesislerinde ve endüstriyel işletmelerde hiç yatırımsız veya az yatırımlı önlemlerin uygulanması ile asgari % 10 oranında enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Bu oran enerji tüketimine ve enerji tasarrufuna verilmesi gereken önemi gözler önüne sermektedir.

## **1.4. Enerji Tasarrufunun Anlamı**

Enerji tasarrufu, enerji arz hizmetlerinin azaltılması veya kısıtlanması şeklinde düşünülmemelidir. Enerji tasarrufu iki ampulden birini söndürerek yapılan kısıntı ya da programlı olarak yapılan kesinti değildir. Enerji tasarrufu kullanılan enerji miktarının değil, ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Enerjinin gereksiz kullanım sahalarını belirlemek ve israfı asgari düzeye indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için alınan önlemler bütünüdür. Enerjinin akıllıca kullanılmasıyla kayıpların en aza indirilmesi, aynı enerji ile daha çok iş yapılması veya aynı iş için daha az enerji tüketilmesidir. Bu şekilde, üretici konumundaki sanayi tesisi ya da endüstriyel işletme

aynı miktardaki mal veya hizmetleri daha az enerji veya aynı miktar enerji ile daha çok mal ve hizmet üreterek, ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttırabilir.

### **1.5. Enerji Verimliliği Uygulamalarında Alınabilecek Önlemler**

- a) Yakma sistemlerinde yanma kontrolü ve optimizasyonu ile yakıtların verimli yakılması,
- b) Isıtma, soğutma, iklimlendirme ve ısı transferinde en yüksek verimin elde edilmesi,
- c) Sıcak ve soğuk yüzeylerde ısı yalıtımının standartlara uygun olarak yapılması, ısı üreten, dağıtan ve kullanan tüm ünitelerin yalıtılarak istenmeyen ısı kayıplarının veya kazançlarının en aza indirilmesi,
- ç) Atık ısı geri kazanımı,
- d) Isının işe dönüştürülmesinde verimliliğin arttırılması,
- e) Elektrik tüketiminde kayıpların önlenmesi,
- f) Elektrik enerjisinin mekanik enerjiye veya ısıya dönüşümünde verimliliğin artırılması,
- g) Otomatik kontrol uygulamaları ile insan faktörünün en aza indirilmesi,
- ğ) Kesintisiz enerji arzı sağlayacak girdilerin seçimine dikkat edilmesi,
- h) Makinaların enerji verimliliği yüksek olan teknolojiler arasından, standardizasyon ve kalite güvenlik sisteminin gereklerine dikkat edilerek seçilmesi,
- ı) İstenmeyen ısı kayıpları veya ısı kazançları en alt düzeyde olacak şekilde projelendirilmesi ve uygulamanın projeye uygun olarak gerçekleştirilmesinin sağlanması,
- i) İnşaa ve montaj aşamasında enerji verimliliği ile ilgili ölçüm cihazlarının temin ve monte edilmesi,
- j) Yenilenebilir enerji, ısı pompası ve kojenerasyon uygulamalarının analiz edilmesi,
- k) Aydınlatmada yüksek verimli armatür ve lâmbaların, elektronik balastların, aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanılması ve gün ışığından daha fazla yararlanılması,
- l) Enerji tüketen veya dönüştüren ekipmanlar için ilgili mevzuat kapsamında tanımlanan asgarî verimlilik kriterlerinin sağlanması,

## 2. BÖLÜM

### ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ YÖNTEMLERİ

#### 2.1. Kazanlardaki Enerji Verimliliği

##### 2.1.1. Gaz Yakıtlı Kazanların Kontrolü Ve Verimlerinin İyileştirilmesi

Doğal gaz kullanan kazanların sıvı ve katı yakıt kullanan kazanlar kadar kontrole ihtiyaçları yoktur. Doğal gaz temiz bir gaz olup brülörlerin uzun süre temiz kalmalarını sağlar. Bunun yanı sıra baca gazı kompozisyonunu haftada en az bir kere olmak üzere kontrol etmek gerekir. Değişen yük durumlarında kontrol miktarı arttırılmalıdır. Çünkü böyle durumlarda yanma şartlarının optimum olmasını sağlamak her zaman kolay olmayabilir.

##### 2.1.1.1. Gerekli Ekipmanlar

Sıvı yakıtlı kazanlarda olduğu gibi baca gazındaki oksijen veya karbondioksit miktarını ölçmek için gaz analizörüne, baca gazı sıcaklığını ölçmek için de termometreye ihtiyaç vardır. Gaz yakıtlı kazanlarda baca gazında kurum parçacıklarının oluşma olasılığı düşük olduğundan duman testine gerek yoktur. Fakat zaman zaman duman testinin yapılması yararlı olabilir. Baca gazındaki kurum parçacıklarının varlığı brülörde yakıt/hava karışımında bir sorun olduğuna işarettir.

Baca gazındaki karbon monoksit miktarını ve yanmamış halde bulunan metan gibi gazların kontrolünü yapmakla, brülörün çalışması hakkında bir fikir edinebiliriz. Metan miktarı yaygın olarak bilinen Draeger tüpü ekipmanı ile saptanabilir. Baca gazında yanmamış gazlar fazla hava durumunda bile oluşabilir (Konut ısıtmasında kullanılan düşük sıcaklık, hava / yakıt oranı yüksek brülörler gibi).

Gerekli ölçümleri yapabilen mikroprosesör devreli, yanma verimini anında hesaplayan modern elektronik gaz analizörlerini piyasadan temin etmek mümkündür.

### 2.1.1.2. Baca Gazı Kayıpları Hesabı

Baca gazının metan ve karbon monoksit ihtiva etmediği durumlardaki baca gazı kayıpları için grafikler mevcuttur. Bunlar aşağıdaki grafiklerde verilmiştir;

Örnek :

Oksijen miktarı : % 3

Baca gazı sıcaklığı : 130 °C ise

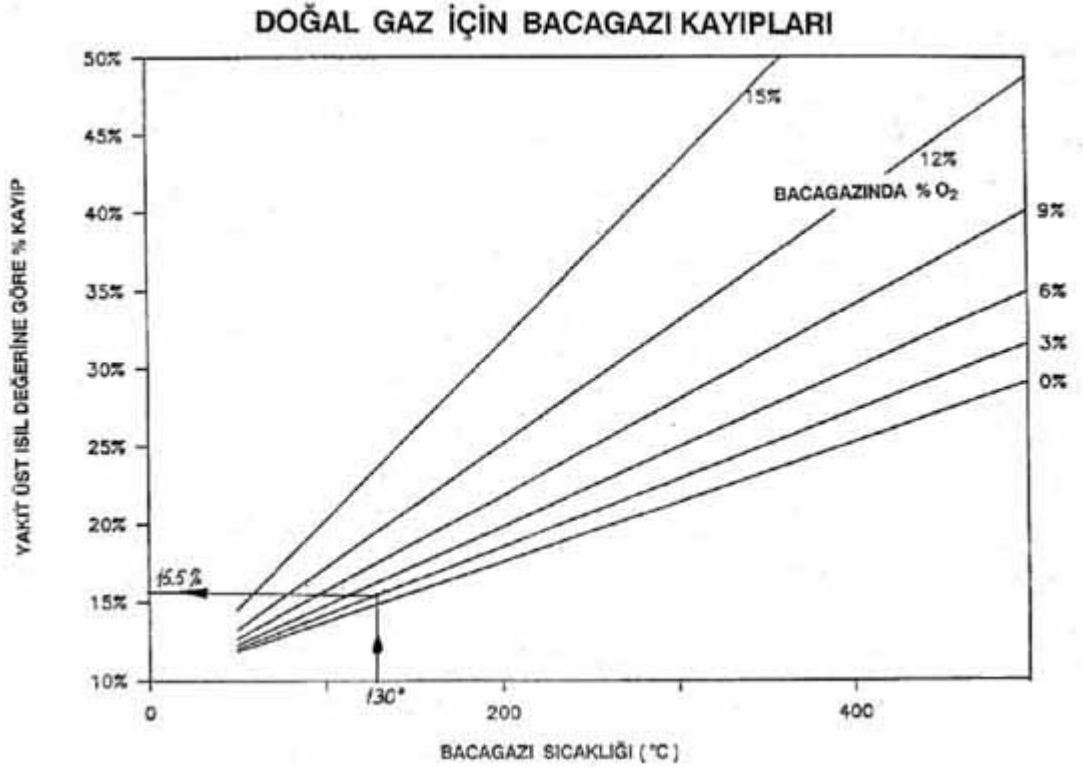
İlk grafikten yakılan gazın üst kalorifik değerinin % 15.5'nin baca gazlarından kayıp olduğunu görebiliriz.

Örnek :

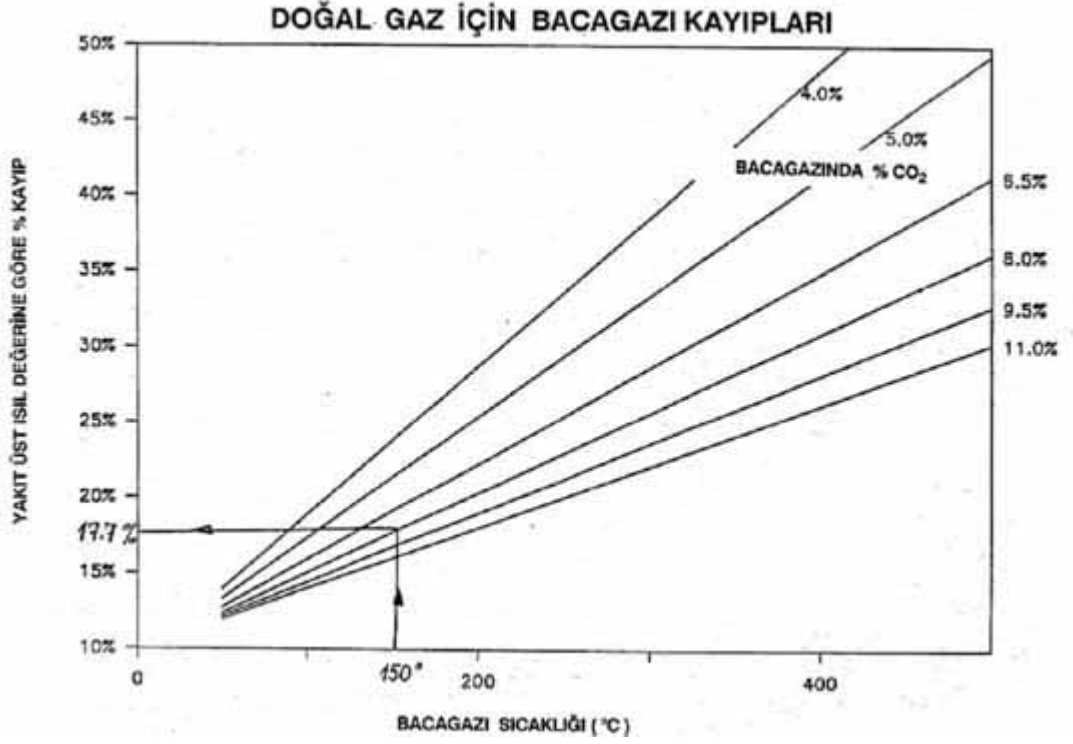
Karbondioksit miktarı : % 8

Baca gazı sıcaklığı : 150 °C ise

Şekil 2.2. den baca gazı kaybı % 17.7 olarak bulunur.



Şekil 2.1. Baca gazında % O<sub>2</sub>.



Şekil 2.2. Baca gazında % CO<sub>2</sub>.

### 2.1.1.3. Hesaplamaların Temeli

Grafikler aşağıdaki denklemlere dayanmaktadır.

$$CO_2 = 0.119 - 0.5667 \times (O_2)$$

$$L = 0.105 + \left( 0.000079 + \left[ \frac{0.0000362}{(CO_2)} (T_1 - T_a) \right] \right)$$

Burada :

L : Baca gazı kaybı (üst kalorifik girdinin yüzdesi)

CO<sub>2</sub> : Kuru baca gazındaki CO<sub>2</sub> hacmi, %

O<sub>2</sub> : Kuru baca gazındaki O<sub>2</sub> hacmi, %

T<sub>s</sub> : Baca gazı sıcaklığı, oC

T<sub>a</sub> : Ortam sıcaklığı, oC

### Örnek

Baca gazındaki O<sub>2</sub> miktarı % 4.5, baca gazı sıcaklığı 130 °C ve çevre sıcaklığı 22 °C olarak ölçülmüş ise, kayıplar aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$CO_2 = 0.119 - \left( 0.5667 \frac{4.5}{100} \right) = 0.0935$$

Yaklaşık % 9.4

$$L = 0.105 + \left\{ 0.000079 + \left[ \frac{0.0000362}{0.0935} (130 - 22) \right] \right\}$$

L = 0.1553 veya % 15.3 olarak bulunur.

Bu hesaplama türünde baca gazında yoğunlaşmış su buharı ve yanmamış gaz bulunmadığı varsayılmaktadır.

#### 2.1.1.4. Hedefler

Modern gaz brülörleri oldukça az miktarda fazla hava ile çalışabilme yeteneğine sahiptirler. Baca gazındaki O<sub>2</sub> seviyesinin % 1.5 veya daha az olduğu miktarlarda bile çalışabilirler. Aynı zamanda karbon monoksit miktarı da 100 ppm in altında olmalıdır. Doğal gaz çok az miktarda sülfür ihtiva ettiğinden dolayı, bacada korozyon sorunu olmaksızın düşük baca gazı sıcaklıkları (120 °C gibi) ile çalışılması mümkündür. Bu da baca gazı kayıplarının % 13-14 (üst kalorifik değere göre) mertebesine indirilmesi demektir. Alan ısıtma uygulamalarında baca gazındaki su buharını kondense eden ve gizli ısıyı geri kazanan türde tasarlanmış kazanlar mevcuttur. Bu kazanlar oldukça yüksek verimlerde (% 90 'ın üzerinde) çalışırlar.

#### 2.1.1.5. Öneriler

- Yanma verimini düzenli şekilde kontrol ediniz.
- Baca gazındaki oksijen miktarını % 1-2 seviyesinde tutacak şekilde hava oranını ayarlayınız. Bu esnada karbon monoksit miktarını 100 ppm in altında tutunuz. Metan miktarı da 100 ppm civarında olmalıdır.

- Baca gazındaki oksijen miktarı düşürüldüğünde, karbon monoksit miktarı artıyorsa, yakıt/hava karışımında bir problem olup olmadığının gözden geçirilmesinde fayda vardır.
- Baca gazı sıcaklığı 130 °C nin üzerinde olduğunda, hava ön ısıtıcısı, ekonomizer gibi cihazları monte ederek ısı geri kazanımı düşünülmelidir. Bu durumlarda ekonomik değerlendirmeler yapılmalıdır.
- Daha önce fuel oil yakılan bir kazanın yakma düzeneği doğal gaz yakma düzeneğine çevrilmiş ise, bu durum alevin ısı transfer özelliklerinde değişimlere ve bunun sonucu olarak baca gazı sıcaklığının artmasına neden olur. Böyle bir kazanın modern bir doğal gaz kazanı ile değiştirilmesi uzun vadede ekonomik açıdan daha verimli olur.
- Alan ısıtması veya sıcak su ihtiyacının karşılanması gibi belli uygulamalar için baca gazındaki su buharını kondense edip ısı geri kazanımı sağlamak üzere bacaya özel bir bölüm ilave edilmesi ekonomik olabilir. Ayrıca, baca gazının soğuk su ile temizlenmesi, sıcak su üretmenin ekonomik bir yolu olabilir. Her iki yöntem de % 3-5 oranında bir tasarruf sağlayabilir.

### 2.1.2. Fazla Havanın Kontrolü

Daha önceki sayılarımızda, baca gazı kompozisyonunun oksijen miktarının düşük seviyelerde tutulması için düzenli şekilde kontrole ihtiyaç olduğundan bahsedilmişti. Yapılması gereken, hava oranının düşük seviyelerde tutulması, diğer bir ifade ile "Fazla Hava "yı minimum seviyede tutmaktır.

#### 2.1.2.1. Yanma Prensipleri

Çoğu yakıtların yanması, yakıttaki karbon ve hidrojenin havadaki oksijen ile reaksiyona girip su buharı ve karbondioksit oluşturması ve aynı zamanda ısı ve ışığın açığa çıkması olayı şeklinde ifade edilir. Yakıtta olabilecek kükürt (sülfür) çevre sorunları açısından önem teşkil etmesinin yanında genellikle enerji açısından çok az miktarda önemlidir. Karbon ve hidrojen aşağıdaki gibi reaksiyona girer.





Karbon ve hidrojen içeren bir yakıtın tamamen yanabilmesi için gerekli olan oksijen miktarını teorik olarak hesaplamak mümkündür. Bu hesaplanan değere "Stokiyometrik Hava " denir.

Stokiyometrik hava, yanma veriminin değerlendirilmesinde önemli bir faktördür. Gerçek yanma şartları için bir referans noktası teşkil eder. Bazı tipik stokiyometrik hava değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 2.1. Yakıt tipine göre gerekli hava miktarı.

<b>Yakıt tipi</b>	<b>Gerekli hava kg. * / 10000 kcal</b>
Antrasit	12.4
Yağlı kömür	14.0
Linyit	13.5
Petrokok	13.9
Şeker kamışı posası	11.9
Nafta	13.4
Kerosen	13.4
Motorin (Ağır)	13.4
Fuel oil	13.6
Metan	13.0
Propan	13.0
Yüksek fırın gazı	10.5
Kok gazı	12.2

Yakıt kompozisyonları oldukça değişken olduğundan bu hesaplamalar için kullanılan yakıt kompozisyonları, ülkemizde kullanılan yakıt kompozisyonlarıyla oldukça farklılık gösterebilir.

\* Yanmanın tam olarak oluşması koşulu ile 10000 kcal'sinin açığa çıkması için gerekli havanın ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

Pratikte yanma şartları ideal olmadığından iyi bir yanmanın oluşabilmesi için teorik olarak gerekli olandan daha fazla havaya ihtiyaç vardır. Gerçekte gerekli olan fazla hava miktarı yakıt tipi ve kompozisyonuna, fırın veya kazan dizaynına, brülörün dizayn ve çalışma koşullarına bağlı olarak değişir.

Teorik olarak gerekli havanın fazlasına " Fazla Hava" denir. Bu fazla hava, genellikle stokiyometrik havanın yüzdesi şeklinde ifade edilir. örneğin, yanmanın tam olabilmesi için pratikte, teorik olarak gerekli havanın iki katı kadar bir havaya ihtiyaç var ise bu miktar % 100 fazla havaya eş değerdir. Bazı yakıtlar için fazla hava oranları aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 2.2. Yakıcı şekline göre fazla hava miktarı.

Yakıt tipi	Yakıcı şekli	Fazla hava ( % )
Pulverize kömür	Curuf atma sistemli büyük fırınlar	15 -20 °C
Kömür	Dağıtılmalı yakma sistemi	30 -60
	Mekanik ızgaralı	15 -50
	Altan beslemeli	20 -50
Fuel oil	Yüksek kapasiteli ünitelerde	5 -10
	Endüstriyel kazanlarda	10 -20
Doğal gaz	Gaz brülörleri	5 -10
	Çok yakıtlı brülörler	7 -12
Yüksek fırın gazı		15 -18
Odun	Çeşitli	20 +
Şeker kamışı	Çeşitli	25 -35

İyi bir yanma için gerçekte gerekli olan fazla hava miktarı oldukça değişkendir. Yukarıda verilen bu değerler belli bir çalışma durumunda kabaca bir yorum yapabilmek için kullanılabilir. Kimi fabrikalar yukarıda verilen bu değerlerden daha iyi bir sonuca ulaşabildikleri halde, kimilerinde çeşitli nedenlerden dolayı düşük değerlere dahi ulaşmaları mümkün olamamaktadır.

### **2.1.2.2. Minimum Fazla Hava**

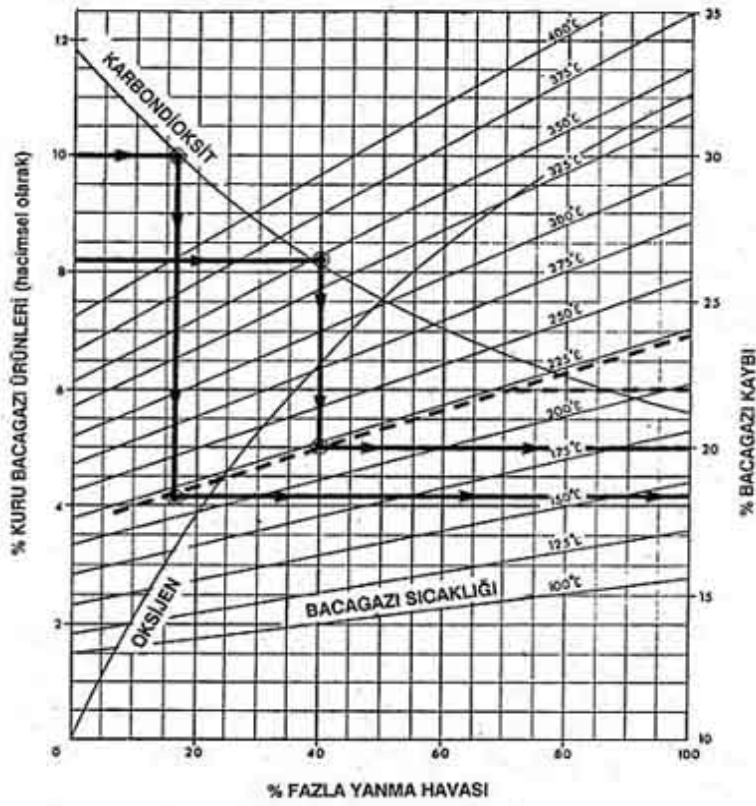
Yakma sistemlerinde tam yanmanın sağlanabilmesi oldukça önemlidir. Bu amaç için ise belli miktarda fazla havaya ihtiyaç vardır. Bunun yanında, enerjinin yakıtın yanması için gerekli olmayan havanın ısıtılmasına harcanmaması için fazla hava miktarı minimum seviyede olmalıdır. çok fazla miktarda fazla hava ortam sıcaklığındaki havanın (15 -20 °C), baca sıcaklığı seviyesine ( 200 -300 °C ) yükseltilmesi ve atmosfere atılması demektir.

Kazanlarda ne kadar fazla hava kullanılması gerektiğini nasıl bulabiliriz. Tek emin yol baca gazı kompozisyonunu kontrol etmek ve oksijen miktarından giderek fazla havayı hesaplamaktır.

### **2.1.2.3. Fazla Havanın Hesaplanması**

Baca gazı ve yakıt kompozisyonunundan faydalanılarak kullanılacak fazla hava miktarını hesaplamak mümkündür. çeşitli yakıt tipleri için gerekli fazla hava miktarını hesaplamak için grafikler kullanılabilir. Bu grafikler belli bir yakıt kompozisyonuna bağlı olduğu için kullandığımız yakıt için kesinlikle doğru olmayabilir. Bunun yanında normal ticari yakıtlardaki farklılıklar o kadar küçüktür ki bu tabloları kullanmakta oluşan hatalar kabul edilir derecede küçük olacaktır. Bazen katı yakıtların kompozisyonları büyük farklılık gösterebilirler. Bu husus dikkate alınmalıdır.

### BACAGAZI KAYIPLARI (Doğal Gaz için)



Grafik yakıt üst kalorifik değerine ve 20 °C ortam sıcaklığına göre hazırlanmıştır.

Şekil 2.3. Doğal gaz için baca gazı kayıpları.

Örnekler;

- Ağır fuel oil yakan bir kazanda baca gazı sıcaklığı 232 °C dir. CO<sub>2</sub> oranı da % 9.8 olarak bulunmuştur.

İlk grafikten fazla hava miktarı % 60, baca gazı kayıpları % 17.9 olarak bulunur.

- Fazla hava miktarı azaltılıp CO<sub>2</sub> oranı % 13.5 e yükseltiliyor. Baca gazı sıcaklığı aynı oranda kalıyor. Bu durumdaki fazla hava miktarı ne kadardır.?

İlk grafikten fazla hava miktarı % 18, baca gazı kayıplarının % 15 e düştüğü görülür. Bu problem fazla hava miktarının azaltılmasının etkisini gösteren iyi bir örnektir.

- Gaz yakıtlı bir kazanda CO<sub>2</sub> oranı % 8.2 den % 10 a yükseltiliyor. Baca gazı sıcaklığı 224 °C de sabit tutuluyor. Baca gazı kayıpları ne kadar azalır.

üçüncü grafikten baca gazı kayıpları % 20 den % 18.4 e düşer.

#### 2.1.2.4. Öneriler

- Tüm kazan ve fırınların baca gazı kompozisyonunu düzenli şekilde kontrol ediniz. Minimum fazla hava seviyesinde mi çalışıyorsunuz? Baca gazında duman oluşturmadan, CO miktarını 300-400 ppm seviyesinden daha fazla arttırmaksızın hava oranını azaltmak mümkün müdür ?

- Fazla hava miktarını azaltarak kazan ve fırınlarda sağlanacak yakıt tasarruflarını hesaplayınız. Örneğin fazla hava oranını azaltmak ve bunun sonucunda kazan verimini % 76 dan % 79 a çıkarmakla oluşacak yakıt tasarrufu ne kadar olur hesaplayınız.

(Cevap % 3.8 dir. Herhangi bir yatırımda bulunmaksızın % 4 civarında yakıt tasarrufu sağlamak için bunu yapmaz mısınız ? Ancak bazı fabrikalar gaz analizörleri almak zorunda kalabilirler. Bu cihazların geri ödeme süresi birkaç haftayı geçmez.)

- Kazan ve fırınlarınızın baca gazında duman oluşturmaksızın az miktarda fazla hava ile çalışabileceklerinden emin olmalısınız. % 60 oranında fazla havaya ihtiyacınız var ise muhtemelen brülör ucu veya hava/yakıt karışımını sağlayan sistemde bir arıza var demektir. Bu durumda brülörlerin bakımları gecikmeden yapılmalıdır .

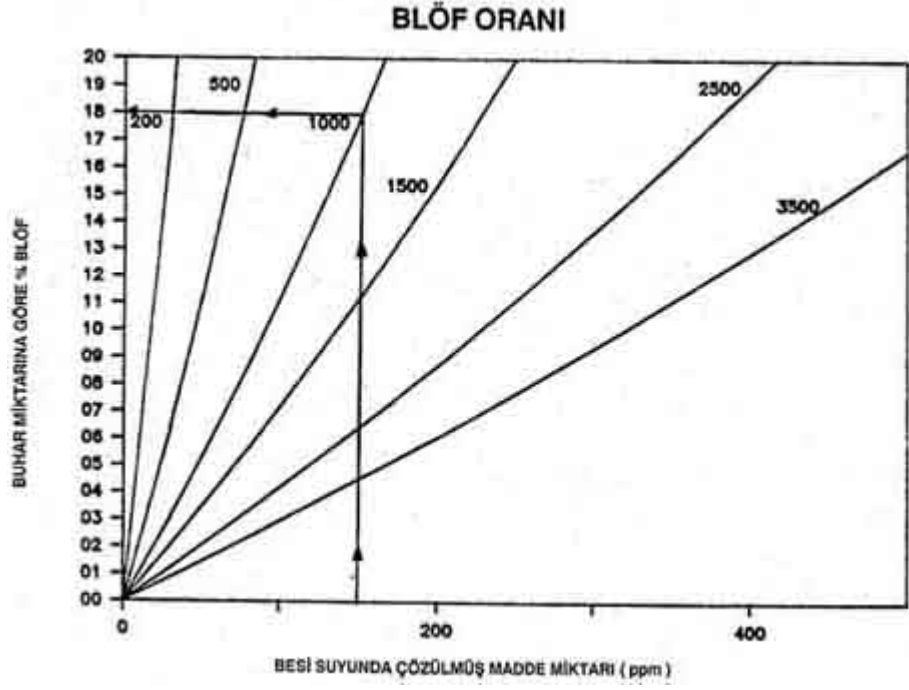
#### 2.1.3. Kazanlarda Blöf Miktarının Azaltılması

Buhar kazanlarında sudaki çözülmüş katı maddeleri belli bir konsantrasyonda muhafaza edebilmek için kazan blöfü gereklidir. Bu blöf suyu genellikle dış ortama atılır. Atılan bu sıcak su enerji kaybına neden olur. Enerji ve su tasarrufunun sağlanabilmesi için su kalitesinin özelliklerini sabit tutmak koşulu ile dış ortama atılacak blöf suyunun minimum seviyede olması önemli bir husustur.

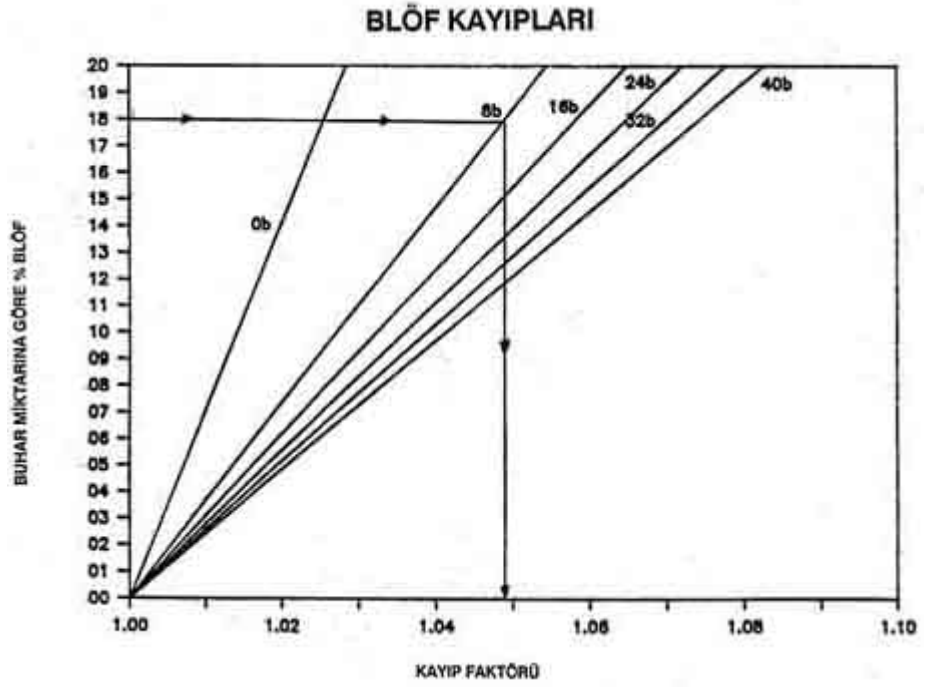
##### 2.1.3.1. Blöf Oranının Hesaplanması

İlk grafik, kazana giren besleme suyundaki toplam çözülmüş katı madde miktarı ile kazan içindeki suda bulunan çözülmüş katı madde seviyesi arasındaki ilişkiyi ve buhar yüzdesi olarak yapılması gerekli blöf miktarlarını göstermektedir.

İkinci grafik, blöf oranı ile kazan çalışma basıncı arasındaki bağıntıyı ve bu değerlere karşılık kayıp faktörünü belirtir. Bu kayıp faktörü buhar maliyeti ile çarpılır ise blöf kayıplarını da dikkate alan buhar maliyeti hesaplanmış olur.



Şekil 2.4. Buhar miktarına göre blöf oranı.



Şekil 2.5. Buhar miktarına göre blöf kayıpları.

Örnekler;

- Kazan çalışma basıncı 8 bar, kazan besleme suyundaki toplam çözülmüş katı madde miktarı 150 ppm, kazan domundaki çözülmüş katı madde miktarı 1000 ppm ise:

İlk grafikten blöf oranı yaklaşık % 18, Şekil 2.5.'den de kayıp faktörü 1.05 olarak bulunur. Bunun anlamı şu şekilde açıklanabilir. Hesaplanan buhar maliyeti, blöf kayıplarının da dikkate alınması için % 0.5 oranında arttırılmalıdır.

- 20 Bar basıncın altında çalışan kazanlarda toplam çözülmüş katı madde miktarının maksimum 3500 ppm olması önerilir. Bu şartlarda blöf miktarını azaltırsak tasarruf potansiyelini hesaplayabiliriz. 3500 ppm seviyesinin korunabilmesi için gerekli blöf miktarı Şekil 2.4. 'den % 4.5 olarak bulunur. Şekil 2.5.'den de bu değer yaklaşık 1.01 kayıp faktörüne karşılık geldiği bulunur.

Diğer bir deyişle, kazan domundaki çözülmüş katı madde miktarını 3500 ppm seviyesinde tutmak koşuluyla blöf oranını azaltmakla buhar maliyetinde % 4 mertebesinde bir azalma gerçekleşmiş olur.

- Yüksek basınçlarda su sıcaklığı fazla olduğundan blöf kayıpları artar. 20 barlık basınçta % 18'lik blöf miktarı yaklaşık 1.06'lık kayıp faktörüne karşılık gelir. Bu değer 8 barlık basınçta kayıp faktörü 1.05 olan Şekil 2.5. değerle karşılaştırıldığında buhar maliyetinde % 1'lik artış meydana geldiği görülür.

### 2.1.3.2. Besleme Suyu Kalitesi

Besleme suyunun kalitesinin iyileştirilmesi ile blöf miktarı azaltılabilir. Örneğin; Besleme suyu 300 ppm, kazan domundaki su 3500 ppm ise, Şekil 2.4. 'den blöf oranı % 9.5 olarak bulunur. Besleme suyundaki toplam çözülmüş katı madde miktarı 100 ppm'e kadar azaltılırsa, blöf oranı, % 3 olacaktır. Şekil 2.5. 'den bu blöf oranları için, buhar basıncı 8 bara karşılık gelen kayıp faktörleri sırasıyla 1.026 ve 1.008 olarak bulunur. Daha iyi kalitedeki besleme suyuyla çalışmakla buhar maliyeti yaklaşık % 2 oranında azaltılabilir.

Besleme suyunda daha düşük oranda toplam çözülmüş madde miktarına aşağıdaki iki yöntemle ulaşılabilir.

- Kondens geri kazanım oranının daha iyi bir duruma getirilmesiyle : Kondens geri kazanım oranının % 50 mertebesinde olduğunda toplam çözülmüş katı madde miktarının 150 ppm olduğunu kabul edelim. Bu geri kazanım oranını % 80'e çıkardığımızda çözülmüş madde miktarı 60 ppm'e düşer. Böylece blöf oranı % 4.5'dan % 1.5'e düşürülmüş olur.
- Fabrikalarda bulunan demineralize su hazırlama düzeninin iyileştirilmesi ile : Sudaki çözülmüş katı madde miktarları 20 ppm in altına indirilebilir. Bu durumda pratikteki blöf miktarı sıfır olur.

Her kuruluş kendi durumlarını incelemeli ve blöf suyunu azaltmak için çeşitli seçenekleri gözden geçirmelidir, Fabrikalar için ekonomik değerlendirmeler farklı olabilir, fakat blöf miktarının ve su kalitesinin iyi bir şekilde kontrol edilmesiyle bu kuruluşların ekonomik açıdan fayda sağlayacakları açıktır.

### **2.1.3.3. Yüksek Buhar Basıncında Çalışma**

Yüksek basınçla çalışan kazanlarda kazan suyundaki çözülmüş katı madde miktarı Limiti 3500 ppm'den az olmalıdır. Örneğin, 40 barlık bir basınçta kızgın buhar üreten kazanda çözülmüş madde miktarı maksimum 400 ppm dir. Bu kazanların ekonomik şekilde çalışabilmeleri için besleme suyunun kalitesi oldukça iyi olmalıdır (Aksi takdirde blöf miktarı artar ve bunun sonucu olarak enerji kayıpları artar). Genel olarak, su kalitesinin iyileştirilmesi hem güvenlik açısından hem de enerji tasarrufu açısından önemlidir.

### **2.1.3.4. Öneriler**

- Sırasıyla, besleme suyunu, kazan domundaki suyu ve kimyasal işleme tabi olmuş sudaki toplam çözülmüş katı madde miktarını dikkatli bir şekilde izleyiniz. Gerekli blöf miktarını hesaplamak için ekteki grafikleri kullanınız.
- Kazanı, basıncıyla uyumlu bir şekilde, kazan domundaki toplam çözülmüş katı madde miktarının müsaade edilen en yüksek seviyesinde çalıştırınız. Blöf miktarını bu sınırlara



ulaşacak şekilde ayarlayınız. Eğer blöf sürekli değilse toplam çözülmüş katı madde miktarı sık sık kontrol edilmelidir.

- Kondens geri kazanım oranını arttırmaya çalışınız. Böylece yapılacak blöf miktarı düşer, besleme suyu sıcaklığı artar. Fabrikanın su ihtiyacı azalmış olur.
- Suyun demineralizasyonu işleminin yatırım ve çalışma maliyetlerini, blöf kayıplarının azalmasıyla oluşacak kazançlarla karşılaştırmak için ekonomik değerlendirmeleri yapınız.
- Kazanınızın üretici firmasının belirttiği toplam çözülmüş katı madde değerlerini kendi değerlerinizle karşılaştırınız. Sürekli çalışma koşullarında firmanın belirttiği en yüksek değerleri aşmayınız.

#### **2.1.4. Su Tarafındaki Kazan Borularının Temiz Tutulması**

##### **2.1.4.1. Kazan Taşı Oluşumunun Önlenmesi**

Kazanlarda su tarafında kazan taşı oluşumunun önlenmesiyle çok küçük kazanlarda bile önemli kazançlar sağlanır. Kazan borularındaki taşlaşma, boruların ısı transferine karşı dirençlerini artırır. Bu artış baca gazı sıcaklığının yükselmesine neden olur. Böylece baca gazı kayıpları da artar. Devamlı kontrol edilmesi gereken faktörler; taşlaşma kalınlığı ve birikimin kimyasal bileşimidir.

1 mm'den az olan taşlaşma tipik buhar üretim ve dizayn ısı transfer oranları için normal kabul edilir. Buhar sıcaklığı ve baca gazı sıcaklığı arasında 15°C-20°C sıcaklık farkı olması beklenir ve bu sayedeki taşlaşma nedeniyle meydana gelen enerji kaybı genellikle % 1 'in altında olur .

Taşlaşmanın yarattığı ısı direnç, besleme suyundaki kimyasal maddelerin cinsine bağlıdır. Bu nedenle taşlaşma kalınlığı ile enerji kaybının ilişkisini gösteren standart grafikler yapılamaz. Bununla beraber taşlaşmanın çok yoğun olduğu şartlarda bazen baca gazı sıcaklığı 100°C kadar daha yükselir. Bu da ilave olarak % 3-4 ekstra kayba neden olur .

Taşlaşmanın bu seviyeye yükselmesi tehlikelidir. Yanma ısısının taşlaşmadan ötürü tam olarak suya aktarılamaması nedeniyle boru yüzeylerinin sıcaklığı çok yükselir ve 350°C-400°C'ların üstüne çıkar. Çelik bozulmaya ve çatlamaya başlayabilir. Bu da patlama riski meydana getirir. Güvenlik açısından ve aynı zamanda enerji verimliliği açısından bakıldığında kazan taşı oluşumunun önlenmesi çok önemlidir .

#### **2.1.4.2.Öneriler**

- Yılda bir kez (işletmede problemler çıkıyorsa daha sık aralıklarla) fabrikanın rutin olarak durduğu zamanlarda kazan iç yüzeyleri gözden geçirilmelidir .
- Baca gazı sıcaklığı dikkatli olarak izlenmelidir. En küçük kazanlarda bile monte edilen basit bir termometre yardımıyla sıcaklık düzenli olarak kontrol edilmelidir. Büyük kazanlarda baca gazlarının sıcaklığını kontrol için termokupl monte edilir .
- Eğer baca temizliği yapıldıktan sonra bile baca gazı sıcaklığı artmaya devam ediyorsa, bunun nedeni boru iç yüzeylerinin kirli olmasındandır. Eğer sıcaklık fuel oil ateşlemeli kazanlarda 350°C üzerine çıkıyorsa o zaman emniyet nedeniyle buhar üretimi azaltılmalı ve en kısa sürede kontrol edilip iç yüzeylerin temizliği yapılmalıdır
- Su tasfiyesine gereken dikkat gösterilmelidir. Kalitesi kötü sular patlama dahil, kazanda tahribata neden olabilir. Eğer su tasfiyesinin kontrolüne rağmen kazan taşı meydana geliyorsa o zaman daha iyi bir metot bulmak için, su tasfiye uzmanlarına başvurmalıdır.
- Kazan taşları kapalı sistem çalışan sıcak su tesislerinde de daima birtakım risklere neden olur. Ham su genellikle kazan taşı ve pasa karşı katkı maddeleri ile kullanılır. Sistemde fazla kaçak olmadıkça genellikle iyi çalışır. Kaçaklar varsa daha fazla ilave su konur bu da taşlaşmanın artmasına neden olur. Tasfiye edilmeyen su sisteme oksijen getirdiği için, iç bölgelerdeki korozyon hızlanır sık sık kaçaklar meydana gelir. İyi bir bakım ve kaçaklara anında müdahale bu tip sistemlerde taşlaşmayı minimuma indirir .

#### **2.1.5. Isı Transfer Yüzeylerinin Temiz Tutulması**

Su borulu kazanlarda kazan taşlarının oluşması ısı iletimini engellediği gibi, kül ve kurum parçacıklarının boru dış yüzeylerinde birikmesi nedeniyle de su ve yanma gazları

arasındaki sıcaklık farkını artırır, dolayısıyla sonuç olarak da kazan verimliliği düşer. Bu nedenle ısı transfer yüzeylerinin temiz tutulması gereklidir. Gazla çalışan kazanlarda genellikle bu problem yoktur, ancak fuel oil veya kömürle çalışan kazanlarda bu konu özellikle önemlidir .

#### **2.1.5.1. Bazı Pratik Açıklamalar**

İlk olarak baca gazı sıcaklığı dikkatli olarak izlenmelidir. Çok küçük kazanlarda bile daimi sıcaklık göstergeleri bulunmalıdır. Bunlar fazla pahalı cihazlar değildir. Isı transfer yüzeyleri temizlendikten hemen sonra sıcaklık ölçülmeli ve yavaş yavaş kirlenme arttıkça sıcaklığın yükselişi takip edilmelidir. Baca gazı sıcaklığı,kazanın buhar yüküne bağlı olarak da değişir, bu nedenle okunan sıcaklıkların, buhar üretimi ile aynı paralellikte artıp artmadığı kontrol edilmelidir .

Baca gazı sıcaklığı yüzeyler temizken olması gereken sıcaklığın 30°C kadar üstünde ise kazanın temizlenmesi gerektiği ortaya çıkar. Bu noktada, iyi ayarlanmış bir kazan için ekstra kayıplar % 1.2 civarındadır.

Fuel oil ile çalışan bir kazanın temizliğini korumanın en iyi yolu uygun brülör ayarlarının yapılmasıdır. Duman testi cihazı kullanarak ayar yapılabilir. Bacadan koyu siyah duman çıkıyorsa, bu istenilmeyen kurum oluşturan bir durumdur. Çıkan dumanın görünüşünü havanın aydınlığı ve gökyüzünün doğal hali etkileyebilir (mavi, gri, bulutlu). Bakımı iyi yapılan ve iyi işletilen bir brülörün çalışması sırasında baca gazının ölçülen isliliği Bacharach Scalasından genellikle 4-5 değerinde olur .7'nin altındaki değerlerde ciddi kurum oluşumu durumu yoktur. 5 civarında değer okunmuşsa genellikle haftada bir kurum temizliği yeterlidir.

Ağır fuel oil kullanan kazanlarda genellikle oluşan kül, çok küçük miktarda da olsa, serpantin boruları gibi kazanın en sıcak kısımlarındaki tortu ve korozyonların nedeni olabilir. Maalesef, bu soruna etkili bir çözüm bulunamamıştır. Yakıt katkı maddelerinin her zaman kullanılmasının faydalı olduğu söylene de, bunlar oldukça pahalıdır ve tam olarak etkili olamamaktadır. Gerçekte, bazı katkı maddeleri yüksek ölçüde kül içerirler. Bunun sonucunda daha az kül yerine yüksek oranda kül birikimi meydana gelebilir.

Kömürle çalışan kazanlarda; borularda biriken kurum ve kül en azından günde bir defa temizlenmelidir. Kurum üfleyen ekipmanlar küçük duman borulu kazanlarda bile oldukça faydalıdır. Basit sabit cihazlar küçük kazanlar için ucuz ve uygundur. Buna karşılık büyük kazanların, baca gazı sıcaklığına göre operatör tarafından çalıştırılan, ya da sabit aralıklarla çalışan otomatik sistemlerle teçhiz edilmesi en iyi yön- temlerdendir.

Buhar üflemeli temizlik pahalı değildir, fakat bazen basınçlı hava sistemi tercih edilir, çünkü buharın yoğunlaşmasıyla oluşan su birikintilerin topaklaşmasına neden olarak daha fazla temizlik yapılmasını imkansız kılabilir. Üfleme için kullanılan buhar miktarı ölçülmelidir. Kesikli yüksek basınçlı hava kullanan kesikli üflemeli sistemler (air puff systems) hava akışını minimumda tutmak için dizayn edilmiş sistemlerdir.

Ekonomizer alımında özel itina gösterilmelidir. Bunlardan geniş yüzeyli olanlarda (kanatlı borulu) kanatlar arasında kolayca bazı birikimler olabilir. Bu da ciddi işletme sorunları doğurur. Sistem sıcaklığının düşük olduğu durumlarda, su püskürtme cihazı ile periyodik yıkama yapmak düşünülebilir.

#### **2.1.5.2. Öneriler**

- Bacalara termometre konarak baca gazı sıcaklığı izlenmelidir. Baca gazının müsaade edilebilen maksimum sıcaklık değeri tespit edilmeli ve kazan işletme personeline temizlik veya kurum üfleme konusunda gerekli tavsiyelerde bulunulmalıdır .
- Fuel oil ile çalışan sistemlerde duman testi uygulayarak brülör ayarları yapılmalıdır. Duman testi 5 civarında, oksijen içeriği ise 3-4 civarında tutulmaya çalışılmalıdır. Eğer bu değerler sağlanamazsa, yakıt basıncı ve sıcaklığı kontrol edilmeli, brülör parçaları incelenmeli, hava vanaları kontrol edilmeli ve gerekli diğer tüm bakımlar yapılmalıdır.
- Kömür ile çalışan kazanlarda uygun işletme ile, uçucu kül miktarı ve kömür tozları miktarı azaltılmalıdır .Yüklemenin elle yapıldığı sistemlerde kömür tabakaları eşit kalınlıkta olmalı ve buhar üretim hızında ani değişimlerden kaçınılmalıdır.
- Isı transfer yüzeyleri sık sık temizlenmelidir. Eğer kazanı durdurup elle temizlemek çok zor oluyorsa, çalışma anında kazanla birlikte çalışan kurum üfleyicileri düşünülmelidir. Bacagazı sıcaklığının düşürülmesinden elde edilebilecek tasarruflar,

kurum üfleme veya temizleme işlemleri ile 30°C sıcaklıklarda düşme olacağı kabulü yaparsak, bu serinin 15-18 nolu sayılarından faydalanarak hesaplanabilir.

- Kurum üfleyci elemanların fiyatları için satıcılarla temas kurmalıdır. Sonradan monte edilen üfleycilerin ekonomikliği araştırılmalıdır .

### **2.1.6. Blöf'ten Isı Geri Kazanımı**

Buhar üretme prosesinin kazan suyunda çözülmüş ve süspansiyon halde bulunan katı parçacıklar oluşturması kaçınılmazdır. Belirli bir konsantrasyon seviyesinin üzerinde katı parçacıklar kazanın içinde bir tortu oluşturabilirler ve kazan borularının içinde birikerek ısı transferini yavaşlatır ve aşırı ısınmaya neden olabilirler. Bunlardan başka yüksek konsantrasyondaki katı parçacıklar buhar hatlarına su taşınmasına da neden olabilirler. Buhara su karışmasının kazanda çok fazla su seviyesi, aşırı alkalilik gibi başka nedenleri de olmakla birlikte bu duruma çoğunlukla aşırı çözülmüş veya asılı halde bulunan katı parçacıklar sebep olmaktadır.

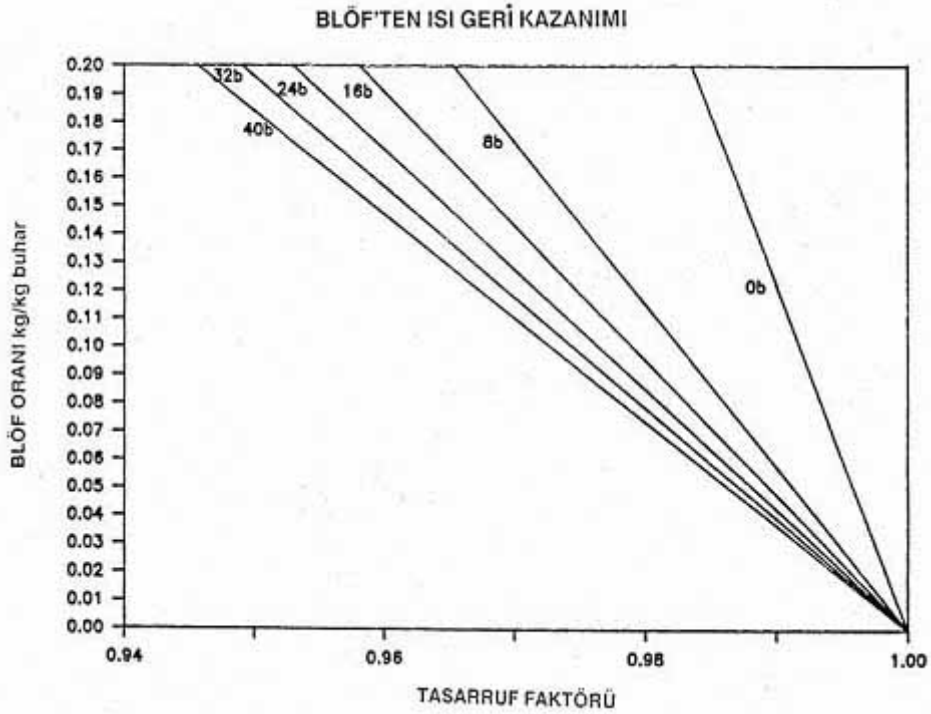
Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı katı parçacık konsantrasyon seviyesinin kontrol edilmesi gerekmektedir, bu da blöf yapılarak gerçekleştirilir .Kazanın alt seviyesinde kirliliğin yoğun olduğu bölgeden bir miktar kazan suyu konsantrasyon seviyesine bağlı olarak belli aralık ve sürelerle deşarj edilir, bunun yerini taze besleme suyu alır, böylece kazan suyundaki toplam çözülmüş katı parçacık konsantrasyonu optimum seviyede kalır.

