

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV SANAYİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ TASARRUF
OLANAKLARININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ömer Emre UYLUKÇUOĞLU**

Anabilim Dalı : Enerji Bilim ve Teknoloji

Programı : Enerji Bilim ve Teknoloji

MAYIS 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV SANAYİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ TASARRUF
OLANAKLARININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Ömer Emre UYLUKÇUOĞLU
301081024**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009
Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Haziran 2009**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Önder GÜLER (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Sermin ONAYGİL (İTÜ)
Prof. Dr. Zeynep Duriye Bilge (YTÜ)**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışmada öncelikle dünya ve Türkiye enerji durumu incelenmiş, daha sonra otomotiv sanayi dünya ve Türkiye üretim değerleri göz önüne alınarak, bu konudaki enerji verimliliği ve enerji tüketim durumları ele alınmıştır. Ardından bu tüketim değerlerinin ve dolayısıyla üretim maliyetlerinin azaltılmasına yönelik yapılacak tasarruf çalışmaları bu tezin konusu olmuştur.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her zaman yol gösteren ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli tez danışmanım Yrd.Doç.Dr. Önder Güler'e yürekten teşekkür ederim.

Tez çalışmamın hazırlanmasında, fabrika olanaklarından faydalanmama yardımcı olan ve yol gösteren tüm tesis çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu çalışmam sırasında bana her açıdan yardımcı ve destek olan aileme; her zaman benimle olan ve olmasını istediğim, desteğini biran olsun esirgemeyen nişanlım Duygu Badem'e çok teşekkür ederim.

Mayıs 2009

Ömer Emre UYLUKÇUOĞLU

Makine Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ii
KISALTMALAR	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. DÜNYA VE TÜRKİYE ENERJİ DURUMU.....	3
2.1 Kömür.....	6
2.2 Ham Petrol	10
2.3 Doğalgaz	11
2.4 Hidroelektrik	12
3. TÜRKİYE’DE ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU	15
3.1 Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü ve Üretimi.....	15
3.2 Sanayide Elektrik Tüketimi	15
3.3 Elektrik Birim Maliyetleri	16
4. OTOMOTİV SANAYİ.....	18
4.1 Türkiye’de Sektörün Genel Durumu	19
4.2 Türkiye Otomotiv Sanayinde Enerji Verimliliği.....	24
5. OTOMOTİV SANAYİNDE ENERJİ YÖNETİMİ VE TESİSİN	
İNCELENMESİ.....	28
5.1 Enerji Yönetiminin Önemi.....	28
5.2 Enerji Yönetimi Programının Uygulanması	28
5.2.1 Üst yönetimin desteği	28
5.2.2 Enerji yönetim koordinatörü ve enerji kontrol birimi	29
5.2.3 Raporlama ve izleme	31
5.3 Üretim İşlemleri	31
5.4 Tesis Enerji Tüketimi	33
6. OTOMOTİV SANAYİNDE ISI ENERJİSİ İLE İLGİLİ ENERJİ	
TASARRUF OLANAKLARI.....	35
6.1 Tesiste Sıcak Su Kullanım Alanları ve Kazan Verimi	35
6.2 Tam Yanmanın Sağlanması	39
6.3 Yanma Havasının Isıtılması	40
6.4 Baca Gazı Sıcaklığının Düşürülmesi.....	41
6.5 Isı Yalıtımı	44
6.6 Ana Yemekhane Sıcak Su Ön Isıtma	51
6.7 Toplam Sistem Verimi.....	52
7. OTOMOTİV SANAYİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ İLE İLGİLİ ENERJİ	
TASARRUF OLANAKLARI.....	54
7.1 Enerji Tarifesinin Seçilmesi.....	54

7.1.1 Tek terimli tarife.....	55
7.1.2 Çift terimli tarife.....	55
7.2 Reaktif Güç Kompanzasyonu	56
7.3 Elektrik Motorlarında Verimlilik ve Yüksek Verimli Motor Kullanımı.....	60
7.3.1 Elektrik motorlarının çalıştırılması	60
7.3.2 Elektrik motorlarının bakımı.....	61
7.3.3 Elektrik motorlarında kayıplar	61
7.3.4 Yüksek verimli motor kullanımı	63
7.4 Hız Kontrol Cihazları Kullanımı.....	67
7.5 Basıncı Hava Sisteminde Enerji Tasarrufu.....	69
7.5.1 Kompresörün çıkış basıncının düşürülmesi	70
7.5.2 Kompresör havasının soğuk ortamdan alınması	70
7.6 Aydınlatmada Tasarruf	72
7.6.1 Işık kaynakları	72
7.6.2 Armatürler.....	73
7.6.3 Aydınlık düzeyi ve düzgünlük	73
7.6.4 Aydınlatma sistemleri.....	74
7.6.4.1 Genel aydınlatma	74
7.6.4.2 Lokalize aydınlatma.....	76
7.6.4.3 Özel aydınlatma	76
7.6.5 Aydınlatmanın kontrolü ve önlemler.....	76
8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	83
KAYNAKLAR	85
EK A	88
EK B	89

KISALTMALAR

WEC	: World Energy Council
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu
PİGM	: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
IHA	: Uluslararası Hidroelektrik Kurumu
HEP	: Hidroelektrik Potansiyel
BHEP	: Brüt Hidroelektrik Potansiyel
THEP	: Teknik Hidroelektrik Potansiyel
EHEP	: Ekonomik Hidroelektrik Potansiyel
DHEP	: Değerlendirilmiş Hidroelektrik Potansiyel
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
TRT	: Türkiye Radyo Televizyon Kurumu
AB	: Avrupa Birliği
NAFTA	: Kuzey Amerika Serbest Ticaret Bölgesi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	: Araştırma Geliştirme
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
HVAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning
YYT	: Yıllık Yakıt Tasarrufu
YMTa	: Yıllık Mali Tasarruf
YTa	: Yıllık Tasarruf
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
BG	: Beygir Gücü
CEMEP	: Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Türkiye’de doğalgaz tüketim miktarları.....	11
Çizelge 2.2 : 2007 yılı aylık doğalgaz tüketiminin, kullanım alanlarına göre tüketimi	12
Çizelge 2.3 : Değişik ülkelerdeki HEP potansiyelleri	14
Çizelge 3.1 : Türkiye kurulu güç, üretim ve tüketiminin yıllar itibariyle gelişimi ..	15
Çizelge 3.2 : 2008 yılı sanayi elektrik birim fiyatları ve zam oranları.....	16
Çizelge 3.3 : 2009 yılı ocak ayı sanayi elektrik birim fiyatları.....	17
Çizelge 4.1 : Türkiye motorlu taşıt üretim adetleri	22
Çizelge 4.2 : Türkiye markalar bazında üretim miktarları	23
Çizelge 4.3 : Türkiye otomotiv sanayi istihdam miktarı	24
Çizelge 4.4 : Metal eşya ve makine-teçizat sanayi enerji yoğunluğu	25
Çizelge 5.1 : Enerji tüketim ve enerji masrafları	33
Çizelge 5.2 : Tesis üretim miktarı ve adet başına enerji tüketimi.....	34
Çizelge 6.1 : Yüzeye ve şekile bağlı katsayı çizelgesi	38
Çizelge 6.2 : Kazan yüzey bilgileri	38
Çizelge 6.3 : LRK’ hesaplama çizelgesi.....	38
Çizelge 6.4 : Vana ve flanş eşdeğer boru ısı kayıp değerleri.....	46
Çizelge 6.5 : Bazı yalıtım ceketi malzemeleri	47
Çizelge 6.6 : Farklı çaplardaki boruların yalıtımlı yarıçap uzunlukları	48
Çizelge 6.7 : Boru toplam uzunlukları	48
Çizelge 6.8 : Toplam ısı kayıpları	50
Çizelge 7.1 : Elektrik motor kayıpları	63
Çizelge 7.2 : Sınıflarına göre 2 ve 4 kutuplu olan motorların verim değerleri.....	65
Çizelge 7.3 : Elektrik motorları pazar oranları	66
Çizelge 7.4 : Mevcut motorlar yerine verimli motor kullanımı ile sağlanacak tasarruf	67
Çizelge 7.5 : Motorlarda hız kontrol cihazı kullanılması ile enerji tasarruf hesabı ..	68
Çizelge 7.6 : Hız kontrol cihazları maliyetleri ve geri ödeme süreleri.....	69
Çizelge 7.7 : Hava emişin dış ortamdan yapılması durumunda edilecek tasarruf	71
Çizelge 7.8 : Endüstri tesislerinde kullanılabilen ışık kaynaklarının özellikleri.....	72
Çizelge 7.9 : Takım & Kalıp mevcut durum ve önerilen durum	78
Çizelge 7.10 : Kaynak 1 mevcut durum ve önerilen durum	79
Çizelge 7.11 : Kaynak 2 mevcut durum ve önerilen durum	80
Çizelge 7.12 : Montaj mevcut durum ve önerilen durum.....	81
Çizelge 7.13 : Pres alanı mevcut durum ve önerilen durum.....	82
Çizelge 8.1 : Isı enejisinde yapılabilecek yıllık yakıt ve mali tasarruf miktarı.....	84
Çizelge 8.2 : Elektrik enejisinde yapılabilecek yıllık elektrik ve mali tasarruf miktarı	84
Çizelge A.1 : EU-E-1 standartlarında aydınlatma kriterleri.....	88

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dünya enerji tüketiminin tarihsel gelişimi.....	4
Şekil 2.2 : 1980 yılı Dünya birincil enerji tüketim yüzdeleri	4
Şekil 2.3 : 2005 yılı Dünya birincil enerji tüketim yüzdeleri	5
Şekil 2.4 : 2030'a kadar enerji tüketim projeksiyonu	5
Şekil 2.5 : 2030 yılı enerji yüzdesi dağılımı	6
Şekil 2.6 : 2005 yılı Dünya kömür rezervleri	6
Şekil 2.7 : Enerjinin yıllara göre fiyat değişimleri	7
Şekil 2.8 : Kıtalaraya göre 2005 yılı kömür tüketim değerleri.....	8
Şekil 2.9 : Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kömür Üretimi	8
Şekil 2.10 : EÜAŞ santral amaçlı linyit üretimleri.....	9
Şekil 2.11 : TTK Kömür üretimleri.....	9
Şekil 2.12 : 2007 yılı doğalgaz tüketim oranları	11
Şekil 3.1 : Elektrik enerjisi tüketiminin kullanıcı gruplarına göre dağılımı	16
Şekil 4.1 : Ülkelere göre hafif ticari araç üretimi.....	21
Şekil 4.2 : Dünya motorlu taşıt aracı üretimi	21
Şekil 5.1 : Tesis organizasyon şeması	31
Şekil 5.2 : Pres hattı.....	32
Şekil 5.3 : Robot punto tabancası	32
Şekil 5.4 : Boya işlemi.....	33
Şekil 5.5 : Montaj alanı.....	33
Şekil 7.1 : Güç faktörü oluşumu.....	56
Şekil 7.2 : Aktif güç sabit tutulup, görünür güç küçültülerek uygulanan yöntem ...	58
Şekil 7.3 : Elektrik motorları elektrik enerjisi harcama oranı.....	64
Şekil 7.4 : Elektrik motor maliyetleri	64

SEMBOL LİSTESİ

A	: Motorun tam yükteyken çekmiş olduğu enerji
B	: Motorun kısmi yükteyken çekmiş olduğu enerji
b	: Elektrik birim fiyatı
B	: Yüze ve şekile bağlı katsayı
B_y	: Tüketilen yakıt miktarı
C	: Elektrik birim maliyeti
C	: Motorun boşta çekmiş olduğu enerji
c	: Su özgül ısısı
CO_{bacagazı}	: Bacagazında ölçülen karbonmonoksit % si
Cosφ	: Güç faktörü
c_v	: Baca gazı sıcaklığındaki duman gazı özgül ısınma ısısı
Cyakıt	: Yakıttaki Karbon % si
E	: Yüze malzemesi ve işleme şekline bağlı Emissivite katsayısı
ETM	: Enerji tasarruf miktarı
GDO	: Sıcaklığa bağlı güç düşüm oranı
h₁	: Silindir içi akışkan ile yüze arası ısı taşınım katsayısı
h₂	: Silindir dışındaki hava ile dış yüze arası ısı taşınım katsayısı
H_u	: Yakıt alt ısı değeri
Hy	: Yakıttaki hidrojen % si
I	: Görünür akım
I_p	: Aktif akım
I_q	: Reaktif akım
k	: Hava özgül ısı oranı
K	: Yakıtın ısı değeriine bağlı katsayı
k₁	: Boru malzemesi ısı iletim katsayısı
k₂	: Yalıtım malzemesi ısı iletim katsayısı
KKO	: Kompresör kullanma faktörü
L	: Isı kayıpları toplamı
L_{COBG}	: Bacagazındaki Yanmamış Karbonmonoksit Nedeniyle Olan Isı Kaybı
L_{KBG}	: Kuru Bacagazı Yoluyla Olan Isı Kaybı
L_{NBG}	: Bacagazındaki Nem Nedeniyle Olan Isı Kaybı
L_{RK}	: Kazan Yüzeinden Radyasyon ve Konveksiyonla Olan Isı Kaybı Yüzdesi
L_{RK}'	: Kazan Yüzeinden Radyasyon ve Konveksiyonla Olan Isı Kaybı
m	: Motor sayısı
n_B	: Balast sayısı
n_L	: Lamba sayısı
P	: Aktif güç
P	: Kompresör motor gücü
P₁	: Aktif güç
P₁	: Kompresör çıkış basıncı

P_2	: Kompresörün düşürülebilecek çıkış basıncı
P_1	: kW olarak giriş gücü
P_2	: Kompresörün düşürülebilecek çıkış basıncı
P_B	: Balast gücü
P_e	: Kompresör emiş basıncı
P_k	: Motor kayıpları
P_{komp}	: Kompresör motor gücü
P_L	: Lamba gücü
P_m	: Motor çıkış gücü
Q	: Reaktif güç
Q	: Suya verilecek ısı miktarı
Q_1	: Çekilen reaktif güç
Q_2	: Kompanzasyondan sonraki reaktif güç
Q_{baca}	: Bacadan atılan ısı miktarı
Q_c	: Gerekli kondanser gücü
$Q_{yalıtlımlı}$: Yalıtımlı boru ısı kaybı
$Q_{yalıtımsız}$: Yalıtımsız boru ısı kaybı
R	: Eşdeğer doğalgaz miktarı
S	: Enerji tasarruf miktarı
S	: Görünür güç
S_1	: Görünür güç
S_2	: Kompanzasyondan sonraki görünür güç
$Su_{tüük}$: Su tüketimi
T_0	: Ortam sıcaklığı
T_{BG}	: Bacagazı sıcaklığı
$t_{boş}$: Motorun boşa çalışma süresi
T_d	: Dış ortam sıcaklığı
T_e	: Emiş havası sıcaklığı
T_g	: Baca gazı sıcaklığı
T_{g1}	: Ekonomizersiz baca gazı sıcaklığı
T_{g2}	: Ekonomizer sonrası baca gazı sıcaklığı
$t_{k.yük}$: Motorun kısmi yükte çalışma süresi
$T_{kazan çıkış}$: Kazan çıkış borusunda su sıcaklığı
$T_{kollektör dönüş}$: Dönüş kollektöründe su sıcaklığı
$T_{kollektör gidiş}$: Gidiş kollektöründe su sıcaklığı
T_{ortam}	: Ortam sıcaklığı
T_{pompa}	: Pompalarda su sıcaklığı
T_{su}	: Su sıcaklığı
$T_{şebeke}$: Şebeke suyu sıcaklığı
$t_{t.yük}$: Motorun tam yükte çalışma süresi
t_y	: Yıllık çalışma süresi
T_{yh}	: Yanma havası sıcaklığı
T_{yh2}	: Hedeflenen yanma havası sıcaklığı
$T_{yüzey}$: Ortalama yüzey sıcaklığı
U_c	: Konveksiyonla ısı kayıp değeri
U_r	: Radyasyona bağlı ısı kayıp değeri
V_{baca}	: Duman gazı hacmi
V_{H*y}	: Yanma sonucu oluşan özgül duman hacmi
Y A I D	: Yakıt alt ısı değeri

YF	: Motorun yüklenme faktörü
YF	: Yük Faktörü
YÜİD	: Yakıt üst ısı değeri
ΔT	: Sıcaklık farkı
ΔT_{yh}	: Yanma havasında sağlanan sıcaklık artışı
$\Delta \eta_k$: Kazan verimindeki artış
$\eta_{boş}$: Boşta çalışmada motor verimi
η_e	: Yüksek verimli motor verimi
η_k	: Kazan verimi
$\eta_{k.yük}$: Kısmi yükte motor verimi
η_{k2}	: Yanma havası ısıtıldıktan sonraki kazan verimi
η_{komp}	: Kompresör motor verimi
η_{ky}	: Kazan yanma verimi
η_{motor}	: Kompresör motor verimi
η_{pr}	: İşlem yüzey kayıplarına bağlı verim
η_s	: Düşük verimli standart motor verimi
η_s	: Sıcak su hattı verimi
η_{sis}	: Toplam sistem verimi
$\eta_{t.tük}$: Tam yükte motor verimi
$\eta_{tük}$: Sıcak su tüketicisi verimi
ϕ	: Faz açısı
ϕ_1	: Görünür güce ait faz açısı
ϕ_2	: Kompanzasyondan sonraki faz açısı

OTOMOTİV SANAYİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ TASARRUF OLANAKLARININ BELİRLENMESİ

ÖZET

Sanayide enerji verimliliği, üretim miktarı ve üretim kalitesinin düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün başına enerjinin etkin kullanılarak tüketiminin azaltılmasıdır. Üretim proseslerinde kullanılacak enerjinin yanısıra, üretim hollerinin ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma gibi ihtiyaçları için de gereken enerjinin verimli kullanılmasıyla, ülkemiz ekonomisine ve çevreyi korumaya katkı sağlamak mümkündür.

Bu çalışmanın amacı, enerji verimliliği ve enerji tasarrufu konularının anlaşılması ve uygulanmasıdır. Bu nedenle, bu çalışmanın ikinci bölümünde dünyadaki ve Türkiye'deki enerji durumu işlenmekte, Türkiye'nin enerji durumu, dünya ülkeleri ile karşılaştırılarak verilmektedir. Üçüncü bölümde, ülkemiz sanayisinde elektrik enerjisinin hangi oranlarda kullanıldığı anlatılmakta ve dördüncü bölümde otomotiv sanayinin durumu irdelenmektedir. Otomotiv sektöründeki üretim safhaları, örnek tesisteki enerji verimliliği, enerji tüketim oranları ve ürün başına enerji maliyeti beşinci bölümde anlatılmaktadır.

Altıncı bölümde, otomotiv sektöründe, ısı enerjisinde yapılabilecek tasarruf olanakları örnek bir tesis üzerinde anlatılmıştır. İnceleme yapılan tesisin toplam enerji tüketiminin % 52'sini kapsayan ısı enerjisi, tasarruf çalışmalarının yapılması gereken önemli bir alandır. Bu çalışmalar, yanma veriminin artırılması, baca gazı sıcaklığının düşürülmesi, eksik yalıtımın giderilmesi ve atık ısı enerjisinin farklı bir bölgede kullanılması olarak belirlenmiş, böylece tesisin yıllık doğalgaz tüketiminde 427.212,05 m³'lük tasarruf sağlanmıştır.

Yedinci bölümde ise, otomotiv sektöründe elektrik enerjisinde yapılabilecek tasarruf olanakları anlatılmıştır. İnceleme yapılan tesisin toplam enerji tüketiminin % 48'ini oluşturan elektrik enerjisi, tasarruf çalışmalarının yapılması gereken diğer alandır. Bu çalışmalar, yüksek verimli motor ve hız kontrol cihazları kullanımı, basınçlı hava sisteminde havanın soğuk ortamdaki alınması ve genel aydınlatma sisteminin standartlara uygun olarak modernize edilmesi olarak belirlenmiş, böylece tesisin yıllık elektrik enerjisi tüketiminde 8.124.197,58 kWh'lik tasarruf sağlanmıştır.

ENERGY EFFICIENCY IN AUTOMOTIVE INDUSTRY AND DETERMINATION OF ENERGY-SAVING OPPORTUNITIES

SUMMARY

Energy efficiency in industry is to reduce energy consumption through effective use per unit of service or product without causing any decrease in production capacity and quality. In addition to the energy used in production processes, through efficient use of energy necessary for heating, cooling, ventilation and lightening steps of production halls, it is possible to contribute to the national economy and environmental protection.

The purpose of this study is to provide a clear understanding of energy efficiency and energy savings and make these issues applicable. In the second part of the study, energy states of the world and Turkey are included. In addition, energy status of Turkey is compared with other countries. In the third part, electrical energy usage proportions in Turkey are indicated. In the following part, the case is scrutinized for the automotive industry. Production stages in automotive industry, energy efficiency in the sample plant, energy consumption rates and energy costs per product are stated in the fifth part.

In the sixth part of the study, saving opportunities in heating energy used in automobile industry are explained through a case study. Heating energy, which constitutes the 52% of total energy consumption of the plant, is a crucial area to be applied energy saving studies. These studies are determined as increasing combustion efficiency, reducing flue gas heat, remove imperfect isolation and using wasted heat energy in different areas. As a result, 427.212,05 m³ of annual natural gas consumption of the plant is saved.

Saving opportunities in electrical energy used in automobile industry are indicated in the seventh part of the study. Electrical energy, which constitutes the 48% of total energy consumption of the inspected plant, is another area to be applied energy saving studies. These studies are determined as using high efficient motors and speed control devices, providing intake air from cold environment for compressors and modernizing general lightening system corresponding to standards. As a result, 8.124.197,58 kWh of annual electrical energy consumption of the plant is saved.

1. GİRİŞ

Ülkelerin, sosyal ve ekonomik alanda, teknolojiye ve uluslararası alanlarda söz sahibi olmasının en önemli kriterlerinden biri enerjidir. Bu durumu itibariyle enerji her zaman stratejik bir öneme sahiptir. Özellikle ekonomik anlamda büyüme ve üretim sektörlerindeki enerji tüketimleri, ülkelerin gelişimleriyle paralellik göstermektedir.

Ülkemiz, genç ve artan nüfusu, hızlı büyüyen ekonomisi ve stratejik konumu sebebiyle önemli bir yatırım bölgesi özelliğindedir. Fakat, enerjinin ulusal kalkınmadaki önemli rolü sebebiyle, ülkemizin bu özelliğini kaybetme olasılığı yüksektir. Enerji ihtiyacının % 70'ini ithal eden ülke konumunda oluşumuz sonucuyla ekonomi üzerine binen yük ve enerjinin yeterince verimli kullanılmaması kayıpları daha da arttıracaktır [1]. Bu durumda, ülkemizin sahip olduğu özellikleri en iyi şekilde değerlendirmesi için, yerel enerji kaynaklarının büyük oranda kullanılması ve artan enerji talebinin karşılanabilmesi için, enerji ithalatının yanında, yeni yerel enerji kaynaklarının aranmasına, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımların hızlandırılmasına ve nükleer enerjinin kullanılmasına başlayarak enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Aksi halde artan tüketim değerleri, ülkemizi daha da dışa bağımlı hale getirecektir.

Ulusal alanda olduğu gibi ticari alanda da, sanayiciler için enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve enerjinin verimli kullanılmasıyla kazanç sağlama mümkündür. Otomotiv sanayinde ciddi bir rekabetin olduğu göz önüne alınırsa, maliyetlerin azaltılması, toplam maliyetler içinde önemli bir paya sahip enerji maliyetlerinin düşürülmesi ile mümkündür. Bu durumda yapılacak enerji verimliliği ve tasarruf çalışmaları önem kazanmaktadır. Ülkemizde bu çalışmaların uygulanması amacıyla, enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve çevrenin korunması için, enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması için 02.05.2007 tarihinde 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu çıkarılmıştır [2].

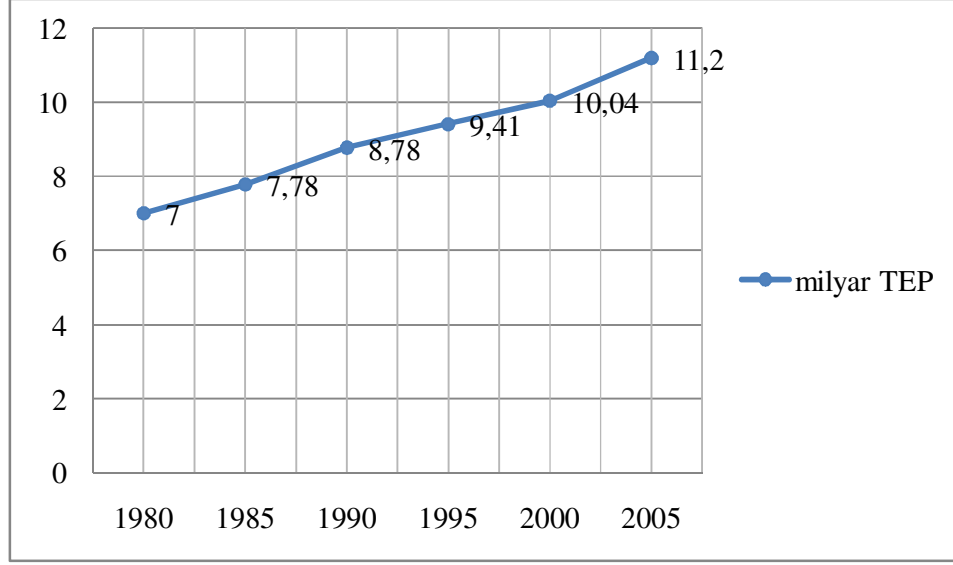
Bu tez çalışmasında, otomotiv sanayinde, tasarruf çalışmalarının uygulanacağı ve enerji verimliliği sağlayacak ve geri ödeme süresi 1 ile 3 yıl arasında olan uygulamalar örnek bir tesis üzerinde belirlenmiştir. Tesis enerji maliyetleri ve tesis üretimi ilişkileri incelenirken, enerjinin etkin kullanımı sağlanmaya çalışılmıştır.

2. DÜNYA VE TÜRKİYE ENERJİ DURUMU

Enerji, büyümenin, sürdürülebilir gelişmenin ve büyük ekonomik aktivitelerin temel maddesidir. Enerjinin üretimi ve kullanımı çevre kirliliğinin en temel kaynağıdır. Bu nedenle insanlar giderek artan enerji ihtiyacını karşılarken diğer yandan çevreyi kirletici maddeleri en aza indirmelidir [3].

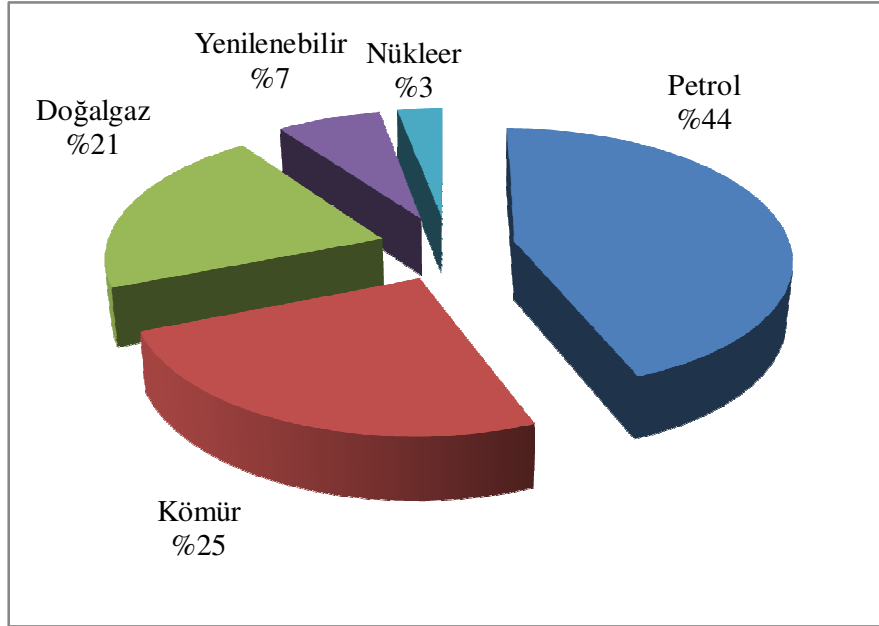
Enerji kaynakları toplumların refahı, sosyal gelişmelerinin en kritik noktası ve dünya ekonomilerinin bel kemiğidir. Dünyanın büyüyen ekonomilerinin ihtiyacı olan büyük miktarlardaki enerjinin çevreye duyarlı ve ekonomik yollarla sağlanabilmesi önemli bir noktadır. Ülkeler için enerji artık “kendi kendine yeterli” tanımının dışındadır. Ülkeler arası ticaret esastır ve bu ticaretin güvenle yapılması gerekmektedir. Ticaret ve güven birlikte aranan özellikler olduğunda, enerji stratejik bir konuma kavuşmaktadır. Ticaret denince akla hemen arz ve talep gelmektedir. Talep olması için ekonomik gelişme ve enerjiyi satın alacak insan gerekmektedir. 1950’den şu ana kadar dünya nüfusu 2 katından fazla artarken, enerji talebi 6 kat artmıştır. Halen dünya nüfusu 6.5 milyar olarak tahmin edilmektedir ve Birleşmiş Milletler’in tahminine göre 2015 yılında nüfusun 7.2 milyar ve 2050 yılında 8.9 milyar olacağı öngörülmektedir [4]. Bir ekonomi devi olan Çin, gelecek beş yıl içinde dünyanın en büyük ana enerji kullanıcısı olma yolunda ilerlemektedir. Hindistan da bu durumdan pek uzakta değildir ve bahsedilen bu iki ülke dünya nüfusunun %40’ını oluşturmaktadır [5]. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre dünya enerji talebi 2030 yılına kadar %60 artacak, 2050 yılına kadar ise iki katına ulaşacaktır. Günümüzde enerji kaynaklarının tüketiminin ve nüfus artışının çok oluşu ve giderek artacağı göz önüne alınırsa, gelecek nesiller için kolay, ulaşılabilir kaynakların varlığı ve bulunma olasılığı gittikçe güçleşecektir. Bu nedenle doğal kaynaklarımızın sürdürülebilirliği için uzun vadeli planlar yapılmalı ve enerji zincirine daha fazla önem verilmelidir [3,6].

Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi 1980 yılında dünya birincil enerji tüketimi 7 milyar ton eşdeğer petrol (TEP) kadardır ve 2005 yılına kadar % 60 artış göstererek 11,2 milyar TEP tüketim değerine ulaşmıştır [4].



