

ÖRNEK BİR İŞLETMEDE
KOJENERASYON TESİSİ UYGULAMASI

Öner ENER

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. Dr. Ramazan KÖSE

Kasım – 2006

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji Üretimine Yaklaşımlar.....	1
1.2. Enerji Kaynakları ve Türkiye’de Elektrik Üretimi.....	3
2. KOJENERASYON.....	7
2.1. Kojenerasyon Parametreleri.....	11
2.1.1. Uygun Kojenerasyon Sistemi.....	11
2.1.2. Kullanılan Yakıtlar.....	19
2.1.3. Atık Isının Kullanım Çeşitleri.....	22
2.1.4. Elektrik Isı Oranları.....	23
2.1.5. Diğer Parametreler.....	26
2.2. Avrupa’da Kojenerasyon Teknolojisi.....	27
2.3. Türkiye’de Kojenerasyon.....	28
3. KOJENERASYONUN ÖZEL SEKTÖRE KATKISI.....	30
3.1. Ülkemizde Kurulu Kojenerasyon Tesislerinden Örnekler.....	33
3.2. Örnek Bir Kojenerasyon Tesisin Detaylı İncelenmesi.....	40

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	47
4.1. Materyal.....	47
4.1.1. Ölçüm Bölgeleri.....	47
4.1.2. Ölçme Cihazları.....	47
4.2. Yöntem.....	52
5. GÜRAL PORSELEN FABRİKASI.....	53
5.1. İşletmenin Ana Tüketim Verileri.....	53
5.1.1. Isı Tüketim Verileri.....	53
5.1.2. Elektrik Tüketim Verileri.....	54
5.1.3. Isıtma (Kalorifer Sistemi) Tüketim Verileri.....	55
5.2. Ana Bölümlerin Saatlik Elektrik Sarfıyatları.....	56
5.2.1. Güral-1 Elektrik Sarfıyatı.....	56
5.2.2. Güral-2 Elektrik Sarfıyatı.....	57
5.2.3. Hammadde Elektrik Sarfıyatı.....	58
5.2.4. Vitrifiye Elektrik Sarfıyatı.....	59
6. UYGUN BİR KOJENERASYON TESİSİ SEÇİMİ.....	62
6.1. Gücü 3 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri.....	62
6.2. Gücü 4 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri.....	66
6.3. Gücü 4,5 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri.....	69
6.4. Gücü 5 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri.....	72
6.5. Gücü 5,5 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri.....	74
6.6. Gücü 6 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri.....	77
6.7. Toplam Tüketim Analizleri.....	80

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
7. SONUÇLAR.....	90
8. ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	92
EKLER	
1. Wartsila Firmasına Ait Kojenerasyon Projelerinin Türkiye Genelinde Dağılımı.....	95
2. Kojenerasyon Sistemi 5 Yıllık Bilançosu.....	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Türkiye Elektrik Enerji Arzı.....	6
2.1. Kojenerasyon Sistemlerinde Güç, Isı Üretimi.....	8
2.2. Kojenerasyon ve Konvansiyonel Sistemlerle Enerji Üretimlerinin Sankey Diyagramı ile Karşılaştırılması.....	9
2.3. Isı Makinası Akış Diyagramı.....	10
2.4. Gaz Türbinli Basit Çevrim Kojenerasyon Tesisi Prensi Şeması.....	12
2.5. Gaz ve Buhar Türbininden Oluşan Kojenerasyon Tesisi Prensi Şeması.....	13
2.6. Gaz Türbinli, Yakıt Hücreli Kojenerasyon Sistemi.....	14
2.7. Gaz Türbinli Kojenerasyon Sisteminde Kullanılan Türbinin Açık Hali.....	14
2.8a. Gaz Motorlu Kojenerasyon Siseminde Kullanılan Motor Tipi (500 kW).....	15
2.8b. Gaz Motorlu Kojenerasyon Siseminde Kullanılan Motor Tipi (750 kW).....	16
2.9. Gaz Motorlu Kojenerasyon Sistemi Prensi Şeması.....	17
2.10. Bazı Yakıtların Isıl Değerleri.....	19
2.11. Tipik Yıllık Yük Eğrisi.....	25
2.12. Türkiye'nin Yıllara Göre Elektrik Enerjisi İhtiyacı.....	29
3.1. Türk Henkel A.Ş. Gaz Motorlu Kojenerasyon Sistemi.....	34
3.2. Nuryıldız Tekstil Kojenerasyon Santrali (Dıştan Görünüş).....	34
3.3. Nuryıldız Tekstil Kojenerasyon Santrali (İçten Görünüş).....	35
3.4. Yurtbay Enerji Santrali.....	36
3.5. Atateks Kojenerasyon Gaz Motoru.....	37
3.6. Doğubayazıt Kojenerasyon Gaz Motoru.....	38
3.7. Standart Profil Kojenerasyon Santrali.....	39
3.8. Adana Atıksu Arıtma Tesisi.....	40
3.9. Esenyurt Termik Santrali.....	41
4.1. GP-1 Elektrik Ölçüm Cihazları.....	48
4.2. GP-1 Analog Ampermetre.....	48
4.3. GP-2 Elektrik Ölçüm Cihazları.....	49
4.4. GP-2 Dijital Elektrik Sayacı.....	49
4.5. Hammadde Elektrik Ölçüm Cihazları.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.6. Serigrafi Elektrik Sayacı.....	51
4.7. Vitrifiye Elektrik Sayacı.....	51
4.8. Vitrifiye Elektrik Sayacı (Ampermetre Modu).....	52
6.1. Tesislerin Toplam Gider Grafiği.....	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Türkiye'nin Yıllara Göre Birincil Kaynaklardan Yapılan Genel Enerji Arzı.....	4
1.2. Türkiye'nin Yıllara Göre Birincil Kaynaklardan Yapılan Genel Enerji Arzının Paylara Göre Dağılımı.....	4
1.3. Türkiye'de Yıllara Göre Yerli ve İthal Kaynaklardan Yapılan Genel Enerji Arzının Paylara Göre Dağılımı.....	5
1.4. Türkiye Kurulu Güç ve Elektrik Üretiminin Yıllar İtibariyle Gelişimi.....	5
2. 1. Bazı Yakıtların Metan Sayıları.....	21
5.1. İşletme Isı Tüketim Çizelgesi.....	53
5.2. İşletme Elektrik Tüketim Çizelgesi.....	54
5.3. İşletme Kalorifer Isısı Tüketim Çizelgesi.....	55
5.4. Güral-1, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.....	56
5.5. Güral-2, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.....	57
5.6. Hammade, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.....	58
5.7. Vitrifiye, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.....	59
5.8. Tüm Bölümlerin, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.....	60
6.1. Gücü 3 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.....	63
6.2. Gücü 3 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.....	64
6.3. Gücü 3 MW Olan Tesis için Yük Yüzdeler Çizelgesi.....	65
6.4. Gücü 3 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.....	66
6.5. Gücü 4 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.....	66
6.6. Gücü 4 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.....	67
6.7. Gücü 4 MW Olan Tesis için Yük Yüzdeler Çizelgesi.....	68
6.8. Gücü 4 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.....	69
6.9. Gücü 4,5 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.....	69
6.10. Gücü 4,5 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.....	70
6.11. Gücü 4,5 MW Olan Tesis için Yük Yüzdeler Çizelgesi.....	70
6.12. Gücü 4,5 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.....	71
6.13. Gücü 5 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.....	72
6.14. Gücü 5 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
6.15. Gücü 5 MW Olan Tesis için Yük Yüzdellik Çizelgesi.....	73
6.16. Gücü 5 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.....	74
6.17. Gücü 5,5 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.....	75
6.18. Gücü 5,5 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.....	75
6.19. Gücü 5,5 MW Olan Tesis için Yük Yüzdellik Çizelgesi.....	76
6.20. Gücü 5,5 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.....	77
6.21. Gücü 6 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.....	77
6.22. Gücü 6 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.....	78
6.23. Gücü 6 MW Olan Tesis için Yük Yüzdellik Çizelgesi.....	78
6.24. Gücü 6 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.....	79
6.25. Tesislerin TEDAŞ Ödeme Ortak Özet Çizelgesi.....	80
6.26. Tesislerin Doğalgaz Maliyeti Ortak Özet Çizelgesi.....	80
6.27. Tesislerin Toplam Gider Çizelgesi.....	81
6.28. Gücü 4 MW Olan Gaz Motoru ve Gaz Türbini Mukayese Çizelgesi.....	83
6.29. Gaz Türbinli Kojenerasyon Tesis Teknik Bilgi Çizelgesi.....	86
6.30. Gaz Motorlu Kojenerasyon Tesis Mukayese Çizelgesi.....	88

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
W	Bir ısı makinesinde üretilen iş (kJ)
Q_H	Alınan ısı enerjisi (W).
Q_L	Çevreye aktarılan ısı enerjisi (W)
η	Isıl verim

Kısaltmalar

EYO	Enerjiden Yararlanma Oranı
EIO	Elektrik Isı Oranı
CHP	Combined Heat and Power (Bileşik Isı ve Güç)
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
ÇEAŞ	Çukurova Elektrik Anonim Şirketi
TEAŞ	Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi
HRSG	Heat Recovery Steam Generator (Isı Geri Kazanımlı Buhar Jeneratörü)
VAC	Voltage Alternate Current (Alternatif Akım “Volt”)
VDC	Voltage Direct Current (Doğru Akım “Volt”)
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Kontrol Cihazı)
DCS	Distribution Control System (Dağıtım Kontrol Sistemi)
Nm ³	Normal metreküp

1. GİRİŞ

Küreselleşen dünyamızda enerji ihtiyacının artması, yakıt rezervlerinin her geçen gün azalması ve buna bağlı olarak çevre kirlenmesi, insanoğlu için giderek artan bir tehdit olmaya başlamıştır. Çok yakın geçmişte ozon tabakasının delinmesi sonucu yağın asit yağmurları, Almanya'da hektarlarca ormanı tahrip etmiştir. Ozon tabakasının sürekli olarak incelmeye meylinde olması insanlığın geleceğini tehdit etmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucu 2005 yıl sonu itibarıyla Dünya bilinen petrol rezervinin 2040, doğal gazın 2065 ve kömürünün 2227 yılında tükenmesi öngörülmektedir [1]. Bu durum ise alternatif enerji kaynaklarının araştırılması ve projelerin artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca enerji israfından vazgeçilmesi ve enerjiyi en yüksek verimle kullanabilecek teknolojik yenilikleri de gerçekleştirmek için özel çaba sarf edilmesi gereklidir.

Geçen yüzyıldan bu yana dünyamızda enerji üretimi 100 kat, çevre kirliliği ise 50 kat artmıştır. Bu artışların ortalama %55'i son yirmi yıl içerisinde olmuştur. Yine geçen yüzyıldan bu yana fosil yakıt kullanımı ve hava kirliliği 30 kat artmıştır. Bitki ve hayvan türlerinin %20'si yok olmuş, orman yüzölçümü %25 azalmış, 480 milyon hektar toprak erozyona uğramıştır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatına (OECD) bağlı ülkelerde yılda 20 milyon ton oksijen tüketici madde deniz, göl ve nehirlere endüstriyel atık olarak atılmaktadır. Bu olumsuzluklar enerjinin gerek üretim gerekse kullanma aşamalarında rasyonel değerlendirilmemesinden kaynaklanmaktadır [2].

1.1. Enerji Üretimine Yaklaşımlar

Sanayi ülkelerinde enerji açığını kapatmak ve bu çevresel sorunların yok edilmesi ya da en azından insan sağlığını tehdit etmeyecek düzeye indirilmesi amacıyla çok çeşitli enerji politikaları uygulanmaktadır. Bu politikalar arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önemli yer tutmaktadır. Bunlar arasında; rüzgar, jeotermal, dalga ve güneş enerjisi yer almaktadır. Fakat bu santrallerin her zaman ve her yerde kullanılması mümkün olmamaktadır. İkinci bir seçenek ise nükleer enerji santralleri olmaktadır. Fakat hem yatırım maliyetlerinin yüksek olması hem de risk faktörlerinin yüksek oluşu, hatasız çalışmayı gerektirmeleri bu tesislerin negatif yönünü oluşturmaktadır. Meydana gelecek bir radyoaktif madde sızıntısı yüzlerce yıllık bir negatif etkiye sahip olabilecektir. Enerji üretim aşamasında ısı enerjisinin diğer enerji türlerine verimli bir şekilde dönüştürülebilme imkanları, atık enerjilerin değerlendirilmesi, üretilen enerjinin optimum dağıtımı ve kullanımı, fosil yakıt tükenme hızını ve olumsuz çevresel etkileri azaltacaktır. Isı ve mekanik enerjinin birlikte üretildiği

kojenerasyon tesisleri, enerji ve ekserji üretim verimliliği, enerji üretim maliyeti ve ekoloji yönünden ısı ve mekanik enerjinin ayrı ayrı üretildiği klasik tesislere göre daha yüksek performansa sahip olduğu bilinmektedir. Günümüzde bu tesislerin performansını daha da artırabilmek için muhtelif kriterlere dayalı olarak performans optimizasyonları üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır [3].