Bazı kazanlarda sistem gereği devamlı blöf yapılır. Bunlar büyük ve yüksek basınçlı kazanlardır. Bu ünitelerde ısı geri kazanım sistemleri uygulayarak, blöfden dolayı meydana gelen enerji kayıplarını minimum düzeye indirebiliriz. Birçok ısı geri kazanım sistemleri; sıcak blöf suyunu besleme suyunun ön ısıtmasında kullanan basit ısı eşanjörlerinden ibarettir. Bazı sistemlerde flaş buharı başka yerlerde kullanmak için, flaş tankı vardır.

### 2.1.6.1. Tasarruf Hesapları

Normal şartlarda sistemin madde ve ısı dengesi çıkarılarak, blöfden ısı geri kazanım potansiyeli hesaplanabilir. Buna ilave olarak, tasarruf imkanı, buhar maliyetinin tasarruf maliyet faktörü ile çarpılması sonucu bulunur.

Grafikte çeşitli sistem buhar basınçları için blöf oranına göre tasarruf faktörleri gösterilmiştir. Grafikte % 70 oranında ısının geri kazanılabileceği varsayılmıştır .



Şekil 2.6. Blöf'ten ısı geri kazanımı.

Örnek ;

- Bir buhar kazanımının blöf oranı % 12, Sistem basıncı 16 bar , buhar maliyeti fuel oil fiyatına göre 0.078 olarak hesaplanmış olsun. Blöfden ısı geri kazanım sistemi kurarak ne kadar enerji tasarrufu sağlayabiliriz? (Fuel oilin fiyatı 335,50 TL/ton kazan kapasitesi 20 ton/saat ve yıllık çalışma süresi 8000 saat ise);

Grafikte tasarruf faktörü 0.975 dir (% 2.5 lik buhar maliyeti indirimi gösterilmiştir).

Böylece:

Orijinal Buhar Maliyeti = 0.078 x 335,50 = 26,16 TL/ton

Yeni Buhar Maliyeti =  $26,16 \times 0.975 = 25,51$  TL/ton

Tasarruf =  $0,65$  TL/ton

=  $0,65 \times 20 \times 8000 = 104000$  TL/yıl (49289 Euro/yıl)

-Yüksek basınçta çalışan sistemlerde blöfden ısı geri kazanımı genellikle çok daha avantajlı olabilir. Kazan çalışma basıncı 40 bar, blöf oranı %10, buhar maliyet faktörü 0.098 (Teknik Bilgiler Serisi No:11 den) ve yakıt maliyeti 335,50TL/ton olsun. Kazan 20 ton/saat kapasiteli ve 8000 saat/yıl işletilmektedir .

Tasarruf imkanları aşağıda hesaplanmıştır.

Orijinal buhar maliyeti =  $0.098 \times 335,50 = 32879$  TL/ton

Tasarruf Faktörü = 0.973

Tasarruf =  $0.027 \times 32879 = 0,887$  TL/ton

Yıllık Tasarruf =  $0,887 \times 20 \times 8000$

=  $141.920$  TL/yıl (67.260 Euro/yıl)

### 2.1.6.2. Öneriler

- Bu sayıda anlatılan metodu kullanarak blöf oranı ve bununla ilgili enerji kayıp miktarını hesaplayınız.
- Eğer blöf fazla ise, su tasfiye sistemlerini gözden geçirin ve kondensat geri dönüşlerinin mümkün olan en yüksek değere ulaştığından emin olunuz.
- Su arıtma sisteminin iyileştirilmesine alternatif olarak ısı geri kazanma sistemiyle birlikte sürekli bir blöf sisteminin kurulması seçeneğini ele alınız.
- Isı geri kazanımından dolayı ne kadar tasarruf yapılacağını hesaplayınız.
- Isı geri kazanım sistemi ve sürekli blöf kurmak için gereken malzemenin (boru, ısı eşanjörü, kontrol sistemleri) maliyetlerini üreticilerden öğreniniz.
- Kazan suyunun iyileştirilmesi veya blöften ısı geri kazanımı veya mümkünse her ikisi birden kurulduğunda geri ödeme sürelerini hesaplayın ve hangi seçeneğin en ekonomik olduğunu karşılaştırarak bulunuz.

## **2.2. Buhar Tesisatında Enerji Verimliliği**

### **2.2.1. Tesisatta Buhar Kayıpları ve Giderilme Yöntemleri**

Buhar; çok verimli ve kolaylıkla kontrol edilen bir ısı transfer akışkanı olup, merkezi bir yerden elde edilerek havanın suyun ısıtılmasında veya proses uygulamalarında kullanılmaktadır. Örneğin buhar kazanının yanma odasında ısı, kazan tüplerinden suya transfer olmaktadır. Kazandaki daha yüksek basınç, buharı dışarı ittiği zaman dağıtım sisteminin borularını ısıtmakta, ısı buhardan boru yüzeyleri boyunca daha soğuk çevre havasına transfer olmaktadır. Söz konusu ısı transferi buharın bir kısmını tekrar suya dönüştürmektedir. Bu nedenle dağıtım hatları, bu israf edilen ve istenmeyen ısı transferini en aza indirmek için, genellikle yalıtılmaktadır.

Buhar, sistemdeki ısı eşanjörlerine ulaştığında durum farklıdır. Burada buhardan ısı transferi arzu edilmektedir. Isı, bir hava ısıtıcısındaki havaya, su ısıtıcısındaki suya transfer olmaktadır. Buhar sisteminde ısı transferi neticesi, kondens oluşmaktadır. Buhar, radyasyon ısı kayıpları nedeniyle dağıtım hatlarında veya ısıtma ve proses ünitelerinde gereken enerjiyi karşılamak üzere gizli ısını vererek kondense dönüşmektedir. Buhar kondense dönüştüğünde ve gizli ısını verdiğinde sıcak kondens hemen tahliye edilmelidir. 1 kg kondensdeki mevcut ısı 1 kg. buharla mukayese edildiğinde ihmal edilebilir olmasına rağmen, kondens sıcak sudur ve kazana geri gönderilmelidir. Buhar borularının alt yüzeyinde biriken kondens, literatürde su koçu veya koç darbesi olarak adlandırılan olaya neden olabilir. Koç darbesi; yüksek hızla (150 km/h) hareket eden buharın bu kondensin üzerinden geçerken dalgalar oluşturması ile başlayıp, kondensin çoğalması ve yüksek hızlı buharın sürüklenmesi ile önüne çıkan kondensi de kaldırarak büyüyen tehlikeli bir su kütlesi oluşturmasıdır. Bu olay neticesinde, boru fittings'leri, regülasyon vanaları ve diğer benzer ekipmanlar tahrip olabilmektedir.

Buhar, buhar sıcaklığının altına düşmüş kondensle temas ettiğinde, termal şok olarak bilinen başka bir koç darbesine neden olabilir. Buhar, kondensden çok daha fazla hacim kaplar ve aniden çöktüğünde, sistem boyunca şok dalgaları gönderebilir. Koç darbesinin bu şekli ekipmanlara zarar verebilir bu da kondensin sistemden tahliye edilmediğinin göstergesidir. Ayrıca ısı transfer ünitesindeki kondens bir hacim kaplar ve ekipmanın fiziksel boyutunu-kapasitesini düşürür. Kondensin süratle boşaltılması, ünitenin buharla



dolmasını sağlar. Buhar yoğuştuğunda, ısı eşanjörünün içerisinde bir su filmi oluşturur. Yoğuşamayan gazlar sıvıya dönüşmezler ve yer çekimi ile akamadıklarından ısı eşanjörü yüzeyindeki kir ve pullanma üzerinde ince bir film olarak birikirler.

Genellikle dışarı atılan kondensin tamamının geri döndürülmesi, tesisatta bulunan boru ve diğer ekipmanların (vana, armatür vs..) yalıtılması, enerji kaybını gidermede zorunlu hale gelen uygulamalardır.

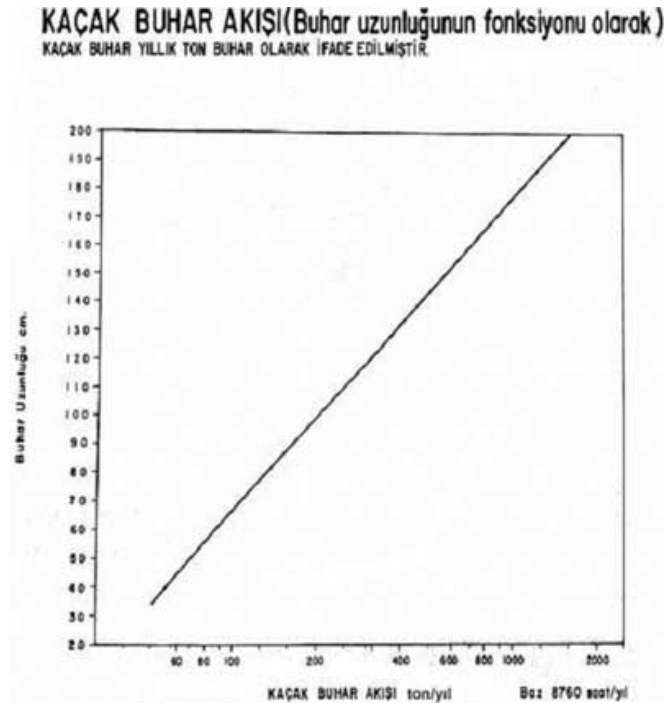
#### **2.2.1.1. Buhar Kaçaklarının Giderilmesi**

Birçok fabrikada kayda değer enerji kayıplarını, buhar borularının vanalarında, flanş ve diğer bağlantı noktalarında meydana gelen çok sayıda küçük boyutlu buhar kaçakları oluşturur. Kimi yöneticiler bu küçük kaçakların önemsiz ve tamirinin gereksiz olduğuna inanırlar. Fakat hepsi bir araya geldiğinde, çok büyük boyutlarda enerji tasarrufu potansiyelinin olduğu durumlar ortaya çıkmaktadır.

#### **2.2.1.2. Kaçak Miktarının Hesaplanması**

Buhar kaçaklarının olduğu bir deliğin çapını ölçmek her zaman kolay olmayabilir . Bunun yanında bir kaçaktan fışkıran buharın uzunluğunu (plume) hesaplamak genellikle daha kolaydır. Bu hesaplama bize buhar kaçağının miktarını kaba bir şekilde verir .

Grafik, kaçak buhar akışı oranını (ton/yıl) buhar uzunluğunun (cm) bir fonksiyonu olarak vermektedir .Grafikteki doğru, yıllık 8760 çalışma saati baz alınarak verilmiştir. Buhar uzunluğu buharın avuç içinde su damlacıkları oluşturdukları noktaya kadar olan uzaklıktır. Bu uzunluk da gözle görülebilir buhar uzunluğundan biraz daha fazla olabilir. Buharın maliyetini biliyorsanız buhar uzunluğunu ölçerek buhar kaçağının yıllık maliyetini kolayca hesaplayabilirsiniz.



Şekil 2.7. Buhar uzunluğuna göre kaçak buhar akışı.

### Örnek

Buhar uzunluğu 50 cm olarak ölçülmüş olsun. Buhar maliyetiniz de 30 milyon/ton civarında ise bu boyuttaki buhar kaçağından oluşan kayıp ne kadardır?

Grafikten kaçak buhar akış oranı 70 ton/yıl olarak bulunur. Kaybın parasal değeri ise:  
 $70 \times (30) = 2100$  TL/yıl (995 Euro/yıl) olarak bulunur.  
 Bu kaçağın onarılması görüldüğü gibi önemli para tasarrufu sağlar .

### 2.2.1.3. Öneriler

- Buhar sisteminizi düzenli şekilde inceleyiniz. Bütün önemli buhar kaçaklarını Listeleyip buhar uzunluklarını tespit ediniz. Verilen grafik yardımı ile yıllık buhar kaybını ve buna karşı gelen parasal değeri hesaplayınız. Tamiratlar için öncelikleri belirten bir liste oluşturunuz.

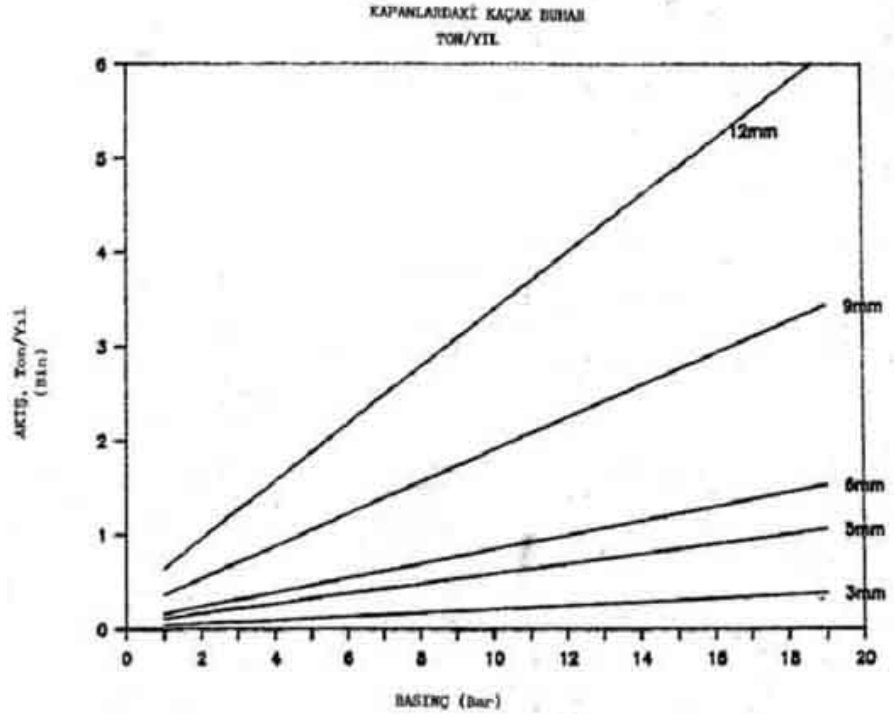
- Kimi tamiratlar için tüm buhar sisteminin devre dışı bırakılmasına gerek yoktur. Küçük bir kaçağın tamir edilmesi için kısa bir zamana ihtiyaç vardır. Genellikle küçük bir bölümünün vanasından buharının kesilmesi ile tamir edilebilmektedir.
- Sık sık oluşan buhar kaçaqları kaçınılmaz değildir. Aynı yerde sürekli oluşan buhar kaçaqları, buhar dağıtım şebekesinin bağlantı noktalarında veya bu noktalarda yapılan kaynağın istenilen şekilde olmadığını gösteren işaretlerdir.

### **2.2.2. Buhar Kapanlarının Kontrolü Ve Onarılması**

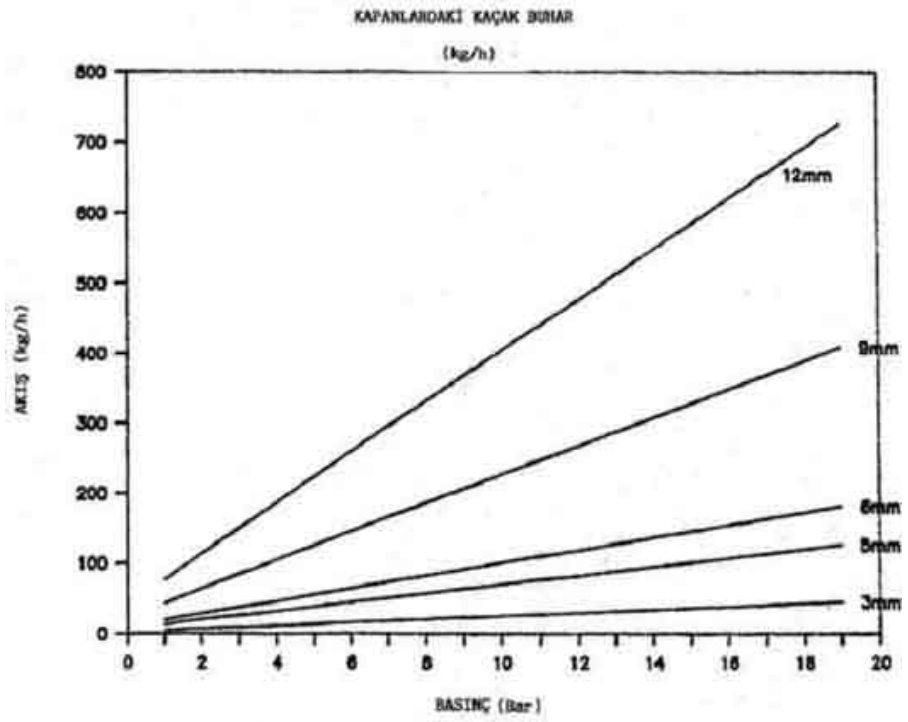
Bir buhar sisteminin verimli çalıştırılması için, iyi tasarlanmış buhar kapanlarına ve onların düzenli kontrolüne ve bakımına gerek vardır .Ancak bu şekilde gereksiz yere buhar kaybı olmadan kondensat ve hava hemen sistemden uzaklaştırılabilir .Fabrikalarda yapılan ilk etütler genelde buhar kapanlarının en az % 10 kadarının bozuk olduğunu ortaya koymaktadır. Düzenli olarak yapılan kontroller ve bakımlar, bozuk kapan sayısının % 1 oranında kalmasını sağlayacaktır .

Ayrıca, kondensatlar, radyasyon ve konveksiyon yoluyla enerji kaybederler. Yüzey enerji kayıplarını azaltmak için yapılan ızalasyon valflerin açılmasında gecikmeye neden olur. Bu nedenle termostatik kondensatların ızalasyonu tavsiye edilmez. Termostatik kondensatlar buhar sızıntısı yapmaz. Fakat yüklü bir durumda bir kısım buhar kaybolur. Ters kovalı kondensatlar düşük yüklerde sızdırma kanalı yoluyla buhar kaybederler. Termodinamik kondensatlar ise düşük yüklerde buhar kaybederler. Bu kayıplar normal yüklerde ortaya çıkmaz. Radyasyon kayıpları kondensatların küçük boyutları nedeniyle düşüktür.

Şekil 2.8.'de her zaman açık olan bozuk bir kapandan olacak buhar kayıplarını göstermektedir. Buhar akışı (ton/yıl) olarak gösterilmektedir. Şekil 2.9. ise (kg/saat) olarak verilmektedir .



Şekil 2.8. Kondenstoplardaki kaçaklar (ton/yıl cinsinden).



Şekil 2.9. Kondenstoplardaki kaçaklar (kg/h cinsinden).

### Örnek

Buhar maliyetinin 30 TL/ton olduğu bir fabrikada, 10 barlık bir buhar hattı üstünde bulunan bir buhar kapanı açık durumda kalmıştır. Kapanın orifis çapı 6 mm.dir. Kaybı bulunuz.

En üsteki grafik: 10 bar basınçta 6 mm'lik orifisten geçen buhar yaklaşık 860 ton/yıl.

$$\text{Kayıp} = 860 \times 30 = 25.800 \text{ TL/yıl (12227 Euro/yıl)}$$

Buhar kapanlarının geri ödeme süreleri oldukça düşüktür.

Kapanların Düzenli Olarak Kontrol Edilmesi, Bozuk Kapanların Hemen Değiştirilmesi fabrikaya büyük miktarda para ve enerji tasarruf sağlayabilmektedir.

#### 2.2.2.1.Öneriler

- Buhar kapanlarının düzenli olarak kontrol edilmesi ve onarılması için program oluşturun. Hatlardaki bütün kapanların ve proses ekipmanlarının kontrol edildiğinden emin olunması için bu programa rapor hazırlama sistemini de ilave edin, yapılan tasarrufların değerini gösteren bir rapor hazırlama sistemi kullanın.
- Fabrikanızda buhar kapanı sistemleriniz ile ilgili düzenli olarak bir takım sorular sormalısınız. Periyodik olarak yapılan buhar kapanı kontrolleri aşağıdaki soruların cevaplarını vermelidir.

a) Kapan tüm kondensatı uzaklaştırıyor mu ?

b) İşi bittikten sonra sıkıca kapanıyor mu?

c) Deşarj sıklığı kabul edilebilir ölçülerde mi? Çok sık deşarj, kapasitenin altında olduğunu, çok seyrek deşarj ise aşırı kapasite olduğunu ve/veya kapanın yetersiz çalıştığını gösterebilir .

d) Kapanda by pass sistemi (varsa) kapalı mı ve kapandan kaçak oluyor mu? Özel bir iş için uygun olmayan tipte bir kapan yerleştirildiği zaman bir çok sorun ortaya çıkabilir.

Tüm fabrikada hat üzerindeki ihtiyaçlara uygun tipte kapanlar kullanıp kullanmadığınızdan emin olun.

Grafiklerin hazırlanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır .

$$F = A.Cd.k. \sqrt{(P_0/V_0)}$$

$$F = \text{Akış, (kg/sn)}$$

$$A = \text{Delik alanı, (m}^2\text{)}$$

$$Cd = \text{Deşarj katsayısı, 0.62}$$

$$k = \text{Katsayı 203 (buhar için)}$$

$$P_0 = \text{Buhar basıncı, (bar)}$$

$$V_0 = \text{Özgül hacim, (m}^3\text{/kg) buhar}$$

Not : Yıllık akış için yılda 8400 çalışma saati esas alınmıştır .

### 2.2.3. Kondensatın Kazana Geri Gönderilmesi

Kazan beslemesinde soğuk su yerine sıcak kondens kullanıldığında buhar üretimi için daha az ısının gerekli olacağı açıktır. Kazana maksimum miktarda kondens geri dönüşü ile yakıt tüketimi teorik olarak % 10 ile % 30 arasında azalabilir.

Gerçekte sağlanabilecek yakıt tasarrufunun yüzdesi buhar sisteminin basıncına ve elde edilebilecek maksimum kondens sıcaklığına bağlıdır. Kondens, genellikle ekipman çıkışlarından ve buhar kapanları çıkışından atmosferik basınçta sistemden atılır. Kondens sisteminde basınç azaldıkça kondensin bir kısmı yeniden buharlaşır ve atmosferik basınçta suyun kaynama noktası olan 100°C'a kadar soğur. Yeniden buharlaşan kondens (yani flaş buhar) çoğunlukla atmosfere atılarak kaybolur. Kondens dönüş hatları genellikle oldukça uzun olduğundan, bu soğuma ve dolayısı ile buharlaşma kaçınılmazdır. Bu nedenle kazana geri dönen kondensin son sıcaklığı nadiren 85°C 'ın üzerinde olmaktadır.

Esas enerji kaybının kondensin bir miktarının yeniden buharlaşarak kaybolmasından kaynaklanması nedeniyle, kondensin kazan besleme tankına geri dönüncüye kadar basınç altında tutulması ile tasarruf sağlanabilir. Bununla birlikte basınç altında geri kazanımı başarmak her zaman kolay değildir ve buhar kapanlarında oluşan karşı basınç,

kapan kapasitesinin kabul edilemeyecek seviyelere düşmesine neden olur. Bu nedenle küçük fabrikalarda basınçlı geri kazanım sistemlerine nadiren rastlanır.

Prensipite, sıcak kondenssten, düşük basınçlı flaş buhar elde ederek enerjinin bir kısmını geri kazanmak mümkündür. Bu kondensin bir flaş tankında toplanmasıyla sağlanabilir. Tank içine alınan kondensattan basınç düşüştükçe oluşan buhar, tankın üzerinde toplanır ve buradan düşük basınçlı buhar sistemini besler. Geride kalan sıcak kondens tankın dibinden kazana alınır. Çoğunlukla 2 bar basınç veya daha az düşük basınçlı buhar ihtiyacı, bir flaş buhar geri kazanım sisteminin kurulması ve çalıştırılması için ekonomik olmaktadır.

Kondensin bir diğer kullanım imkanı da , fabrika içinde herhangi bir proses hattının ön ısıtmasıdır. Böylece kondens sıcaklığı 100°C nin altına düşer. O zaman kondens geri dönüşündeki flaş buharın miktarı (ve ilgili bütün kayıplar) hemen hemen ihmal edilebilecek seviyededir. Gıda üretim fabrikaları gibi bazı sanayi tesislerinde, geri dönen kondensin ısısının bir ısı değiştirici vasıtasıyla, prosese giren soğuk suya aktarımı ile proses için gerekli sıcak su ihtiyacı karşılanabilir. Kondensin doğrudan sıcak su olarak kullanımı nadiren tavsiye edilir, çünkü genellikle ziyan edilemeyecek kadar sıcak ve saftır.

En iyi kondens geri kazanım sistemlerinde bile, kazandan ayrılan buharın % 100 ünü geri kazanmak pek mümkün değildir. Bazı fabrikalarda suyu ısıtmak için su içine doğrudan taze buhar enjeksiyonu yapılır ve böylece bu buhar geri kazanım için kondens oluşturmaz. Kondensin yakıt veya proses sızıntıları ile kirletilmiş olma ihtimali olduğunda kazan besleme suyu sistemine geri dönüşüne müsaade edilmemelidir. Sonuç olarak, kondensin bir miktarı daima buharlaşma ve diğer nedenlerle kaybolacaktır. Kondens olarak geri kazanılan buharın oranı geri kazanım sisteminin verimliliğinin ölçüsüdür. % 85 den fazla verime ulaşmak pek olağan değildir.

Kazanılacak kondenssten sağlanacak tasarruf miktarının hesabı için aşağıda iki örnek verilmiştir.

**Örnek 1**

30 TL/ton maliyetindeki 8 bar basınçlı buhar kullanılan bir fabrikada kondens kazana döndürülmeyerek kanalizasyonlara atılıyor. Geri kazanılabilecek miktarın yılda 8400 saat için saat başına 15 ton olduğu tahmin edilmektedir. Kondens 85 oC ve kazan besleme suyu 15 oC dedir. Eğer kondens geri kazanılırsa tasarruf ne olur?

$$\begin{aligned} \text{Geri kazanılan ısı} &= \text{Kütle} \times (\text{Kondens sıcaklığı} - \text{Besleme suyu sıcaklığı}) \\ &= 15000 \times (85 - 15) = 1\,050\,000 \text{ kcal/h} \\ &= 1\,050\,000 \times 8400 = 8820 \text{ Gcal/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Buhar için gerekli ısı} &= \text{gizli ısı} + \text{duyulur ısı} \\ &= 486 + (175 - 15) = 646 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

$$8820\,000\,000$$

$$\text{Isı geri kazanım eşdeğeri} = \frac{\text{8820 000 000}}{646} \text{ kg buhar/yıl}$$

$$= 13\,653 \text{ ton buhar/yıl}$$

$$\text{Tasarrufun parasal miktarı} = 13\,653 \times 30 = 409.590 \text{ TL/yıl (194.118 Euro/yıl)}$$

**Örnek 2**

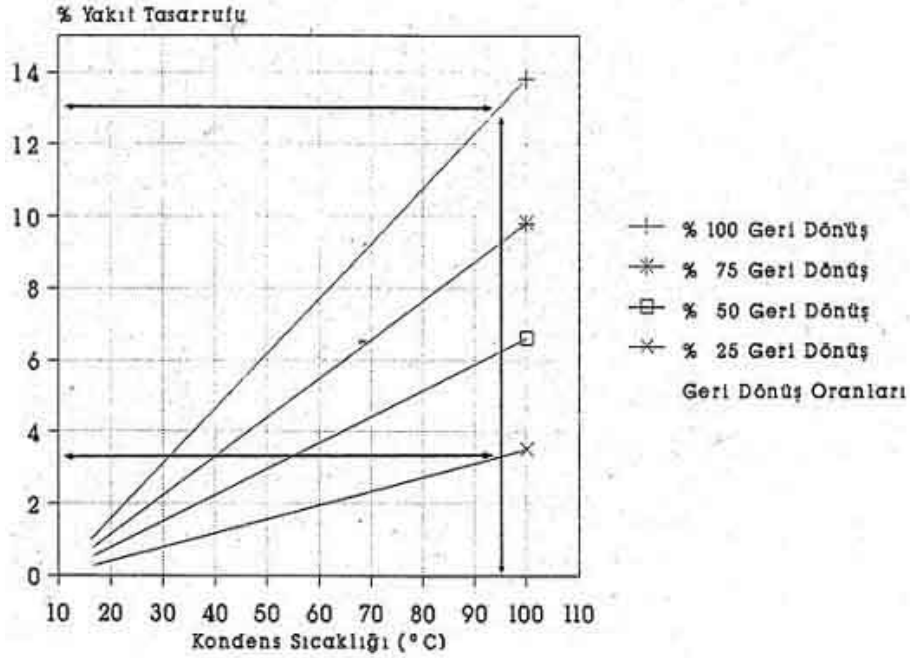
Şekilden atmosfere açık kondens sistemlerinde kondens geri kazanımının artırılması ile sağlanabilecek yakıt tasarrufları yaklaşık olarak bulunabilir.

Bir fabrikanın halihazırda 95 oC civarındaki kondensinin %25' ini geri kazandığını farz edelim. Bütün kondensi geri kazanacak yeni bir sistem kurulduğunu düşünelim. Ne kadar yakıt tasarrufu yapılabilir?

Şekilden kazan yakıt tüketiminin yaklaşık (13-3.3) % 9.7 si oranında azalacağı tahmin ediliyor.



### Kondens Geri Dönüşünün Artırılması İle Yakılan Yakıttan Tasarruf Miktarı (%)



Şekil 2.10. Kondens sıcaklığına göre yakıttan tasarruf oranları.

#### 2.2.3.1. Öneriler

- Eğer fabrikanızda kondens doğrudan kanalizasyona atılıyorsa muhtemelen büyük bir enerji tasarruf potansiyeli var demektir. Kondens geri kazanımı yoluyla sadece ısı değil aynı zamanda kazan besleme suyunun maliyetinde de tasarruf edilebilir. Sistemdeki buhar kullanan ekipmanlar incelenip kondensin geri kazanılabileceği bütün noktalar listelenmelidir. Geri kazanılabilecek miktarın tahmini yapılmalı ve geri kazanılacak tasarruf miktarı hesaplanmalıdır. Daha sonra bu tasarruf miktarı kondensi toplamak için tesis edilecek boru hattının maliyeti ile karşılaştırılarak buradan yatırımın geri ödeme süresi bulunabilir.
- Kondens geri kazanımı yakıt tüketimi veya buhar kadar dikkatle izlenmelidir. Su analizleri ile geri kazanım oranı hesaplanabilir. Ancak ölçüm aletlerinin kullanımı ve su balansının hesaplanması daha hassas sonuç verecektir. Geri kazanım oranı rutin kazan raporlarının bir parçası olmalıdır.

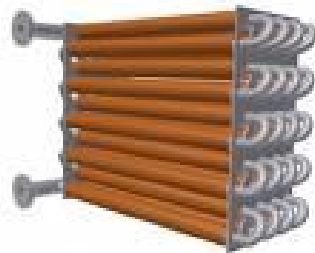
- Halihazırda bazı buhar ekipmanlarından kondensin geri kazanıldığı yerlerde bile hala daha fazla tasarruf imkanları olabilir. Bütün buhar ekipmanlarının listesi hazırlanmalı ve geri kazanım sistemine bağlı olmayanların kontrolü yapılmalıdır. Bazen mevcut hatların kısa mesafeli olmak şartı ile uzatılması ekonomik açıdan daha karlı olabilir.
- Kazana geri gönderilen kondensin sızıntılarla kirlenmiş olması, pahalı problemlere neden olabilir. Kondens kalitesinin dikkatli izlenmesi, gerçekten bir sızıntı riski olduğunda gereklidir.
- Kondens sistemine sızan kirliliğe bağlı olarak bir alarmı olan (örneğin kirlenmenin asitlerden mi yoksa başka elektrolitler tarafından mı oluştuğunu kontrol eden bir iletkenlik ölçer) uygun bir otomatik izleme cihazının bulunması yararlı olabilir.
- Eğer fabrikada kullanılan buhar çoğunlukla yüksek basınçta ise fabrikada sıcaklık ihtiyaçlarının çok yüksek olmadığı diğer bölümlerde bu yüksek basınçlı buharın kondensinden oluşan flaş buharın kullanılması için iyi bir fırsat var demektir.
- Bütün bunlara ilaveten, kondensat geri dönüş hatları ve toplama tankları da buhar hatları kadar iyi yalıtılmalıdır.

#### 2.2.4. Ekonomizer

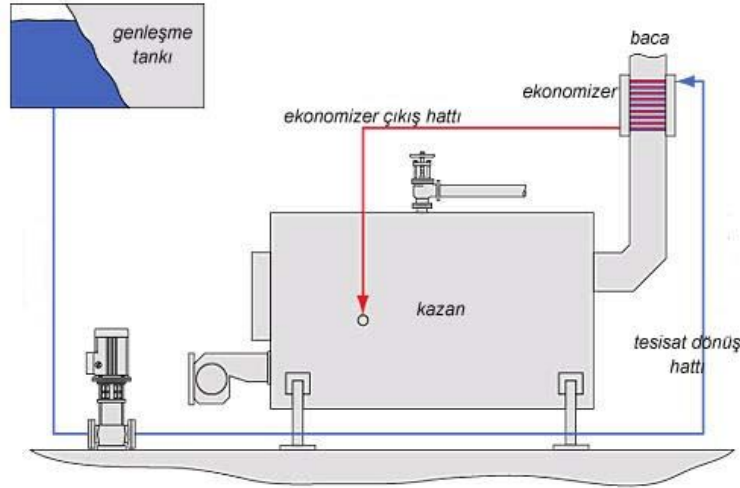
Kazan dairesinde kazan bacasına akuple edilerek, baca gazı sıcaklığı değerlendirilir. Mevcut kazanılan ısı ekonomizer içinden sirkülasyon yapan suya geçer ve verim elde edilir.

Bir kazandan bacaya verilmek üzere çıkan duman gazları genellikle kazan çalışma rejimi sıcaklığından 40°C ila 80°C daha yüksek olmaktadır.

Kazan çalışma sıcaklığı ve buna bağlı olarak kazan duman gazı çıkış sıcaklığı yükseldikçe, duman gazları vasıtasıyla çevreye atılan enerji miktarı da artmaktadır.



Bacadan atılan bu atık ısının bir kısmının geri kazanılması, kazan veya sistem verimini yükselterek yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Ekonomizerler, ısı, buhar veya güç üretim tesislerinde kazanlardan çıkarak bacaya verilen duman gazları üzerinde bulunan ısının bir bölümünü, Bünyelerinde sirküle eden suya aktarmak suretiyle, geri kazanmak amacıyla kullanılırlar.



Şekil 2.11. Ekonomizer sisteminin genel görünüşü.

Bir kazandan bacaya verilmek üzere çıkan duman gazları genellikle kazan çalışma rejimi sıcaklığından 40 C ila 80 C daha yüksek olmaktadır. Kazan çalışma sıcaklığı ve buna bağlı olarak kazan duman gazı çıkış sıcaklığı yükseldikçe, duman gazları vasıtasıyla çevreye atılan enerji miktarı da artmaktadır. Bacadan atılan bu atık ısının bir kısmının geri kazanılması, kazan veya sistem verimini yükselterek yakıt tasarrufu sağlayacaktır. Ekonomizerler, ısı, buhar veya güç üretim tesislerinde kazanlardan çıkarak bacaya verilen duman gazları üzerinde bulunan ısının bir bölümünü, bünyelerinde sirküle eden suya aktarmak suretiyle, geri kazanmak amacıyla kullanılırlar. Geri kazanılan bu ısı, kazan besleme suyuna verilebileceği gibi, tesiste ısıtma banyo yıkama vb. amaçlar için kullanılacak suya da verilebilir. Geri kazanılacak ısının hava veya bir gaza aktarılması söz konusu olduğunda ise hava ısıtıcılar kullanılır. Kazan duman gazı çıkış sıcaklığı, kazanın çalışma rejimine, kazanın bünyesel verimine, kazan-brülör uyumuna ve yakıt cinsine bağlı olarak belli bir büyüklükte olur. Ekonomizer gaz çıkış sıcaklığını ise kullanılan yakıtın cinsi ve ısının aktarılacağı akışkanın çalışma koşulları belirler.

Bir ekonomizerde geri kazanılabilecek ısının büyüklüğü, kazan duman gazı çıkış sıcaklığına bağlı olduğu gibi duman gazının ekonomizerden çıkış sıcaklığına da bağlıdır. Ekonomizere giren ve çıkan duman gazları sıcaklıkları farkı ne denli büyük olursa geri kazanılan ısı, dolayısıyla verim artışı da o denli büyük olur. Ancak korozyona sebep olabilecek asit gazlarının yoğunlaşmasını önlemek için atık gazların sıcaklıklarının belli bir derecenin altına indirilemeyeceği göz önüne alınmalıdır. Bir ekonomizerde, doğal gaz ve benzeri gaz yakıtlı kazanlarda 140 C, motorin, fuel oil ve kömür yakıtlı kazanlarda 220 C ve daha büyük duman gazı sıcaklıklarından ekonomik olarak yararlanmak olanaklıdır. Bir duman gazı ısı geri kazanım sisteminde ulaşılacak baca gazı sıcaklığının minimum seviyesi, kullanılan yakıtın cinsine bağlıdır. Ekonomizer gaz çıkış sıcaklığı, fuel oil yakıtlı kazanlarda 180 C, motorin yakıtlı kazanlarda 150 C doğal gaz ve LPG yakıtlı kazanlarda 110 C ye kadar düşürülebilir. Isı, buhar veya güç üretim tesislerinde ekonomizer kullanılmasıyla sağlanacak yararlar şunlardır: kazan duman gazı çıkış sıcaklığı ve yakıt cinsine bağlı olarak kazan veya tesis veriminde %3 ile %7 arasında verim artışı sağlanır. Sağlanan verim artışına bağlı olarak, aynı kapasite için daha az yakıt harcanması veya aynı miktarda yakıt harcama için daha fazla ısı üretimi gerçekleşir. Kazanılan ısının kazan vesleme suyuna verilmesi halinde, kazanın max. Yüklerde dahi zorlanmadan çalışması, değişik yüklere daha iyi bir şekilde uyum sağlaması ve kazan veriminin değişik yüklerde nispeten yüksek ve sabit kalması sağlanır. Optimal kapasitesinin üzerinde çalışan veya yapısı itibarıyla düşük verimli olan kazanlara ekonomizer ilavesi ile kazan kapasitesi ve verimi optimum düzeylere çıkarılabilir. Ekonomizer uygulama alanları, oldukça çeşitlidir. Önemli olan, sistemden geri kazanılan ısının, sistemin çalışma süresi boyunca kullanılmasıdır.

## **2.2.5. Flaş Buhar ve Flaş Buharla Enerjinin Geri Kazanılması Uygulamaları**

### **2.2.5.1. Flaş Buhar**

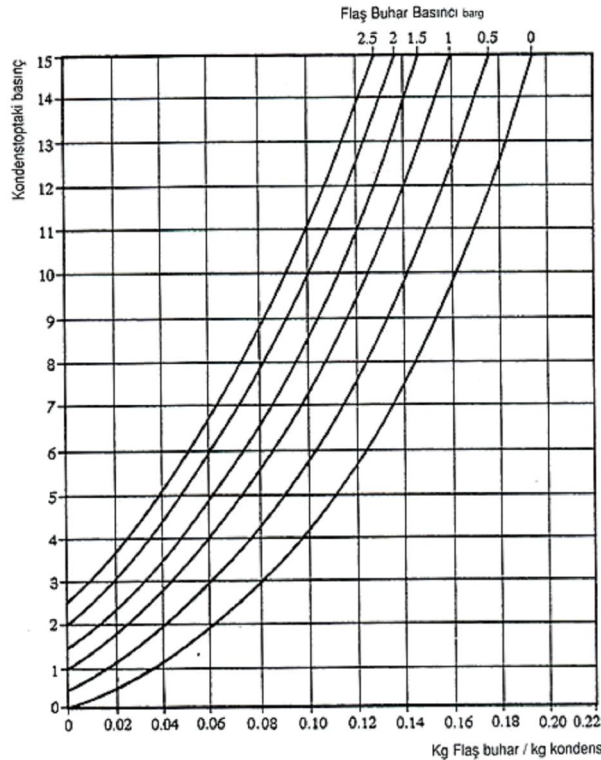
Isı transfer yüzeylerinden buharlaşmaya ısısını veren doymuş buhar, aynı basınçta kondens haline dönüşür ve doymuş su entalpisini içerir. Örneğin 7 bar basınçtaki kondensin entalpsi 721,4 kJ/ kg' dır.

Sıfır bar basınçtaki doymuş suyun entalpsi 419 kJ/ kg' dır. Eğer 7 bar basınçtaki kondens atmosfere yani sıfır basınçta serbest bırakılırsa  $721,4 - 419 = 302,4$  kJ/ kg

değerinde bir enerji açığa çıkar. Bu enerji, kondensin bir kısmını buharlaştırır. Bu buhara “Flaş Buhar” adı verilir.

Sıfır bar buharın buharlaşma entalpisi 2257kj/ kg’ dır. Yukarıdaki örnekteki Flaş Buhar Oranı:  $302,4/ 2257 = 0,134$ ’ dür.

Netice olarak 7 bar’ dan, 0 bar basınca boşaltılan kondensin % 13,4’ lük kısmı buharlaşmaktadır. Şekil 2.12.’ de daha düşük basınçlara boşaltılan kondensin flaş buhar oranı verilmektedir.



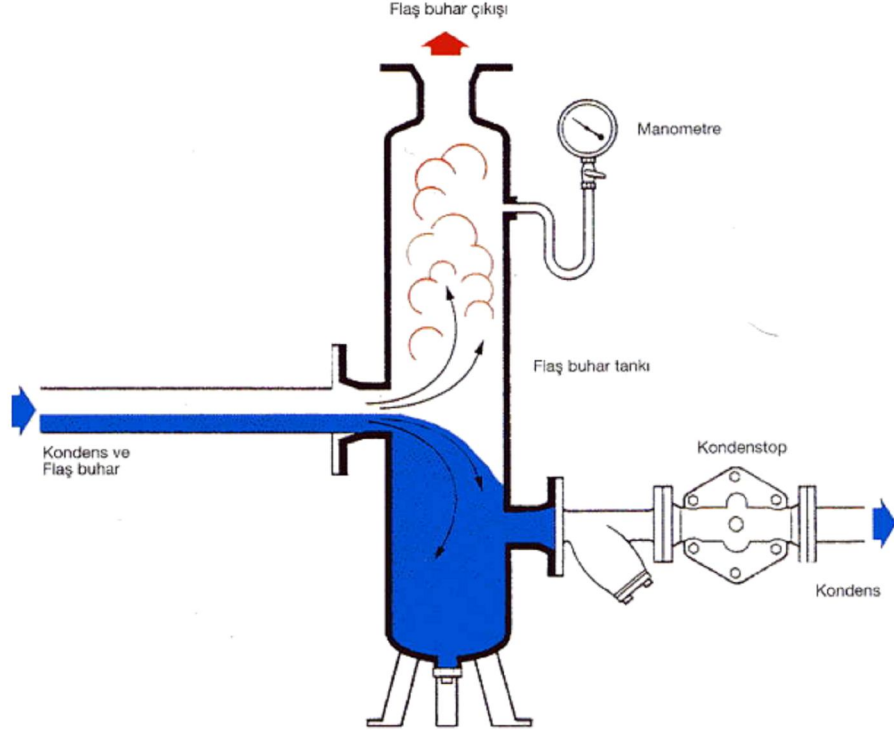
Şekil 2.12. Flaş Buhar/ kg Kondens oranları.

### 2.2.5.2. Flaş Buharın Kullanılma Nedeni

Bir buhar sisteminin verimliliğini yükseltmenin şekillerinden biri de flaş buharın kullanılması, yani flaş buharı kondens suyundan ayırarak daha düşük basınçta kullanarak değerlendirmektir. 9 bar basınçtan 2 bar basınca boşalan bir kondensin Flaş Buhar oranı 0,09’ dur ( Şekil 2.12. ). Sistemde 500 kg/ h buhar veya kondens yükü olduğunu varsayarsak elde edilecek flaş buhar miktarı :  $( 500 \times 9 ) / 100 = 45$  kg/ h’ dır. Flaş buharın kondensden ayrıştırılarak kullanılması demek aynı miktardaki buharın kazanda daha eksik üretilmesi, yani enerji tasarrufu demektir.

### 2.2.5.3. Flaş Buharın Elde Edilmesi

Yüksek basınçtaki kazan suyu veya kondenssten alçak basınçlı flaş buhar elde etmek için flaş tank kullanılır. Flaş tankın armatürleri şamandıralı tip buhar kapağı, emniyet vanası, basınç göstergesi ve boşaltma vanasından oluşur. Flaş tankına alttan, tank boyunun 1/3 oranında bir mesafede giren yüksek basınç ve hızdaki doymuş haldeki sıvıdan, basınç düşümü dolayısıyla, flaş buhar ortaya çıkar. Sıvı tankın altında toplanırken, buhar üstte toplanır. Tankın üstünden çekilen buharla birlikte sıvı sürüklenmemesi için, tanktaki buhar hızı çok düşük ( 3 m/ s ) olmalıdır. Flaş tank boyutlandırılmasında esas düşünce budur. Düşük ayrılma hızı daha kuru buhar elde edilmesine imkân tanır. Tablo 2.3.' de tank boyutları ve elde edilebilecek buhar miktarları gösterilmiştir. Alttan toplanan düşük basınçlı kondens alttan alınır. Flaş tankları blöfden ısı geri kazanmada ve açık devreli buhar sistemlerinde yüksek basınçlı kondenssten ısı geri kazanmada kullanılır. Bu tanklarda maksimum tasarım şartı 14 bar basınç ve buna karşı gelen 198 °C doyma sıcaklığıdır.

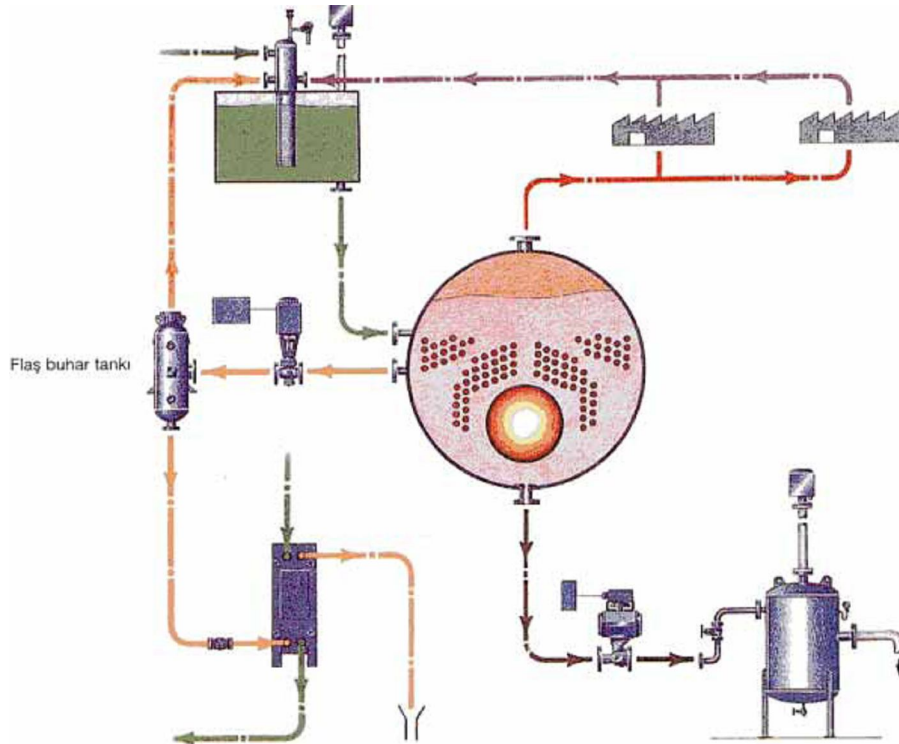


Şekil 2.13. Tipik bir flaş tankı.

Tablo 2.3. Flaş Buhar Tank Boyutları.

Çap mm	Yükseklik mm	Kondens Çıkış Çapı mm	Giriş Yüksekliği mm	Giriş ve Flaş Buhar Çıkış Çapı mm	Max. Kondens kg/ h	Max. Buhar kg/ h
150	1100	40	282	65	900	225
200	1100	40	290	100	2250	450
300	1150	50	307	125	4500	900
380	1200	50	330	150	9000	1400
460	1260	50	400	175	12700	2050
500	1400	65	450	200	15900	2400
600	1400	65	450	225	20400	3500
760	1400	80	450	300	34000	5600
920	1500	80	500	350	50000	8200

#### 2.2.5.4. Uygulama Örneği



Şekil 2.14. Flash buhar tankı uygulama örneği.

**Örnek:** 5 bar buhar ile çalışan bir ısı eşanjörünün buhar yükü 1500 kg/ h' dir. Kondens, 0,5 bar basınçtaki bir flaş buhar tankında ayrışacaktır. Flaş buhar tank çapı nedir? Şekil 2.12' den flaş buhar miktarı % 9' dur.

Flaş buhar miktarı:  $(1500 \times 9) / 100 = 135 \text{ kg/ h}$

Kondens miktarı:  $1500 - 135 = 1365 \text{ kg/ h}$

Tablo 2.3.' den seçilecek flaş tankı çapı 200' dür.

#### **2.2.5.5. Flaş Buhar Elde Edilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar**

**1-** Azami flaş buhar elde etmek için, azami kondens miktarı gerekir. Bu nedenle kondenstoplar karşı basınç ve kapasite dikkate alınarak özenle seçilmelidir. Ayrıca sıcaklık kontrol vanaları olan sistemlerde, vananın kapandığı anda basıncın düşeceğine dikkat edilmelidir.