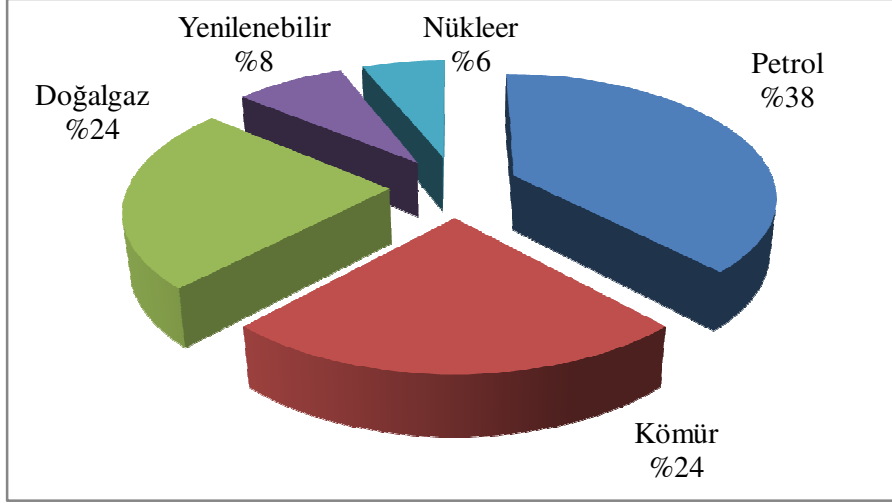
Şekil 2.1 : Dünya enerji tüketiminin tarihsel gelişimi

1980 yılı içinde tüketilen 7 milyar TEP enerji miktarının, enerji çeşitlerine göre yüzdesel dağılımları Şekil 2.2’ de görülmektedir [7].



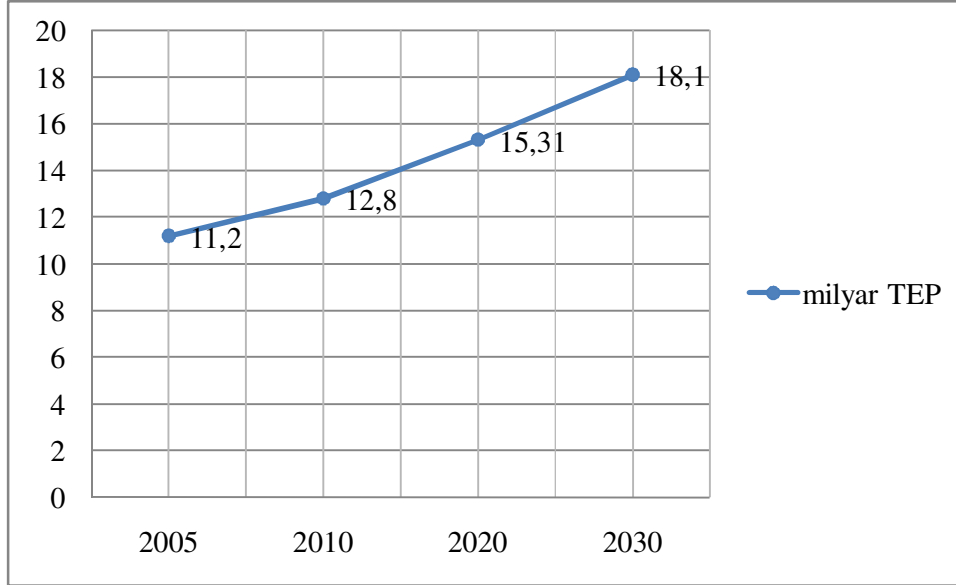
Şekil 2.2 : 1980 yılı Dünya birincil enerji tüketim yüzdeleri

Şekil 2.3’ te ise 2005 yılı içinde tüketilen 11,2 milyar TEP enerji miktarının, enerji çeşitlerine göre yüzdesel dağılımları verilmiştir [7].



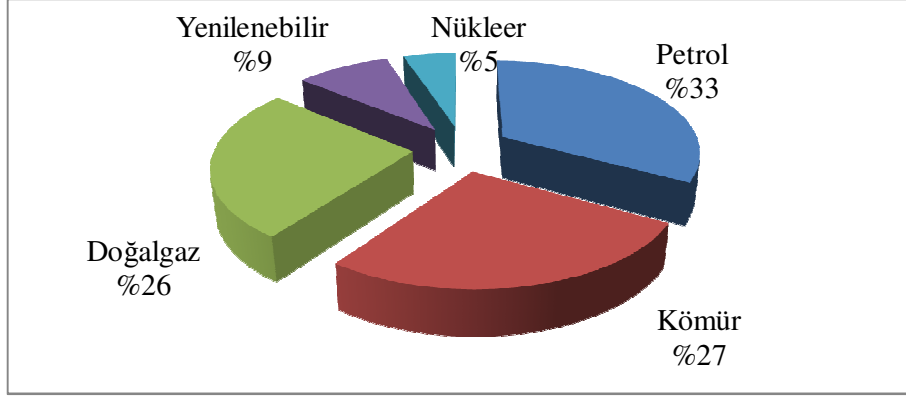
Şekil 2.3 : 2005 yılı Dünya birincil enerji tüketim yüzdeleri

Şekil 2.4' te 2030 yılına kadar olan toplam enerji tüketim projeksiyonunda dünya birincil enerji tüketimi 18,1 milyar TEP seviyesine çıkacağı öngörülmektedir [4].



Şekil 2.4 : 2030'a kadar enerji tüketim projeksiyonu

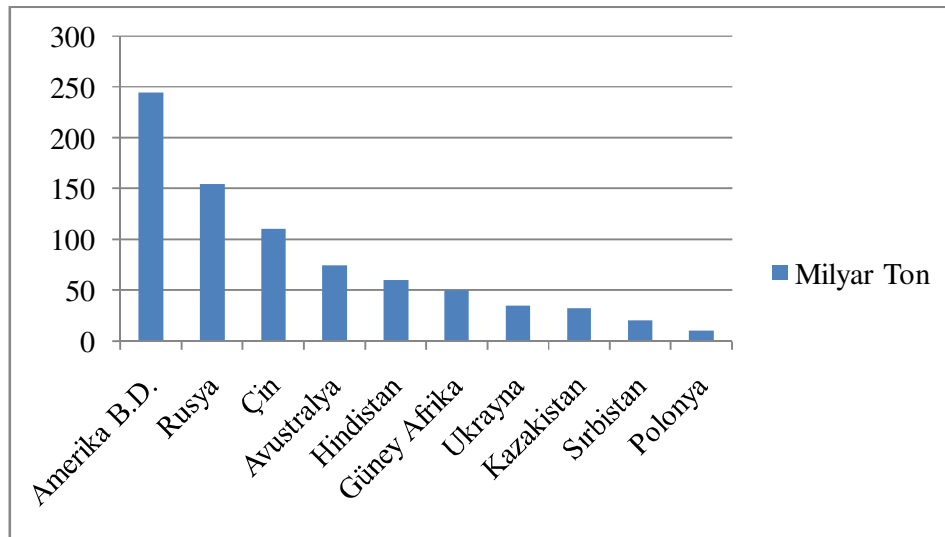
Şekil 2.5' te ise 2030 yılı içinde tüketilen 18,1 milyar TEP enerji miktarının, enerji çeşitlerine göre yüzdesel dağılımları verilmiştir. Bu kapsamda 2005-2030 yılları arasında, toplam enerji tüketiminde, % 62'lik bir artış olacaktır. 2005 yılı toplam enerji tüketim miktarının % 86'sını fosil kaynakları oluştururken, bu değer 2030 yılı için de sabit kalacağı öngörülmektedir [4].



Şekil 2.5 : 2030 yılı enerji yüzdesi dağılımı

2.1 Kömür

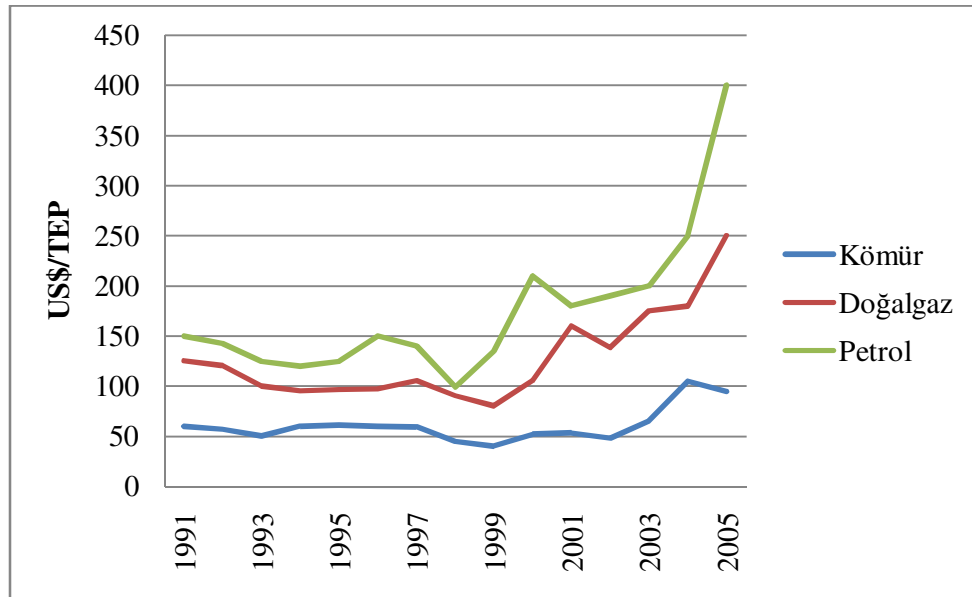
Endüstriyel alanda kullanılan ilk yakıt olan kömür hala en çok kullanılan yakıttır ve kullanımı artarak gelişmeye devam etmektedir. Yüzyıllar süren mineral araştırmalar sonucunda çok sayıda ülkenin kömür kaynaklarının konumu, boyutu ve karakteristikleri belirlenmiştir. Ancak bu sonuçlar teknik olarak çıkarılabilecek kömür konusunda değişikliklere uğrayabilmektedir. Ekonomik olarak ulaşılabilir kömür kaynakları 70'den fazla ülkede bulunmaktadır. Şekil 2.6' da dünyanın kömür rezervleri bakımından zengin ilk on ülke ile ilgili detaylı bilgiler bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar ve yayınlanan raporlara göre, çıkarılabilir 850 milyar ton ile kömür daha uzun yıllar boyunca enerji kaynağı olarak var olacaktır [4].



Şekil 2.6 : 2005 yılı Dünya Kömür Rezervleri

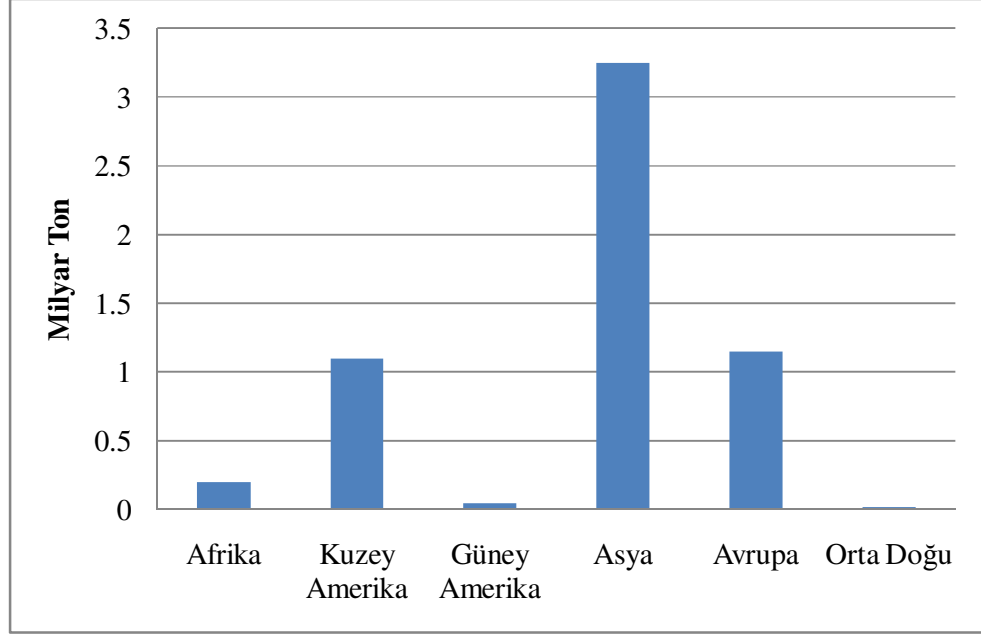
Fosil yakıtların, yakın gelecekte toplam enerji talebinin % 86'sını karşılayacağı ve fosil yakıtlar arası tüketim değerlerinde en büyük artışın kömürde olacağı daha önce söylenmişti. IEA tahminlerine göre 2005 yılında 2,712 milyar TEP olan kömür tüketimi, 2030 yılında 4,92 milyar TEP olacaktır. Kömüre olan bu talebin artışında en büyük oran gelişmekte olan ülkeler tarafından karşılanıp, % 86'lık payı Asya tarafından olacaktır [3].

Kömürün bol oluşu, coğrafyaya olan geniş dağılımı ve yüksek oranda kullanılabilir olmasından ötürü talebin giderek artması tahmin edilebilir bir durumdur. Diğer enerji kaynaklarından petrol ve doğalgazda özellikle son yıllarda oluşan arz sorunları ve dalgalanmalar nedeniyle, stratejik durumundan dolayı ülkeler, güvenli ve sabit enerji kaynaklarına daha sıcak bakmaktadırlar. Stratejik bakımdan en güvenilir kaynak kömürdür ve bunda en büyük etken kömür fiyatlarının diğerlerine göre Şekil 2.7' de görülebileceği gibi göreceli olarak daha az dalgalı olmasıdır [3].



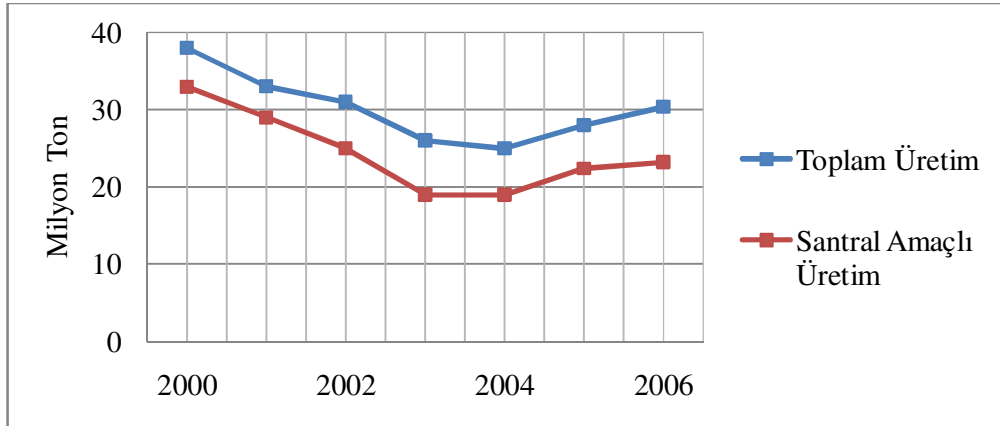
Şekil 2.7 : Enerjinin yıllara göre fiyat değişimleri

2005 yılı verilerine göre dünya kömür tüketiminde en büyük payı Asya kıtası oluşturmaktadır. Bunun en önemli nedeni Çin ve Hindistan'ın kömür tüketimlerinin önemli oranda yüksek olmasıdır. Bununla birlikte dünyada Çin 2 milyar ton tüketimle ilk sırada ve Amerika yaklaşık 1 milyar ton tüketimle ikinci sırada yer almaktadır. Şekil 2.8' de kıtalara göre kömür tüketim değerleri verilmiştir [3].



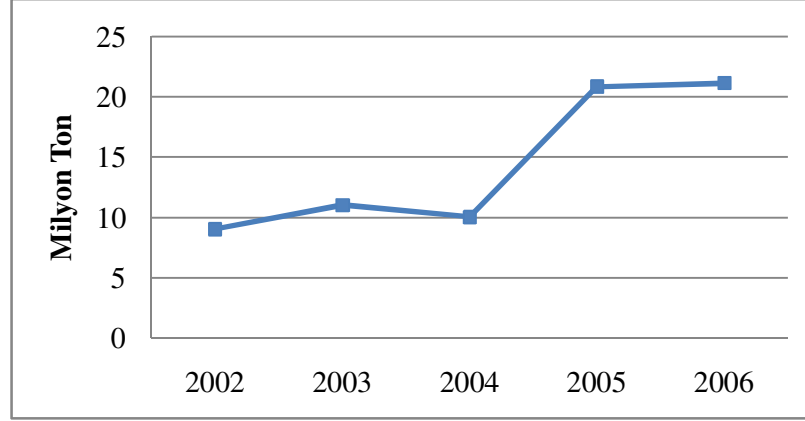
Şekil 2.8 : Kıtalarla göre 2005 yılı kömür tüketim değerleri

Türkiye kömür rezervleri ve tüketimi konusunda yüksek değerlere sahiptir. Mevcut verilere göre; linyit rezervi 8.3 milyar ton ve taşkömürü rezervi 1.126 milyar ton olmak üzere yaklaşık 9.426 milyar tondur [8]. Şekil 2.9’ da görüldüğü üzere, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) satılabilir linyit kömürü üretimi, 2006 yılında 30,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Bu rakam, 2004 yılına göre % 21,6 oranında bir artışı ifade etmekle birlikte, 2000 yılıyla karşılaştırıldığında % 22,5 düzeyinde bir azalışı işaret etmektedir. Aynı durum TKİ’nin termik santral amaçlı satışlarına da yansımış durumdadır. 2000 yılından % 73,68 düşüşle 2004 yılında 19 milyon ton olan santral satışları, ancak % 22,1’lik bir artış ile 2006 yılında 23,2 milyon ton olabilmıştır [9].



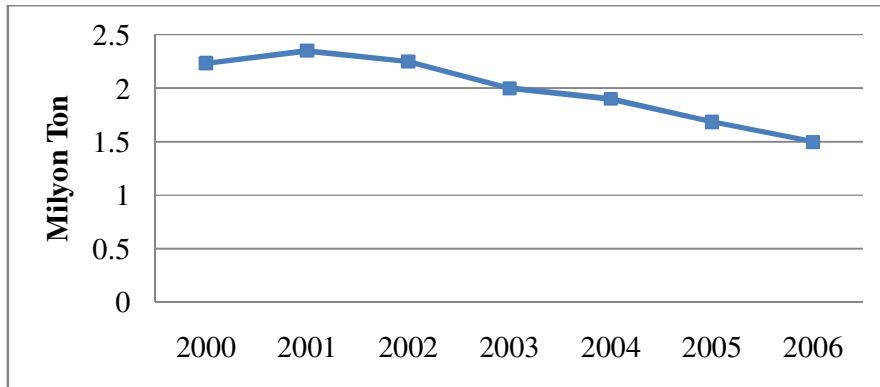
Şekil 2.9 : Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) Kömür Üretimi

Şekil 2.10' da görüldüğü üzere, Elektrik Üretim A.Ş (EÜAŞ)'nin termik santral amaçlı linyit üretimleri ise, 2002-2004 yıllarında hemen hemen aynı düzeyde seyrederek 2005 yılında 21,1 milyon tona yükselmiştir. Bununla beraber, 2002 yılı ile karşılaştırıldığında, EÜAŞ kömür üretimleri yaklaşık 2 kat artmıştır. Çayırhan'da yapılan linyit üretimi de dahil edildiğinde, 2006 yılında termik santral amaçlı linyit üretimi toplam 49,4 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Söz konusu miktar, 2005 yılına göre %2 ve 2002 yılına göre ise %25 oranında bir artışı ifade etmektedir [9].



Şekil 2.10 : EÜAŞ santral amaçlı linyit üretimleri

Şekil 2.11' de ise Türkiye Taşkömürü Kurumu'nun (TTK) 2006 yılı satılabilir üretimi %12,3 oranında düşerek 1,5 milyon ton olarak gerçekleştiği görülmektedir. Bu rakam, 2000 yılına göre %33 oranında bir azalışı ifade etmektedir. TTK'nın kömür üretimi hızla sıfır noktasına doğru ilerlemektedir. Zonguldak Havzası'ndan yapılan termik santral amaçlı kömür üretimi ise, 2006 yılında 1,6 milyon ton olmuştur. Bu miktarın 935 bin tonu TTK'nın, kalan kısmı ise rodövanlı sahaların üretimidir [9].



Şekil 2.11 : TTK Kömür üretimleri

2.2 Ham Petrol

Dünya üzerinde genel tüketime bakıldığında, ham petrol en önemli birinci kaynak durumunu korumaktadır. Ham petrol 2006 sonu itibariyle %36.4 değeri ile dünya enerji tüketimi içerisinde ilk sırada yer almaktadır. IEA tarafından yapılan araştırmalarda petrolün bu konumu ve önemini birkaç yüzyıl daha sürdüreceği görülmektedir [10].

2006 yılı sonunda Dünya ham petrol rezervleri 387 milyar ton olarak belirlenmiştir. Bu rezerv dünyada birçok bölge arasında dağılsa da, orta doğu bölgesi 160 milyar ton ile ilk sıradadır. Daha sonra Rusya (59 milyar ton), Kuzey Amerika (58 milyar ton), Afrika (37 milyar ton), Güney Amerika (35 milyar ton), Asya (24 milyar ton) ve en son Avrupa gelmektedir. Kuzey Amerika'nın rezervlerinin %65'i keşfedilmiş olup, Ortadoğu'da bu değer %24 ile sınırlıdır. 2005 yılında yapılan araştırmalarda üretilen ham petrolün 2/3'ü başka bölgelere ya da ülkelere tanker veya boru hatları ile taşınmıştır [11].

2005 yılı sonu itibariyle Türkiye'de bugüne kadar bulunmuş tüm petrol rezervuarları için, toplam yerinde petrol miktarı 6.87 milyar varil (yaklaşık 1 milyar ton) olarak tahmin edilmektedir. Yerinde petrol miktarlarının yaklaşık %16.5'ine karşılık gelen 0.168 milyar ton petrol ise üretilebilir ham petrol olarak tanımlanmaktadır. Bunun 0.127 milyar tonu bugüne kadar üretilen toplam petrol miktarıdır. Dolayısıyla, 2005 yılı sonu itibariyle kalan üretilebilir ham petrol rezervimiz 0,041 milyar tondur. Bu verilerden anlaşılacağı gibi, Türkiye'nin dünya üretilebilir doğal ham petrol rezervlerindeki payı %0.1'den azdır [4].

Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (PIGM) verilerine göre Türkiye'de 2005 yılı için üretim sonrası kalan üretilebilir petrol rezervinin o yıl içinde verilen petrol üretimine bölünmesiyle elde edilen 'rezerv/üretim' oranı petrol sahalarımız için 17 yıl olarak hesaplanmaktadır. Türkiye son dört yılda yerli kaynaklardan yıllık ortalama 2.41 milyon ton petrol üretirken, 34.2 milyon ton petrol tüketmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi, petrol tüketimimizin ancak yüzde 7.1'inin yerel kaynaklarımızdan karşılandığı ve dolayısıyla Türkiye'nin petrolde dışa bağımlı olduğu açıkça anlaşılmaktadır [4,7].

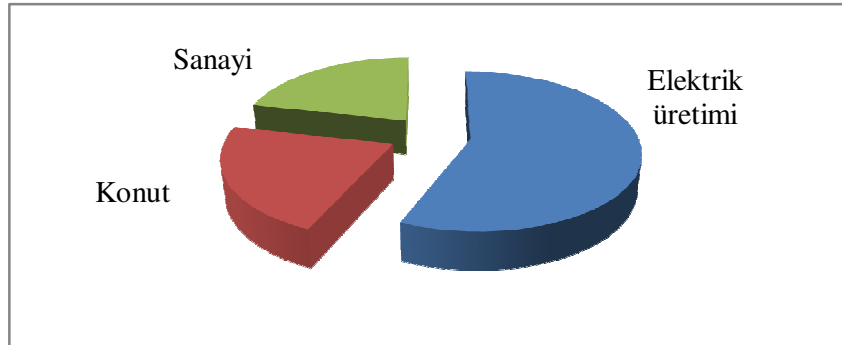
2.3 Doğalgaz

Türkiye doğal gaz durumuna bakılırsa, kalan üretilebilir doğal gaz rezervlerimiz 2005 yılı itibariyle yaklaşık 7 milyar m³'tür. Türkiye'nin dünya toplam rezervleri içerisinde oranı petrol gibi çok düşüktür [7]. 2005 yılı için üretim sonrası kalan üretilebilir doğal gaz rezervinin o yıl için verilen doğal gaz üretimine bölünmesiyle elde edilen 'rezerv/üretim' oranı, doğal gaz sahalarımız için 7.8 yıl olarak hesaplanmaktadır. Son dört yılda kaynaklarımızdan yıllık ortalama 636 milyon m³ doğal gaz üretimi ve buna karşılık yıllık ortalama 22 milyar m³ doğalgaz tüketimi gerçekleştirmiştir. Bu rakamlardan doğal gaz tüketimimizin ancak %3'nün yerel kaynaklarımızdan karşılandığı ve dolayısıyla Türkiye'nin doğalgazda da dışa bağımlı olduğu anlaşılmaktadır [4].

Türkiye'nin yıllara göre doğalgaz tüketiminin, elektrik üretiminde, gübrede, konutlarda ve sanayide kullanım miktarları milyon m³ biriminden Çizelge 2.1' de verilmiştir. Her yıl artış gösteren doğalgaz tüketimi, 2008 yılında, 2001 yılına göre %124,7 artmıştır [12].

Çizelge 2.1 : Türkiye'de doğalgaz tüketim miktarları

	Elektrik	Gübre	Konut	Sanayi	Toplam
2001	10.994	121	2.849	2.063	16.027
2002	11.631	496	2.973	2.277	17.378
2003	13.513	469	3.944	3.012	20.938
2004	13.226	528	4.463	3.892	22.108
2005	15.435	594	5.843	4.993	26.865
2006	16.642	157	7.259	6.435	30.493
2007	19.658	-	7.836	7.569	35.063
2008	20.013	27	8.033	7.951	36.024



Şekil 2.12 : 2007 yılı doğalgaz tüketim oranları

Şekil 2.12 'te görüldüğü gibi, 2007 yılında doğalgaz tüketiminin yaklaşık %56 sı elektrik üretiminde kullanılırken, % 22,35'i konutlarda, % 21,6'sı sanayide kullanılmıştır [12].

Çizelge 2.2' de ise 2007 yılı aylık doğalgaz tüketiminin, kullanım alanlarına göre milyon m³ biriminden miktarları görülmektedir [12]. Konutlarda, mevsimsel şartlardan ötürü, yaz aylarında tüketim azalırken, kış aylarında ise büyük oranda artmaktadır. Sanayide ise üretim arttıkça, tüketilen doğalgaz miktarı ve buna bağlı olarak elektrik üretiminde kullanılan doğalgaz miktarları da artmaktadır.

Çizelge 2.2 : 2007 yılı aylık doğalgaz tüketiminin, kullanım alanlarına göre tüketimi

	ELEKTRİK	KONUT	SANAYİ	TOPLAM
OCAK	1.465	1.231	599	3.295
ŞUBAT	1.489	1.103	587	3.179
MART	1.664	1.015	645	3.325
NİSAN	1.561	681	640	2.881
MAYIS	1.602	262	623	2.487
HAZİRAN	1.602	196	583	2.381
TEMMUZ	1.712	176	592	2.48
AĞUSTOS	1.755	171	622	2.548
EYLÜL	1.673	190	626	2.489
EKİM	1.641	354	648	2.643
KASIM	1.741	998	714	3.453
ARALIK	1.741	1.461	693	3.895

2.4 Hidroelektrik

Yenilenebilir enerjinin oranı, 2005 yılında dünyada toplam enerji üretiminin içinde 1/5 seviyelerindedir. Bu enerjinin içinde ise hidrolik enerjisi %87 üretim oranı ile en fazla kullanılan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Sadece 2005 yılında dünyada 18 GW yeni hidroelektrik kapasite kullanıma girmiştir. Uluslararası Hidroelektrik Kurumu (IHA) verilerine göre, dünyadaki hidroelektrik potansiyelinin sadece 1/3'ü geliştirilmiştir. Dünya genelinde 160 ülke hidroelektrik potansiyelinden faydalanmaktadır, bunların içinde beş tane ülke üretiminin yarısından çoğunu bu kaynaktan sağlamaktadırlar. Bu ülkeler Brezilya, Kanada, Çin, Rusya ve Amerika olarak sıralanmaktadırlar [3].

Ülkelerin genel enerji gereksinimlerinin karşılanmasında alternatif üretim kaynaklarının ve bunların temin edildiği kaynakların çeşitlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Ülkemiz, yenilenebilir elektrik enerjisi kaynakları içerisinde en

önemlisi olan hidroelektrik potansiyel bakımından oldukça zengindir. Farklı kesimler tarafından sık sık hidroelektrik potansiyel (HEP) yüzde 35 olarak belirtilmektedir ancak hangi HEP den bahsedildiği açıklanmamaktadır, zira hidroelektrik potansiyeli; Brüt (BHEP), Teknik (THEP), Ekonomik (EHEP) ve Değerlendirilmiş (DHEP) olarak incelemek gerekir [4].