Kojenerasyon konusu, özellikle enerji sektörünün çok hassasiyetle üzerinde durmaları gereken bir konudur. Kojenerasyon sistemlerinin ekonomik ömürleri 100.000–150.000 saat mertebesindedir. Bu da yaklaşık 12–20 yıla karşılık gelmektedir. Enerjiyi akılcı ve verimli kullanan kurum ve kuruluşlar daha fazla rekabet etme imkânına kavuşacaklardır. Kojenerasyon, dünyada yıllardır üzerinde çalışma yapılan ve uygulamaları olan bir konudur. Ülkemizde ise, özellikle son yıllarda bu konu, pratik ve teorik anlamda gelişmeye başlamıştır. Bu konuda çalışan firma sayısı artmıştır. Özellikle yeni yeni sanayileşme sürecine girmiş olan GAP bölgesinde, firmalarımızın bu konuda çalışmaları kendilerine açılım ve enerjiyi verimli kullanma fırsatı vermiş olacaktır [4].

Uluslararası enerji piyasalarındaki verimlilik 2006 yılı itibariyle kojenerasyon tesislerinin kullanılması sonucu artmıştır. Kojenerasyon kapasitesinin toplam enerji üretimindeki payının %40 olduğu Danimarka'da verimliliğin ortalama değeri %72'ye ulaşmıştır. Ayrıca en verimli enerji üretim teknolojisi olan kojenerasyon sayesinde yine 2006 senesi elde edilen verilere göre Avrupa Birliği ülkelerinde ise toplam 280 milyon ton CO₂ tasarrufu yapılmıştır. Bu tasarruf AB ülkelerine yıllık 350 milyar Euro kazandırmıştır. Enerji bağımlılığını yıllık olarak 1500 PJ oranında azaltarak tasarruftan doğan mali kazanç ise yılda 30 milyar Euro'dur. Avrupa Birliği ülkelerinde 2006 yılına kadar olan kojenerasyon ile enerji üretimi toplam enerji üretiminin %12'si kadar olup 2010 yılına kadar bu oranın %18'e çıkması beklenmektedir [5].

1.2. Enerji Kaynakları ve Türkiye'de Elektrik Üretimi

Ülkemizde enerji üretim ve tüketiminin farklı eğilimlerle gelişim göstermesi, uygulanan yanlış enerji politikaları sonucunda, 1970 yılında %76 olan üretimin tüketimi karşılama oranı 2000 yılında %35, 2004 yılında ise %28 değerine düşmüştür. Önümüzdeki yıllar için yapılan enerji projeksiyonlarında bu azalmanın hızlı bir şekilde devam ederek, 2020 yılında üretimin tüketimi karşılama oranının %24 değerine düşmesi beklenmektedir. Bu durum ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılığının artmasına yol açacaktır [6].

Hem sanayide, hem de konut ısıtmasında gerekli olan elektrik enerjisinin ve ısı enerjisinin aynı kaynaktan karşılanması ile yapılacak olan enerji tasarrufu çevre kirliliğini ve dışa bağımlılığımızı azaltırken, kaynaklarımızın hızlı tükenmesini de önleyecektir. Günümüzde, sanayileşme ve kalkınmanın en önemli girdileri arasında yer alan enerji, bütün dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de önemini ve güncelliğini sürdürmektedir. Enerji kullanımı, endüstrileşme ve ekonomik gelişme ile yakından ilgili olup, enerji tüketimi, refah seviyesinin yükselmesiyle hızla artmaktadır. Ülkemizde de hızla artan enerji talebinin karşılanması zor olup, enerji kaynağının seçiminde dikkatli olunması gerekmektedir [7].

Türkiye, yüksek bir değer olan %1,7'lik büyüme oranı ile Avrupa ülkeleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Artan nüfus ve ekonomik hareketlilik gibi faktörler nedeniyle enerji talebi de artan Türkiye'nin yıllara göre birincil kaynaklardan yapılan genel enerji arzı Çizelge 1.1'de, bu kaynakların paylara göre dağılımları da Çizelge 1.2'de verilmiştir [8].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan çalışmalara göre Çizelge 1.3'den belirtildiği gibi, 1990-2005 yılları arasında düşüş gösteren toplam yerli üretimin genel enerji arzındaki payına karşın, ithal edilen enerji hızlı bir şekilde artmıştır. 1990 yılında genel enerji arzındaki yerli-ithal oranı yaklaşık %50 olurken 2005 yılı sonuna gelindiğinde, enerji talebinin ancak %28,82'si yerli kaynaklardan karşılanabilmektedir. Bir başka ifadeyle, ülkemiz yeni bir yıla tükettiği enerjinin yarısından fazlasını (%71,17) ithal ederek girmektedir [8, 9].

Çizelge 1.3. Türkiye’de Yıllara Göre Yerli ve İthal Kaynaklardan Yapılan Genel Enerji Arzının Paylara Göre Dağılımı [8, 9].

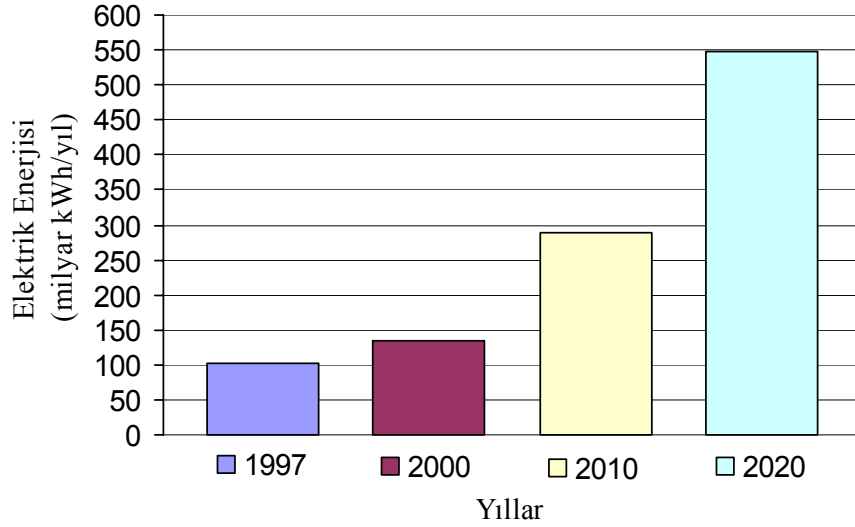
Kaynaklar	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Toplam Enerji Arzı (Bin TEP)	52.987	63.679	81.251	75.952	78.711	83.970	87.819	93.302
Yerli Üretimin Toplam Arzdaki Payı (%)	48,09	41,95	33,06	33,14	31,42	28,55	27,79	28,82
İthal Edilen Enerjinin Toplam Arzdaki Payı (%)	51,91	58,05	66,94	66,86	68,58	71,45	72,21	71,18

Ülkemizde 2005 yılı sonu itibariyle toplam elektrik üretimi 161.504,8 GWh'e ulaşmış olup, Çizelge 1.4'den görüleceği üzere, 2005 yılı sonuna gelindiğinde toplam 38.819,9 MW kurulu gücün %66,6'sını termik, %33,2'sini hidrolik ve yaklaşık %0,1'ini jeotermal ile rüzgar santralleri oluşturmaktadır [8].

Çizelge 1.4. Türkiye Kurulu Güç ve Elektrik Üretiminin Yıllar İtibariyle Gelişimi [8, 9].

Yıllar	KURULU GÜÇ (MW)				ÜRETİM (GWh)			
	Termik	Hidrolik	Jeotermal+ Rüzgar	Toplam	Termik	Hidroli	Jeotermal+ Rüzgar	Toplam
1984	4569,3	3874,8	20,4	8464,5	17.165,1	13.426,3	22,1	30.613,5
1985	5229,3	3874,8	20,4	9124,5	22.168,0	12.044,9	6,0	34.218,9
1990	9535,8	6764,3	20,4	16.320,5	34.314,9	23.148,0	80,1	57.543,0
1995	11.074,0	9862,8	20,4	20.957,2	50.620,5	35.540,9	86,0	86.247,4
2000	16.052,5	11.175,2	39,3	27.267,0	93.934,2	30.878,5	108,9	124.921,6
2001	16.623,1	11.672,9	39,3	28.335,3	98.562,8	24.009,9	152,0	122.724,7
2002	19.568,5	12.240,9	39,3	31.848,7	95.563,1	33.683,8	152,6	129.399,5
2003	22.974,4	12.578,7	40,5	35.593,6	105.101,0	35.329,5	150,0	140.580,5
2004	24.144,7	12.645,4	40,5	36.830,6	103.518,6	46.034,8	148,1	149.608,3
2005	25.873,4	12.906,0	40,5	38.819,9	121.787,5	39.572,0	145,3	161.504,8

Türkiye'nin elektrik enerjisi arzındaki büyüme miktarı Şekil 1.1'de görülebilmektedir. 1997 yılında 103 milyar kWh/yıl olan elektrik enerjisi arzı 2000 yılında 134 milyar kWh/yıl, 2010 yılında 290 milyar kWh/yıl ve 2020 yılında ise 547 milyar kWh/yıl'a ulaşacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 1.1. Türkiye Elektrik Enerji Arzı

Söz konusu talebi karşılamak için 2010 yılı sonuna kadar yaklaşık 43.000 MW'lık kapasitenin sisteme ilave edilmesi gerekmektedir. 2020 yılına gelindiğinde, mevcut kapasiteye 44.000 MW'lık bir ilave daha yapılması gerekmektedir. Bu da 2010 yılına kadar mevcut sisteme yılda ortalama 3500 MW kurulu güç ilavesi, başka bir ifadeyle, her yıl ortalama 3,5 milyar dolarlık bir yatırım ihtiyacını zorunlu kılmaktadır. İletim ve dağıtım sistemine yapılacak ilave yatırımlar ile bu miktar yılda 4,5 milyar dolara yükselmektedir. Söz konusu yatırımın tümüyle ülkemizin kamu kaynakları tarafından karşılanması mümkün değildir. Bu nedenle, özel sektörün elektrik enerjisi üretimine teşviki, bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır [1].

Bugün ülkemizde işletmede olan toplam 5000 MW'lık Kojenerasyon Tesisi sayesinde 2004 yılında 3 milyon TEP yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Bu tasarruf, 2004 yılında kullandığımız toplam 88 milyon TEP enerjinin %3,4'üdür ve parasal değer olarak bugünkü petrol fiyatlarıyla yaklaşık 1 milyar dolardır [10].

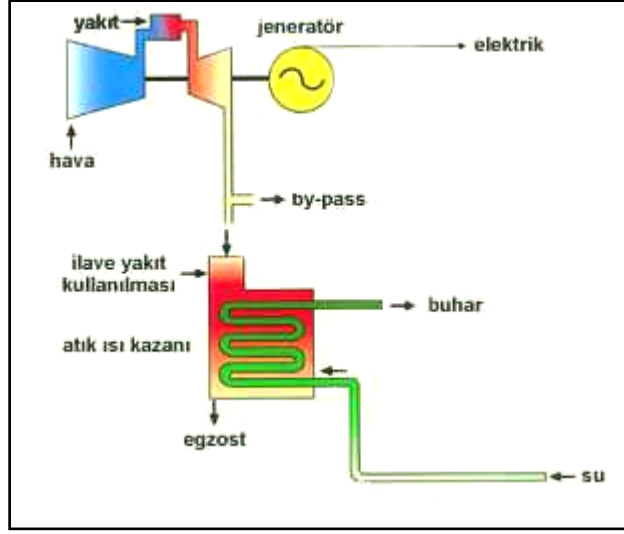
2. KOJENERASYON

Tek bir sistemden eş zamanlı olarak elektrik ve/veya mekanik güç ile kullanılabilir ısı üretilmesi demek olan kojenerasyon veya diğer adıyla Bileşik Isı ve Güç Üretimi tekniğinde ana kaynak; kullanılan gaz türbini veya gaz motorunun jeneratör gücü ile motor soğutma ısısı, yağlama yağı ve egzoz gazının ısısıdır.

Kombine çevrim terimi, esas itibariyle gaz türbin çevrimi ve buhar çevriminin bir sistem içine alınarak birbirini tamamlayıcı şekilde çalıştırılmasını ifade eder. Genel prensibi, gaz türbin çevriminden çıkan egzoz gazının yüksek enerjisi, Rankine çevriminde kullanılarak ek bir enerji üretiminin sağlanmasına dayanmaktadır. Kombine çevrimli sistem, ısı güç üretiminde günümüzde geçerli olan en verimli yöntem konumundadır .

Kombine çevrim sisteminde, ilk ısının buhar türbininde değerlendirilmesiyle, sistemden elde edilen toplam güç, konvansiyonel sistemden daha yüksektir. Bu nedenle, özellikle 1980'li yıllardan itibaren gaz türbinli kombine çevrim uygulamalarında büyük artış olmuştur [11, 12].