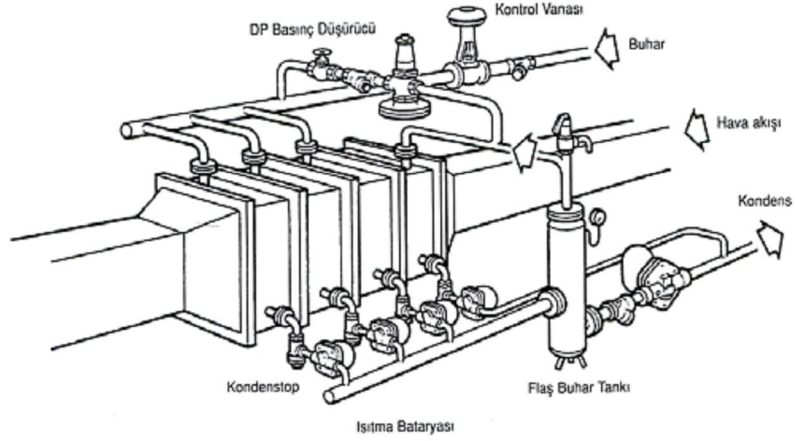
**2-** Flaş buharın kullanılacağı uygun bir kullanım alanı bulunmalıdır. Kullanım alanları flaş buhar miktarına eşit veya üzerindeki kapasiteler olmalıdır. Flaş buhar eksik kaldığı takdirde daha yüksek bir buhar hattından, basıncı düşürme yöntemi ile buhar sağlanabilir. Flaş buhar ihtiyaçtan fazla ise, flaş buharın bir kısmı dışarı atılmalıdır veya ısıtmada kullanılan flaş buhara yazın gerek olmadığı zaman geri kazanım sistemi etkisiz olacaktır. Netice olarak flaş buhar miktarı ihtiyaç kadar olmalıdır.

**3-** Flaş buharın kullanılması, yüksek basınçtaki kondensin çıkışına yakın olmalıdır. Düşük basınçtaki flaş buharın taşınması daha büyük çapları gerektirir ve yatırım maliyeti artar. Ayrıca daha büyük çaplarda oluşacak ısı kayıpları flaş buharın kazanılmasından elde edilecek yararları da azaltacaktır.



## 2.2.5.6. Flaş Buharla Enerjinin Geri Kazanılması

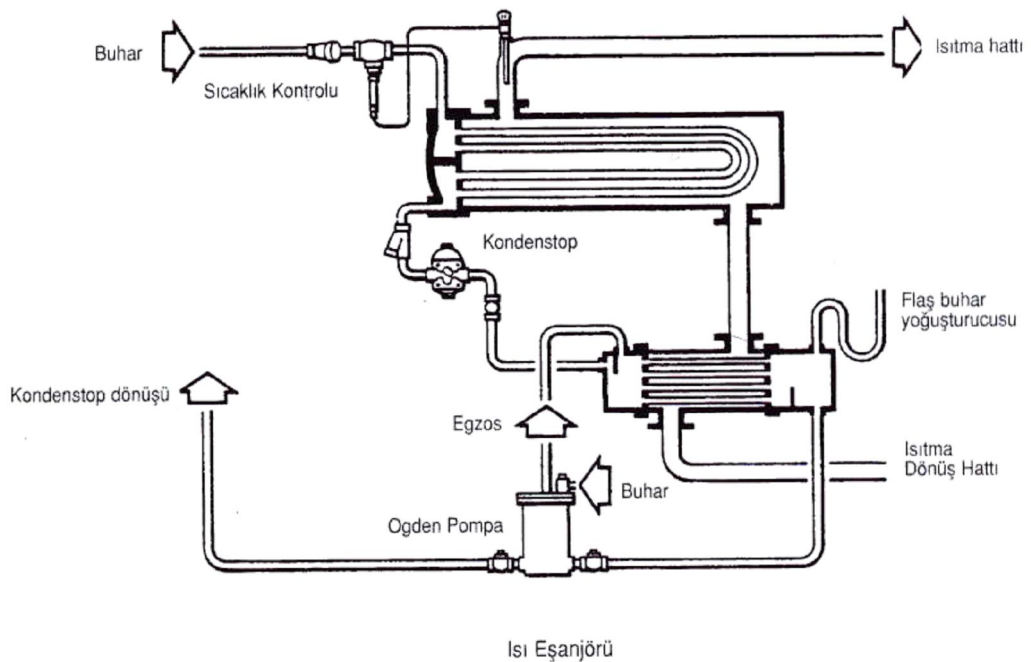
### 1- Isıtma Bataryalarında Uygulama



Şekil 2.15. Isıtma bataryalarında uygulama.

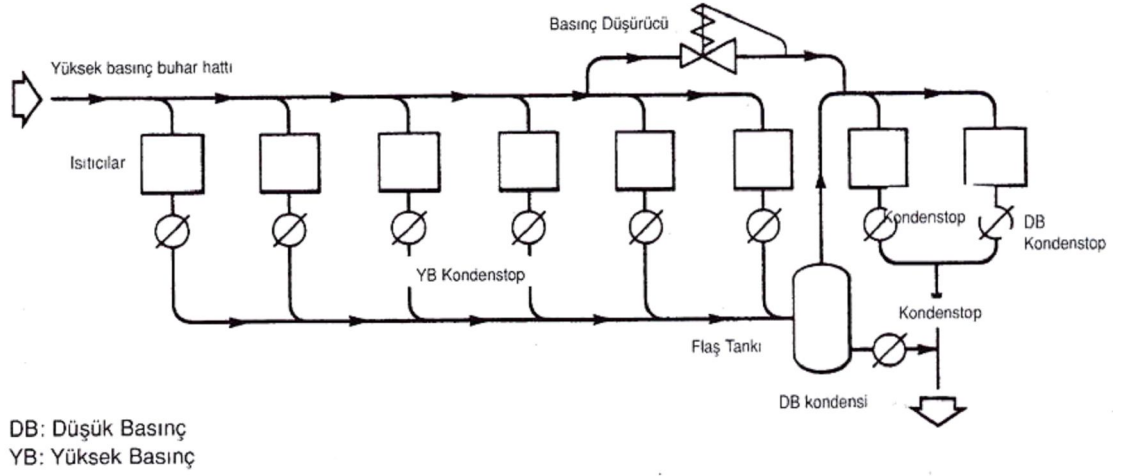
Yukarıdaki Şekil 2.15. de bir prosese yüksek sıcaklıkta hava sağlayan ısıtma bataryaları görülmektedir. Burada yüksek basınçtaki buhar ile ısıtma yapan bataryalardan alınan kondensatör düşük basınçta flaş buhar elde edilmektedir. Elde edilen flaş buhar bataryaya giren soğuk havanın ön ısıtılmasında kullanılmaktadır.

### 2- Eşanjörlerde Uygulama



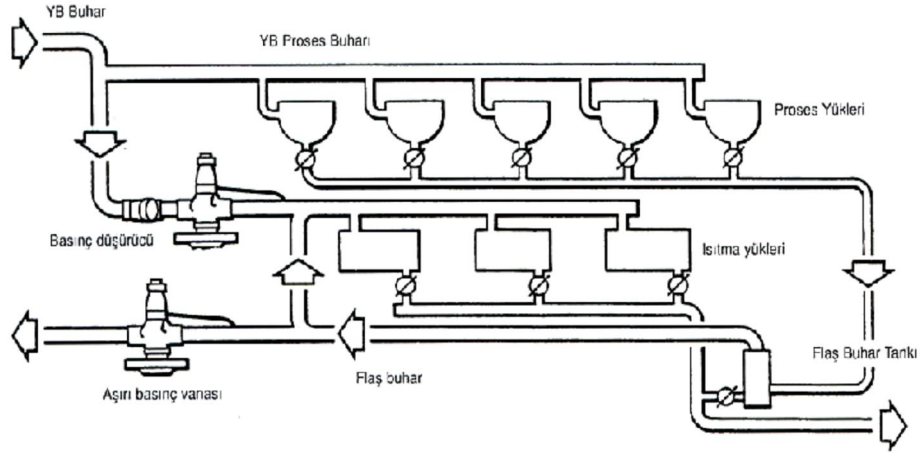
Şekil 2.16. Eşanjörlerde Uygulama.

### 3- Isıtma Cihazlarında Uygulama



Şekil 2.17. Isıtma cihazlarında uygulama.

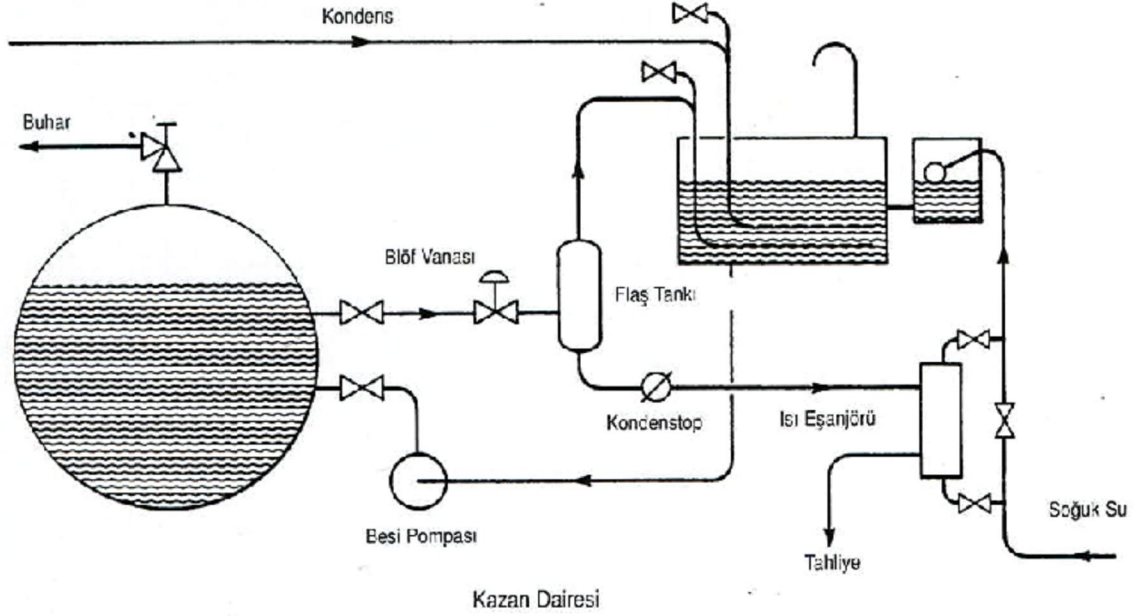
### 4- Ceketli Isıtma Kazanlarında Uygulama



Şekil 2.18. Ceketli ısıtma kazanlarında uygulama.

Ceketli ısıtma kazanları buhar ile ısıtılmaktadır. Burada oluşan kondensin bir kısmı flaş buhar tankında buhara dönüşmektedir. Bu flaş buhar Şekil 2.18' de görüldüğü gibi ısıtma sistemlerine gönderilmektedir.

## 5- Kazan Dairesinde Uygulama



Şekil 2.19. Kazan dairesinde uygulama.

Burada yüzey blöf sistemi ile dışarı atılan kızgın su flaş buhar tankından geçirilerek flaş buhar elde edilmektedir. Hiçbir ilave enerji harcamadan üretilen bu flaş buharı kazan besi suyunun ısıtılmasında kullanabiliriz.

### 2.3. Yalıtım

Tesisatlarda kullanılan borularda oluşabilecek ısı kaybı; boru ısı iletim katsayısına, boru içindeki akışkanın cinsine, akışkanın hızı ve sıcaklığına, dış havanın sıcaklık ve hızına, borunun yatay veya düşey olmasına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Isı kaybını giderebilmek amacıyla tesisatlarda boruların yalıtımında kullanılan başlıca ısı yalıtım malzemeleri

- Prefabrik kauçuk köpüğü
- Prefabrik polietilen köpüğü
- Prefabrik camyünü – taş yünü – cam köpüğü
- Prefabrik EPS – XPS
- Prefabrik poliüretan – fenol köpüğü
- Beyaz cam yünü veya taş yünü şiltesi
- Enjekte poliüretan
- Kalsiyum silikat

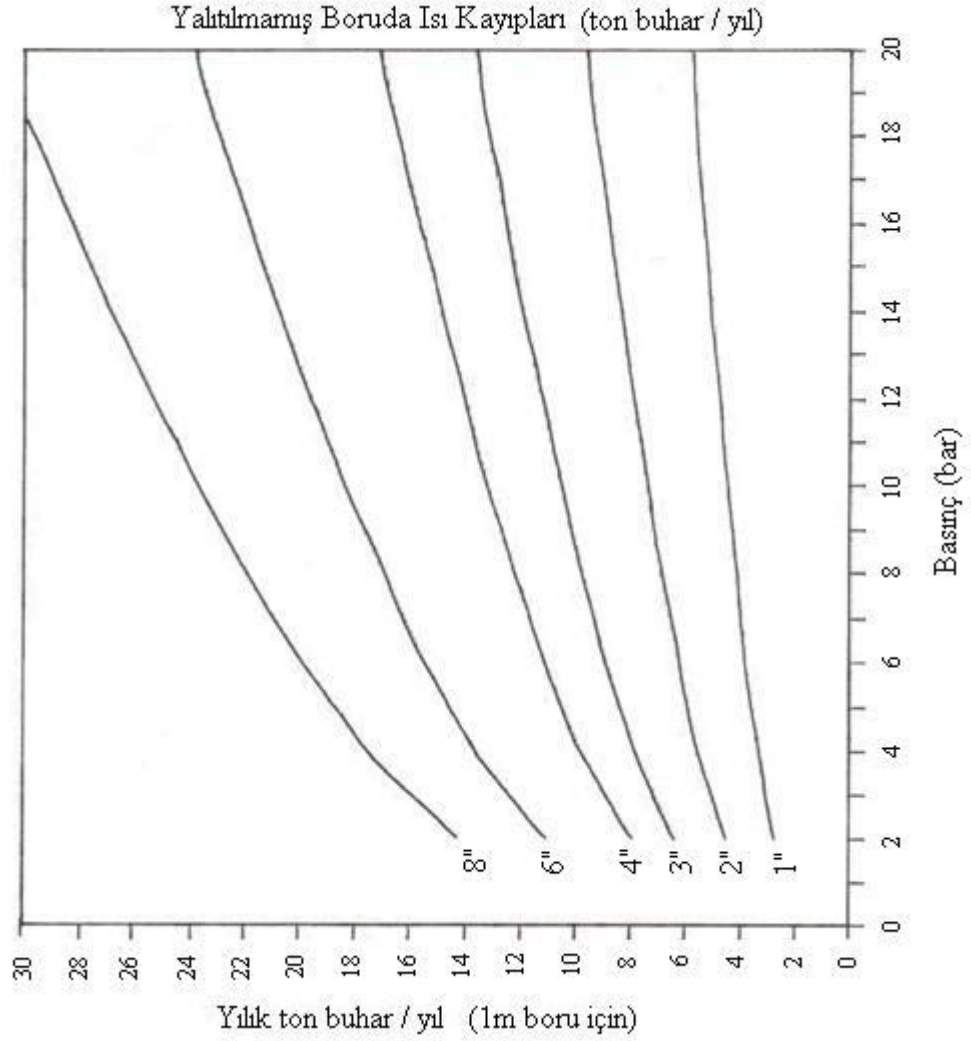
şeklinde sıralanabilir. Buhar ve kızgın su borularının yalıtımında, prefabrik camyünü, işletme sıcaklığı +250°C'yi geçmeyen boru yalıtımlarında kullanılmakta, +250°C'den +550°C sıcaklığa kadar ise mukavvaya veya galvanizli tele dikili beyaz camyünü veya taş yünü tercih edilmektedir. Bu malzemelerin üzerine de galvaniz sac, alüminyum veya PVC kaplanmaktadır. Mukavvalı camyününün kullanılacağı durumda mukavvanın yanıcılığı dikkate alınmalı ve yalıtım yüzey sıcaklığının mukavvaya zarar vermesi önlenmelidir.

### 2.3.1. Buhar Borularının İzolasyonu

Yetersiz derecede yalıtılmış buhar boruları sürekli olarak enerji, dolayısıyla da para sarfiyatının kaynağı durumundadır. İyi şekilde yalıtılmış bir buhar borusu yalıtımsız bir buhar borusu ile karşılaştırıldığında, yalıtılmış borudan olan kayıplar aynı boyuttaki yalıtımsız bir borudan olan ısı kayıplarına oranla % 15-20'si kadardır. Aşağıdaki Grafikte nominal boru çapı ve belirtilen basınca göre yalıtımsız bir borudan olan ısı kayıpları yaklaşık olarak gösterilmiştir (\*). Burada ifade edilen kayıplar buhar miktarı olarak verilmiştir. Böylece, hesaplanan buhar maliyetine bağlı olarak borudan olan ısı kayıplarının maliyeti hesaplanabilmektedir. Dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanabilir.

(\* ) Aşağıdaki kabuller yapılmıştır .

- 1.Ortam sıcaklığı 15°C dir .
- 2.Rüzgar hızı 2 m/s nin altındadır.
3. Kayıplar 1 metre uzunluğunda boru için hesaplanmıştır.
4. Boru hattının çalışma saati 8760 saat/yıl alınmıştır .



Şekil 2.20. Borularda ısı kayıpları.

### Örnek

Bir fabrikada yapılan etüt çalışmaları sırasında 8 bar basınçta çalışan, nominal çapı 2 inç olan 120 metrelik yalıtımsız bir buhar hattı görülmüştür .

Grafikten bu değerlere göre 1 metre uzunluğundaki boru için ısı kaybının yıllık 7 ton buhara eşdeğer olduğu bulunur. Bu da toplam boru boyu için ;  
 $7 \times 120 = 840$  ton buhar/yıl'dır.

30 TL/ton buhar maliyetine göre yıllık kayıp miktarı 25200 TL/yıl (11943 Euro/yıl) olarak bulunur. Uygun şekilde yapılacak izolasyon ile bu miktarın % 85'ini tasarruf edebiliriz. Bu değer de 21400 TL/yıl (10142 Euro/yıl)'lık tasarrufa eşdeğerdir.

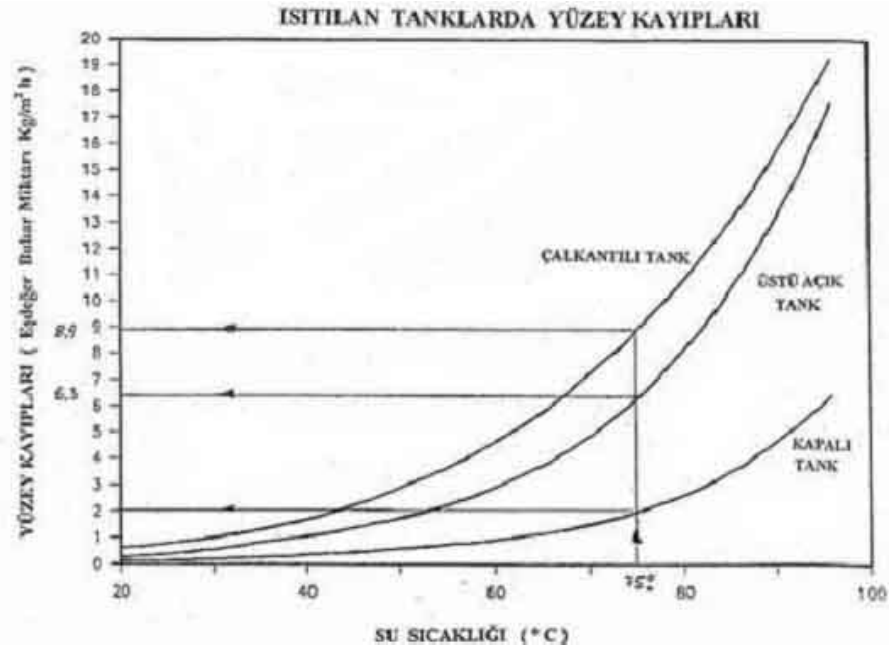
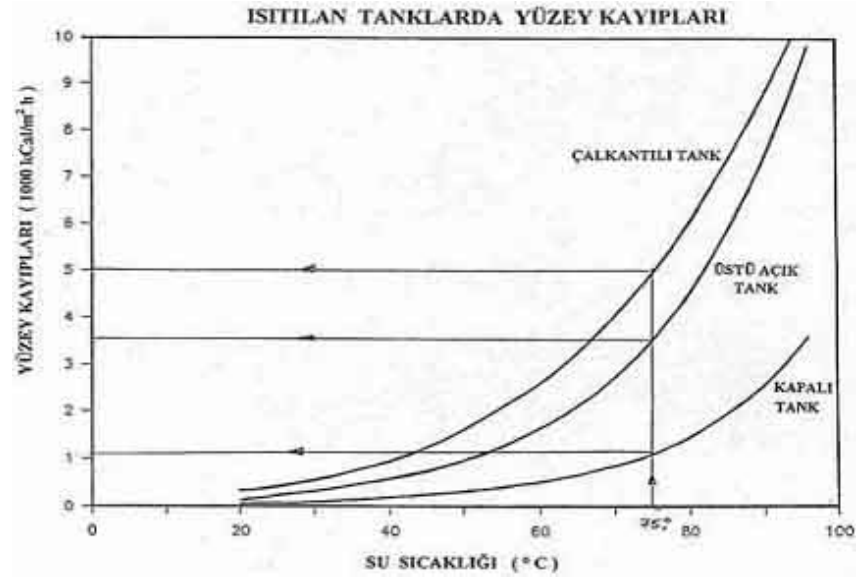
### 2.3.2. Öneriler

- Fabrikanızdaki buhar sistemini inceleyip yalıtılmamış boru hattının uzunluğunu tespit ediniz. Isı kayıplarını hesaplayınız. Yapılacak iyi bir izolasyonun kendisini birkaç ay içinde geri ödeyeceği hemen hemen, kesindir.
- Islaklık izolasyonun etkinliğini kaybettirir. Eğer izolasyonu yapılmış bir boru hattı yağmura maruz bırakılmış ise dış bölümü metal bir koruyucu ile kaplanarak yağmurdan korunmalıdır. Buhar boru hattında darbe görmüş veya eksik izolasyon durumu mevcut ise bunlar derhal tamir edilmelidir.
- İzole edilmemiş vanaların ve flanşların çok miktarda ısı kaybettiklerini unutmayınız. Mümkün olan yerlerde bu tür donanımlar izole edilmelidir. Vana, flanş gibi noktaların bakımı sırasında izolasyon malzemesinin zarar görmesini engellemek için kolayca açılıp kapanabilecek türde izolasyon uygulaması yapılmalıdır.

### 2.3.2. Isıtılmış Tankların Üst Yüzeylerinin Kapatılması

İçinde ısıtılmış akışkan bulunan tanklarda, genelde tankın açık yüzeylerinden özellikle buharlaşma yoluyla önemli ölçüde ısı kaybı meydana gelir. Üstü açık tankların üzerinin kapatılması ile, buharlaşma yoluyla ve radyasyon yoluyla olan ısı kayıpları azaltılarak tank için gerekli ısı ihtiyacı önemli ölçüde düşürülür.

İlk grafik, üst yüzeyi açık ve karıştırılmakta olan (veya çalkantılı olan) tanklarda meydana gelecek ısı kayıpları ile, üstü kapatılmış (izole edilmemiş bir kapak) tanklarda meydana gelecek ısı kayıplarının belirlenmesi için yol göstermektedir. İkinci grafik ise, bu yüzey ısı kayıplarını, tank sıcaklığının sabit tutulabilmesi için gerekli buhar miktarı cinsinden ifade etmektedir. Söz konusu grafiklerde, buharın 560 kcal/kg ısı iltiva ettiği kabul edilmiştir. Her iki grafikte, tanktaki sıvının su, ortam sıcaklığının ortalama 15 °C ve bağıl nemin % 50 olduğu kabulü ile hazırlanmıştır. Normal şartlarda, sıcaklığı 40 °C ile 90 °C olan tanklarda, ortam sıcaklığında meydana gelecek değişimlerle tanktan meydana gelecek buharlaşma kayıplarında önemli bir değişiklik olmayacaktır.



Şekil 2.21. Isıtılan tanklarda yüzey kayıpları.

### Örnek 1

Dikey bir şekilde yerleştirilmiş, üstü açık silindirik bir tank 75 °C sıcaklıkta sıcak su depolamak için kullanılmaktadır. Tank çapı 3.5 m, yüksekliği ise 1.8 m.dir. Tank çevresinde ortam sıcaklığı 15 °C dir. Eğer tank izole edilmiş bir kapakla kapatılırsa ne kadar buhar tasarruf edilecektir? Buhar maliyeti yaklaşık 30 TL/ton dur.

Üstteki grafik, açık tank eğrisi yardımıyla, kapatılmamış tank için yüzey ısı kaybını 3500 kcal/m<sup>2</sup>h, ikinci grafikten ise aynı eğri takip edilerek tank sıcaklığının 75 °C de tutulabilmesi için 6.3 kg/m<sup>2</sup>h buhara ihtiyaç olduğu bulunur. Tankın izole edilmiş bir kapakla kapatılmasıyla ısı kaybı en azından % 95 azaltılabilir. Bu durumda tasarruf;

$$6.3 \times 0.95 \times 3.142 \times \frac{(3.5)^2}{4} = 57.6 \text{ kgbuhar/h}$$

Eğer , tankın yılda 6000 saat kullanıldığı kabul edilirse, yıllık buhar tasarrufu;

$$57.6 \times \frac{6000}{1000} = 345 \text{ ton/yıl}$$

Para tasarrufu : 345 x 30 = 10350 TL/yıl (4905 Euro/yıl).

### Örnek 2

İki grafikte, izole edilmemiş kapaklarla kapatılmış tanklarla ilgili eğriler gösterilmektedir. İzole edilmemiş kapakların kullanılmasıyla yüzey sıcaklığı aynı kalacak fakat buharlaşma kayıpları sifira yaklaşacaktır .Bu durumda, örnek 1 deki tank için, yüzey ısı kaybının 1 100 kcal/m<sup>2</sup>h, ve bunun eşdeğeri olarak 2 kg buhar/m<sup>2</sup>h e düştüğü görülmektedir

.Bu durumda tasarruf:

$$6.3 - 2.0 = 4.3 \text{ kg buhar/m}^2 \text{ h}$$



Veya

$$4.3 \times \left( 3.142 \times \frac{(3.5)^2}{4} \right) = 41.4 \text{ kg buhar/h.}$$

Yıllık tasarruf ;

$$41.4 \times \frac{6000}{1000} = 248 \text{ ton/yıl}$$

$$248 \times 30 = 7440 \text{ TL/yıl (3526 Euro/yıl) .}$$

Bu durumda sağlanan tasarruf, izole edilmiş kapağın kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf kadar olmasa da, buharlaşmayı önlemek için kullanılacak basit bir kapağın maliyetinin oldukça düşük olması yüzünden ekonomik olarak genelde cazip bulunmaktadır .

### Örnek 3

Karıştırma veya tankta herhangi bir nedenle oluşan çalkalanma ısı kaybını önemli ölçüde artıracaktır. Alttaki grafikten, 75 °C sıcaklıktaki tankta meydana gelecek ısı kaybı, çalkalanma durumunu gösteren eğri yardımıyla 8.9 kg buhar/m<sup>2</sup>h olarak bulunur. İzole edilmiş bir kapak kullanılması halinde bu kaybın % 95 oranında azaltacağı kabulüyle yıllık tasarruf :

$$8.9 \times 0.95 \times \left( 3.142 \times \frac{(3.5)^2}{4} \right) \times \frac{6000}{1000} \times 30 = 14644 \text{ TL/yıl (6940 Euro/yıl)}$$

olacaktır .

### 2.3.2.1. Öneriler

- İşletmenizde, sıcak sıvı depolama tanklarının üstünün kapalı olup olmadığını kontrol edin. İzole edilmiş bir kapakla, üstü açık olan tankların kapatılması halinde sağlanacak tasarrufu ve yatırım için gerekli maliyeti belirleyin. Geri ödeme süresinin uygun süreler içinde olması halinde kapak takılması işlemi gerçekleştirilmelidir.
- İzole edilmiş kapak uygulamasının pahalı gelmesi halinde, daha ucuz olan izole edilmemiş kapak takılması seçeneği düşünülmelidir. Bazı durumlarda, yüzer plastik toplar buharlaşma ve ısı kaybının azaltılmasında etkili olmaktadır.
- Karıştırmalı tanklar mutlaka izole edilmelidir. Bu tür tank yüzeyleri, en azından izole edilmemiş kapaklarla kapatılmalıdır .Böyle, izole edilmemiş bir kapak, tank kapağında karıştırıcılar ve borular için birtakım deliklerin olması gereken durumlarda çok pratiktir. Bu tür delikler, izole edilmiş kapakta maliyeti artırır ve uygulamada birtakım zorluklar doğar .
- Emniyet tedbiri için tankın havalandırılması gereken hallerde, hava değişimini mümkün olan en alt sınırdaki tutmak gerekir. Ortam havasının sıkça değişmesi buharlaşma kayıplarını önemli ölçüde artırır. Tank yüzeyinin her m<sup>2</sup> si için saatte 1000 - 2000 m<sup>3</sup> lük hava değişimi kabul edilebilir bir değerdir.
- Tankın duvarlarından ve tabanından ısı kayıpları da dikkate alınmalıdır. Genellikle söz konusu bu alanlar büyüktür ve izole edilmesiyle önemli ölçüde tasarruf sağlanır. Örnek olarak, 75 °C sıcaklıkta bir yüzeyden (duvar-dik yüzey) ısı kaybı 450 kcal/m<sup>2</sup> h, bunun eşdeğeri 0.8 kg buhar/h, bu yüzeyin 40 mm'lik cam yünüyle izole edilmesi durumunda kayıp 55 kcal/m<sup>2</sup>h veya 0.1 kg buhar/h olacaktır. Sıcaklığı 40°C'nin üstünde olan her bir yüzeyin izole edilmesi durumu değerlendirilmeli ve imkanlar ölçüsünde izole edilmelidir.

### 2.3.3. Vana ve Armatürlerde Yalıtım

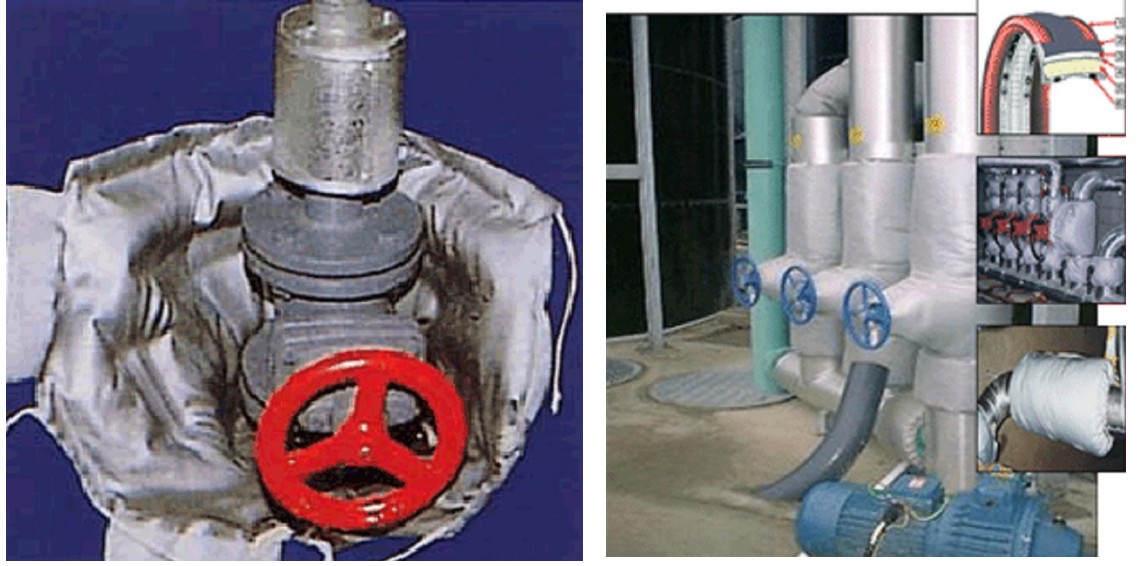
Isıtma ve soğutma tesisatlarında vana, çek valf, pislik tutucu ve flanşlar toplam tesisat içinde dikkate değer bir oranda ısı kaybı yüzeyi oluşturmaktadırlar . Söz konusu tesisat elemanlarına yalıtım uygulanmamakta ya da yalıtım uygulaması, yetersiz kalmaktadır. Vana ve armatürlerin yalıtılmamasının başlıca nedenleri;

- Armatürlerden yayılan ısının kazan dairesini ısıtmasının tercih edilmesi
- Armatüre yapılan bakım sırasında yalıtımın tekrar sökölüp takılmasının zorluğu,
- Maliyeti artırıcı bir faktör olarak görülmesi,
- Sac kaplama maliyetinin ve işçiliğinin yüksek oluşu,
- Uygulamaların estetik olmayıp detay problemlerinin oluşu,
- Konuya gereken önemin verilmeyişi,
- Yalıtım konusunun uygulamada son aşama olması sebebiyle,

zamanın yetersizliği şeklinde sıralanabilir. Gerek ısıtma, gerekse soğutma sistemlerinde vana ve armatürlerin yalıtılmaması ile başta enerji kaybı ve işletme maliyetinde artış olmak üzere, bir çok sorunları beraberinde getirmektedir. Bu kapsamda, vana ceketini uygulaması ile vana ve armatürlerde yalıtım sağlanabilmektedir.

Vana ceketleri; sıcak su ve buhar gibi ısıtma sistemlerinde vana yüzeyinde oluşan ısı kaybını; soğutma sistemlerinde ise ısı kazancını ve yoğuşmayı önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Üç katmandan oluşan vana ceketlerinde, iç ve dış katmanlar 250°C'ye dayanıklı silikon kaplı cam kumaşından yapılmış olup, bunların arasındaki orta tabakada 750 °C'ye dayanıklı, 5 cm kalınlığında Rabitz teline sarılı taş yünü bulunmaktadır. Vana ceketleri, diğer ürünlere göre aşağıda verilen avantajlarının bulunması sebebiyle tercih edilmektedir.

- Bünyesinde karbon ve hidrojen içermediği için yanıcı değildir.
- Suya , yağa , zayıf asitlere ve tüm hava koşullarına karşı dayanıklı olduğu için gerek kapalı mekanlarda gerekse bina dışında kullanılabilir.
- Montajı çok kolay olduğu için kalifiye elemana ihtiyaç yoktur . Vana ceketini vananın altına yerleştirilir, yapışkan fermuarları üst üste getirilerek yapıştırılır, en uçtaki ipler sıkıca bağlandığında uygulama tamamlanmış olur.
- Vana ve armatürün bakımı esnasında veya değiştirilmesi gerektiğinde, kolayca sökölüp işlemler tamamlandıktan sonra tekrar kolayca monte edilmektedir.
- Vana flanşları da ceketin içinde kaldığı için buralarda ısı köprüleri oluşmamakta, soğutma sistemlerinde yoğuşma meydana gelmemektedir.
- Yüksek enerji kazanımı ile kendini kısa sürede amorti etmektedir.



Şekil 2.22. Vana ceketi uygulaması.

#### 2.4. Elektrik Motor Sistemlerinde Enerji Verimliliği

Üretilen toplam elektriğin yaklaşık yarısı, sanayi sektöründe kullanılan elektriğin ise yaklaşık üçte ikisi motorlar tarafından tüketilmektedir. Bu da sanayide yüksek verimli motor kullanımının enerji maliyetinin düşürülmesinde ne kadar önemli olduğunu gösterir. Yüksek verimli motorların kullanımı aynı zamanda sera gazları salınımında ciddi azalmalara sebep olmakta, ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı yapmaktadır.

Tipik bir motorun satın alma maliyeti, o motorun toplam maliyetinin %2'sinden bile azdır. Enerji maliyeti ise toplam maliyetin %98'i olabilmektedir. Yani tipik bir motor ortalama 20 yıl olan çalışma ömrü boyunca satın alma maliyetinin 50 katından fazlasını tükettiği enerjinin maliyeti olarak ödetir. Başka bir deyişle, bir motorun bir kaç ayda tükettiği enerjinin maliyeti, o motorun satın alma maliyetine eşdeğerdir. Ortalama bir motor, satın alma maliyetine eşdeğer enerjiyi 2 ayda tüketmektedir. Hatta 5000 TL'ye satın alınan bir motorun çalışma ömrü boyunca tükettiği enerjinin maliyeti bir milyon TL'yi geçebilir. Ancak tüm dünyada fabrika yöneticilerinin çoğunluğu bunun bilincinde değildir, ve motor alırken standart ve yüksek verimli motorların ilk maliyetindeki az bir farka (genellikle %10 – %25 arası) tamah edip ileride bunun kat kat fazlasını ilave enerji maliyeti olarak ödemektedirler. Bozulan eski motorları da ucuz olduğu için tekrar

tekrar sardırmaktadırlar. Halbuki tekrar sardırılan eski motorların zaten düşük olan verimleri daha da düşebilmekte (her tamirde %0.5 kadar), ve tamirle sağlanan maliyet tasarrufu artan enerji tüketimi ile kısa sürede yok olabilmektedir. Eskisinin yerine alınacak olan yüksek verimli yeni bir motor ise ilave maliyetini tasarruf ettiği enerjiden kısa sürede ödeyecek, çalışma ömrü boyunca da enerji ve maliyet tasarrufu sağlamaya devam edecektir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de sanayide motorların bakımı, tamiri, ve yenilerinin satın alımından sorumlu kişilerin motor verimliliği ve motorların tükettiği enerjinin maliyetinin boyutu ile ilgili bilinç düzeyleri yeterli olmaktan uzaktır. İlgili personelin motor verimliliği ile ilgili bilinç düzeyi acilen yükseltilmeli, ve verimliliğin karar mekanizmasında önemli bir kriter konumuna getirilmesi sağlanmalıdır.

Verimlilik konusunda ön plana çıkmayan standart motorlar EFF3 sınıfında, verimlilikleri arttırılmış olanlar EFF2 sınıfında, ve verimlilik açısından birinci sınıf olan en yüksek verimli motorlar ise EFF1 sınıfında yer almaktadırlar. Bazı çok uluslu firmaların karar vericileri bu gerçeği tüm netliğiyle anlamışlar, ve arızalanan standart motorları en yüksek verimli olanları ile (EFF1 sınıfı) değiştirme kararı alıp bu kararı uygulamaya koymuşlardır. Sanayideki enerji fiyatlarının nispeten düşüklüğüne rağmen, yüksek verimli motorlar maliyet farklarını genellikle 12 ay içinde amorti etmektedirler. Enerji bilinci yüksek olan işletmeler, yeni kurulan sistemlerde de yüksek verimli motorların kullanılmış olmasına dikkat etmektedirler.

Bir örnek vermek gerekirse, 20 hp gücündeki standart bir motorun verimi %88 civarındadır. Ama aynı güçteki yüksek verimli bir motorun verimi %91'e çıkmakta, ve en yüksek verimli motorlarda bu değer %93'e ulaşmaktadır. Yani standart motorlar tükettikleri elektrik enerjisinin %12'sini ısıya dönüştürüp atık ısı olarak çevreye yayarken, en yüksek (Premium) verimli motorlar bu %12'lik dilimin %5'lik kısmını kullanılabilir mekanik güce çevirip sadece %7'lik kısmı atık ısıya dönüştürmektedir. Düşük atık ısı oranı motorun daha serin çalışmasını sağlayıp ömrünü uzatmakta, ve motorun aşırı yüklenme ve anormal işletme şartlarına daha iyi direnç gösterip elektrik akımı ve voltajındaki kalitesizliklere daha toleranslı olmasını sağlamaktadır.

Ortalama %75 yük faktörü ile yılda 6000 saat çalışan 20 hp'lık bir motorun %88.3 verimli standart olanı yerine verimi %93.0 olan yüksek verimli olanının seçilmesi yılda 4102 kWh elektrik enerjisinin tasarrufunu netice verecektir. Türkiye'de her kWh elektrik üretiminde ortalama 0.65 kg CO salındığı dikkate alınır, yüksek verimli motor yılda yaklaşık 3 ton sera gazının atmosfere girmesini 2 önleyecektir. Enerji tasarrufu ve çevre katkısına ek olarak yüksek verimli motorlar daha yüksek güvenilirlikleri (ve dolayısıyla daha az arızalanıp üretim kaybına daha az sebep olmaları) ve daha düşük bakım masrafları ile de işletme maliyetlerini düşürürler.

Verimsiz motorların arızalandıklarında tamir edilerek ve sargılarının yenilenerek ömürlerinin süresiz olarak uzatılması yerine yüksek verimli yenileri ile değiştirilmesi pratiğinin artık yerleşmesi gerekmektedir. Bunun başarılması, sanayide davranış değişikliğinde yeni bir çıkış açacaktır.

Motorların büyük kısmı çalıştıracakları aletler ile beraber paketlenmekte, ve müşteriler yeni aldıkları bir üründe nasıl bir motor kullanıldığını pek sorgulamamaktadır. Bu da motorlarda rekabetçi ortam içinde doğal olarak verimlilik yerine motorun ilk maliyetinin ön plana çıkmasına ve fiyatı genellikle %10 ila %25 arası daha ucuz olan standart motorların tercih edilmesine sebep olmaktadır. Bu alışılmış uygulama artık sorgulanmalı, ve yeni motor alımında veya motor tahrikli yeni sistemlerin üretiminde sadece yüksek verimli motorlar dikkate alınmalıdır. Arızalanan standart verimli bir motor tamir edileceği veya tekrar sarılacağı zaman da yüksek verimli motorlar göz önünde bulundurulmalıdır. Hala iş gören eski ama düşük verimli motorlar yenileri ile değiştirileceği durumlar, yüksek verimli motorları hatırlanması gereken zamanlardır. Eğer mevcut motor daha evvel tekrar sarılmışsa veya aşırı büyük ise ve dolayısıyla düşük yükte kullanılıyorsa bu daha da böyledir.

Elektrik motor sistemlerinde enerjiyi verimli kullanmak için son derece kolay 4 adımı izlemek yeterlidir;

### **Tasarruf Stratejileri**

- 1- Enerji tüketiminin ölçülmesi
- 2- Yüksek verimli motor

- 3- Değişken hız sürücüsü
- 4- Enerji yönetimi

Motor yönetim politikamız,

- Yeni motorların hepsi yüksek verimli olmalı
- Tamir et / Değiştir kararı çalışma giderleri düşünülerek verilmeli
- Çalışan düşük verimli motorları yüksek verimli motorlarla değiştirmek düşünülmeli
- Gereksiz yere kuvvetli motor kullanılan durumlar araştırılmalı
- Değişken yüklerde hız sürücüleri(DHS) kullanılmalı

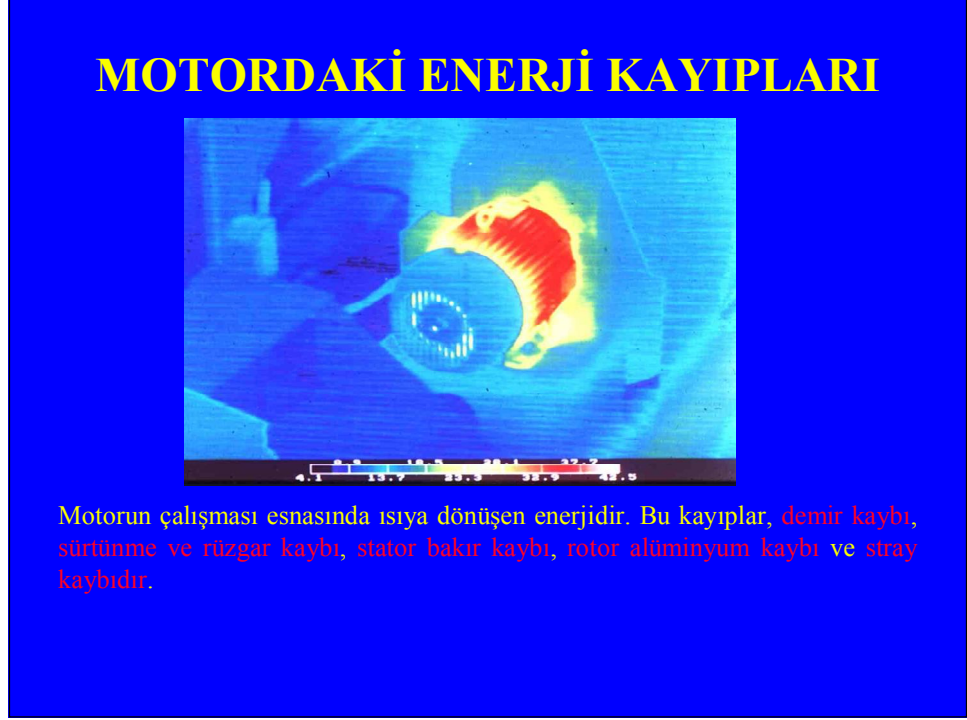
Elektrik motorları değişken hız sürücüleri ile kullanarak hızlarının kontrol edilmesi yoluyla, enerji tüketimi açısından daha verimli hale getirilebilir.

Bu, ekipman yenileme sürecinin kolay tarafıdır ancak birçok üretim tesisinde bunu gerçekleştirmek bile mümkün olmamaktadır. Bunun nedeni genellikle işletmelerin maliyetlerini kontrol eden kişilerin, üretim süreçlerinin yönetiminden sorumlu kişilerle iletişim içinde olmamalarındandır. Başka bir deyişle, işletme yöneticisi, bir mühendis olarak bunu anlamakla birlikte genel maliyetlerden değil üretkenliğin ve üretim kapasitesinin geliştirilmesinden sorumludur.

Üst yönetim ise genel maliyetler ile ilgilenmekte, konu gündeme gelmediğinden söz konusu tasarrufların yapılabileceğinin farkında olmamaktadır.

#### **2.4.1. Yüksek Verimli Motorlar**

Bir elektrik motorunun bağlı bulunduğu şebekeden çektiği enerjinin tamamı mekanik enerjiye dönüşmez. Elektrik motorunun milinden alınan faydalı güç; şebekeden çektiği güçten kayıp güçlerin çıkmış halidir.



Şekil 2.23. Termal kamera ile çekilen motor görüntüsü.

Motordaki enerji kayıpları motorun çalışması esnasında ısıya dönüşen enerjidir.

Bu kayıplar;

Stator iletken kayıpları %25-40

Rotor iletken kayıpları %15-25

Demir kayıpları %15-25

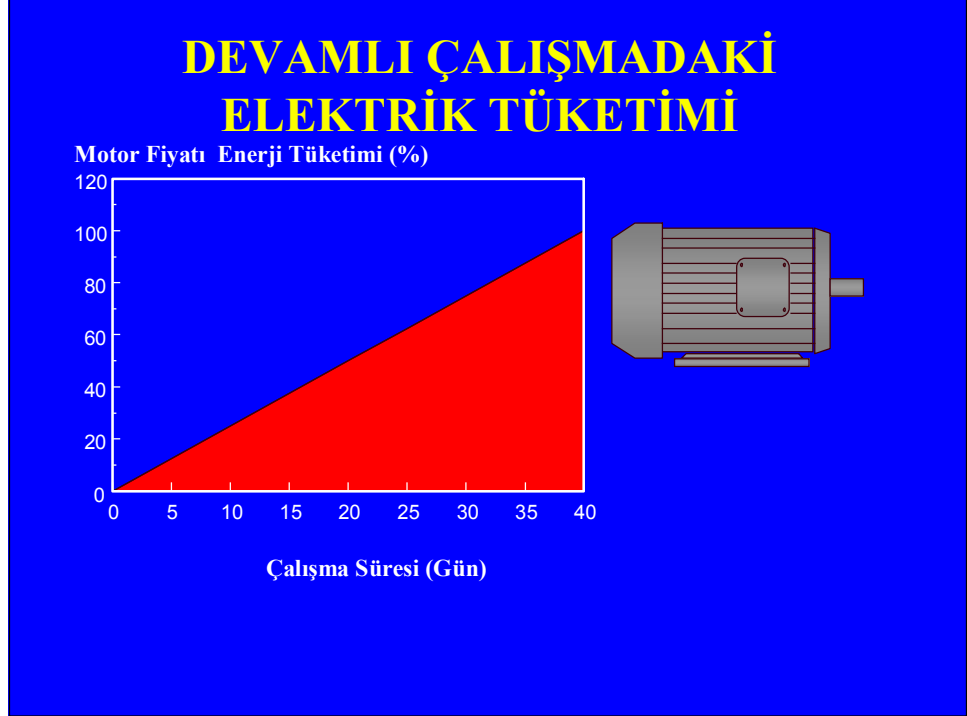
Sürtünme-Vantilasyon kayıpları %5-15

Bu kayıplar dışındaki tüm kayıplar, tek tek ele alındığında ihmal edilebilir olmalarına rağmen, birlikte değerlendirildiklerinde kayıp dengesine etkisi vardır ve bu kayıpların en önemlisi de Üretim Kalitesidir.

Bu kayıpların minimuma indirilmesi ile elde edilen yüksek verimli motorlar, yalnızca ısı kayıplarını engellemekle kalmaz, aynı zamanda diğer tüm kayıpları da minimuma indirir. Diğer büyük bir avantaj ise değişken hız sürücüsü (DHS) ile kullanımında gelişmiş kontrol karakteristiğine sahip olmalarıdır.



### 2.4.1.1. Neden Yüksek Verimli Elektrik Motorları?



Şekil 2.24. Devamlı çalışmadaki elektrik tüketimi

Bir motorun 40 günlük sürekli çalışmasındaki elektrik enerjisi tüketimi, satın alma fiyatına eşittir.

#### **Motor Satıcısına ve Elektrik Sarfiyatına Ne Ödüyoruz?**

LCC(Life Cycle Coast) Ömür Boyu Maliyet bileşenleri içinde motorun enerji tüketimi %97 ile en büyük orana sahiptir.

Dolayısı ile; motorun fiyatından çok motorun işletme maliyetini göz önünde tutmak gerekir.

Örneğin;

90 kW'lık bir motoru alırken verdiğimiz 1 TL, motorun ekonomik ömrü süresince cebimizden; enerji verimlisi (EFF1) 426 TL, verimsizi (EFF3) 575 TL götürüyor.



Şekil 2.25. Motor satın alma maliyetininin temsili gösterimi



Şekil 2.26. Motor çalıştırma maliyetininin temsili gösterimi

### 2.4.1.2. Düşük Verimin Yıllık Enerji Harcamasına Etkisi

Aşağıdaki tabloda düşük verimin yıllık enerji harcamasına etkisini görmekteyiz.



Şekil 2.27. Düşük verimli motorun yıllık maliyeti.

Dünya genelinde asenkron motorlar tarafından tüketilen enerji miktarının %1'nde yapılacak tasarruf ile yıllık 20 Milyar kwh enerji kazanılmakta olup bu enerji 36,5 Milyon varillik petrolden elde edilen enerjiye eşittir.

Önümüzdeki 10 yıl içinde Türkiye'de satılacak endüstriyel motorun tümünün Yüksek Verimli sınıfında olması durumunda yaklaşık 36.500 Gwh enerji tasarrufu gerçekleştirilebilir. Bu değer KEBAN BARAJI'nın yaklaşık 3 yıllık enerji üretim kapasitesine eşdeğerdir.

Ayrıca, Türkiye'de; toplam net elektrik tüketiminin yaklaşık %36'sı, sanayi elektrik tüketiminin yaklaşık %70'i üç fazlı AC indüksiyon elektrik motor sistemlerinde kullanılıyor.