- Brüt Hidroelektrik Potansiyel (BHEP): Havza gelişme planlarına göre belirlenen potansiyeldir. Brüt HE potansiyeli sabit olarak kabul edilebilir. Değişik kaynaklardan HE potansiyeli yaklaşık 433 TWh/yıl olarak belirlenmektedir.
- Teknik Hidroelektrik Potansiyel (THEP): Gelişen teknolojik olanaklarla zaman içinde bir miktar değişse de, büyük değişimler beklenmemelidir. Türkiye'nin THEP'nin 215 TWh/yıl olduğu kabul edilmişse de, yapılan son çalışmalarda 237 TWh/yıl olarak alınabilmektedir.
- Ekonomik Hidroelektrik Potansiyel (EHEP): Teknik HE potansiyelinin alternatif enerji kaynakları ile karşılaştırılması sonucunda belirlenen düzeydir. Günümüzde karşılaştırma kriteri olarak doğal gaz ve ithal kömürden üretilen elektrik kullanılmaktadır. Termik ve nükleer santrallerinin ataletleri çok yüksektir, devreye giriş-çıkış zamanları uzundur ve bu nedenle "baz grup" olarak nitelendirilirler. Buna rağmen HES'ler (hidroelektrik santraller) ataletleri düşük santrallerdir. Devreye giriş ve çıkış zamanları kısadır, "Puant Grup" olarak adlandırılırlar.
- Değerlendirilmiş Hidroelektrik Potansiyel (DHEP): 2005 yılı sonu itibariyle ülkemizin değerlendirmiş olduğu HEP 42 TWh/yıl düzeyindedir. ETKB şu anki EHEP'imizin 131 TWh/yıl olduğunu kabul etmektedir. Ayrıca özel sektörün kamu kuruluşlarından bağımsız olarak geliştirmiş olduğu kaynaklar ile EHEP'imizin 141 TWh/yıl'a çıkmış bulunmaktadır. Küçük HES'lerin de değerlendirmeye alınması halinde EHEP'imizin 190 TWh/yıl'a çıkabileceği belirtilmektedir. Buna göre günümüzdeki EHEP'imizin sadece $41.9/141 = \%29.7$ veya $41.9/190 = \%22.1$ oranını değerlendirmiş bulunmaktayız. Buradan da anlaşıldığı gibi gelişmiş ülkeler EHEP'lerini sonuna kadar kullanmaktadırlar ve teknik potansiyellerini zorlayarak, kurulu güçlerini gerekli revizyonlarla $\%60$ oranında arttırmışlardır. Çizelge 2.3' te görüldüğü

gibi BHEP değeri 90 TWh/yıl'dan büyük olan Avrupa ülkelerinin EHEP'leri ve değerlendirilme oranları incelendiğinde, Türkiye'nin mevcut potansiyelinin diğer ülkelerden çok geride olduğu dikkat çekmektedir. Bu şekilde değerlendirilmiş değerler, D83 (83 yılı değerleriyle), D00 (2000 yılı verileriyle) yüzdesel olarak ifade edilmiştir [4]

Çizelge 2.3 : Değişik ülkelerdeki HEP potansiyelleri

Ülke	EHEP TWh/yıl	D83 (TWh)	D83/E HEP (%)	D00 (TWh)	D00/E HEP (%)	D05 (TWh)	D05/E HEP (%)
Türkiye	126,1	11,3	9	30,9	24,5	41,9	29,7
Norveç	104,5	106	101,4	142	135,9		
Fransa	64,5	70	108,5	72	111,6		
İtalya	64,1	44	68,6				
İsveç	60	43,5	72,5	79	131,7		
Yugoslavya	47,5	22,2	46,7				
İspanya	47,1	31	65,8				
Avusturya	32,9	31	94,2				
İsviçre	32	36	112,5				
Almanya	15,5	19	122,6				

3. TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ DURUMU

Türkiye, gelişmekte olan bir ülke olarak yüksek enerji tüketim değerlerine sahiptir. Ülkemize ait elektrik talep değerleri, gelecekteki talep projeksiyonu ve sanayideki elektrik tüketim değerlerinin incelenmesiyle elektrik enerjisinin ülkemiz için verimliliğinin ve tasarruf sebeplerinin önemleri daha iyi anlaşılacaktır.

3.1 Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü ve Üretimi

Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücü 2005 yılında % 5,5 artış ile 38843,5 MW, 2006 yılında % 4,4 artış ile 40564,8 MW, 2007 yılında ise % 0,7 artış ile 40835,7 MW olarak Çizelge 3.1' de görülmektedir. Türkiye net üretimi ise Çizelge 3.1' de görüldüğü gibi, 2005 yılında yaklaşık 162 TWh, 2006 yılında 176,3 TWh, 2007 yılında ise 191,6 TWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de 2005 yılında tüketilen elektrik enerjisi miktarı 129,5 TWh iken, 2006 yılında % 9 artış ile 141,2 TWh, 2007 yılında %9,9 artış ile 155,2 TWh olarak gerçekleşmiştir [13].

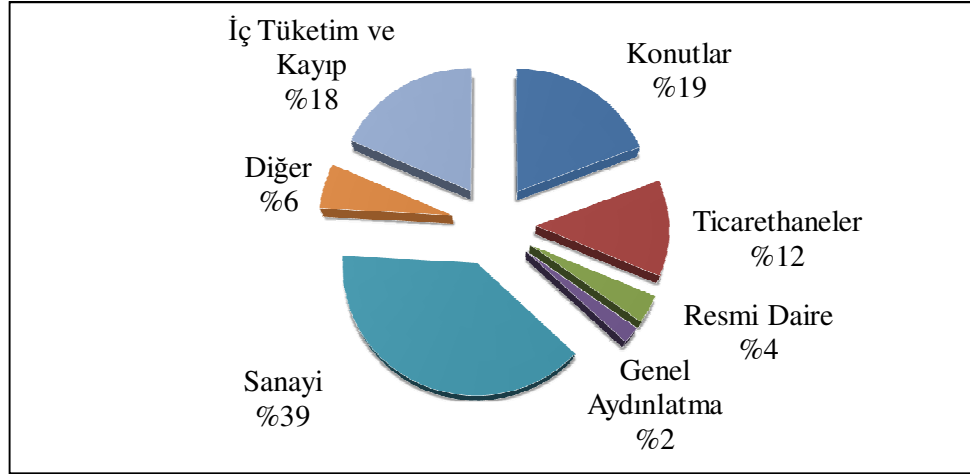
Çizelge 3.1 : Türkiye kurulu güç, üretim ve tüketiminin yıllar itibariyle gelişimi

YILLAR	KURULU GÜÇ (MW)		ÜRETİM (GWh)		TÜKETİM (GWh)	
	TOPLAM	ARTIŞ (%)	TOPLAM	ARTIŞ (%)	TOPLAM	ARTIŞ (%)
2000	27.264,1	4,4	124.921,6	7,3	98.295,7	7,8
2001	28.332,4	3,9	122.724,7	-1,8	97.070,0	-1,2
2002	31.845,8	12,4	129.399,5	5,4	102.947,8	6,1
2003	35.587,0	11,7	140.580,5	8,6	111.766,0	8,6
2004	36.824,0	3,5	150.698,3	7,2	121.141,9	8,4
2005	38.843,5	5,5	161.956,2	7,5	129.523,4	6,9
2006	40.564,8	4,4	176.299,8	8,9	141.165,3	9,0
2007	40.835,7	0,7	191.558,1	8,7	155.134,9	9,9

3.2 Sanayide Elektrik Tüketimi

Elektrik enerjisi birçok farklı kullanım alanlarında, değişik oranlarda kullanılmaktadır. Şekil 3.1' de 2007 yılı oranların bakılırsa, toplam elektrik

tüketiminin %38.8'i sanayide, %19.2'si konutlarda, %12.2'si ticarethanelerde kullanılmıştır [14].



Şekil 3.1 : Elektrik Enerjisi Tüketiminin Kullanıcı Gruplarına Göre Dağılımı

3.3 Elektrik Birim Maliyetleri

2006 yılı içinde konutlarda elektrik birim maliyeti 0.15834 YTL/kWh iken, sanayide 0.12579 YTL/kWh olmuştur. 2006 yılı içinde elektriğe yapılan ortalama fiyat artışı %0'dır. 2007 yılı içinde konutlarda elektrik maliyeti 2006 yılı ile aynı olmuş sanayide ise elektrik 0.120998 YTL/kWh olmuştur. 2008 yılı fonsuz elektrik birim fiyatları ve zam oranları zaman dilimlerine göre Çizelge 3.2' de, 2009 yılı ocak ayı fonsuz elektrik birim fiyatları ise Çizelge 3.3' te verilmiştir [15].

Çizelge 3.2 : 2008 Yılı Sanayi Elektrik Birim Fiyatları ve Zam Oranları

Zaman Dilimi - 31.12.2007	01.01.2008 - 30.06.2008	01.07.2008 - 30.09.2008	01.10.2008 -
06:00 - 17:00	0,093280 TL/kWh	0,102609 TL/kWh	0,129006 TL/kWh	0,142803 TL/kWh
17:00 - 22:00	0,160820 TL/kWh	0,176902 TL/kWh	0,222411 TL/kWh	0,246197 TL/kWh
22:00 - 06:00	0,044710 TL/kWh	0,049182 TL/kWh	0,061834 TL/kWh	0,068447 TL/kWh
ZAM ORANI		10,00%	25,73%	10,69%
2008 YILI TOPLAM ZAM ORANI		53%		

Çizelge 3.3 : 2009 Yılı Ocak ayı Sanayi Elektrik Birim Fiyatları

Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece
kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh
14,146	14,056	24,233	6,737

Harcanan kWh karşılığı elektrik faturası bedeline;

- %1 Enerji fonu
- %2 TRT payı
- %1 Elektrik Tüketim Vergisi eklenmektedir.

4. OTOMOTİV SANAYİ

Otomotiv sanayi, tüm sanayileşmiş ülkelerde ekonominin sürükleyici sektörlerinden biridir. Bunun nedeni, ekonominin diğer sektörleri ile olan çok yakın ilişkisidir. Otomotiv sanayi, demirçelik ve diğer hafif metaller, petro-kimya, cam ve lastik gibi temel sanayi dallarında başlıca alıcı ve bu sektörlerdeki teknolojik gelişmenin de sürükleyicisidir. Turizm, altyapı ve inşaat ile ulaştırma ve tarım sektörlerinin gerek duyduğu her çeşit motorlu araç sektör ürünleri ile sağlanmaktadır. Bu nedenle sektördeki değişimler, ekonominin tümünü yakından etkilemektedir. Otomotiv sektörü kendisi dışında, ham madde ve yan sanayi ile otomotiv ürünlerinin tüketiciye ulaşmasını sağlayan ve bunu destekleyen pazarlama, bayi, servis, akaryakıt, finans ve sigorta sektörlerinde de geniş iş hacmi ve istihdam yaratmaktadır. Sektör, savunma sanayinin gelişmesinde ve teknolojik düzeyin yükselmesinde temel oluşturmaktadır. Bu özellikleri nedeni ile otomotiv sanayi, stratejik bir sanayi olarak bütün ülkelerin yakın ilgisini çekmekte ve sektör için özel bir planlama yapılmaktadır. Özellikle hızla küreselleşmekte olan bu sektörde rekabet büyük yoğunluk kazanmakta ve sanayileşmiş ülkeler ile Avrupa Birliği (AB), Kuzey Amerika Serbest Ticaret Bölgesi (NAFTA) gibi ekonomik birliklerde sektörün korunması ve rekabet gücünün geliştirilmesi için özel politikalar uygulanmaktadır [16].

Otomotiv sanayi, 1900'lü yılların başında kurulmuş, başlangıçta sipariş üzerine ustalar tarafından sürdürülen ve tümü ile kişisel bilgi ve beceriye dayanan üretim yapısı, H. Ford'un Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'de geliştirdiği "Kütleli Üretim" yöntemi ile kısa bir sürede büyük bir sanayi haline dönüşmüştür. Geniş bir pazar olan ABD'de üretim, kısa sürede çok yüksek adetlere ulaşmıştır. 1940'lı yıllarda Avrupa'da gelişen üretim, II. Dünya savaşının başlaması ile gelişmesine ara vermiştir. Avrupa'da savaşı izleyen yıllarda "Ürün Farklılaşmasına Dayalı Üretim" yöntemi ile pazar isteklerini öne alan bir sistem geliştirilmiş, özellikle Almanya başta olmak üzere İngiltere, Fransa ve İtalya'da sanayi yeniden yapılanmaya başlamıştır. Bunun yanında 1960'lı yıllardan itibaren ABD firmaları Avrupa'da doğrudan veya yerel firmalarla işbirliği halinde kurdukları tesislerle, yalnız Avrupa pazarına uygun

ürünlerin üretimine başlamıştır. Savaş sonrasında hızla genişleyen Avrupa ekonomisi ve kişi başına gelirdeki artış yanında ulaştırma alt yapısındaki gelişmeler, Batı Avrupa otomotiv sanayinin hızla büyümesine neden olmuştur. 2001 yılında otomobil üretiminin bölgelere göre dağılımında, AB ülkelerinin oluşturduğu Batı Avrupa 15 milyon adet üretim ile %37 pay almaktadır. ABD, Kanada ve Meksika'dan oluşan Kuzey Amerika'daki üretim 7.3 milyon adet (% 20), Japonya'da 8.1 milyon adet (% 20) ve G. Kore'de ise 2.4 milyon (% 6) olmuştur. Diğer ülkelerin dünya üretimindeki payı ise % 18'dir [16].

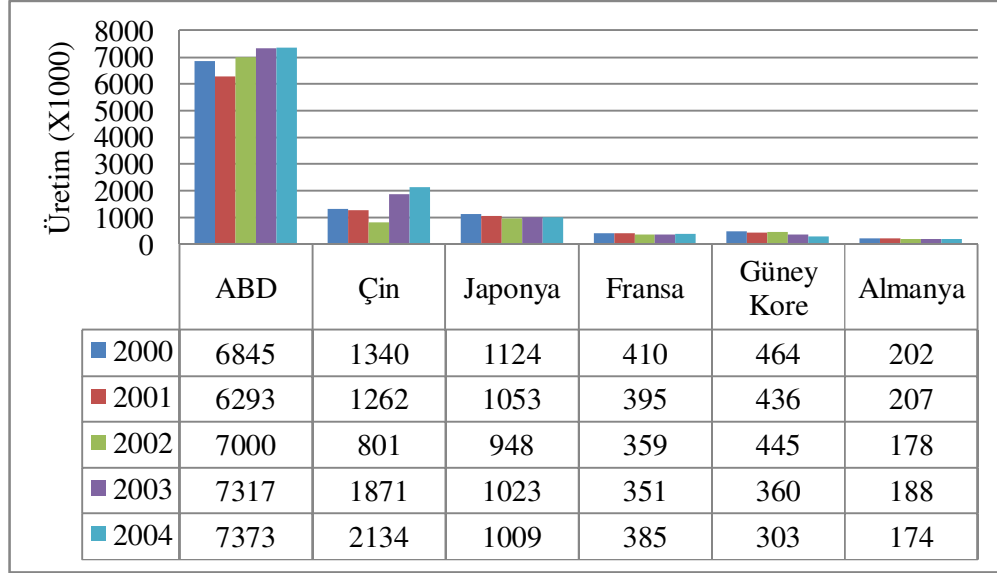
Bugün otomotiv üretimi, bu sanayiye sahip olan ülkelere diğer ülkelere yayılmaktadır. Bu yayılımda temel hedef, daha rekabetçi koşullarda ve pazara yakın üretim yaparak daha yüksek pazar payına ulaşmaktadır. Otomotiv sanayinin giderek daha fazla küreselleşmesi ve ayrıca birkaç firmada yoğunlaşması, aynı zamanda bu sektördeki teknik mevzuatın da ülke ve bölge sınırlarını aşarak küreselleşmesine neden olmaktadır. Dünyada 5 ülkeye ait 10 dolayında firmanın, sanayi ve ticaretin % 80'ine yaklaşık hâkim olması, bu sanayide küreselleşme ve yoğunlaşmanın boyutlarını göstermektedir. Bu sanayi dalında sermaye, teknoloji ve ürünün milliyeti kalkmış ve küreselleşmiştir. Ülkeler ötesi şirketlerin küresel üretim planlamaları ise, ülkelerin koşullarına göre en avantajlı ülkelerde üretim yapacak şekilde düzenlenmektedir. Otomotiv sanayinde bulunan kapasite fazlasının mali yükü, pazardaki büyümenin sınırlı kalması, müşterilerin daha düşük fiyatla daha yüksek kalite/performans/konfor isteklerinden doğan yoğun rekabet, Ar-Ge harcamalarının artışı sonucunda azalan kar oranları gibi nedenlerle firmalar birleşmektedir. Bunun sonucu firma sayısı giderek azalmaktadır. Daha önceki yıllarda 60 dolayında bulunan üretici firma sayısı, özellikle son 10 yıl içinde birleşme veya satın alma yolu ile 20 dolayına inmiştir [16,17].

4.1 Türkiye'de Sektörün Genel Durumu

Türkiye'deki otomotiv sanayi, kurulduğu 1960'lı yıllardan beri AB otomotiv sanayi ile yakın bir entegrasyon içindedir. 1970'li yıllarda lisans alarak "Teknik İşbirliği" ile üretim başlatılmıştır. Bu işbirliği 1980'li yılların ortasında giderek artan yabancı sermaye katılımı ile "Ekonomik İşbirliği" ne dönüşmüştür. 1990 yılına kadar geçen 25 yıllık süre içinde, ülkemizde imal edilen her türlü motorlu araç, Türkiye'deki otomotiv yan sanayinin gelişmesini de sağlamıştır. 25 yıllık dönemde üretilen

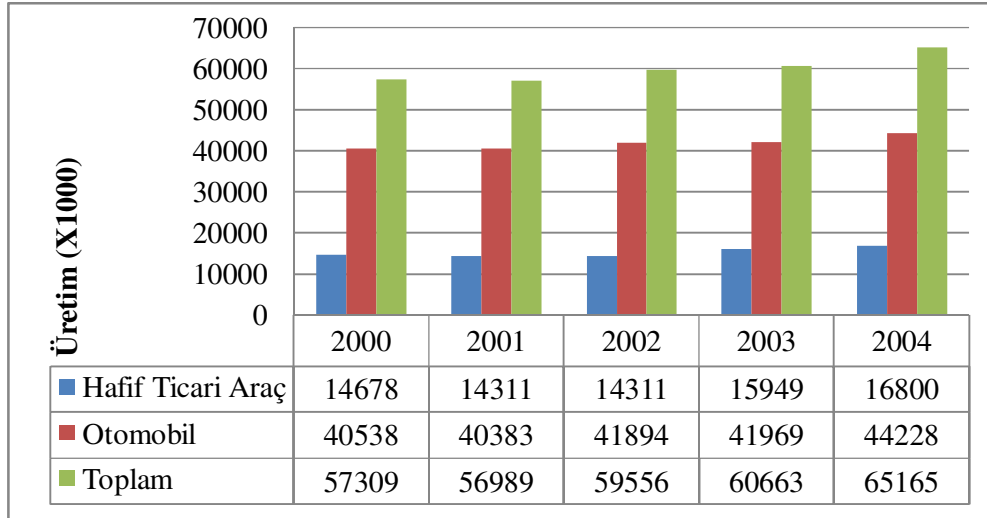
milyonlarca araçta yerli katkı oranı % 90'ları aşmış, bazı parçalar, otomotiv yan sanayinde günün teknolojisine uygun olarak yapılan yatırımların da katkısıyla üretilmiştir. 1990 yılına gelindiğinde, otomotiv sektörünü, döviz kazandıran sektör konumuna getirecek tedbirler alınmıştır. Yeni ve güncel model araç üretimine dönük yatırımlar teşvik edilmiştir. Otomotiv sanayi teşvikte tercih edilen sektörler kapsamına alınmış, teknoloji ithali ve yabancı sermaye ortaklıkları kolaylaştırılmış ve desteklenmiştir. Özellikle otomobilde talebin her yıl % 25'ler düzeyinde ve istikrarlı olarak artışı ile ana ve yan sanayide çok yoğun yatırımlar yapılmıştır. Kapasite artışı yanında özellikle rekabet için teknoloji yenileme ve yeni model yatırımları ile araştırma-geliştirme (Ar-Ge) çalışmaları bu dönemde büyük hız kazanmıştır. Öte yandan 1990'lı yıllarda ana ve yan sanayideki üretici firmalarla, pazarlama kuruluşlarında yeniden yapılanma çalışmaları tamamlanmıştır. Çağdaş üretim teknikleri yoğun eğitim programları ile uygulamaya geçirilmiş ve özellikle kalite yönetim sistemleri kurularak, firmalar bu açıdan uluslararası kuruluşlar tarafından belgelendirilmiştir. Sürekli artan otomotiv üretimi ve ihracatı, alınan kararların ve gerçekleştirilen yatırımların doğruluğunu kanıtlamıştır. Böyle bir ortamda, güncel araçlar üretilmeye başlanmış, yan sanayi, yılda 1 milyon araçlık kapasiteyi geçecek yatırımları gerçekleştirerek ülkemizde büyük bir teknoloji ve teknik istihdam potansiyeli yaratmıştır [18].

Otomotiv sanayi, Avrupa'nın en önemli sanayilerinden birisi olup, katma değer olarak Avrupa imalat sanayinin % 7'sini, işgücü olarak ise % 6'sını oluşturmaktadır. Avrupa Birliği içindeki 15 ülke, Japonya ve Amerika'nın otomotiv sanayileri, ülkedeki toplam Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH)'nın % 2'sini, toplam işgücünün ise % 1,5'ini oluşturmaktadır. 2002 yılında Avrupa Birliği 15 ülkesinin yarattığı katma değer 114,2 milyar Euro iken, Amerika'nın 113,7 milyar Euro ve Japonya'nın ise 73,8 milyar Euro idi. Avrupa Birliği 25 ülkede, otomotiv sektöründe 2,13 milyon kişi istihdam edilmektedir. Avrupa'nın en büyük üreticisi olan Almanya toplam üretimin % 45'ni, Fransa % 17'sini, İngiltere ise % 11'ini gerçekleştiriyor. Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Slovakya ve Polonya'nın dahil olduğu yeni üyeler Avrupa'nın otomotiv üretiminde küçük bir pay alırken, ulusal otomotiv üretimlerinin, kendi toplam üretimleri içindeki payı % 11 düzeyinde bulunmaktadır [16,17].



Şekil 4.1 : Ülkelere göre hafif ticari araç üretimi

Şekil 4.1’ de görüldüğü üzere 2004 yılı Dünya hafif ticari araç üretiminde 7,373 milyon adet ile ABD ilk sırada yer alırken, Çin’in 2,134 milyon adet ile Japonya’nın önünde ikinci sırada olduğu, Fransa’nın 385.000 adet ile dördüncü, Güney Kore’nin 303.000 adet üretimle beşinci, Almanya’nın ise 174.000 adet ile beşinci olduğu görülmektedir. 2004 yılında Çin’in hafif ticari araç üretimi 2000 yılına göre % 59,2, ABD’nin artış oranı % 7,71 artarken, Japonya’nın üretimi % 10,23, Fransa’nın % 6, G.Kore’nin üretimi % 34,7, Almanya’nın üretimi ise % 13,8 azalmıştır.



Şekil 4.2 : Dünya motorlu taşıt aracı üretimi

Şekil 4.2' de görüldüğü üzere 2000 yılında 14,678 milyon adet olan hafif ticari araç üretimi, 2004 yılında % 14,4 artışla 16,8 milyon adede yükselmiştir. 2000 yılında 57,309 milyon adet olan dünya motorlu araç üretimi, 2004 yılında % 13,7 oranında artarak 65,165 milyon adet düzeyine ulaşmıştır. 2004 yılı hafif ticari araç üretimi 16,8 milyon adet iken, otomobil üretimi 44.2 milyon adet olmuştur. 2004 yılı toplam motorlu araç ihracatı 28 milyon adet düzeyindedir. Dünya otomobil üretiminde ilk 10 sırada bulunan ülkeler, üretimin % 72'sini oluşturmaktadır. Otomobil üretiminde ilk 10 sırada bulunan otomobil üreticisi firmaların 3'ü ABD ve Japonya, 2'si Fransa, 1'i Almanya ve Güney Kore menşelidir. 2004 yılında Dünya motorlu araç üretiminin 24 milyon adeti Asya-Okyanusya'da, 20,8 milyon adeti Avrupa'da, 21,3 milyon adeti Amerika'da, 422 bin adeti ise Afrika'da gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi, Türkiye'de toplam araç üretim miktarlarına bakıldığında 2003 yılında 563.450 adet iken 4 yıl içinde % 101 artarak 2007 yılında 1.132.932 seviyesine ulaşmıştır. 2003 yılı toplam hafif ticari araç sayısı 209.231 adettir ve toplam araç üretim miktarının % 37,1'idir. 2007 yılında ise hafif ticari araç sayısı 413.736 ve toplam araç üretiminin % 36,5'i kadardır. Otomobil üretimi ise 5 yıl içinde % 115 oranında artış göstermiştir [19].

Çizelge 4.1 : Türkiye motorlu taşıt üretim adetleri

	2003	2004	2005	2006	2007
otomobil	294.116	447.152	453.663	545.682	634.883
kamyon	19.041	31.790	37.227	37.026	34.544
kamyonet	195.606	301.563	349.885	369.862	391.737
otobüs	4.490	4.839	5.406	6.019	6.946
minibüs	13.625	28.161	26.162	20.728	21.999
midibüs	6.794	9.903	7.109	8.263	9.305
traktör	29.778	40.665	36.527	38.841	33.518
TOPLAM	563.450	864.073	915.979	1.026.421	1.132.932

Çizelge 4.2' de Türkiye markalar bazında üretim miktarları yıllara göre verilmiştir. 2007 yılı üretim miktarına göre Ford Otosan % 25,52 ile birinci sırada yer alırken, ikinci sırada % 23,2 ile Oyak-Renault ve % 18,7 ile Tofaş üçüncü sırada bulunmaktadır [19].

Çizelge 4.2 : Türkiye markalar bazında üretim miktarları

	2003	2004	2005	2006	2007
A.I.O.S	3.970	6.011	6.762	7.445	7.842
ASKAM	1.769	1.878	2.439	1.309	79
BMC	9.920	12.819	12.500	11.679	10.369
FORD OTOSAN	114.515	206.760	243.423	258.126	286.356
HATTAT TARIM	984	2.038	1.620	1.434	1.254
HONDA	10.970	15.581	11.236	18.322	23.663
HYUNDAI ASSAN	35.730	57.740	60.020	60.895	90.190
KARSAN	8.032	16.885	13.146	12.524	9.720
M.A.N	1.934	1.986	2.030	2.501	2.069
MERCEDES BENZ	6.739	11.686	13.916	15.209	19.014
OTOKAR	2.514	3.245	2.590	2.775	2.534
OTOYOL	4.381	4.723	3.634	4.165	585
OYAK-RENAULT	132.257	197.353	179.669	228.593	263.656
TEMSA	2.564	6.316	8.161	8.915	9.328
TOFAŞ	127.268	146.048	161.360	178.434	212.493
TOYOTA	70.839	134.377	158.566	176.688	161.516
TÜMOSAN	386	184	0	0	0
TÜRK TRAKTÖR	17.309	20.972	17.870	17.257	18.350
UZEL	11.099	17.471	17.037	20.150	13.914
TOPLAM	563.180	864.073	915.979	1.026.421	1.132.932

Daha öncede belirtildiği gibi otomotiv sanayii taşıt aracı üretimi ile bu üretim için hammadde, aksam ve parça üreten alanlarda geniş iş olanakları yaratmaktadır. Ayrıca yenileme pazarında, yalnız parktaki araçlar için aksam parça üreten işletmeler bulunmaktadır. Ticari alanda ise yetkili bayi ve yetkili servisler ile yedek parça dağıtım sisteminde yer alan işletmeler de bu istihdama ek iş gücü talebi yaratmaktadır. Ticaret alanında serbest satıcılar/galeriler ve komisyoncular ile tamirhaneler de geniş bir istihdam alanıdır. Öte yandan sanayi faaliyetlerindeki gelişmeler, özellikle sanayi için güvenlik, yemek, lojistik, taşımacılık gibi hizmet veren kurumlar ve kredi kurumları ile sigorta ve kayıt tescil aracı kuruluşları hizmet alanlarında istihdam yaratmaktadır. Akaryakıt ve yağ üretim ve dağıtımı ile son yıllarda gelişen otomotiv medya kuruluşları, halkla ilişkiler ve reklam sektörlerinde otomotiv sanayinin gerektirdiği istihdam da dikkat çekicidir. Ancak burada sıralanan ticaret ve hizmet alanlarındaki istihdam yerli sanayi üretimi yanında, ithal edilen ürünler tarafından da geliştirilmektedir. Kamu kesiminde ise trafik güvenlik, sağlık, kayıt tescil ve noterlik hizmetleri ile yol bakım onarım hizmetleri dolaylı olarak istihdam yaratılan alanlardır. Bu kadar değişik sektörlerde otomotiv sanayinin yarattığı istihdam için diğer ülkelerdeki veriler de dikkate alınarak genellikle motorlu taşıt üretiminde çalışan 1 kişinin aksam ve parça üretiminde 5 ve ticaret ile hizmetler

sektöründe de 5 kişi için ek istihdam yarattığı kabul edilmektedir. Buna göre sanayinin istihdamı 2005 yılı için 500 bin dolayında kabul edilebilir [16].

Türkiye’de otomotiv sanayinde istihdam miktarları ise Çizelge 4.3’ te verilmiştir. 2003 yılında istihdam 33,161 iken, 4 yıl içinde %43 oranında artarak 2007 yılında 47,452 olmuştur [19].

Çizelge 4.3 : Türkiye otomotiv sanayi istihdam miktarı

	2003	2004	2005	2006	2007
A.I.O.S	525	735	735	737	746
ASKAM	385	447	424	408	104
BMC	2.047	2.592	2.706	3.262	3.281
FORD OTOSAN	5.950	7.671	7.737	8.254	9.515
HATTAT TARIM	16	28	117	160	164
HONDA	447	494	547	734	1.207
HYUNDAI ASSAN	1.552	1.905	1.815	1.991	2.143
KARSAN	835	956	724	727	846
M.A.N	2.498	2.532	2.580	2.778	2.063
MERCEDES BENZ	3.364	3.658	3.748	3.989	4.422
OTOKAR	823	869	989	949	1.224
OTOYOL	1.057	972	965	789	86
OYAK-RENAULT	3.810	4.339	4.974	5.470	6.209
TEMSA	843	1.207	1.496	1.612	1.994
TOFAŞ	4.100	4.430	4.379	5.258	7.778
TOYOTA	2.590	3.150	3.453	3.594	3.423
TÜRK TRAKTÖR	906	956	975	959	1.246
UZEL	1.413	1.543	1.091	1.126	1.001
TOPLAM	33.161	38.484	39.455	42.797	47.452

2004 yılında Türkiye toplam motorlu araç üretiminde AB (25 ülke) içinde yedinci sırada yer alırken, otobüs üretiminde birinci, hafif ticari araç üretiminde üçüncü, ağır kamyon üretiminde yedinci sırada, otomobil üretiminde ise sekizinci sırada bulunmaktadır [16].