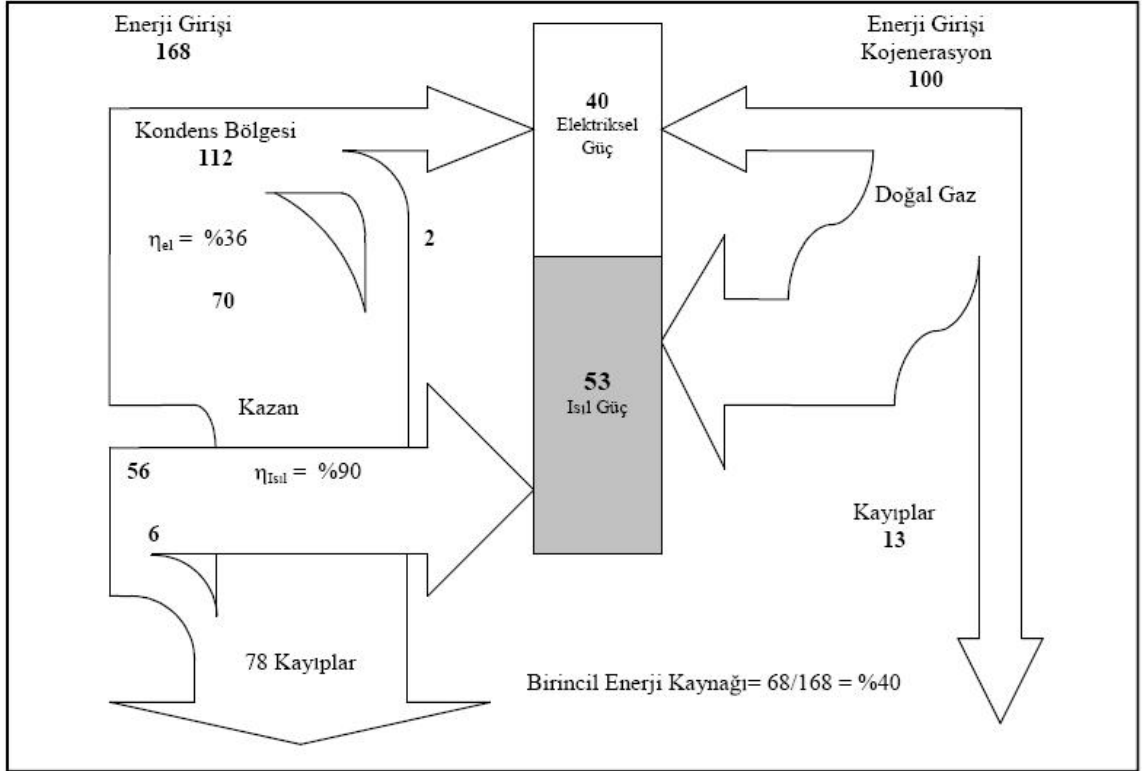
Kombine çevrim santralinin genel olarak çalışma prensibi için Şekil 2.1 incelenebilir. Şekil 2.1'de görüldüğü üzere atmosferden alınan hava, bir filtre sisteminden geçirildikten sonra gaz türbininin kompresör kamına girer ve burada sıkıştırılarak yanma odasına iletilir. Yanma odasına püskürtülerek verilen yakıt, sıkıştırılmış hava ile karışarak yanar. Yanma sonucu oluşan 1000-1100 °C sıcaklığın üzerindeki yüksek basınçlı gaz, türbin kanatçıklarından geçerek türbini döndürür ve türbine bağlı jeneratörden elektrik enerjisi üretilir. Gaz türbininden çıkan 500-600 °C sıcaklığındaki atık gaz bir egzoz kanalıyla atık ısı kazanına iletilir. Egzoz gazı, atık ısı kazanına girerek soğur ve daha sonra kazan bacasından atmosfere atılır [13].



Şekil 2.1. Kojenerasyon Sistemlerinde Güç, Isı Üretimi Şeması.

Konvansiyonel enerji üretim sistemleri (Termik santrallerde elektrik, kazanlarda ısı üretimi) çevreyi kirletmekte ve birincil enerjinin yaklaşık %55-65'i atık ısı olarak kaybedildiğinden ekonomik olmamaktadır. Buna karşılık bir kojenerasyon sisteminde elektrik üretimi sırasında ortaya çıkan ısı, eşanjörler yardımıyla çeşitli ısı ihtiyaçları için (Sıcak su, buhar, absorpsiyonlu soğutma vb.) değerlendirilebilmektedir. Gaz ile çalışan CHP (Combined Heat and Power) sistemlerinde elektrik ve ısının eş zamanlı üretilmesi ile %80-90 değerinde verimlere ulaşılabilmektedir. Böylece birincil enerjinin atılan kısmı minimize edilmektedir. Bu yüksek sistem verimi sayesinde kojenerasyon sisteminde, ilk yatırım tesis giderini 1,5-3 sene gibi çok kısa bir sürede geri ödenebilmektedir.

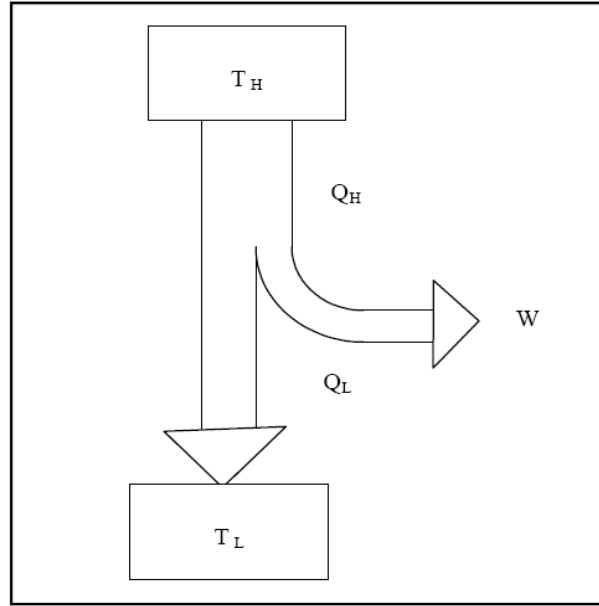
Şekil 2.2'de konvansiyonel ve kojenerasyon sistemleri ile enerji üretimi bir Sankey diyagramı üzerinde karşılaştırılmıştır. Şekilden de görülebileceği gibi; 40 birim elektriksel, 50 birim ısıl güce ihtiyacı olan bir tesisin bu ihtiyaçlarını karşılamak için; konvansiyonel sistemde 168 birim enerji gerekirken, kojenerasyon sistemi ile 100 birim enerji yeterli olmaktadır.



Şekil 2.2 Kojenerasyon ve Konvansiyonel Sistemlerle Enerji Üretimlerinin Sankey Diyagramı Karşılaştırılması [14].

Şekil 2.2'den de görüleceği gibi, kojenerasyon sistemi, tüm ısı makinelerinin çevreye vermek zorunda oldukları atık ısıdan yararlanmayı amaçlar. Şekil 2.3'deki ısı makinesinden de görüleceği üzere, bir ısı makinesinde üretilen işin (W), alınan ısı enerjisine (Q_H) oranı, ısı verim, η 'dir.

$$\eta = W / Q_H \quad (2.1)$$



Şekil 2.3. Isı Makinası Akış Diyagramı.

Bir ısı verime kojenerasyon uygulamalarında elektrik çevrim verimi adı da verilmektedir.

Çevreye aktarılan ısı enerjisi, Q_L , kojenerasyon sisteminde kullanılan ısıdır. Böylece enerjiden yararlanma oranı (EYO) maksimum düzeye çıkartılmaktadır [15].

$$EYO = W + Q_L / Q_H \quad (2.2)$$

EYO'ya kojenerasyon uygulamalarında toplam verim de denilmektedir. Her ne kadar EYO, termodinamiğin birinci yasasına göre "1" olsa da, uygulamada atık ısının tümünden yararlanılamadığından bu mümkün olmamaktadır. Bu atık ısıdan, doğrudan ısı olarak yararlanılmadıkça, ısıdan faydalanma verimi %35–55 aralığında olan uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bileşik çevrimde Ambarlı Çevrim Santrali dünyadaki en iyi örneklerinden biri olmasına rağmen bu verim değeri %50 civarında kalmaktadır. Oysa atık ısıdan, tekrar ısı olarak faydalanılan kojenerasyon sisteminde toplam sistem verimini yani Enerjiden Yararlanma Oranını (EYO) %80-90'lara dek çıkarmak mümkün olmuştur.

Bileşik ısı güç santrallerinde üretilen işin (elektriğin) faydalanılan ısıya oranı, elektrik ısı oranı (EIO) diye tanımlanır. Termodinamiğin birinci yasası uyarınca ısı verimle de gösterilebilir. EIO, kojenerasyon sisteminin önemli özelliklerinden biridir [15].

$$EIO = W / Q_L = \eta / 1 - \eta \quad (2.3)$$

Türbinlerde ise genellikle EIO' nun tersi (1 / EIO) olan ısı oranı temel parametrelerden birisi olarak verilir. [15]

$$\text{Isı Oranı} = Q_L / W = 1 - \eta / \eta \quad (2.4)$$

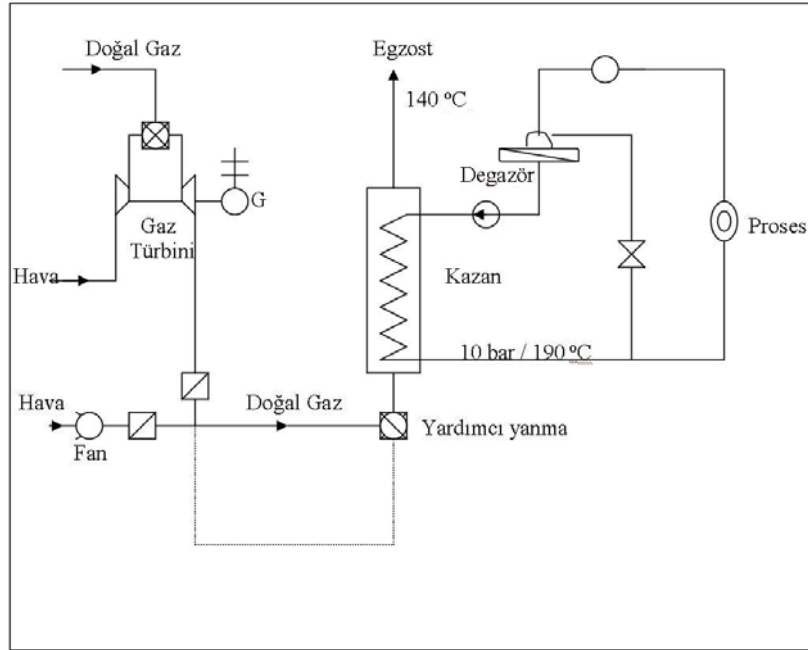
2.1 Kojenerasyon Parametreleri

2.1.1 Uygun Kojenerasyon Sistemi

Gaz türbinli ve gaz motorlu kojenerasyon teknikleri incelenerek uygun kojenerasyon sistemine karar verilebilir. Bu nedenle tekniklerin ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir.

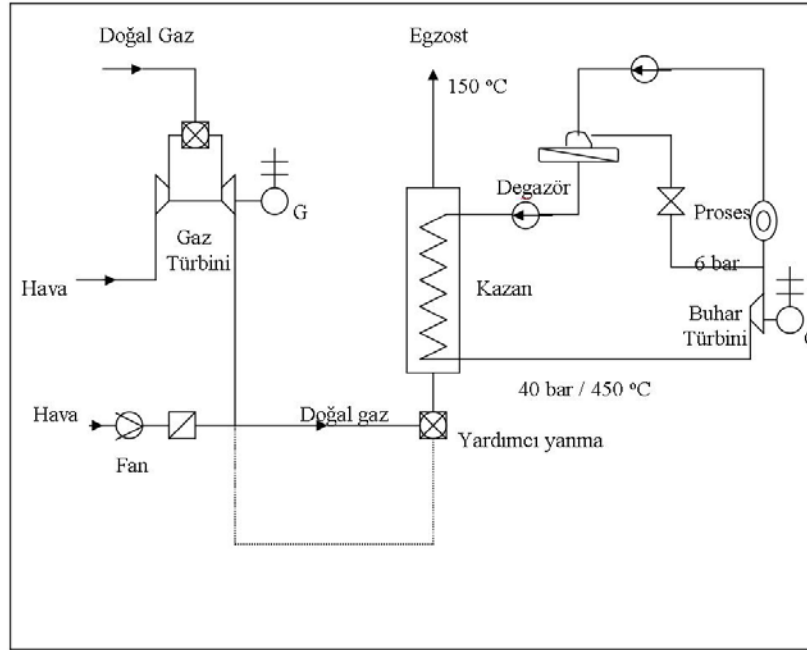
- **Gaz Türbinli Kojenerasyon Tekniği**

Termik açıdan değerlendirildiğinde, gaz türbinli sistemlerin çalışma prensipleri şu şekilde açıklanabilir. Yakıt ve hava karışımının (12–35 bar) yanma odasında yakılmasıyla oluşan kinetik enerji, türbin ve şanzıman aracılığıyla jeneratörü tahrik eder. Jeneratörden de böylece elektrik enerjisi elde edilir. Gaz türbinli sistemlerin egzoz çıkışları 400–500 °C sıcaklık dolaylarında olup, türbin çıkışından direkt bir ısı eşanjörü (atık ısı kazanı) aracılığıyla istenen şartlarda doymuş buhar ve/veya sıcak su elde edilir. Buradan elde edilen buhar ve/veya sıcak suyun doğrudan proseste kullanılması ile verimin maksimum olduğu en ekonomik çözüm elde edilir. Böyle bir kojenerasyon tesisinin prensip şeması Şekil 2.4'de görülmektedir.



Şekil 2.4 Gaz Türbinli Basit Çevrim Kojenerasyon Tesisi Prensi Şeması.

Özellikle Avrupa’da elektrik sisteminin şebeke ile senkronize çalışabilmesi için gerekli yasal düzenlemeler tamamlanmış olduğundan, firmaların fazla elektriği şebekeye satması veya şebekeden elektrik takviyesi alabilmesi mümkün olmaktadır. Şebeke elektrik fiyatı da kaçakların az olmasından dolayı ucuz olduğundan sistem seçimi, atık ısının tamamı kullanılabilir şekilde yapılır. Fakat Türkiye şartlarında şebeke elektriği çok pahalı olduğu için sistem elektrik gereksinimine göre seçilmektedir. Dolayısıyla gaz türbinli kojenerasyon sistemlerinin oranca yüksek olan ısı çıkışından elde edilen buharın, doğrudan proseste kullanılmasına ihtiyaç duyulmadığından, gaz türbinli atık ısı sistemine bağlanan buhar türbini ile kojenerasyon sisteminden daha fazla elektrik üretilebilir. Bu prensipte çalışan sistemlere **“Kombine Çevrim Santralleri”** denilmektedir. Böyle bir tesisin prensip şeması Şekil 2.5’de görülmektedir [4].