### 2.4.1.3. Dünya’da Enerji Verimliliği

Avrupa Elektrik Makineleri Üreticileri Komitesi (CEMEP) ve Avrupa Komisyonu’nun 28 Haziran 1999 tarihli deklarasyonu motorları verim sınıflarına göre ayırmıştır.

EFF3	Düşük verimli motorlar
EFF2	Verimli motorlar
EFF1	Yüksek verimli motorlar

### MOTORLARIN VERİM SINIFLARI HAKKINDA DÜZENLEMELER

- ✦ Avrupa Elektrik Makinaları Üreticileri Komitesi (CEMEP) ve Avrupa Komisyonu’nun 28 Haziran 1999 tarihli deklarasyonu, motorları verim sınıflarına göre ayırmıştır. Söz konusu deklarasyon 1.1 kw ve üzeri güçteki motorları kapsamaktadır.
  - EFF3 Düşük Verimli Motorlar
  - EFF2 Verimli Motorlar
  - EFF1 Yüksek Verimli Motorlar
- ✦ 1998 yılında CEMEP gönüllü olarak Avrupa Birliği ile anlaşma yaparak, düşük verimli 1,1 ... 90kW, 2 ve 4 kutuplu motorlarda üretimi %50 düşürme ve 2003 yılından itibaren yüksek verimli motorlar üretme kararı almışlardır
- ✦ Yapılan deklarasyona göre 4 kutuplu motorlar için 30 Haziran 2000 ve 2 kutuplu motorlar içinde 31 Aralık 2000 tarihinden sonra EFF3 motorların , Avrupa Birliği ülkelerine girişi yasaklanmıştır.

### 2.4.1.4. IEC Standartlar

2009 yılında yayımlanması planlanan IEC 60034-30 standardında asenkron motorların verim değerleri tanımlanmıştır.

IEC 60034-30		50 Hz	60 Hz
IE1	Standart	Yeni test prosedürlerinde EFF2 ile uyumlu	Güney Amerika standartlarıyla uyumlu
IE2	Yüksek Verimli	Yeni test prosedürlerinde EFF1 ile uyumlu	NEMA Energy Efficiency/EPACT
IE3	Premium	IE2'den %10-15 daha düşük kayıp	NEMA PREMIUM Efficiency
IE4	Super- Premium	IE3'den %10 daha düşük kayıp	IE4/50 Hz ile uyumlu

IEC 60034-30'a göre;

- 2,4,6 kutup motorların verimleri tanımlanmış olacak
- 0.75 kW-370 kW aralığında verim sınıfları tanımlanmış olacak
- 1000 V'un altında 50/60 Hz çalışma verimleri tanımlanmış olacak
- IP23,IP4x,IP5x,IP6x motorların verim değerleri tanımlanmış olacak
- Frenli motorlar, Motorlu redüktörler ve Ex-Proof motorların verim sınıfları tanımlanmış olacak

	CEMEP - EU Anlaşma	NEMA EPACT	IEC 60034-30
Kutup Sayısı	2,4	2,4,6 (8 kutup yüksek verim sadece NEMA)	2,4,6
Güç Aralığı	1.1-90 kW	0.75-150 kW (150-370 kW sadece NEMA)	0,75-370 kW
Seviye	Düşük, Standart, Yüksek	Yüksek ( Premium hazırlığında )	Standart, Yüksek, Premium, Super Premium

<b>Voltaj</b>	400V/50Hz	230/460V / 60 Hz	<1000V/50/60 Hz
<b>Yapı Şekli</b>	IP5x	Açık ve kapalı motorlar	IP23, IP4x, IP5x, IP6x
<b>Frenli Motorlar</b>	Hayır	Evet	Evet
<b>Redüktörlü Motorlar</b>	Hayır	Hayır	Evet
<b>Explos.-proof</b>	Hayır	Evet	Evet

#### 2.4.1.5. Enerji verimli motor kullanımıyla ilgili tasarruf örnekleri

Örnek:

75-kW (100-hp)'lık 1500 dev/dak'da çalışan eski bir motor, yine aynı devirde çalışan yeni bir yükseltilmiş verimli (EFF2) standart motor ile veya yüksek verimli (EFF1) motor ile değiştirilecektir. Mevcut motor %75 yük faktörü ile yılda 6000 saat çalışmaktadır. Standart motorun verimi %93.6, yüksek verimli motorun verimi is %94.8'tir. Eğer standart ve yüksel verimli motorların KDV dahil fiyatları sırasıyla 4210 ve 5240 TL ve elektriğin birim maliyeti 0.16 TL/kWh ise, yüksek verimli motorun sağlayacağı yıllık enerji ve maliyet tasarrufunu ve ilave maliyetin geri ödeme süresini hesaplayınız. Bu ve benzeri hesaplar aşağıdaki formüller kullanılarak kolayca yapılabilir:

$$\begin{aligned} \text{Enerji Tasarrufu} &= \text{kW} \times \text{Yük faktörü} \times \text{işletme saati} \times (1/\text{std ver} - 1/\text{yük ver}) \\ &= 75 \times 0.75 \times 6000 \times (1/0.936 - 1/0.948) = 4564 \text{ kWh/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maliyet Tasarrufu} &= \text{Enerji tasarrufu} \times \text{Enerji fiyatı} \\ &= (4564 \text{ kWh/yıl}) \times (0.16 \text{ TL/kWh}) = 730 \text{ TL/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geri Ödeme Süresi} &= (\text{Yatırım maliyeti}) / (\text{Enerji maliyet tasarrufu}) \\ &= (5240 - 4210) / 730 = 1.4 \text{ yıl} = 17 \text{ ay} \end{aligned}$$

Yani verim farkı sadece %1.2 olan yüksek verimli motor 1030 TL' lik maliyet farkını bir buçuk yılda tasarruf ettiği enerjiden ödeyecek, ve sonra da işletmeye her yıl 730 TL tasarruf ettirmeye devam edecektir. Enerji fiyatları arttıkça da yıllık tasarruf edilen

miktar artacaktır. Ayrıca, yüksek verimli motor yılda yaklaşık 3 ton CO 'nun atmosfere salınımı engelleyerek sera etkisini azaltıcı etki yapacaktır. 2 Standart motorun 20 yıllık ömrü boyunca her yıl tüketeceği enerjinin toplam maliyeti ise;

$$\begin{aligned} \text{Toplam Enerji Maliyeti} &= (\text{kW} \times \text{Yük faktörü} \times \text{işletme saati} / ) \times \text{Enerji fiyatı std} \\ &= (75 \times 0.75 \times 6000 / 0.936) \times 0.16 = \mathbf{57,700 \text{ TL/yıl}} \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi fiyatı 4210 TL olan bu motor, yılda alış maliyetinin yaklaşık 14 katı enerji kullanmaktadır. 75 kW güç gurubundaki bir motorun ortalama ömrü 25 yıl civarındadır, ve bu motorun çalışma ömrü boyunca tükettiği enerjinin maliyeti bir buçuk milyon TL'ye yakındır. Motor verimindeki küçük farklar bile ciddi enerji ve maliyet tasarrufuna sebep olabilir, ve yatırımın hızla geri dönmesini sağlayabilir

Eğer çalışmaya devam eden eski motorun verimi %90 ise ve yılda 5000 saat çalışıyor ise, benzer bir hesaplama kolayca gösterilebilir ki bu eski motor yüksek verimli motor ile değiştirilmesi durumunda 5240 TL'lik ilk maliyetini tasarruf edeceği enerji ile yaklaşık 2 yılda geri ödeyecektir.

#### **2.4.2. DHS ile Elektrik Motorlarında %50'ye Varan Enerji Tasarrufu**

Motorlarda enerji verimliliği denilince akla gelen ilk uygulama düşük verimli, yanmış veya tekrar sarılmış motorların yüksek verimli olan yenileriyle değiştirilmesidir. Böylelikle motorların elektrik tüketiminde ortalama %4'lük bir tasarruf sağlanabilir. Fan, pompa, kompresör ve konveyör uygulamalarında olduğu gibi yükün değişken olduğu durumlarda ise motorlarda variable speed drive (veya kısaca VSD) olarak bilinen değişken hız sürücüleri (DHS) takmak suretiyle elektrik tüketimini %50'ye hatta bazı durumlarda %70'e varan oranlarda düşürmek mümkündür. Böylelikle sanayi tesislerinin enerji maliyetlerinde ciddi düşüşler sağlanarak firmaların rekabet gücü ve karlılığı artırılabilir. Pompa ve fan sistemlerinde %25'lik bir enerji tasarrufu bile yılda yaklaşık 9 milyar kWh elektrik (ki 2 keban barajı eder) ve 1,4 milyar tl maliyet tasarrufuna karşılık gelir. DHS'nin sağladığı avantajdan şehir suyu pompalama istasyonlarında sorumlu belediyeler, sulama için dalgıç pompa kullanan çiftçiler ve hatta suyunu yer altından temin eden siteler de faydalanabilir. DHS sisteminin maliyetine, monte edildiği motorun maliyetinin birkaç katı olabilir. Ancak DHS'ler çok defa enerji tüketimini yarıya indirerek kurulum maliyetlerini kısa sürede tasarruf ettikleri enerjiden öderler.

DHS'ler sihirli aletler olmadığına ve yoktan enerji var etmediğine göre, acaba kontrol ettikleri motorların elektrik tüketiminde %70'lere varabilen bu inanılması güç tasarrufu nasıl sağlamaktadırlar? Bu sorunun kısa ve öz cevabı "israfı önleyerek." AC asenkron motorların devir hızları frekansla orantılıdır ve frekansı 50 Hz'de sabit olan şebeke elektriğine direk olarak bağlı olan motorların devir hızları yük değişimlerinden kaynaklanan az miktardaki kayma etkisi ihmal edilirse sabittir. Bu motorların tahrik ettikleri pompa ve fan sistemlerinin de dakikadaki devir sayıları ve dolayısı ile debileri sabittir. Ancak maksimum debide sürekli olarak çalışan az sayıdaki sistemler hariç, pompa ve fan sistemleri zamanla değişen akışkan talebine bağlı olarak değişken debi ile çalışmaktadırlar. Alışageldiğimiz klasik sistemlere debiyi arzu edilen seviyeye düşürmenin standart yolu, boru sistemine monte edilmiş olan panjuru, klape, by-pass ve vana gibi aletlerle sisteme direnç ilave etmektir. Debideki değişim talebini devreye sokulan direnç miktarını değiştirerek karşılamak elbette mümkündür. Ancak bu arzu edilen bir çözüm değildir. Çünkü devreye sokulan direnci yenmek için kullanılan güç (pompa fan ve kompresör motorunun şebekeden çekmiş olduğu elektrik enerjisi) israf edilmekte ve sürtünme yoluyla faydasız ısıya dönüşmektedir.

Burada ideal çözüm pompa ve fan sistemlerindeki değişken yük talebini devreye hiç direnç ilave etmeden ve dolayısıyla enerji israf etmeden karşılamaktır. Ve bunu da yapmanın yolu motorun devrini ve dolayısıyla şebekeden çektiği elektrik enerjisini ihtiyaç duyulan miktara düşürmektir. Bu da en etkin olarak motora verilen elektriğin frekansını yüke bağlı olarak 0-50 Hz arasında değiştirerek yapılır. Normalde sabit olan motor devir hızının bu şekilde değiştirilmesini mümkün kılan motor kontrol sistemlerine değilken hız sürücüleri veya kısaca DHS denir. Bu sistemler 50 Hz'deki değişken akımı önce bir invertör ile doğru akıma, sonra da bu doğru akımı istenilen frekansa alternatif akıma dönüştürdükleri için "frekans konvertörler" "değişken frekanslı sürücüler (DFS) ve hatta invertörlü sistemler olarak da anılırlar. DHS ile teçhiz edilmiş olan elektrik motorları sıfır ile maksimum devir arasında ihtiyaç duyulan herhangi bir devirde sürekli olarak çalıştırabilir veya devir sayısı talebe göre anlık değiştirebilir. Be bütün bunları geri besleme mekanizmalarının yardımıyla, mesela pompa ve fan çıkışındaki basınç değerini sabit tutarak otomatik olarak yapılır. Bu modern çözümün en dikkat çekici sonucu hiç de küçümsenmeyecek miktarlarda enerji ve maliyet tasarrufudur.



#### 2.4.2.1. Dhs Ne Tür Uygulamalar İçin Düşünülmelidir?

DHS sistemleri genel olarak güç talebinin yani yükün değişken olduğu durumlar için uygundur. DHS'nin ciddi olarak düşünülmesi gereken bazı uygulama örnekleri şunlardır:

- Suyu pompalarla sağlanan bir su şebekesinin talebi, bu şebekeye bağlı kullanıcıların kullandıkları su miktarına bağlı olarak değişir. Su talebi gece-gündüz, yaz-kış ve hatta gün içinde saatlere bağlı olarak bile büyük değişiklikler gösterebilir.
- Bir soğutma kulesi fanının hava talebi, soğutucuya giren suyun sıcaklığı, ortam sıcaklığı, işletmede o an çalışan makinelerin sayısı ve benzer şartlara bağlı olarak değişir.
- Tarımsal sulama yapmak amacıyla bir kuyudan su çeken bir dalgıç pompanın su talebi, o an sulanan yer miktarı, sulanan yerin yüksekliği ve kuyuya mesafesi gibi etkenlere göre değişebilir.
- Bir sirkülasyon pompasının su talebi, işletmedeki makinelerin çalışma adedine, su kullanım miktarına ve soğutma suyunun anlık sıcaklığına bağlı olarak değişiklik arz eder.
- Bir hava kompresörünün taze hava talebi, işletmedeki basınçlı hava kullanımına göre gün içindeki büyük değişkenlik arz edebilir.

Bu örnekler daha da artırılabilir. Talebin pek değişkenlik göstermediği uygulamalarda ise- yüksekteki bir depoya su basan debi ayarı olmayan bir pompa gibi DHS kullanımı ekonomik olmaz.

#### 2.4.2.2. Dhs nin Çalışma Prensibi Nedir?

Santrifüj pompa ve fanlarda güç, motor hızının (veya akışkan debisinin) küpüyle orantılı olarak değişir. Yani  $P \propto n^3$ . bu küpsel orantı nedeniyle grafikte görüldüğü gibi devir veya debideki küçük düşmelerde bile güç tüketiminde ciddi azalmalar olmaktadır. Örneğin motor devri veya akışkan debisi %50'ye düştüğünde motor gücü  $0.5^3 = 0.125$  yani %12.5'e düşmektedir. Başka bir deyişle, devir veya debi yarıya düştüğünde elektrik tüketimi sekizde bire inmektedir. O yüzden kışın soğuk hava ihtiyacı yarıya

inen ve motor devri DHS ile yarıya düşürülen 100 kw'lık bir fan şebekeden sadece 12.5 kw güç çekecektir.



Şekil 2.28. Santrifüj pompa ve fanlarda gerekli gücün motor hızı ve akışkan debisiyle değişimi.

Pompa veya fanın devrini sadece %10 düşürmek bile %27 enerji tasarrufu sağlamaktadır. O yüzden herhangi bir tesis veya işletmedeki tüm pompa ve fan sistemleri tasarruf odaklı irdelenmeli ve var olan tasarruf potansiyeli değerlendirilmelidir. Önünde veya arkasında vana, bypass, klape, damper, panjur vb. olan ve klasik yöntemler ile kontrol edilen pompa ve fan sistemlerinde tasarruf yapma imkanı mutlaka olacaktır. DHS sistemlerinin sağladığı tasarruf miktarı haliyle işletme şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Ancak bu miktar “küpsel orantı” nedeniyle hoş bir sürpriz yaparak tahminlerin çok üzerine çıkabilmektedir.

#### 2.4.2.3. Dhs Ne Kadar Tasarruf Sağlar

Fanlarda debi kontrolünün çıkışta bir panjur veya damperle mekanik olarak yapılması ile DHS kullanarak motor devrinin frekans ayarıyla değiştirilerek yapılması arasındaki fark grafiksel olarak gösterilmiştir. Verilen bir debi için iki eğri arasındaki fark, debi ayarının fan çıkışında bir panjur (veya damper) ile yapılıncı şebekeden çekilen güç ile DHS kullanılıncı şebekeden çekilen güç arasındaki farka eşdeğerdir ve bu fark DHS'nin sağladığı enerji tasarrufunun bir ölçüsüdür.

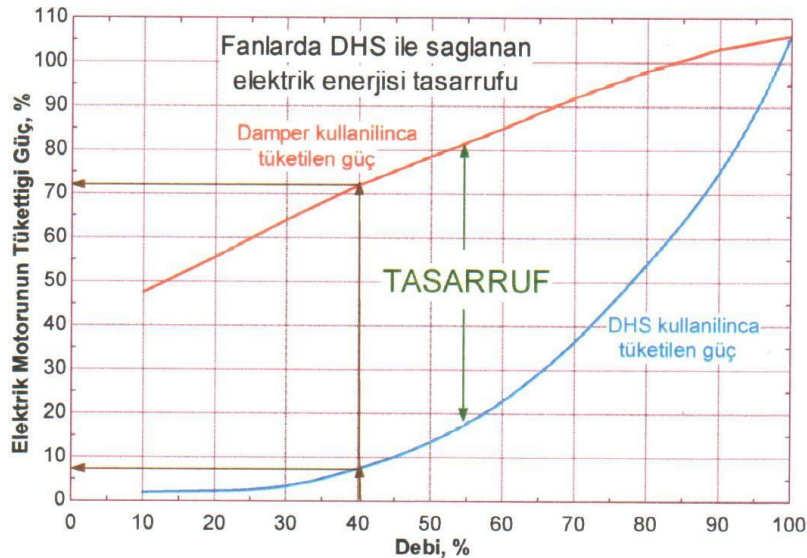
Örnek olarak %100 debide şebekeden 106 kW elektrik çeken bir fanı dikkate alalım. Bu fanın %50 debide şebekeden çektiği güç grafikten görülebileceği gibi klasik sistem için 78 ve DHS donanımlı sistem için 13 kW'tır ve bu durumda DHS'nin tasarruf ettiği güç  $78 - 13 = 60$  kW dır. Eğer bu fan bir yıl boyunca hiç durmaksızın %50 debide çalışıyor olsaydı, tasarruf ettiği enerji ve maliyet miktarları şöyle olacaktı:

$$\begin{aligned} \text{Enerji Tasarrufu} &= (60 \text{ kW})(24 \text{ h/gün})(365 \text{ gün/yıl}) \\ &= 525,600 \text{ kW/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maliyet Tasarrufu} &= (525,600 \text{ kWh/yıl})(0.16 \text{ tl/kWh}) \\ &= 84,100 \text{ tl /yıl} \end{aligned}$$

Fanın %80 debide çalıştığı durumda güç tasarrufu  $98-54 = 44$  kW olacak ve bu da daimi çalışma halinde yılda 385 bin kWh elektrik enerjisi ve 62 bin tl maliyet tasarrufuna karşılık gelecekti. Dikkat edilirse %80 debide akışkan miktarı sadece %20 azalırken güç tüketimi yaklaşık yarıya inmektedir. Grafikten de görüleceği gibi işletmenin debi ihtiyacı değiştikçe çekilen güç değişmekte ve haliyle tasarruf edilen enerji miktarı da değişecektir.

Bu örnekler ışığında, pompa ve fan sistemlerine DHS taktırmayı düşünen bir işletmenin ilk yapması gereken şey şu sorulara cevap vermektir: “ DHS takılması düşünülen pompa veya fan yılda kaç gün ve günde hangi debilerde kaçar saat çalışıyor? DHS kullanılıyor olsaydı yıllık enerji tasarrufu, maliyet tasarrufu ve geri ödeme süresi ne olacaktı? Bu soruların cevapları ve DHS'nin sağladığı diğer avantajlar kararda belirleyici olacaktır.



Şekil 2.29. Fanlarda DHS ile sağlanan elektrik enerjisi tasarrufu.

#### 2.4.2.4. Dhs'nin Tasarruf Dışında Sağladığı Avantajlar

DHS kullanımıyla oluşan ciddi enerji tasarrufu o kadar ön plana çıkmaktadır ki çoğu zaman DHS kullanımının beraberinde getirdiği diğer faydalar göz ardı edilmektedir. DHS'nin sağladığı ek avantajlar şöyle özetlenebilir.

- DHS sistemi yol verme esnasında motora önce düşük bir frekans ve voltaj uygular. Böylelikle DHS'li sistemlerde ilk kalkış akımı şebeke voltajında indirilen motorlar nominal akımlarının %300'ünü çekerken nominal momentlerinin %50'den azını üretirler. DHS ile kontrol edilen motorlar ise kademeli hızlanma ile nominal akımın sadece %50'sini çekerek nominal momentin %150'sini üretirler. DHS'ler frekans ve voltajı kademeli olarak düşürerek motorun yumuşak duruş yapmasını sağlar. Ayrıca kendilerine özgü yumuşak kalkışla motorların ilk yol verilmesinde oluşan stresi büyük etapta ortadan kaldırdıkları için ihtiyaç olmayan enerji tasarrufu sağlanmasını mümkün kılarlar.
- Motor hızının kontrol edilebilmesinin sağladığı ilave bir avantaj, daha yüksek hızların tolere edilebildiği durumlarda problemsiz olarak nominal hızların %5-20 üzerine çıkılabilmesi ve böylelikle kapasite artış taleplerinin ilave yatırıma gerek kalmadan kolayca mevcut motor tarafından karşılanabilmesidir.
- DHS ile kontrol edilen pompa ve fanlar değişen şartlara vana ve damperlere kıyasla çok daha hızlı ve çok daha güvenilir olarak cevap verirler. Bu debinin çok yüksek ve çok düşük olduğu durumlarda daha böyledir.
- DHS sistemine sahip motorların kalkış ve duruş süreleri, saniyeler ve hatta dakikalar mertebesinde ayarlanabilir. Bu da mekanik vuruntuları ve elektrik şebekesindeki ani darbeleri tamamen yok eder. Özellikle fanlar gibi ataleti büyük olan sistemlerde yumuşak kalkış ve duruşlar çok önemlidir.
- Vana kısma durumunda pompada oluşacak "suyu çiğneme" etkisi DHS'li sistemlerde oluşmaz. Zaten DHS'li sistemlerde vana, damper, panjur ve by-pass teçhizatı gibi tesisatı kompleksleştire ve ilave yatırım gerektiren aletler yoktur. Bu da sistemin daha ekonomik olmasını ve daha güvenli ve sessiz çalışmasını sağlar.
- Bir geri besleme (feedback) sinyali (örneğin anlık basınç, debi sıcaklık, vn.) alındığında DHS'ye entegre edilen kontrol devreleri sayesinde DHS'nin motor

devri otomatik olarak ayarlanır ve proses değışkeni istenen değerde sabit tutulur. Örneğin bir pompa uygulamasında çıkış borusuna basınç trasmiteri takılıp sinyal DHS'ye iletilirse DHS talep nasıl değışirse değışsin çıkış basıncını verilen değerde- mesela 5 bar'da sabit tutacak şekilde motorun devrini sürekli otomatik olarak ayarlar. Bu da kullanıcıya 7/24 sabit basınçta konforlu bir su sistemi sağlar.

- Proses değışkeni, örneğin basınç otomatik olarak kontrol edilince, sistemdeki muhtemel ani artışlar ve darbelere karşı kontrol sisteminin tepkisi mekanik kontrole kıyasla çok daha hızlı ve güvenli olmakta ve olası bir takım boru kırılmaları, çatlamlar ve benzeri arızalar ve hasarlar baştan önlenmektedir.
- DHS'li sistemlerde mekanik vurunuların sebep olduğu aşınma ve eskime çok daha azdır. Ayrıca, talebe göre maksimum devrinin altında dönen sistemin ömrü daha uzundur.

#### **2.4.2.5. DHS uygulamalarından örnekler**

Bir uygulamada zaman zaman dahi olsa bir kontrol vanası, panjur veya damper kısılıyorsa veya bir by-pass vanası açılıyorsa, o uygulamada DHS ile enerji tasarrufu potansiyeli var demektir. Tasarrufun miktarı ve yatırımın geri ödeme süresi uygulamanın detaylarına bağlıdır. Aşağıda dalgıç pompa, kompresör ve pompa istasyonu sistemlerinde DHS uygulamalarıyla ilgili üç örnek verilmiştir. Tasarruf ve geri ödeme süresi hesapları herkesin kolayca anlayabilmesi için kısa ve öz bir şekilde sunulmuştur.

##### **Örnek 1 : Dalgıç pompa**

Verimi %80 olan 130 kW'lık bir dalgıç pompa sistemi DHS ile donanmış ve pano dahil kurulum maliyeti yaklaşık 8 bin euro (16 bin tl) olmuştur. Sistem yılda 3000 saat çalışmaktadır ve sahada yapılan ölçümler DHS'nin %40 tasarruf sağladığını göstermektedir. DHS'nin sağladığı yıllık enerji ve maliyet tasarrufunu ve sistemin geri ödeme süresini hesaplayalım.

Bu ve benzeri hesaplar aşağıdaki şekilde kolayca yapılabilir.

$$\begin{aligned} \text{Enerji Tasarrufu} &= \text{güç} \times \text{yük faktörü} \times \text{tasarruf oranı} \times \text{işletme saati} / \text{verim} \\ &= (130 \text{ kW}) \times 1 \times 0.40 \times (3000 \text{ h/yıl}) / 0.80 \\ &= 195,000 \text{ kWh/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maliyet Tasarrufu} &= \text{enerji tasarrufu} \times \text{enerji fiyatı} \\ &= (195,000 \text{ kWh /yıl})(0.16 \text{ TL/kWh}) \\ &= 31,200 \text{ TL / yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geri Ödeme Süresi} &= (\text{yatırım maliyeti})/(\text{maliyet tasarrufu}) \\ &= 16,000 \text{ TL} / (31,200 \text{ TL / yıl}) \\ &= 0.51 \text{ yıl} = 6 \text{ ay} \end{aligned}$$

Yani bu DHS sistemi yatırım maliyetini tasarruf ettiği enerjiden 6 ay içinde ödeyecek, sonra da işletmeye her yıl yaklaşık 31 bin TL tasarruf ettirmeye devam edecektir. Enerji fiyatları arttıkça da yıllık tasarruf edilen miktar artacaktır. Ayrıca, bu sistem yılda yaklaşık 127 ton CO<sub>2</sub>'nin atmosfere salınımını engelleyerek sera etkisini azaltıcı etki yapacaktır.

#### Örnek 2 : Pompa istasyonu

Şehir şebekesi pompa istasyonunda tam kapasitede çalışırken 110 kW güç çeken bir pompa günde ortalama 5 saat %50 debide, 10 saat %80 debide ve 9 saat %95 debide çalışmaktadır ve bu debi oranlarında sırasıyla 85, 102 ve 107 kW güç tüketmektedir. Yılda 300 gün çalışan bu pompaya pano dahil kurulum maliyeti 7000 euro (14bin TL) olan bir DHS takılmıştır. DHS'nin sağladığı yıllık enerji ve maliyet tasarrufunu ve sistemin geri ödeme süresini hesaplayınız.

Debinin pompanın devriyle doğru orantılı olduğu ve motor gücünün devrin küpüyle orantılı yani  $P_2/P_1=(n_2/n_1)^3 = (\text{debi}_2/\text{debi}_1)^3$  olduğu dikkate alınrsa DHS'li sistemin farklı debilerde harcadığı güç ve sağladığı tasarruf şu şekilde hesaplanabilir:

$$\%50 \text{ debi: } P_{\%50}=P_{\%100}(0,5)^3= (110\text{kW})(0.125)=13,8\text{kW}$$

$$(\text{tasarruf: } 85-13,8 = 71,2 \text{ kW})$$

$$\%80 \text{ debi: } P_{\%80}=P_{\%100}(0,8)^3= (110\text{kW})(0.512)=56,3\text{kW}$$

$$(\text{tasarruf: } 102-56,3 = 45,7 \text{ kW})$$

$$\begin{aligned} \%95 \text{ debi: } P\%95 &= P\%100(0,5)^3 = (110\text{kW})(0.8574) = 94,3\text{kW} \\ (\text{tasarruf: } 107-94,3 &= 12,7 \text{ kW}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Günlük enerji tasarrufu} &= 71,2 \times 5 + 45,7 \times 10 + 12,7 \times 9 \\ &= 927 \text{ kWh/gün} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Yıllık enerji tasarrufu} &= (927\text{kWh/gün})(300 \text{ gün/yıl}) \\ &= 278,100 \text{ kWh/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maliyet tasarrufu} &= (278,100 \text{ kWh/yıl})(0.16 \text{ TL/kWh}) \\ &= 44,500 \text{ TL/yıl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geri ödeme süresi} &= (14,000 \text{ TL}) / (44,500 \text{ TL/ yıl}) \\ &= 0.315 \text{ yıl} = 4 \text{ ay} \end{aligned}$$

Yani bu sistem yatırım maliyetini tasarruf ettiği enerjiden 4 ay içinde ödeyecek, sonra da işletmeye her yıl yaklaşık 45 bin TL tasarruf ettirecektir. Ayrıca, yılda yaklaşık 181 ton CO2 emisyonu önlenecektir. Burada çarpıcı bir nokta, debinin sadece %20 azaldığı durumlarda bile DHS'nin %50'ye yakın bir enerji tasarrufu sağlıyor olmasıdır.

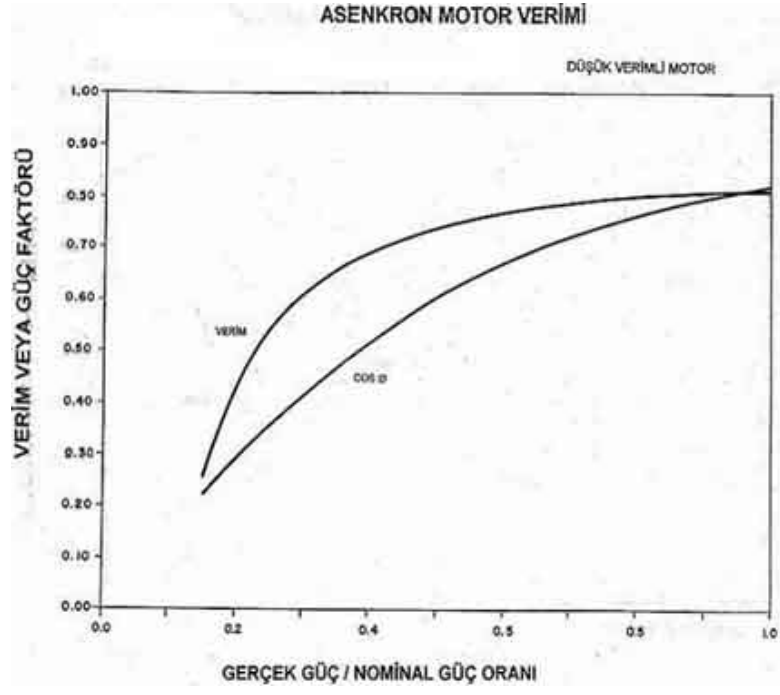
### 2.4.3. Düşük Yüklü Motorların Değiştirilmesi

Asenkron motorların verimlilikleri üretilen güce bağımlı olarak büyük farklılık gösterir. Motor etiket değerine yakın bir değerde örneğin % 85 - % 90 güçle çalıştırılırsa en iyi verim elde edilir. Motordan çekilen güç düştüğü zaman buna bağlı olarak güç faktörü de düşecektir. Aşırı büyük seçilmiş motor direkt kayıplara ve aynı zamanda da reaktif gücü etkilediği için indirekt kayıplara neden olur.

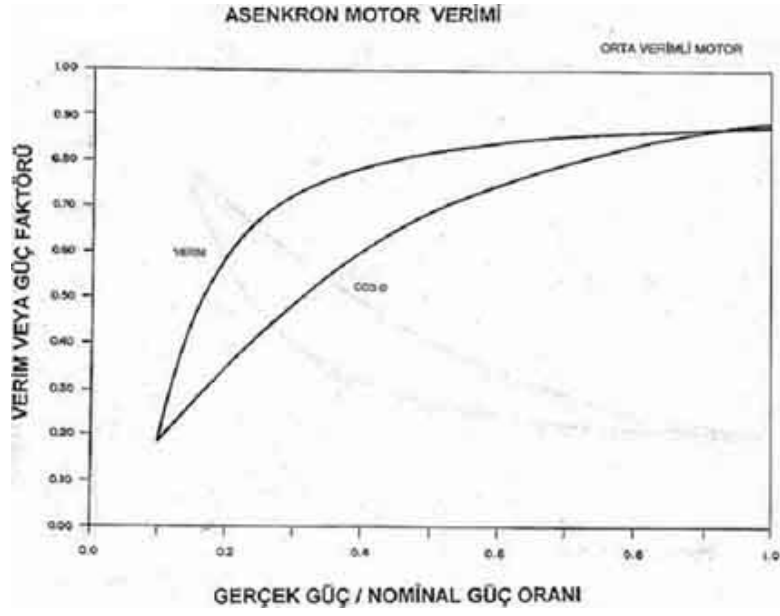
Birçok tesis için bu, düşük güç faktörünün oluşmasının ana nedenidir.

Grafikler, bazı tipik motor karakteristiklerini göstermektedir.

Genellikle, yüksek güçte motorlar en iyi verimliliğe sahiptir.

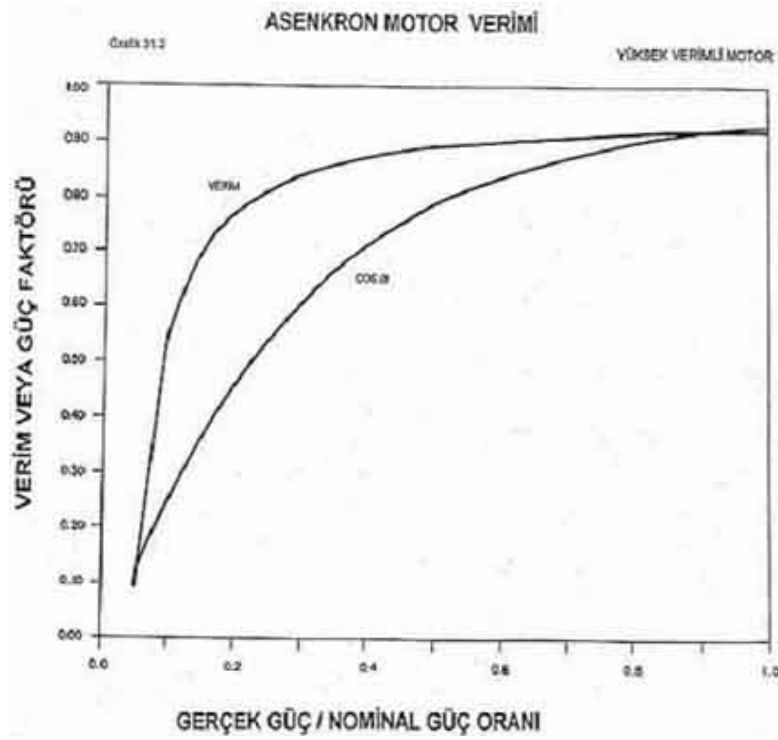


Şekil 2.30. Düşük verimli motor için güç oranı.



Şekil 2.31. Orta verimli motor için güç oranı.





Şekil 2.32. Düşük verimli motor için güç oranı.

### Örnek:

Bir fan 75 kW'lık orta verimlilikte bir asenkron motor tarafından çalıştırılmaktadır. Ölçüm cihazları ise gerçekte sadece 22.5 kW çekildiğini göstermektedir. Motor değiştirilerek ne kadar tasarruf edebiliriz ?

$$0.3$$

$$\text{Gerçek Güç} = \frac{\text{Nominal Güç}}{\text{0.3}}$$

İkinci grafikten motor veriminin % 72'ye (ve güç faktörünün 0.48'e) düştüğünü görürüz.

$$\begin{aligned} \text{İhtiyaç duyulan mekanik güç} &= 22.5 \times 0.72 \\ &= 16.2 \text{ kW} \end{aligned}$$

Tam yükte 20 kW'lık bir motor % 89 verime sahiptir (güç faktörü 0.9).

$$\text{Çekilen güç} = \frac{16.2}{0.89}$$

$$= 18.2 \text{ kW}$$

$$\text{Güç tasarrufu} = 22.5 - 18.2$$

$$= 4.3 \text{ kW}$$

Bir yıllık çalışma süresi 8400 saat, elektrik enerjisinin birim fiyatı 0.175 TL / kWh (Aralık 2009) olarak alınırsa:

$$\text{Yıllık tasarruf} = 4.3 \times 8400 \times 0.175$$

$$= 6321 \text{ TL /yıl (2995 Euro/yıl)}$$

(ayrıca güç faktörü de iyileşmiş olur.)

#### 2.4.3.1. Öneriler

- Tesisinizdeki ana motorları inceleyiniz ve kW cinsinden her birinin gerçek tüketimlerini ölçünüz. Eğer gerçek tüketim nominal tasarım değerinin % 60'ının altında ise bu motorların neden gerektiğinden büyük seçildiğinin sebebini araştırınız. Çok önemli bir nedeni yok ise motorun daha düşük güçlüsü ile değiştirilmesinin ekonomik olup olmadığını inceleyiniz.
- İşletme sırasında geniş bir güç ihtiyacının gerektiği yerlerde düşük yüklerde verim kaybını en aza indirebilmek amacıyla yüksek verimli motorları kullanmayı düşününüz.

#### 2.4.4. Motorlarda Enerji Tasarrufunu Daha Da Arttırmak İçin Ne Yapmalı?

- İşletmedeki tüm motorların envanteri çıkarılmalı, ve her bir motorun kullanım ve plaka bilgilerini (anma gücü, devir, verim, vs) ve yıllık çalışma saatlerini içeren bir liste hazırlanmalıdır. Dikkatler, gücü 25 hp'den büyük olan ve yılda 2000 saatten fazla kullanılan standart verimli motorlar üzerine yoğunlaşmalıdır. Servisteki motorların voltaj ve amperi ölçülmelidir.
- Ekonomik ve enerji verimliliğini artırıcı sonuçlara ulaşmak için bir motor tamir/değişim politikası hazırlanmalıdır, ve motorlar en uygun uygulama için etiketlenmelidir – mesela derhal veya arızalanınca yüksek verimli bir motor ile değiştirin, arızalanınca şu spesifikasyonlarla sarıma gönderin gibi.
- Motorlar yüke uyumlu olarak seçilmeli, ve aşırı ihtiyatlı davranıp gereğinden büyük motor seçme alışkanlığından vazgeçilmelidir. Böylelikle motorların plakalarında yazılı anma güçlerine göre düşük güçte ve dolayısı ile düşük verimde çalışmaları önlenmelidir. Motorlarda yük arttıkça verim de artar, ve motor verimi genellikle %75 yükte azami seviyeye ulaşır. Düşük yüklerde tüketilen elektrik enerjisi mekanik güç yerine artan oranda ısıya çevrilir, ve motorlarda aşırı ısınmadan doğan arıza riskini artırıp motorun ömrünü kısaltır.
- Değişken hızlı sürücü (DHS) sistemleri – invertörlü veya değişken frekanslı sürücü sistemleri olarak da bilinir – alternatif akımın frekansını ve dolayısı ile motorun dönüş hızını değiştirerek motorun gereğinden fazla yük çekmesini önler. Bu da aynı işin çok daha az enerji kullanarak yapılmasını sağlar. Motorlara invertör sistemi ilavesi ile %50'ye varan enerji tasarrufu mümkündür. Yani aynı iş için motorun tükettiği elektrik enerjisi yarı yarıya azaltılabilir. İntertör ile teçhiz edilmiş motorların maliyeti elbette daha yüksektir. Ancak doğru seçilmiş uygulamalarda – pompa ve kompresörler gibi – DHS sistemleri maliyetlerini genellikle iki yıl veya daha az bir süre içinde tasarruf ettikleri enerjiden öderler. Bazı analizlere göre motor sistemlerinde enerji tasarruf potansiyelinin sadece %10 kadarlık kısmı verim artışıyla sağlanabilir. Geriye kalan %90'lık kısım ancak motorların invertör sistemleriyle teçhiz edilmesiyle gerçekleşebilir.
- Motor gücünün direk bağlantı yerine indirek olarak düz kayış veya standart V kayışları

ile iletildiği sistemlerde kayış kayması ve sürtünmeden dolayı %2 ile %8 arasında kayıplar oluşur. Bu kayıplar ve ortaya çıkan kayış ısınması standart kayışların trtll yüksek verimli V-kayışları ile değiştirilmesiyle nlenebilir.

## **2.5. Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği**

### **2.5.1. Kompresör Seçimi**

Günümüzde, basınçlı havanın otomasyonda kullanılması hayli yaygındır. Hemen her işletmede bir kompresör bulunması mümkündür. retimi arttırmak ve işgücü kullanımını azaltmak için kullanılan önemli donanımlardan biri olan kompresörün seçimi dikkatli bir analiz yapmayı gerektirir. Kompresör seçimi, fabrika genişlemesi veya yeni bir fabrika kurulması ęalıřmalarında verilen en önemli kararlardan biridir. ęnk kompresör, ęođunlukla, bir fabrikada enerji harcaması kalemlerinin en bygdr ve bu nedenle, kompresörün verimliliği toplam faaliyet maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

İhtiyaç duyulan kompresör niteliklerinin belirlenmesi aşamasında bilinmesi gereken temel veriler; kapasite, ęalıřma basıncı ve ihtiyaç duyulan hava kalitesi olarak sıralanabilir. Bunların yanı sıra, kullanım noktalarının sayısı ve yayıldığı alanın büyüklüğü, basınçlı hava kullanımındaki değişmeler, gelecekte olası kullanım artışı, ortam şartları, soğutma suyu bulunabilirliği, kalitesi ve maliyeti gibi konular da seçim üzerinde etkili olabilecek faktörlerdir.

Yukarıda belirtilen üç temel verinin doğru olarak belirlenmesi yoluyla tanımlanacak kompresör ihtiyacına cevap verebilecek ürünler arasındaki seçimi yapmak için ise, yatırım, enerji ve bakım maliyetlerinin toplamı olan işletme maliyetlerinin karşılaştırılması gerekir. İstenilen değerleri sağlayabilecek en düşük işletme maliyetli kompresörün seçilmesi en doğru yaklaşım olacaktır.

#### **2.5.1.1. Kapasite Belirleme**

İhtiyaç duyulan kapasitenin belirlenmesi tabii ki öncelikli önem taşır. Basınçlı hava ile ęalıřan aletlerin incelenmesi halinde, bazılarının hemen hemen sürekli ęalıřtıđı

görülürken, bir kısmının düzensiz aralıklarla çalıştığı fakat kullanım sırasında göreceli olarak fazla hava tüketiminin olduğu görülecektir.

Bu nedenle, toplam basınçlı hava ihtiyacı her bir aletin maksimum tüketimlerinin toplamı olmamalı; ortalama tüketimlerinin bileşkesi olmalıdır. Ortalama tüketimin belirlenmesi için ise **yük faktörü** kullanılmalıdır. Pnömatik cihazlar genellikle belli aralıklarla kullanılır ve çoğunlukla tam yükte kullanılmazlar. Gerçek hava tüketimleri de bu nedenle kataloglarında verilen maksimum tüketimlerinden azdır. Gerçek hava tüketiminin maksimum, sürekli tam yükte çalışma anındaki tüketime bölünmesi ile bulunacak oran **yük faktörü** olarak adlandırılır.

Örnek olarak, tam yükte 25 l/s hava tüketimi olan bir cihazın boşa çalışma sırasında 10 l/s hava tükettiğini varsayalım. Bu cihazın %40 oranında yükte kullanılacağını düşünürsek, yük faktörü aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$[(25 \times 0.4) + (10 \times 0.6)] / 25 = 0.64 (\%64)$$

Belli bir çalışma süresi içinde cihazın kullanılma oranını gösteren **kullanım faktörü** de toplam tüketim hesabında dikkate alınmalıdır. Örneğin 8 saatlik çalışma süresince bu cihazın toplam 4 saat kullanıldığı varsayılırsa, **kullanım faktörü**  $4/8 = 0.5$  (%50) olacaktır.

Basınçlı hava tüketen her bir cihaz için yük ve kullanım faktörleri hesaplandıktan sonra, aşağıdaki formül ile toplam hava ihtiyacının hesaplanmasına geçilmelidir.

Toplam ihtiyaç = Alet sayısı x tam yükte birim tüketim x kullanım faktörü x yük faktörü

Tablo 2.4. Çeşitli cihazların basınçlı hava kullanım oranları.

Alet tipi	Adet	Tam yükte Hava tüketimi ( l/s )	Kullanım faktörü ( % )	Yük Faktörü ( % )	Toplam İhtiyaç ( l/s )
Taşlama	10	16	40	60	38,4
Matkap	8	24	30	65	37,4
Somun sıkma	5	9	20	100	9

Bu yolla hesaplanan toplam hava ihtiyacına, aletlerin aşınması ile oluşacak yaklaşık %5 tüketim artışı, %10 kadar kaçaklar ve gelecekte olası artışlar da eklenmelidir.

Hesaplanan kapasite ihtiyacını karşılayabilecek kompresörler değerlendirilirken önemle dikkat edilmesi gereken bir konu da verilen kapasitelerin hangi şartlarda olduğudur.

Serbest hava verimi ( $m^3$ ),

Standart hacim ( $Sm^3$ ),

Emiş hacmi ( $Im^3$ ) veya

Normal hacim ( $Nm^3$ ) şeklinde verilebilecek kapasiteler karşılaştırıldığında oluşan fark %14 düzeyine varabilmektedir. Bu konuya dikkat edilmemesi halinde, ihtiyaçtan küçük yada büyük kapasiteye sahip bir kompresör seçimi yapılması olasılığı hayli yüksektir.

#### **2.5.1.2. Çalışma Basıncı**

Kompresör seçiminde dikkate alınması gereken önemli bir faktör de çalışma basıncıdır. Bilindiği üzere, herhangi bir kompresörün enerji harcamasını belirleyen iki faktörden biri kapasite ve diğeri de basınçtır. Bu nedenle, ihtiyaçtan daha yüksek çalışma basıncına sahip bir kompresörün satın alınması enerji maliyetinin yükselmesine neden olacaktır.

İhtiyaç duyulan çalışma basıncı ve bunu sağlayacak kompresörün seçimi için iki faktörün belirlenmesi gerekir. Kullanım noktasında gerekli basınç ve hava hatlarında oluşacak basınç kaybı.

#### **Kullanım noktasındaki basınç**

Basıncılı hava kullanan aletlerin üreticileri söz konusu aletin tüketeceği hava miktarı ve ihtiyaç duyulan basıncı belirtirler. Burada dikkat edilmesi gereken konu, havalı aletin belirtilen gücü ancak belli bir basınçta sağlayabileceğidir. Daha düşük basınç, aletin vereceği gücü azaltırken; daha yüksek basınç ise hava tüketimini ve aletin aşırı yüklenmesi riskini arttıracaktır.

### Basınç kaybı

Hava hatlarında kullanılan boru kesiti ve hat üzerinde yer alan filtre, şartlandırıcı ve su ayırıcılar gibi donanımlar da basınç kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, kompresör seçimi sırasında çalışma basıncı belirlenirken söz konusu kayıplar mutlaka göz önüne alınmalıdır.

Kullanım noktasında ihtiyaç duyulan basınç ve hava hatlarında oluşacak basınç kaybı doğru olarak belirlendikten sonra, kompresörün çalışma basıncını belirlemek için, hatlardaki basınç kaybının kullanım noktasında istenilen basınca eklemek gerekir.

### 2.5.1.3. Hava Kalitesi

Kompresör seçiminde dikkate alınması gerekli bir diğer konu da ihtiyaç duyulan hava kalitesidir. Basınçlı havada kaliteyi belirleyen unsurlar ise havadaki yağ, nem ve toz yada partikül miktarıdır. ISO 8573 normunda tanımlanmış olan hava kalite sınıflaması aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.5. ISO 8573 Kalite sınıflaması.

TOZ			SU	YAĞ
Kalite Sınıfı	Partikül çapı ( $\mu\text{m}$ )	Konsantrasyon ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Çiğlenme Noktası ( $^{\circ}\text{C}$ )	Konsantrasyon ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
1	0.1	0.1	-70	0.01
2	1	1	-40	0.1
3	5	5	-20	1.0
4	15	8	+3	5.0
5	40	10	+7	25
6	-	-	+10	-

İhtiyaç olunan hava kalitesinin doğru belirlenmesi, özellikle yağ enjekteli veya yağsız kompresör alma kararının verilmesi bakımından önemli olacaktır. Ayrıca, kompresörle birlikte kullanılacak filtre ve kurutucu gibi donanımların doğru seçilmesi bakımından da istenilen hava kalitesinin belirlenmesi gereklidir. Aşağıda, basınçlı hava kullanılan çeşitli uygulamalar için önerilen hava kalite sınıfları yer almaktadır.

#### HAVA KALİTE SINIFI

Tablo 2.6. Çeşitli uygulamalar için hava sınıflandırmaları.

UYGULAMA	TOZ	SU	YAĞ
Ayakkabı	4	6	5
Solunma havası	1	4	1
Cam	4	6	3-5
Temizlik havası	4	4-6	4
Pnömatik taşıma	3	4-6	2
-granül ürünler	2	3	1
-toz ürünler			
Döküm	4	6	5
Gıda ve içecek	2	4-6	1
Enstrümantasyon	3	3-4	2
Havalı el aleti	4	3	2-5
Madencilik	4	5	5
Tekstil	4	3-5	2
Fotoğrafçılık	1	1	1
Alt yapı işleri	4	5	5
Kaya delme	4	5-2	5
Kumlama	-	3	3
Sprey boyama	3	3-2	1
Kaynak makineleri	4	6	5



#### **2.5.1.4. İşletme Maliyeti**

İhtiyaca cevap verebileceği düşünülen çok sayıda kompresör bulunabilmesi halinde, seçim kararını etkileyen en büyük faktör genellikle yatırım maliyeti yani kompresör alınırken ödenilecek bedel olmaktadır.

Gelişmekte olan ülkemizde sermaye maliyetinin yüksek olduğu göz önüne alındığında haklı gibi görülebilecek bu yaklaşım, uzun vadeli düşünüldüğünde doğru olmamaktadır. Kompresör ömrü 10 yıl olarak alındığında, üç kategoriden oluşan işletme maliyetinin dağılımı yaklaşık olarak %5-10 bakım, %10-15 ilk yatırım ve %75-85 enerji maliyeti şeklinde olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, en yüksek maliyet unsuru olan enerji maliyetinin kıyaslanması, daha doğru bir karar verilmesini sağlayacaktır.