4.2 Türkiye Otomotiv Sanayinde Enerji Verimliliği

Türkiye’de otomotiv sanayi, imalat sanayi içinde yer almaktadır. İmalat sanayinde bulunan alt sektörler ise;

- Gıda, içki ve tütün sanayi
- Dokuma, giyim eşyası ve deri sanayi
- Orman ürünleri ve mobilya sanayi
- Kağıt - kağıt ürünleri ve basım sanayi

- Kimya – petrol, kömür, kauçuk ve plastik ürünleri sanayi
- Taş ve toprağa dayalı sanayi
- Demir-çelik metal ana sanayi
- Demir-çelik dışı metal ana sanayi
- Metal eşya ve makine-teçhizat sanayi olarak adlandırılabilir.

Metal eşya ve makine-teçhizat sanayii, hem enerji tüketiminde hem de satıştan elde edilen gelirden yıllar itibariyle inişli çıkışlı bir seyir izlemiştir. Satıştan elde edilen gelirden, 2001 yılında krizin etkisiyle çok sert bir düşme yaşanmıştır. Fakat kriz sonrası yıllarda tekrar düzenli bir artış gözlenmektedir. 2003 yılında satıştan elde edilen gelir rakamı, 2000 yılı seviyesini aşmıştır. Bu da göstermektedir ki, metal eşya ve makine-teçhizat sanayii ekonomik krizden en fazla etkilenen sektörlerden biri olmuştur.

Makine-teçhizat sanayiinde 1995 ve 2000 yılı enerji yoğunluğunun değerleri hemen hemen aynıdır. 1999 ve 2001 yıllarında kısmi farklılaşmalar olsa da, sektörün enerji kullanımı açısından oldukça oturmuş bir sektör olduğu görülmektedir. Bir başka önemli nokta da, metal eşya ve makine-teçhizat sanayiinin en düşük enerji yoğunluğuna sahip sektör olmasıdır. Bu sanayi dalının ortalama enerji yoğunluğu değerleri bütün sektörlerden daha düşüktür. Bunun nedeni, bu sanayi dalında büyük oranda yüksek teknoloji kullanılması ve bu teknolojilerin enerji verimli teknolojiler olmasıdır. Çizelge 4.4’ te sanayi genel enerji yoğunluğu ile metal eşya ve makine-teçhizat sanayi enerji yoğunlukları görülmektedir [20].

Çizelge 4.4 : Metal eşya ve makine-teçhizat sanayi enerji yoğunluğu

Enerji Yoğunluğu (TEP/Bin\$)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Metal eşya ve makine-teçhizat sanayi	0,022	0,021	0,022	0,020	0,029	0,024	0,030
Sanayi genel toplam	0,197	0,219	0,197	0,206	0,215	0,212	0,212

Sektördeki enerji yoğunlukları alt dallar itibariyle az da olsa farklılıklar göstermektedir. Metal eşya ve makine-teçhizat sanayiinde beş ana alt sanayi dalı vardır ve bunlar aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- 1) Metal eşya sanayii (her türlü bıçak, el aletleri ve hırdavat malzemesi, metal mobilya ve donatım, metal yapı malzemeleri, vb.)

- 2) Makine sanayii (içten yanmalı motorlar ve türbinler, tarımsal makineler ve gereçler, makineleri işleyen makineler, özel endüstri makineleri, bilgi işlem makineleri, büro makineleri, hesap makineleri, vb.)
- 3) Elektrik makineleri ve aygıtları sanayii (radyo, televizyon, telefon, telsiz, buzdolabı, televizyon, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, saç kurutma cihazı, vb.)
- 4) Taşıt araçları sanayii (deniz taşıtları, demiryolu taşıtları, motorlu karayolu taşıtları, bisiklet ve motosiklet, uçak, vb.)
- 5) Mesleki ve ilmi aletler ile diğer türden araçlar sanayii (ölçme ve kontrol aletleri, saatler, optik aletler, fotoğrafçılık malzemeleri, vb.)

1999 yılı verileri esas alınarak yapılan karşılaştırmada, sektördeki en düşük enerji yoğunluğunun taşıt araçları sanayiinde ortaya çıktığı (0,019 TEP/Bin\$) görülmektedir. Bu sanayi alt dalını sırasıyla elektrik makineleri ve aygıtları sanayii (0,023 TEP/Bin\$), mesleki ve ilmi aletler ile diğer türden araçlar sanayii (0,028 TEP/Bin\$) ve makine sanayii (0,031 TEP/Bin\$) izlemektedir. Metal eşya sanayiinde ise enerji yoğunluğu diğer alt sanayi dallarına göre biraz daha yüksek (0,075 TEP/Bin\$) gerçekleşmiştir. Sektördeki diğer alt sanayi dallarına göre kısmi bir yüksekliği bulunsa bile, metal eşya sanayiinin enerji yoğunluğunun da Türkiye sanayi ortalamasının hayli altında olduğu görülmektedir. Metal eşya ve makine-teçhizat sanayiinin kaynaklara göre enerji tüketimi incelendiğinde, elektrik ve doğalgazın ağırlıklı paylara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Sektörün en önemli enerji kaynağı olan elektriğin toplam enerji tüketimi içindeki payı yıllar itibariyle %32-39 arasında değişmiş, 2001 yılında ise %38 olarak gerçekleşmiştir. Doğalgazın payı da yıllar itibariyle %20-29 arasında değişmiş, 2001 yılında ise %21 olarak gerçekleşmiştir. Bu iki kaynağın toplam payı %55-62 arasında seyretmiştir [20].

Sektörde kok, taşkömürü ve benzinin payları oldukça azdır. LPG'nin payı %9-11, motorinin payı ise %3-4 aralığında sabitlenmiş görünmektedir. Fuel-oil kullanımının payı 1995 yılında %23 iken 1996 yılında birden %9 seviyesine düşmüş, sonraki yıllarda da aşağı yukarı aynı seviyelerde seyretmiş, 2001 yılında ise %9 olarak gerçekleşmiştir. Linyitin enerji tüketimindeki payı giderek azalmış, 1995 yılındaki %5 seviyesinden 2001 yılında %1 seviyesine inmiştir. "Diğer" kaleminin payı 1996-2001 yılları arasında %8-12 arasında seyretmiş, sadece 1999 yılında bir sıçramayla

%17 seviyesine çıkmıştır. Bu kalemde yer alan ve en çok tüketilen kaynaklar ise kalorifer yakıtı ile buhar olmuştur [20].

5. OTOMOTİV SANAYİNDE ENERJİ YÖNETİMİ VE TESİSİN İNCELENMESİ

Bu bölümde enerjinin daha verimli kullanılması için çıkarılan yönetmeliğin incelenmesi ve inceleme yapılan tesiste enerji yönetiminin sağlanması amacıyla hangi adımların atıldığından söz edilmektedir.

5.1 Enerji Yönetiminin Önemi

Enerji yönetimi, tüm sektörlerde olduğu gibi otomotiv sektöründe de büyük önem arz etmektedir. Otomotiv endüstrisi içerdiği işlemlerden ötürü yoğun olarak enerji tüketimi yapmaktadır. Enerji maliyetlerindeki artış ve gittikçe artan enerji tüketim değerleri, tesisleri ve yönetim birimlerini enerjinin daha verimli kullanılmasına zorlamaktadır. Otomotiv sektöründe, diğer sektörlerde olduğu gibi enerji kayıplarının azaltılması ve bu enerjinin tekrar proseste kullanılması çok önemlidir. Bu yolla enerji verimliliği sağlanması olasıdır [21].

5.2 Enerji Yönetimi Programının Uygulanması

Tesiste enerji yönetimi programının uygulanmasında yönetimin desteğini, var olan enerji yönetim koordinatörü ve enerji kontrol birimi, ardından tüketilen enerjinin raporlanması bu bölümde daha detaylı incelenecektir.

5.2.1 Üst yönetimin desteği

Bir enerji yönetim programının başarılı bir şekilde uygulanması için gerekli en önemli madde en üst yönetim tarafından programa verilen destektir. Bu destek olmaksızın, programın amaçlarına ulaşmada büyük bir olasılıkla başarısız olunacaktır. Yönetimin programa karşı olan desteklerini güvence altına almada en büyük pay enerji yöneticilerine aittir .

Bu nedenle enerji yönetim müdürünün, üst yönetimin desteğini alması kritik bir süreçtir. Bir enerji yönetimi programı oluşturulurken izlenebilecek iki tip yol bulunmaktadır. İlkinde üst yönetim tesiste bir enerji yönetimi çalışması yapılmasına

karar vermiştir ve programın uygulanmasını istemiştir. Bu durumda enerji yönetim müdürü sorumlu kişidir. İkinci durumda bir çalışan ve/veya enerji yönetim müdürü bir çalışmanın yapılması için üst yönetimi ikna edebilir. İstenen durum genellikle üst yönetimin böyle bir çalışmayı şart koymasındır, ancak birçok enerji yönetim programı genellikle üst yönetimin ikna edilmesi ile başlamıştır.

İlk durumu biraz daha detaylı ele alırsak; bu tip durumlar genellikle üst yönetimin artan enerji maliyetleri ve enerji tüketimi sonucunda dış kaynaklardan enerji yönetiminin faydalarını duymaları sonucunda olabilir. Böyle bir durumda yapılması gereken, gerekli takımın oluşturulması ve periyodik olarak programın yönetilmesidir.

İkinci durumu daha detaylı ele alırsak, enerji yöneticisi veya bir çalışan enerji maliyetlerinin artışı görüp, şirket kaynaklarının daha verimli kullanılması gerektiğini fark etmiş olabilir. Bu durumda yapılması gereken bu ihtiyaçların analizinin yapılıp, üst yönetimin ikna edilmesidir.

5.2.2 Enerji yönetim koordinatörü ve enerji kontrol birimi

Programın başarılı olması için, endüstriyel tesislerde enerji yönetim programından sorumlu bir kişinin atanması gerekmektedir. Eğer bir kişi bu iş için atanmamışsa, üst yönetim büyük ihtimalle enerji yönetim projelerine gerekli önemi vermeyecektir. Sonuç olarak, program başarıya ulaşamayacaktır.

Enerji yönetim koordinatörü veya enerji yöneticisi iyi bir yönetici olmalıdır. Daha da önemlisi üst yönetim bu kişiyi gerekli tüm kaynaklar ile donatabilmelidir. Enerji yöneticisi tesis içinde olabilecek en üst seviyede raporlama yapmalıdır, aksi takdirde gerekli formalite rutininde program istenen başarıya ulaşamayabilir. Endüstriyel tesis yapısına göre, bir veya birden fazla fabrika olabilir, bu durumda her fabrika için bir enerji yöneticisi atanabilir.

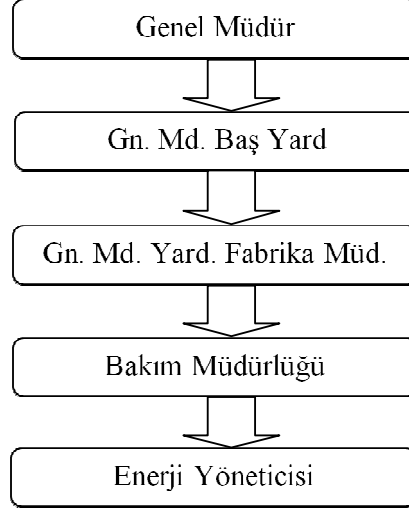
Her pozisyonda olduğu gibi enerji yönetim programında da tek bir kişide tüm yeteneklerin ve bilgilerin mevcut olmasını beklemek hata olur. Enerji yönetimi kapsamında mekanik, elektrik vb... gibi birçok farklı disiplinden bahsetmek gerekir. Bir endüstriyel tesisin komple analizinin yapılması için birçok farklı bakış açısından yaklaşmak gerekir; sıcak su üretimi, dağıtılması, kullanımı, kompresör, soğutma ekipmanları, aydınlatma, HVAC (Isıtma, Havalandırma ve Soğutma), vb. Bu yüzden doğru bir enerji yönetimi için bir takımdan bahsetmek daha doğru olacaktır ve genellikle bu takım teknik ve uygulama olmak üzere iki alt gruptan oluşur.

Teknik grup ağırlıklı olarak teknik geçmişe sahip insanlardan oluşur; kimya, endüstri, elektrik, inşaat ve makine mühendisliğinden gelen insanlar bu komite için uygun insanlardır. Bu grubun amacı enerji yöneticisine gerekli teknik konularda yardımcı olmak ve çözüm sunmaktır. Uygulama grubu teknik grubun aksine çok daha farklı bir konuda faaliyet göstermelidir. Enerji yönetimi tesiste birçok farklı bölümü ve insanı kapsadığından, gerekli iletişimin kurulması uygulama grubunun sorumluluğundadır. Bu grup tüm tesisin enerji yönetim programından haberdar olmalı ve gruba gerekli kişilerin katılımı sağlanmalıdır.

İnceleme yapılan tesisin organizasyon şeması ise 25 Ekim 2008’ de çıkarılmış “Enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması” adlı yönetmeliğin “Enerji yöneticisinin görevlendirilmesi ve enerji yönetim biriminin kurulması” kısmına göre hazırlanmıştır. Buna göre [38];

- Yıllık toplam enerji tüketimi 1.000 TEP ve üzeri olan endüstriyel işletmeler çalışanları arasından enerji yöneticisi görevlendirir.
- Organize sanayi bölgelerinde, bölgedeki 1.000 TEP’ten daha az enerji tüketimi bulunan endüstriyel işletmelere hizmet vermek üzere enerji yönetim birimi kurulur.
- Toplam inşaat alanı en az 20.000 m² veya yıllık enerji tüketimi 500 TEP ve üzeri olan ticarî binaların, hizmet binalarının ve kamu kesimi binalarının yönetimleri enerji yöneticisi görevlendirir veya enerji yöneticilerinden hizmet alır.
- Kamu kesimi dışında kalan ve yıllık toplam enerji tüketimleri 50.000 TEP ve üzeri olan endüstriyel işletmelerde, enerji yöneticisinin sorumluluğunda enerji yönetim birimi kurulur. Organizasyonlarında kalite yönetim birimi bulunan endüstriyel işletmeler, bu birimlerini enerji yönetim birimi olarak da görevlendirebilir.

İnceleme yapılan tesis 1.000 - 50.000 TEP aralığında enerji tükettiğinden, yönetmeliğe uygun olarak, Şekil 5.1’ de görüldüğü gibi Bakım Müdürlüğüne bağlı bir Enerji Yöneticisi çalıştırmaktadır [22].



şekil 5.1 : Tesis organizasyon şeması

5.2.3 Raporlama ve izleme

Bir enerji yönetim programının başarılı ve tutarlı olabilmesi için ölçülebilmesi ve somut olarak ifade edilmesi gerekir. llemeyen enerjinin, tasarruf edilmesi veya verimli kullanılması söz konusu olamaz. Bu yüzden verimli bir enerji izleme sisteminin kurulması enerji yöneticisinin görevlerinden biridir. Enerji izleme sisteminin amacı enerji tüketiminin ölçülerek, program hedefleri ve/veya gerekli endüstriyel tesis standartları ile karşılaştırılabilmesidir.

İnceleme yapılan tesiste enerji;

- eşitlerine göre tüketimi günlük, aylık ve yıllık olarak
- Üretim bölümlerine göre günlük, aylık ve yıllık olarak raporlanmakta ve izlenmektedir.

5.3 Üretim İşlemleri

İnceleme yapılan tesiste üretim işlemleri 4 ana maddeden oluşmaktadır [22]:

- Pres
- Kaynak
- Boya
- Montaj

Üretilcek olan araç gövdesinin her bir parçası, metal levhalar halinde fabrikaya gelmektedir. Bu levhalar, 25.000 m²'lik alanda bulunan 6 pres hattından geçerek şekil verilmektedir. Şekil 5.2' de pres hatlarından bir tanesi görülmektedir.



Şekil 5.2 : Pres hattı

Şekillenmiş levhalar pres işleminin ardından 80.000 m²'lik alanda bulunan kaynak hattına gelir. Burada kaynak işlemleri 247 robot ve 930 manuel punta tabancası ile yapılmaktadır. Şekil 5.3' de robot punta tabancası görülmektedir.



Şekil 5.3 : Robot punta tabancası

Kaynak işleminde birleştirilen gövde parçaları boyahaneye gelerek Şekil 5.4' te görülen boya işleminden geçer.



Şekil 5.4 : Boya işlemi

Boya işleminin bitmesinin ardından gövde, 112.000 m² alanda bulunan ve 2 üretim hattına sahip Şekil 5.5' te görülen montaj alanına gelir. Burada motor, iç ve dış ekipmanlar monte edilir. Montaj işlemi biten araçlar kalite kontrolünden geçer ve artık kullanıma hazırdır.



Şekil 5.5 : Montaj alanı

5.4 Tesis Enerji Tüketimi

Bu bölümde tesisin enerji tüketim değerleri verilerek üretilen her araç başına harcanan enerji miktarı ve her çalışan başına üretim miktarı görülecektir.

Tesisin kullandığı enerji tipi, enerji tüketimi miktarları, enerji maliyetleri, tesisin yıllık enerji maliyeti ve bunlara bağlı olarak yıllık birim enerji maliyeti TL/TEP olarak Çizelge 5.1' de verilmiştir [22].

Çizelge 5.1 : Enerji tüketim ve enerji masrafları

Enerji Tipi	Enerji Tüketimi	Enerji Tüketimi (TEP)	Enerji Tüketimi (%)	Enerji Maliyeti (TL/kWh, TL/Sm ³)	Yıllık Enerji Maliyeti (TL)	Maliyet (%)	Birim Enerji Maliyeti (TL/TEP)
Elektrik (kWh)	210.000.000	18.103	48	0,144	30.240.000	63,21	1670,44
Doğalgaz (Sm ³)	22.000.000	20.065	52	0,8	17.600.000	36,79	877,14
Toplam		38.168	100		47.840.000	100	2547,58

Yılda ortalama 280.000 araç üretilen tesiste, adet başına tüketilen enerjinin 0,136 TEP olduğu Çizelge 5.2’ de görülmektedir.

Çizelge 5.2 : Tesis üretim miktarı ve adet başına enerji tüketimi

Üretim miktarı (adet/yıl)	Enerji Tüketimi (TEP/adet)
280.000	0,136

6. OTOMOTİV SANAYİNDE ISI ENERJİSİ İLE İLGİLİ ENERJİ TASARRUF OLANAKLARI

Bir tesiste ısı enerjisinin etkin kullanımı ile o tesisin ısı üretimi, dağıtımı ve kullanımındaki verim arttırılmış olur. Bu kısımda incelenen tesisteki sistemlerin verimliliğinin nasıl arttırılabileceği ve buna dayanarak ısı enerjisini üreten ve tüketen sistemlerden, bu sistemi meydana getiren ekipmanlardan ve diğer sistem elemanlarından ne şekilde ve ne kadar enerji tasarrufu yapılabileceği anlatılmıştır. Bu anlatılanlar ışığında bazı konular örneklerle değerlendirilmiş ve tasarruf olanakları somutlaştırılmıştır.

6.1 Tesiste Sıcak Su Kullanım Alanları ve Kazan Verimi

Tesis 340.000 m² kapalı alana sahiptir ve sıcak su kış aylarında bu kapalı alanların ısıtılmasında, ve sosyal tesislerde kullanılmaktadır. Diğer aylarda ise yalnızca sosyal tesislerde kullanılmaktadır. Tesiste ihtiyaç duyulan sıcak su, sıcak su kazanlarından elde edilir [22]. Sıcak su kazanında sağlanacak verimlilik, tasarruf sağlamada oldukça büyük bir öneme sahiptir. Sıcak su üretiminde verimliliğin sağlanması ile büyük ölçüde yakıt tasarrufu ve işletme gideri tasarrufu sağlamak mümkündür.

Kazanlardan en büyük verim genellikle aşırı yük ve düşük yükte çalıştırılmadıklarında alınır. Maksimum yük ve devamlı çalışma durumunda çekilen yük oranı %50 nin altına düştüğünde verim eğrisi de hızla düşmektedir. Maksimum verimlere genel olarak, kazanın tam yükünün %70'inden yukarı yüklerde çalıştığı durumlarda ulaşılmaktadır [23].

İnceleme yapılan tesiste bacagazı ölçüm cihazı ile gerekli ölçümler alınmıştır ve bu ölçümler neticesinde aşağıda verilen formüller kullanılarak ölçüm alınan kazanın verimliliği hesaplanmıştır [23].

Kazan verim hesabı:

Yakıt Cinsi = Doğalgaz

Karbon (C) % si (ağırlıkça) = % 73,9

Hydrojen (H₂) % si (ağırlıkça)= % 24,57

Kükürt (S) % si (ağırlıkça) = % 0

Nem % si (ağırlıkça) = % 0

Oksijen (O₂) % si (ağırlıkça) = % 0

Diğerleri % si (ağırlıkça) = % 1,53

Yakıtın Alt Isıl Değeri = 8.250 kCal / Nm³ (a)

Yakıt Özgül Ağırlığı = 0,68 kg / Nm³ (b)

Yakıt Alt Isıl Değeri = $\frac{(a)}{(b)}$ = 12132,35 kCal / kg

Yakıt Alt Isıl Değeri = 12132,35 × 4,186 = 50786 kJ / kg

Yakıt Üst Isıl Değeri = 13459 kCal / kg

Yakıt Üst Isıl Değeri = 13459 × 4,186 = 56339,92 kJ / kg

Ölçülen Değerlere Göre Bacagazında;

Oksijen (O₂) hacimce % = % 2,51

Karbonmonoksit (CO) = 0 ppm

Karbondioksit (CO₂) = % 10,48

Bacagazı Sıcaklığı = 136,4 °C

Ortam Sıcaklığı = 21,4 °C

ISI KAYIPLARI:

A. Kuru Bacagazı Yoluyla Olan Isı Kaybı (L_{KBG})

$$L_{KBG} = \frac{K \times (T_{BG} - T_0)}{CO_2} \times \frac{YÜİD}{YAİD} \quad (6.1)$$

$$K = \frac{69,7 \times C_{yakıt} \times (YAİD)^2}{(YÜİD)^3} \quad (6.2)$$

K = Yakıtın ısıl değerine bağlı katsayı.

K = 0,310968243

L_{KBG} = % 3,785

T_{BG} = Bacagazı Sıcaklığı

T_o = Ortam Sıcaklığı

YÜID = Yakıt Üst Isıl Değeri

YAID = Yakıt Alt Isıl Değeri

$C_{yakıt}$ = Yakıttaki Karbon % si

B. Bacagazındaki Nem Nedeniyle Olan Isı Kaybı (L_{NBG})

$$L_{NBG} = \frac{(9 \times H_y) \times (50 - T_o + (0,5 \times T_{BG}))}{YÜID} \times \frac{YÜID}{YAID} \quad (6.3)$$

H_y = Yakıttaki Hidrojen % si

L_{NBG} = % 1,764

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

$$L_{COBG} = \frac{K \times CO_{bacagazı}}{CO_2 + CO_{bacagazı}} \times \frac{YÜID}{YAID} \quad (6.4)$$

$CO_{bacagazı}$ = Bacagazında ölçülen CO % si

Doğalgazın ısı değerine bağlı K değeri = 32

L_{COBG} = % 0

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

$$L_{RK} = (U_r + U_c) \times A \times (T_{yüzey} - T_{ortam}) \quad (6.5)$$

$$U_r = \frac{E \times 5,67}{(T_{yüzey} - T_{ortam})} \times \left[\left(\frac{T_{yüzey}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ortam}}{100} \right)^4 \right] \quad (6.6)$$

$$U_c = B \times (T_{yüzey} - T_{ortam})^{0,25} \quad (6.7)$$

E = Yüzey malzemesi ve işlenme şekline bağlı Emissivite katsayısı

U_r = Radyasyona bağlı ısı kayıp değeri

U_c = Konveksiyonla ısı kayıp değeri

$T_{yüzey}$ = Ortalama yüzey sıcaklığı

T_{ortam} = Ortam sıcaklığı

B = Yüze ve şekile bağlı katsayı

Not : B için yaklaşık değerler Çizelge 6.1' de verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Yüze ve şekile bağlı katsayı çizelgesi

	B
Yatay Yüze (yukarıya bakan)	1,7
Dikey Yüze ve Geniş Silindirler	1,45
Yatay Silindirler	1,2

Çizelge 6.2'de kazan yüzeilerine ait bilgiler verilmiştir.

Çizelge 6.2 : Kazan yüze bilgileri

Yüze	Alan (m ²)	Ortalama Yüze Sıcaklığı (K ^o)	Ortam Sıcaklığı (K ^o)	Çap (m)	Uzunluk (m)
Ön	7,06	323	293	3	
Sol	27,80	343	293	3	5,9
Sağ	27,80	294	293	3	5,9
Arka	7,06	294	293	3	

Çizelge 6.3'te L_{RK} hesaplanmıştır.

Çizelge 6.3 : L_{RK} hesaplama çizelgesi

Yüze	E	A (m ²)	U_r (Watt/m ² K ^o)	B	U_c (Watt/m ² K ^o)	$(U_r + U_c) \times A \times (T_{\text{yüze}} - T_{\text{ortam}})$ (Watt)
Ön	0,95	7,06	6,3102	1,45	3,39	2.057,75
Sol	0,95	27,80	6,9714	1,45	3,85	15.051,52
Sağ	0,95	27,80	5,4474	1,45	1,45	191,77
Arka	0,95	7,06	5,4474	1,45	1,45	48,75
					Toplam	17349,80

$$L_{RK} = 17349,80 \times 0,860 = 14920,83 \text{ kCal / saat}$$

$$L_{RK} = \frac{L_{RK}}{YTVI} \quad (6.8)$$

$$\text{Doğalgaz Tüketimi} = 600 \text{ Sm}^3 / \text{ saat}$$

$$YTVI = \text{Yakıt Tarafından Verilen Isı} = \text{Yakıt Tüketimi} \times \text{Yakıt Alt Isıl Değeri} \quad (6.9)$$

$$YTVI = 600 \times 8.250$$

$$YTVI = 4.950.000 \text{ kCal / saat}$$

$$L_{RK} = \% 0,301$$

E. Isı Kayıpları Toplamı (L)

$$L = L_{KBG} + L_{NKG} + L_{COBG} + L_{RK} \quad (6.10)$$

$$L = 3,785 + 1,764 + 0 + 0,301$$

$$L = \% 5,851$$

F. Kazan Verimi

$$\text{Verim} = 100 - L \quad (6.11)$$

$$\text{Verim} = 100 - 5,851$$

$$\text{Verim} = \% 94,149$$

6.2 Tam Yanmanın Sağlanması

Kazanlarda yanma sistemi yanma problemlerine neden olmayacak minimum hava yakıt oranını verecek çalışma seviyesinde ayarlanmalıdır. Fazla hava miktarı gereğinden çok olursa, bacagazı miktarını artırır ve artan bu miktardaki hava, bacagazı sıcaklığına kadar ısınıp enerji alacağından daha fazla ısının bacadan dışarı atılmasına neden olur. Fazla hava miktarı gerektiğinden az olur ise, yanma verimi düşer. Ayrıca bacagazı miktarının artması, gaz debisinin, dolayısıyla hızının artmasına ve ısı transferinin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, fazla hava miktarının mümkün olan en düşük seviyede tutulması gerekir. Bunu sağlamak için baca gazındaki O_2 seviyesi kontrol edilmeli, hava ayarı yapılarak oksijen miktarı mümkün olan en düşük seviyeye getirilmelidir [23].

Mevcut durumda kullanılan havanın, teorik hava miktarına bölünmesiyle elde edilen değer hava fazlalık katsayısı olarak isimlendirilir. Baca gazında ölçülen O_2 değerlerine bağlı olarak aşağıdaki formül yardımıyla fazla hava oranı hesaplanır. İnceleme yapılan tesiste fazla hava oranı [23];

$$\text{Fazla Hava Oranı (\%)} = \left[\frac{O_2}{21 - O_2} \right] \times 100 \quad (6.12)$$

$O_2 = \text{Oksijen } (O_2) \text{ hacimce } \% = \% 2,51$

Fazla Hava Oranı (%)= % 13,574

Tam yanmanın sağlanabilmesi amacıyla piyasada birçok ürün bulunmaktadır. Bunlardan biride yanma kontrol sistemi olarak adlandırılan cihazlardır. Bu sistem, baca gazı analizine ve sistemden çekilen sıcak suyun debisine göre yakıt/hava karışım oranını ayarlayarak hem yakıt tasarrufu hem de çevreye atılan emisyonların azaltılmasında önemli rol oynarlar. Bu sistemlerde yakıt/hava karışımındaki ayarlama, hava fanı klapesi ve yakıt debisindeki kontrolör ile yanma hücresine hava ve yakıtın uygun miktarlarda girmesi sağlanarak yapılmaktadır [24]. İnceleme yapılan tesiste bu sistem kullanılmaktadır [22].

6.3 Yanma Havaasının Isıtılması

Kazanlarda yanma havası olarak verilen havanın ısıtılması ile kazan veriminde artış sağlamak mümkündür. Yanma havasının baca gazından faydalanılarak ısıtılması yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir ve yanma havasının ısıtılarak kullanılması, tesislerde atık ısıların değerlendirilebileceği önemli bir alandır. Yanma havasının ısıtılmasıyla sağlanacak her 28°C'lik sıcaklık artışı kazan verimini yaklaşık olarak %1 oranında artırabilmektedir [22].