Şekil 2.5 Gaz ve Buhar Türbininden Oluşan Kojenerasyon Tesisi
Prensip Şeması.

Ağır sanayi tipi ve jet olmak üzere iki tip gaz türbini mevcuttur. Jet tipi kojenerasyon tesislerine örnek Şekil 2.6' da gösterilmiştir. Tesiste kullanılan 250 kW gücündeki türbinin açık hali ise Şekil 2.7' de verilmektedir.



Şekil 2.6 Gaz Türbinli, Yakıt Hücreli Kojenerasyon Sistemi (250 kW) [16].



Şekil 2.7 Gaz Türbinli Kojenerasyon Sisteminde Kullanılan Türbinin Açık Hali.

- **Gaz Motorlu Kojenerasyon Tekniği**

Bu teknik; gaz türbinli sistemlere göre daha düşük atık ısı enerjisi sağladıklarından ve çok çeşitli glerde retilindiklerinden dolayı, özellikle elektrik ihtiyaı, ısı ihtiyacından daha fazla olan yani elektrik ısı oranı (Birleşik ısı güç santralında üretilen işin-elektriğin, kullanılan ısıya oranı) yüksek olan endüstriyel uygulamalarda (toplu konut, tatil köyleri, büyük oteller) optimum çözümler olarak karşımıza çıkılmaktadır.

Gaz motorlu kojenerasyon tesisinde kullanılan motor tipi Şekil 2.8a ve Şekil 2.8b'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8a. Gaz Motorlu Kojenerasyon Sisteminde Kullanılan Motor Tipi (500 kW) [17].



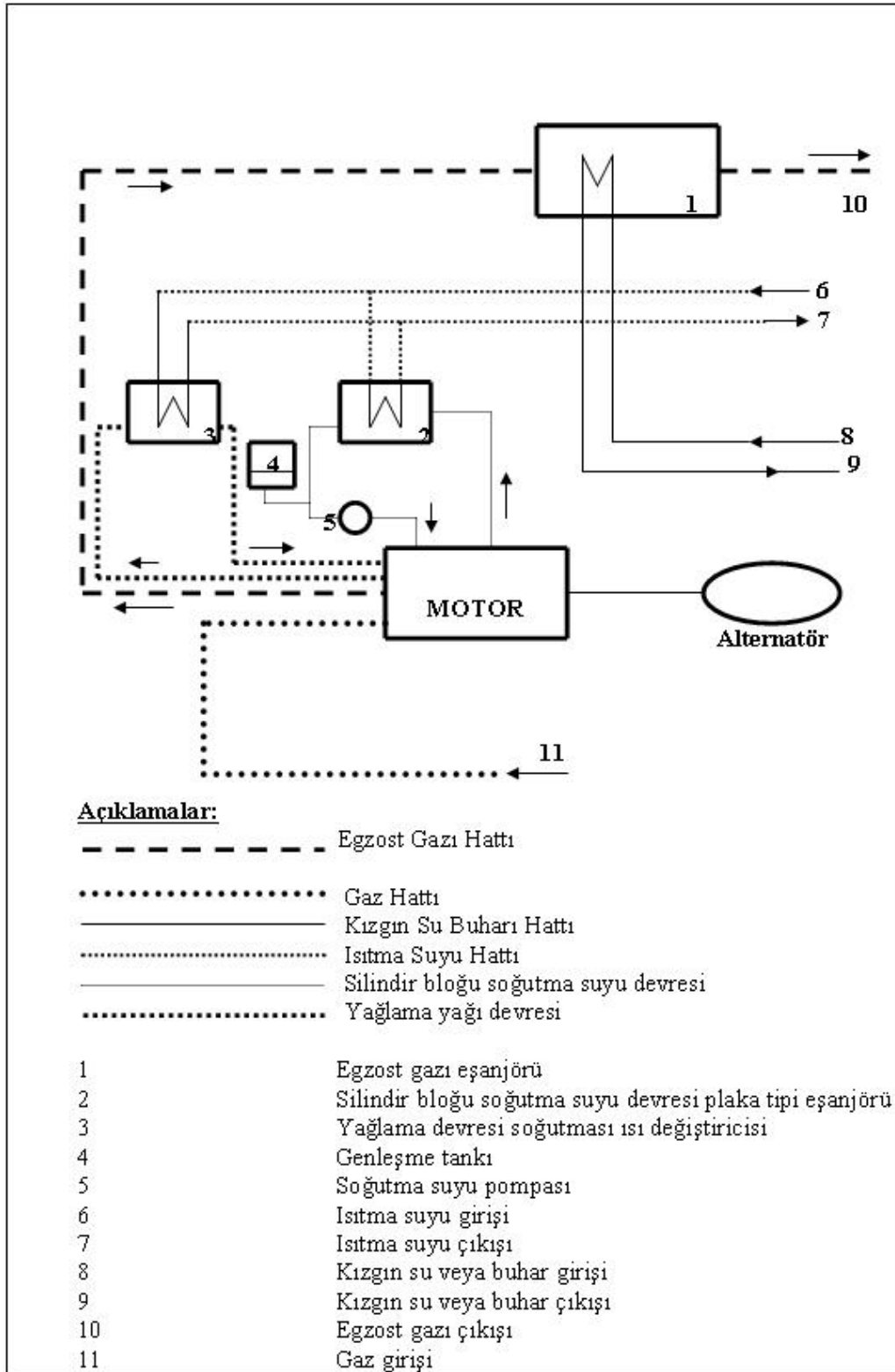
Şekil 2.8b. Gaz Motorlu Kojenerasyon Sisteminde Kullanılan Motor Tipi (750 kW) [18].

Pistonlu bir gaz motorunda yanan yakıtın enerjisinin (birincil enerjinin);

- %35-40'lık bir kısmı mekanik güce,
- %30-35'lik bir kısmı motor gömlek ısısına,
- %25-30'luk bir kısmı egzoz ısısına ve
- %7-10'luk bir kısmı radyasyon enerjisi şeklinde kayıp enerjiye dönüşmektedir [14].

Enerji dağılımından yola çıkarak, ortaya çıkan atık ısı enerjisi, sistemdeki üç unsurdan elde edilir. Bunlar; gaz motorunun yağlama devresi, egzoz gazları, silindir bloğu soğutma devresidir.

Şekil 2.9'da gaz motorları kullanılan bir kojenerasyon tesisinin prensip şeması görülmektedir. Atık ısıları geri kazanım için kullanılan eşanjörler sistemini çeşitli modifikasyonlarda tasarlamak mümkündür.



Şekil 2.9. Gaz Motorlu Kojenerasyon Sistemi Prensi Şeması.

Kojenerasyon sistemlerinde gaz motorlu uygulamaların tercih nedeni ve sağladığı avantajlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

- En yüksek miktarda elektriği üretebilecek, (elektrik ısı oranı $\cong 0,8$) toplam %40'a varan elektrik çevrim verimi ile elektrik tüketiminin ısı tüketimine oranla daha yüksek olduğu durumlarda seçilmesi uygun olan çözüm alternatifleridir. Bu özellikleri ile gaz motorları elektrik ihtiyacının yanı sıra, ısıtma ve/veya soğutma amaçlı ısı enerjisi gereksinimi duyan; toplu konut, tatil köyleri, oteller, yüzme havuzlu spor kompleksleri, üniversite kampüsleri gibi uygulama alanlarında çok uygun çözümler olarak karşımıza çıkmaktadır.

- Toplam çevrim verimi, %85 ile %91 arasında değişen türbinli sistemlerle karşılaştırıldığında, türbinli CHP (Combined Heat and Power – Bileşik ısı ve güç) sistemlerinde elektrik çevrim verimi arttıkça toplam çevrim veriminin önemli miktarda düştüğü görülmektedir.

- Fakir karışım veya katalizörlü yakma sistemlerinin çevre dostu temiz doğal gazla kombinasyonu sayesinde, çok düşük zararlı emisyon seviyesi yakalanabilir. Modern fakir karışım yanma sistemlerine sahip motorlar NO_x emisyonlarını azaltmak için katalizöre ihtiyaç duymaksızın, binlerce saat izin verilen emisyon değerlerinin altında çalışabilmektedir.

- Kısmi yük verimlilikleri ve çok modüllü konfigürasyon, gaz motorlu kojenerasyon sistemlerinin en esnek CHP sistemi yapmaktadır. Kısmi yükte çalışma durumunda verimin önemli miktarda etkilenmemesi ve modüllerin gerektiğinde sırayla devreye girip çıkma imkânları, sistemin elektrik ve ısı talebinde gün içinde olagelen talep değişikliklerini ve EIO değişimlerini rahatça telafi etmesine izin verir. Bu da gün bazında enerji maliyetlerinin en aza indirilmesine yardımcı olur.

- Kısa zamanda devreye alınıp, kısa zamanda devre dışı bırakılabilmesi, bir kolaylıştır. Aynı zamanda, gaz motoru, tesisin az devre elemanı içermesinden dolayı, diğer sistemlere göre daha kısa zaman sürelerinde tesis edilebilmesi ve tesis iç tüketimlerinin az olması, gaz motoruna yıllar boyu %98'in üzerinde bir emre amadelik oranı sağlar.

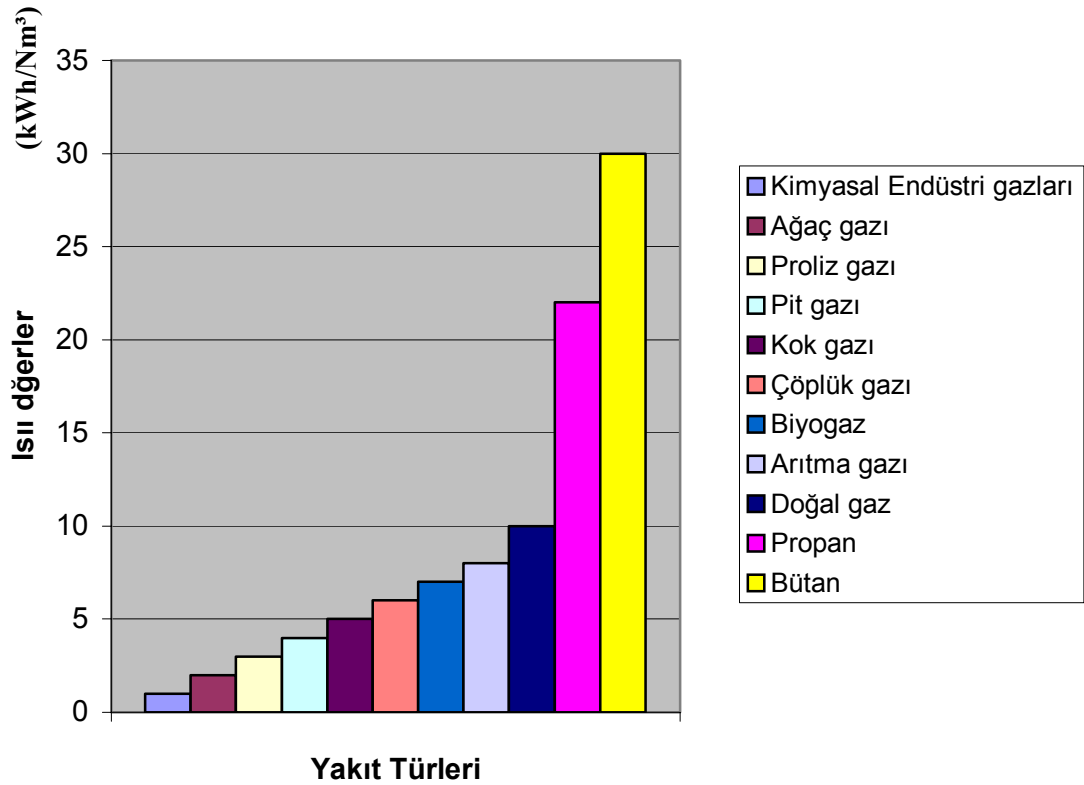
- Gaz motorları denilince, yakıt olarak ilk önce doğalgaz akla gelmekte fakat atık arıtma tesislerinden kanalizasyon gazı (Sewage gas), çöp depolama tesislerinden çöplük gazı (Landfill gas) ve benzer şekilde biyogaz, kok gazı vb. yakıtlarda kullanılabilir. Üstelik atıklardan elde edilen bu gazlar elektrik ve ısı üretmek için direkt olarak kullanılabilir. Bunların direkt

olarak motorlarda yakılmasıyla, değerlendirilmeleri için önce yakıp buhar üretmek, bununla da bir buhar türbini çevirmek gibi ara işlemler gerekmemektedir.

2.1.2 Kullanılan Yakıtlar

Kojenerasyon teknolojisi, kullanılan gazların ekolojik ve ekonomik anlamda daha cazip olmasını sağlar. Bu sistemlerde düşük metan sayılı 0.54 kWh/Nm^3 'lük bir ısı değerine sahip kimyasal endüstriden elde edilen gazlardan, 30 kWh/Nm^3 'lük bir ısı değerine sahip bütana kadar birçok yakıt kullanılmaktadır. Bu yakıt türlerinden bazı örnekler ve ısı değerleri Şekil 2.10'da görülmektedir.

Şekil 2.10. Bazı Yakıtların Isıl Değerleri.