En doğru yaklaşım, üç kategorinin toplamından oluşan işletme maliyetlerinin kıyaslanmasıdır.

#### **Enerji maliyeti**

Enerji maliyeti kıyaslamasında yapılacak şey, birim hacim basınçlı hava elde etmek için harcanan enerji miktarlarına bakılmasıdır. Bu sırada, kullanılan kapasite birimlerinin aynı olmasına dikkat edilmeli ve güç harcamasına kompresör üzerinde yer alan tüm ekipmanların dahil olup olmadığı kontrol edilmelidir. Güç harcamaları değerlendirilirken, elektrik motorlarının nominal güçleri yerine, şebekeden çektikleri gücün baz alınması, gerçek güç harcamalarının kıyaslanmasını sağlar.

#### **İlk yatırım maliyeti**

Belirlenen kapasite, basınç ve hava kalitesini sağlayabilen seçenekler arasında yapılacak seçimi etkileyen önemli bir unsur olan ilk yatırım maliyetinin kıyaslanmasında üzerinde durulması gereken önemli bir konu paket içeriklerinin kıyaslanmasıdır.

Bu yapılırken, gerek fonksiyonlar kıyaslanmalı; gerekse bu fonksiyonları yerine getiren donanımların nitelik ve kalitelerine dikkat edilmelidir. Hatta; elektrik motoru, sıkıştırma elemanı, elektrik panosu ve soğutma ünitesi gibi kompresörü oluşturan ana parçaların detaylı olarak incelenmesi sayesinde farklılıkların nereden kaynaklandığı sorusuna cevap bulunabilecektir.

### **Bakım maliyeti**

Bakım maliyeti denilince akla ilk gelen yedek parça ve işçilik fiyatları olmaktadır. Bu fiyatların önemi göz ardı edilemese de, bakım maliyetleri kıyaslamasında, bakım periyotları en az fiyat kadar önemlidir. Sadece fiyat karşılaştırıldığında pahalı görülebilecek bakım maliyeti, bakım periyodu hesaba katıldığında daha ucuz kalabilecektir. Bunun tam tersi de mümkün. Fiyat olarak ucuz olan bakım maliyeti, bakım periyodu hesaba katıldığında daha pahalı çıkabilir. Bu nedenle, farklı periyotlar için verilen bakım fiyatlarının kıyaslanması yanlış sonuç verecektir. Bu kıyaslama sırasında, bakım süresi ve bu sürede oluşabilecek üretim kayıpları gibi dolaylı maliyetler de mutlaka değerlendirilmelidir.

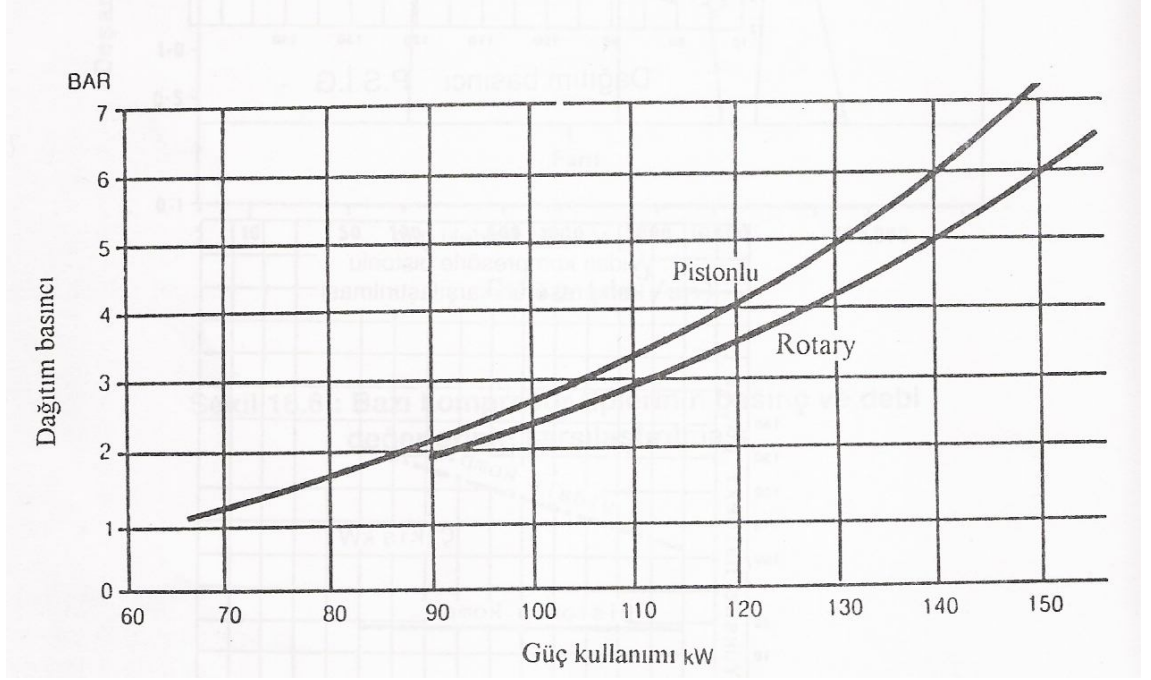
#### **2.5.1.5. Sonuç**

İhtiyacın doğru belirlenmesi ve bu ihtiyaca cevap verebilecek ürünlerin adil kıyaslanması olarak, iki aşamadan oluşan kompresör seçim süreci, işletme verimliliği ve dolayısı ile karlılığı üzerinde önemli etkiye sahip bir işlemdir. Bu aşamalardan herhangi birinde göz ardı edilecek bir unsur, ülkemizde hayli pahalı olan enerjinin verimsiz kullanımına yol açabileceği gibi işletmenin karlılığı üzerinde olumsuz etkiler yapacaktır.

Yukarıda sayılan nedenlerle, rekabet gücünü arttırmak isteyen firmalar için, kompresör seçim sürecinin sadece katalog verilerinin ve fiyatların karşılaştırılmasından oluşmayan, dikkatli ve araştırmacı bir yaklaşım gerektiren bir işlem olduğu bilinmelidir.

#### **2.5.2. Düşük Basınç Kullanımı**

Genel olarak ekipmanların daha düşük basınçlarda çalıştırılabildiği yerlerde elektrik enerjisinden tasarruf elde etmek mümkündür. Bu durumda kompresörün maksimum basınç değerindeki azalmaya karşılık güç tüketiminden sağlanacak tasarruf miktarı aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.33 Pistonlu ve rotary kompresörün güç kullanımı.

Şekil 2.30' e bakılırsa 500 (lt/sn)'lik havayı 5 bar'lık basınca sıkıştırmak için 130 kW'lık güce ihtiyaç vardır. Aynı miktar havayı 7 bar'a sıkıştırmak için gerekli güç ise 148 kW tır. Böylece tasarruf edilen enerji

$$(148-130/148) \times 100 = \%12 \text{ olarak bulunur}$$

Bir tek uygulama için daha yüksek basınçlara ihtiyaç duyulursa, sistemi daha düşük hava basıncında işletebilmek için, yüksek basınca ihtiyaç gösteren hava tüketim ekipmanını düşük güçte çalışabilen bir ekipmanla değiştirmek genellikle daha ekonomiktir. Eğer gerekli değişiklik yapılamıyorsa bu ekipman için küçük ve basıncı yüksek bir kompresör tesis etmek daha elverişlidir.

### 2.5.3. Hava Kaçakları

Basıncılı hava sistemindeki kaçakların önlenmesi enerji tasarrufu için önemli bir fırsattır. Kaçaklar çoğunlukla emniyet valfleri, boru ve hortum bağlantı yerleri, kesici valfleri, yol verme kaplinleri ve pnömatik aletlerde meydana gelir. Pek çok durumda kaçaklar, uygun olmayan tesisattan ziyade yetersiz bakımdan kaynaklanır. Eğer kaçaklardan dolayı meydana gelen güç israfının yeterince bilincinde olunabilse sızdırmazlıkla ilgili

kaçaklar enerji tasarrufu olarak kolaylıkla geri kazanılabilir. Şekil 2.34. de normal çalışma basıncının 6 bar olduğu durumda değişik boyutlardaki deliklerin yol açtığı kaçaklar tarafından israf edilen güç değerlerini yaklaşık olarak vermektedir.

Hava Kaçakları Tarafından İsrif Edilen Güç			
Delik Çapı		Hava kaçağı ( 6 bar basınç'ta )	Sıkıştırma için gerekli güç
Gerçek boyut	mm	( lt / sn )	kW
◦	1	1	0.3
○	3	10	3.1
○	5	27	8.3
○	10	105	33.0

Kaynak : Compressed air, energy conservation booklet 8

Şekil 2.34. Hava kaçakları tarafından israf edilen güç.

Pistonlu kompresörlerde kaçakları tespit etmek için hava ile çalıştırılan tüm ekipmanlar durdurulur. Ve sistem tam hat basıncına ulaşıncaya kadar kompresör çalıştırılır. Kompresör yüksüz hale geçince saat not edilir. Hava kaçakları nedeniyle sistem basıncı düşecektir. Ve kompresör tekrar tam yükte çalışmaya başlayınca tekrar saat no edilir. Aradaki zaman farkından süre tespit edilir. Kompresörün yüklü ve yüksüz haldeki çalışma süreleri en azından 4 defa kaydedilmelidir. Daha sonra aşağıdaki formül yardımıyla kaçak miktarı bulunur.

$$L = \frac{Q \times T}{(T+t)}$$

T= Yükte çalışma süresi (sn)

t= Yüksüz çalışma süresi (sn)

Q= Kompresör kapasitesi (lt/sn)

L= Toplam kaçak miktarı (lt/sn)

$$\text{İsrif edilen güç} = \frac{L}{3} \quad \text{kW}$$

Hava kaçakları ile ilgili değişik bir örnek aşağıda verilmiştir. Delik çaplarına ve delik sayılarına bağlı olarak Şekil 2.34 ve Şekil 2.35. 'den toplam kaçak miktarı 563.3 (lt/sn) Olarak bulunur.

Kompresörün 100 (lt/sn) başına güç tüketimi 28 kW olduğu ve basınçlı hava sisteminin yılda 2000 saat çalıştırıldığı kabul edilerek

$$\begin{aligned} \text{Enerji kaybı} &= 563.3 \text{ (lt/sn)} \times 0.28 \text{ kW / (lt/sn)} \times 2000 \text{ (saat / yıl)} \\ &= 315464 \text{ kWh / yıl} \end{aligned}$$

Olarak bulunur. Basit bir iş olan sızdırmazlığın sağlanması hava kaçakları nedeniyle israf edilen enerji kolayca geri kazanılabilir.

**Değişik Basınlarda Her Bir Delikten Meydana Gelen Hava Kaçağı**

Alet Basıncı ( bar )	Değişik çaptaki deliklerden ( lt/sn ) olarak meydana gelen hava kaçakları						
	0.5 mm	1mm	2 mm	3 mm	5 mm	10 mm	12.5 mm
0.5	0.06	0.22	0.92	2.1	5.7	22.8	35.5
1.0	0.08	0.33	1.33	3.0	8.4	33.6	52.5
2.5	0.14	0.58	2.33	5.5	14.6	58.6	91.4
5.0	0.25	0.97	3.92	8.8	24.4	97.5	152.0
7.0	0.33	1.31	5.19	11.6	32.5	129.0	202.0

Kaynak : Compressed air, energy conservation booklet 8

**Şekil 2.35. Değişik basınçlarda her bir delikten meydana gelen hava kaçağı.**

Şekil 2.35. incelendiğinde, delik çapının büyüdükçe, hava kaçak miktarının kat kat arttığı görülmektedir. Bunun sebebi kaçak alanının dairesel olması sebebiyle, çap artışının lineer değil, karesel kat olarak artmasındandır. Bu sebeple, kaçak alanı ne kadar büyük olursa, enerji tasarrufu potansiyeli de o denli büyük olmaktadır.

### Kaçaklar Nedeniyle Oluşan Toplam Hava Sarfıyatı

Delik çapı	Delik Sayısı	Yukarıdaki Tabloya		Hava Kaçakları (lt/sn )
		Göre 7 bar Basınçta Delik Başına Hava Kaçağı		
0.5 mm	10	x	0.33	3.30
1.0 mm	25	x	1.31	32.75
2.0 mm	22	x	5.19	114.18
3.0 mm	16	x	11.60	185.60
5.0 mm	7	x	32.50	227.50
10.0 mm	0	x	129.00	0.00
12.5 mm	0	x	202.00	0.00
<b>Toplam</b>				<b>563.33</b>

Kaynak : Compressed air, energy conservation booklet 8

Şekil 2.36. Kaçaklar nedeniyle oluşan toplam hava sarfıyatı.

#### 2.5.3.1. Hava Kaçaklarının Yerinin Tespiti

Hava kaçaklarının yerinin tespitinde 4 ayrı metod kullanılır.

##### 2.5.3.1.1. Branşman Yalıtımı

Hava kaçağı olup olmadığının tespiti için basınçlı hava dağıtım (hatların) branşmanları teker teker incelemeye alınmalıdır. Bu inceleme sırasında, incelemeye alınan branşmanda hava kullanılan herhangi bir tüketim elemanının olmadığına, tüm elemanların kapalı durumda olduğuna dikkat edilmeli, eğer varsa kapalı olması sağlanmalıdır. Bir basınç ölçer branşman üzerinde bir drenaj noktası vana veya kullanıcı nokta gibi uygun bir yere bağlanarak branşman basıncı ölçülür bundan sonra branşman ana hava dağıtım hattından vana vb. ayırıcı sistemleri kullanılmak suretiyle ayrılır. Basınç ölçer branşmanda herhangi bir hava kaçağı olup olmadığı basınç düşmesi şeklinde ortaya koyar. Eğer basınç çok hızlı bir şekilde düşme gösteriyorsa bu ciddi bir kaçağın mevcut olduğunu gösterir.

#### **2.5.3.1.2. Sabun Köpüğünün Kullanılması**

Sabun köpüğü bağlantı yerlerinde ve valflerde uygulanır. Bu işlem küçük miktardaki kaçakların tespiti için uygundur. Bununla birlikte büyük kaçaklar için bağlantı yerleri elle kontrol edilerek veya hava kaçaklarının neden olduğu sesin dinlenilmesi suretiyle bulunabilir.

#### **2.5.3.1.3. Parfüm kullanılması**

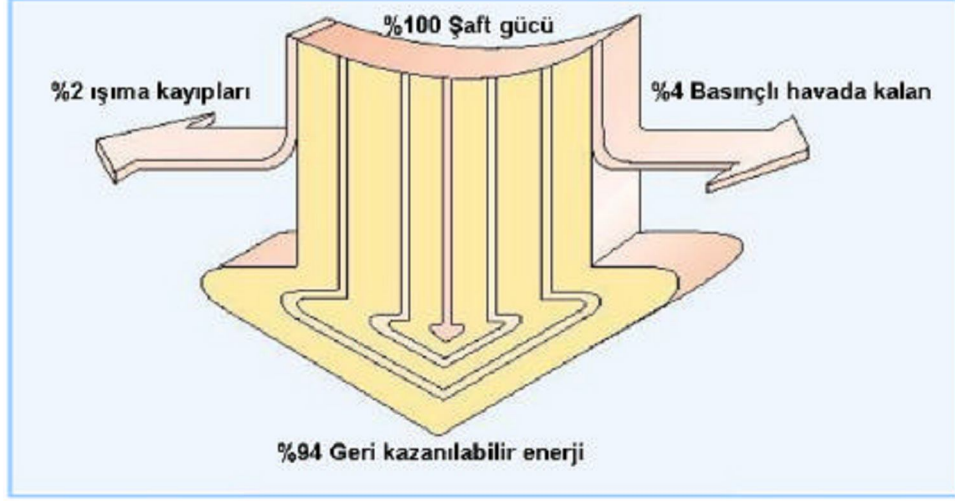
Kuvvetli kokan bir parfüm kompresör hava girişine yerleştirilir. Parfüm karakteristik bir kokuya sahip olduğundan hava kaçağının olduğu yerlerde hava sisteminin etrafındaki noktalarda kolaylıkla fark edilir. Kullanılan parfüm toksik ve aşındırıcı olmamalıdır..

#### **2.5.3.1.4. Ultrasonik dedektör kullanılması**

Ultrasonik dedektör hafifçe daha az güvenilir olmakla birlikte oldukça hızlı test etme olanağına sahiptir. Dedektör küçük bir delikten sızan hava tarafından neden olunan ses dalgalarını toplar. Bu ses dalgaları yükseltılarak duyulabilir ses haline dönüşür. Alet 0.25 mm- 2.5 mm çapındaki deliklerden sızan havayı 1 ila 3 m'lik mesafelerden tespit edebilir.

#### **2.5.4. Kompresörlerde Enerji Geri Kazanım Sistemleri**

Yükselen enerji maliyetleri ve artan çevre bilinci sayesinde çoğu kompresör kullanıcısı, kompresörlerde potansiyel olarak bulunan ve kullanılmadan dışarıya atılan isinin farkına varmaya başladı. Kompresör üreticileri, sıkıştırma işlemi sırasında ortaya çıkan ısıyı fan veya su soğutmalı eşanjörler kullanarak uzaklaştırmaktadırlar. Basınçlı hava elde etmek için kompresörlerde harcanan elektrik enerjisinin % 90 veya fazlası isi enerjisi olarak geri kazanılabilir. Üretim veya proses aşamasında, ısıtma amaçlı elektrik, gaz veya sıvı yakıt kullanılıyorsa, bu yöntemlerden birinin kısmen ya da tamamen yerini kompresörden elde edilecek isi enerjisine bırakma olasılığı vardır. Geri kazanılan isi enerjisi kazancı belirlerken, elde edilecek sıcaklık seviyeleri, olası kullanım alanlarını belirler.



Sekil 2.37. Kompresörlerde tipik enerji akışı.

#### 2.5.4.1. Isı Geri Kazanımının Faydaları

Atık ısıyı geri kazanmak için kullanılacak ilave ekipmanın yatırım maliyeti, yapılacak tasarrufla kendini kısa sürede geri ödemektedir. Bazı durumlarda ısı geri kazanım sistemleri, ısıtma veya sıcak su ihtiyacının tamamını karşılamakta ve yatırım maliyetini düşürmektedir. Isının tamamının kullanılabilirdiği durumlarda sistemin kendini 2 yıldan az bir sürede ödeyebildiği sıkça görülmektedir.

Örnek: Hava soğutmalı, 55 kW gücünde ve 159 lt/sn kapasitedeki bir kompresör, tam yükte 53,5 kW harcamaktadır. Kompresörün haftada 48 saat ve yılda 52 hafta çalıştığı göz önüne alınırsa, geri kazanılabilecek isinin toplam miktarı 133,536 kWh / yıl olacaktır. Bu ısının, kWh maliyeti 0,07 € olan elektrikle sağlandığını varsayarsak, ortaya çıkacak yaklaşık yıllık tasarruf miktarı 9,347.- € olacaktır. Finansal tasarrufa ek olarak, sistemin çevreye de faydası bulunmaktadır. Enerji tasarrufu yapmak atmosfere bırakılan CO<sub>2</sub> gazlarının miktarında önemli düşüşler sağlamaktadır. Örneğin: Doğal gazın yanması sırasında 0,21 kg CO<sub>2</sub>/kWh değerinde bir emisyon oluşmaktadır. Yukarıdaki tasarruf Örneğinden yola çıkıldığında, 133,536 kWh/yıl ısı enerjisinin ortam ısıtılmasında kullanıldığı düşünülürse, CO<sub>2</sub> emisyonundaki yıllık düşüş;  $133,536 \times 0,21 = 28$  ton CO<sub>2</sub> olacaktır. Kapalı devre soğutma kullanılarak kurulan sistemlerde, su kalitesinin iyi olması ve sıcaklık seviyesinin dengeli olmasından dolayı, kompresörün servis ömrünü uzatma yönünde ilave avantajlar sağlanmaktadır.



#### 2.5.4.2. Kompresör Tipleri (Isı Kaynakları)

Isı kaynaklarının tanımlanması:

§ yaklaşık ne kadar ısı elde edilebilir?

§ Isı ne zaman elde edilebilir?

§ Isı nereden elde edilebilir?

Endüstride kullanılan kompresörlerin birçok çeşidi vardır. Bunlardan bazıları su, bazıları hava ile soğutulur. Pratikte 15 kW'in altındaki güçlerde ısı geri kazanım yatırımı yapmak ekonomik değildir. Kompresörlerin öncelikli amacı havayı verimli olarak sıkıştırmaktır. Eksik veya zayıf dizayn edilmiş bir geri kazanım sisteminin kullanılması, kompresörün temel soğutma işlevini etkileyecek, verimliliğini ve güvenilirliğini azaltacaktır. Isı geri kazanımının yan işlev olduğu ve kompresörün öncelikli fonksiyonu olmadığı unutulmamalıdır. Isı geri kazanım sistemi, kompresörün yükte çalışacağı temeline göre dizayn edilmişse, hava kapasitesinin kullanımında azalma olması durumunda hedeflenen tasarruf seviyelerine ulaşamayacaktır. Bu gibi durumlarda kompresör üreticisine danışılarak kısmi yüklerle göre elde edilebilecek gerçek ısı miktarları saptanmalıdır. Basit bir varsayım, elde edilebilecek ısı miktarının hava kullanımıyla doğrudan orantılı olduğunu söyleyebiliriz.

Birden fazla kompresör kullanıldığı durumlarda, ısı geri kazanım sistemi dizayn etmeden önce kompresörlerin kullanımında nasıl bir sıralama ve değişme olacağı hesaba katılmalıdır. Örneğin; 3 kompresör kullanılıyor ve ana makine yer değiştiriyorsa, 3 kompresörün tümünden ısı geri kazanımı yapılmadıkça, geri kazanılan ısı miktarı düşecektir.

Aynı şekilde bir kompresör dairesinde birden fazla kompresör bulunması durumunda, kompresörlerden çıkan ısıyı, ortam ısıtmasında kullanmak için, tüm kompresörlerden hava kanalı almak gerekmektedir. Bir tanesinin bile alınmadığı durumda, hem ısı geri kazanım oranı düşük olacak, hemde kompresör dairesi sıcak olacağından kompresör verimi düşecektir.

Tablo 2.7. Potansiyel kazanım örnekleri.

Geri Kazanılabilir Güç			
FAD m <sup>3</sup> /dak	Isı akışı kW	2000 saat/yıl içindeki tasarruf kW/yıl	Petrol yakıtı m <sup>3</sup> /yıl
6,4	34	58000	10,0
7,4	40	80000	11,8
11,4	51	102000	15,0
14,0	61	122000	17,9
18,7	92	184000	27,1
21,6	109	218000	32,1
23,2	118	236000	34,7
27,9	137	274000	40,3
34,8	176	352000	51,8
43,1	215	430000	63,2
46,9	235	470000	68,1
46,5	229	458000	67,8
51,3	253	506000	74,7
56,9	284	568000	83,5
69,7	368	732000	106
75,4	359	718000	106
83,2	392	784000	115
103,6	490	980000	144
124	502	1200000	177

#### 2.5.4.3. Kompresörlerden Elde Edilebilecek Isının Saptanması

Kompresörün gerçek güç tüketimi bilindiği takdirde, potansiyel ısı kazanımı bu değer %90 'i oranındadır (montaj kayıpları, yetersiz borulama ve kaçaklar hariç). Mevcut kompresör uygulamalarında, yükte ve boşa geçen süreler kaydedilmeli ve ortalama yükte geçen süre hesaplanmalıdır.

**Örnek:** 450 lt/sn kapasiteli kompresörden elde edilecek isinin özgül ısı metodu kullanılarak hesaplanması;

§ 450 lt/sn kapasiteli kompresörün nominal gücü 160 kW 'dır.

§ 10 °C sıcaklıkta ölçülen soğutma havası miktarı = 4,160 lt/sn = 5,14 kg/sn (havanın yoğunluğu 0,81 m<sup>3</sup>/kg olarak alınmıştır)

§ 10 °C emiş sıcaklığı = 20 kJ/kg ( bkz. Buhar tablosu)

§ 38 °C çıkış sıcaklığı = 48 kJ/kg ( bkz. Buhar tablosu)

Kompresörden elde edilebilecek ısı = (48 – 20) x 5,14 = **144 Kw**

#### **2.5.4.4. Su Soğutmalı Kompresörde Elde Edilecek Su Debisi Hesabı**

160 kW gücünde yağ enjekteli, vidalı, su soğutmalı kompresörden 107 kW enerji geri kazanılıyor ve 20 °C soğutma suyu 90 °C 'ye çıkarılmak isteniyor.

Geri kazanılan enerji = 4.2 x su debisi (l/sn) x suyun ısı artışı (°C)

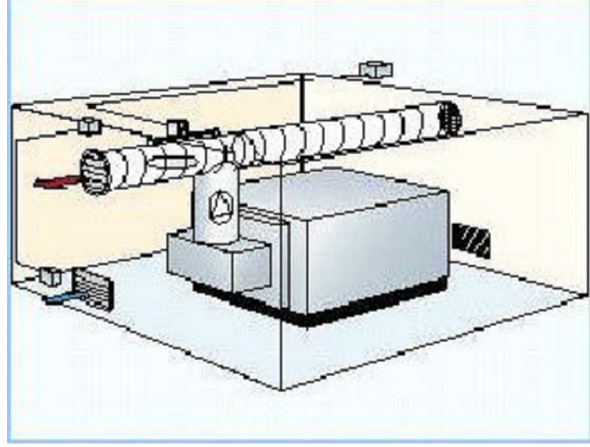
Su debisi = 107kW/ 4.2 x (90 – 20) = **0,36 lt/sn** olarak hesaplanmaktadır.

#### **2.5.5. Yağ Enjekteli Vidalı Kompresörlerde Isı Kazanımı**

- Enjekte edilen yağ, sıkıştırılan havayı soğutmakta ve kompresör elementlerinin sızdırmazlığında kullanılır.
- Sıkıştırma sırasında açığa çıkan isinin %75'den fazlası yağ soğutucusu tarafından alınır, kalan miktar son soğutucu ve ışıma kayıplarıdır.

##### **2.5.5.1. Hava Soğutmalı**

Genellikle kapaklı üretilirler, elde edilen sıcak hava kanallar yardımıyla ortam ısıtmasında kullanılır. Bu kanallar iki yönlü yapılmalıdır. Kış aylarında, fabrika içerisine doğru olan kanal ile ortam ısıtmasında kullanılmalıdır. Yaz aylarında ise ortam ısısı zaten yüksek olduğu için, bu kanal dışarı doğru yönlendirilmeli, ve sıcak hava dış ortama verilmelidir.



Şekil 2.38. Hava soğutmalı kompresörle ortam ısıtması.

- Bazı ünitelerde yağ soğutucusuna yağ/su ısı esanjörü eklenerek sıcak su elde edilebilir.

#### 2.5.5.2. Su Soğutmalı

- Yağ soğutucusu ve son soğutucu harici bir su devresi tarafından soğutulur. Bir ısı esanjörü kullanılarak sıcak su, boyler besleme suyu veya proses ihtiyacı elde edilebilir. (Şekil 2.39)

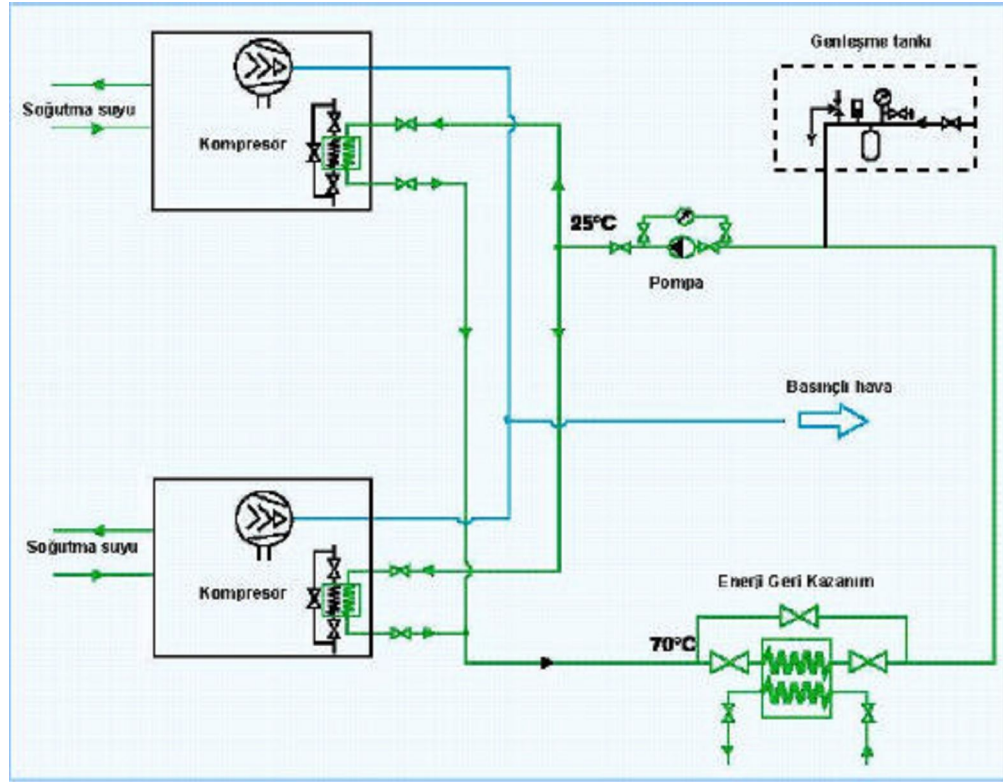
#### 2.5.6. Yağsız Vidalı Kompresörler:

##### 2.5.6.1. Hava Soğutmalı

- Genellikle akustik kapaklı olarak paket ünitelerdir. Ara, son ve yağ soğutucusundan elde edilen ısı kompresörün sıcak hava çıkışından kanallar yardımıyla dağıtılır.

##### 2.5.6.2. Su Soğutmalı

- Soğutma devresinde bir ısı esanjörü kullanılarak sıcak su, boyler besleme suyu veya proses ihtiyacı elde edilebilir. (Şekil 2.40)
- Bazı özel modellerde ara ve son soğutucu üzerinde çift geçiş kullanılarak 95 °C sıcak su elde edilebilir.
- Bazı modeller atık ısıyı kullanarak rejenerasyon yapan entegre kimyasal kurutucularla donatılmışlardır.



Sekil 2.39. Su soğutmalı yağ enjekteli vidalı kompresörde geri kazanım uygulaması.

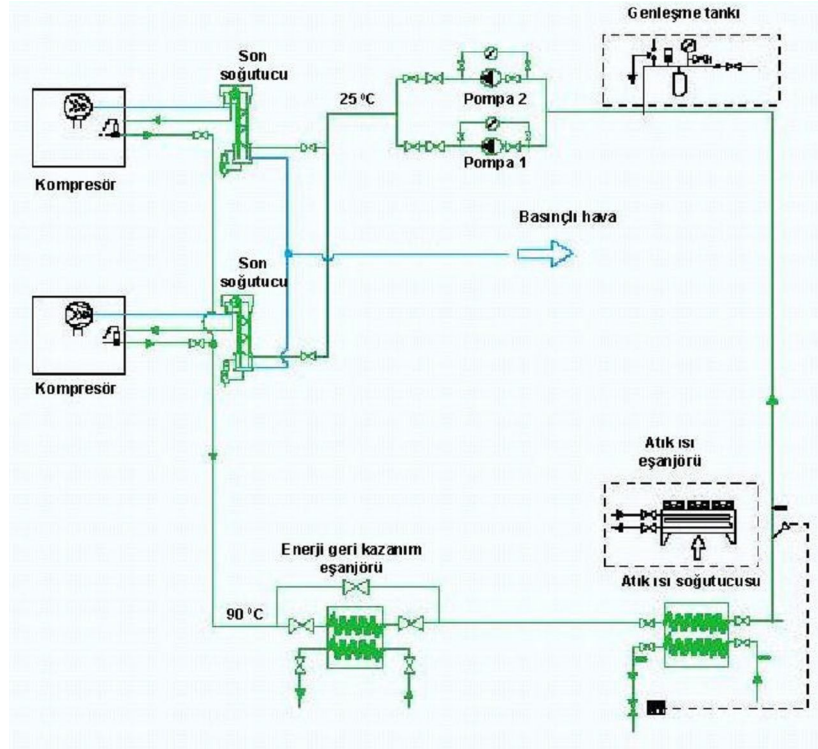
### 2.5.7. Santrifüj Kompresörler:

- Bu kompresörlerin neredeyse tamamı su soğutmalı iki, üç veya dört kademeli sıkıştırma yapmaktadırlar. Bir ısı esanjörü yardımıyla sıcak su, boiler besleme suyu veya proses ihtiyacı karşılanabilir.
- Dizayna esas soğutma suyu sıcaklığında olabilecek değişiklikler ünitenin verimliliğini ve kontrol aralığını etkileyebilir. Isı geri kazanım uygulaması yapmadan önce üreticiye danışılmalıdır.

### 2.5.8. Ekonomi Hesabı

#### 2.5.8.1. İlk Yatırım Maliyeti

- Kanal ve boru işleri
- İzolasyon
- Kontrol sistemi
- Damperler ve valfler
- Yardımcı fan ve pompalar
- yağ düzeltme emniyet valfi değişikliği
- Su stok tankları gibi ekipmanların tümü hesaba katılmalıdır.



Sekil 2.40. Su soğutmalı yağsız vidalı kompresörde geri kazanım uygulaması.

### 2.5.8.2. İşletme Maliyeti

Tasarruf hesaplaması yapılırken tasarruf edilen yakıtın toplam maliyeti alınmalıdır. Bu kazanılan ısının gerçek birim maliyetidir. Eğer kazanılan ısı, maliyeti 0,011 € ve verimliliği 0,75 olan gaz yakıtlı bir kazan ile yer değiştirecekse, enerji tasarrufu =  $0,011 / 0,75 = 0,015$  € olacaktır. Küçük görünse de fan ve pompa gibi yardımcı ekipmanların ilave maliyetlerini hesaba katmak gerekir.

Örneğin:

Fan işletme maliyeti = ( fan kW) x ( çalışma saati/yıl) x ( elektrik maliyeti €/kWh)

Motor verimliliği Motor verimliliği %85, çalışma saati 4,500 saat/yıl, gücü 5 kW olan bir fanin yıllık işletme maliyeti yaklaşık 1,852 € olacaktır.

### 2.5.8.3. Geri Ödeme Süresi Hesabi

**Örnek:** İşletmede üç adet, hava soğutmalı, 360 lt/sn, 132 kW gücünde kompresör kullanılmaktadır.

- Toplam ve yükte çalışma saatlerine bakılarak, kompresörlerden birincisi sürekli yükte, ikincisi ortalama %30 yükte ve üçüncüsünün yedek olduğu görülmektedir.
- Yakında bulunan geniş bir montaj alanında gaz yakıtlı bir kazan yılın yarısında ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Kazan verimliliği % 75, gaz fiyatı 0,011 €/kwh 'dir. Montaj alanı günde 10 saat, hafta içi 5 gün ve Cumartesi günleri 5 saat ısıtılmaktadır. Elektriğin kWh bedeli 0,07 € olarak alınabilir.
- Kompresör üreticisinin gerekli kanal ısı, 5 kw üfleme fanı, kelepçe ve sıcak hava by-pass klapesi için teklifi 4,970 € 'dur.

A) Kompresörden tam yükte elde edilen ısı .....	(kW)	132 kW x %90 = 120 kW
B) Kompresör yük faktörü .....	(%)	%100 + %30 = %130
C) Toplam atık ısı ( A x B/100 ) .....	(kW)	120 kW x %130 = 156 kW
D) Elde edilecek ısı'nın kullanma oranı .....	(%)	%95 ( %5 kayıp-kaçak)
E) Faydalanılacak ortalama ısı ( C x D/100) .....	(kW)	156 kW x %95 = 148 kW
F) Isının yılda kaç saat kullanılacağı .....	(h/yıl)	(50 + 5) x 24 hafta/yıl = 1,320 saat/yıl
G) yıllık enerji tasarrufu ( E x F ) .....	(kWh/yıl)	148 kW x 1,320 saat/yıl = 195,360 kWh/yıl
H) Tasarruf edilen toplam yakıt maliyeti .....	(€/kWh)	0,011€/kWh / %75 = 0,015 €/kWh
I) yıllık yakıt tasarrufu .....	(€/yıl)	195,360 kWh/yıl x 0,015 €/kWh = 2930 €/yıl

J) Yardımcı ekipmanların işletme maliyeti ....(€/yıl)  $5 \text{ kW} \times 1,320 \text{ saat/yıl} \times 0,07 \text{ €/kWh}$   
 = 462 €/yıl

K) Toplam tasarruf ( I – J ) ..... (€/yıl)  $2930 \text{ €/yıl} - 462 \text{ €/yıl} =$   
 2,468 €/yıl

L) Yatırım maliyeti ..... (€) 4,970 €

M) Geri ödeme süresi ( L/K ) ..... (yıl)  $4,970 \text{ €} / 2,468 \text{ €} = 2 \text{ yıl}$

### 2.5.9. Sonuç

Basınçlı hava üretiminde kullanılan hava kompresörlerinin hemen hemen hepsinden değişik yöntemlerle isi geri kazanımı elde etmek mümkündür. İyi planlanmış bir enerji geri kazanım sistemi, işletmenin maliyetlerini düşürerek daha rekabetçi olmasını sağlayacaktır. Kaynakların verimli kullanılması yasadığımız çevreye vermemiz gereken saygının bir gereğidir.

### 2.6. Aydınlatma Sisteminde Enerji Verimliliği

İşletmelerin elektrik tüketiminde aydınlatmanın payı genelde düşüktür. Buna karşın aydınlatmanın önemli olabileceği bazı sanayi dalları da bulunmaktadır. Aydınlatma yükünün çok az olduğu yerlerde bile, enerjide önemli bir tasarruf sağlanabilir. Etkin bir enerji yönetim programı yapılırken aydınlatma gözardı edilmemelidir.

#### 2.6.1. Aydınlatma Verimi

Piyasada çeşitli enerji verimliliği değerlerine sahip değişik türde aydınlatma kaynakları bulunmaktadır. Tablo 2.8. 'de bazı aydınlatma kaynaklarının temel özellikleri verilmektedir.



Tablo 2.8. Genel Aydınlatma Kaynaklarının Özellikleri.

Tip	Güç (Watt)	Verim (Lümen/Watt) *	Omür (saat)
<b>Akkor Flamanlı</b>			
Normal	15- 1000	10-20	1000
Halojen	20 -2000	20 -25	2000 -3000
<b>Flüoresan</b>			
Tüp	6 -65	50 - 95	4000 -7000
Kontakt	9 -25	45 - 80	8000 –10000
<b>Yüksek Basınçlı</b>			
Civa	50 -1000	40 - 60	7000
Sodyum	50 -1000	70 -120	6000
<b>Metal Halide</b>	400 -2000	80 -90	2000 -6000
<b>Alçak Basınçlı</b>			
Sodyum	8 -180	1 00 -1 80	6000

\* Verimlilik, lümen/Watt olarak ifade edilmektedir. (Giren birim enerji başına çıkan ışık akısı)

### 2.6.2. Aydınlatma Seçimi İçin Diğer Etkenler

Aydınlatmada gözönüne alınacak ilk özellik verimliliğdir. Bununla birlikte dikkate alınması gereken bir takım diğer etkenler de vardır. Bu etkenlerden bazıları Tablo 2.8'de verilmiştir.

Tablo 2.9. Yaygın Olarak Kullanılan Işık Kaynaklarının Çeşitli Özellikleri.

Tip	Işık Rengi	Renk Geri Verimi	Maliyeti
<b>Akkor Flamanlı</b>			
Normal	Sıcak	İyi	Düşük
Halojen	Sıcak	Çok iyi	Orta
<b>Flüoresan</b>			
Tüp	Çeşitli renkler	Ortadan iyiye	Orta
Kontakt	Sıcak	iyi	Orta
<b>Yüksek Basınçlı</b>			
Civa	50 -1000	Orta	Yüksek
Sodyum	Sıcak	Çok zayıf	Yüksek
<b>Metal Halide</b>	Gün ışığı	zayıf	Çok yüksek
<b>Alçak Basınçlı</b>			
Sodyum	Sarı	Yok	Orta

### 2.6.3. Aydınlatma Kaynaklarının Verim ve Ömür Açısından Karşılaştırılması

Normal flamanlı lambalarla diğer aydınlatma kaynakları arasındaki ilişki aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Normal flamanlı lambaların ömrü ve verimi 1 olarak alınırsa diğer lambaların buna karşı gelen özellikleri şöyledir.

Tablo 2.10. Aydınlatma tipine göre verim ve ömür katsayısı.

Aydınlatma Kaynağı	Verim Katsayısı	Tahmini Ömür Katsayısı
Halojen	2.1-2.5	2 -3
Tüp Flüoresan	5 -9	4-7
Kompakt Flüoresan	5- 8	8 -10
Yüksek Basınçlı Civa	4-6	7-8
Yüksek Basınçlı Sodyum	7-12.5	7
Metal Halide	8-9	2-6
Alçak Basınçlı Sodyum	10-18	6

#### **2.6.4. Aydınlatma Kaynaklarının Seçimi ve Kullanım Önerileri**

Aydınlatma kaynaklarının farklı özelliklerine dayanılarak aşağıdaki kullanım önerileri yapılabilir.

##### **- Normal Flamanlı Lambalar**

Kısa süreli çalışmalarda  
Genel amaçlı yerlerde

##### **- Halojen Lambalar**

Yüksek yoğunluklu aydınlatma  
İyi renk geri verimi gereken yerlerde

##### **- Tüp Flüoresan**

Sürekli veya kesintili aydınlatma  
Genel amaçlar için  
İyi renk geri verimi gereken yerlerde

##### **- Kompakt Flüoresan**

İç ortamlarda yüksek kaliteli aydınlatma gereken yerlerde

##### **- Yüksek Basınçlı Civa Buharlı**

Büyük atölyelerde  
Dış ortam aydınlatmasında

##### **- Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı**

Dış ortam aydınlatmasında (civa buharlıının yerini alabilir)  
Yol aydınlatmasında  
Depolama sahalarında

##### **- Metal Halide**

Sınırlı kaynak sayısı gerektiren geniş sahalarda (spor sahaları vb)

##### **- Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı**

Renk faktörünün önemli olmadığı dış ortam aydınlatmalarında (otoyol, geniş depolama sahaları)

### 2.6.5. Enerji Tasarrufuna Bir Örnek

Dış ortam aydınlatması 250 wattlık 65 adet yüksek basınçlı civa buharlı ampul ile sağlanan bir fabrikada ampuller (verim=52 lümen/watt), 90 wattlık alçak basınçlı sodyum buharlı ampullerle (verim 150 lümen/watt) değiştirilirse ne kadar elektrik tasarrufu sağlanır.

$$\begin{aligned} \text{Mevcut aydınlatma} &= \text{Lamba sayısı} \times \text{Etkinlik faktörü} \times \text{Lambanın gücü} \\ &= 65 \times 52 \times 250 \\ &= 845\ 000 \text{ Lümen} \end{aligned}$$

LS : Aynı aydınlık seviyesi için gerekli lamba sayısı  
Önerilen aydınlatma = LS x 90 x 150 = 845 000 Lümen

LS = 62.59 yaklaşık olarak LS 63 alınır:

$$\begin{aligned} \text{Enerji Tasarrufu} &= (65 \times 250) - (63 \times 90) \\ &= 10\ 580 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aydınlatma ihtiyacını 3650 saat/yıl olarak kabul edersek Yıllık enerji tasarrufu} &= 10.58 \times \\ &3650 \\ &= 38\ 617 \text{ kWh/yıl} \end{aligned}$$

Aktif enerjinin fiyatı : 0,175 TL/kWh (01.12.2009)

$$\begin{aligned} \text{Yıllık enerji tasarruf maliyeti} &= 38\ 617 \times 0,175 \\ &= 6757 \text{ TL/yıl (3202 Euro/yıl)} \end{aligned}$$

Bu değer ampullerin değiştirme masrafı ile karşılaştırılmalıdır. Bu değerlendirme yapılırken yüksek basınçlı sodyum buharlı ampullerin ömürlerinin biraz daha kısa olduğu göz önüne alınması gereklidir.

### 2.6.6. Öneriler

- Aydınlatma sistemlerinizi gözden geçirin daha verimli aydınlatmaya geçebilmek için fırsatları değerlendirin. Bunun için mevcut aydınlatma yapısının envanterini çıkarın.

Örneğin:

- Aydınlatma armatürlerinde herhangi bir değişiklik yapılması düşünülüyorsa 1000 saat/yıldan fazla kullanılmış akkor flamanlı ampuller kompakt flüoresan ampullerle değiştirilebilir. Armatürde de değişiklik yapılacak ise akkor flamanlı ampuller, flüoresan tüp lambalarla değiştirilmelidir. Bu işlem büyük enerji tasarrufu sağlar.
- Ampullerde değişiklik yapılabilir ise, yüksek basınçlı civa buharlı ampullerin yüksek basınçlı sodyum buharlı ampuller ile değiştirilmesi kayda değer olabilir.
- Çalışılmayan sahalarda aydınlatma için alçak basınçlı sodyum buharlı ampullerin kullanılması her zaman uygundur. Ayrıca civa buharlılar kadar sağlığa zararlı değildir.
- Aydınlatma armatürlerinizin değiştirilmesini planlamış iseniz, modern verimli aydınlatma kaynakları ile değiştirilmesinin maliyetini kontrol ediniz. Bu maliyet karşılaştırılmasında uzun ömürlü kaynakların bakım masraflarının daha az olacağını göz önüne alınız. Nitekim bu işlemlerde kazanç sadece enerji tasarrufunda değil işçilikte de vardır.
- Basit ve düşük masraflı önlemler şu maddeleri içermektedir. Bunlar:
- Aydınlatma armatürlerini temiz, ve sürekli bakımlı bir şekilde tutunuz.
- Yapay aydınlatma gereğini azaltmak ve gün ışığından daha fazla yararlanabilmek üzere pencere camlarını düzenli ve periyodik olarak temizleyiniz.
- Ortam aydınlatmasını gün ışığına göre çalışan fotosellerle kontrol ediniz.
- Çalışılmayan zamanlarda sadece güvenlik amaçlı yeterli aydınlık sağlayınız.

### **3. BÖLÜM**

#### **FABRİKA TANITIMI VE MEVCUT DURUMUNUN İNCELENMESİ**

##### **3.1. Sunuş**

Bu bölümde enerji tasarrufu çalışmasını yapacağımız firma olan Üçyıldız Kutu' nun genel bir tanıtımını yapılmış ve enerji tasarrufu çalışması yapacağımız departmanların genel bir incelemesi sunulmuştur.

##### **3.2. Genel Firma Tanıtımı**

Üçyıldız kutu şu anda, sektöründe kayserideki en köklü firma durumundadır. Şirket 1984 yılında Zekeriya Yozgatlıgil tarafından kurulmuş ve gelişerek günümüze kadar gelmiştir. Firma ilk kurulduğu yıl, sanayi tüpü kaynaklı ısıtıcılı 125 cm enindeki oluklu mukavva makinası ile üretime başlamıştır. 1980'li yılların sonunda 145 cm eninde bir oluklu mukavva makinası olarak üretim kapasitesini genişletmiştir. 1996 yılında ise firma büyük bir açılıma giderek almanyadan komple bir tesis satın almıştır. Almanyadan getirilen 220 cm enindeki ve buhar kaynaklı ısıtıcısı olan oluklu mukavva makinası ile teknik anlamda büyük bir ilerleme sağlanmıştır. Bu makina sayesinde daha kaliteli ürünler üreterek firmanın büyümesinde katkı sağlamıştır. Bugün organize sanayine 11.000 m2 kapalı alan olmak üzere toplam 19.000 m2 alanda halen aynı makina ile üretim yapmaktadır.1 sene içerisinde 250 cm eninde bir oluklu mukavva makinası kurulması hedeflenmiştir. Ve bu yönde çalışmalar devam etmektedir.

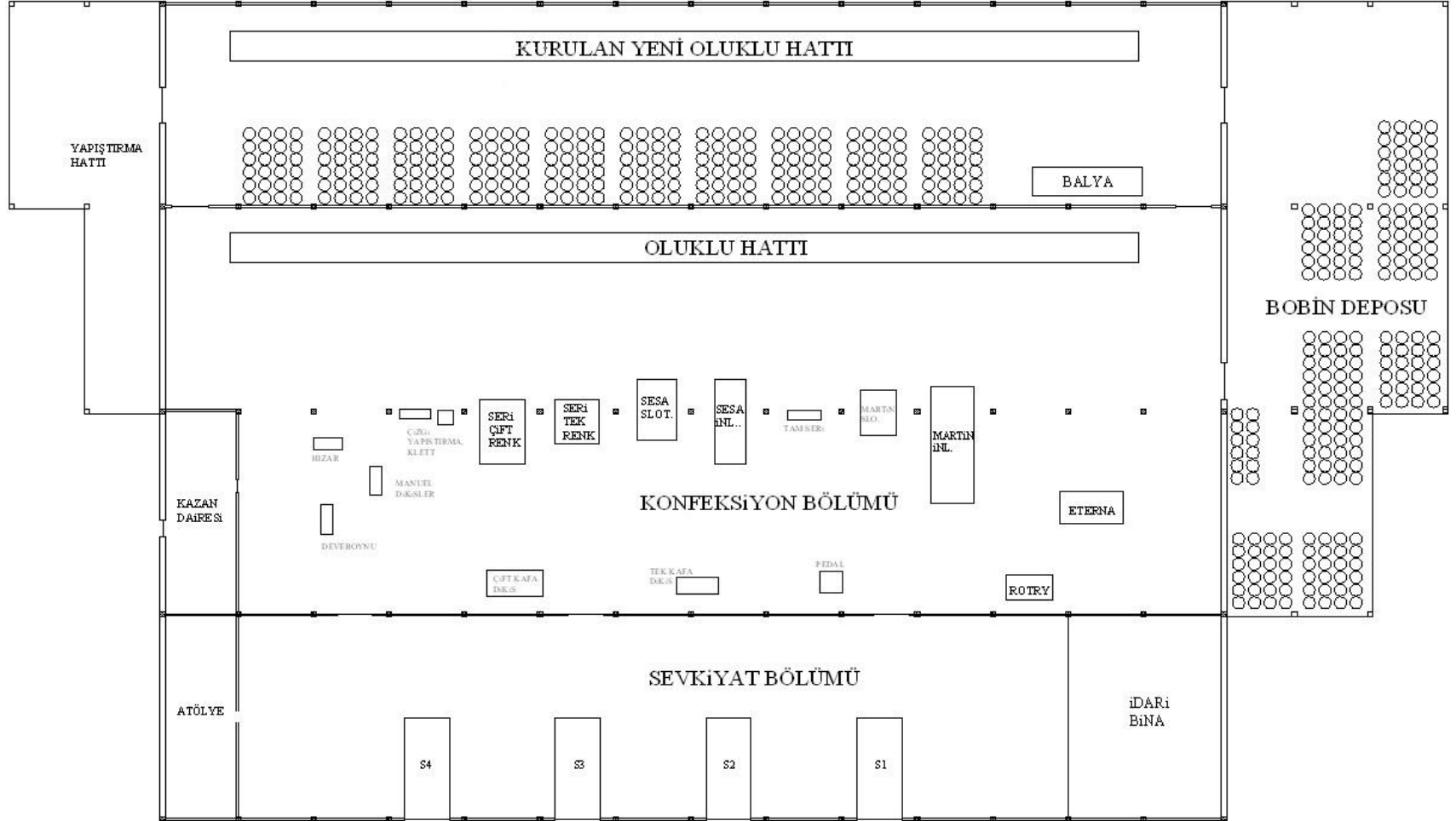
Her çeşit sektörden müşterileri olan firma, özellikler kayseri sanayisinin büyük bir dilimini oluşturan mobilya sektörüne hizmet etmektedir.