Kazan yanma havasının ön ısıtma yapılarak sağlanacak enerji tasarrufu ve tasarrufun mali karşılığı şu şekilde hesaplanır [25]:

$$\Delta\eta_k = (\Delta T_{yh} / 28) \times 1 \quad (6.13)$$

$$\eta_{k2} = \eta_{ky} + \Delta\eta_k \quad (6.14)$$

$$\text{Yıllık Yakıt Tasarrufu (YYTa)} = \text{Yıllık Yakıt Tüketimi} \times (\Delta\eta_k / \eta_{k2}) \quad (6.15)$$

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf (YMTa)} = \text{Yıllık Yakıt Tasarrufu} \times \text{Yakıt Birim Fiyatı} \quad (6.16)$$

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

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

η_{ky} = Kazan yanma verimi

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

İncelenen tesise ait değerler aşağıda verilmiştir. Yakma havası ön ısıtması yapılmayan tesiste yakma havası sıcaklığının kompresör dairesi atık soğutma suyu ile arttırılabileceği düşünölmüştür. Kış mevsiminde 10 °C olan dış hava sıcaklığı yakma havası olarak kullanılmakta iken kompresör dairesi atık soğutma suyunun ısısı kullanılarak yakma havası sıcaklığı en az 40°C a çıkarılabileceği öngörölmüştür. Bu şartın sağlanması ile elde edilecek olan yıllık yakıt tasarrufu (YYTa) ve yıllık mali tasarruf (YMTa) miktarları aşağıda hesaplanmıştır:

$$\text{Bir kazanın yıllık yakıt tüketimi} = 4.900.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Yakıt birim fiyatı} = 0,8 \text{ TL / m}^3$$

$$T_{yh} = \text{Yanma havası sıcaklığı} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\eta_{ky} = \text{Kazan yanma verimi} = \% 94,149$$

$$T_{yh2} = \text{Hedeflenen yanma havası sıcaklığı} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Kazan verimindeki artış 6.13 no'lu denklemden;

$$\Delta\eta_k = (\Delta T_{yh} / 28) \times 1 = [(40 - 10) / 28] \times 1 = \% 1,07$$

Yanma havası ısıtıldıktan sonra kazan verimi 6.14 no'lu denklemden;

$$\eta_{k2} = \eta_{ky} + \Delta\eta_k = 94,149 + 1,07 = \% 95,219$$

$$\text{YYTa} = \text{Yıllık Yakıt Tüketimi} \times (\Delta\eta_k / \eta_{k2})$$

$$= 4.900.000 \times (1,07 / 95,219) = 55.062,54 \text{ m}^3$$

$$\text{YMTa} = \text{Yıllık Yakıt Tasarrufu} \times \text{Yakıt Birim Fiyatı}$$

$$= 55.062,54 \times 0,8 = 44.050,03 \text{ TL}$$

6.4 Baca Gazı Sıcaklığının Düşürölmesi

Yanma sonucu oluşan atık gazlar bacadan atmosfere atılırlar. Atmosfere atılan baca gazının sıcaklığı arttıka dışarı atılan enerjinin miktarı da artar. Bu durumda kazan veriminde azalma olur.

Baca gazı sıcaklığı, baca gazlarının yoğuşamayacağı sıcaklık değerine kadar düşürölebilir. Aksi durumda ise korozyon sorunları ile karşılaşılmaktadır. Ayrıca

baca gazı sıcaklığının aşırı düşürülmesi sonucu baca çekişinde de önemli düşüşler meydana gelebilir.

Baca gazı sıcaklığı düşürülürse verimde artış sağlanabilir. Baca gazında optimum gaz sıcaklığının üzerine çıkan her 17°C lik artış verimlilikte yaklaşık %1 oranında düşüşe sebep olmaktadır [22]. Baca gazının sahip olduğu enerjinin bir kısmının geri kazanılmasında ise ekonomizer kullanılır. Gazdan sıvıya veya gazdan havaya ısı iletimi sağlanarak baca gazının sahip olduğu ısı enerjisi ile hem bu akışkanların sıcaklığı arttırılmış hem de baca gazının sıcaklığı düşürülmüş olur. Geri kazanılan atık enerji ile kazan besleme suyunun ön ısıtılması yapılabilir. Bu sayede daha az yakıt tüketimi ve sistem veriminde artış sağlanmış olur.

Bacadan atılan ısı miktarı, işletmede bulunan ekonomizersiz 2 adet kazanın besleme suyunun ekonomizer kullanarak ön ısıtılması hesaplamaları ve bunlara bağlı olarak yapılacak Yıllık Yakıt Tasarrufu (YYTa) ve Yıllık Mali Tasarruf (YMTa) miktarları aşağıda verilmiştir.

Bacadan atılan ısı miktarı [27];

$$Q_{\text{baca}} = V_{\text{baca}} \times (T_g \times c_v) \quad (6.17)$$

$$V_{\text{baca}} = B_y \times V_{H^*y} \quad (6.18)$$

$$c_v = (-2,95 \times 10^{-11} \times T_g^3) + (3,45 \times 10^{-8} \times T_g^2) + (7,76 \times 10^{-5} \times T_g) + 0,322757 \quad (6.19)$$

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

V_{baca} = Duman gazı hacmi (m³ / h)

B_y = Tüketilen yakıt miktarı (Sm³ / h)

T_g = Baca gazı sıcaklığı (°C)

c_v = Baca gazı sıcaklığındaki duman gazı özgül ısınma ısısı (kcal / m³ °C)

V_{H^*y} = Yanma sonucu oluşan özgül duman hacmi, aşağıdaki uygun formül ile hesaplanacaktır. (m³ / kg. yakıt)

$$\text{Katı yakıt özgül duman gazı hacmi : } V_{H_{ky}} = 0,0014H_u + 1,86 \quad (6.20)$$

$$\text{Sıvı yakıt özgül duman gazı hacmi : } V_{H_{sy}} = 0,00180556H_u - 4,25 \quad (6.21)$$

$$\text{Gaz yakıt özgül duman gazı hacmi : } V_{H_{gy}} = 0,00138889H_u + 0,0278 \quad (6.22)$$

H_u = Yakıt alt ısıl değeri (kcal / kg)

Ekonomizer kullanılarak geri kazanılacak enerji [27];

$$Q_{eko} = V_{baca} \times (T_1 \times c_{v1} - T_2 \times c_{v2}) \quad (6.23)$$

T_{g1} = Ekonomizersiz baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_{g2} = Ekonomizer sonrası baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}C$)

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

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

İnceleme yapılan tesiste bulunan 7 kazanın 5’inde ekonomizer kullanılmaktadır.

Kalan 2 kazan için yapılan değerlendirme aşağıdaki gibidir;

Kullanılan yakıt = Doğal gaz ($H_u = 8078$ kcal / kg)

Bacagazı sıcaklığı = $136,4$ $^{\circ}C$

Tüketilen yakıt = 600 m^3/h

Yıllık çalışma saati = 7200

Yakıt birim fiyatı = $0,8$ TL / kg

Bacadan atılan ısı miktarı (6.22), (6.18), (6.19) ve (6.17) no’lu formüllerden;

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

$$V_{baca} = 600 \times 11,24 = 6744 \text{ (} m^3 \text{ / h)}$$

$$c_v = 0,3339 \text{ (kcal / } m^3 \text{ } ^{\circ}C)$$

$$\begin{aligned} Q_{baca} &= V_{baca} \times (T_g \times c_v) = 6744 \times (136,4 \times 0,3339) = 307.148,46 \text{ kcal / h} \\ &= 38,02 \text{ kg.yakıt / h} \end{aligned}$$

Uygun bir ekonomizer kullanılarak baca gazı sıcaklığı $110^{\circ}C$ a düşürülebilirse, ekonomizer ile kazanılan enerji (6.19) ve (6.23) no’lu formüllerden;

$$c_{v1} = 0,3339 \text{ (kcal / } m^3 \text{ } ^{\circ}C)$$

$$c_{v2} = 0,3316 \text{ (kcal / } m^3 \text{ } ^{\circ}C)$$

$$\begin{aligned} Q_{eko} &= V_{baca} \times (T_1 \times c_{v1} - T_2 \times c_{v2}) = 6744 \times (136,4 \times 0,3339 - 110 \times 0,3316) \\ &= 61.127,616 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

Kazanılan ısıdan dolayı yapılan yakıt tasarrufu (YTa)

$$\begin{aligned} Y_{Ta} &= Q_{eko} / H_u & (6.24) \\ &= 7,567 \text{ kg / h} \end{aligned}$$

olarak hesaplanmıştır. Kazanın çalışma süresi 7200 saat ve yakıt birim fiyatı 0,8 TL / kg olduğuna göre elde edilecek yıllık yakıt tasarrufu miktarı (YYTa) ve bu tasarruftan dolayı sağlanabilecek yıllık mali tasarruf (YMTa);

$$YYTa = 7,567 \times 7200 = 54.483,638 \text{ kg / yıl}$$

$$YMTa = 54.504 \times 0,8 = 43.586,91 \text{ TL / yıl}$$

$$2 \text{ adet kazan için } YMTa = 87.173,82 \text{ TL / yıl}$$

6.5 Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı; sıcak ve soğuk boru hatlarına, ısı kaybı ya da kazancı olan tesislere ve binalara uygulanabilen, çok fazla yatırım maliyeti gerektirmemekle birlikte, oldukça önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlayabilen ve sağladığı tasarruflarla kendisini kısa sürede geri ödeyebilen, enerji tasarrufu yöntemlerinden biridir [23].

İmalat sanayinde yalıtım uygulamalarının iki temel amacı vardır:

- Borularda, tanklarda ve proses elemanlarında olan istenmeyen ısı kayıplarını azaltılması
- Çok yüksek yüzey sıcaklığı olan yerlerde çalışan personelin emniyetinin sağlanmasıdır.

Seçilecek yalıtım malzemelerinin göz önüne alınması gereken özellikleri şunlardır:

- Değişik işletme sıcaklıklarına dayanım,
- Fiziksel mukavemet,
- Basma mukavemeti,
- Mekanik mukavemet,
- Zararlı emisyon yaymama,
- Yanma direnci,
- Korozif etkilere dayanım,
- Yalıtım kalınlığı ve ağırlığı,
- Kimyasal etkilere karşı direnç

Fabrikalarda yalıtım uygulamaları;

- Tesis yalıtımı (kazan dairesi, tank, kanal, baca, ve fırın yalıtımı)
- Boru sistemlerinin yalıtımı
- Bina yalıtımıdır.

Yalıtım uygulamaları sırasında genel olarak iki husus daima göz önünde tutulmalıdır.

- 60°C nin üzerinde sıcaklığı olan yüzeylerin tamamı ve 50°C nin üzerinde sıcaklığı olan yüzeylerin ise; teknik ve ekonomik şartlara bağlı olarak yalıtılmalıdır. Bu prensip boru sistemlerindeki vana, flanş, boru tutucu ve destek elemanları için de geçerlidir.
- Yalıtım uygulamasının tekniğe uygun olarak gerçekleştirilmesi, ısı özellikleri kadar önemlidir.

Tesis yalıtımı; boru ve bina yalıtımı dışında kalan, kazan dairesi, tank, kanal, baca ve fırın yalıtımlarını kapsar. Tesis yalıtımındaki amaç gürültünün, terlemenin, donmanın, aşırı ısınmanın ve istenmeyen ısı kayıplarının önüne geçerek enerji tasarrufu yanında tesisin işletme güvenliğini de sağlamaktır. Örneğin kazan yalıtımında ilk hedef ortama olan ısı kaybını azaltmak için kazan dış yüzeylerinin yalıtılması sonucu, sıcak akışkanın özelliklerinin istenilen seviyede tutulmasını sağlamak ve yüzey kayıplarını düşürmek, ikinci hedef ise; yanma odası ve bacada çok yüksek sıcaklıklarda gazlarla temas eden yüzeylerin yalıtılarak korunmasıdır. Burada önemli olan amaca yönelik uygun malzemeyi seçmek gerekir. Kazan örneğinde ilk hedefe yönelik uygulama için cam yünü, kaya yünü gibi mineral esaslı yalıtım malzemeleri kazan gövdesinin dış yüzeyine kaplanır, bu malzeme üzerine sac levhalar kaplanarak korumaya alınır. Yalıtım malzemesine karar verildikten sonra montaj doğru bir şekilde yapılmalıdır çünkü tesis yalıtımında diğer yalıtım uygulamalarında olduğu gibi değişiklik yapmak oldukça zordur.

Boru yalıtımı; fabrika uygulamalarında yaygın olarak yapılan, vana ve flanşlar dahil olmak üzere tüm boruların kaçakları önlenerek uygun yalıtım malzemeleri ile izolasyonunu kapsar. Boru sistemlerinin yalıtımında vana ve flanşlara özellikle dikkat edilmelidir. Vana ve flanşlardan olan ısı kayıpları; pratik olarak, aynı çapta eşdeğer bir borudan olan ısı kaybı dikkate alınarak bulunabilir. Bu değerler Çizelge 6.4' te verilmiştir [27].

Çizelge 6.4 : Vana ve flanş eşdeğer boru ısı kayıp değerleri

Parça	DN	Boru Sıcaklığı		
		50 °C	100 °C	300 °C
Flanş Çifti	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

Bu sebeple boru sistemlerindeki vana ve flanşların da mutlaka uygun şekilde yalıtımları gerekmektedir. Vana ve flanşlar, daha önceleri bakımlarının kolayca yapılabilmesi, kaçaklarının önlenmesi amacıyla yalıtımsız bırakılırlardı. Ancak, gerektiğinde kolayca açılıp bakımlarının yapılabilmesine imkan sağlayan vana ceketlerinin üretilmiş olması, bunların yalıtımsız bırakılmalarını anlamsız hale getirmektedir [27].

Yalıtım ceketleri, armatürlerin (vana, pislik tutucu, çek valf, eşanjör, su tankı vb.) sıcak hatlarda ısı kaybını en aza indirmek, soğutma hatlarında ise ısı kazancını azaltmak, yoğuşma ve terlemeyi önlemek için kullanılırlar. Yalıtım ceketleri sıcak hatlarda rabbit tel kaplı kaya yünü, soğuk hatlarda ise elastomerik kauçuk köpüğünün, cam elyafından imal silikon kaplı kumaş ile armatürlerin ölçüsüne göre dikilmesiyle üretilirler. Yalıtım ceketleri defalarca sökülüp takılabilmeye, dar alanlarda kullanılabilme ve yakıt buharı, yağ, su ve zayıf asitlere dayanıklı olma özellikleri nedeniyle diğer boru izolasyonu esnasında kullanılan yalıtım malzemesi ve tekniklerine göre daha uzun ömürlü ve daha yüksek ısı kazancı sağlayan yalıtım malzemeleridir [28].

Her farklı uygulama için ayrı ayrı ölçülendirme yapılarak çalışma şartlarına uygun kumaş, yalıtım malzemesi ve yalıtım kalınlığı belirlenir. Böylece uygun yalıtım ceketini seçilmiş olup uygun izolasyon yapılmış olur. Çizelge 6.5'te yalıtım ceket malzemeleri ile bazı izolasyon malzemeleri verilmiştir [28].

Çizelge 6.5 : Bazı yalıtım ceketleri malzemeleri

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

İnceleme yapılan tesiste yalıtımsız olan boru ve vanaların ısı kayıp hesapları, bu kayıplara bağlı olarak yapılacak yalıtım sonucu tasarruf edilecek enerji miktarı ve yıllık mali tasarruf miktarı aşağıda verilmiştir.

Isı kayıp hesabı [29];

$$T_{\text{kazan çıkış}} = \text{Kazan çıkış borusunda su sıcaklığı} = 74 \text{ °C}$$

$$T_{\text{pompa}} = \text{Pompalarda su sıcaklığı} = 70.2 \text{ °C}$$

$$T_{\text{kollektör gidiş}} = \text{Gidiş kollektöründe su sıcaklığı} = 70 \text{ °C}$$

$$T_{\text{kollektör dönüş}} = \text{Dönüş kollektöründe su sıcaklığı} = 65 \text{ °C}$$

$$T_{\text{ortam}} = \text{Ortam sıcaklığı} = 18 \text{ °C}$$

Isı kayıp formülü;

$$Q_{\text{yalıtımsız}} = \frac{2\pi L(T_1 - T_2)}{\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{1}{k} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{r_2 h_2}} \quad (6.25)$$

$$Q_{\text{yalıtlımlı}} = \frac{2\pi L(T_1 - T_2)}{\frac{1}{r_1 h_1} + \frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{r_2 h_2}} \quad (6.26)$$

h_1 : silindir içi akışkan ile yüzey arası ısı taşınım katsayısı = 300 W/m²C

h_2 : silindir dışındaki hava ile dış yüzey arası ısı taşınım katsayısı = 15 W/m²C

k_1 : boru malzemesi ısı iletim katsayısı = 120 W/m²C

k_2 : yalıtım malzemesi ısı iletim katsayısı = 0,04 W/m²C

Çizelge 6.6' da kazan dairesinde bulunan yalıtımsız farklı çaplardaki boruların yalıtım kalınlıkları ve yalıtımlı yarıçapları verilmiştir. Çizelge 6.7' de ise farklı çaplardaki borular bağlı oldukları bölgelere göre ayrılmış ve uzunlukları verilmiştir.

Çizelge 6.6 : Farklı çaplardaki boruların yalıtımlı yarıçap uzunlukları

r_1			Yalıtım kalınlığı	Yalıtımlı yarıçap
r_1 DN100	0,0504m	boru iç yarıçapı		
r_2 DN100	0,054m	boru dış yarıçapı	0,1 m	$r_3 = 0,154$
r_1 DN150	0,075m	boru iç yarıçapı		
r_2 DN150	0,0795m	boru dış yarıçapı	0,1 m	$r_3 = 0,1795$
r_1 DN250	0,1302m	boru iç yarıçapı		
r_2 DN250	0,1365m	boru dış yarıçapı	0,1 m	$r_3 = 0,2365$
r_1 DN300	0,15485m	boru iç yarıçapı		
r_2 DN300	0,16195m	boru dış yarıçapı	0,1 m	$r_3 = 0,26195$
r_1 DN400	0,1944m	boru iç yarıçapı		
r_2 DN400	0,2032m	boru dış yarıçapı	0,1 m	$r_3 = 0,3032$

Çizelge 6.7 : Boru toplam uzunlukları

	Çap	Uzunluk
Kazan	DN250	1,5 m
Pompa	DN250	19,39 m
Gidiş kollektörü	DN250	0,3 m
	DN300	1,3 m
	DN400	0,65 m
Dönüş Kollektörü	DN100	6 m
	DN150	0,6 m
	DN250	3 m
	DN300	1,2 m
	DN400	0,6 m

Kazan çıkışındaki borularda ısı kaybı;

DN250 için;

Yalıtım olmadığında $Q = 1.026,034$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q = 37,024$ W

Pompalarda ısı kaybı;

DN250 için;

vana olduğu için

Yalıtım olmadığına $Q= 12.363,19$ W $Q= 43.271,18$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q= 446,13$ W $Q= 1.561,455$ W

Gidiş kollektöründe ısı kaybı;

DN250 için; vana olduğu için

Yalıtım olmadığına $Q= 190,549$ W $Q= 666,922$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q= 6,876$ W $Q= 24,066$ W

DN300 için; vana olduğu için

Yalıtım olmadığına $Q= 979,688$ W $Q= 4.114,691$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q= 34,101$ W $Q= 143,227$ W

DN400 için; vana olduğu için

Yalıtım olmadığına $Q= 614,501$ W $Q= 3.072,509$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q= 20,517$ W $Q= 102,588$ W

Dönüş kollektöründe ısı kaybı;

DN100 için;

Yalıtım olmadığına $Q= 1.361,627$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q= 64,430$ W

DN150 için;

Yalıtım olmadığına $Q= 200,548$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q= 8,340$ W

DN250 için; vana olduğu için

Yalıtım olmadığına $Q= 1.722,271$ W $Q= 6.027,948$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q= 62,148$ W $Q= 217,520$ W

DN300 için; vana olduğu için

Yalıtım olmadığına $Q= 817,373$ W $Q= 3.432,967$ W

Yalıtımlı olduğunda $Q= 28,451$ W $Q= 119,497$ W

DN400 için; vana olduğu için

Yalıtım olmadığında $Q= 567,232 \text{ W}$ $Q= 2.836,162 \text{ W}$

Yalıtımlı olduğunda $Q= 18,939 \text{ W}$ $Q= 94,697 \text{ W}$

Borulardaki toplam ısı kayıpları, yalıtımlı ve yalıtımsız olarak, buldukları bölgelere göre Çizelge 6.8’de verilmiştir.

Çizelge 6.8 : Toplam ısı kayıpları

	Yalıtımsız durumda ısı kaybı	Yalıtımlı durumda ısı kaybı
Kazan	1.026,034 W	37,024 W
Pompa	43.271,18 W	1.561,455 W
Gidiş kollektörü	7.854,122 W	269,881 W
Dönüş kollektörü	13.859,25 W	504,485 W
Toplam	66.010,59 W	2.372,847 W
	66,01059 kW	2,372847 kW

Tasarruf miktarı = $66,01059 - 2,372847 = 63,637 \text{ kW}$

Doğalgaz ısı değeri = $8,250 \text{ kW/m}^3$

Doğalgaz fiyatı = $0,8 \text{ TL/m}^3$

Doğalgaz fiyatı = $0,8 / 8,250 = 0,096 \text{ TL/kW}$

Sistem yılın 6 ayı (kasım, aralık, ocak, şubat, mart, nisan) boyunca %100 günlük doluluk oranıyla çalışmakta, kalan 6 ay ise mevsim şartları dolayısıyla %25 günlük doluluk oranıyla çalışmaktadır. Bu yüzden Yıllık Mali Tasarruf (YMTa) aşağıdaki gibi olacaktır;

$YMTa = (\text{Tasarruf miktarı} \times \text{Saat} \times \text{Gün} \times \text{Ay} \times \% \text{ Doluluk oranı} \times \text{Yakıt fiyatı}) \quad (6.27)$

$YMTa = (63,637 \times 24 \times 30 \times 6 \times 1 \times 0,096) + (63,637 \times 24 \times 30 \times 6 \times 0,25 \times 0,096)$

$YMTa = 26.391,536 + 6.597,884$

$YMTa = 32.989,420 \text{ TL}$

Bina yalıtımı ise TS 825’te belirtilen ısı iletim katsayılarına göre belirlenir. İyi bir bina yalıtımı gerçekleştirilirse yaz aylarında güneşin etkisiyle oluşan ısı kazançlarının etkisi azalacağından soğutma sisteminin, kış aylarında ise ısı kaybı az olacağından ısıtma sisteminin kapasitesi düşecek, dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanacaktır [23].

6.6 Ana Yemekhane Sıcak Su Ön Isıtma

Kompresör eşanjörlerinin soğutulmasında kullanılan kule soğutma suyu, proses gereği üzerine almış olduğu enerjiyi soğutma kulesindeki enerji transferiyle, atmosfere iletmektedir. Bu çalışmada atık enerjinin atmosfere atılmadan önce ana yemekhanede bulunan mevcut eşanjör sistemine ilave eşanjör ve borulama sistemi yapılarak, faydalı enerjiye dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

Mevcut durumda ana yemekhane 60 °C sıcak su kullanmaktadır ve yıllık sıcak su tüketimi 46.200 m³'tür.

$$T_{su} = 60 \text{ °C}$$

$$Su_{tük} = 46.200 \text{ m}^3 / \text{yıl}$$

10 °C olan şebeke suyunun 60 °C'ye çıkarılması için gereken enerji miktarı (Q₁);

$$T_{şebeke} = 10 \text{ °C}$$

$$C = 1000 \text{ kcal} / \text{m}^3$$

$$Q = Su_{tük} \times C \times \Delta T \quad (6.28)$$

$$\Delta T = T_{su} - T_{şebeke} \quad (6.29)$$

$$Q_1 = 2.310.000.000 \text{ kcal} / \text{yıl}$$

Bu değer doğalgazın alt ısı değerine bölünürse, eşdeğer doğalgaz miktarı (R₁) bulunur.

$$R_1 = 280.000 \text{ m}^3$$

Kompresör dairesine gelen yılın ortalama dönüş sıcaklığı 40 °C olan ve hiç bir işlemde kullanılmayan bu atık enerjinin, ilave kurulacak olan bir eşanjör ve borulama sonucunda, kazan dairesinde daha az doğalgaz kullanarak yemekhanede istenilen 60 °C sıcak suyun elde edilmesini sağlayacaktır.

Dolayısıyla 40 °C'den 60 °C'ye ısıtılması için gereken enerji miktarı (Q₂) 6.28 no'lu formülden;

$$Q_2 = 924.000.000 \text{ kcal} / \text{yıl}$$

Bu değer doğalgazın alt ısı değerine bölünürse, eşdeğer doğalgaz miktarı (R₂) bulunur.

$$R_2 = 112.000 \text{ m}^3$$

Soğutma kulesi mevcut atık enerjinin değerlendirilmesiyle, aşağıdaki miktarda kazanç elde edilmesi mümkündür;

$$Q_{\text{tasarruf}} = Q_1 - Q_2 \quad (6.30)$$

$$Q_{\text{tasarruf}} = 1.386.000.000 \text{ kcal / yıl}$$

$$\text{Doğalgaz Tasarruf Miktarı} = R_1 - R_2 = 168.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Doğalgaz fiyatı} = 0,8 \text{ TL/m}^3$$

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf (YMTa)} = 134.400 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Eşanjör ve borulama sisteminin maliyeti} = 30.400 \text{ TL}$$

$$\text{Sistemin geri ödeme süresi} = 2,71 \text{ ay}$$

6.7 Toplam Sistem Verimi

Sistem elemanlarının herhangi birinde sağlanacak verim artışı, toplam sistem verimini büyük ölçüde etkiler [30]. Bir sistemin toplam verimi, o sistemi meydana getiren tüm alt elemanların verimlerinin birbirleriyle çarpılmasıyla bulunur.

Sistemin alt elemanları:

- Sıcak su üretici (Kazan)
- Sıcak su hattı, vana, flanş ve izolasyonları
- Pompa ve izolasyonu

Toplam sistem verimi [23];

$$\eta_{\text{sis}} = \eta_k \times \eta_s \times \eta_{\text{tü}} \times \eta_{\text{pr}} \quad (6.31)$$

$$\eta_{\text{sis}} = \text{Toplam sistem verimi}$$

$$\eta_k = \text{Kazan verimi}$$

$$\eta_s = \text{Sıcak su hattı verimi (yüzey kayıplarından sonra)}$$

$$\eta_{\text{tü}} = \text{Sıcak su tüketicisi verimi}$$

$$\eta_{\text{pr}} = \text{İşlem yüzey kayıplarına bağlı verim}$$

olarak gösterilmiştir.

İnceleme yapılan tesiste kazan verimi % 94,149 olarak hesaplanmıştı. Yapılan alışmalar neticesinde, yanma havasının ısıtılması ile kazan verimi % 1,07 ve baca gazının ısıtılması ile kazan verimi % 1,55 arttırılmış olup toplam kazan verimi % 96,7 oranına çıkarılmıştır.

7. OTOMOTİV SANAYİNDE ELEKTRİK ENERJİSİ İLE İLGİLİ ENERJİ TASARRUF OLANAKLARI

Elektrik enerjisi sanayide birçok proses ekipmanının tahrik gücü olarak; motorlarda, fanlarda, pompalarda, kompresörlerde, ısıtmada ve aydınlatmada kullanılmaktadır. Son derece geniş kullanım alanı olan elektrik enerjisinin ülkemizde %50 civarındaki bölümü termik santrallerde önemli dönüşüm kayıpları ile üretilmekte ve çevresel problemlere yol açmaktadır. Bu nedenle işletmeler için maliyeti yüksek olan elektrik enerjisinin, ülke ekonomisi için önemi fazladır. Öyle ki inceleme yapılan tesisin tükettiği toplam enerji miktarında elektrik enerjisi % 48'lik pay oluştururken, yıllık enerji maliyetinde oranı % 63,21'dir [22]. Elektrik enerjisi tüketiminin yıllık olarak % 8,5 civarındaki artışı her yıl önemli miktarda yatırımın elektrik santralleri için yapılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle elektrik enerjisi tasarrufu için yapılacak çalışmalar tesis ve ülke ölçeğinde para tasarrufu sağlayacaktır [23].

İşletmede tasarruf çalışmalarına başlarken ilk adım olarak elektrik enerjisinin nerelerde, hangi zamanlarda, ne miktarlarda kullanıldığı tespit edilmelidir. Sonraki adım ise işletmenin belirli bölgelere ayrılması ve her bölgede bulunan enerji tüketen ekipmanların kurulu gücü ve çektikleri anlık güçlerin belirlenmesidir. İncelemenin yapıldığı tesis, tasarruf çalışmalarını yürütürken, bu adımları takip etmekte ve düzenli olarak tüketim değerlerini kayıt etmektedir.

Bu bölümde de bir önceki bölümde olduğu gibi tasarruf olanakları incelenmiş olup, bazı kısımlar örneklerle somutlaştırılmıştır.

7.1 Enerji Tarifesinin Seçilmesi

Bilindiği gibi ülkemizde elektrik enerjisi iki tarife üzerinden satın alınabilmektedir:

- Tek terimli tarife
- Çift terimli tarife

Tesiste tüketilen elektrik enerjisinin hangi tarifeden alınması gerektiği tesbit edilirken öncelikle işletmenin kurulu gücü belirlenmeli daha sonra saatlik elektrik

enerjisi tüketimleri ve demandmetre sayaçları ile demand gücü ölçülmelidir. Bu incelemeler sonucunda tarife analizi yapılmalı ve tesisin günlük mali olarak enerji tüketim profilinin çıkarılması gerekmektedir [23].

7.1.1 Tek terimli tarife

Tüketilen elektrik enerjisi için kilowattsaat (kWh) miktarı üzerinden bedel alma esasına dayalı tarife sınıfıdır. Bu tarifede işletmenin aktif enerji tüketimi ölçülür. Ölçülen kWh cinsinden tüketim miktarı, elektriğin kWh'inin bedeli ile çarpılarak tüketiciye fatura edilir. Tek terimli tarifeden elektrik enerjisi alan tüketiciye, isteğe bağlı olarak, gündüz, gece ve puant (elektrik enerjisi tüketiminin en yüksek olduğu dönem) dönemleri için ayrı ayrı belirlenen çok zamanlı tarife uygulanır. Tek terimli tarifeden elektrik enerjisi alan ve çok zamanlı tarife uygulanacak olan tüketici çok zamanlı ölçüm yapabilen sayaç tesis etmelidir. Bu sayaç üç değişik saat döneminde tüketim değerlerini ayrı ayrı ölçer ve üç ayrı bedel olarak hesaplar. Tüketilen aylık elektrik enerji bedeli ise bu üç ayrı bedelin toplanmasıyla bulunur.

Çok zamanlı tarifelerin uygulanması bakımından;

Puant dönemi : Saat 17.00-22.00

Gece dönemi : Saat 22.00-06.00

Gündüz dönemi : Saat 06.00-17.00

arasındaki dönemdir [15].

7.1.2 Çift terimli tarife

Tüketilen aylık elektrik enerjisi için kilowattsaat (kWh) miktarı üzerinden alınan bedel ile buna ek olarak sözleşme gücü (demand gücü) karşılığı kilowatt (kW) miktarı üzerinden alınan bedel alma esasına dayalı tarife sınıfıdır. Demand gücü, özel sayac tarafından sürekli ölçülen anlık güçler arasında hafızaya alınan maksimum anlık güçtür. Tüketici bu tarifede demand gücünü sözleşmede belirtir ve sözleşmedeki demand gücü üzerinden bedel öder.