Şekil 2.10'daki yakıtların yanı sıra dizel türü ağır yakıtlar kullanılan motorlar, LPG ile çalışan sistemlerde çeşitli kojenerasyon uygulamalarında kullanılmaktadır.

Isıl değerler incelendiğinde, çöplüklerde, kanalizasyonlarda ve bu gibi atıklarda adeta enerji hazinelerinin yatmakta olduğu görölmektedir. Bu atıkların kontrolsüz bir şekilde çevreye atılmasıyla, sadece çevreyi kirletmekle kalınmamakta, aynı zamanda enerji kaynakları da kullanılmamaktadır. Enerji kaynağı olarak kullanımı düşünöldüğünde, Şekil 2.10'da verilmekte olan ısıl değerler alınarak yapılan hesaplarda 2 kWh elektrik enerjisi ve 1,23 kWh ısıl enerji için;

- 5–7 kg biyoatık,
- 5–15 kg çöp,
- 8–12 kg ters-organik atık,
- 4–7 m³ şehir kanalizasyon suyu yeterli olmaktadır.

Türkiye gibi sürekli enerji kesintilerinin gündemde olduğu ve devamlı nükleer ve termik santral tartışmalarının yapıldığı bir ölkede, çöplükler ancak patladığında akla geliyor. Oysa buralarda oluşan gazlar değerlendirilirse hem çöplükler daha güvenli bir hale gelebilecek hem de enerjideki dar boğazın aşılabilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır.

Gaz motorunda kullanılan bir yakıtın en önemli özelliklerinden biri de vurutu direncidir. Gazın vurutu direncini de “Metan Sayısı” belirler. Çizelgede 2.1'de bazı yakıtların metan sayıları görölmektedir.

Çizelge 2.1 Bazı Yakıtların Metan Sayıları [19].

Yakıt	Tanımı – Bileşimi (%)	Metan Sayısı
H ₂	Hidrojen	0
CH ₄	Metan	100
C ₂ H ₄	Etilen	15
C ₂ H ₆	Etan	43.7
C ₃ H ₆	Propilen	18.6
C ₃ H ₈	Propan	33
C ₄ H ₁₀	Bütan	10
CO	Karbon monoksit	75
Doğal Gaz (Tipik)	CH ₄ = 88,5 C ₂ H ₆ = 4,7 C ₃ H ₈ = 1,6 C ₄ H ₁₀ = 0,2 N ₂ = 5,0	72–98
Aritma Gazı	CH ₄ = 65 CO ₂ = 35	134
Çöplük Gazı	CH ₄ = 65 CO ₂ = 25 N ₂ = 10	136

Benzinli motorlarda “Oktan Sayısının” vuruntu kriteri olduğu ve sıkıştırma oranı ile ateşleme açısının buna göre belirlendiği bilinmektedir. Gaz yakıtlı Otto motorlarında ise yakıtın uygunluğunu tespit etmek için hesaplanması gereken vuruntu kriteri metan sayısıdır. Metan sayısının 100’e yakın veya üzerinde olması, sıkıştırma oranını yükseltme ve böylece mekanik verimi artırma olanağı sağlar. Bu koşulda, motor sıkıştırma oranı 12,5:1 seçilerek ve gaz motoru için oldukça yüksek sayılabilecek olan %41’lik bir verime ulaşmak mümkündür.

- **Kapasite Aralıkları**

Gaz motorlarında tek modül olarak kapasite 15 kW ile 20 kW arasında değişmektedir. Gaz türbininde ise 1 MW ile 50 MW arasında değişen model ve markalar mevcuttur. Sistem birleşik buhar gaz türbini olarak işletilirse 10 MW ile 100 MW arası güçlerde sistemler tesis edilebilmektedir.

- **Toplam Verim**

Toplam verim %30 ile %90 arasında değişmektedir.

Gaz türbinlerinde:

Yalnız elektrik üretimi	: ≈ %30
Kombine çevrimle elektrik üretimi	: ≈ %45-50
Bileşik güç ve ısı santrali	: ≈ %85

Gaz motoru:

Elektrik çevrim verimi	: ≈ %40
Toplam sistem verimi	: ≈ %85-91

- **Ekonomik Ömür**

Kojenerasyon sistemlerinin optimum ekonomik ömürleri 100.000 ila 150.000 saat mertebelerindedir. Bu da yaklaşık 12-20 yıla tekabül etmektedir.

- **Atık Isının Kullanım Çeşitleri**

Isının geri kazanım türleri aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir:

- Ortam ısıtma: Sıcak su, buhar, sıcak hava
- Kurutma prosesi: Sıcak su, buhar, sıcak hava veya gaz
- Kazan besisi suyu ön ısıtma: Kızgın su
- Yağ alma ve temizleme: Sıcak su
- Proses buharı sağlama: boru testi, çamaşırhane vs.
- Kızgın buhar üretimi: Kombine çevrimli santral
- Ergitme (plastik) : Kızgın yağ üretme
- Absorpsiyonlu soğutma makinesi: İklimlendirme sistemi

Atık ısıdan soğutma amaçlı yararlanılmadıkça yaz aylarında sistem verimi çok düşecek, sadece elektrik üretir konuma gelinecektir. Absorpsiyonlu soğutma sisteminin pahalı, büyük ebatlı, işletmesi zor ve sık bakım gerektiren bir sistem olmasından dolayı bu sistemin kullanımı henüz yaygınlaşmamıştır. Üstelik verilen 100 birim ısı enerjisinden ancak 60–65 birim soğutma enerjisi alınabilmektedir. Dolayısıyla elektriğe oranla verimsiz bir çözüm gibi gözükmesine rağmen absorpsiyonlu sistemde kullanılan ısının tamamen atık ısı olduğu düşünülürse sistemin ne kadar verimli olduğu açıktır. Yukarıda bahsedilen sorunların çözülmesi kojenerasyonun önünde yepyeni bir ufuk açacaktır.

Sıcak su ve buhar üreten sistemlerde ise atık ısının; gaz motorlarında yaklaşık %70'i sıcak suya, %30'u buhar fazına geçmekte olup, gaz türbinlerinde ise yaklaşık %45'i sıcak suya, %55'i buhara dönüştürülebilir.

Atık ısının kojenerasyon sisteminden çekilme şekli Bölüm 2'de açıklanmış olduğu üzere;

Gaz motorlarında:

- Gaz motorunun yağlama devresi,
- Yanma sonucu oluşan egzoz gazları ve şarj havası,
- Silindir bloğu soğutma suyu devresi,

Gaz türbinlerinde ise:

- Türbin egzoz çıkışına direkt olarak konulan bir ısı eşanjörü (atık ısı kazanı) aracılığıyla olmaktadır.

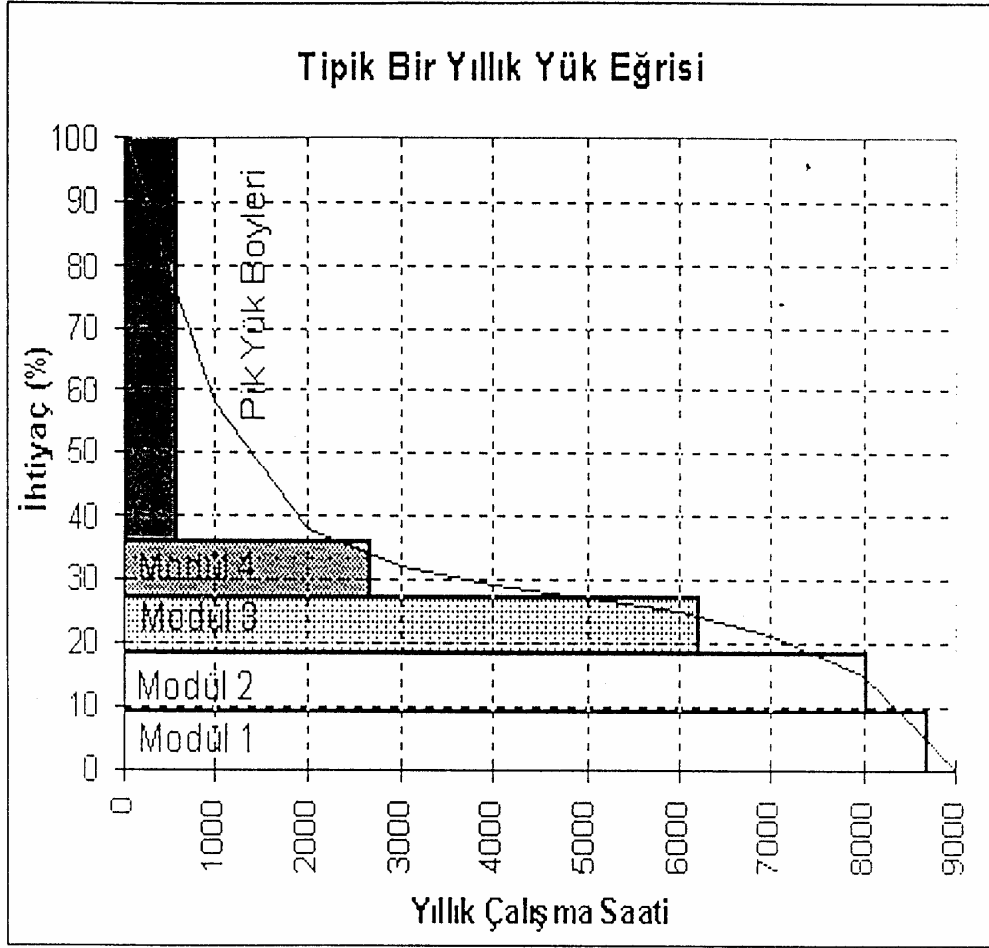
2.1.4 Elektrik Isı Oranları

Elektrik ısı oranları, gaz motorlarında %80 civarındadır. Yani 100 kW elektrik enerjisi üreten bir gaz motoru, aynı zamanda ilave bir birincil enerji (gaz-yakıt) kullanmaksızın 125 kW ısı enerjisi üretmektedir. Daha basit bir biçimde açıklandığında, 90–70 °C sıcak su ile çalışan bir sistem ile yaklaşık 22.500 kg/h debisinde sıcak su üretilir. 125 kW'lık bir ısı enerjisi de, Kütahya'da kış şartlarında 100 m²'lik 30 dairelik bir binanın ısıtmasını karşılayabilecek bir kapasitededir. Gaz türbinlerinde ise EIO, %40 civarındadır. Yani 1 MW'lık elektrik enerjisi üreten bir gaz türbini eş zamanlı olarak ilave bir birincil enerji (gaz-yakıt) kullanmaksızın 2,5 MW ısı enerjisi (sıcak su veya buhar) üretme kapasitesine de sahiptir. Daha fazla elektrik enerjisi üretebilmek için gaz türbini egzoz çıkışına bir de buhar türbini ilave edilirse (kombine çevrim yada birleşik gaz – buhar türbini) EIO %67'ye çıkarılabilir. Son halde 1 MW elektrik

enerjisi üreten bir kombine çevrimli gaz buhar türbini eş zamanlı olarak yaklaşık 1,5 MW ısı enerjisi üretebilecektir. Görüldüğü gibi elektrik enerjisi ihtiyacının ısı enerjisi ihtiyacına göre izafen en fazla olduğu durumlarda gaz motoru kullanmak ve bu oran azaldıkça da sırasıyla kombine çevrimli santral veya gaz türbini kullanmak daha ekonomik olacaktır.

Kojenerasyonu asıl verimli kılan; çalışma saatini maksimuma çıkarıp, elektrik ve atık ısısında sürekli kullanılmasını sağlamaktır. Bu yüzden elektrik ve ısı ihtiyaçları ile elektrik ısı oranı değiştikçe bu değişimi kompanse edebilecek sistemlere ihtiyaç vardır. Bu sistemlerin başlıcaları şunlardır:

- **Birden fazla modül kullanmak:** Kojenerasyon sistem seçiminde Şekil 2.11'deki gibi bir yıllık yük eğrisini belirlemek çok önemlidir. Bu eğriden yola çıkarak özellikle gaz motoru kullanılacak sistemlerde birden fazla modül kullanmak daha ekonomik olabilmektedir. Bunu daha kaba ve basit anlatacak olursak; gece-gündüz, yaz-kış, hafta sonu-hafta içi elektrik ve ısı kullanımlarında büyük farklar olmasıdır. Fakat kullanılacak ikinci ve sonraki modüller enerji ihtiyacının artması ile devreye gireceği için modüllerin amorti süreleri de değişecektir. Şekil 2.11'deki modüllerden 1. Modül kendini en önce amorti ederken yukarı doğru diğer modüllerin amortisman süreleri sırasıyla artmaktadır.



Şekil 2.11. Tipik Yıllık Yük Eğrisi.

- **Isı akümülatörleri kullanmak:** Isı üretiminin ihtiyaçtan fazla olduğu durumlarda ısı akümülatörleri doldurularak, ihtiyacın üretimden fazla olduğu durumlarda ısıyı akümülatörlerden çekerek toplam verimin mümkün olduğunca düşmemesi sağlanır.

- **Şebekeyle senkronize çalışmak:** Elektrik üretiminin tüketimi karşılayamadığı durumlarda şebekeden elektrik çekerek, fazla üretim halinde de şebekeye elektrik satarak, sistemin tam yük ve maksimum verimde çalışması sağlanır. Fakat bu sistem Türkiye’de yasal zorluklar bulunması ve de şebeke elektriğindeki frekans dalgalanması sebebi ile fazla uygulanmamaktadır.