Kayseri 1. organize san. Bölgesindeki tek fabrikasında üretim yapan şirket, günde 8 saat ve yılda 312 gün çalışmakta ve 70 kişiye iş olanağı sağlayarak da istihdama katkı sağlamaktadır. Tesiste oluklu mukavva plakalar ve oluklu mukavva kutu üretimi yapılmaktadır. Sektör olarak bir yan sanayi kuruluşu olan fabrika, müşterilerinin her türlü kutu ihtiyacına çözümler sunmaktadır. Kaliteye büyük önem veren firma, “bilgi ve teknoloji çağında kendini sürekli yenileyerek, eğitilmiş ve yetkin personelle, mümkün olan en az hata ile, kaliteden ödün vermeden üretim yapmayı, müşteri memnuniyeti ilkesi çerçevesinde üstün hizmet vermeyi” kalite politikası olarak benimsemiştir.



Şekil 3.1. Fabrikanın genel bir görünümü.

## FABRİKA YERLEŞİM PLANI



Şekil 3.2. Fabrika yerleşim planı.



### 3.3. Üretim süreci

Oluklu mukavva kutu üretiminde iş, siparişin alınmasıyla başlar. Müşterilerin ürünleri planlama havuzunda toplanır. Planlama sonucu siparişte istenilen kağıt, bobin halinde oluklu mukavva makinasına takılır. Bobinin takılmasıyla birlikte aynı zamanda, buhar kazanı çalıştırılır ve, kağıda oluk formunu vermesini sağlayan silindirlere buhar hazır edilir. Kağıdın yapışmasını sağlayan nişasta ise yine nişasta kazanında su ile karıştırılarak hazır hale getirilir. Kağıtlar makinaya verilerek, mukavva üretimine başlanır. 220 cm enindeki mukavva, hat sonunda siparişteki ölçülere göre kesilir. Ve düz mukavvalar üretilmiş olur. Üretilen mukavvalar, kesim ve baskı için uygun olan konfeksiyon makinasına forklift ile taşınır. Burada yine siparişteki renk ve ölçüye göre mukavva, kutu haline getirilir. Makina çıkışında palete dizilen ürünler, müşteri isteğine göre dikiş veya yapıştırma ünitelerine forklifle taşınır. Dikiş ve yapıştırma makinalarında da işlem yapıldıktan sonra kutular şeritle bağlanarak palete dizilir ve komple şirinklenerek sevkiyat bölümüne gönderilir. Sevkiyat amiri bir plan doğrultusunda ürünleri kamyonlara yükler ve sevk eder.

### 3.4. Buhar kazanı departmanı

Bir adet 2,200,000 cal/h buhar kazanı, üretimde gerekli olan buharı üretmek için kullanılmaktadır. Kazan üzerinde hem doğalgaz hem de fuel-oil ile çalışabilen oransal, weishaupt marka brülör mevcuttur.



Şekil 3.3. Baca ve eski fuel-oil kazanı.

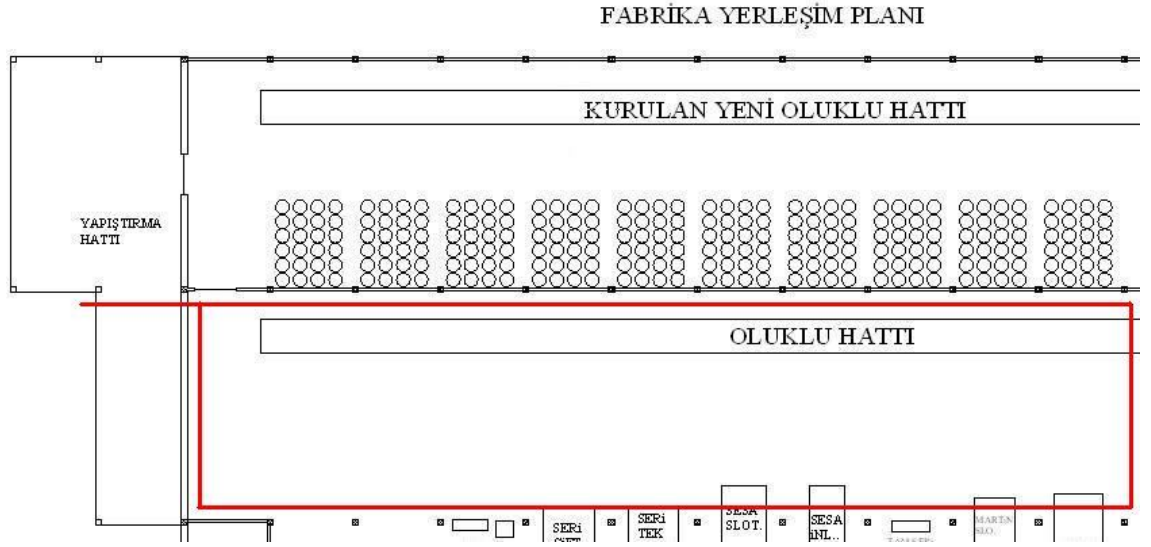


Şekil 3.4. Kazan dairesi.

İki adet kazan suyu besleme pompası ve bir adet ana kondens deposu bulunmaktadır. Kayseriye doğalgaz gelmeden önce fuel-oil kullanılmaktaydı. Doğal gaz gelir gelmez fuel-oil bırakılmış ve doğalgaz yakılmaya başlanmıştır. Fakat, gerek doğalgazda bir sorun olması durumunda gerekse doğalgazın pahalı duruma gelmesi ihtimaline karşı fuel-oil sistemi devre dışı bırakılmamıştır. Zaten doğalgazın fuel-oil den pahalı duruma gelmesiyle karşılaşmıştır ve o dönemlerde fuel-oil e geçilmiştir. Tezin ilerleyen kısımlarında bu durum incelenmiştir.

Kazanda üretilen buhar, sadece oluklu mukavva makinasında (oluklu hattı) kullanılmaktadır. Kazandan çıkan buhar, bir hat boyunca oluklu hattına gelir (Şekil 3.5) burada kurutma silindirlere girer. Kağıt bu silindirlere sarılarak makinaya verilir. Böylece kağıttaki nem atılmış olur. Ayrıca ondüle formunu veren silindirlerde de kızgın buhar kullanılarak, kağıdın ondüle formunu kolayca alması sağlanır. Yine buharın ikinci bir kullanımı ise, kağıt katmanlarının birbirine yapışmasını sağlayan nişastanın kurutulması aşamasındadır. Burada da aynı şekilde buhar, kurutma taveları içerisinde enerjisini kağıda verir.

### 3.5. Kompresör dairesi ve hava dağıtım şeması



Kompresör odasında 2 adet vidalı kompresör bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi 9,7 m<sup>3</sup>/dk. kapasitede ve maksimum 8 bar basınçlıdır. Diğeri ise 3,6 m<sup>3</sup>/dk. kapasitede ve maksimum basıncı ise 8 bardır. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6. Fabrikadaki kompresörler.

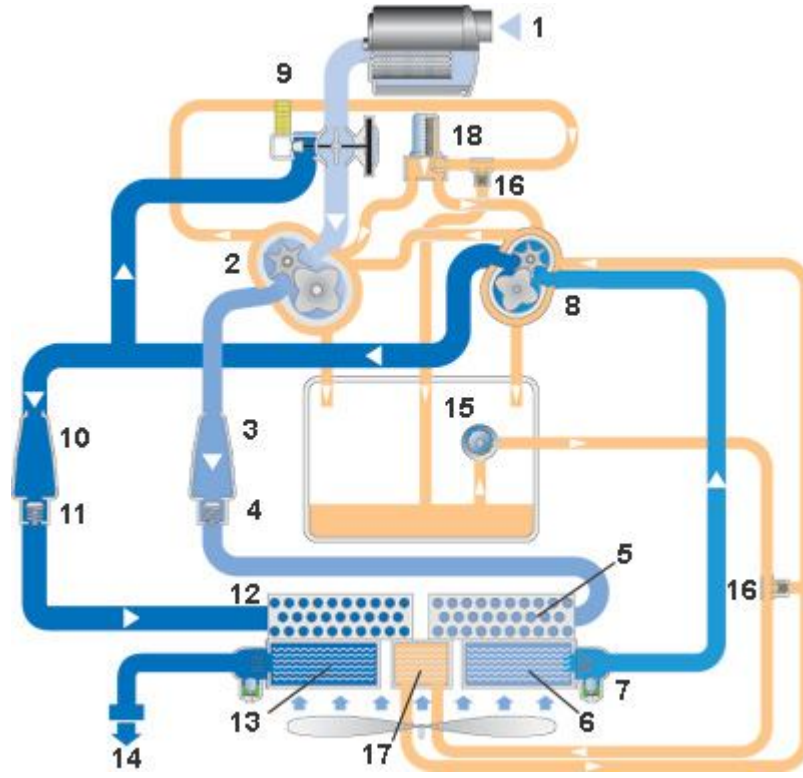


Şekil 3.7. Fabrikadaki kompresörler ve kurutucu.

Normal şartlarda sadece büyük kapasitedeki kompresör çalışmaktadır. Herhangi bir arıza veya bakım durumunda büyük kompresör kapatılıp, küçük kompresör devreye alınmaktadır. Kompresörler ortak bir depoya bağlanmaktadır, böylece ilerdeki kapasite artışı durumlarında her iki kompresörde çalışıp ortak bir depoyu besleyebilmektedir.

Bu depodan fabrika içerisindeki kullanım noktalarına dağıtım yapılmaktadır. Bu dağıtım sistemindeki hava tesisatında yine dikkat edilmesi gereken noktalar vardır. Bunlardan bir tanesi tesisatın bir dikdörtgen gibi tur atıp bir noktada birleşmesidir. Bu hava hızlarının düşmesini sağlar ve daha verimli bir hava kullanımı sağlar. Yine bir diğer nokta hava hatlarına direnç hatlarının konulmasıdır.

Depodan sonra kurutucuya bağlantı yapılmıştır. Kurutucuda basınçlı havadaki nem ve yağ atıldıktan sonra sisteme gönderilmektedir. Aşağıdaki resimde çift kademeli kompresör sistemi şematik olarak gösterilmiştir.

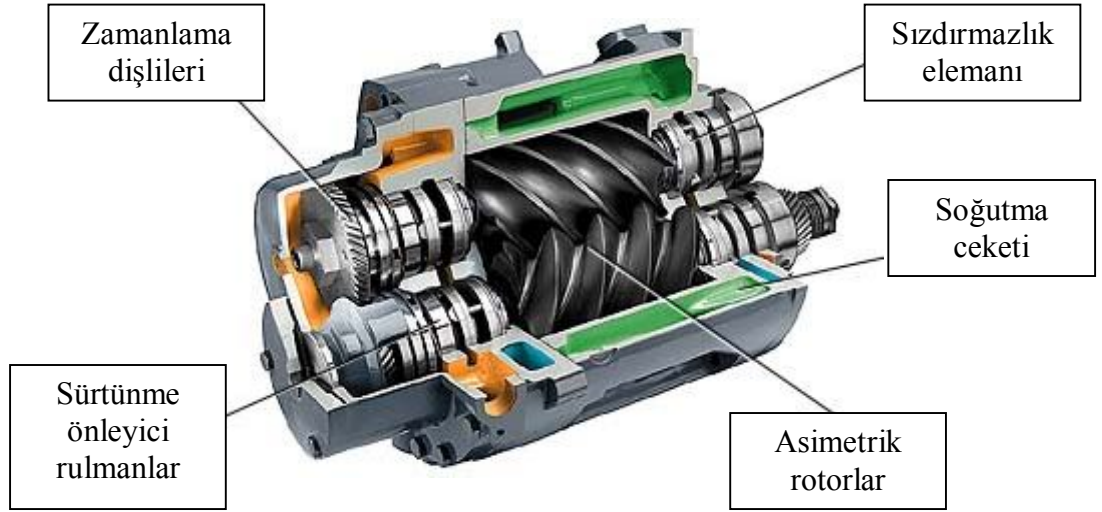


- |  |                          |
|--|--------------------------|
| 1. Hava girişi, hava filtresi ve susturucu | 10. Susturucu            |
| 2. Düşük basınçlı Vida kompresör           | 11. Çek valf             |
| 3. Susturucu                               | 12. Ön soğutucu          |
| 4. Çek Valf                                | 13. Son soğutucu         |
| 5. Ön soğutucu                             | 14. Basınçlı hava çıkışı |
| 6. Inter-Cooler                            | 15. Yağ pompası          |
| 7. Su tutucu ve kurutucu                   | 16. Yağ by-pass valfi    |
| 8. Yüksek basınçlı Vida kompresör          | 17. Yağ soğutucusu       |
| 9. Açma kapama regülatörü                  | 18. Yağ filtresi         |

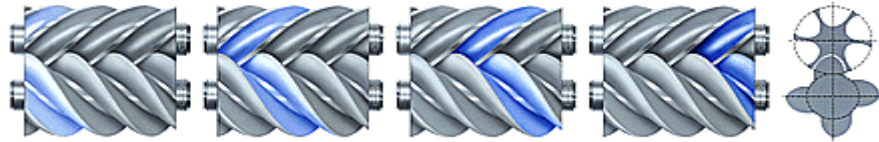
Şekil 3.8. Çift kademeli kompresör akış diyagramı.

Yukarıda da görüldüğü üzere, kompresör diyagramında oldukça fazla eleman bulunmaktadır. Bu da kompresör tesisatında bakımın ne kadar önemli olduğunun da göstergesidir. Çünkü bu kadar fazla eleman ile çalışna bir sistemde, arızalanan veya tam istenilen verimde çalışmayan bir parçanın, kompresöre boşa güç sarfettireceği, ve dolayısıyla enerjinin boşa israf edileceği anlamına gelir. Yani düşük verimlilik demektir.

Şekil 3.9. da üçyıldız kutu da kullanılan vidalı kompresörün temel elemanları ve Şekil 3.10. de ise kompresyon oluşumunun aşamaları gösterilmektedir. Resmin sol tarafındaki ilk aşamada, serbest hava vida sistemine giriş yapmaktadır. Rotor döndükçe, vidaların erkek dişi sisteminden dolayı hava sıkışarak vidanın içerisine taşınmış olur. Vidanın son kısmında basınçlı hava oluşur ve vidayı terk eder. Sonsuz vida sisteminde çalıştığı için, basınçlı hava oluşumu için ölü nokta yoktur. Sürekli içeri hava çekerek, sürekli basınçlı hava üretir. Bu da hava üretme sistemlerinde, güçlü bir kompresyon olarak kabul edilir.



Şekil 3.9. Vidalı kompresör ana elemanları.



Şekil 3.10. Kompresyon prensibi şematik gösterim.

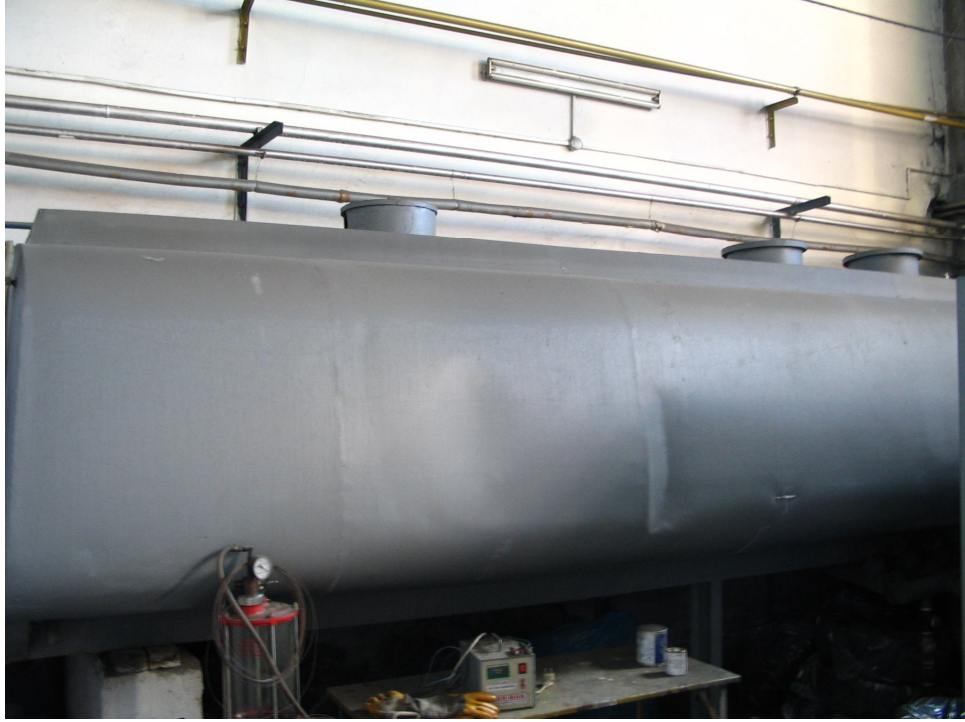
### 3.6. Tanklar

Farklı malzemeleri depolamak için değişik ölçülerde tanklar bulunmaktadır. Fabrikadaki tankların listesi şu şekildedir.

1. Fuel-Oil tankı (1 ünite , 176 m<sup>3</sup>)
2. Basınçlı hava tankı (1 ünite, 10 m<sup>3</sup>)
3. Arıtılmış su tankı (1 ünite, 24 ton kapasiteli)
4. Arıtılmamış su tankı (1 ünite, 24 ton kapasiteli)
5. Nişasta tankı (2 ünite)
6. Kondens tankı (1 ünite, 4000L kapasiteli)



şekil 3.11. Tanklardan bazıları (kondens tankı).



Şekil 3.12. Tanklardan bazıları (Arıtılmış su tankı).

### 3.7. Enerji tüketimleri

Enerji yönetim sisteminin en önemli kriterlerinden birisi de enerji kullanımını ölçmek ve malietini çıkarmaktır. Bunu yapmanın en iyi yolu enerji tüketimlerini ay bazında takip etmektir. Değişik enerji kaynaklarının aylık tüketimlerini ayrı ayrı tablo halinde düzenlerken, tüketimleri karşılaştırabilmek için birimleri ortak bi zeminde buluşturmak gerekir. Bunun için tüm enerji birimlerini tek bir değere dönüştüren, enerji çevrim katsayılarına ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyacımız olan çevrim katsayıları Tablo3.1 de verilmiştir

Tablo 3.1. Enerji dönüşüm tablosu.

Enerji birimi	Isıtma değeri	Eşitlik
1 kWh elektrik	860 kcal	0.00086 Gcal
1 kg fuel-oil (no:6)	9860 kcal	0.00986 Gcal
1 m3 doğalgaz	8250 kcal	0,00825 Gcal
1 kg LPG	10900 kcal	0.0109 Gcal



Üçyıldızdaki enerji tüketimini tablolar halinde yazdıktan sonra, bu tablolar çubuklu grafiklere dönüştürülecektir. Bu grafikler ile, tüketimlerin ileriye dönük eğilimleri ve enerji kullanımının dağılımı daha rahat incelenebilmektedir. İlerleyen sayfalarda Tablo 3.2 de elektrik tüketimi, Tablo 3.4. de ise doğalgaz incelenmiştir.

Ayrıca bir fabrikanın toplam enerji ihtiyacını, tek bir birim halinde görmek için enerji birimleri “TEP” (toplam eşdeğer petrol) cinsine çevrilmektedir. Üçyıldız kutunun da TEP cinsinden enerji ihtiyaçları;

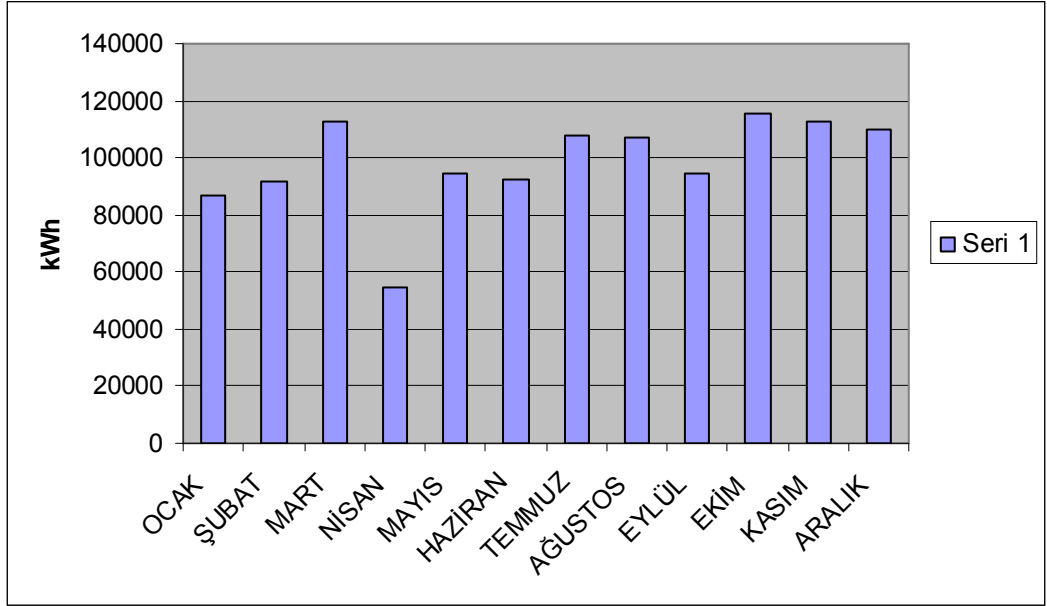
Elektirik ihtiyacı = 1,179,176.76 kWh = 101.4092 TEP

Doğalgaz ihtiyacı = 400434 m<sup>3</sup> = 330.3580 TEP olmak üzere toplam enerji ihtiyacı; 431.7672 TEP olmaktadır.

Tablo 3.2. Üçyıldız kutuda 2009 yılına ait elektrik tüketimi.

<b>ELEKTRİK</b>			
AYLAR	TÜKETİM		TUTAR (TL)
	kWh	Gcal	
OCAK	86.603,58	74,48	11.411,32
ŞUBAT	91.944,72	79,07	12.016,00
MART	112.473,90	96,73	17.727,04
NİSAN	54.267,57	46,67	8.444,16
MAYIS	94.382,82	81,17	14.838,48
HAZİRAN	92.670,48	79,70	14.716,22
TEMMUZ	107.601,48	92,54	16.935,26
AĞUSTOS	107.210,25	92,20	15.470,78
EYLÜL	94.273,20	81,07	9.896,56
EKİM	115.556,49	99,38	19.831,88
KASIM	112.538,16	96,78	19.924,12
ARALIK	109.654,02	94,30	19.624,82
<b>TOPLAM</b>	<b>1.179.176,67</b>	<b>1.014,09</b>	<b>180.836,64</b>

Tablo 3.3. Üçyıldızda 2009 yılında aylara göre elektrik tüketimi.



Tablo 3.4. Üçyıldızda 2009 yılına ait doğalgaz tüketimi.

<b>DOĞALGAZ</b>			
AYLAR	TÜKETİM		TUTAR (TL)
	m <sup>3</sup>	Birim fiyat (\$m <sup>3</sup> )	
OCAK	11.756,73	0,812576	9.553,24
ŞUBAT	16.403,03	0,67237	11.028,91
MART	35.398,00	0,673205	23.830,11
NİSAN	35.098,12	0,673814	23.649,61
MAYIS	36.522,77	0,507452	18.533,55
HAZİRAN	37.312,92	0,507144	18.923,03
TEMMUZ	38.938,89	0,506774	19.733,22
AĞUSTOS	39.103,70	0,50678	19.816,97
EYLÜL	32.487,91	0,506302	16.448,69
EKİM	40.393,37	0,506381	20.454,43
KASIM	39.136,52	0,506217	19.811,57
ARALIK	37.882,57	0,506258	19.178,35
<b>TOPLAM</b>	<b>400.434,52</b>	<b>0,573</b>	<b>220.961,68</b>

Tablo 3.5. Üçyıldızda 2009 yılında aylara göre doğalgaz tüketimi.



### 3.8. DEĞERLENDİRME

Bu bölümde fabrikanın genel durumunu, çalışma şartlarını, kullanılan kazanın, kompresörün kapasitesini ve enerji tüketimlerinin incelemesi yapıldı. Bir fabrikada enerji yönetimi yapılırken, önce mevcut durumunun belirlenmesi şarttır. Bundan sonraki bölümlerde bu bilgiler ışığında nerelerde tasarruflar yapılır, hangi birimlerde tasarruf çalışması yapılması gerekir bunların çalışması yapılacaktır.

## 4. BÖLÜM

### ÜÇYILDIZ KUTUDAKİ ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

#### 4.1. Sunum

Günümüz şartlarında enerjinin verimli kullanılması, hem ülkemizin enerji politikaları açısından hemde fabrikalar için çok önemli bir husustur. Devlet açısından enerjinin dışa bağımlılığı konusu zaten aşıkardır. Fabrikalar içinse, her geçen gün rekabet şartlarının ağırlaşması sonucu karlılıklar düşmekte, maliyetleri en aza indiren şirketler, bu rekabette güçlü kalmaktadırlar.

Üçyıldız kutuda, birçok firma gibi bahsettiğimiz bu rekabet ortamında bulunmakta, ve maliyetlerini en aza indirme çalışmaları içerisinde. Üretim yapan fabrikalar için de başta gelen maliyetler arasında enerji maliyetleri gelmektedir. Üçyıldızda da sektör itibari ile makinalaşma oldukça fazla olduğu için enerji kullanımı azımsanmayacak derecededir. Enerji kullanım alanları; elektrik motorları, kompresörler, aydınlatma ve doğalgazdır. Haliyle enerji tasarrufu yapılabilecek birçok alan bulunmaktadır. Bu noktada önemli olan, ne yapılacağını ve nasıl yapılacağını belirlemektir. İşte bu sebeple çalışmamız sonucu önemli enerji tasarrufu imkanları belirlenmiştir.

Bu bölümde, hangi alanlarda enerji tasarrufunun yapılabileceğini, tasarrufun ne kadar olacağını, maliyetinin hesaplanması ve son olarak da geri ödeme süresinin hesaplanması belirtilmiştir.

#### **4.2. Basınçlı hava sistemindeki kaçakları en aza indirmek**

Birçok endüstride, çeşitli makinalar ve üniteler için basınçlı hava kullanılmaktadır. Fakat bu sistemdeki verimlilik çoğu zaman gözardı edilmektedir. Halbuki basınçlı hava sistemlerinde yapılan optimizasyonlar enerji verimliliğinde %20-50 oranında iyileştirme sağlamaktadırlar. Bunun için yapılacak önlemler arasında en basiti hava kaçaklarını tespit etmek ve kaçakları gidermektir.

Hava kaçakları basınçlı hava sistemlerindeki enerji kayıplarının büyük bir bölümünü oluşturur ve bu genellikle %20-30 oranındadır. Kaçakları tespit etmede en etkili yol yüksek frekanslı sesleri algılayabilen ultrasonic dedektörlerdir. Fakat bunun dışında da 2.5.3.1. de belirtildiği yöntemlerle yapılabilir.

Ara ara yapılan denetimler sonucu hatlarda hava kaçakları gözlenmiş ve bunlar giderilmiştir. Tablo 4.1. de tespit edilen kaçakların yerleri ve tahmini delik çapları belirtilmiştir.

Hava kaçaklarını tamir ettiğimizde elde edeceğimiz enerji tasarrufunu, yapacağımız hesaplamalar bize gösterecektir. Kompresörün giriş ve çıkışındaki havanın durumunu şekil 4.2.deki şematik gösterimde belirtilmiştir. Hesaplamalardaki varsayımlar ise şöyledir;

- Sabit işletme şartları
- Hava ideal gaz Kabul edilmiştir
- Hatlardaki basınç kayıpları göz ardı edilmiştir.

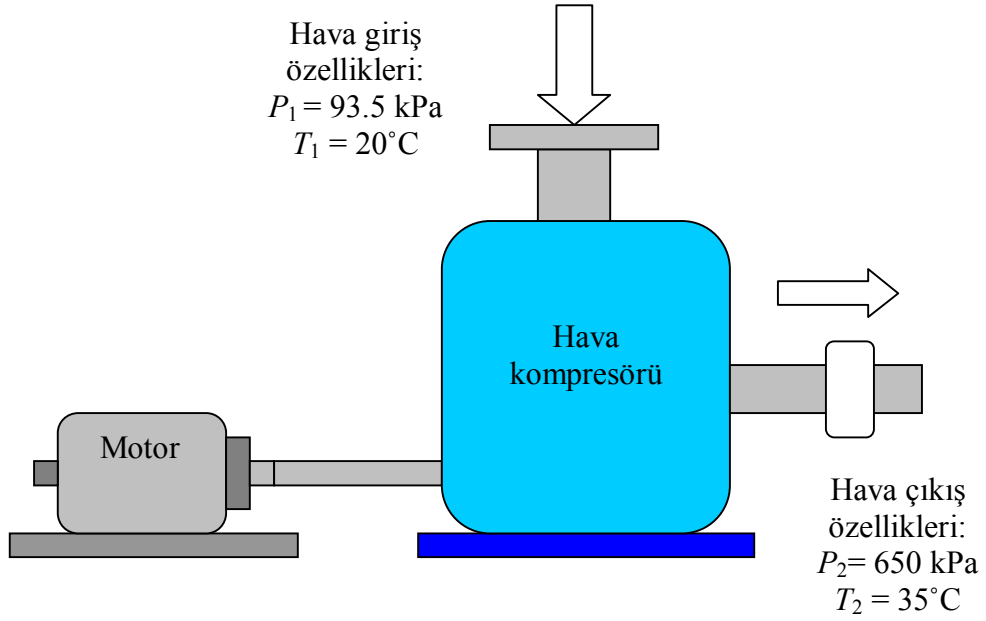


Şekil 4.1. Ultrasonik dedektör ve uygulaması.

Tablo 4.1. Üçyıldız kutudaki hava kaçakları.

<b>Bölge</b>	<b>Kaçak sayısı</b>	<b>Delik çapı (mm)</b>
Oluklu B dalga grubu pistonları	2	3
Keçe grubu piston valfleri	4	2
Martin inline ana hattı hortumları	4	1
Seri tek renk ana hattı hortumları	4	0.5
Oluklu konveyör hattı	2	3
Konfeksiyon konveyör -1	3	2
Konfeksiyon konveyör -2	5	1
Konfeksiyon konveyör -3	3	2
Kalıplı kesim valfleri	5	1
Ana hava hattı	4	0.5
Temizlik amaçlı hortum	1	2
Dikiş makinası hortum	4	1
Sesa baskı ünitesi -1	3	1
Sesa baskı ünitesi -2	1	2
Konfeksiyon ana hat hortum -1	3	1
Konfeksiyon ana hat hortum -2	2	0.5

Burada belirlenen hava kaçakları arasında büyük çaplı olanlar genellikle oluştuktan belli bir süre sonra giderilmektedir. Fakat küçük çaplı olanlar hem zor farkedilir biçimde olduğu için, hem de genellikle çok önemsenmediği için kaçak hemen giderilmemekte, ve yıl boyunca olabilmektedir.



Şekil 4.2. Kompresör hava giriş ve çıkış durumları.

Kayseri'deki hava şartlarına karşılık gelen basınç 93.5 kPa'dır. Hava, atmosfer basıncı olan 93.5 kPa'dan, ölçülen basınç olan 650 kPa'ya sıkıştırılır. Çıktaki mutlak basınç ise  $650 + 93.5 = 743.5 \text{ kPa}$ 'dır. Özellikleri verilen havayı sıkıştırmak için gereken kompresör işi;

$$W_{\text{comp, in}} = \frac{nRT_1}{n-1} \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - \frac{nRT_1}{n-1}$$

Eşitlikte kullanılan parametreler;

$n$  = politropik sıkıştırma üssü (=  $k$  izentropik sıkıştırmada)

$k$  = spesifik sıkıştırma oranı = 1.4 (hava için)

$\eta_{\text{comp}}$  = kompresör verimi = 0.85

$\eta_{\text{motor}}$  = kompresör motoru verimi = 0.90

$P_1$  = giriş hava basıncı = 93.5 kPa (atmosferik basınç)



$$P_2 = P_{\text{line}} = \text{kompresör çıkış hava basıncı} = 743.5 \text{ kPa}$$

$$R = \text{hava için gaz sabiti} = 0.287 \text{ kJ/kg.K}$$

$$T_1 = \text{giriş hava sıcaklığı} = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

$$T_2 = T_{\text{line}} = \text{kompresör çıkışı hava sıcaklığı} = 35^\circ\text{C} = 308 \text{ K}$$

$$\text{Çalışma saati} = 12 \times 312 = 3744 \text{ h/yr}$$

3mm lik delik alanı için toplam kaçak alanı;

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (3 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 7.069 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Kompresör işi

$$w_{\text{comp, in}} = \frac{(1.4)(0.287 \text{ kJ/kg.K})(293 \text{ K})}{(0.85)(1.4)} \left( \frac{743.5}{93.5} \right)^{0.4/1.4} = 279.89 \text{ kJ/kg}$$

Delikten geçen hava kütlesi akışı, şu formülle verilir;

$$\dot{m}_{\text{air}} = C_{\text{discharge}} \frac{2}{RT_{\text{line}}} \frac{P_{\text{line}}}{RT_{\text{line}}} A \sqrt{kR \frac{2}{T_{\text{line}}}}$$

Sabit verim ise;

$$C_{\text{discharge}} = \text{sabit verim} = 0.65$$

Yerlerine koyarsak;

$$\dot{m}_{\text{air}} = 0.65 \frac{2}{(0.287 \text{ kPa.m}^3/\text{kg.K})(308 \text{ K})} \frac{743.5 \text{ kPa}}{(0.287 \text{ kPa.m}^3/\text{kg.K})(308 \text{ K})} (7.069 \times 10^{-6} \text{ m}^2) \sqrt{(1.4)(0.287 \text{ kPa.m}^3/\text{kg.K}) \left( \frac{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2}{1 \text{ kJ/kg}} \right) (308 \text{ K})}$$

$$= 0.00784 \text{ kg/s}$$

Basıncılı hava ile boşa harcanan enerji;

$$\text{Power wasted} = \dot{m}_{\text{air}} w_{\text{comp, in}}$$

$$= (0.00784 \text{ kg/s})(279.89 \text{ kJ/kg})$$

$$= 2.2 \text{ kW}$$

Kaçakların giderilmesinden sonra elde edilen enerji tasarrufu

$$\text{Enerji tasarrufu} = (\text{güç tasarrufu})(\text{çalışma saati}) / \eta_{\text{motor}}$$

$$= (2.2 \text{ kW})(3744 \text{ h/yr})/ 0.90$$

$$= 9152 \text{ kWh/yr}$$

Tasarruf edilen tutar:

Tasarruf tutarı= (tasarruf edilen elektrik miktarı)(elektrik birim fiyatı)

$$= (9152 \text{ kWh/yr})(0.175 \text{ TL/kWh})$$

$$= 1601,6 \text{ TL/yıl}$$

Eğer üçyıldızda bu kaçaklar giderildiğinde 9152 kWh ve 1601,6 TL enerji tasarrufu olacaktır. Bu, sadece 3 mm lik tek bir delikten kaçan hava için hesaplanan değerdir.

Sonuçları Tablo 4.2. de gösterilen çaplarda da tekrarlanmıştır. Bütün kaçaklar giderildiğinde elde edilecek enerji tasarrufu 4,803 TL/yıl dır. Şekil 4.3. de delik çapına karşılık gelen enerji tasarruf imkanı gösterilmiştir.

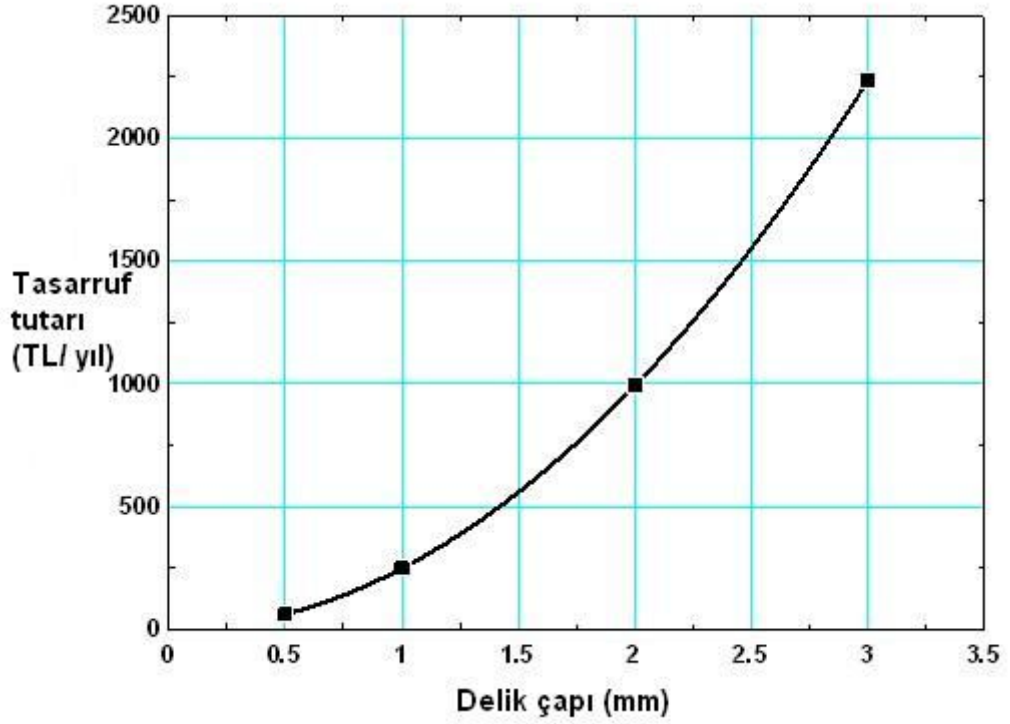
Kompresörün toplam elektrik maliyeti 42,042TL olarak hesaplanmıştır. Toplam enerji tasarrufunu, toplam enerji sarfiyatına oranlarsak;

$$\text{Tasarruf oranı} \bullet \frac{\text{Tasarruf tutan}}{\text{maliyet}} \bullet \frac{5421.25 \text{ TL}}{42042 \text{ TL}} \bullet 0.128 \bullet 12.8\%$$

Bu, hava kaçaklarını gidermenin toplam elektrik masrafına oranla %12.8 lik tasarruf sağladığını göstermektedir. Bir fabrika için gözardı edilemeyecek bir tasarruf noktasıdır. Kaçakları gidermenin büyük bir maliyetinin olmamasına karşın elde edilen tasarruf miktarı oldukça fazladır.



0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
0.5	0.00022	0.06	390.11	68.2
Bir yıldaki toplam tasarruf tutarı				5421,25 TL



Şekil 4.3. Delik çapına göre enerji tasarrufunun grafiksel gösterimi.

#### 4.2.1. Sonuçların değerlendirilmesi

Hava kaçaklarını gidermek, kompresör sistemlerinde enerji tüketimini azaltmakta bilinen bir yöntemdir. Basınçlı hava hatları çok kısa olmadığı sürece, tüm hava kaçaklarını gidermenin mümkün olmadığı genellikle kabul edilir. Haliyle üçyıldızda da uzun hava hatları olduğu için önlenemez hava kaçakları mevcuttur. Bu kaçaklar sadece ultrasonik cihazlarla belirlenebilir kaçaklardır. Fakat bunlar sürekli ölçüm yapılamayacağı için mutlak kaçak mevcut olur. Şekil 4.3. de delik çapına karşılık, giderilmesi durumunda elde edilecek enerji tasarrufu gösterilmiştir. Görüldüğü üzere grafik lineer değildir. Bunun sebebi kaçak alanının dairesel olmasıdır. Bu sebepten delik çapı büyüdükçe, elde edilebilecek tasarruf miktarı kat kat daha fazla olmaktadır.

Sonuç olarak yapılan çalışma ile, kayda değer bir tasarruf olan; 5,421 tl/yıl ve kompresör toplam tüketimine oranla % 12.8 tasarruf sağlanmıştır. Kaçakların giderilmesinin kayda değer bir maliyeti olmadığı gibi uygulama da hemen yapılabilmektedir.

### 4.3. Harekete Duyarlı Sensörlerin Kullanılması

Birçok fabrikada, çalışanların çok sık girmediği, depolama alanları ve buna benzer oda ve alanlar bulunmaktadır. Buna rağmen, bu alanlar tüm gün açık kalan aydınlatma sistemleri ile donatılmıştır. Veya elemanlara bağlı olduğu için kullanılmadığı zaman kapatılması unutulmuş olarak açık kalmaktadır. Bu gibi durumlar boşa giden elektrik enerjisi tüketimine neden olmaktadır. Bu durumun çözümü, harekete duyarlı sensörler kullanmaktır. Bu şekilde, alana birisi girdiğinde lambalar otomatik açılacak ve kullanılmadığı zaman otomatik kapanacaktır. Örneğin bir oda günün %20 oranında kullanılıyorsa, %80 enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır. Böylece geri ödeme süresi de 3-4 ay civarında olacaktır.

Üçyıldızda da bu şekilde, harekete duyarlı sensörler yerleştirebileceğimiz oda ve alanlar mevcuttur. Bu alanlar;

- a. Tamir atölyesi
- b. İşçi wc lavabo
- c. Ana elektrik pano odası
- d. Ana bilgisayar kontrol odası
- e. Genel malzeme deposu
- f. Nişasta hazırlama odası

Şimdi, 40 W lık, 20 floresan lamba bulunan bir oda alan için örnek bir hesaplama yapalım.

$$\text{Toplamda} = 20 \times 40 \text{ W} = 800 \text{ W} = 0.8 \text{ kW}$$

Günlük ve yıllık enerji tüketimi ve devamında maliyeti ise şu şekilde bulunur.

$$\text{Günlük enerji tüketimi} = 0.8 \text{ kW} \times 12 \text{ h} = 9.6 \text{ kWh/gün}$$

$$\text{Yıllık enerji tüketimi} = 9.6 \text{ kWh} \times 312 = 2995.2 \text{ kWh/yıl}$$

$$\begin{aligned} \text{Enerji maliyeti} &= 2995.2 \text{ kWh} \times 0.175 \text{ TL/kWh} \\ &= 524.16 \text{ TL} \end{aligned}$$

Aşağıdaki malzemeleri satın almak, bu uygulamanın maliyetini oluşturmaktadır.

- Harekete duyarlı sensör (3 adet) (şekil 4.4)
- Röle ve kontaktör (1 adet) (1 adet)
- Kablo
- Elektrik panosu

Tüm bu malzemelerin tutarı 112 tl dir. Incelememiz gösteriyorki, uygulama yapılan lambalar günde 5 saat açık kalmaktadır. Bu durumda günlük ve yıllık enerji tasarrufu;

$$\text{Günlük enerji tüketimi} = 0.8 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = 4 \text{ kWh/gün}$$

$$\text{Yıllık enerji tüketimi} = 4 \text{ kWh} \times 312 = 1248 \text{ kWh/yıl}$$

$$\text{Enerji maliyeti} = 1248 \text{ kWh} \times 0.175 \text{ TL/kWh} = 218.4 \text{ TL}$$

Harekete duyarlı sensör ile elde edilen enerji tasarrufu

$$\text{Yıllık kazanç} = 524.16 \text{ TL} - 218.4 \text{ TL} = 305.76 \text{ TL/yıl}$$

Ve geri ödeme süresini hesaplayacak olursak;

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{\text{ekipman maliyeti}}{\text{yıllık ta arruf}}$$

$$= \frac{112 \text{ TL}}{305.76 \text{ TL/yr}} \bullet 0.36 \text{ yıl} \bullet 4.32 \text{ ay} \bullet 129 \text{ gün}$$

Yani bu uygulama kendi kendini 4 ay gibi kısa bir sürede ödemektedir. Hesaplamalar diğer odalar için de yapılmıştır. Ve sonuçlar tablo 4.3. de verilmiştir. Belirlenen odalara sensör uygulama yapıldığında elde edilen toplam tasarruf 2025 tl dir. Bu önemli bir tasarruftur. Tüm uygulamanın maliyeti tablo 4.3. de 608tl olarak verilmiştir. Toplam geri ödeme süresini hesaplarsak;

$$\text{Toplam geri ödeme süresi} = \frac{\text{ekipman toplam maliyeti}}{\text{Toplam yıllık ta arruf}}$$

$$= \frac{608 \text{ TL}}{2025 \text{ TL/yıl}} \bullet 0.30 \text{ yıl} \bullet 3.6 \text{ ay} \bullet 108 \text{ gün}$$

Yani uygulamanın maliyetini, elde ettiğimiz tasarruf ile 97 günde geri ödemektedir.



Şekil 4.4. Harekete duyarlı sensörlerin resimleri.

#### 4.3.1. Sonuçların Değerlendirilmesi

Toplam 6 bölge harekete duyarlı sensörlerle donatılmıştır. Toplam enerji tasarrufu 2025 TL iken, geri ödeme süresi 3.2 ay olarak hesaplanmıştır. Bu süreye bakıldığında, oldukça kısa olduğu ve bu uygulamanın yerinde olduğu gözlenebilir. Harekete duyarlı sensörler aynı şekilde fabrikada uygun görülen yerlerde, binalarda merdiven aydınlatmalarında uygulanabilir. Tabiki fabrikalarda uygulama binalarda ve küçük çaptaki işletmelerdekine göre daha fazla tasarruf sağlamaktadır. Fakat maalesef bu uygulama fabrikalardan çok bina, market gibi yerlerde daha fazladır. Fabrikalarda bu uygulama daha çok artırılarak, enerji tasarrufuna gidilmelidir.

Harekete duyarlı sensörlerin kullanımında dikkat edilecek nokta, kullanımının genelde çok az olduğu bölgelere uygulanmalıdır. Bunun sebebi ise, üretim alanı gibi yerlerde uygulandığında, hem iş güvenliği açısından tehlikeli olabilmekte (örneğin alana girildiğinde eş zamanlı lambanın yanmaması, forklift kullanılıyorsa bir an karanlık ortamda araç kullanılması gibi) hem de sürekli yanıp sönerek dikkat dağıtabilmektedir. Bu da işçilerin motivasyonunu bozarak, iş verimini olumsuz etkileyebilmektedir.



Tablo 4.3. Üçyıldız kutuda harekete duyarlı sensörler ile enerji tasarrufu.

ÜÇYILDIZDA HAREKETE DUYARLI SENSÖR KURULUMU	Bölgenin İsmi											
	Genel malzeme deposu		Ana elektrik pano odası		Tamir atölyesi		Nişasta hazırlama odası		İşçi WC lavabo		Ana bilgisayar kontrol odası	
	Mevcut durum	Sensör sonrası	Mevcut durum	Sensör sonrası	Mevcut durum	Sensör sonrası	Mevcut durum	Sensör sonrası	Mevcut durum	Sensör sonrası	Mevcut durum	Sensör sonrası
Lamba sayısı	20.0	20.0	2	2	6	6	6	6	3	3	1	1
Lamba tipi	Fluorescent	Fluorescent	Hg Vapor	Hg Vapor	Hg Vapor	Hg Vapor	Hg Vapor	Hg Vapor	Hg Vapor	Hg Vapor	Hg Vapor	Hg Vapor
Watt	40.0	40.0	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Toplam Watt	800.0	800.0	250	250	750	750	750	750	375	375	125	125
Günlük aydınlatma saati	12.0	5.0	12	5	12	5	12	5	12	5	12	5
Yıllık aydınlatma saati	3744.0	1560.0	3744.0	1560.0	3744.0	1560.0	3744.0	1560.0	3744.0	1560.0	3744.0	1560.0
Günlük enerji tüketimi (kWh)	9.6	4.0	6	2.5	18	7.5	18	7.5	9	3.75	3	1.25
Yıllık enerji tüketimi (kWh)	2995.2	1248.0	1872	780	5616	2340	5616	2340	2808	1170	936	390
Yıllık enerji maliyeti(TL)	524.16	218.4	327.6	136.5	982.8	409.5	982.8	409.5	491.4	204.75	163.8	68.25
Tüketimler arasındaki fark (yıllık enerji tasarrufu) (TL)		305.76		191.1		573.3		573.3		286.65		95.55
Kullanılan malzemelerin maliyeti (TL)		112.0		86		100		112		112		86
Geri ödeme süresi (Yıl)		0.36		0.45		0.17		0.19		0.39		0.90

#### 4.4. Aydınlatmada Enerji Tasarrufu

Bu bölümde aydınlatma ile ilgili enerji tasarrufunu ele alacağız. Aydınlatmada enerji tasarrufu uygulamaları genellikle şu adımları içermektedir.

- verimsiz floresan lambaları belirlemek ve onları kaldırmak
- verimsizlerin yerine, yeni yüksek verimli lambalar takmak
- Civa buharlı lambalar yerine sodyum buharlı lambalar takmak
- Harekete duyarlı sensörler yerleştirmek

Harekete duyarlı sensörlerin kurulumunu ve analizini bir önceki bölümde yaptık. Diğer metodlar şimdiki bölümde incelenecektir. Tablo 4.4. ve tablo 4.5. da fabrikada bulunan iç ve dış aydınlatma sistemlerinin listesi bulunmaktadır.

Tablo 4.4. Fabrika içindeki aydınlatma sistemi.