Çift terimli tarifeden elektrik enerjisi alacak müşteri, çekilen gücün en yüksek anlık değerinin belirlenmesi için demandmetreli sayaç monte etmek zorundadır. Tek terimli tarifede olduğu gibi çift terimli tarifede de tüketici isteği üzerine çok zamanlı

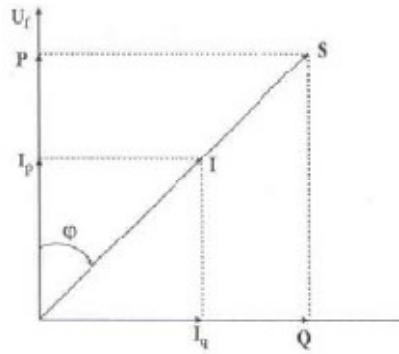
tarife uygulanabilir. Çift terimli tarifeden enerji alan ve sözleşme gücü 0,7 MW (dahil) ve daha fazla olan aboneye çok zamanlı tarife uygulanır [15].

Tek veya çift terimli tarife sınıfındaki değişiklik, özel sebepler dışında hiçbir zaman yılda iki defadan fazla olamaz. Çift terimli tarifeden enerji alan ve sözleşme gücünde değişiklik yapacak olan müşteri, bir yıl içerisinde en fazla dört defa güç değişikliği talebinde bulunabilir [15].

İncelenen tesiste tek terimli çok zamanlı tarife uygulanmış ve uygulanmaya devam etmektedir [22].

7.2 Reaktif Güç Kompanzasyonu

Şebekeden çekilen aktif gücün görünür güce oranına 'Güç Faktörü' adı verilir. Şekil 7.1' de Güç faktörünü oluşturan aktif ve görünür güçler görülmektedir.



Şekil 7.1 : Güç faktörü oluşumu

S = Görünür güç (VA)

φ = Faz açısı

P = Aktif güç (W)

Q = Reaktif güç (VAr)

I = Görünür akım

I_p = Aktif akım

I_q = Reaktif akım

$$\cos \varphi = \text{Güç Faktörü} = \frac{P}{S} \quad (7.1)$$

Elektrik santrallerinde üretilen elektrik enerjisi iletilmekte, dağıtılmakta ve son aşamada yükler tarafından kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi tüketen makina ve cihazların çoğu endüktif karakteristikli olduklarından, gerçekte kendilerine gerekli aktif gücün yanında bir miktar da reaktif güç çekerler. Bu reaktif güç enerji üreten santrallerdeki makinalardan itibaren transformatör, enerji nakil hatları gibi bütün devre elemanlarını yükleyerek ondan tam kapasite ile faydalanmasına engel olur. Ayrıca gerilim düşümüne de yol açar [23].

Elektrik enerji sisteminin en iyi koşullarda çalıştırılması için reaktif gücün, gereksinim duyulan noktaya en yakın yerde üretilmesinin faydası çoktur. Tüketicilerin çalışmaları sırasında şebekeden çektikleri endüktif reaktif gücün, kapasitif güç çekmek suretiyle özel bir reaktif güç üreticisi tarafından dengelenmesine reaktif güç kompanzasyonu denir [31]. Kompanzasyon iki şekilde sağlanır [23]:

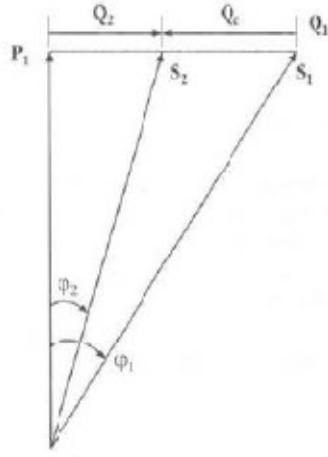
- Dinamik Faz Kaydırıcılar (senkron motorlar)

Nakil hatlarının tüketim merkezlerine bağlandığı yerlerde devreye bir senkron makina bağlanır. Bu makina bir dinamik faz kaydırıcısıdır ve şebekeden çektiği az miktarda aktif gücü reaktif güce çevirerek çalışır. Fakat bu makinalar sürekli bakım gerektirmeleri, büyük güçlü olanlarının ekonomik olmamaları ve alçak gerilim dağıtım şebekesinde gereksiz yere reaktif güç ile yüklenmeleri nedeniyle günümüzde tercih edilmemektedir.

- Statik Faz Kaydırıcılar (Kondansatörler)

Statik faz kaydırıcılar enerji tüketen birimlere bağlanır. Bu nedenle orta ve alçak gerilim şebekelerini boş yere reaktif güçle yüklemeler. Kayıpları çok düşüktür, çok az bakım gerektirirler ve maliyetleri (kVAr başına) senkron makinalara göre düşüktür. Birçok elemandan meydana geldikleri için ulaşımı, tesisi ve monte edilmesi kolaydır ve gerektiğinde güç artımına gidilebilir. Bu nedenle kondansatörler kompanzasyon için en uygun araçlardır.

Gerekli kondansatör gücü; aktif güç sabit olması durumu için Şekil 7.2' de görüldüğü gibi hesaplanır [32]:



Şekil 7.2 : Aktif güç sabit tutulup, görünür güç küçültülerek uygulanan yöntem

P_1 = Aktif güç. Sabit tutulmaktadır.

S_1 = Görünür güç ($S_1 > S_2$)

S_2 = Kompanzasyondan sonraki görünür güç

φ_1 = Görünür güce ait faz açısı

φ_2 = Kompanzasyondan sonraki faz açısı

Q_1 = Çekilen reaktif güç

Q_c = Gerekli kondansatör gücü

Q_2 = Kompanzasyondan sonraki reaktif güç

$Q_c = Q_1 - Q_2$ (7.2)

Güç kompanzasyonu tesislerinden azami verim elde etmek için kompanzasyon sisteminin yerinin ve bağlama şeklinin uygun bir şekilde seçilmesi gerekir. Bir tesiste kompanzasyon genel olarak üç şekilde yapılır [23]:

1. Bireysel Kompanzasyon:

En basit ve en etkili kompanzasyon yöntemidir. Her motor, lamba veya transformatör kendine bağlı belli güçte kondansatör ile tek tek kompanse edilir. Bu yöntemin üstünlükleri:

- İyileştirme tüm dağıtım sistemini etkiler ve kapasitenin artmasını sağlar
- Devrede bulunan makina sayısı ne olursa olsun toplam güç faktörünün değeri her zaman uygun değerdedir.

- İlave anahtara gerek olmadan kondansatör doğrudan düzeltme yapacak donanıma bağlanabilir.

Bu tip kompanzasyonun sakıncaları ise:

- Çok sayıda kondansatöre ihtiyaç vardır ve bu da maliyetleri yükseltir.
- Yükte geniş dalgalanmalar olduğu durumda, kendini ayarlayamadığı durumlarda aşırı kompanzasyona neden olabilir.

2. Grup Kompanzasyonu:

Reaktif yüklere ayrı ayrı kondansatör bağlanması yerine gruplar halinde kondansatörlerin bağlanmasıdır. Bu yöntemle kompanzasyon tesisinin maliyeti düşer ve dağıtım sisteminin kapasitesi artar. Grup kompanzasyonunda iyi bir güç faktörü elde etmek için gruba dahil ekipmanın tümü devrede olmalıdır. Çünkü bazı ekipmanlar devre dışı iken aşırı kompanzasyon oluşur. Bunu önlemek için kondansatör gruplarına anahtarlama yapılması gerekir.

3. Merkezi Kompanzasyon:

Tesisin güç faktörü bir merkezden denetlenir. Bu sistem en ucuz yöntemdir. Burada aşırı kompanzasyonu önlemek için kondansatör grubunu otomatik olarak devreye sokan ve çıkararak reaktif güç röleleri kullanılır. Bu sistem dağıtım sisteminin kapasitesini arttırmaz. Bu sistemde tüketici sayısı ve bunların devreye girip çıkmasıyla çekilen güçte değişiklik olduğundan, kondansatörlerin otomatik olarak devreye girip çıkması gerekir. Bu sayede hem düşük kompanzasyon hem de aşırı kompanzasyon önlenmiş olmaktadır. Kondansatörlerin otomatik olarak devreye girip çıkmasını reaktif güç rölesi sağlar.

Satın alınan elektrik faturalandırılırken sistemden çekilen ve sisteme aşırı kompanzasyon sonucu verilen reaktif enerji miktarı da göz önünde bulundurulur. Ölçülen endüktif ve kapasitif reaktif enerji miktarları belirli sınırlar içerisinde kalmalıdır. Eğer bu sınırlar aşılsa reaktif güç de faturalandırılarak bir ceza olarak müşteriden alınır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarafından belirlenen ve 1 Ocak 2009 tarihinden itibaren geçerli olan 'Elektrik İletim Sistemi Arz Güvenilirliği ve Kalitesi Yönetmeliği'nde yer alan 11. Maddeye göre 'Reaktif Enerji Kompanzasyonu' şu şekildedir:

İletim sistemine doğrudan bağlı tüketiciler ve dağıtım lisansına sahip tüzel kişiler tarafından; iletim sistemine bağlantıyla ilgili her bir ölçüm noktasında ve her bir uzlaşma periyodunda, sistemden çekilen endüktif reaktif enerjinin sistemden çekilen aktif enerjiye oranı yüzde ondördü, sisteme verilen kapasitif reaktif enerjinin sistemden çekilen aktif enerjiye oranı ise % 10'u geçemez.

İnceleme yapılan tesiste; şalt merkezinde 35MVA güçte 2 adet, tesis içinde 5 adet rectifier ve 65 adet 1600 ile 1200 kVA'lık toplam 72 adet trafo bulunmaktadır. 154 kV şalt merkezinde, 10,5kV orta gerilim barası için 10MVAR merkezi kompanzasyon kullanılıyor. Orta gerilim dağıtım merkezinde 4MVAR merkezi kompanzasyon kullanılıyor. İlave olarak 65 adet trafo merkezinde 0.4 kV bara için ayrıca merkezi kompanzasyon uygulanmaktadır. Son elektrik faturasında, sistemden çekilen endüktif reaktif enerjinin sistemden çekilen aktif enerjiye oranı yüzde % 5'tir [22].

7.3 Elektrik Motorlarında Verimlilik ve Yüksek Verimli Motor Kullanımı

Elektrik motorları, elektriksel gücün mekanik güce çevrilmesi prensibiyle çalışan motor tipidir. Sanayide kullanılan elektrik enerjisinin yarısından fazlasının elektrik motorları tarafından tüketilmesi ayrı bir önem taşır. Dolayısıyla motor seçimi, çalıştırılması, bakımı ve kayıpların giderilmesi verimlilik ve tasarruf konusunda oldukça önemlidir.

7.3.1 Elektrik motorlarının çalıştırılması

Elektrik motorunun etiketindeki sınırlamalara göre çalıştırılmasına özen gösterilmelidir. Motor üzerindeki etiketin birinci amacı, tasarım değerlerine uygun olarak çalıştırılacak motor hakkında kullanıcıya yeterli bilgiyi vermektir. Bu bilgiler standart endüstriyel uygulamaya ve güvenlik standartlarına dayanır. Dikkat edilmesi gereken hususlar [23]:

- Motorlar etiketteki gerilimin \pm % 10'undan farklı bir gerilimde çalıştırılmamalıdır. Yüksek gerilimler motor sıcaklığını, hızı ve titreşimi olumsuz yönde etkiler ve gerilime duyarlı motor kontrol rölelerini etkileyebilir. Düşük gerilimler ise kalkış anında motorun aşırı yüklenmesine neden olabilir.
- Motor etiketinde belirtilenden başka nominal frekanslarda çalıştırılmamalıdır.

- Motorlar etikette yazılı olan değerlerden daha fazla olarak yüklenmemelidir.
- Sıcaklık artışı etikette belirtilen değeri aşmamalıdır.

Bir motor etiketinde belirtilenden farklı bir çalışma çevriminde çalıştırıldığında, genellikle çalışma sıcaklığının yükselmesine, motorun ömrünün azalmasına ve termik aşırı yük koruma cihazlarının hatalı çalışmasına neden olur.

7.3.2 Elektrik motorlarının bakımı

Motor bakımı genellikle çok kolaydır. Elektrik motorları için bir bakım planı geliştirilirken göz önüne alınacak noktalar şunlardır [22]:

- Yataklar (rulmanlar) düzenli olarak yağlanmalıdır.
- Motorun aşırı veya düşük yüklü olmama durumu kontrol edilmelidir.
- Motor genel temizliği düzenli olarak yapılmalıdır.
- Motorun mekanik düzgünlüğü kontrol edilmelidir.
- Bağlı olan kabloların sağlamlığı ve temizliğine dikkat edilmelidir.
- Motorun serin ortamda çalıştırılmasına dikkat edilmelidir.

7.3.3 Elektrik motorlarında kayıplar

Bir elektrik motorunun verimi, motorun verdiği mekanik gücün motora verilen elektriksel güce oranı olarak ifade edilebilir [23].

$$\text{Motor Verimi} = \frac{P_m}{P_1} \quad (7.3)$$

P_m = 0,746 x BG olarak çıkış gücü

P_1 = kW olarak giriş gücü

İstenen bir mekanik enerji çıkışı için elektriksel güç tüketimini azaltmak, başka bir deyişle motor verimini arttırmak için kayıpların azaltılması gerekir.

$$\text{Motor Verimi} = \frac{P_m}{P_m + P_k} \quad (7.4)$$

P_k = Kayıplar

$$P_1 = P_m + P_k \quad (7.5)$$

Bir asenkron motordaki tipik kayıplar iki ana bölüme ayrılırlar, bunlar:

1 – Motor boşta çalışırken oluşan kayıplar (Motor yüküne bağlı olmayan kayıplar)

Tesislerde ihmal sebebiyle enerji tüketen ekipmanlar yükten çıktıkları zamanlarda bile çalışmaya devam etmektedirler. Boşta çalışmanın engellenmesinin otomatik yapılması için motor kullanımının olmadığı anlarda motoru otomatik durduran yk sensörleri kullanılmaktadır. Yük sensörleri, motor uzun bir sure boşta çalıştığında otomatik olarak devreye girer ve motoru durdurur. Yük sensörünün olmadığı durumlarda ise, işlemi biten makina tekrar üretime geçene kadar çalışanlar tarafından kapatılabilir.

Boşta çalışmanın önlenmesiyle yapılacak enerji ve parasal tasarruf [25];

$$\text{Motorun tam ykтейken çektiği enerji} \quad : A = P_m \times t_{t,yk} \times (YF / \eta_{t,yk}) \quad (7.6)$$

$$\text{Motorun kısmi ykтейken çektiği enerji} \quad : B = P_m \times t_{k,yk} \times (YF / \eta_{k,yük}) \quad (7.7)$$

$$\text{Motorun boşta çektiği enerji} \quad : C = P_m \times t_{boş} \times (YF / \eta_{boş}) \quad (7.8)$$

$$\text{Enerji tasarruf miktarı} \quad : S = B + C - A \quad (7.9)$$

$$\text{Mali Enerji Tasarrufu} = S \times \text{Elektrik Birim Fiyatı} \quad (7.10)$$

Burada;

P_m : Motor Gücü (kW)

$t_{t,yk}$: Moturun tam yükte çalışma süresi

$t_{k,yk}$: Motorun kısmi yükte çalışma süresi

$t_{boş}$: Motorun boşta çalışma süresi

$\eta_{t,yk}$: Tam yükte motor verimi

$\eta_{k,yk}$: Kısmi yükte motor verimi

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

YF : Motorun yüklenme faktörü

S : Enerji tasarruf miktarı (kWh)

olarak gösterilmiştir.

2 – Motor yükte çalışırken oluşan kayıplar

- Stator kayıpları: Akımın stator sargısından geçmesi ile oluşan direnç kaybıdır.
- Rotor kayıpları: Rotor iletkenindeki direnç kayıplarıdır.
- Demir kayıpları: Motorların manyetik devresinin enerjilenmesiyle ortaya çıkan anaför akımları ile histerisiz kayıplarının toplamından oluşur. Manyetik yapıdaki akı yoğunluğu, bu kayıpların saptanmasındaki başlıca etkidir. Ayrıca sacın kalitesi ve kalınlığıda bu kayıpları etkiler.
- Sürtünme ve hava sürtünmesi kayıpları: Bu tür kayıplar rotor karşısında hava sürtünmesi ve yataklardaki sürtünmeden oluşurlar.
- Yükün dalgalanması ile oluşan kayıplar: Sargı ve rotordaki kenar etkisiyle oluşur ve motor eleman ve konstrüksiyonu ile ilgilidir.

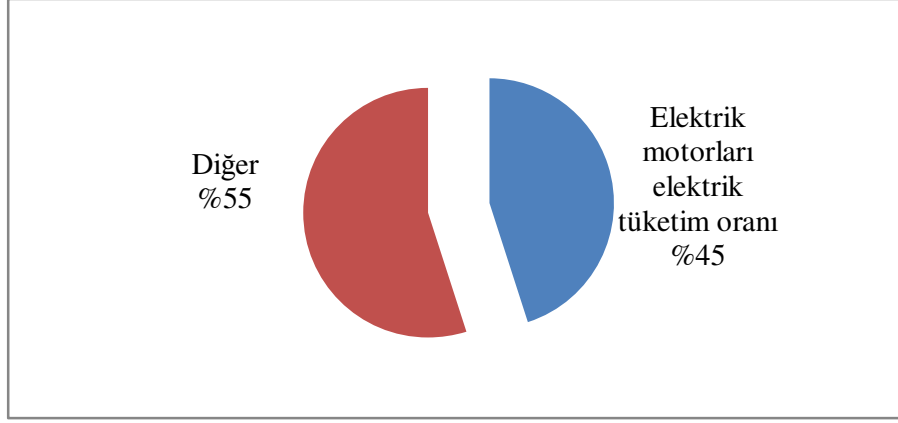
Bu kayıpların görülmesi amacıyla, 10-20 kW güç aralığında olan tipik bir asenkron motora ait veriler Çizelge 7.1’ de gösterilmiştir [23].

Çizelge 7.1 : Elektrik motor kayıpları

KAYIPLAR	%
Stator Kayıpları	5,6
Rotor Kayıpları	2,7
Demir Göbek Kayıpları	3,0
Sürtünme ve Hava Sürtünme Kayıpları	1,4
Yükün Dalgalanması ile Oluşan Kayıplar	2,3
TOPLAM	15,0

7.3.4 Yüksek verimli motor kullanımı

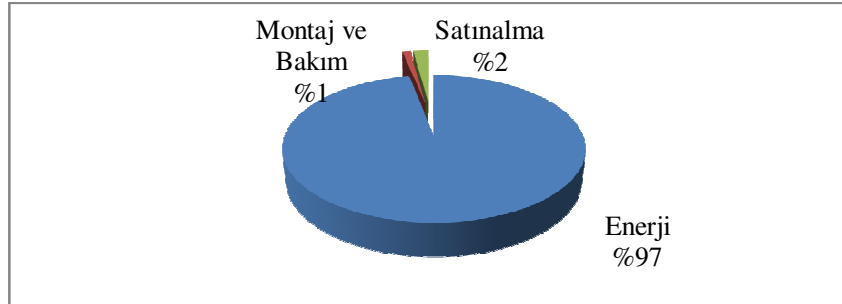
Genellikle cihaz seçiminde ve tasarım süresinde enerji verimliliğinin düşünülmesi ve buna göre seçim yapılması mantıklıdır. Çoğu zaman bir motor sisteminin veriminin artırılması birçok üretim ve bakım sorununu ortadan kaldıracaktır. Motor sistemlerinden bahsederken enerjinin girdiği bölümden son ürün çıkışına kadar olan kısımdan bahsedilir. Enerji kullanımı ise üretilen ürün başına harcanan enerji miktarı olarak tanımlanabilir. Düzgün bir motor sistem yönetimi verimli ve güvenilir bir üretim sağlarken, aynı zamanda üretim maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olur. Şekil 7.4’ te görüldüğü gibi, inceleme yapılan tesiste elektrik motorlarının harcadığı elektrik enerjisi tüm tesisin % 45’i kadardır [22]. Bunun yanında aydınlatma ekipmanlar ve HVAC (ısıtma, havalandırma, soğutma) cihazları diğer elektrik enerjisi tüketen elemanlardır.



Şekil 7.3 : Elektrik motorları elektrik enerjisi harcama oranı

Tesis içindeki elektrik motorlarının % 80'lik bölümü akışkan kontrolü için kullanılmaktadır. Akışkan kontrolü ile hava, su, kimyasal akışkanlar, gaz, vb. maddelerin kontrolü söz konusudur.

Şekil 7.3' ten görüldüğü üzere tesiste elektrik motorlarının harcadığı elektrik enerjisi tüm tesisin % 45'i kadardır. Bu durumda elektrik motorlarının harcadığı enerji önemli bir büyüklüktedir ve her bir elektrik motoru tasarım kriterine göre belirtilmiş ömrünü doldururken, kullanıcı önemli bir karar vermek zorundadır. Olası uygulamalar mevcut motorların tekrar sarılması ve onarımı veya yeni bir motor ile değiştirilmesidir. Genellikle bu karar ilk yatırım maliyeti ile yakından ilgili olsa da toplam motor maliyetinden bahsedildiğinde servis ve bakım maliyetleri de ihmal edilmemelidir. Örneğin; Şekil 7.4' te görüldüğü gibi 20 yıllık ömrü olan bir elektrik motoru için toplam maliyetin %3 lük payı satınalma, montaj ve bakım maliyetleri, %97 lik payını ise enerji tüketim maliyetleri oluşturmaktadır [33].



Şekil 7.4 : Elektrik motor maliyetleri

Burada görülmektedir ki elektrik motoru seçiminde asıl önem verilmesi gereken konu motorun verim değeridir. Bu konuda yol gösterecek olan verim sınıfları Avrupa Elektrik Makineleri ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi (CEMEP) tarafından alçak gerilim uygulanan 2 veya 4 kutuplu güçleri 1.1 KW ile 90 KW arasında değişen yüksek verimli motorlar (Eff1), verimi iyileştirilmiş motorlar (Eff2) ve düşük verimli motorlar (Eff3) olarak belirlenmiştir. Çizelge 7.2' te sınıflarına göre 2 ve 4 kutuplu olan motorların verim değerleri görülmektedir [34].

Çizelge 7.2 : Sınıflarına göre 2 ve 4 kutuplu olan motorların verim değerleri

kW	EFF 3	EFF 2	EFF 1	EFF 1
	2- & 4-pole	2- in 4- pole	2- pole	4- pole
	η_n [%]	η_n [%]	η_n [%]	η_n [%]
1,1	< 76,2	\geq 76,2	\geq 82,2	\geq 83,8
1,5	< 78,5	\geq 78,5	\geq 84,1	\geq 85,0
2,2	< 81,0	\geq 81,0	\geq 85,6	\geq 86,4
3	< 82,6	\geq 82,6	\geq 86,7	\geq 87,4
4	< 84,2	\geq 84,2	\geq 87,6	\geq 88,3
5,5	< 85,7	\geq 85,7	\geq 88,6	\geq 89,3
7,5	< 87,0	\geq 87,0	\geq 89,5	\geq 90,1
11	< 88,4	\geq 88,4	\geq 90,5	\geq 91,0
15	< 89,4	\geq 89,4	\geq 91,3	\geq 91,8
18,5	< 90,0	\geq 90,0	\geq 91,8	\geq 92,2
22	< 90,5	\geq 90,5	\geq 92,2	\geq 92,6
30	< 91,4	\geq 91,4	\geq 92,9	\geq 93,2
37	< 92,0	\geq 92,0	\geq 93,3	\geq 93,6
45	< 92,5	\geq 92,5	\geq 93,7	\geq 93,9
55	< 93,0	\geq 93,0	\geq 94,0	\geq 94,2
75	< 93,6	\geq 93,6	\geq 94,6	\geq 94,7
90	< 93,9	\geq 93,9	\geq 95,0	\geq 95,0

Dünyada birçok ülkede çeşitli teşviklerle Eff1 yüksek verimli motor kullanımı desteklenmekte, bazı ülkelerde ise düşük verimli Eff3 sınıfı ürünlerin kullanımı ve piyasaya arzı yasaklanmaktadır. Örneğin; Çin ve İsrail'de düşük verimli motor kullanımı yasaklanmıştır. AB'de ise kullanıcının bilinçli olması nedeniyle uygulama yasak ile değil işletmelerin kendi istekleriyle yapılmaktadır. Böylece düşük verimli motorların kullanımı oldukça azalmış durumdadır [33]. Çizelge 7.3' te 2005 yılı elektrik motorları pazar oranları görülmektedir [35]. Türkiye'de ise Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'nin yaptığı araştırmaya göre %65 oranında düşük verimli motor kullanımı olduğu açıklanmıştır [33].

Çizelge 7.3 : Elektrik motorları pazar oranları

	Avrupa		Türkiye
	CEMEP	Non CEMEP	
Eff1	% 9	% 7	% 7
Eff2	% 87	% 66	% 28
Eff3	% 4	% 27	% 65

Bu değerler dikkate alındığında standart verimli bir motor yerine yüksek verimli bir motor kullanarak, bir elektrik motorunun kullanım süresi boyunca oluşturacağı toplam masrafların azaltılması sağlanmış olur. Özellikle inceleme yapılan tesisteki gibi çok fazla sayıda elektrik motoru kullanılan tesislerde bu masraflarda sağlanacak olan azalma ile işletmenin toplam enerji tüketiminde de önemli derecede bir azalma sağlanabilir. Yüksek verimli motorların kazandırdığı tasarruf miktarı ve yapılan yatırımın geri ödeme süresi şu şekilde bulunabilir [23];

$$S = P_m \times YF \times m \times t_y \times (1/\eta_s - 1/\eta_e) \quad (7.11)$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \text{Yatırım Tutarı} / \text{YMTa} \quad (7.12)$$

$$\text{YMTa} = S \times b \quad (7.13)$$

Burada;

S : Elektrik giderindeki tasarruf miktarı (kWh)

P_m : Motor mekanik gücü (kW)

YF : Yük Faktörü

m : Motor sayısı

t_y : Yıllık çalışma süresi (Saat / yıl)

η_s : Düşük verimli standart motor verimi

η_e : Yüksek verimli motor verimi

YMTa : Yıllık Mali Tasarruf

b : Elektrik birim fiyatı (TL / kWh)

İnceleme yapılan tesiste 7,5 kW ile 90 kW'lık güç aralığındaki toplam 434 elektrik motorunun Eff2 sınıfı olduğu tespit edilmiştir. Bu motorların herhangi bir arıza sonrası, sarım yapılmak yerine Eff1 sınıfı yüksek verimli elektrik motorları ile

değiştirilmeleri sonucu elde edilecek yıllık mali tasarruf miktarları ve bunlara bağlı olarak yeni takılacak yüksek verimli motorların geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Çizelge 7.4' te sırasıyla nominal motor güçleri, motor sayıları, ortalama yıllık çalışma süreleri, yük faktörleri, elektrik tasarrufları (S), elektrik birim fiyatları (b), yıllık mali tasarrufları (YMTa), yatırım tutarları ve geri ödeme süreleri verilmiştir.

7.10 no'lu denkleme göre, elde edilecek elektrik tasarruf miktarı 7,5 kW'lık motorların tamamı için;

$$S = 7,5 \times 0,8 \times 7200 \times 3 \times (1/0,87 - 1/0,895) = 4161,05 \text{ kWh}$$

olarak hesaplanır.

Aynı şekilde diğer motorlar için de yapılan hesaplamalar Çizelge 7.4' te verilmiştir. Çizelge 7.4' te elektrik birim fiyatı verilen 2009 yılı nisan ayı elektrik enerjisi fiyatı baz alınmış olup yatırım tutarları ise Eff1 sınıfı enerji verimli motor satıcısından alınan teklif üzerinden hesaplanmıştır.

Çizelge 7.4 : Mevcut motorlar yerine verimli motor kullanımı ile sağlanacak tasarruf

P _m (kW)	m	t _y	YF	S (kWh)	b (TL/kWh)	YMTa (TL)	Yatırım Tutarı	Geri Ödeme Süresi (YIL)
7,5	3	7.200	0,8	4.161,05	0,144	599,19	1.530	2,55
11	39	7.200	0,8	64.863,18	0,144	9.340,30	27.300	2,92
15	41	7.200	0,8	82.459,92	0,144	11.874,23	34.850	2,93
18,5	45	7.200	0,8	104.470,59	0,144	15.043,76	51.165	3,40
22	85	7.200	0,8	219.448,95	0,144	31.600,65	114.750	3,63
30	56	7.200	0,8	170.946,85	0,144	24.616,35	95.200	3,87
37	77	7.200	0,8	248.535,72	0,144	35.789,14	173.250	4,84
45	33	7.200	0,8	118.426,49	0,144	17.053,41	97.350	5,71
55	18	7.200	0,8	65.229,92	0,144	9.393,11	63.000	6,71
75	32	7.200	0,8	156.122,95	0,144	22.481,70	135.200	6,01
90	5	7.200	0,8	31.962,33	0,144	4.602,58	34.000	7,39
TOPLAM	434	7.200	0,8	1.266.627,96	0,144	182.394,43	827.595	

7.4 Hız Kontrol Cihazları Kullanımı

Modern hız kontrol cihazları motora uygulanan gerilimin frekansını ayarlayarak motorun anlık olarak hızını değiştirebilmektedir. Başka bir deyişle motor uçlarındaki gerilimi ayarlayarak, yükü ancak karşılayacak şekilde akım çekmesini ayarlayabilirler. Yük ihtiyacının zaman içinde sabit kalmadığı uygulamalarda motorun çıkış kapasitesinin düşürülmesi enerji verimliliği sağlar. Yani yük ihtiyacı

değişiyorsa motorun da hızının hız kontrol cihazı ile bu oranda değiştirilmesi enerji tasarrufu sağlar [23,36].

İnceleme yapılan tesiste hız kontrol cihazlarının soğutma kulesi soğutma fanlarında kullanılmadığı saptanmıştır. Bu çalışmada Siemens hız kontrol cihazları programı kullanılmış olup, ortalama % 25'lik bir enerji tasarrufu sağladığı hesaplanmış, tespit edilen motorlara hız kontrol cihazı takılmasıyla elde edilecek yıllık mali tasarruf miktarı Çizelge 7.5' te gösterilmiştir.