- **Bypass'lı kombine çevrim kullanmak:** Türbinli kojenerasyon sistemlerinde, atık ısı kazanından elde edilen buharı;

~ Elektrik ihtiyacı arttığında ikinci bir buhar türbininde kullanarak, üretilen toplam elektrik miktarı arttırılabilir. Bu şekilde elektrik çevrim verimi %45 civarlarına çıkartılabilir.

~ Isı enerjisi ihtiyacı arttığında bypass yolunu açarak buharın tamamen ısıtma amaçlı kullanımı sağlanabilir.

~ Isı ihtiyacının bazı pik durumlarında; türbin egzoz çıkışına ilave yakıt enjekte edilerek bir art yanma (post-combustion) ile ısı üretimi arttırılabilir.

Buhar türbini kullanıldığında da, türbinden ara buhar çekerek değişen elektrik ısı oranları kompanse edilir.

- **Doğrudan bypass bacası ve damper sistemi kullanarak,** ısı gerekli olmadığına ısıyı dışarıya atmak. En verimsiz işletme şekli bu şekilde olur ki, tüm ısının atılması halinde %80 civarında olan toplam verim (Enerjiden Yararlanma Oranı) %30'lara düşer.

- **Pik yük boyları ve/veya chilleri kullanmak:** Şekil 2.11'deki yıllık ısı gereksinimi eğrisinden görüleceği üzere, toplamda az bir süre olsa da, bazı zamanlarda ısı gereksinimi toplam kojenerasyon ısı üretimini aşmaktadır. Bu pik durumları karşılamak için ilave kojenerasyon modülü koymak verimsiz olacaktır. Çünkü kojenerasyon modülleri yılda 365 gün, günde 24 saat (bakım için durmalar hariç) işletilecek şekilde tasarlanmışlardır. Bu çalışma şartlarında kendisini yaklaşık 2,5 yılda amorti edecektir. Oysa çalışma süresi azaldığında, bu amortisman süresi çok artacaktır. Bu tür pik durumlar için ilave bir boyler veya soğutma ihtiyacı için pistonlu bir chiller kullanmak daha ekonomik olacaktır.

2.1.5 Diğer Parametreler

Gaz motorlarının daha kolay devreye alınabilmesinden dolayı senelik start sayıları fazla olan işletmeciler için gaz motoru kullanımı kaçınılmaz hale gelir.

- **Ortam Sıcaklığı**

Gaz türbinlerinin çıkış güçleri ve ısıl oranları, ortam sıcaklığına fazla duyarlılık gösterdiği için; gaz motorları, ortam sıcaklığına çok fazla duyarlı olmadığından, bazı uygulamalarda gaz motoru kullanımı zorunlu hale gelir.

- **Elektriğin Kalitesi**

Elektrikteki frekans ve gerilim hassasiyetinin yüksek olduğu işletmelerde bazen sistemin karlılığına ya da şebeke elektriğinin sürekliliğine bakmaksızın, kojenerasyon yatırımı zorunlu hale gelir. Özellikle hassas elektronik cihazların bulunduğu tesislerde (tekstil, bilgisayar, vs.) frekans ve gerilim değerlerinin toleransı çok azdır. Tesiste bu türden sorunlar varsa, kojenerasyon bu kuruluş için kaçınılmaz olmakta, tolerans miktarı azaldıkça ise sistem seçimi gaz motorundan gaz türbinine doğru kayacaktır.

2.2. Avrupa’da Kojenerasyon Teknolojisi

Avrupa’da genel olarak, ekonomik ve çevresel katkılarından dolayı kojenerasyon teknolojisi merkezi, hükümetler tarafından desteklenmekte ve yaygınlaşması teşvik edilmektedir. Ülkelere göre Avrupa’da kojenerasyon stratejisi ve uygulamaları kısaca şu şekildedir:

- Fransa şimdilik Avrupa Birliğinde kojenerasyonla yapılan üretimde en düşük paya sahip ülkedir. Buna rağmen Fransa’da bu pay artış göstermektedir. Bu ülkedeki yüksek nükleer kapasite, elektrik üretiminin başka türlü gelişmesini engellemekte veya oldukça yavaşlatmaktadır.

- Almanya’da birtakım engeller nedeniyle, kojenerasyon alanında tüm potansiyelin tamamıyla gerçekleştirilememiş olmasına rağmen, kojenerasyon genel olarak oldukça iyi bir gelişme göstermiştir. Doğal gaz üzerine kurulmuş ve bölgeselleşmiş olan kojenerasyon, ileriye dönük en büyük pazar potansiyeline sahip görülmektedir.

- Yunanistan; kojenerasyonun çok az geliştiği bir ülkedir. Doğal gaz miktarındaki artışla birlikte geleceğe yönelik umut verici gelişmeler beklenmektedir.

- Hollanda; doğal gazın ucuz olması, uygun hükümet politikası ve etkili çevresel kaygılar gibi nedenlerle kojenerasyonun oldukça iyi geliştiği bir ülkedir. İleriye yönelik beklentilerin oldukça iyi olduğu bu ülkede, hükümet 2000 yılı itibarıyla kojenerasyonu toplam kapasitenin %40’ına ulaştırmayı planlamıştır.

- İspanya’da uygun bir yasal çerçevenin varlığı nedeniyle son zamanlara kadar kojenerasyon çok hızlı bir gelişme göstermiştir. Ancak bu yasal çerçevede yapılan değişiklikler ve doğal gaz fiyatındaki ayrımcılık gibi birtakım belirsizliklerin giderilmesi halinde İspanya’da daha fazla gelişme potansiyeli mevcuttur.

- İsveç’te hükümetin elektrik üretiminin hemen hemen yarısını oluşturan nükleer kapasitenin azaltılması yönündeki düşüncesi, ayrıca kojenerasyon ve ısı enerjisinin bazı türlerinin desteklenmesi yönündeki açıklaması bunun yerini alacak alternatif enerji türlerine duyulan ihtiyaç, buna ilave olarak çevresel kaygılar, şimdilik çok az gelişme gösteren kojenerasyonun ileride oldukça iyi bir aşama kaydedeceğini göstermektedir.

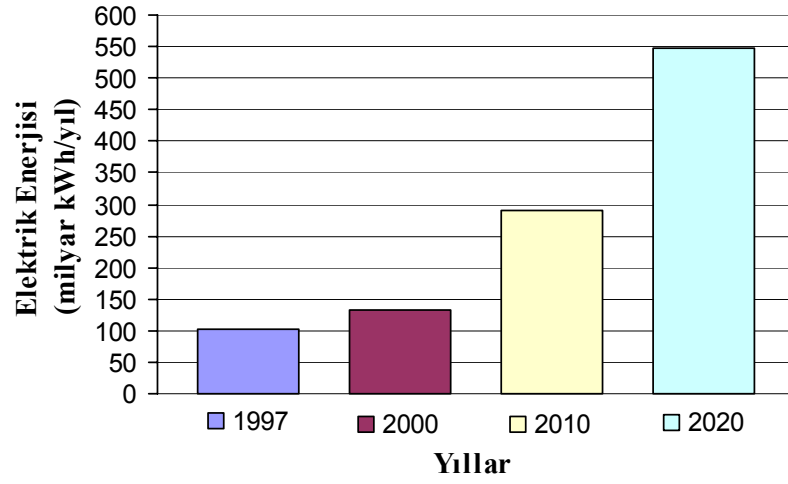
- İngiltere, kojenerasyondan elektrik üretiminde küçük bir paya sahip olup, bu konudaki büyümenin hız kazandığı bir ülkedir. Hükümet başlıca sağlık sektöründe olmak üzere devlet teşebbüslerinde de kojenerasyonun kullanılmasını teşvik etmekte olup, bu ülkedeki mevcut kojenerasyon tesislerinin yarısından çoğu devlet sektöründe bulunmaktadır [4].

2.3. Türkiye’de Kojenerasyon

Türkiye, 2004 yılında ihtiyaç duyduğu birincil enerji kaynaklarının %72’sini ithal yoluyla karşılamak zorunda kalmıştır. Kojenerasyon Tesislerinin yaygınlaştırılması teşvik edilmezse, sosyo-ekonomik gelişmemizin tetiklediği enerji kaynakları tüketim hızı ile ithal zorunluluğu 2010 yılında %76’ya, 2020 yılında %82’ye ulaşması beklenmektedir [20].

Bugün ülkemizde işletmede olan toplam 5000 MW’lık Kojenerasyon Tesisi sayesinde 2004 yılında 3 milyon TEP yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Bu tasarruf, 2004 yılında kullandığımız toplam 88 milyon TEP enerjinin %3,4’üdür ve parasal değeri bugünkü petrol fiyatlarıyla yaklaşık 1 milyar dolardır [20].

2000 yılı başında Türkiye’de toplam olarak yaklaşık 12530 GWh/yıl üretim yapan 2655 MW kurulu güce sahip, 74 tanesi kojenerasyon tesisi olan 80 adet otoproduktör santral işletmeye alınmıştır. Şu anda toplam 2474 MW kurulu güce sahip kojenerasyon tesisi işletme altında olup, bu güç toplam Türkiye elektrik kurulu gücünün %14’ünü oluşturmaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere, Türkiye’deki kojenerasyon tesis kapasitesinin son yedi yılda büyük bir hızla gelişmekte olduğu görülmektedir. Yıllık büyüme %20’lere ulaşmaktadır. Bu miktar Türkiye’nin elektrik ihtiyacının yıllık artışının üzerindedir. Türkiye’nin elektrik enerjisi ihtiyacını Şekil 2.12’deki grafikte görebilmekteyiz.



Şekil 2.12. Türkiye'nin Yıllara Göre Elektrik Enerjisi İhtiyacı.

Günümüzde kojenerasyon kurulu gücünün %68'inin Marmara Bölgesi'nde bulunmasının nedeni doğal gazın ilk bu bölgeye gelmesi ve özellikle de sanayi tesislerinin İstanbul ve çevresindeki illerde gelişmesidir. Uygulaması devam eden kojenerasyon tesislerinin kurulu gücü ise 1733 MW'a ulaşmaktadır. Bu toplam içinde yine Marmara Bölgesi'nin %71'lik büyük bir pay ile geliştirmekte olduğu açıktır [4].

3. KOJENERASYONUN ÖZEL SEKTÖRE KATKISI

Ülkemizde üretilen elektrik enerjisinin %92'sinde TEAŞ'nin, %2'sinde ÇEAŞ ve KEPEZ elektriğin, %6'sında ise diğer şirketlerin payları bulunmaktadır. TEAŞ'nin sattığı elektrik 7 cent/kWh iken özel sektör bunu kendi üretimleriyle 3,5~5 cent/kWh'a mal edebilmektedir [21].

Kendi enerjisini üreten özel teşebbüslere kojenerasyon sistemleri teminini yapan önemli firmalar bulunmaktadır. Türkiye'de iyi referanslara sahip bu firmalar; Sistern Isı Sistemleri, Wartsila, Topkapi, Çukurova İthalat, Borusan Güç Sistemleri şeklinde sıralanabilir. Belirtilen firmaların Türkiye içersindeki kurmuş oldukları kojenerasyon tesisleri; kurulu güç, sistem, firma ve bölge olarak Çizelge 3.1'de verilmiştir. Ayrıca Wartsila firmasına ait kojenerasyon projelerinin Türkiye genelinde dağılımı Ek 1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Türkiye'deki Referans Kojenerasyon Tesisleri Tablosu [22 - 25].

	Firma Adı	Kojenerasyon Tipi	Adet x Güç (MW)
TOPKAPI ENDUSTRİ (Jenbacher)	Tekboy Tekstil Lüleburgaz	1 xJMC616Gaz Motoru	1 x 2,2
	Standart Profil Düzce	3 x JMC616 Gaz Motoru	3 x 2,2
	Atateks Tekstil Çorlu	3 x JMC620 Gaz Motoru	3 x 3
	Doğubeyazıt CS-1 Kompresör İstasyonu	1 xJMC316 Gaz Motoru	1 x 0,836
	Altın Marka Gıda Hadımköy İstasyonu	2xJMC320 ; 1 XJMC420	2 x 1 ; 1x1,4
	Adana Eysel Arıtma Tesisi	1 xJMC316 Gaz Motoru	1 x 1
	Asıl Gıda İzmit	2 x JMC320 Gaz Motoru	2 x 1,1
	Pak Holding Pakmaya Tesisleri Düzce	1 x JMC320 Gaz Motoru	1 x 1
	Ambarlı Kompresör İst.	1 x JMC316 Gaz Motoru	1 x 0,836
	Kemberburgaz Çöplük Santrali	4 x JMC320 Gaz Motoru	4 x 1
	Hayati Kimya	1 x JMC320 Gaz Motoru	1 x 1

Çizelge 3.1. (devam)