Lamba tipi	Güç (W)	Tip	Lamba sayısı	Toplam güç, W
Florosan (2×40 W)	40	Etanj	95	3800
Florosan (1×40 W)	40	Etanj	46	1840
Florosan (2×20 W)	20	Etanj	10	200
Florosan (1×20 W)	20	Etanj	18	360
Florosan (2×40 W)	40	Etanj	22	880
Ampul	75	-	3	225
Projektör	400	Halojen	2	800
Civa buharlı	125	-	152	19000
<b>Genel toplam (W)</b>				<b>27,105</b>

Bu tabloda görüldüğü üzere fabrika içerisinde genellikle floresan ve civa buharlı lambalar kullanılmaktadır. Bu da göstermektedir ki, fabrika içerisindeki lambalarda elde edilecek enerji tasarrufu potansiyeli yüksektir. Ayrıca civa buharlı lambaların da sağlık açısından değiştirilmesinde fayda vardır. Bu da işin enerjiden ayrı bir boyutudur. Çünkü civa buharlı lambalar kırıldığında, çevreye yayılan civa buharı, insan sağlığına olumsuz bir etki bırakmaktadır. Yine aynı şekilde çöpe atılan civa buharlı lamba çevreye de zarar vermektedir.

Tablo 4.5. Fabrika dışındaki aydınlatma sistemi.

Lamba tipi	Güç (W)	Tip	Lamba sayısı	Toplam güç, W
Florosan lamba	40	Ethan	5	200
Civa buharlı	125	-	13	1625
Projektör	400	Halojen	11	4400
Ampul	75	-	4	300
Halojen	60	-	8	480
<b>Genel toplam (W)</b>				<b>7,005</b>

Tablo 4.4. ve Tablo 4.5. da gösterildiği gibi, fabrikadaki aydınlatmada toplam elektrik tüketimi 34,110 W dır. İncelememiz sonucu potansiyel enerji tasarrufu yapılabilecek lambalar, floresan ve civa buharlı lambalardır. Diğer lamba tipleri kullanımlarına nazaran kabul edilebilir seviyededir.

Uygulamaya 3 kategoride devam edeceğiz.

#### 4.4.1. Gereksiz aydınlatmaları devre dışı bırakmak

Üçyıldızda gereksiz ve fazladan konulmuş floresan lambalar mevcuttur. Toplam 68 adet 40 W lık lamba mevcuttur fakat, bunlardan en az 13 adeti gereksiz olduğu tespit edilmiştir. Bunları devre dışı bıraktığımızda elde edeceğimiz enerji tasarrufu şu şekildedir;

Bu lambalar günde 12 saat, yılda 312 gün açık kalmaktadır. Elektrik birim maliyeti 0.174 kWh/TL. Balast faktör de 1.1 alınırsa;

$$\begin{aligned}
 \text{Enerji tasarrufu} &= (\text{iptal edilen lamba gücü W}) \times (\text{Çalışma saati}) \times (\text{Balast faktör}) \\
 &= (13 \times 0.040 \text{ kW}) (312 \times 12 \text{ h}) (1.1) \\
 &= 2,141 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tasarruf miktarı} &= (\text{tasarruf edilen enerji miktarı kWh}) \times (\text{elektrik birim fiyatı}) \\
 &= (2,141 \text{ kWh}) (0.175 \text{ TL/kWh}) \\
 &= 374.67 \text{ TL}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.2. Verimsiz floresanları verimliler ile değiştirmek

Diğer tüm floresanların değişmesi gerekir.

$$- 168-13 = 155 \text{ adet } 40 \text{ W}$$

Eğer bu floresan lambalar, yüksek verimli floresan lambalarla değiştirilirse önemli derecede enerji tasarrufu sağlanır. 40 W lık ampulün yerine kullanılacak olan yüksek verimli floresanların gücü 36 W dır. Bunlar mevcut balastları kullanmaktadır. Verimsiz ve verimli floresan lambaları karşılaştırdığımız zaman;

$$\text{Standart verimli} = \text{Lumen} / \text{Watt} = 2800 / 40 = 70$$

$$\text{Yüksek verimli} = \text{Lumen} / \text{Watt} = 3350 / 36 = 93$$

Yüksek verimli floresan lambaların kullanılması sonucu elde edeceğimiz enerji tasarrufunu bulmak için aşağıdaki değerleri dikkate almamız gerekmektedir.

- Standart floresan lamba birim fiyatı 1.2 TL
- Yüksek verimli lamba birim fiyatı 2 TL
- Lambalar günde 12 saat açık kalıyor =  $312 \times 12 = 3744$  saat
- elektrik birim fiyatı = 0.175 TL
- 40 W lık lamba adedi = 155
- Balast faktör = 1.1

Toplam aydınlatma gücü,

$$\begin{aligned} \text{Mevcut aydınlatma} &= (\text{lamba sayısı}) \times (\text{lamba gücü W}) \times (\text{verimlilik}) \\ &= (155) (40 \text{ W}) (70 \text{ lumen/W}) \\ &= 434,000 \text{ lumen} \end{aligned}$$

Aynı aydınlatma düzeyini elde etmek için gereken yüksek verimli floresan lamba sayısı şu şekilde belirlenir.

$$\text{Gerekten aydınlatma düzeyi} = (36 \text{ W lık lamba sayısı}) \times (\text{verimlilik}) \times (\text{Watt})$$

$$434,000 \text{ lumen} = (36 \text{ W lık lamba sayısı}) \times (93 \text{ lumen/W}) \times (36 \text{ W})$$

$$36 \text{ W lık lamba sayısı} = 130$$

Yani, düşük verimli 155 lamba yerine, yüksek verimli 130 lamba kullanılabilir. Daha sonra, elde edilecek enerji sarfiyatı şu şekilde belirlenir.

$$\begin{aligned} \text{Yıllık enerji tasarrufu} &= (\text{standart watt} - \text{yüksek verimli watt}) \times \\ &\quad (\text{çalışma saati}) \times (\text{Balast faktör}) \\ &= [(155 \times 40) - (130 \times 36)](3744 \text{ h})(1.1) \\ &= 6,260 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Yıllık tasarruf} &= (\text{yıllık enerji tasarrufu}) \times (\text{elektrik birim maliyeti}) \\ &= (6,260 \text{ kWh}) \times (0.175 \text{ TL/kWh}) \\ &= 1095 \text{ TL/yıl} \end{aligned}$$

Geri ödeme süresi ise;

$$\begin{aligned} \text{geri ödeme süresi} &= \frac{\text{ekipman maliyeti}}{\text{yıllık tasarruf}} \\ &= \frac{130 \text{ TL}}{1095 \text{ TL/yıl}} = 0.23 \text{ yıl} = 2.76 \text{ ay} = 83 \text{ gün} \end{aligned}$$

#### 4.4.3. Civa buharlı lambaların yerine sodyum buharlı lambaların kullanılması

Çalışmalar bize gösterdiği, eğer civa buharlı lambalar yerine, sodyum buharlı lambalar kullanılırsa %40 enerji tasarrufu potansiyeli olmaktadır. Bu sodyum buharlı lambalar, civa buharlı lambalara oranla %15 daha az enerji tüketmektedir. Ayrıca bu lambalar, öncekilerden %25 daha fazla aydınlatma yeteneğine sahiptir. Aşağıda tasarrufu hesaplamada kullanılan bazı değerler verilmiştir.

- sodyum buharlı lambanın ilk maliyeti 105 TL dir.
- lambalar günde 12 saat, yılda 312 gün = 312 x 12= 3744 saat çalışıyor. Fabrika içi aydınlatmasında kullanılmaktadırlar..
- elektrik birim maliyeti = 0.175 TL/kWh
- 76 adet civa buharlı lamba var (125 W)
- civa buharlı lambaların gücü 125 W
- Balast faktör = 1.1
- Civa buharlı lambaların verimliliği = 52 lumen/W

- Düşük basınçlı sodyum buharlı lambaların aydınlatma verimi = 85 lumen/W

- Düşük basınçlı sodyum buharlı lambaların gücü 90 W

Mevcut lambalar ile toplam aydınlatma gücü

$$\begin{aligned} \text{Mevcut aydınlatma} &= (\text{lamba wattı}) \times (\text{lamba adedi}) \times (\text{verimlilik}) \\ &= (125 \text{ W})(165)(52 \text{ lumen/watt}) \\ &= 1,072,500 \text{ lumen} \end{aligned}$$

Aynı aydınlatma düzeyini elde etmek için gerekli olan sodyum buharlı lamba sayısı

Gerekli aydınlatma seviyesi = (sodyum buharlı lamba sayısı) × (verimlilik) × (Watt)

$$1,072,500 \text{ lumen} = (\text{sodyum buharlı lamba sayısı}) \times (85 \text{ Lumen/W}) \times (90 \text{ W})$$

$$\text{sodyum buharlı lamba sayısı} = 140$$

Yani 165 adet civa buharlı lamba yerine 140 adet sodyum buharlı lamba kullanılabilir. Ve yıllık enerji tasarrufu şu şekilde belirlenir.

$$\begin{aligned} \text{yıllık enerji tasarrufu} &= [\text{civalı watt} - \text{Na buharlı watt}] \times [\text{çalışma saati}] \times [\text{BF}] \\ &= [(165 \times 125) - (140 \times 90)](3744 \text{ h})(1.1) \\ &= 33,050 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Yıllık tasarruf = (yıllık enerji tasarrufu) × (elektrik birim fiyatı)

$$\begin{aligned} &= (33,050 \text{ kWh}) \times (0.175 \text{ TL/kWh}) \\ &= 5783 \text{ TL/yıl} \end{aligned}$$

Geri ödeme süresi ise;

$$\begin{aligned} \text{geri ödeme süresi} &= \frac{\text{ekipman maliyeti}}{\text{yıllık tasarruf}} \\ &= \frac{105 \times 40 \text{ TL}}{5783 \text{ TL/YIL}} = 2.54 \text{ yıl} = 30 \text{ ay} = 900 \text{ gün} \end{aligned}$$

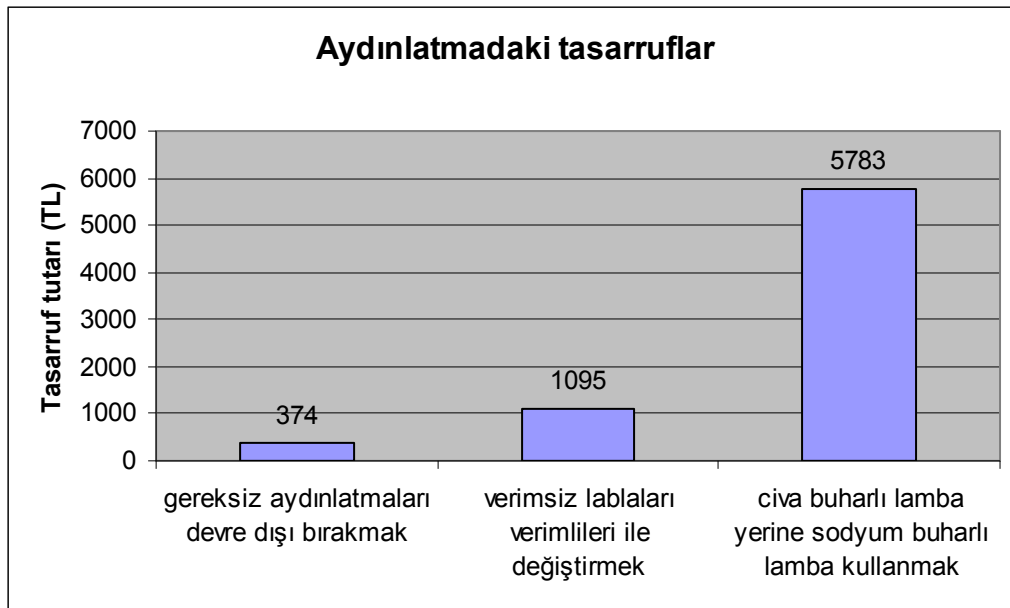
3 kategoriye yıllık kazançları eklersek 7,252 TL, oldukça iyi bir tasarruftur ve geri ödeme süresi ise 3 yıldır. Şekil 4.5. de tasarrufların TL cinsinden büyüklükleri ve onların aydınlatmadaki beklenen % oranları gösterilmiştir.

UYGULAMA TÜRÜ	TASARRUF MİKTARI (TL)	GERİ ÖDEME SÜRESİ (AY)
Gereksiz aydınlatmaları devre dışı bırakmak	374	-
Verimsiz lambaların yerine yüksek verimli lamba kullanmak	1095	2,76
Civa buharlı lamba yerine sodyum buharlı lamba kullanmak	5783	30

Şekil 4.5. Tasarrufların TL cinsinden büyüklükleri ve onların ay cinsinden geri ödeme süreleri

#### 4.4.4. Sonuçların değerlendirilmesi

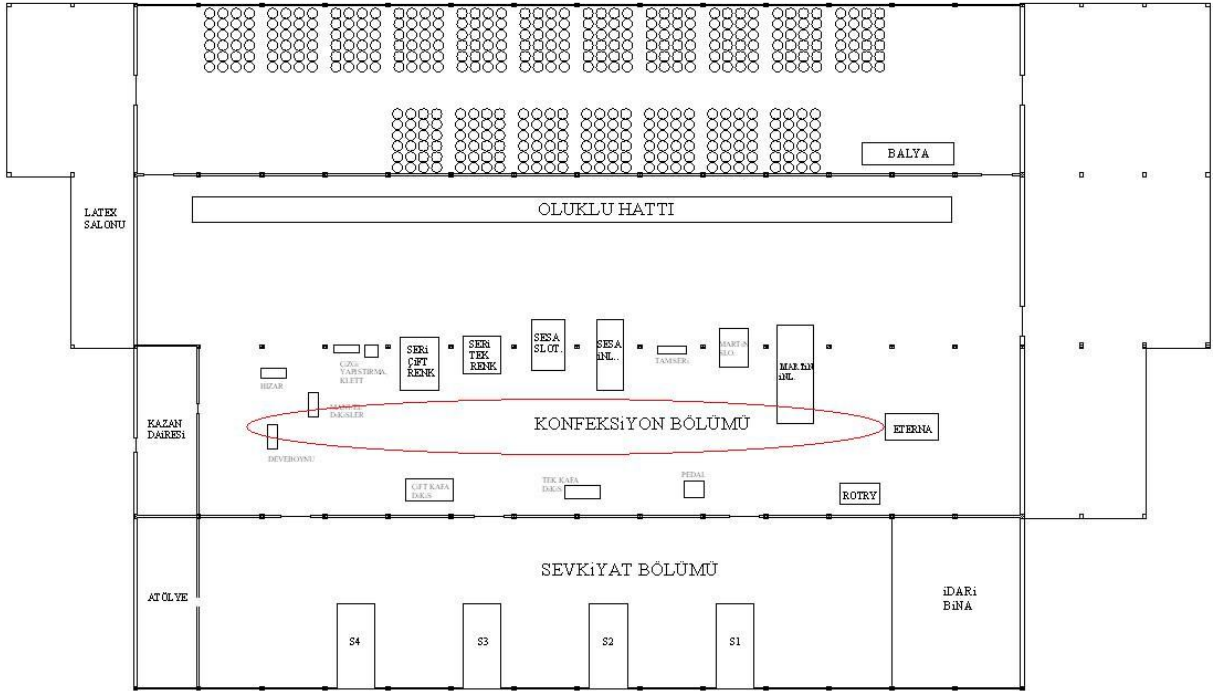
Aydınlatmada enerji tasarrufu şu yöntemlerle yapılmaktadır. 1- gereksiz lambaları devre dışı bırakmak 2- olağan floresan lambalar yerine, yüksek verimli lambalar takmak 3- civa buharlı lambalar yerine düşük basınçlı sodyum buharlı lambalar takmak. Gereksiz lambaları devre dışı bırakılmasında herhangi bir maliyet olmadığı için geri ödeme süresi yoktur. Civa buharlı lamba yerine sodyum buharlı lamba takılmasında ise, ilk yatırım maliyeti yüksek olduğu için geri ödeme süresi yüksek çıkmıştır. Aşağıda enerji tasarrufunu grafik halinde görebilmekteyiz.



#### 4.5. Lamba Yerine Gün Işığının Kullanılması

Fabrikamızın konfeksiyon departmanı, sevkiyat ve depo hangarlarının tam ortasında bulunmaktadır. Dolayısıyla sağ ve sol duvarlardaki pencereler dış cepheye açılmamaktadır. (Şekil 4.6.) Sonuç olarak o cephedeki pencerelerden gelen gün ışığı yetersiz olmaktadır. Fabrika binası yapım aşamasında bu durum göz ardı edilmiş olmasından dolayı, konfeksiyon hangarının çatısına ışıklandırma açılmamıştır. Bu sebepten gün boyunca dışarı aydınlık olmasına rağmen konfeksiyon hangarı lambalarla aydınlatılmaktadır. Tabiki bu da büyük miktarda enerji israfına sebep olmaktadır.

Yapılan araştırmalar sonucu, konfeksiyon hangarı çatısına Şekil 4.6. da görülen ışıklandırma hattı açılmıştır. Yapılan bu çalışma sayesinde günde 8 saat lambalar kapanabilmektedir. Bu süre yaz aylarında, gün ışığından daha çok yararlanıldığı için 12 saat/gün e kadar çıkabilmektedir.



Şekil 4.6. Işıklendirilen alının fabrika içerisindeki konumu.

Fabrika haftada 6 gün çalışmaktadır. Bu da yılda ;

$$(52 \text{ hafta}) \times (6 \text{ gün}) = 312 \text{ gün / yıl}$$



Yıl bazında kaç saat çalışıldığına bakacak olursak;

$$(8 \text{ saat/gün}) \times (312 \text{ gün/yıl}) = 2496 \text{ saat/yıl}$$

Işıklandırmanın açıldığı yerde 22 adet 250W lık sanayi tipi lamba bulunmaktadır. Bunların gündüz kullanılmaması sonucu elde ettiğimiz enerji tasarrufu ise;

$$(0,250 \text{ kw/lamba}) \times (22 \text{ lamba}) \times (2496 \text{ saat/yıl}) \\ = 13.728 \text{ kwh/yıl}$$

Elektriğin birim fiyatını 0,175 tl/kwh olarak hesaba katarsak;

$$(13.728 \text{ kwh/yıl}) \times (0,175 \text{ tl/kwh}) \\ = 2402.40 \text{ TL / yıl}$$

Geri ödeme süresi: (ekipman maliyeti) / (tasarruf tutarı)

$$= 16300 \text{ TL} / 2402 \text{ TL} \\ = 6.78 \text{ yıl}$$

#### 4.5.1. Sonuçların değerlendirilmesi

Çıkan tasarruf miktarına bakıldığı zaman, yıl bazında çok da fazla bir tasarruf edildiği söylenemez. Ama büyük tasarrufların, küçük tasarrufların birikimi sonucu olduğu göz ardı edilmemelidir. Bu sonuçta fabrikanın tek vardiya ve haftada 6 gün çalışmasının büyük etkisi olmuştur.

Geri ödeme süresine bakıldığı zaman ise, çok uzun olduğu görülmektedir. Yapılan bu çalışmada geri ödeme süresinin öneminden çok, sağladığı faydaya bakmak gerekiyor. Sadece tasarruf değil aynı zamanda, yapay ışıklandırma yerine gün ışığının kullanılmasından dolayı daha iç açıcı bir aydınlatma sağlanmıştır. Bu da çalışanlar açısından fabrika ortamını iyileştirmektedir.



Şekil 4.7. Işıklandırma yapılmadan önceki konfeksiyon hangarı.

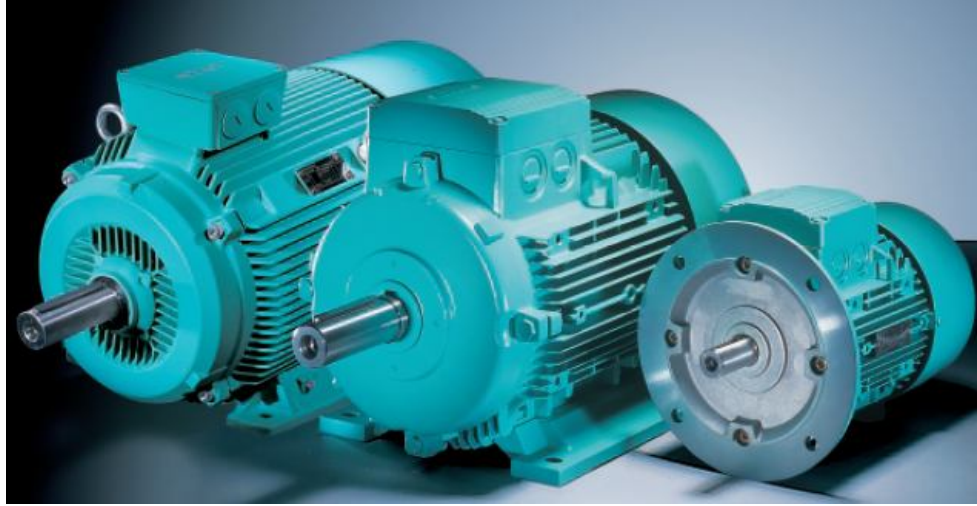


Şekil 4.8. Işıklandırma yapıldıktan sonraki konfeksiyon hangarı.

#### 4.6. Elektrik Motorları

Elektrik motorları birçok fabrikada, elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirmek için kullanılmaktadır. Bu motorlar dikkate değer bir miktarda enerji tüketirler. Ve bu motorlar yüksek verimli motorlar ise fabrikaya enerji tasarrufu sağlamaktadırlar. Çünkü yüksek verimli motorlar, standart verimli motorlara nazaran daha az elektrik tüketirler ve bu değişimin geri ödeme süresi de oldukça kısadır.

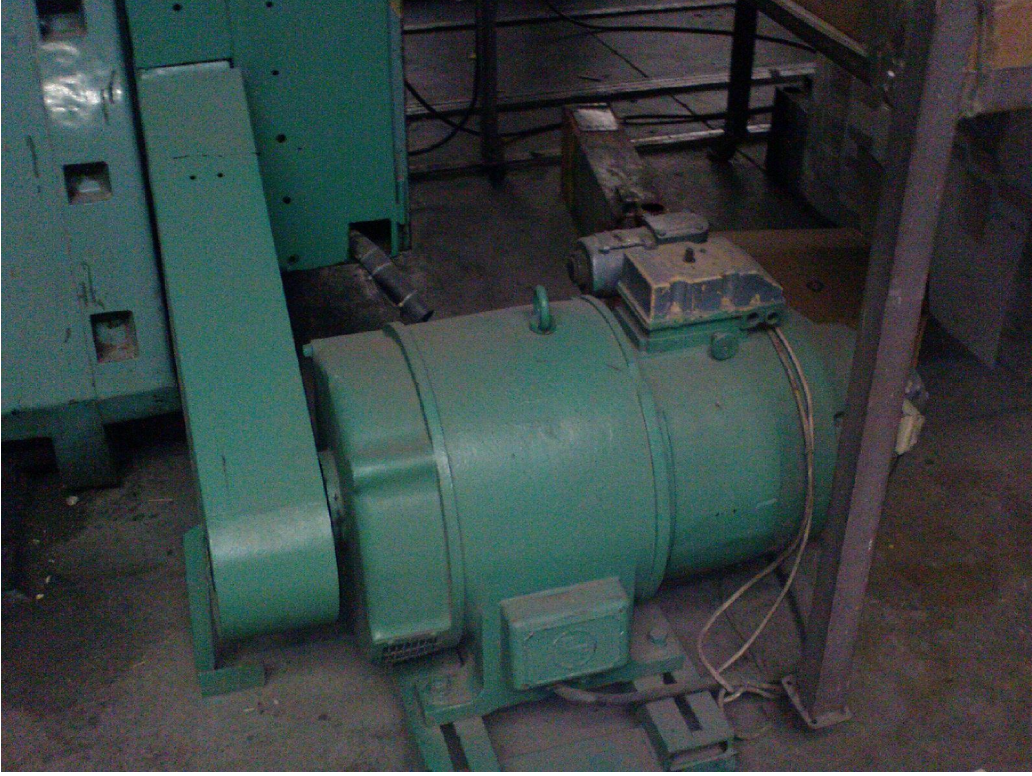
Fabrikadaki elektrik motorlarının listesi Tablo 4.6. da verilmiştir. Şekil 4.9. ve Şekil 4.10. de verimli elektrik motorlarının örnek resmi görünmektedir. Üçyıldızda da standart verimli motorlar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şekil 4.11. ve 4.12. de gösterilmiştir.



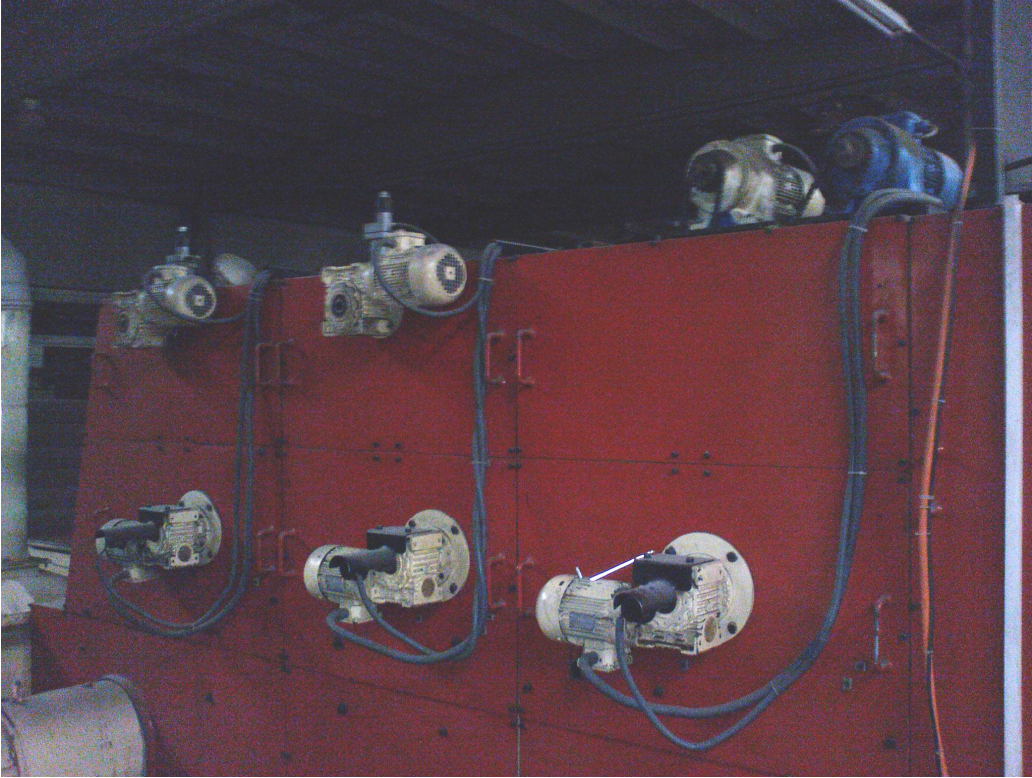
Şekil 4.9. Yüksek verimli AC. elektrik motorlarının genel görünüşü.



Şekil 4.10. Alüminyum gövdeli yüksek verimli AC elektrik motorlarının genel görünüşü.



Şekil 4.11. Martin inline ana motoru.



Şekil 4.12. Üçyıldız kutudaki bazı ayar motorları.

Tablo 4.6. Üçyıldız kutudaki elektrik motorları.

<b>ÜÇYILDIZ KUTUDAKİ ELEKTRİK MOTORLARI</b>			
<b>Motor ismi</b>	<b>Adet</b>	<b>kW</b>	<b>rpm</b>
Tekom 75 kompresör ana motor	1	55	2950
Tekom 30 kompresör ana motor	1	22	2890
Balya pres ana motor	1	15	1400
Oluklu C dalga grubu ana motor	1	50	1400
Oluklu B dalga grubu ana motor	1	66	2850
Oluklu nişasta birleştirme grubu ana motor	2	5.5	1400
Oluklu keçe motoru	1	60	1380
Oluklu jilet kesim ana motor	1	7.5	945
Oluklu üst ve alt boy bıçağı motoru	2	65	1500
Toplama alt bant üst bant motoru	2	8	1400
Oluklu yan traş fan motoru	1	15	2930
Oluklu C dalga grubu vakum motoru	1	30	2930
Oluklu B dalga grubu vakum motoru	1	30	1460
Oluklu üst grup vakum motoru	1	15	2930
Odula grup ana motor	1	13	1390
Seri çift renk rotary motoru	1	7.5	2880
Seri çift renk ana motor	1	37	2860
Seri tek renk ana motor	1	40	960
Seri tek renk vakum motoru	1	7.5	1450
Sesa sloter ana motor	1	15	1450
Sesa sloter ana vakum motoru	1	7.5	2900
Sesa inline rotary motoru	1	7.5	2810
Sesa inline ana motor	1	15	2800
Sesa inline vakum motoru	1	7.5	2970
Tam seri sloter vakum motoru	1	7.5	2975
Tam seri sloter ana motor	1	7.5	2800
Martin 1200 ana motor	1	26	2800
Martin 1200 sloter ana motor	1	26	1140
Hızar büyük ana motor	1	15	3600
Kazan dairesi brülör fan motoru	1	9	3600
Kazan dairesi besi pompası	2	9	940
Küçük torna tezgahı ana motor	1	5.5	1450
Martin 1200 vakum motoru	1	5.5	1430
<b>TOPLAM :</b>	<b>37</b>	<b>712</b>	

Tablo 4.6. da verilen 37 motor standart verimli motorlardır. Standart motorların yerine yüksek verimli motorların kullanılmasıyla elde edilecek enerji tasarrufu şu formülle elde edilir.

$$\text{tasarruf edilengüç} = \text{NM} \cdot \text{Nominalgüç} \cdot \text{LF} \cdot \text{UF} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{standard}}} - \frac{1}{\eta_{\text{efficient}}} \quad \text{where}$$

LF = yükleme faktörü = 1 & UF = kullanım faktörü = 1

NM = motor sayısı

$\eta_{\text{standard}}$  = standart motor verimi

$\eta_{\text{efficient}}$  = yüksek verimli motor verimi

Tablo 4.7. da standart verimli motorlar ile, yüksek verimli motorların nominal güçlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 4.6. daki motorlar, günde 12 saat, yılda 312 gün çalışmaktadır. Bu da yılda 3744 saat eder. Kullanım faktörü 1.1 , elektrik birim fiyatı 0,175 alınır. Örnek olarak 1.5 kw lık bir adet motorun hesabını yapalım;

Tablo 4.7. den verimlilikler,

$$\eta_{\text{standard}} = 0.840$$

$$\eta_{\text{efficient}} = 0.888$$

Yıllık enerji tasarrufu (YET), verimsiz motorun yerine verimli motoru koyarak sağlanır ve buda şu şekilde hesaplanır.

$$\text{AES} = \text{Nominal güç} \cdot \text{NM} \cdot \text{LF} \cdot \text{HY} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{standard}}} - \frac{1}{\eta_{\text{efficient}}}$$

$$\bullet 1.5 \text{ kW} \cdot 61 \cdot 1 \cdot 3744 \text{ h/yil} \cdot \frac{1}{0.840} - \frac{1}{0.888}$$

$$\bullet 22044 \text{ kwh/ yıl}$$

Tablo 4.7. Motor verimlerinin karşılaştırılması.

Nominal motor gücü (hp)	Nominal motor gücü (kW)	Standart motor verimi, $\eta_{\text{standard}}$	Yüksek verimli motor verimi, $\eta_{\text{efficient}}$
1	0.746	0.825	0.865
1.5	1.119	0.840	0.894
2	1.492	0.840	0.888
2.5	1.865	0.812	0.870
3	2.238	0.875	0.895
4	2.984	0.827	0.889
5	3.73	0.875	0.902
7.5	5.595	0.895	0.917
10	7.46	0.895	0.917
15	11.19	0.910	0.930
18	13.428	0.878	0.924
20	14.92	0.910	0.936
25	18.65	0.924	0.941
30	22.38	0.924	0.941
40	29.84	0.930	0.945
50	37.3	0.930	0.950
60	44.76	0.936	0.954
75	55.95	0.941	0.954
100	74.6	0.945	0.958
125	93.25	0.945	0.954
150	111.9	0.950	0.958
200	149.2	0.950	0.958
250	186.5	0.954	0.962
300	223.8	0.954	0.962

Tablo 4.8. Konfeksiyondaki 2 hp (1.5 kW) lık ayar motorları.

Motor ismi	Nominal motor gücü (hp)	Nominal motor (kW)	Motor sayısı
Seri ve sesa ayar motorları:	2	1.5	21
Martin grupları ayar motorları:	2	1.5	17
Oluklu ve diğer makinalar:	2	1.5	23
<b>Total:</b>			61

Yıllık tasarruf tutarı ise,

$$CS \bullet AES (kWh/yıl) \bullet \text{Elektrik birim fiyatı (TL/kWh)}$$

Yıllık enerji tasarruf tutarı

$$CS \bullet (22044 kWh/yıl) \bullet (0.175 TL/ kWh) \bullet 3857 TL/yıl$$

Araştırmamızın sonucu 1.5 kw lık standart motoru, verimliliği ile değiştirmemiz, 27 TL lik değişim fark ücretine mal olmaktadır. Toplam fark maliyeti ise;

$$\begin{aligned} \text{Toplam fark maliyeti} &= \text{motor sayısı} \times \text{fiyat farkı} \\ &= (61)(27.2 \text{ TL}) \\ &= 1659 \text{ TL} \end{aligned}$$

Geri ödeme süresi ise;

$$\begin{aligned} \text{geri ödeme süresi} &\bullet \frac{\text{toplam fiyat farkı}}{\text{Toplam tasarruf}} \\ &\bullet \frac{1659 \text{ TL}}{3857 \text{ TL/year}} \bullet 0.43 \text{ yıl} \bullet 5.1 \text{ ay} \end{aligned}$$



Hesaplamalar, Tablo 4.6. da bulunan tüm motorlar için tekrarlanmıştır. Ve sonuçlar Tablo 4.9. da verilmiştir. Standart verimli motorlar ile, yüksek verimli motorlar arasındaki fiyat farkları, 8 ayı motor üretici firmanın web sitesinden alınmıştır. Toplam tasarruf miktarı 9369 TL olarak hesaplanmıştır. Tüm motorların değişimi ve verimlilik fiyat farkları gözönüne alınarak, genel geri ödeme süresi hesaplanırsa;

$$\begin{aligned} \text{Geri ödeme süresi} &\bullet \frac{\text{toplam fiyat farkı}}{\text{Toplam tasarruf}} \bullet \frac{13582 \text{ TL} + 1659 \text{ TL}}{9369 \text{ TL/yıl} / 3857 \text{ TL/yıl}} \\ &\bullet \frac{15241 \text{ TL}}{13226 \text{ TL/yıl}} \bullet 1.15 \text{ yıl} \bullet 13.8 \text{ ay} \end{aligned}$$

Yani, yüksek verimli motorların kullanılması yatırımı, kendisini 1 yılda geri ödemektedir. Ve bu süre kabul edilebilir seviyededir.



Tablo 4.9. Üçyıldız kutuda, yüksek verimli motorların kullanılması ile yapılan enerji tasarrufu.

ÜÇYILDIZ KUTUDA, DİĞER MOTORLAR İÇİN ENERJİ TASARRUFU SONUÇLARI								
Motor ismi	Nominal Motor kW	Motor sayısı	 Standard	 Efficient	Yıllık enerji tasarrufu (kWh/year)	Toplam tas (YTL/year)	TL bazında motor fiyat farkı	Toplam fiyat farkı TL
Tekom 75 kompresör ana motor	55	1	0.941	0.954	2981,974	521,8455	1033	1033
Tekom 30 kompresör ana motor	22	1	0.924	0.941	1610,445	281,8278	610	610
Balya pres ana motor	15	1	0.91	0.936	1714,286	300	202	202
Oluklu C dalga grubu ana motor	50	1	0.941	0.954	2710,886	474,405	953	953
Oluklu B dalga grubu ana motor	66	1	0.945	0.958	3548,345	620,9603	1314	1314
Oluklu nişasta grubu ana motor	5.5	2	0.895	0.917	1103,974	193,1954	110	220
Oluklu keçe motoru	60	1	0.945	0.958	3225,768	564,5094	1290	1290
Oluklu jilet kesim ana motor	7.5	1	0.895	0.917	752,7095	131,7242	61	61
Oluklu üst ve alt boy bıçağı motoru	65	2	0.945	0.958	6989,164	1223,104	1314	2628
Toplama alt bant üst bant motoru	8	2	0.895	0.917	1605,78	281,0116	64	128
Oluklu yan traş fan motoru	15	1	0.91	0.936	1714,286	300	202	202
Oluklu C dalga grubu vakum motoru	30	1	0.93	0.945	1917,051	335,4839	680	680
Oluklu B dalga grubu vakum motoru	30	1	0.93	0.945	1917,051	335,4839	680	680
Oluklu üst grup vakum motoru	15	1	0.91	0.936	1714,286	300	202	202
Odüle grup ana motor	13	1	0.91	0.936	1485,714	260	202	202
Seri çift renk rotary motoru	7.5	1	0.895	0.917	752,7095	131,7242	61	61
Seri çift renk ana motor	37	1	0.93	0.95	3135,891	548,781	680	680
Seri tek renk ana motor	40	1	0.93	0.95	3390,153	593,2767	700	700
Seri tek renk vakum motoru	7.5	1	0.895	0.917	752,7095	131,7242	61	61
Sesa sloter ana motor	15	1	0.91	0.936	1714,286	300	202	202
Sesa sloter ana vakum motoru	7.5	1	0.895	0.917	752,7095	131,7242	61	61
Sesa inline rotary motoru	7.5	1	0.895	0.917	752,7095	131,7242	61	61
Sesa inline ana motor	15	1	0.91	0.936	1714,286	300	202	202
Sesa inline vakum motoru	7.5	1	0.895	0.917	752,7095	131,7242	61	61
Tam seri sloter vakum motoru	7.5	1	0.895	0.917	752,7095	131,7242	61	61
Tam seri sloter ana motor	7.5	1	0.895	0.917	752,7095	131,7242	61	61
Martin 1200 ana motor	26	1	0.93	0.945	1661,444	290,7527	483	483
Martin 1200 sloter ana motor	26	1	0.93	0.945	1661,444	290,7527	483	483
<b>TOPLAM</b>	<b>668,5</b>	<b>53</b>			<b>53538,19</b>	<b>9369,183</b>	<b>12094</b>	<b>13582</b>

#### 4.6.1. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu bölümde fabrikada kullanılan standart verimli motorlar yerine, yüksek verimli motorların kullanılması durumundaki tasarruf hesaplanmıştır. Tüm motorların yenisi ile değiştirilmesi durumunda 9369 tl lik bir tasarruf sağlanacağı ve geri ödeme süresinin de 1 yıldan biraz fazla bir sürede olduğu anlaşılmıştır. Fakat buradaki hesaplamalarda, verimli motorların sıfır fiyatları değil, standart motorlar ile fark fiyatları esas alınmıştır. Çünkü fabrikadaki motorların çoğu eskidir ve hiçbirinin yedeği yoktur. Hepsine zaten birer yedek alınacağı düşünüldüğünde, standart alınacakken, yüksek verimli motor alınması durumunda, hesaplamalarda fark ücreti esas alınmıştır.

#### 4.7. Kazanda Doğalgazdan Fuel-oil Geçiş

Enerji, endüstriyel tesislerde can alıcı noktadır ve bu enerji değişik kaynaklardan elde edilmektedir. Sanayide öteden beri kullanılan katı ve sıvı yakıtlar, son yıllarda yerini doğalgaza bırakmıştır. Çünkü doğalgaz petrol ürünlerine nazaran daha ucuz ve çevre dostudur. Ayrıca kullanım kolaylığı ve bakım maliyetleri açısından da doğalgaz daha avantajlı durumdadır. Doğalgaz kullanırken, kazanın başında bir elemanın nezaret etmesine gerek yoktur. Bu da işletmeler için oldukça önemli bir avantajdır.

Fakat ülkemizde enerjide çoğunlukla dışa bağlı olmamızın da etkisiyle gerek ekonomik gerekse politik nedenlerden dolayı enerji fiyatları zaman zaman dalgalanmaktadır. Özellikle doğalgazda bu çok daha fazla olmaktadır. Hatta doğalgaz fiyatı fuel oil fiyatı üzerine çıkabilmektedir. Nitekim böyle bir durum ocak 2009 da gözlenmiştir.

Herki sayfalarda da belirtildiği üzere, yapılan analizler sonucunda o dönemde üçyıldızda da doğalgazdan fuel-oil e geçilmiştir. Şimdi bu geçişin analizini inceleyelim.

#### 4.7.1. Doğalgaz kullanım maliyeti

Fabrikada üretim için gerekli olan saatteki enerji 513.958 kcal/saat tir.

1 kcal/h = 4,1868 kj/h bilgisi ışığında çeviri yaparsak;

2.151.842 kj /saat üretim için gerekli olan enerjinin “kj” cinsinden değerini buluruz. Doğalgazda, brülör için yapılan ayarda kazan verimini 0,89 ayarlandığı için formülde bu değeri kullanacağız. Üretim için gereken gaz miktarı;

$$\begin{aligned} \text{doğalgazda} \bullet \frac{\dot{Q}_{\text{kullanım}}}{\dot{m}_{\text{doğal gaz}} \text{HHV}_{\text{doğalgaz}}} \\ 0.89 \bullet \frac{2.151.842 \text{ kJ/h}}{\dot{m}_{\text{doğalgaz}} (34,540 \text{ kJ/m}^3)} \bullet \dot{m}_{\text{doğalgaz}} \bullet 70 \text{ m}^3 / \text{h} \end{aligned}$$

Doğalgaz fiyatı 0,78 tl/m<sup>3</sup> olarak hesaplamaya katarsak

$$\begin{aligned} \text{Doğalgaz maliyeti} &= (\text{doğalgaz tüketimi})(\text{doğalgaz birim fiyatı}) \\ &= (70 \text{ m}^3/\text{h}) (0.78 \text{ TL/m}^3) \\ &= 54.6 \text{ TL/h} \end{aligned}$$

#### 4.7.2. Fuel-oil kullanım maliyeti

Fuel oil kullanırken doğalgazda olmayan, yakıtı ısıtma işlemi yapılmaktadır. Bu durumu da hesaplamada kullanarak maliyete eklememiz gerekir. Bunun için ;

Fuel oil ısıtmak için gerekli ısıtma enerjisi 13,8 kWh

$$\begin{aligned} \text{Toplam elektrik maliyeti} &= (\text{elektriksel tüketim})(\text{elektrik birim fiyatı}) \\ &= (13,8 \text{ kWh}) (0.115 \text{ TL/kWh}) = 1,587 \text{ TL/h} \end{aligned}$$

Olarak hesaplanır. Bu değeri fuel oil maliyeti üzerine ekleyeceğiz.

### 4.7.3. Yakıt maliyet hesabı

Doğalgazda olduğu gibi, bu sefer de fuel oil de maliyeti hesaplayacağız. Yine üretim için gerekli olan ısı değeri 2.151.842 kJ/saat olarak alacağız. Fuel oil in en yüksek ısı değeri de 10,460 kcal/kg = 43,800 kJ/kg. olarak kullanacağız. Kazan verimini de %90 olarak hesaba kattığımız zaman;

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{fuel-oil}} &= \frac{Q_{\text{kullanım}}}{\text{HHV}_{\text{fuel-oil}}} \\ 0.90 \cdot \dot{m}_{\text{fuel-oil}} &= \frac{2.151.842 \text{ kJ/h}}{(43,800 \text{ kJ/kg})} \quad \dot{m}_{\text{fuel-oil}} = 54,58 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Fuel-oil in birim maliyeti 0,695TL/kg. Hesaplandığı zaman;

$$\begin{aligned} \text{Fuel oil maliyeti} &= (\text{fuel oil tüketimi})(\text{fuel oil birim fiyatı}) \\ &= (54,58 \text{ kg/h}) (0,695\text{TL/kg}) \\ &= 37,93 \text{ TL/h} \end{aligned}$$

Çıkan bu rakama, bir de fuel oil ısıtma maliyetini eklememiz gerekmektedir.

Hesaplandığı üzere ısıtma maliyeti 1,587 TL/h idi.

$$\begin{aligned} &= (\text{fuel-oil yakıt maliyeti}) + (\text{ısıtma maliyet}) \\ &= (37,93 \text{ TL/h}) + (1,587 \text{ TL/h}) \\ &= 39,51 \text{ TL/h} \text{ olarak hesaplanır.} \end{aligned}$$

### 4.7.4. Sonuç

Doğalgaz kullanıldığında 54,6 TL/h, fuel-oil kullanıldığında ise 39,51 TL/h değerinde tüketim olmaktadır. Fabrikada 1 saatte üretilen oluklu mukavva ort. 4 ton/saat tir. Böylelikle doğalgazla ve fuel oil ile bir ton ürünün maliyetini şu şekilde hesaplarız;

$$\underline{\text{Doğalgazda}} : (54,6 \text{ TL/h}) / (4 \text{ ton/h}) = 13,65 \text{ TL/ ton}$$

$$\underline{\text{Fuel- oilde}} : (39,51 \text{ TL/h}) / (4 \text{ ton/h}) = 9,87 \text{ TL/ ton}$$

Aradaki fark ;

$$(13,65 \text{ TL/h}) - (9,87 \text{ TL/h}) = 3,78 \text{ TL/ ton}$$

Aylık tasarrufu hesaplamak için fabrikanın o dönemdeki aylık üretim miktarı gerekmektedir. Fuel oil kullanıldığı aydaki üretim miktarı 760 ton / ay dır. Bu durumda aylık tasarruf miktarı;

$$(3,78 \text{ TL/ ton}) \times (760 \text{ ton}) = 2.872,80 \text{ TL dir}$$

Ocak 2009 sonunda doğalgazda % 25 indirimine gidildiği için şubattan itibaren tekrardan doğalgaz kullanımına geçilmiştir. Yani sadece 1 ay fuel-oil kullanılmış ve 2.872,80 TL tasarruf sağlanmıştır.

#### **4.8. Buhar Tesisatındaki Tasarruf Potansiyelleri**

##### **4.8.1. Buhar Borularının İzolasyonu**

Yetersiz derecede yalıtılmış buhar boruları sürekli olarak enerji, dolayısıyla da para sarfiyatının kaynağı durumundadır. İyi şekilde yalıtılmış bir buhar borusu yalıtımsız bir buhar borusu ile karşılaştırıldığında yalıtılmış borudan olan kayıplar aynı boyuttaki yalıtımsız bir borudan kaynaklanan ısı kayıplarının % 15-20'si kadardır. Aşağıdaki Grafikte nominal boru çapı ve belirtilen basınca göre yalıtımsız bir borudan olan ısı kayıpları yaklaşık olarak gösterilmiştir (\*). Burada ifade edilen kayıplar buhar miktarı olarak verilmiştir. Böylece, hesaplanan buhar maliyetine bağlı olarak yalıtımsız bir borudan kaynaklanan ısı kayıplarının maliyeti hesaplanabilmektedir.

(\*) Aşağıdaki kabuller yapılmıştır .

- 1.Ortam sıcaklığı 15°C dir .
- 2.Rüzgar hızı 2 m/s nin altındadır.
3. Kayıplar 1 metre uzunluğunda boru için hesaplanmıştır.
4. Boru hattının çalışma saati 8760 saat/yıl alınmıştır .

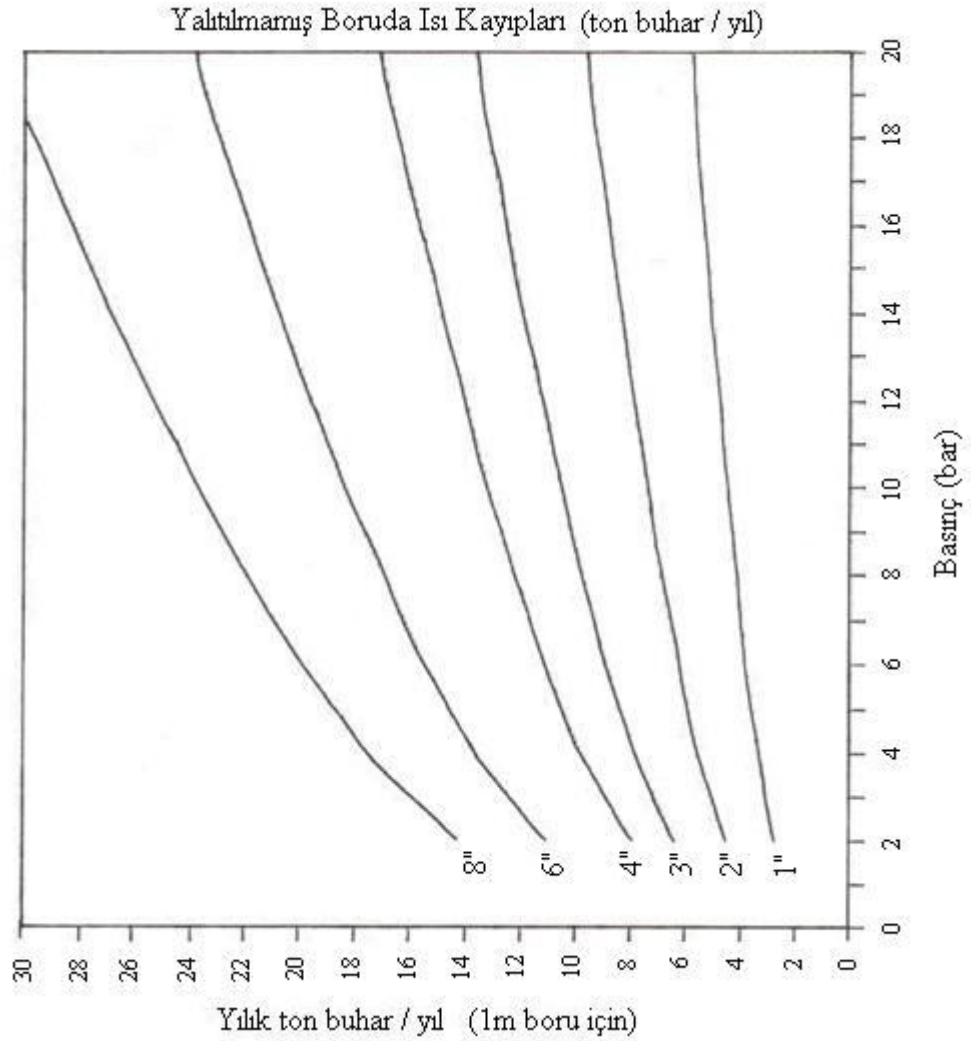
Bu kabuller arasındaki boru hattının çalışma saati olan 8760 saat / yıl, Üçyıldız kutu'daki buhar boru hattının çalışma saati olan 3744 saat / yıl ile uymamaktadır. Bu sebeple yapacağımız hesaplamalarda çıkan sonucu 0.4273 katsayısı ile çarpacağız. Böylelikle yılda 3744 saat çalışan bir buhar hattının sonuçlarını görebileceğiz.