Çizelge 7.5 : Motorlarda Hız Kontrol Cihazı Kullanılması İle Enerji Tasarruf Hesabı

P _m (kW)	m (adet)	t _y (h)	b (TL/kWh)	Yıllık Çekilen Enerji (kWh)	S (kWh)	YMTa (TL)
5,5	6	7.200	0,144	237.600	59.400	8.553,6
5,5	10	7.200	0,144	396.000	99.000	14.256
5,5	8	4.500	0,144	198.000	49.500	7.128
5,5	10	5.040	0,144	277.200	69.300	9.979,2
7,5	8	1.800	0,144	108.000	27.000	3.888
TOPLAM	42			1.216.800	304.200	43.804,8

Çizelge 7.5'teki değerler aşağıda tek bir motor grubu için yapılan hesaplamaların her bir motor grubuna yapılmasıyla elde edilmiştir.

$$\text{Yıllık çekilen enerji} = \text{Motor gücü} \times \text{Motor sayısı} \times \text{Yıllık çalışma saati} \quad (7.14)$$

$$\text{Yıllık çekilen enerji} = 5,5 \times 6 \times 7200 = 237.600 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Enerji tasarrufu miktarı (S)} &= \text{Yıllık çekilen enerji} \times 0,25 \\ &= 0,25 \times 237.600 = 59.400 \end{aligned} \quad (7.15)$$

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf (YMTa)} = S \times \text{Elektrik birim fiyatı (TL / kWh)} \quad (7.16)$$

$$\text{YMTa} = 59.400 \times 0,144 = 8553,6 \text{ TL / yıl}$$

Sistemin geri ödeme süresi ise hız kontrol cihazları maliyetlerinin, elde edilecek tasarruf miktarına bölünmesiyle bulunmuştur ve Çizelge 7.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 7.6 : Hız kontrol cihazları maliyetleri ve geri ödeme süreleri

P _m (kW)	m (adet)	YMTa (TL)	Hız Kontrol Cihazı Maliyeti (TL)	Toplam Hız Kontrol Cihazları Maliyeti (TL)	Geri Ödeme Süresi (YIL)
5,50	6	8.553,60	2.310	13.860	1,62
5,50	10	14.256	2.310	23.100	1,62
5,50	8	7.128	2.310	18.480	2,59
5,50	10	9.979,20	2.310	23.100	2,31
7,50	8	3.888	2.640	21.120	5,43
TOPLAM	42	43.804,80		99.660	2,28

7.5 Basınçlı Hava Sisteminde Enerji Tasarrufu

Basınçlı hava uygun, güvenli ve emniyetli olduğu için bir güç kaynağı olarak delme işlerinde, kontrol valflerinde, hava motorlarında, temizleme amaçlı olarak hava tabancalarında, boya spreylelerinde ve diğer birçok amaçlar için kullanılmaktadır. Birçok üstünlüğe sahip olmasına rağmen yüksek maliyetli bir güç kaynağıdır. İnceleme yapılan tesiste, aylık kullanılan elektrik enerjisinin % 8 i basınçlı hava kompresörlerinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla kompresörlerde yapılacak enerji tasarrufu tesis için önem taşımaktadır.

Kompresörlerde enerji tasarrufu sağlayabilecek önlemler kısaca aşağıda verilmiştir [23]:

- Kompresörler doğru tip ve boyutta seçilmelidir.
- Kompresöre soğuk, temiz ve kuru hava girişi sağlanmalıdır.
- Basınçlı hava ekipmanlarının düzenli olarak bakımı yapılmalıdır.
- Hava tank boyutları doğru seçilmelidir.
- Sistem verimliliğini sağlamak için gerekli enstrümanlar sağlanmalıdır.
- Hava kaçakları giderilmelidir.
- Mümkün olan en düşük basınçta çalışılmalıdır.
- Eğer ekonomikse sıkıştırma ısı geri kazanılmalıdır.
- Ekipmanlar uygun şekilde yağlanmalıdır.

7.5.1 Kompresörün çıkış basıncının düşürülmesi

Genel olarak ekipmanların daha düşük basınçlarda çalıştırılabildiği yerlerde elektrik enerjisinden tasarruf elde etmek mümkündür. Kompresörün maksimum basınç değerindeki azalmaya karşılık güç tüketiminde tasarruf sağlanabilir. Farklı basınçta havaya ihtiyaç duyan cihazlar eğer yapılabiliyorsa ayrı kompresörlerle beslenmeli veya ilgili cihaza ait hat ayrılıp o hattın girişine bağlanan bir regülatör ile basınç düşürülerek kayıplar azaltılmalıdır.

Basınç düşümü ile sağlanabilecek enerji tasarrufu aşağıdaki gibi hesaplanır [23]:

$$\text{Güç Tüketim Oranı (GTO)} = \frac{\left[\frac{(P_2 + P_e)}{P_e} \right]^{(k-1)/k} - 1}{\left[\frac{(P_1 + P_e)}{P_e} \right]^{(k-1)/k} - 1} \quad (7.17)$$

$$\text{Tasarruf edilen enerji} = \frac{P_{\text{komp}} \times \text{KKO} \times t_y \times (1 - \text{GTO})}{\eta_{\text{komp}}} \quad (7.18)$$

Bu formüllerde;

P_1 : Kompresör çıkış basıncı (bar)

P_2 : Kompresörün düşürülebilecek çıkış basıncı (bar)

P_e : Kompresör emiş basıncı (bar)

k : Hava özgül ısı oranı ($k=1,4$)

P_{komp} : Kompresör motor gücü (kW)

KKO : Kompresör kapasite kullanım oranı

t_y : Yıllık çalışma süresi

η_{komp} : Kompresör motor verimi

olarak verilmiştir.

7.5.2 Kompresör havasının soğuk ortamdan alınması

Prensip olarak soğuk, temiz ve kuru hava girişi daha verimli bir sıkıştırma sağlar. Bu nedenle binanın kuzey yönünde ve yağmurdan korunmuş bir hava girişi tercih edilmelidir. Giriş sıcaklığındaki her 5°C'lik düşme enerji tüketiminde %2'lik bir azalmaya neden olur [23].

Giriş havasının soğuk ortamdan alınmasıyla tasarruf edilecek enerji miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır [25]:

$$\text{Enerji Tasarruf Miktarı} = \text{GDO} \times P \times t_y \times (\text{YF} / \eta_{\text{motor}}) \quad (7.19)$$

$$\text{GDO} = 1 - \frac{T_d + 273}{T_e + 273} \quad (7.20)$$

GDO : Sıcaklığa bağlı güç düşüm oranı

P : Kompresör motor gücü

t_y : Yıllık çalışma süresi (saat)

YF : Yük Faktörü (fiili yükün tam yüke oranı)

η_{motor} : Kompresör motor verimi

T_d : Dış ortam sıcaklığı (°C)

T_e : Emiş havası sıcaklığı (°C)

İnceleme yapılan tesiste kullanılan tüm kompresörlerin hava emişini iç ortamdan yaptığı tespit edilmiştir. Hava emişinin dış ortamdan yapılması durumunda elde edilecek tasarruf miktarı yukarıdaki formüllerle Çizelge 7.7' de hesaplanmıştır:

Çizelge 7.7 : Hava emişin dış ortamdan yapılması durumunda edilecek tasarruf

P	adet	t_y	η_{motor}	KKO	T_d	T_e	C	GDO	ETM	YMTa
184	2	8.400	0,91	1	10	19	0,144	0,03	104.699,7	15.076,75
442	4	8.400	0,91	1	10	19	0,144	0,03	503.013,7	72.433,97
817	1	8.400	0,91	1	10	19	0,144	0,03	232.444,7	33.472,03
TOPLAM									840.158,1	120.982,8

KKO : Kompresör kullanma faktörü

C : Elektrik birim maliyeti (TL/kWh)

ETM : Enerji Tasarruf Miktarı (kWh/yıl)

YMTa : Yıllık Mali Tasarruf (TL/yıl)

$$\text{YMTa} = \text{Enerji Tasarruf Miktarı} \times \text{Elektrik birim fiyatı} \quad (7.21)$$

7.6 Aydınlatmada Tasarruf

Aydınlatmada tasarruf, lamba söndürerek değil, görme yeteneği ve görsel konfordan taviz vermeden, gerekli minimum düzeyde aydınlık düzeylerinin yaratılması ile sağlanabilir. İyi ve kaliteli bir aydınlatma ile çalışanların görme yetenekleri iyileştirilerek, iş hacmi ve verimi artırılır. Göz sağlığı korunur, iş kazaları en aza indirilir. Çalışma konforu ve iş potansiyelinin artmasıyla elde edilecek tasarruf elektrik enerjisine ödenen miktardaki azalmadan çok daha önemlidir. Bu nedenlerle endüstri tesislerinde amaç, görme koşullarını iyileştiren düzeyde düzgün ve kamaşmasız bir aydınlatma yaratılması olmalıdır. Bu da amaca uygun ışık kaynağı ve armatürlerin doğru seçimi ve yerleştirilmeleri ile mümkün olmaktadır.

İnceleme yapılan tesiste harcanan toplam yıllık elektrik enerjisinin %9,2'sini aydınlatmanın oluşturduğu görülmüştür [22]. Dolayısıyla yapılacak en küçük enerji tasarrufunun dahi önemi çok büyüktür.

7.6.1 Işık kaynakları

Aydınlatmanın gün boyunca uzun saatler kullanıldığı endüstri tesislerinde kullanılacak ışık kaynaklarının etkinlik faktörleri yüksek ve ömürleri uzun olmalıdır. İç aydınlatmaya uygun renk özellikleri dikkate alındığında da bu tesislerde tüp floresan, rengi düzenlenmiş yüksek basınçlı sodyum buharlı ve metal halojen (halide) lambaların kullanılabileceği ortaya çıkar. Sayılan bu lamba çeşitlerinin özellikleri, dolayısıyla kullanılabilecekleri alanlar birbirinden farklıdır. Çizelge 7.8' de sözkonusu ışık kaynaklarının özellikleri toplu olarak verilmiştir [37].

Çizelge 7.8 : Endüstri tesislerinde kullanılabilen ışık kaynaklarının özellikleri

Tipi	Gücü (W)	Etkinlik faktörü (lm/W)*	Ekonomik ömür (saat)	Işık rengi	Renksel geriverim
Tüp floresan	15-140	50-104	7.500-15.000	Çeşitli	orta→iyi (50-95)
Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı	50-1.000	64-123	7.000-20.000	Altın sarısı	zayıf→orta (25)
Metal Halojen	70-1.800	73-83	6.000	Soğuk beyaz	iyi→çok iyi (70-80)

*Balast kaybı dahil

7.6.2 Armatürler

Geniş açık alanlar olan fabrika hollerinin aydınlatılmasında kullanılan armatürler direkt ışık dağılımlı olmalıdır. Kirlenmenin de fazla olduğu bu geniş alanlarda tavan ve duvarlardan yansıyan ışığın katkısı yok denecek kadar azdır. Armatürler, ortamda olası toz, kir, nem ve patlayıcı gazlara karşı korunmalı, elle dokunulabilecek mesafelerde olanlar ise tamamen izole olmalıdır. Patlayıcı gaz ve buharlar, tutuşabilir sıvı ve katı maddelerin bulunduğu ortamlarda iki tip armatür kullanılır. Armatürler ya içlerinde olabilecek herhangi bir patlamayı dışarı sızdırmayacak şekilde, ya da patlayıcı gazların armatür içine girmelerini engelleyecek yapıda tasarlanırlar [37].

7.6.3 Aydınlık düzeyi ve düzgünlük

Aydınlatma ile ilgili tasarruf çalışmalarına başlarken öncelikle aydınlatılan bölümlerin aydınlık düzeyleri ölçülmelidir. Bu ölçümler sırasında doğal aydınlatmaya, çalışanların yoğun olduğu bölgelere, dikkat gerektiren noktalara vb. özel durumlara dikkat edilmelidir. Ayrıca aydınlatma hesaplamaları yapılırken, ışığın kullanım alanına göre ışığın rengine, aydınlatmanın kalitesine, lamba ömrüne ve maliyetine dikkat edilmelidir.

Tasarruf çalışması yapılacak alanda gerekli ölçümler yapıldıktan sonra mevcut sistemin yeterliliği gözden geçirilmelidir. Eğer mevcut durum istenen aydınlık düzeyinin çok altında kalmış ise mevcut lambalar yerine ışık akıları daha yüksek lambalar ile değişim yapılmalı veya armatür ilavesi yapılmalıdır. Eğer mevcut durum istenen aydınlık düzeyinin üstünde ise ortamdaki aydınlık düzeyi istenen değerde kalacak şekilde bazı lambaların söndürülmesi uygun olabilir. Tüm bu çalışmalar yapılırken aydınlatma sisteminin standartlarda belirtilmiş değerleri sağlayıp sağlamadığı belirlenmelidir. Ek A'da inceleme yapılan tesiste uygulanan EN 12464-1 (European Norm)'dan hazırlanmış EU-E-1 standartlarındaki ortalama aydınlık düzeyi E_m (lux) değerleri, kamaşma sınırlama katsayısı UGR_L ve renk geri verim endeksi R_a gösterilmiştir [22]. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi yapılan iş hassaslaştıkça ve zorlaştıkça gereken aydınlık düzeyi değerleri de artmaktadır.

Önerilen bu değerler kullanım süresince olması gereken değerlerdir. Bu nedenle ilk tesis değerleri saptanırken tesisin özelliklerine göre bir bakım-işletme faktörü (m) dikkate alınmalıdır. Bu faktör temiz koşullarda 0,8; kirli koşullarda ise 0,6 olarak kabul edilebilir. Genel aydınlatmada döşemeden yaklaşık 0,85 m. yükseklikteki

çalışma düzleminde hacmin özelliklerine göre belli bir düzgünlük oranının sağlanması istenilir [37].

7.6.4 Aydınlatma sistemleri

Endüstri tesislerinde üç aydınlatma sistemi kullanılmaktadır [23,37];

- Genel aydınlatma
- Çalışma düzlemlerinde yoğunlaştırılmış lokalize aydınlatma
- Özel (lokal) aydınlatma

7.6.4.1 Genel aydınlatma

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

- Çok katlı ofis tipli binalar (2,5 – 3,0 m) ; genellikle tavanları düzgün ve beyaz olduklarından daha iyi yansıtma özelliğine sahiptirler. Armatürler tavana eşit aralıklı bantlar veya kareler şeklinde dizilmiş olup genelde floresan lambalı aydınlatma düzenleri ile aydınlatılırlar.Montaj yüksekliği az olduğu için kamaşma kontrolüne dikkat gösterilmelidir.
- Tek ya da çok katlı fabrika binaları (3,0 – 4,0 m) ; armatürleri genellikle pencerelere ve çalışanların bakış doğrultularına paralel, çalışma bantları ve makina sıralarına dik olarak uzanan sürekli veya eşit aralıklarla kesintili bantlar şeklinde yerleştirilirler. Bu düzen çalışılan işin üzerine keskin gölgelerin düşmesini engellediği gibi, çalışanların gözlerine direkt gelen ışığın miktarını da azaltarak kamaşmayı kontrol eder. Bu düzende de yine floresan lambalı ve reflektörlü armatürlerin kullanılması en iyi çözümdür.
- Tek katlı fabrika binaları (4,0 – 7,0 m) ; genelde tavanlar düz veya testere-dişi şeklinde kademelidir ve pencereler duvarların en üst kısımlarında bulunmaktadır. Yapılan işin cinsi ne olursa olsun, gündüz saatlerinde bile doğal aydınlatma yeterli olmamakta, mutlaka ilave yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. 6 m. den alçak montaj yüksekliklerinde tavana veya çatı konstrüksiyonuna monte edilmiş yada birkaç metrelik askı çubukları ile asılmış floresan lambalı ve reflektörlü armatürler pencerelere dik veya

parallel uzanan sıralar halinde yerleştirilebilirler. Günişığı seviyesinin yüksek olduğu yerlerde, günişığı kontrollu ışık akısı ayarlanabilen (dimmerlenebilen) yüksek frekanslı floresan lambalı aydınlatma ekonomik bir çözüm olmaktadır. Montaj yüksekliği 6 m. yi aştığında ise etkinlik faktörleri ve ekonomik ömürleri daha yüksek olan diğer deşarj lambalarının kullanılması işletme ve bakım giderlerinde önemli bir ekonomi sağlamaktadır. Yeni armatürlerle bu yüksekliklerde de floresan lambalı ray sistemler önerilmektedir. Endüstri tesislerinde rengi düzenlenmiş yüksek basınçlı sodyum buharlı ve metal halojen (halide) lambalar kullanılabilir. En önemli nokta, yaratılan aydınlatmanın kalitesinin sağlanmasına dikkat edilmesidir. Renksel geriverim özellikleri çok farklı olan bu ışık kaynakları hacimde yapılan işin cinsine göre seçilmelidir. Örneğin boya renklerinin ayırt edilmesi gereken alanlarda mutlaka metal halojen lambalar kullanılmalıdır. Çok yükseğe monte edilen bu kompakt lambalar noktasal kaynaklar oluşturduklarından, aydınlatmanın düzgünlüğünün sağlanmasına ve sert gölgelerin önlenmesine de ayrı bir özen gösterilmelidir. Bu ışık kaynakları reflektörlü high-bay diye adlandırılan armatürler içine yerleştirildikleri ve çok yükseğe monte edildikleri için görüş alanındaki kamaşma tehlikesi büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır. Sözkonusu high-bay armatürler dar veya geniş açılı ışık dağılımına sahip olabilirler. Makinaların veya yüksek elemanların sık bulunduğu alanlarda dar açılı armatürlerin kullanılması avantajlıdır. Diğer taraftan kontrol panelleri, stok rafları gibi açıkça görülmesi gereken büyük düşey çalışma düzlemlerinin bulunduğu alanlarda ise daha geniş açılı armatürlerin kullanılması daha uygundur.

- Yüksek hangar tipi fabrika binaları (7 m den yüksek) ; armatürler tavana sıralar halinde yerleştirilir. Bakım çalışmaları nedeniyle armatürlerin monte edildikleri düzleme vinç veya benzeri cihazlarla ulaşılabilir. İhtiyaca göre dar veya geniş açılı ışık dağılımına sahip olabilen bu armatürlerin içlerinde güçleri 400 W veya 400 W dan büyük olan yüksek ışık akılı deşarj lambaları kullanılmaktadır. İnceleme yapılan tesiste, kaynak, montaj ve pres bölümlerinde tavan yükseklikleri 7 m yi geçen hangar tipi tavan şeklindedir.

7.6.4.2 Lokalize aydınlatma

Çalışma konumlarının sabit olduğu hacimlerde genel aydınlatma yerine, çalışma düzlemlerinde yoğunlaştırılmış lokalize aydınlatmanın tercih edilmesi bazen işletme ve bakım masrafları açısından daha ekonomik olmaktadır. Bu sistemde armatürler çalışma düzlemlerinin üzerinde oldukça alçak seviyelere monte edilmektedir. Kamaşma açısından, çevredeki parıltının genel aydınlatmadaki sınır değeri aşmamasına ve iyi ekranlanmış armatürler kullanılmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca çalışma düzlemlerinin arasındaki geçiş yollarının da rahatça görme koşullarının sağlanabileceği bir seviyede aydınlatılması gerekmektedir.

7.6.4.3 Özel aydınlatma

Ek A'da görülen aydınlık düzey değerlerine bakıldığında, bazı işler için çok yüksek değerlerin gerektiği anlaşılmaktadır. Bu kadar yüksek değerlerin genel aydınlatma ile tüm hacimde sağlanması hem teknik hem de ekonomik açıdan çoğu kez mümkün olmamaktadır. Böyle durumlarda normal düzeyde genel aydınlatma ile beraber, sadece üzerinde çalışılan işin ve onun yakın çevresinin yoğun olarak aydınlatıldığı özel (lokal) aydınlatmalar soruna çare olmaktadır. Bakılan iş ile onun arka fonu arasında iyi bir parıltı kontrastı yaratarak görme işini kolaylaştıran özel aydınlatma, genel aydınlatmaya ek bir fayda da sağlamaktadır. Özel aydınlatmalar hiçbir zaman tek başına bir çözüm olarak düşünülmemeli, her zaman genel aydınlatmanın tamamlayıcısı olarak kullanılmalıdır. Çalışanların gözlerinde direkt kamaşmanın olmasını önleyecek şekilde gerçekleştirilen özel aydınlatmalarda kullanılan ışık kaynaklarının cinsleri, renkleri ve yönleri iyi seçilerek yapılan işin daha kolay görünmesi sağlanabilir.

7.6.5 Aydınlatmanın kontrolü ve önlemler

- Pencerelelere paralel uzanan armatür sıralarının uygun anahtarlama düzenekleri ile bağımsız olarak yakıp söndürülebilmeleri büyük enerji tasarrufu sağlar. Bu sayede, günışığı yeterli olduğunda pencere kenarındaki armatür sıraları söndürülebilir. Aynı açma-kapama hatta loşlaştırma işlemleri günışığı sensörleri ile otomatik olarak da gerçekleştirilebilir.
- Aydınlık düzeyleri değişik noktalarda ölçülerek seviye ve düzgünlük kontrol edilmelidir. Enerji tasarrufu açısından gereğinden fazla aydınlatma

yapılmamalıdır. Çalışma verimini ve güvenliğini düşüreceğinden, ölçülen düşük aydınlık düzeyi değerleri yeterli seviyelere yükseltilmelidir.

- İstenilen düzgünlük değerini sağlayan, tavan yapısına uygun, etkinlik faktörü ve ömrü yüksek ışık kaynakları ve az kayıplı balastlar kullanılmalıdır.
- Verimi yüksek, direkt ışık dağılımlı armatürlerle lambanın ürettiği ışık akısı çalışma düzlemine en az kayıpla iletilmelidir.
- Armatür ve lambalar belirli periyotlarda mutlaka temizlenmelidir.
- Ekonomik ömür sonunda tüm lambalar yenileri ile değiştirilmelidir.
- Binaların mimarisi, günışığından maksimum ölçüde yararlanılacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Aydınlatmanın günüşiği, insan ve zamana bağlı kontrolleri gerçekleştirilmelidir [23,37].

Tesiste mevcut aydınlatma sistemi incelenmiş ve tesiste aydınlık düzeyi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Aydınlatma açısından yapılan değerlendirmelerde kullanılan formüller aşağıdaki gibidir;

$$\text{Aydınlatma tüketimi} = [(P_L \times n_L) + (P_B \times n_B)] \times t_y \quad (7.22)$$

Burada;

P_L : Lamba gücü (W)

n_L : Lamba sayısı

P_B : Balast gücü

n_B : Balast sayısı

t_y : Yıllık çalışma süresi (saat)

olarak gösterilmiştir.

$$\text{Aydınlatma maliyeti} = \text{Aydınlatma tüketimi} \times \text{Elektrik birim fiyatı} \quad (7.23)$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = (\text{Armatür ve lamba fiyatı}) \times (\text{Armatür sayısı}) / \text{YMTa} \quad (7.24)$$

YMTa : Yıllık mali tasarruf

şeklinde hesaplanmıştır.

İnceleme yapılan tesiste yapılan ölçümler sonucu kullanılan genel aydınlatma sisteminin, Ek A'da verilen EN 12464-1 standardından üretilen EU-E-1 standardına

göre yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Standartlara uygun olarak yapılmış bir aydınlatma sistemi iş verimini artırmakta, üretim hatalarını ve kaza oranlarını azaltmakta etkili olduğu bilinmektedir. Bu nedenle incelenen tesisin aydınlatma sisteminin, kaliteli ve yüksek verimli, armatür, lamba, balast kullanarak ve ortamdaki ekipmanın yerleşimi göz önünde bulundurarak standartlara uygun olacak şekilde yenilenmesi gerekmektedir.

İnceleme yapılan tesisin kurulu aydınlatma gücü 2.691.537 W olup, tasarruf çalışması yapılacak alanın toplam kurulu aydınlatma gücü 1.084.500 W olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu alanların genel aydınlatmaları için tasarruf çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanında 13,6 m x 9,12 m'lik bir bölüm alınıp, yeni armatürler ile aydınlatma tasarım hesapları yapılmış ve bu hesaplar Ek B'de verilmiştir. Bu örnek alan hesaplamaları kullanılarak seçilen alanlar için toplam tasarruf hesapları yapılmıştır.

Takım & Kalıp alanının genel aydınlatma mevcut durumu ve buna karşılık önerilen durumda kullanılan lambaların gücü, ölçülen mevcut durum aydınlık düzeyi ve balast gücü değerleri ile mevcut OSRAM 400W HQI-E-400W metal halide lambaların yerine Eae revo 2x80W fluoressan armatüre yerleştirilecek Philips master TL5 HO 80W 840slv tipi fluoressan lambaların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf ve aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış, Çizelge 7.9' da verilmiştir.

Çizelge 7.9 : Takım & Kalıp mevcut durum ve önerilen durum

Takım & Kalıp	Mevcut durum	Önerilen durum
Lamba tipi	OSRAM 400W HQI-E-400W/D metal halide	Philips master TL5 HO 80W 840slv fluoressan
Alan (m ²)	12.305	12.305
Lamba gücü (W)	400	160
Balast gücü (W)	20	16
Toplam güç (W)	420	176
Armatür sayısı	386	232
Lamba sayısı	386	464
Çekilen güç (W)	162120	40832
Aydınlık düzeyi (lx)	Ölçülen mevcut durum 190	Hesaplanan yeni durum 276
W/m ²	13,17	3,31
Yıllık tüketim (kWh)	1.167.264	293.990,4
kWh/m ² /yıl	94,86	23,89
Tüketim maliyetleri (TL)	168.086,01	42.334,61

Çizelge 7.9' dan görüldüğü gibi sadece mevcut 400W metal halide lambaların, 2x80 W'lık floresan lambalar ile değiştirilmesiyle Takım & Kalıp alanının aydınlatılması için tüketilen elektrik enerjisi maliyetinde % 74,8'lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamdaki aydınlık düzeyi % 45,2 artacaktır.

Mevcut lambanın yerine konulacak 2 adet floresan lambanın, armatürün ve elektronik balastın montaj ve işçilik dahil fiyatı 251 TL'dir. Bu durumda geri ödeme süresi denklem 7.24'ten;

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf} = 168.086,01 - 42.334,61 = 125.751,40 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = (251 \times 232) / 125.751,40 = 0,46 \text{ yıldır.}$$

Kaynak 1 alanının genel aydınlatma mevcut durumu ve buna karşılık önerilen durumda kullanılan lambaların gücü, ölçülen mevcut durum aydınlık düzeyi ve balast gücü değerleri ile mevcut Philips H4 250 W HPI/IP54 lambaların yerine Eae revo 2x80W flo armatüre yerleştirilecek Philips master TL5 HO 80W 840slv tipi floresan lambaların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf ve aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış, Çizelge 7.10' da verilmiştir.

Çizelge 7.10 : Kaynak 1 mevcut durum ve önerilen durum

Kaynak 1	Mevcut durum	Önerilen durum
Lamba tipi	H4 250 W HPI/IP 54 metal halide	Philips master TL5 HO 80W 840slv floresan
Alan (m ²)	3.640	3.640
Lamba gücü (W)	250	160
Balast gücü (W)	20	16
Total güç (W)	270	176
Armatür sayısı	484	290
Lamba sayısı	386	580
Aydınlık düzeyi (lx)	Ölçülen mevcut durum 250	Hesaplanan yeni durum 276
Çekilen güç (W)	130.680	51.110,40
W/m ²	35,90	14,04
Yıllık tüketim (kWh)	940.896	367.994,88
kWh/m ² /yıl	258,48	101,10
Tüketim maliyetleri (TL)	135.489,02	52.991,26

Çizelge 7.10' dan görüldüğü gibi sadece mevcut 250W metal halide lambaların, 2x80 W'lık floresan lambalar ile değiştirilmesiyle Kaynak 1 alanının aydınlatılması için

tüketilen elektrik enerjisi maliyetinde % 60,8'lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamdaki aydınlık düzeyi % 10,4 artacaktır.

Mevcut lambanın yerine konulacak 2 adet floresan lambanın, armatürün ve elektronik balastın montaj ve işçilik dahil fiyatı 251 TL'dir. Bu durumda geri ödeme süresi denklem 7.24'ten;

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf} = 135.489,024 - 52.991,26 = 82.497,76 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = (251 \times 290) / 82.497,76 = 0,88 \text{ yıldır.}$$

Kaynak 2 alanının genel aydınlatma mevcut durumu ve buna karşılık önerilen durumda kullanılan lambaların gücü, ölçülen mevcut durum aydınlık düzeyi ve balast gücü değerleri ile mevcut Philips H4 400 W HPI/IP 54 metal halide lambaların yerine Eae revo 2x80W flo armatüre yerleştirilecek Philips master TL5 HO 80W 840slv tipi floresan lambaların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf ve aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış, Çizelge 7.11' de verilmiştir.

Çizelge 7.11 : Kaynak 2 mevcut durum ve önerilen durum

Kaynak 2	Mevcut durum	önerilen durum
Lamba tipi	H4 400 W HPI/IP 54 metal halide	Philips master TL5 HO 80W 840slv floresan
Alan (m ²)	3.000	3.000
Lamba gücü (W)	400	160
Balast gücü (W)	20	16
Total güç (W)	420	176
Armatür sayısı	480	288
Lamba sayısı	480	576
Aydınlık düzeyi (lx)	Ölçülen mevcut durum 190	Hesaplanan yeni durum 276
Çekilen güç (W)	201.600	50.688
W/m ²	67,2	16,9
Yıllık tüketim (kWh)	1.451.520	364.953,60
kWh/m ² /yıl	483,84	121,65
Tüketim maliyetleri (TL)	209.018,88	52.553,32

Çizelge 7.11' den görüldüğü gibi sadece mevcut 400W metal halide lambaların, 2x80 W'lık floresan lambalar ile değiştirilmesiyle Kaynak 2 alanının aydınlatılması için tüketilen elektrik enerjisi tüketim maliyetinde % 74,85'lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamdaki aydınlık düzeyi % 45,2 artacaktır.

Mevcut lambanın yerine konulacak 2 adet fluoressan lambanın, armatürün ve elektronik balastın montaj ve işçilik dahil fiyatı 251 TL'dir. Bu durumda geri ödeme süresi denklem 7.24'ten;

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf} = 209.018,88 - 52.553,32 = 156.465,56 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = (251 \times 288) / 156.465,56 = 0,46 \text{ yıldır.}$$

Montaj alanının genel aydınlatma mevcut durumu ve buna karşılık önerilen durumda kullanılan lambaların gücü, ölçülen mevcut durum aydınlık düzeyi ve balast gücü değerleri ile mevcut Philips H4 400 W HPI/IP 54 metal halide lambaların yerine Eae revo 2x80W flo armatüre yerleştirilecek Philips master TL5 HO 80W 840slv tipi fluoressan lambaların kullanılmasıyla elde edilecek tasarruf ve aydınlık düzeyindeki artış değerleri hesaplanmış, Çizelge 7.12' te verilmiştir.