	Firma Adı	Kojenerasyon Tipi	Adet x Güç (MW)
BORUSAN GÜÇ SİSTEMLERİ (CAT)	Nuryıldız Tekstil San. Çorlu	1 xG3512 Gaz Motoru	1 x 0,77
	Atlas Halıcılık İşletmeleri	1 xG351 6 Gaz Motoru	1 x 1,02
	Pisa Tekstil Boya San.	1 xG3516 Gaz Motoru	1 x 1,02
	Tük Henkel A.Ş.	1 xG351 6 Gaz Motoru	1 x 1,02
	Mercedes Benz Türk	4 x G3520c Gaz Motoru	4 x 2
	Baydemirler Tekstil	3 x G3520c Gaz Motoru	3 x 2
	Superboy Boya Kasar	2 x G3516 Gaz Motoru	2 x 1,02
	Akman Tekstil	1 x G3516 Gaz Motoru	1 x 1,02
	Saray Örne Konfeksiyon Bursa	3 x G3516b Gaz Motoru	3 x 1,165
	Çelik Halat ve Tel San.	2 x 351 6b Gaz Motoru	2 x 1, 165
	Aktin Tekstil	1 x G3520b Gaz Motoru	1 x 1 ,47
	Tanrıverdi Dokuma Apre Boya	4 x G3516b Gaz Motoru	4 x 1 ,02
	Sarkuysan Elektrolitik Bakır San.	2 x G3616 Gaz Motoru	2 x 3,85
	Tüp Merseize Boya Kasar San.	1 x G3516 Gaz Motoru	1 x 1,02
ÇUKUROVA (Nedalo)	Nuryıldız Tekstil Çorlu	1 x N1 350 Gaz Motoru	1 x 1,4
	Tübaş Tekstil Çerkezköy	1 x N1 350 Gaz Motoru	1 x 1,4
	Yeni Tekstil Maslak/İst.	1 x N600 Gaz Motoru	1 x 0,61
	Günöz Tekstil Çorlu	1 x N1 350 Gaz Motoru	1 x 1,4
	Yurtbay Enerji İnönü Eskişehir	3 x TM400Q Gaz Motoru	3 x 3,5

Çizelge 3.1. (devam)

	Firma Adı	Kojenerasyon Tipi	Adet x Güç (MW)
WARTSILA	Şişecam Topkapı	2 x 1 8V32DF Gaz Motoru	2 x 6,1
	Şişecam Çayırova	2 x 18V32DFGaz Motoru	2 x 6,1
	MOSB Manisa	3 x 18V50DF Gaz Motoru	3 x 16,6
	Marmara Pamuklu Tekstil Çorlu	2 x 20V34SG Gaz Motoru	2 x 8,73
	Güle Çorlu	1 x 18V32DF Gaz Motoru	1 x6,1
	Arçelik Çayırova	1 x 18V32GD Gaz Motoru	1 x 6,5
	Zorlu Enerji İpek Kağıt Yalova	1 x 20v34SG Gaz Motoru	1 x 8,73
	Düsa İzmit	1 x 18v280 Gaz Motoru	1 x 5
	Klor Alkali İzmit	4 x 18v220SG Gaz Motoru	4 x 3,2
	Akbaşlar Tekstil Bursa	1 x 20v34SG Gaz Motoru	1 x 8,3
	MOSB Manisa	4 x 20v34SG Gaz Motoru	4 x 8,73
	Kar Ege-1 Kemalpaşa/İzmir	3 x 20v34SG Gaz Motoru	3 x 8,73
	Kar Ege-2 Kemalpaşa/İzmir	2 x 20v34SG Gaz Motoru	2 x 8,73
	Akça Enerji Denizli	1 x 20v34SG Gaz Motoru	1 x 8,73
	Denizli Çimento	1 x 16v46 Gaz Motoru	1 x 13,8
	Boz Tekstil Uşak	1 x 20v34SG Gaz Motoru	1 x 8,73
	Arçelik Eskişehir	1 x 18v32GD Gaz Motoru	1 x 6,5
	ORS Polatlı Ankara	1 x 18v34SG Gaz Motoru	1 x 6
	Barmek-Gama Kırıkkale	13x 18V38B Gaz Motoru	13x 11,77
	Çinkur Kayseri	3 x 18V38A Gaz Motoru	3 x 10
	Noren Enerji Niğde	1 x 20V34SG Gaz Motoru	1 x 8,73
	Aksa Kıbrıs	2 x18v46 Gaz Motoru	2 x 17
	Aksa Kıbrıs-2	3 x 18v46 Gaz Motoru	3 x 17
	Amylum Adana	1 x12zw40 1 x6s20Gaz	1 x 6,5 / 0,75
	Cengiz Samsun	7 x 18v46 Gaz Motoru	7 x 17,57
	Aksa Samsun	7 x 18v46 Gaz Motoru	7 x 17,57
	BaküCeyhan Boru Hattı/Erzincan	5 x 18v34SG Gaz Motoru	5 x 6,2

3.1 Ülkemizde Kurulan Kojenerasyon Tesislerinden Örnekler

- **Mb-Şeker Nişasta San.ve Tic. A.Ş.**

Aksaray'daki Fabrika sisteminde 2 adet 50 ton/h kapasiteli ve 36 bar basınç altında 400 °C ile çalışan buhar kazanı mevcuttur. Sistemde kurulu 2 adet 4400 kW buhar türbini ile gerekli enerji elde edilmektedir [26].

- **İsko Dokuma**

Tekirdağ Çorlu bölgesindeki tesis içinde 1 adet 35 ton/h, 60 bar 450 °C akışkan yataklı, su borulu, endüstri tipi buhar kazanı mevcuttur. Ayrıca hava ısıtıcısı, torbalı filtre, demineralize su hazırlama ünitesi ve "SIMATIC S7" skada yazılımlı otomasyon sistemi ise 4 MW gücündeki gaz türbinine akuple durumdadır [26].

- **Camiş Trakya Cam Sanayi**

Camiş Fabrikasındaki kojenerasyon sisteminde, 50 ton/h kapasiteli, 52 bar basınç ve de 420 °C sıcaklıkta buhar üretebilen kızgın buhar hattı kurulmuştur. 30 MW'lık kurulu güç ise iki adet 10 MW gaz türbini ve bir adet 10 MW buhar türbininden alınmaktadır [26].

- **Türk Henkel A.Ş. (Cognis Kimya)**

Toplam kurulu gücü 1,7 MW olan sistemde 1,02 MW elektrik üretimi, 8 bar basınç ile 800 kg/h buhar ve de 90 °C sıcaklıkta 48 ton/h sıcak su üretimi yapılmaktadır. Şekil 3.1'de verilen sistemin toplam verimi ise %86'dır [27, 28].



Şekil 3.1. Türk Henkel A.Ş. Gaz Motorlu Kojenerasyon Sistemi [27].

- **Nuryıldız Tekstil**

Çorlu'da bulunan fabrikada Hollanda'dan ithal edilen Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de verilen 1,4 MW gücündeki doğal gaz motorlu kojenerasyon sistemi kullanılmaktadır. Sistemin buhar üretim kapasitesi 1,3 ton/h olup 65 °C sıcaklık ve 11 ton/h debide sıcak su üretimi de yapılmaktadır [29].



Şekil 3.2. Nuryıldız Tekstil Kojenerasyon Santrali (Dıştan Görünüş) [29].



Şekil 3.3. Nuryıldız Tekstil Kojenerasyon Santrali (İçten Görünüş) [29].

- **Yurtbay Enerji Santrali**

Seramik, vitrifiye ve sağlık yapı gereçler, seramikle ilgili izolasyon malzemeler, cam ve porselen eşya ile mutfak banyo aksesuarları levazımatı, fayans yer karoları ve armatürlerin üretimi alanında faaliyet gösteren Yurtbay seramik fabrikasının enerji merkezi olan ve Şekil 3.4’de verilen santralde, 3 adet 3,5 MW gücündeki gaz motorlu jeneratör bulunmaktadır. Sistem, Fransız bir firma olan Turbomeca’ya ait olup, yakıt sistemi hem doğalgaz hem de motorin olarak değiştirilebilmektedir [29, 30].



Şekil 3.4. Yurtbay Enerji Santrali [29, 30].

- **Atateks Kojenerasyon Santrali**

Atateks Tekstil İşletmeleri 1990 yılında Gipe İplik Üreticisi olarak faaliyetine başlamıştır. Bugün Atateks Boya, Moda Örme, Gipe İplik ve Atateks Dikişsiz Giyim olmak üzere 4 Şirket halinde faaliyetini sürdürmektedir.

İşletmedeki kojenerasyon sistemi; Dünyada mevcut en büyük yüksek devirli ve fakir karışım yanmalı 3 MW sınıfı makina olan Jenbacher 620 tipi iki adet gaz motoru ve bunların egzozundan buhar üretecek çift geçişli müşterek bir kazan sisteminden oluşmaktadır. Sistem Topkapı Endüstri AŞ tarafından anahtar teslimi olarak inşaa edilmiş olup, santral Eylül 2003'te devreye alınarak enerji üretimine başlamıştır. 2004 yılında sisteme eklenen 3. motor ile Şekil 3.5'de verilen tesis kapasitesi 9 MW'a yükseltilmiştir. Santral Otoprodüktör Statüsünde şebeke ile paralel çalışmak üzere 34,5 kV Şalt Sistemi ile techiz edilmiş olup fabrikalar ile otomasyon entegrasyonu ve yük atma prosesi SCADA tabanlı kontrol sistemi ile sağlanmaktadır. Sistem, %42,9 elektriksel ve %37,1 termal olmak üzere toplam %80 lik bir verime sahiptir [31].



Şekil 3.5. Atateks Kojenerasyon Gaz Motoru [31].

- **Doğubayazıt Cs-11 Kompresör İstasyonu**

Ağrı ilindeki bu tesis, Botaş şirketine bağlıdır. 2004 Yılı sonunda devreye giren Doğubayazıt CS-11 kompresör istasyonu projesi, İran'dan gelen doğalgazın basıncını yükselterek boru hatlarının kapasitesinin artırılmasına yönelik bir uygulamadır. Şekil 3.6'da verilen CS-11 kodlu bu kompresör istasyonu için 776 kW gücünde GE Jenbacher JMS 316 gaz motoru, acil durum jeneratör olarak seçilmiş ve tesis edilmiştir. Esasen bu tesis, İstanbul Ambarlı CS2 Kompresör istasyonunun bir benzeridir.

Gaz jeneratörü tesisi iki farklı uygulamaya göre operasyona hazırdır. Bunlardan ilki şebekedeki elektrik kesintisi durumunda, kompresörlere ait yardımcı tesislerin çalıştırılması görevidir. Diğeri ise, sistem şebeke ile paralel çalışmaya uygun olarak donatıldığından, kompresör istasyonunun tüm elektrik ihtiyacını şebeke enerjisi varken bile besleyerek enerji üretmesidir. Sistemde yakıt olarak doğalgaz kullanılması ile şebekeye göre daha ekonomik olarak elektrik üretilebilmektedir. Sistemi kojenerasyon mantığından ayıran tek unsur, gaz motorunun atık ısısından faydalanılmamasıdır. İstenildiği takdirde atık ısının büyük bir kısmı küçük bir revizyon ile kullanılabilir duruma getirilebilmektedir. Ayrıca egzoz eşanjörü montajı ile de sistem azami ısı üretebilir duruma kolayca getirilebilmektedir.



Şekil 3.6.Doğubayazıt Kojenerasyon Gaz Motoru [32].

- **Standart Profil**

Standard Profil A.Ş. 1977 yılında Düzce Konuralp Hamamaltı mevkiinde 18.000 m² 'lik bir alana kurulmuş olup bugün, yaklaşık 176.000 m² bir alan üzerinde 50.653 m² kapalı alana sahiptir. Standard Profil, yurt içindeki ve dışındaki otomotiv üreticilerine sızdırmazlık profilleri üreten bir yan sanayi kuruluşudur. Türkiye'deki Otomotiv Yan Sanayi firmaları arasında kendi alanında lider konumundadır. İşletmede kojenerasyon tesisi Ağustos 2004'te devreye alınmıştır. Şekil 3.7'de verilen GE Jenbacher 616 tipi üç adet gaz motoru atık ısıdan kızgın su üretecek şekilde Topkapı Endüstri A.Ş. tarafından anahtar teslimi olarak tesis edilmiştir. Santral Otoprodüktör Statüsünde şebeke ile paralel çalışmak üzere 34,5 kV Şalt Sistemi ile techiz edilmiş olup fabrikalar ile otomasyon entegrasyonu ve yük atma prosesi SCADA tabanlı kontrol sistemi ile sağlanmaktadır. Üretilen 100 °C sıcak su absorpsiyon yöntemi ile proses soğutması üretiminde kullanılmakta, kış aylarında da kısmen mahal ısıtmasında değerlendirilmektedir [33, 34].



Şekil 3.7. Standart Profil Kojenerasyon Santrali [34].

- **Adana Atıksu Arıtma Tesisi**

Tesis, VA-Tech / Yüksel İnşaat Konsorsiyumu tarafından 2001-2003 yılları arasında inşa edilmiştir. Mekanik ön-arıtma, çöktürme ve çok yüklü aktif çamur biyolojik arıtma aşamalarından oluşan tesiste çamur stabilizasyon (anaerobik mezofilik çürütme) ve çamur su giderme proses üniteleri de bulunmaktadır. Sistemin bu yapısı çürütme esnasında ortaya çıkan biyogazın toplanmasına imkan vermektedir. Büyük silindirik gaz tanklarında toplanan biyogaz, sülfürden arıtılarak gaz motorlarında kullanılabilir hale getirilmektedir.

Biyogaz kojenerasyon ünitesi tesiste, 2004 itibarıyla üretilen tüm biyogazı kullanarak ve sürekli şebeke ile paralel çalışarak enerji üretilmektedir. Sistemin atık ısısı tümüyle sıcak su üretiminde kullanılmakta, üretilen sıcak su çürütme ünitelerinde prosesi ve gaz çıkışını hızlandırmak için değerlendirilmektedir. Sistemden çıkan biyogazla üretilen tüm elektrik ve ısı arıtma tesisinin kendi ihtiyacı için tamamen tüketilmekte, bu suretle kojenerasyon tesisi en verimli şekilde kullanılabilir. Şebeke kesintileri durumunda, ünite şebekeden ayrılarak tesisin acil durum dizel ünitelerinin tam yüke çıkmasını bekleyip, senkron olarak izole

çalışmaya devam etmektedir. Tesisin elektrik verimi %38,8 ve ısıl verimi de %48,02 olup, toplam verim ise yaklaşık %87,0'dir [35].