Yaptığımız inceleme sonucu Üçyıldız kutu'daki yalıtılmamış buhar borularının listesi şu şekildedir;

1" boru : 43 m (20 m si 10 bar basınçta, 23 m si 4 bar basınçtır)

2" boru : 1 m (10 bar basınçta)

4" boru : 4 m (10 bar basınçta)



Şekil 4.13. Yalıtılmamış boruda ısı kayıpları.

Tespit ettiğimiz borulara göre tablodan 1 m boru uzunluğu için yalıtılmamış borudaki kayıp değerleri okunursa;

- 10 bar basınçta 1" boru için 4.5 ton/yıl
- 4 bar basınçta 1" boru için 3.5 ton/yıl
- 10 bar basınçta 2" boru için 7.2 ton/yıl
- 10 bar basınçta 4" boru için 13.1 ton/yıl değerlerine ulaşırız.

Bu değerler 1 m boru uzunluğu içindir. Bu değerleri elimizdeki yalıtılmamış boru uzunlukları ile çarptığımızda toplam enerji kaybı bulunur;

Ton/yıl cinsinden buhar kaybı = (1m boru için kayıp) x (boru uzunluğu)

$$(4.5 \text{ ton/yıl.m}) \times (20 \text{ m}) = 90 \text{ ton / yıl}$$

$$(3.5 \text{ ton/yıl.m}) \times (23 \text{ m}) = 80.5 \text{ ton / yıl}$$

$$(7.2 \text{ ton/yıl.m}) \times (1 \text{ m}) = 7.2 \text{ ton / yıl}$$

$$(13.1 \text{ ton/yıl.m}) \times (4 \text{ m}) = 52.4 \text{ ton / yıl}$$

Olmak üzere toplam buhar kaybı 230.1 ton buhar dır. bu değer günde 24 saat, yılda 365 gün çalışan bir tesisat içindir. Üçyıldız kutuda 3744 saat çalıştığına göre;

$$\text{Yıllık buhar kaybı} = (3744) / (8760) \times 230.1 \text{ ton buhar}$$

$$\text{Yıllık buhar kaybı} = 98.34 \text{ ton / yıl}$$

### **Yalıtım maliyeti;**

1" boru için yalıtım malzemesi fiyatı 4.07 tl/m

2" boru için yalıtım malzemesi fiyatı 5.61 tl/m

4" boru için yalıtım malzemesi fiyatı 9.91 tl/m

$$\text{Fiyatları metraj ile çarparsak} \quad (4.07 \text{ tl/m}) \times (43 \text{ m}) = 175.01 \text{ tl}$$

$$(5.61 \text{ tl/m}) \times (1 \text{ m}) = 5.61 \text{ tl}$$

$$(9.91 \text{ tl/m}) \times (4 \text{ m}) = 39.64 \text{ tl}$$

Toplam maliyet 220.26 TL olmaktadır.

1 ton buhar maliyeti 40 TL/ ton olarak hesaplanmıştır. Buna göre yıllık buhar kaybı;  
(98.34 ton/yıl) x (40 TL/ton )

Yıllık buhar kaybı = 3,933 TL / yıl olmaktadır.

Yani buhar borularının izolasyonu sonucunda yıllık 3,933 TL tasarruf imkanı olmaktadır.

Geri ödeme süresi ise = (yatırım maliyeti) / (yıllık tasarruf tutarı) formülü ile bulunur.

= (220.26 TL) / (3933 TL)

= 0,056 yıl = 0,67 ay = 20 gün.

Görüldüğü üzere bu yatırım 20 gün gibi çok kısa bir sürede kendini geri ödemektedir.

#### 4.8.2. Buhar vanalarının izolasyonu

Genel olarak vanalardan olan ısı kaybı için eşdeğer boru uzunlukları verilir. Eşdeğer boru uzunluğu, vananın içinden geçen akışkanın cinsine, sıcaklığına, vana ebatlarına, vana tipine, flanş tipine göre değişmektedir. Bunlar Tablo 4.10 da verilmiştir. Burada da görüleceği gibi pek önemsenmeyen buhar vanaları oldukça fazla ısı kaybına sebep vermektedir. Bu kadar fazla ısı kaybı olan vanaların yalıtılmaları önemli hal almaktadır.

Tablo 4.10. Flanş ve vanalardan ısı kaybı için eşdeğer boru uzunluğu.

Cinsi	DN	Boru sıcaklığı (C)		
		50	100	300
Flanş	25	0.2 m	0.4 m	1.0 m
	100	0.5 m	1.0 m	2.5 m
	300	1.5 m	3.0 m	7.0 m
Vana	25	0.5 m	1.0 m	2.5 m
	100	1.2 m	2.5 m	7.0 m
	300	3.0 m	6.0 m	12 m
Askı ve Mesnet		% 15	% 15	% 15



İncelememiz sonucunda Üçyıldız kutudaki yalıtılmamış vanalar şu şekildedir;

DN 25 10 adet vana 150 °C de

DN 25 4 adet vana 200 °C de

DN 50 5 adet vana 200 °C de

Öncelikle bu vanalar için flanşlardan olan eşdeğer boru uzunluğu bulunur;

DN 25 10 adet flanş 150 °C deki eşdeğer boru uzunluğu tablo 4.10. dan 0.55m okunur.

DN 25 4 adet flanş 200 °C deki eşdeğer boru uzunluğu tablo 4.10. dan 0.67m okunur.

DN 50 5 adet flanş 200 °C deki eşdeğer boru uzunluğu tablo 4.10. dan 1.3m okunur.

Şimdi de vanaların eşdeğer boru uzunluklarını tablodan okursak;

DN 25 10 adet vana 150 °C deki eşdeğer boru uzunluğu tablo 4.10. dan 1.45m okunur.

DN 25 4 adet flanş 200 °C deki eşdeğer boru uzunluğu tablo 4.10. dan 1.7m okunur.

DN 50 5 adet flanş 200 °C deki eşdeğer boru uzunluğu tablo 4.10. dan 3.1m okunur.

Bu değerlere göre vanaları ve flanşları yalıtılmamış boru uzunluğuna çevirirsek;

150 °C de (10 adet) x (0.55m) = 5.5 m (1" boru 4 bar)

(10 adet) x (1.45m) = 14.5 m (1" boru 4 bar)

200 °C de (4 adet) x (0.67m) = 2.68 m (1" boru 10 bar)

(5 adet) x (1.3m) = 6.5 m (2" boru 10 bar)

(4 adet) x (1.7m) = 6.8 m (1" boru 10 bar)

(5 adet) x (3.1m) = 15.5 m (2" boru 10 bar) bulunur.

Daha önce Şekil 4.13. e bakarak bulduğumuz buhar kayıplarını tekrar not edelim.

- 10 bar basınçta 1" boru için 4.5 ton/yıl
- 4 bar basınçta 1" boru için 3.5 ton/yıl
- 10 bar basınçta 2" boru için 7.2 ton/yıl

Bulduğumuz metrajları bu rakamlar ile çarparsak vana ve flanşlardan ne kadar buhar kaybının olduğunu belirlemiş oluruz.

$$\begin{aligned}
\text{Yıllık buhar kaybı} &= (\text{yıllık kayıp ton/yıl}) \times (\text{metraj}) \\
&= (3.5 \text{ ton/yıl.m}) \times (5.5 \text{ m}) = 19.25 \text{ ton/yıl} \\
&= (3.5 \text{ ton/yıl.m}) \times (14.5 \text{ m}) = 50.75 \text{ ton/yıl} \\
&= (4.5 \text{ ton/yıl.m}) \times (2.68 \text{ m}) = 12.06 \text{ ton/yıl} \\
&= (7.2 \text{ ton/yıl.m}) \times (6.5 \text{ m}) = 46.8 \text{ ton/yıl} \\
&= (4.5 \text{ ton/yıl.m}) \times (6.8 \text{ m}) = 30.6 \text{ ton/yıl} \\
&= (7.2 \text{ ton/yıl.m}) \times (15.5 \text{ m}) = 111.6 \text{ ton/yıl}
\end{aligned}$$

Hepsini topladığımızda 271.06 ton / yıl buhar kaybının olduğu görülmektedir. Bu rakam şekil 4.13. deki yıllık çalışma süresi olan 8760 saate göredir. Buhar tesitatu Üçyıldız kutu da 3744 saat çalıştığına göre, yıllık buhar kaybı :  $(3744 / 8760) \times (271.06) = 115.85 \text{ ton / yıl}$  olarak hesaplanmıştır.

Yalıtım maliyeti ise şu şekildedir;

DN 25; 14 adet, birim fiyat 42.18 TL, toplam 590.52 TL

DN 50; 5 adet, birim fiyat 65.19 TL, toplam 325.95 TL

Yani toplam yalıtım maliyeti 916.47 TL olarak hesaplanmıştır.

1 ton buhar maliyeti 40 TL/ton olarak hesaplanmıştır. Buna göre yıllık kayıp

$$(115.85 \text{ ton/yıl}) \times (40 \text{ TL/ton})$$

$$\text{Yıllık kayıp tutarı} = 4,634 \text{ TL dir}$$

Yani buhar vanalarının izolasyonu ile yıllık 4,634 TL tasarruf imkanı olmaktadır.

Geri ödeme süresi ise = (yatırım maliyeti) / (yıllık tasarruf tutarı) formülü ile bulunur.

$$= (916.47 \text{ TL}) / (4634 \text{ TL})$$

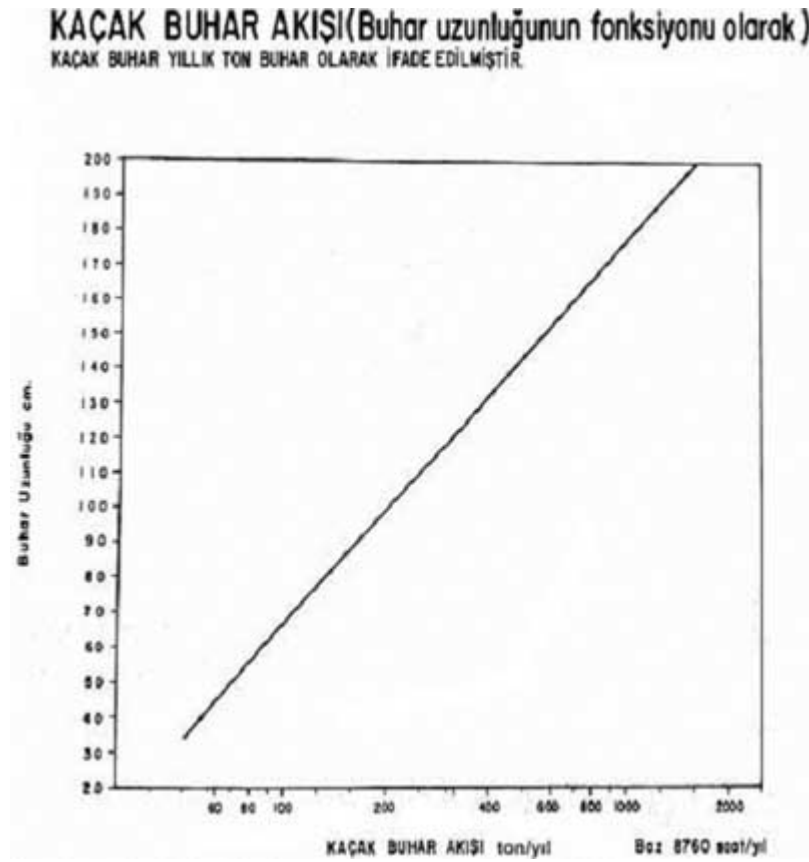
$$= 0.1977 \text{ yıl} = 2.37 \text{ ay} = 71 \text{ gün.}$$

Görüldüğü üzere bu yatırım 71 gün gibi çok kısa bir sürede kendini geri ödemektedir

### 4.8.3. Buhar Kaçaklarının Giderilmesi

Buhar kaçaklarının olduğu bir deliğin çapını ölçmek her zaman kolay olmayabilir . Bunun yanında bir kaçıktan fışkıran buharın uzunluğunu (plume) hesaplamak genellikle daha kolaydır. Bu hesaplama bize buhar kaçağının miktarını kaba bir şekilde verir .

Grafik, kaçak buhar akışı oranını (ton/yıl) buhar uzunluğunun (cm) bir fonksiyonu olarak vermektedir. Grafikteki doğru, yıllık 8760 çalışma saati baz alınarak verilmiştir. Buhar uzunluğu buharın avuç içinde su damlacıkları oluşturdukları noktaya kadar olan uzaklıktır. Bu uzunluk da gözle görülebilir buhar uzunluğundan biraz daha fazla olabilir. Buharın maliyetini biliyorsanız buhar uzunluğunu ölçerek buhar kaçağının yıllık maliyetini kolayca hesaplayabilirsiniz.



Şekil 4.14. Buhar uzunluğuna göre kaçak buhar akışı.

Üçyıldız kutudaki buhar kaçaqları şu şekildedir;

30 cm 4 adet 45 ton/yıl= 19 ton/yıl (3744 saat çalışma için)

45 cm 2 adet 60 ton/yıl= 26 ton/yıl (3744 saat çalışma için)

60 cm 2 adet 90 ton/yıl= 38 ton/yıl (3744 saat çalışma için)

30 cm'lik plume nin kolay farkedilemeyebilir bir kaçak olduğu için yıl boyu olabileceği, 45 cm'lik plumenin farkedilip tamiratının yapılması için haftasonu beklendiği için yarım sene boyunca olabileceği ve 60 cm'lik plumenin de hemen tamir edildiği için 1

sene içinde toplam 1 ay gibi bir kaçak süresi olabileceğinden hesaplama şu şekilde olacaktır;

30 cm plume = 19 ton/yıl

45 cm plume = 13 ton/yıl

60 cm plume = 3 ton/yıl                      olmak üzere toplam kayıp 35 ton/yıl dır.

Bu rakamı 1 ton buhar maliyeti olan 40 TL/ton ile çarparsak toplam buhar kaybını bulmuş oluruz;

$(35 \text{ ton/yıl}) \times (40 \text{ TL/ton})$

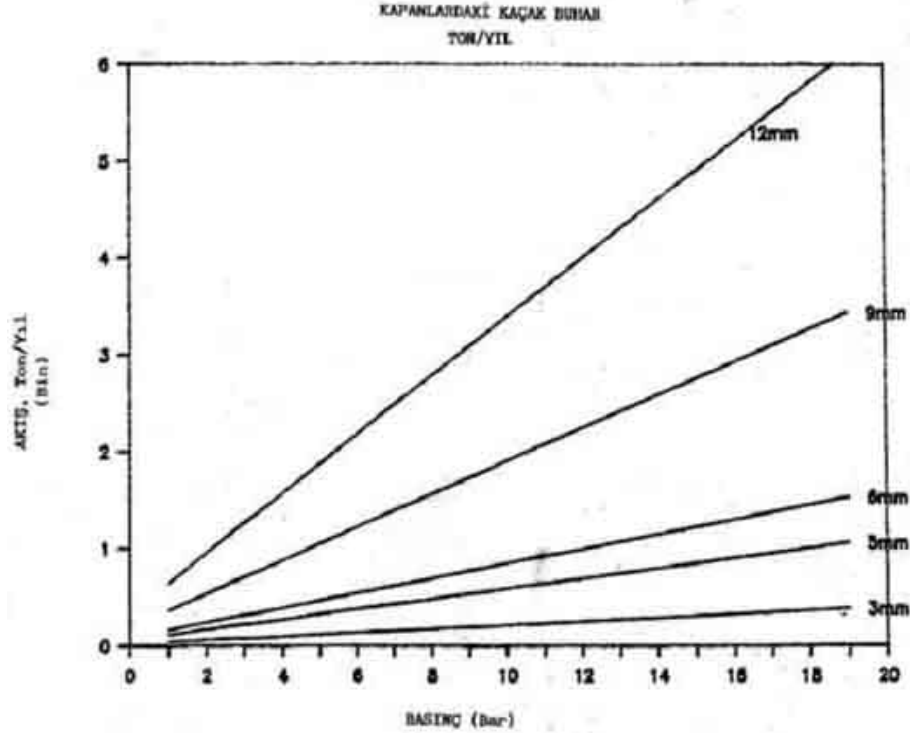
= 1400 TL yıllık buhar kaybı

Yani buhar kaçaklarını gidermemiz halinde yıllık 1400 TL tasarruf imkanı olmaktadır.

#### **4.8.4. Kondenstopların Kontrolü Ve Onarılması**

Bir buhar sisteminin verimli çalıştırılması için, iyi tasarlanmış buhar kapanlarına ve onların düzenli kontrolüne ve bakımına gerek vardır .Ancak bu şekilde gereksiz yere buhar kaybı olmadan kondensat ve hava hemen sistemden uzaklaştırılabilir. Fabrikalarda yapılan ilk etütler genelde buhar kapanlarının en az % 10 kadarının bozuk olduğunu ortaya koymaktadır. Düzenli olarak yapılan kontroller ve bakımlar, bozuk kapan sayısının % 1 oranında kalmasını sağlayacaktır . Şekil 4.15 de her zaman açık olan bozuk bir kapandan olacak buhar kayıplarını göstermektedir. Buhar akışı (ton/yıl) olarak gösterilmektedir.

Yapılan hesaplamalarda bu grafikten faydalanılmıştır. Grafiklerin okunması şu şekidedir. Grafikte en altta, çalışma basıncını seçip, yukarı doğru çıkıldığında, orifisten kaçak alanı çizgilerine gelinir. Burada kaç mm lik bir kaçak alanı varsa o eğri ile kesiştiği noktadan sola doğru gidildiğinde, yıllık kaçak buhar akışını ton/yıl cinsinden okunur.



Şekil 4.15. Kondenstoplardaki kaçaklar (ton/yıl cinsinden).

Kondenstoplarda yapılan inceleme sonucu iki adet 3 mm orifis genişliğinde, kaçırın kondensstop tespit edilmiştir. Bu kondensstopların 10 bar basınç altında yıllık kaç ton buhar kaybına sebebiyet verdiğini bulmak için Şekil 2.8. e bakalız. Buradan ;

- \* 3 mm orifis çapında 10 barda 250 ton/yıl (8760 saat çalışma için).  
3744 saat çalışma için 107 ton/yıl

Toplam buhar kaçağı 214 ton/yıl olmaktadır. Bunun maliyetini bulmak için, 1 ton buhar maliyeti olan 40 TL/ton ile çarparsak;  
(214 ton/yıl) x (40 TL/ton) = 8,560 TL olarak hesaplanır.

Kondenstop satın alma maliyeti : 860 TL / adet

Toplam : 860 x 2 = 1720 TL kondensstop yenileme maliyetidir.

Geri ödeme süresi = (1720 TL) / (8560 TL) = 0.2 yıl = 2.4 ay = 72 gün olarak hesaplanır

Yani bu yatırım, kendini 72 günde geri ödemektedir. Bu da çok kısa bir geri ödeme süresi olarak kabul edilebilir.

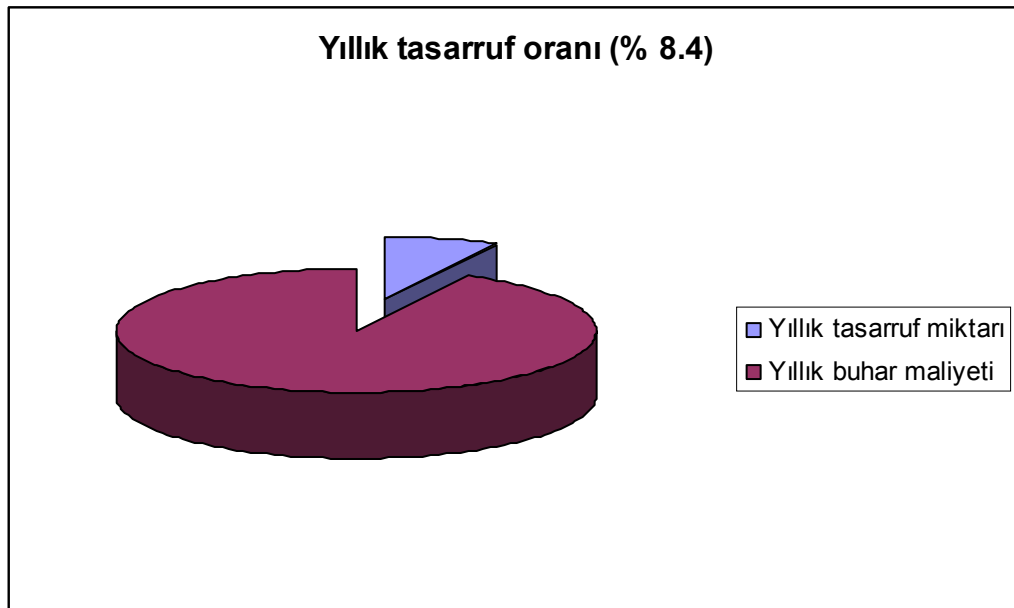
#### 4.8.5. Buhar tesisatındaki tasarrufların değerlendirilmesi

Buhar tesisatında yapılan enerji verimliliği çalışmaları sonucu, önemli tasarruf imkanları tespit edilmiştir. Ayrıca bu tasarrufları elde etmek için yapılması gereken yatırım miktarı oldukça az miktardadır. Dolayısıyla geri ödeme süreleri çok kısadır. Yapılan tasarrufların ve yatırım maliyetlerinin özet tablosu Tablo 4.11. de verilmiştir.

Tablo 4.11. Buhar tesisatında yapılan tasarruflar ve maliyetleri.

	Maliyet (TL)	Tasarruf (TL)
Buhar borularının izlasyonu	220	3933
Buhar vanalarının izlasyonu	916	4634
Buhar kaçaklarının giderilmesi	0	1400
Kondenstop kaçaklarının gid.	1720	8560

Tablo 4.11. den toplam tasarruf 18,527 TL, toplam yatırım maliyeti 2,856 TL olmak üzere toplam geri ödeme süresi 0.15 yıl (1.85 ay) olmaktadır. Üçyıldız kutunun yıllık doğalgaz maliyeti 220,000 TL olduğuna göre, yapılan tasarrufun yıllık toplam buhar maliyeti içerisindeki oranı % 8.4 olarak hesaplanır.



Şekil 4.16. Buhar maliyetlerinde yıllık tasarruf oranı.

#### 4.9. Bina Isıtma Soğutma Sistemi

Üçyıldız kutuda sadece idari binada ısıtma sistemi vardır. Fabrika içerisinde herhangi bir ısıtma sistemi yoktur. Buna gerek duyulmamıştır, çünkü oluklu mukavva makinasının çalışması, Fabrika içerisinde soğuk olmasını engellemektedir.

Fabrikadaki çalışılan hangarlar, depo hangarları ile çevrili olduğu için, cephe yalıtımına gerek kalmamaktadır. Çatılar zaten yalıtılmıştır. İdari bina ise tamamen yalıtılmış olup, kalorifer tesisatı ile ve viessmann marka yoğunmalı kazan ile ısıtılmaktadır.

Soğutma sisteminde ise sadece idari binada uygulama vardır. 2 adet lg marka merkezi soğutma kullanılmaktadır. Klima termostatlıdır ve aşırı soğutma yapması engellenmiştir. Hava kanalları ise yalıtılmış durumdadır.

#### 4.9. Çalışmaların Özeti

Elektrik ve doğalgaz giderlerinde yapılan enerji verimliliği çalışmaları sonucunda elde edilen tasarruflar, bu tasarruflar için yapılan yatırım harcamaları tutarı, ve geri ödeme süreleri aşağıdaki Tablo 4.12. de özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Yapılan tasarrufların ve yatırımların özet tablosu.

	Elektrik giderlerinde	Doğalgaz giderlerinde	Genel Toplam
Yatırım maliyeti (TL)	36113	2856	<b>38969</b>
Tasarruf miktarı (TL)	30326	18527	<b>48853</b>
Geri ödeme süresi (yıl)	1,19	0,15	<b>0,79 (ort.)</b>

## 5. BÖLÜM

### SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

#### 5.1. Tez Sonucu

Bu tez çalışması sonucunda, Üçyıldız kutudaki enerji potansiyelinin durumu ortaya konmuştur. Enerji kullanım durumunun değerlendirildiği alanlar şu şekilde olmuştur.

- (a) kompresöre soğuk hava girişi sağlamak,
- (b) hava kaçaklarını gidermek,
- (c) aydınlatmaları harekete duyarlı sensörler ile kumanda etmek,
- (d) standart lambalar yerine yüksek verimli lambalar kullanmak
- (e) standart verimli motorlar yerine yüksek verimli motorları kullanmak
- (f) kazanda uygun fiyatlı yakıt kullanmak.
- (g) buhar borularının yalıtımı
- (h) buhar tesisatındaki vana ve armatürlerin yalıtımı
- (i) buhar kaçaklarının giderilmesi
- (j) kondensstop kaçaklarının giderilmesi

Bu uygulamalar sonucunda önemli enerji tasarrufları ve kabul edilebilir geri ödeme süreleri elde edilmiştir. Belirlenen enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri Tablo 5.1. de verilmiştir. Bunların grafik şeklinde görünümü ise Şekil 5.1 ve 5.2. de görülmektedir

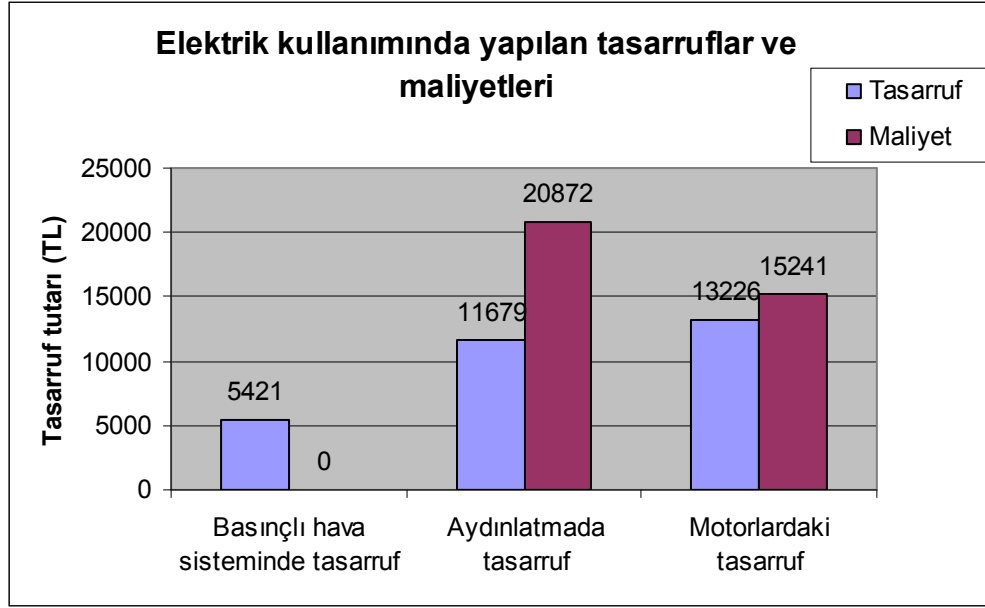
Üçyıldız kutudaki toplam enerji tasarrufu 48853 TL ye ulaşmaktadır. Bu gösteriyorki, toplam enerji tüketimi içerisinde % 12.2 lik bir tasarruf imkanı bulunmaktadır. % 12.2. büyüklüğünde bir tasarruf, işletmeler için büyük rakamlardır. Üçyıldız kutuda da bu rakam büyük önem kazanmıştır, ve değerlendirmeye alınmıştır.



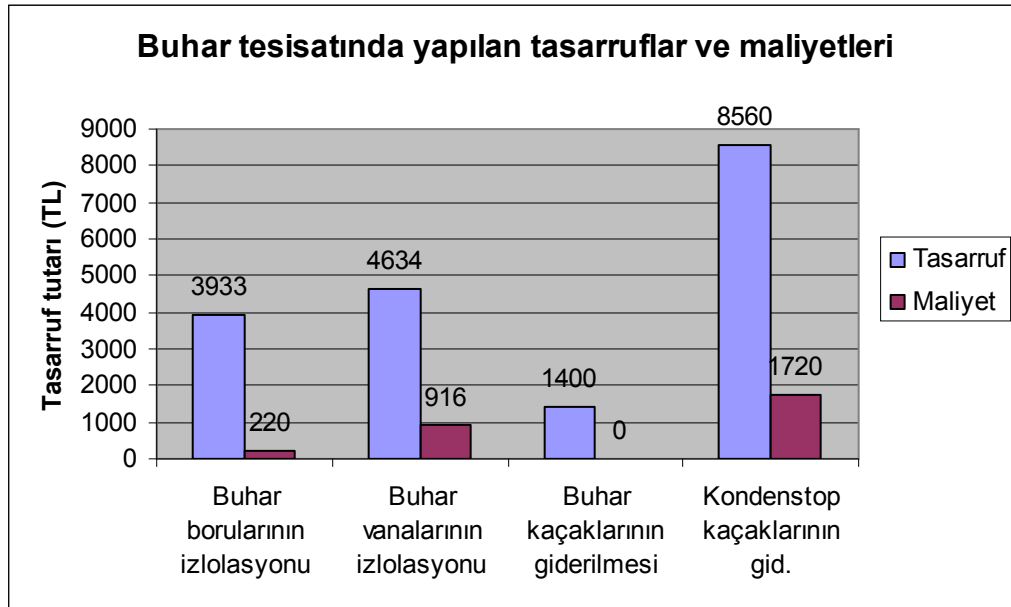
Tablo 5.1 Üçyıldız kutudaki enerji tasarrufu potansiyelinin belirlendiği alanlar, yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri.

<b>Enerji tasarrufu metodu</b>	<b>Potansiyel tasarruf (TL)</b>	<b>Yatırım maliyeti (TL)</b>	<b>Geri ödeme süresi (ay)</b>
Kompresör hatlarındaki hava kaçaklarını minimize etmek	5421	-	-
Aydınlatmada harekete duyarlı sensörler kullanmak	2025	112	3.6
Standart lambalar yerine, yüksek verimli lambalar takmak	7252	4460	2.1
Fabrika içinde lamba yerine gün ışığının kullanılması	2402	16300	80
Verimsiz motorlar yerine, yüksek verimli motorların takmak	13226	15241	13
Buhar borularının yalıtımı	3933	220	0,67
Buhar tesisatındaki vana ve armatürlerin yalıtımı	4634	916	2,37
Kondenstopların onarılması	8560	1720	2,4
Buhar kaçaklarının giderilmesi	1400	-	-
<b>Toplam</b>	<b>48853</b>	<b>38969</b>	<b>9,48</b>

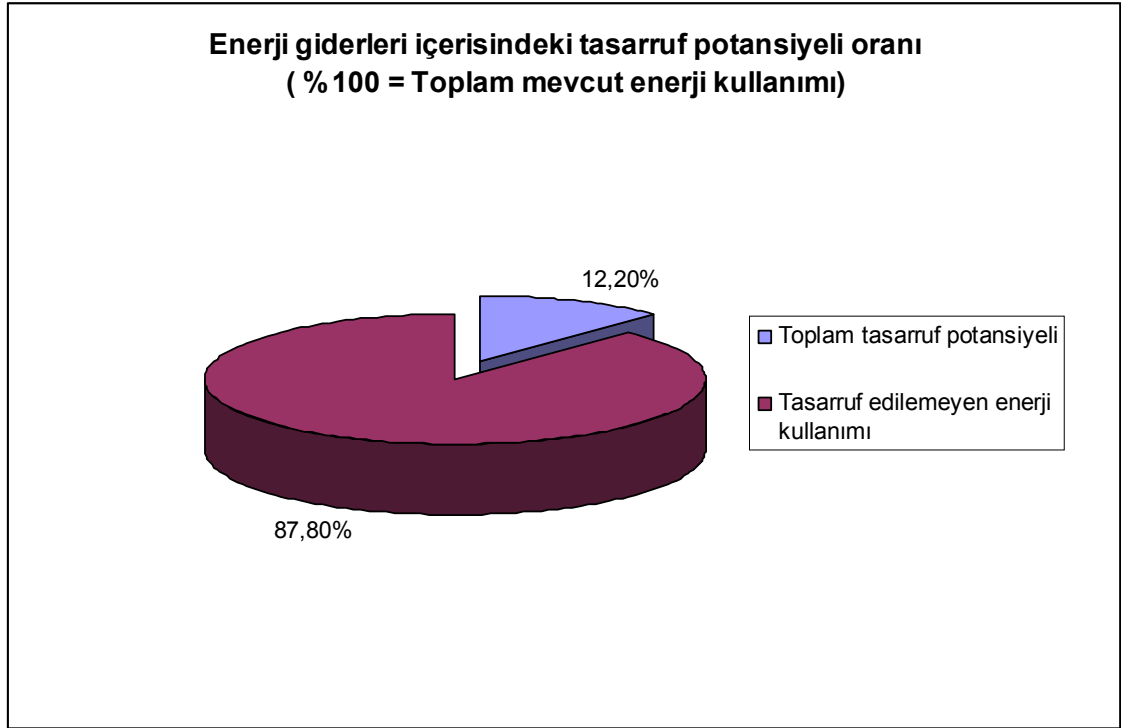
Fabrikada enerji tasarrufu yapılabilecek alanların çıkmasına rağmen, yinede fabrika enerji verimliliği açısından, diğer birçok fabrikaya göre iyi denebilecek düzeydedir. Birçok yerde hiç yalıtım yapılmamış buhar boruları bile bulunabilmektedir. Buna rağmen tabii ki bu çalışma bir defa yapıp bırakılmamalıdır. Çünkü sürekli tasarruf yapılabilecek alanlar ve uygulamalar çıkmaktadır.



Şekil 5.1. Elektrik kullanımında yapılan tasarruflar ve yatırım maliyetleri.



Şekil 5.2. Buhar tesisatında yapılan tasarruflar ve yatırım maliyetleri.



Şekil 5.3. Toplam tasarruf potansiyel yüzdesinin grafiksel gösterimi.

Yapılan bu tez çalışmasından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1. Hava kaçaklarının giderilmesi sonucu, kompresör gücüne oranla yıllık %12.8 lik enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu kaçaklar sürekli oluşabilmekte olduğu için, periyodik süreler dahilinde sürekli kontrol edilmelidir.
2. Harekete duyarlı sensörlerin kullanımı ile enerji tasarrufu konusunda dikkat edilecek nokta, genelde az kullanılan, depo gibi yerlerde uygulamaktır.
3. Aydınlatmada elde ettiğimiz tasarruflar için yapılan yatırım maliyetleri çok yüksek olmuştur. Dolayısıyla geri ödeme süresi uzun hesaplanmıştır. Burada sadece geri ödeme süresine göre yatırım kararı verilmemelidir. Çalışma ortamının iyi aydınlatılmasının çalışanların verimi ve iş güvenliği açısından önemi göz ardı edilmemelidir.
4. Motorlarda yaptığımız çalışmada ise, özellikle yeni alınan motorların EFF-1 sınıfından olması gerektiği vurgulandı. Bu tez çalışması sırasında alınan 8 adet motorun hepsi de EFF-1 sınıfından tercih edilmiştir. Halbuki daha önce EFF-2 sınıfından motorlar tercih edilmekteydi. Bir diğer tasarruf çalışması ise, mevcut motorların EFF-1 sınıfı ile değiştirilmesidir. Buradaki önemli nokta ise, sürekli

çalışan, ve gücü yüksek motorlar üzerine ağırlık verilmesidir. Nitekim üçyıldızda da 10 kW ve üzeri motorlar üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. Bunların geri ödeme süreleri de makul seviyelerde olmuştur.

5. Tezdeki tasarruf noktalarında biri olan, uygun fiyatlı yakıt kullanımı sonucu elde edilen tasarruf ola 2872 TL, tez sonucu olarak ortaya koyduğumuz %12.2 tasarruf içerisinde hesaba katılmamıştır. Bunun nedeni, doğalgazın daha pahalı olması sebebiyle sadece 1 ay fuel-oil kullanımının, sene bazında olmaması, ve böyle bir durumun her zaman olmamasındandır.
6. Yalıtım ve buhar kaçaklarının giderilmesi sonucu elde edilen tasarrufların geri ödeme süreleri oldukça kısa çıkmıştır. Bunun nedeni buhar kaybının çok yüksek enerji ve parasal kayba neden olmasıdır. Bu sebeple yalıtım ve, buhar kayıplarının derhal giderilmesi çok önemli bir tasarruf noktası oluşturmaktadır.

## 5.2. Öneriler

Günümüzde küreselleşen ekonomi ile artan rekabet şartları endüstriyel işletmeleri enerji maliyetlerini gözden geçirmeye zorlamaktadır. Önceleri yakıt ucuz ve rekabetin az olmasından dolayı enerji maliyetleri önemsenmiyordu. Bugün ise sanayi tesisleri ya da endüstriyel işletmeler, boşa yakıt tüketme lüksüne sahip değildir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de tek amaç, minimum yakıt tüketimi ile maksimum enerji elde etmek olmak zorundadır.

Üst yönetimden en alt kademedeki çalışana kadar, enerji tasarrufunu prensip edinmiş ve çalışmalarını bu doğrultuda planlamış sanayi tesisleri ya da endüstriyel işletmeler günün sonunda aynı iş için daha az enerji tüketimini sağlayacaklardır. Doğru ve güncel bilgilere ulaşılabilmesi ve enerji tasarrufu çalışmalarının gerçekçi olarak planlanabilmesi için deneyimli, tarafsız ve profesyonel danışmanlardan alınacak destek ile çalışmalara yön verilmelidir. Teknolojide yaşanan gelişmeler ile sağlanan faydalar takip edilerek, doğru seçilmiş yüksek hassasiyetli ölçüm aletleri kullanılarak sürekli ölçüm ve gözlem yapılmalıdır. Yapılan ölçüm ve gözlemler kayıt altında tutularak, enerji tasarrufu çalışmalarının işletmeye sağladığı faydalar gözlemlenmeli, yapılacak

analiz ve yorumlamalar ile aksaklıkların üzerine ivedilikle gidilmelidir. Her türlü tüketim değerinin bilinmesi, yapılacak ya da yaptırılacak olan ön enerji auditi ve detaylı enerji auditi ile kayıpların tamamının tespiti enerji tasarrufu çalışmalarına başlamanın yeter şartı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Enerji tasarruf çalışmalarına gerekli mali kaynak ve insan gücü temin ve tesis edilerek kısa, orta ve uzun vadede bu çalışmaların getirileri en iyi şekilde değerlendirilmelidir.

“En ucuz enerjinin tasarruf edilen enerji” olduğu dikkate alındığında, yapılacak çalışmaların sonunda, önemli kazançların sağlandığı görülecektir.

Enerjiyi en verimli bir şekilde kullanmak için, tüm alanlarda verimliliği yükseltmek, ve tüm atıkları minimize etmemiz gerekmektedir. Fabrikalarda enerji verimliliğinin uygulanabilmesi için aşağıdaki önerilerimizin uygulanması gerekmektedir.

1. Büyük çaptaki endüstriyel tesislerde enerji yöneticisi belirlenmeli ve onun altında bir takım oluşturulmalıdır. Bu takım, üniversitelerden, enerji danışmanlık şirketlerinden profesyonel eğitim alıp fabrikada enerji verimliliği alanında çalışmalar yapmalıdır. Ve bu eğitimler ara ara tekrarlanmalıdır
2. Daha küçük ölçekteki endüstriyel tesislerde, üniversiteden veya danışmanlık şirketeri tarafından yürütülecek bir dış denetime başvurmaları gereklidir. Profesyoneller tesisi gezip, üretim proseslerini analiz edip enerji kullanım raporunu çıkarmalı ve, işletmeye enerji tasarruf potansiyelinin seviyesini sunmalıdırlar.
3. Elektrik işleri etüs idaresinin teşvikleri ile desteklediği “VAP” yani verimlilik artırıcı projeler hazırlanmalı, ve uygulamalar yapılmalıdır.

Bunlara ek olarak, günümüzde yürürlükte olan enerji verimliliği yönetmeliğinde bulunan aşağıdaki adımlar izlenmeli ve uygulanmalıdır.

### **Enerji Tasarrufu Etütleri**

**Madde 7. -** Fabrika yönetimi, belirtilen önlemlerle sağlanacak tasarrufun enerji ve parasal değerlerini belirlemek üzere, enerji tasarrufu etütlerinin yapılmasını veya yaptırılmasını sağlar. Bu çalışmalar yönetmeliğin yayınlanmasından sonraki ilk yıl sonundan başlayarak üçüncü yıl sonuna kadar tamamlanır. Çalışma sonuçları bir

raporda derlenir ve rapordan 2 kopya fabrika tarafından UETM' ye gönderilir. Fabrika, bu enerji tasarrufu etütlerini kendi teknik imkanları ile yürütebileceği gibi, UETM tarafından yetkilendirilecek yerli ve yabancı mühendislik firmalarına, üniversitelere veya serbest danışmanlara yaptırabilir.

### **Enerji Tasarrufu Planlarının Hazırlanması**

**Madde 8.** - Fabrikalar, 7' nci Madde çerçevesinde belirlediği kayıpları azaltmak için, kapasite artırımı ve modernizasyon çalışmaları ile üretim artışları da göz önünde bulundurularak, 2 ve 5 yıllık planlar yapar. Yapılacak olan 2 yıllık plan içerisinde geri ödeme süresi 1 yıl ve altında olan yanma kontrolü, izolasyon, güç kompanzasyonu gibi enerji tasarrufu sağlayan projelerin, 5 yıllık plan içerisinde ise geri ödeme süresi 1 ile 4 yıl arasında olan enerji tasarrufu projelerinin yatırımlarına yer verilir. Enerji tasarrufu etütlerinin tamamlanmasını takip eden bir yıl içinde bu planların hazırlığı tamamlanır ve derhal uygulamaya konulur.

### **Spesifik Enerji Tüketimlerinin İzlenmesi**

**Madde 9.** - Enerji tüketimi açısından kapsam içine giren tüm fabrikalar ana ürünler için SET değerlerini aylık ve yıllık bazda izlerler. Örneğin TEP/ton, kWh/birim Ürün, GCal/ton, Gcal/m<sup>2</sup>, kCal/Kg gibi.

SET değerlerini daha sağlıklı olarak izlemek için fabrika yönetimleri gerekli sayaç ve ölçüm cihazlarının satın alınması ile ilgili hazırlıkları bu yönetmeliğin yayımı tarihinden itibaren 1 yıl içinde tamamlayıp, cihazları 3 yıl içinde monte eder, mevcutları tamir ve Türk Standartları Enstitüsü' nde kalibre ettirerek faal hale getirirler.

## KAYNAKLAR

1. EİEİ., Sanayide Enerji Yönetimi, Cilt I-III, EİEİ/UETM, 1997
2. Çengel, A.Y., Boles, M.A., Thermodynamics: An Engineering Approach, Fourth Edition, Mc-Graw Hill Books, pp.360-369, 2002
3. Beggs, C., Energy: Management, Supply and Conservation, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005
4. H.Ehringer et al., Energy Conservation in Industry – Combustion, Heat Recovery and Rankine Cycle Machines, Proceedings of the Contractors' Meetings held in Brussels on 10 and 18 June, and 29 October 1982
5. Rajan, G.C., Optimising Energy Efficiencies in Industry, McGraw-Hill, 2003
6. Dağsöz, A.K., Sanayide Enerji Tasarrufu, Alp Teknik Kitaplar, 1991
7. Acar, M., Selbaş, R., 21. Yüzyılda Bütün Yönleriyle Enerji Bildirileri, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu, Energy Efficiency 2000 Projesi Çerçevesinde Uluslar arası Sempozyum, Teknik Yayıncılık, 1994
8. Thumann, A., Plant Engineers & Managers Guide To Energy Conservation, The Fairmont Press, 2002
9. Ünlü C., Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı, İntervalf, 2007
10. Küçükçalı R., Enerji Ekonomisi, Isısan Çalışmaları No.351, 2005
11. Studebaker, J.M., Esco Energy Services Company Handbook, Pennwell, 2001
12. Enerji Yönetimi İçin Personel Motivasyonu, Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. Enerji Yöneticiliği
13. Türedi, S., Berber, M., Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi Uzun Dönem Analizi: Türkiye Örneği (1976-2005), İkinci Uluslar arası İşletme ve Ekonomi Çalıştayı Bildiri, Özetler ve Pratik Bilgiler Kitabı, Giresun Üniversitesi, 2007
14. Soğancı, M., Tmmob Yönetim Kurulu Başkanı ile Enerji Tasarrufu Söyleşisi, Enerji Dergisi, Kasım 2005
15. Kavak, K., Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, DPT İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, DPT, Yayın No: 2689, Ankara, 2005.

16. Narin, M., Akdemir, S., Enerji Verimliliği ve Türkiye, [http://paribus.tr.googlepages.com/narin\\_akdemir.doc](http://paribus.tr.googlepages.com/narin_akdemir.doc)
17. Thumann, A., Younger, W.J., Handbook of Energy Audits, The Fairmont Press, 2008
18. Kreith, F., Goswami, D.Y., Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy, CRC Press, 2007
19. Arkun, M.E., Enerji Verimliliğine Çağdaş Yaklaşım ve Türkiye, 22.Enerji Tasarrufu Haftası Etkinlikleri, EİE, 23-24 Ocak 2003
20. Kaya, D., Güngör, C., Sanayide Enerji Tasarrufu Potansiyeli I- II, Mühendis ve Makine Dergisi, Sayı.515, 514 Aralık 2002
21. Uslu, H., Vana Yalıtımı, İzocam Teknik Yayınlar
22. Bilgiç, M., Endüstri Kazan Dairelerinde Enerjinin Etkin Kullanılması İçin; Yakıttan Baca Gazına Kadar Dikkate Alınması Gereken Hususlar, TTMD Dergisi, Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı.8, Mayıs – Haziran 2004
23. Oğulata R.T., Tekstil İşletmelerinde Yoğuşma ve Önlemi, Termodinamik Dergisi, 74-81, 1/1997
24. Doba Kadem F., Oğulata R.T., Tekstil İşletmelerinde Nem Yalıtımı, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 4-7 Kasım 1999, İzmir
25. Yakacık Valf Kataloğu, Buharın Verimli Kullanımı ve Kondens Tahliyesi, 1998
26. Kanoğlu M., Karabay, İ., Kekeç, İ., “Endüstriyel Tesislerde Enerji Tasarrufu Yöntemleri”, 5<sup>th</sup> GAP Engineering Congress, Şanlıurfa, Turkey, April 2006
27. Intervalf Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı, 2. Baskı, 1997
28. Spielvogel, L.G., “More Insulation Can Increase Energy Consumption”, *Ashrae Journal*, pp.61-63, January 1974
29. Karakoç T.H., Binyıldız E., Turan O., Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı, ODE Teknik Yayınları No: G 20 , 1999
30. Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada, “Energy-Efficient Motor Systems Assessment Guide”, Catalogue No: M92-165/1999E, 1999
31. Eiei, enerji verimliliği yöntemleri, Eiei web sayfası 2007  
[http://www.eie.gov.tr/turkce/en\\_tasarrufu/uetm/teknik\\_bilgi\\_serisi.html](http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/teknik_bilgi_serisi.html)



32. McGraw- H., Energy Technology Handbook, , 1997
33. Ünlü C., Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı – İntervalf, 2007
34. Küçükyalı R., Isısan Çalışmaları No. 252 Buhar Tesisatı – Isısan, 2000
35. Çimen F., Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi Temel Bilgiler ve Uygulamalar Eki , 2003
36. Broucke S., Compressed Air Manual, Atlas Copco, 1998
37. Heat recovery from air compressors, Detr Good Practice Guide, 1998
38. Compressing Air Costs, Energy Efficiency Office, 126,1994.
39. Air Compressors with integral variable speed control, Detr General Information Leaflet, 45, 1999.
40. Wardrop Engineering Inc., “Guide to Energy Efficiency Opportunities in the Dairy Processing Industry”, National Dairy Council of Canada, June 1997
41. Kar İ., Pompalarda Akışkan Hız Kontrolü ile Enerji Tasarrufu. tez çalışması 406 Kartal/İTÜ
42. Sanayide Elektrik Enerjisi Nasıl Tasarruf Edilir? . İto/ Yayın no:2000-36
43. Worrell, E., Martin, N., Price, L., “Energy Efficiency Opportunities in Electric Arc Steelmaking”, Lawrence Berkeley National Laboratory, 1999
44. Kaya, D., Saraç, H.I., Olgun, H., “Energy Savings in Compressed Air Systems”, The Fourth International Thermal Energy Congress, Çeşme/Turkey, pp.69-74, 2001
45. Energy Information Administration, International Energy Annual 2006, [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)
46. L. R. Brown, Plan B 3.0: Mobilizing to Save Civilization, W.W. Norton & Company, 2008
47. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin Enerji Boyutu, [www.gap.gov.tr/Turkish/Dergi/D581997a/boyut.html](http://www.gap.gov.tr/Turkish/Dergi/D581997a/boyut.html)
48. Tedas, Türkiye Elektrik Dağıtım ve Tüketim İstatistikleri, web sitesi [www.tedas.gov.tr](http://www.tedas.gov.tr)
49. M. Özkaya, Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, 2007
50. Tedas, 01.04.2009 Tarifeler, [www.tedas.gov.tr](http://www.tedas.gov.tr)
51. Aslan, Z., Onaygil, S., Işık Kirliliği ve Enerji Tasarrufu, 1998

## ÖZGEÇMİŞ

M.Raşit Yozgatlıgil 1983 yılında Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kayseri’de tamamladı. Lise öğrenimini de 2001 yılında yine Kayseri’de, Özel Erciyes Lisesinde bitirdi. 2001’de kazandığı Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden Ocak 2006’da mezun oldu. Öğrenci iken, 2004 yılında İngilizce eğitimi için gittiği Amerika’da 3 ay kaldı. Lisans eğitiminden hemen sonra 2006 yılında askerlik görevini tamamlayıp Kayseri organize sanayi bölgesinde bulunan Üçyıldız lüks ambalaj sanayinde mesleki hayata atıldı. 2007 ağustos ayında evlendi ve aynı tarihte Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. 1 çocuk babası olup, halen Üçyıldız kutuda iş hayatına devam etmektedir.

Adres : Üçyıldız lüks ambalaj sanayi  
Organize sanayi bölgesi, 41. cad, no: 21  
38070 - KAYSERİ

Telefon : 0 352 322 00 70

e-posta : rasiyozgatligil@ucyildizkutu.com