Çizelge 7.12 : Montaj mevcut durum ve önerilen durum

Montaj	Mevcut durum	Önerilen durum
Lamba tipi	H4 400 W HPI/IP 54 metal halide	Philips master TL5 HO 80W 840slv fluoressan
Alan (m ²)	7.066	7.066
Lamba gücü (W)	400	160
Balast gücü (W)	20	16
Total güç (W)	420	176
Armatür sayısı	875	525
Lamba sayısı	875	1050
Aydınlık düzeyi (lx)	Ölçülen mevcut durum 190	Hesaplanan yeni durum 276
Çekilen güç (W)	367.500	92.400
W/m ²	52,00	13,08
Yıllık tüketim (kWh)	2.646.000	665.280
kWh/m ² /yıl	374,46	94,15
Tüketim maliyetleri (TL)	381.024	95.800,32

Çizelge 7.12' te görüldüğü gibi sadece mevcut 400W metal halide lambaların, 2x80 W'lık fluoressan lambalar ile değiştirilmesiyle Montaj alanının aydınlatılması için tüketilen elektrik enerjisi tüketim maliyetinde % 74,85'lik bir tasarruf elde edilebilecek ve aynı zamanda ortamdaki aydınlık düzeyi % 45,2 artacaktır.

Mevcut lambanın yerine konulacak 2 adet floresan lambanın, armatürün ve elektronik balastın montaj ve işçilik dahil fiyatı 251 TL'dir. Bu durumda yeni sistemin geri ödeme süresi denklem 7.24'ten;

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf} = 381.024 - 95.800,32 = 285.223,68 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = (251 \times 525) / 285.223,68 = 0,46 \text{ yıldır.}$$

Aynı lamba çeşitleri Pres alanında da kullanıldığında mevcut ve önerilen durumlar Çizelge 7.13' teki gibi olmaktadır.

Çizelge 7.13 : Pres alanı mevcut durum ve önerilen durum

Pres alanı	Mevcut durum	Önerilen durum
Lamba tipi	H4 400 W HPI/IP 54 metal halide	Philips master TL5 HO 80W 840slv floresan
Alan (m ²)	3058	3058
Lamba gücü (W)	400	160
Balast gücü (W)	20	16
Total güç (W)	420	176
Armatür sayısı	530	318
Lamba sayısı	530	636
Aydınlık düzeyi (lx)	Ölçülen mevcut durum 190	Hesaplanan yeni durum 276
Çekilen güç (W)	222.600	55.968
W/m ²	72,79	18,30
Yıllık tüketim (kWh)	1.602.720	402.969,60
kWh/m ² /yıl	524,10	131,78
Tüketim maliyetleri (TL)	230.791,68	58.027,62

Mevcut lambanın yerine konulacak 2 adet floresan lambanın, armatürün ve elektronik balastın montaj ve işçilik dahil fiyatı 251 TL'dir. Bu durumda yeni sistemin geri ödeme süresi denklem 7.24'ten;

$$\text{Yıllık Mali Tasarruf} = 230.791,68 - 58.027,62 = 172.764,06 \text{ TL / yıl}$$

$$\text{Geri ödeme süresi} = (251 \times 318) / 172.764,06 = 0,46 \text{ yıldır.}$$

8. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Ülkemiz, genç ve artan nüfusu, hızlı büyüyen ekonomisi ve stratejik konumu sebebiyle önemli bir yatırım bölgesi özelliğindedir. Fakat, enerjinin ulusal kalkınmadaki önemli rolü sebebiyle, ülkemizin bu özelliğini kaybetme olasılığı yüksektir. Enerji ihtiyacının % 70'ini ithal eden ülke konumunda oluşumuz sonucuyla ekonomi üzerine binen yük ve enerjinin yeterince verimli kullanılmaması kayıpları daha da arttıracaktır. Bu durumda, ülkemizin sahip olduğu özellikleri en iyi şekilde değerlendirmesi için, yerel enerji kaynaklarının büyük oranda kullanılması ve artan enerji talebinin karşılanabilmesi için, enerji ithalatının yanında, yeni yerel enerji kaynaklarının aranmasına, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımların hızlandırılmasına ve nükleer enerjinin kullanılmasına başlayarak enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi gerekmektedir. Aksi halde artan tüketim değerleri, ülkemizi daha da dışa bağımlı hale getirecektir.

Ulusal alanda olduğu gibi ticari alanda da, sanayiciler için enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve enerjinin verimli kullanılmasıyla kazanç sağlama mümkündür. Otomotiv sanayinde ciddi bir rekabetin olduğu göz önüne alınırsa, maliyetlerin azaltılması, toplam maliyetler içinde önemli bir paya sahip enerji maliyetlerinin düşürülmesi ile mümkündür. Bu durumda yapılacak enerji verimliliği ve tasarruf çalışmaları önem kazanmaktadır. Ülkemizde bu çalışmaların uygulanması amacıyla, enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve çevrenin korunması için, enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması için 02.05.2007 tarihinde 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu yürürlüğe girmiştir.

Bu tez çalışmasında bir otomobil fabrikasında yapılabilecek enerji tasarruf çalışmalarına yer verilmiştir. Ortaya konulan tasarruf çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile sanayide enerjinin etkin kullanımı sağlanacak, enerji tüketimleri azaltılmış olacak ve araç başına harcanan enerji miktarı azaltılarak araç başına maliyet düşürülmüş olacaktır. Anlatılan iyileştirme çalışmaları ve uygulamaları düşünülürken tasarruf miktarı ve yatırımın geri ödeme süresi de göz

önünde bulundurulmalıdır. Unutulmamalıdır ki, enerjinin verimli kullanılmasıyla elde edilecek kazanç, işletme için kar niteliği taşır.

Isı enerjisi tüketimi ve elektrik enerjisi tüketimi açısından incelenen tesiste yapılabilecek olan tasarruf çalışmaları sonucunda elde edilebilecek TL cinsinden yıllık mali tasarrufları Çizelge 8.1 ve Çizelge 8.2’ de verilmiştir.

Çizelge 8.1 : Isı enejisinde yapılabilecek yıllık yakıt ve mali tasarruf miktarı

	Yıllık Yakıt Tasarrufu (m3)	Yıllık Mali Tasarruf (TL)
Yanma havasının ön ısıtılması	108.967,28	87.173,82
Ekonomizer kullanımı	109.008	87.206,4
Yalıtım	41.236,78	32.989,42
Yemekhane sıcak suyu ön ısıtılması	168.000	134.400
	427.212,05	341.769,64

Çizelge 8.2 : Elektrik enejisinde yapılabilecek yıllık elektrik ve mali tasarruf miktarı

	Yıllık Elektrik Tasarrufu (kWh)	Yıllık Mali Tasarruf (TL)
Eff1 sınıfı verimli motor kullanımı	1.266.627,96	182.394,43
Hız kontrol cihazları kullanımı	304.200	43.804,8
Kompresör havasının dış ortamdan alınması	840.158,1	120.982,8
Aydınlatma	5.713.211,52	822.702,46
	8.124.197,58	1.169.884,49

Yukarıdaki çizelgelerden görüldüğü üzere, tesiste enerji tasarrufu çalışmaları yaparak her zaman olumlu sonuçlar elde etmek mümkündür. Her tesiste gereksiz yere harcanan ve boşa tüketilen bir enerji olduğu unutulmamalıdır. Önemli olan atılması kaçınılmaz olan atık enerjinin mümkün olduğunca azaltılması ve farklı alanlarda kullanarak değerlendirilmesidir. Burada teknolojinin gelişimi ve sanayide kullanım faktörü çok önemlidir.

İşletme açısından üretim maliyetleri içerisinde yer alan enerji maliyetlerinin düşürülmesinde önemli bir paya sahip olan tasarruf çalışmalarının tüm sanayi kollarında yürütülmesiyle, enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz enerji ithalatında da azalma sağlayacak, dolayısıyla ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Azalan enerji tüketimleri ile, gaz emisyonları azalacak ve çevre kirliliği en aza inecektir.

KAYNAKLAR

- [1] **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, 2009. Enerji tüketim ve üretim değerleri, <http://www.enerji.gov.tr>
- [2] **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, 2009. Enerji verimliliği, <http://www.enerji.gov.tr>
- [3] **World Energy Council (WEC)**, 2007. Survey of Energy Resources 2007, <http://www.worldenergy.org/publications/>
- [4] **İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü**, Nisan 2007. Türkiye’de enerji ve geleceği, İTÜ Görüşü, <http://www.enerji.itu.edu.tr/ITUOnerileri.pdf>
- [5] **World Energy Council (WEC)**, 2007. Survey of Energy Resources Executive Summary 2007, <http://www.worldenergy.org/publications/>
- [6] **International Energy Agency (IEA)**, 2008. World Energy Outlook, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/>
- [7] **BP**, 2007. BP Statistical Review of World Energy June 2007, http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2007/STAGIN/G/local_assets/downloads/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2007.pdf
- [8] **Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü**, 2009. Maden Rezervleri 2009, http://www.mta.gov.tr/v1.0/index.php?id=maden_rezervleri&m=5
- [9] **Tamzok, Nejat**, 2006. 2006 Yılı Elektrik Üretimi Amaçlı Kömür Üretimleri, EMO Enerji Dergisi, Şubat 2007, Sayı:1, s.7-8, www.maden.org.tr/resimler/ekler/2e7b5bb0ec8bb7e_ek.doc?tipi=23&turu=X&sube=0 -
- [10] **International Energy Agency (IEA)**, 2006. IEA 2005-2006 Forecasts, <http://www.iea.org>
- [11] **Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Federal Institute for Geosciences and Natural Resources**, 2006. World Natural Resources Survey, 2006.
- [12] **Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAŞ)**, 2009. Doğalgaz Ticareti, <http://www.botas.gov.tr/index.asp>
- [13] **Türkiye Elektrik İletim AŞ Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı**, 2007. Türkiye elektrik enerjisi 10 yıllık üretim kapasite projeksiyonu (2007–2016), <http://www.teias.gov.tr/projeksiyon/KAPASITE%20PROJEKSIYONU%202007.pdf>

- [14] **Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)**, 2009. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) 2009 yılı programı, www.dpt.gov.tr
- [15] **Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK)**, 2009. Elektrik piyasası tarifeleri (2008-2009), <http://www.epdk.gov.tr/tarife/elektrik/tarife.htm>
- [16] **Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)**, 2007. Otomotiv Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), www.dpt.gov.tr
- [17] **European Automobile Manufacturers' Association (ACEA)**, 2009. European Union Economic Report 2009, <http://www.acea.be/>
- [18] **Bedir, Atilla**, 2002. Türkiye’de Otomotiv Sanayi Gelişme Perspektifi, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), Kasım 2002, www.dpt.gov.tr/DocObjects/Download/3310/gelisme.pdf
- [19] **Otomotiv Sanayi Derneği (OSD)**, 2008. Otomotiv Sanayi Genel ve İstatistik Bülteni, <http://www.osd.org.tr/>
- [20] **Kavak, Kubilay**, Eylül 2005. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), 2005, www.dpt.gov.tr/DocObjects/Download/3154/enerji.pdf
- [21] **Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ) Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi (UETM)**, Mayıs 2006. Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt 1 EİEİ Yayınları, Ankara.
- [22] **Tesis Enerji Yöneticisi**, 2009. Kişisel Görüşme
- [23] **Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ) Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi (UETM)**, Mayıs 2006. Sanayide Enerji Yönetimi Esasları, Cilt 3 EİEİ Yayınları, Ankara.
- [24] **Dağsöz A.**, 1998. Sanayide, Sanayi Yapılarında ve Ulaşımında Enerji Tasarrufu, *Sürekli Eğitim Kursu Kitabı*, İTÜ Mak.Fak Kütüphanesi, İstanbul
- [25] **Kaya D., Güngör C.**, 2002. Sanayide Enerji Tasarrufu Potansiyeli-II, *Mühendis Makina*, Aralık, 515, İstanbul.
- [26] **Aral.M.**, Şubat 2008. Kazan Dairesi ve Ekonomizer Hesaplamaları, www.aralsan.isi.googlepages.com/ARALSAN_EKONOMIZOR.pdf
- [27] **Url-1** www.yakacikvalf.com.tr/pdftr/vana_ceketi.pdf
- [28] **Url-2** <http://www.enerjitasarrufu.com>
- [29] **TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi**, 2005. *Yalıtım Kitabı* Yayın No: MMO/2005/399, TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Kütüphanesi, İstanbul.
- [30] **Siddhartha Bhat M.**, 1999. Energy audit case studies - Steam systems, www.elsevier.com/locate/apthermeng
- [31] **Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ) Sanayide Enerji Verimliliği**, 2009. Güç Faktörünü Düzeltme, Teknik Bilgi Serisi No:30, http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/ts30.html

- [32] **Sezgin M.**, 2003. Kompanzasyon Gerekliliği, *3e Elektrotech Dergisi* 2003/5, http://www.emo.org.tr/ekler/19ea80272498982_ek.pdf?tipi=35&turu=X&sube=0
- [33] **Gören E.**, 2009. Elektrik Motoru Ve Hız Kontrol Sistemleri İle Enerji Verimliliği, *1.Ulusal Enerji Verimliliği Forumu Bildiriler Kitabı*.
- [34] **Definition of Standards For High Efficiency Electric Motors**, 2004. OPET Network, Jozef Stefan Inst., Energy Efficiency Center (EEC), Slovenia.
- [35] **International Council on Archives (ICA)**, 2005. Market shares of electric motors. <http://www.ica.org/>
- [36] **Üser Y., Yalçın M.A., Özen Ş.**, 2005. Tipik Bir Endüstriyel Tesiste Enerji Verimliliği Hesaplamaları, 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, 17-18 Mayıs, Kocaeli.
- [37] **Onaygil S.**, 2009. Endüstri Tesislerinin Aydınlatılmasında Enerji Tasarrufu, İ.T.Ü Enerji Enstitüsü, http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/eht535_endustri_aydinlatma.pdf
- [38] **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, 2009. Enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin arttırılmasına dair yönetmelik, http://www.enerji.gov.tr/mevzuat/5627/Enerji_Kaynaklarinin_ve_Enerjinin_Kullaniminda_Verimlilikin_Artirilmesine_Dair_Yonetmelik.pdf

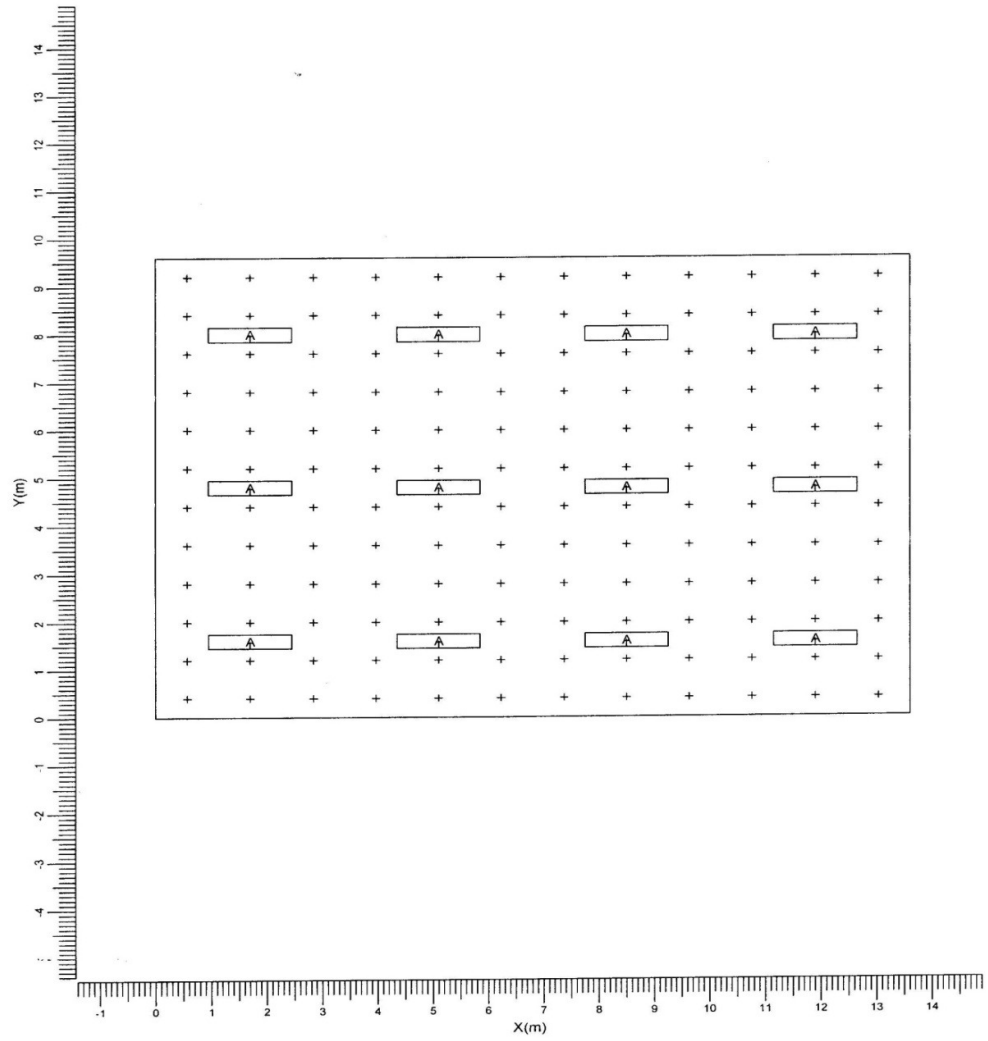
EK A**Çizelge A.1 : EU-E-1 Standatlarında Aydınlatma Kriterleri**

Pres Alanı	E_m (Lux)	UGR_L	R_a
Genel Aydınlatma	300	22	80
Lokal Çalışma Alanı	500	22	80
Malzeme Saklama Alanı	100	-	60
İnceleme	750	22	80
Kaynak Alanı			
Genel Aydınlatma	300	22	60
Lokal Çalışma Alanı	500	22	60
Yüzey Hazırlama	500	22	80
Saklama Alanı	50	-	20
Konveyör Aydınlatma	50	-	20
İnceleme	500	19	80
Yüzey İnceleme	750	22	80
Boyahane			
Genel Aydınlatma	300	19	80
Zımparalama	750	22	80
Boya Kabini	750	22	80
Boya İnceleme	1000	19	90
Cilalama Alanı	1000	19	90
Montaj Alanı			
Genel Aydınlatma	300	22	80
Montaj Hattı	500	22	80
İç Montaj	500	22	80
İnceleme Alanı	750	19	80
Takımhane			
Genel Aydınlatma	300	25	80
Lokalize Aydınlatma	500	22	80
Cilalama, zımparalama alanı	750	22	80
İnceleme Alanı	500	19	80

EK B

1. Project Description

1.1 Top Project Overview



A : TBN390/280 AC-C6-H

Width
13.60 m

Length
9.60 m

Height
9.00 m

Working Plane Height
0.85 m

Scale
1:100

2. Summary

2.1 Room Summary

Room Dimensions			Surface	Reflectance
Width	13.60	m	Ceiling	0.50
Length	9.60	m	Left Wall	0.30
Height	9.00	m	Right Wall	0.30
Working Plane Height	0.85	m	Front Wall	0.30
			Back Wall	0.30
			Floor	0.10

Room Position (Front Bottom Left)		
X	0.00	m
Y	0.00	m

Total Average Room Surface Luminance (cd/m2):						
Ceiling	Left	Right	Front	Back	Floor	
5.3	11.5	11.5	11.5	11.5	7.9	

The overall maintenance factor used for this project is 0.80.

2.2 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
A	12	TBN390/280 AC-C6-H	2 * TL5-80W/827/865	176.0	2 * 6000

The total installed power: 2.11 (kWatt)

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code	Power (kWatt)
Room Block1	A 12	2.11

2.3 Calculation Results

(II) Luminance Calculations:

Calculation	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max	Result
Working Plane	Surface Illuminance	lux	271	0.66	0.52	Total

3. Calculation Results

3.1 Working Plane: Textual Table

Grid	: Working Plane at Z = 0.85 m											
Calculation	: Surface Illuminance (lux)											
Result Type	: Total											
X (m)	0.57	1.70	2.84	3.97	5.10	6.23	7.37	8.50	9.63	10.76	11.90	13.03
Y (m)												
9.20	178<	203	225	241	252	257	257	252	241	225	203	178<
8.40	196	224	248	266	278	284	284	278	266	248	224	196
7.60	211	241	268	287	300	307	307	300	287	268	241	211
6.80	223	255	284	305	318	325	325	318	305	284	255	223
6.00	231	265	295	316	331	338	338	331	316	295	265	231
5.20	236	271	301	323	338	345	345	338	323	301	271	236
4.40	236	271	301	323	338	345>	345>	338	323	301	271	236
3.60	231	265	295	316	331	338	338	331	316	295	265	231
2.80	223	255	284	305	318	325	325	318	305	284	255	223
2.00	211	241	268	287	300	307	307	300	287	268	241	211
1.20	196	224	248	266	278	284	284	278	266	248	224	196
0.40	178<	203	225	241	252	257	257	252	241	225	203	178<

Average
271

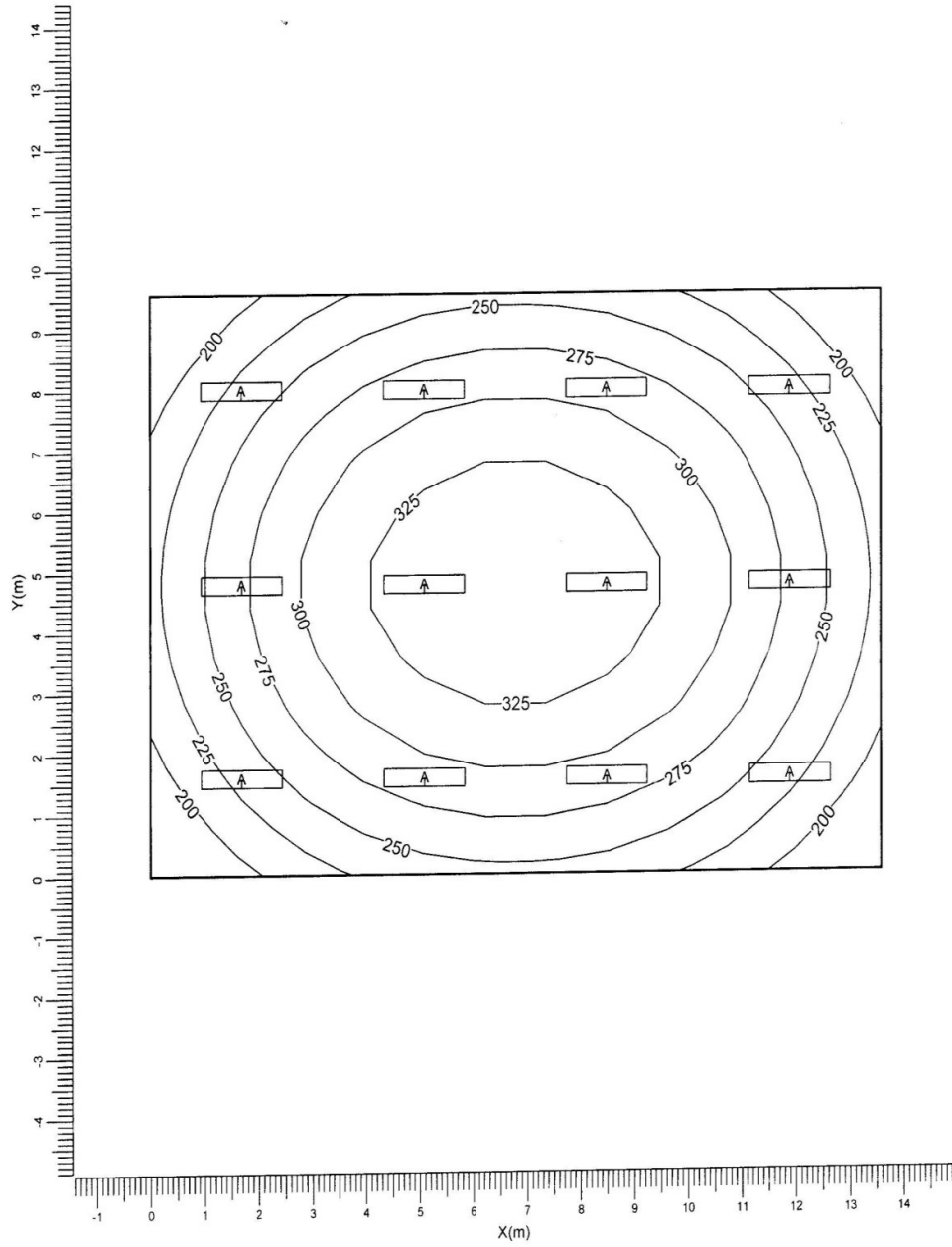
Min/Ave
0.66

Min/Max
0.52

Project maintenance factor
0.80

3.2 Working Plane: Iso Contour

Grid : Working Plane at Z = 0.85 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



A : TBN390/280 AC-C6-H

Average
271

Min/Ave
0.66

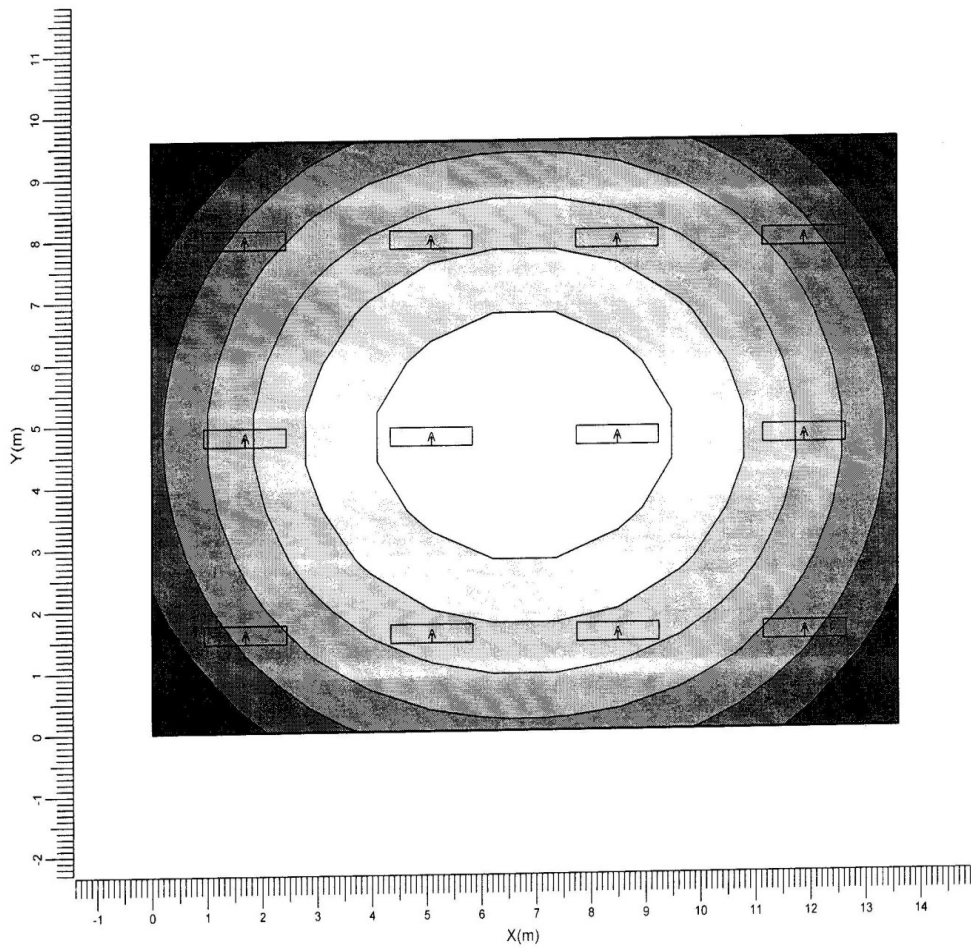
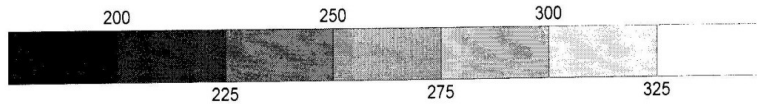
Min/Max
0.52

Project maintenance factor
0.80

Scale
1:100

3.3 Working Plane: Filled Iso Contour

Grid : Working Plane at Z = 0.85 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



A : TBN390/280 AC-C6-H

Average
271

Min/Ave
0.66

Min/Max
0.52

Project maintenance factor
0.80

Scale
1:100

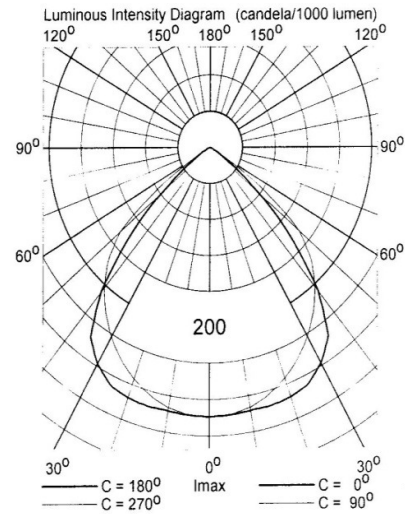
4. Luminaire Details

4.1 Project Luminaires

TBN390/280 AC-C6-H 2xTL5-80W/827/865

Light output ratios
 DLOR : 0.58
 ULOR : 0.00
 TLOR : 0.58
 Ballast : Electronic
 Lamp flux : 6000 lm
 Luminaire wattage : 176.0 W
 Measurement code : LVW1373100

Note: Luminaire data not from database.



5. Installation Data

5.1 Legends

Project Luminaires:

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Flux (lm)
A	12	TBN390/280 AC-C6-H	2 * TL5-80W/827/865	2 * 6000

5.2 Luminaire Positioning and Orientation

Qty and Code	Position			Aiming Angles		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Rot.	Tilt90	Tilt0
1 * A	1.70	1.60	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	1.70	4.80	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	1.70	8.00	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	5.10	1.60	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	5.10	4.80	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	5.10	8.00	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	8.50	1.60	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	8.50	4.80	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	8.50	8.00	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	11.90	1.60	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	11.90	4.80	9.00	0.00	0.00	0.00
1 * A	11.90	8.00	9.00	0.00	0.00	0.00

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ömer Emre Uylukçuoğlu

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 06/02/1984

Adres: Kadıköy, İstanbul

Lisans Üniversite: Kocaeli Üniversitesi/Makine Mühendisliği, 2006