Şekil 3.8. Adana Atıksu Arıtma Tesisi [35].

3.2. Örnek Bir Kojenerasyon Tesisinin Detaylı İncelenmesi

Esenyurt Kojenerasyon termik santrali, Türkiye ulusal elektrik şebekesine 180 MW kurulu güç ile elektrik ve Esenkent Bölgesel Isıtma Sistemine ısı amaçlı sıcak su sağlamaktadır. Şekil 3.9'da verilen santralin 180 MW'lık ısı enerjisinin 100 MW'ı ile tüm Esenkent'in ısı enerjisi karşılanırken 7 milyon 900 bin dolar tasarruf sağlanmaktadır [36].



Şekil 3.9. Esenyurt Termik Santrali [37].

Santralde bulunan makine ve ekipmanlar;

- 3 adet Gaz Türbini
- 3 adet Isı Geri Kazanımlı Atık Isı Jeneratörü (kazanı) (HRSG)
- Buhar Türbini
- Hava Soğutmalı Kondansatör
- Yardımcı Kazan
- 154 kV Şalt sahası da dahil olmak üzere Elektrik Sistemleri
- Dağıtım Kontrol Sistemi
- Santralin Balans Sistemleri, olarak verilebilir.

Esenyurt Kojenerasyon Termik Santralinde bulunan makina ve ekipmanların özellikleri kısaca aşağıda açıklanmaktadır.

- **Gaz Türbini**

Gaz türbini paketleri PG6551(B) (Frame 6B) tiptir ve General Electric il lisans sözleşmesi kapsamında Thomassen International tarafından üretilmişlerdir. Her paket taban levhasına monte edilmiş şekilde bir türbin ve aksesuar paketini içermektedir. Her gaz türbininin nominal çıkışı 40 MW'tır. Türbin, jeneratöre, bir redüktör ile bağlanmaktadır, bu da türbinin 5000 d/d'lık radyal hızını, 3000 d/d'ya düşürmektedir.

Giriş filtresinden giren hava, 17 aşamalı eksenel kompresör tarafından basınçlandırılmaktadır. Basınçlı hava yakıtla karıştığı ve yandığı 10 hücreli ateşleme sistemine yönlendirilmektedir. Ateşlemenin tamamlanmasından sonra sıcak gazlar genleştikleri 3 kademeli türbine akmakta olup, gazlar egzoz çıkışından gaz türbinini terk eder.

Gaz türbinleri normalde doğal gaz ile çalışmaktadırlar. NOx emisyonu şartlarını karşılayabilmek için türbinler kuru düşük NOx yanma sistemi ile donatılmıştır. Eğer doğal gaz kesilirse, gaz türbinleri yedek yakıt olarak mevcut bulunan benzin ile yanmaktadır. Gaz türbinleri benzin ile çalıştığında NOx'u düşürmek için su enjeksiyonu yapmaktadır. Gaz türbini jeneratörleri GEC Alstom tarafından üretilmiş olup, 3000 d/d'lı, 11kV'lık 0.9 güç faktörü bulunan jeneratörlerdir. Gaz türbini başlatma sisteminde ağır dizel motor, burma konverteri ve starter debriyajı bulunmaktadır. Başlatma sistemi yardımcı kompartımana yerleştirilmiştir ve vites vasıtasıyla gaz türbini rotorunu çalıştırır. Şebekeden enerji gelmediği zamanlarda bile başlamayı sağlamak için dizel motor seçilmiştir.

Gaz türbinlerinin kontrolü için GE Speedtronic Mark V kontrol sistemi kullanılmaktadır. Mark V üçlü kontrol sistemidir ve yakıt kontrolü (yarı yük durumlarında hız veya yük kontrolleri içindir), derece kontrolü (temel yük durumlarında), veya açık çevrim (işletmeye alma durumlarında) gibi farklı şekillerde çalışmaktadır. İlave olarak, emisyon ve işletme şartlarını karşılamak için türbin giriş kılavuz kanatları ve su enjeksiyonu kullanılmıştır. Normalde gaz türbinleri, en yüksek elektrik verimini ve en düşük emisyonu verdiği için temel yükte çalışmaktadır.

Diğer gaz türbinleri yardımcı sistemlerde, yağlama yağı sistemi (gaz türbini ve jeneratörü yağlamak ve hidrolik yağ sistemini çalıştırmak için kullanılır), kapalı soğutma su sistemi (yağlama yağını soğutmak için kullanılır), yangın detektör ve söndürme sistemi (yangın detektörü, alarm ve CO₂ söndürücüleri içerir), gaz türbini ve jeneratör akustik kaplaması (gürültüyü azaltmak için) ve gaz türbini ve jeneratör koruyucu (alev detektörü, aşırı hız ve senkronizasyon) sistemleri mevcuttur [38].

- **Isı Geri Kazanımlı Atık Isı Kazanları**

Isı geri kazanımlı atık ısı kazanları (HRSG) Schelde Breda Boilers (Hollanda) tarafından dizayn edilmiş ve DESA (İzmir) tarafından üretilmiştir. Bunlar yatay, doğal sirkülasyonlu, çift basınçlı modeller olup, ilave ateşleme sistemine sahiptir. Her bir HRSG'nin ilave ateşleme sistemi, doğal gaz veya petrol ile yanabilen üç brülöre sahiptir. Brülörler merkezi kontrol odasında manuel olarak çalıştırılır ve HRSG başına 27 MW maksimum kapasiteye sahiptir.

Gaz türbini egzoz gazları giriş kanalıyla HRSG'lere sırasıyla girer. Egzoz gazı akışının şartları gaz türbini yükü ve çevre koşulları ilave ateşleme hızı ile orantılıdır. Gürültü ile ilgili talepleri karşılayabilmek için HRSG egzoz kanalına susturucu yerleştirilmiştir. Her bir HRSG'nin kendi %100 x 2 kombine yüksek / düşük basınç kazan besleme suyu pompa seti vardır. Pompalardan biri çalışır durumdadır, diğeri beklemededir.

Kondanserin ısınma ve dearasyonu için gereken buhar miktarını azaltmak için dearatörden gelen brülör besleme suyu kullanılarak kondanser, harici kondanser ön ısıtıcısı içinde ısıtılır. Böylece santralin elektriksel verimliliği yükseltilir.

Eğer santral benzin ile çalıştırılıyorsa, HRSG'nin arka kısmında oluşabilecek korozyonu önlemek için kondanser ön ısıtıcılar ve merkezi ısıtma serpantinleri devre dışı bırakılır. Merkezi ısıtma serpantinlerinde kalan suyun serpantinlerin içinde buharlaşmasını önlemek için basınç altında tutulur.

- **Buhar Türbini**

Buhar türbini General Electric lisansı ile Thomassen International tarafından üretilmiştir. Tek muhafazalı, bir adet kontrolsüz kombine emme/basma ve bir adet kontrollü basma tipi kondanse buhar türbinidir. Kombine emme/basma HRSG'nin alçak basınç bölümü ile aynı basınçta çalışmaktadır. Basma olarak çalıştığında merkezi ısıtma kondanseri yüksek ısısını besler. Yaz döneminde merkezi ısıtma suyunu talep edilen ısıda tutabilmek için, kontrollü basma 1,75 barlık bir basınçta tutulur. Bütün yüksek basınçlı buhar sistemi (HRSG'ler ve buhar türbini)kayıcı basınç şeklinde çalışır. Normalde, buhar türbini kontrol valfleri tam olarak açıktır. Buhar basıncı kabul edilir minimum değerinin altına düştüğünde, basıncı istenen değere getirmek için valflerin bir bölümü kapanır. Buhar basıncının aniden düşmesi durumunda buhar türbini kelebek valfi da kapanacaktır [38].

- **Hava Soğutmalı Kondanser**

Hava soğutmalı kondanser (ACC), buhar türbini egzozundan ve/veya buhar türbini bypas sisteminden gelen buharı kondanse etmeye yarar. Soğutma için çevre havası kullanılır. Buhar, demetlerin dış yüzeyinden geçen havaya ısı transfer ederek, tüp demetleri içinde kondanse edilir. Buhar yoğunlaşır ve kazan besleme suyu olarak tekrar kullanılmak için ACC kondanser tankına geri döner.

Buhar türbini egzozu veya bypas buharı, buhar türbini egzoz kanalı ve iki dağıtım manifoldu vasıtasıyla yoğunlaştırıcı elemanlara gönderilir. Kanalda oluşabilecek herhangi bir yoğunlaşmayı önlemek için buhar kanalında drenajlar vardır [38].

- **Yardımcı Kazan**

Projenin işletmeye alma döneminde karşılayacağı ısı talebi için, yardımcı bir sıcak su kazanı kurulmuştur. Bu sıcak su kazanı silindirik olup, üç geçişli ve basınca dayanıklıdır. Kazan ön ve arka bitiş plakaları ve çift yakıt yakıcıya sahiptir. Yardımcı kazanın maksimum termal kapasitesi 20 MW'tır. Çıkış suyunun derecesi 130 °C de kontrol altında tutulur.

- **Elektrik Sistemleri**

Elektrik sistemleri şu şekilde sıralanabilir;

- Gaz türbin jeneratörleri ve buhar türbin jeneratörleri
- Her jeneratör için yükseltici transformatörü
- 154 kV şalt sahası
- İstasyon ve dağıtım transformatörü
- Orta ve düşük voltaj dağıtım sistemi
- Kesintisiz güç kaynağı

11 kV elektrik üreten gaz türbin jeneratörleri ve buhar jeneratörü tamamen su-hava soğutmalı jeneratörler tarafından sarılmışlardır. Jeneratörler statik ikaz sistemi ile donatılmıştır. Tüm jeneratörler 3000 devir/dk radyal hız ile çalışmaktadır. Her jeneratörün kendi yükseltici transformatörü vardır ve şalt sahası vasıtasıyla, santral 154 kV şebekesine bağlanmaktadır. 154 kV şalt sahası şebeke hatları şalt sahası içinde toprağa gömülüdür. Santral işletmeye alındığında, gaz türbini yükseltici transformatörlerinden ikisi yardımcı sistemlerin işletmeye geçmesi için santrale enerji sağlamak amacıyla voltaj düşürme transformatörü fonksiyonu

görmektedir. 154 kV şebekesinden enerji almak mümkün değilse yardımcı sistemlere enerji sağlamak amacıyla acil dizel jeneratörü kullanılır.

Orta voltaj dağıtım sistemi elektrik enerjisini, 11 kV dağıtım sisteminden beslenen iki istasyon transformatöründen almaktadır. Alçak voltaj dağıtım sistemi, elektrik enerjisini 6,3 kV dağıtım sisteminden beslenen iki dağıtım transformatöründen almakta olup, alçak voltajın gücü 400 V'tur. Tüm acil durumlarda santralin güvenli bir şekilde kapatılması için üç kesintisiz güç kaynağı sistemi bulunmaktadır.

- **Dağıtım Kontrol Sistemi**

Elektrik dağıtımını da içeren santralin tamamı, merkezi kontrol odasından yürütülmektedir. Merkezi kontrol odası, operatör istasyonları, mühendislik istasyonları, dağıtım kontrol sistemi (DCS)'nin yazıcılardan oluşur. DCS, Elsag Bailey Hartmann & Braun tarafından yapılmıştır. DCS mikro işlemci esaslı bir sistemdir. Sistemin kontrol, görüntüleme, işletme, veri saklama, yazma, alarm ve koruma gibi fonksiyonları vardır. Santralin enstrümanları, kontrol ve koruma şartları ise kontrol odasındaki ekipmanlarca idare edilmektedir. Operatör istasyonları, kontrol odası ve santral sistemlerindeki operatörler arasındaki veri alışverişini sağlamaktadır.

Ekranlar, işletme ile ilgili tüm unsurları grafik ve tablo olarak göstermektedir. Santralin durumunu gösteren bir ışıklı panel, operatör istasyonlarının önüne yerleştirilmiştir. İşletme ve görüntüleme işlemleri normalde merkezi kontrol odasından yapılmasına rağmen, gaz türbinleri, buhar türbini ve su arıtma tesisinin kendi kontrol sistemleri bulunmaktadır.

- **Santralın Balans Sistemleri**

Santralın balans sistemleri Şu Şekilde sıralanabilir;

- yakıt temin sistemi
- yağ temin sistemi
- demineralize su sistemi
- kapalı soğutma suyu sistemi
- enstrüman ve servis hava sistemi
- santral yangın söndürme sistemi
- kullanma suyu sistemi
- ısıtma, havalandırma ve hava Őartlama sistemi
- atık su değarj sistemi
- yağmur suyu değarj sistemi
- içme suyu sistemi

Santralın işletmesi için gerekli olan yardımcı sistemler öyle projelendirilmiştir ki, bir parçanın çıkışı, gaz türbinleri, HRSG'ler veya buhar türbini gibi diğer başlıca ekipmanların çıkışına sebep olamamaktadır [38].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. Ölçüm Bölgeleri

İşletmeler için en uygun kojenerasyon tesisinin tespiti için gerekli olan ilk bilgi toplam enerji yükünün miktarıdır. Toplam enerji yükünün değerini hesaplamak amacı ile GP-1, GP-2, Vitrikiye, Hammadde ve Serigrafi işletmelerine ait enerji giriş odaları kullanılmıştır.

Fabrika içerisinde işletmeye yakın bölgelerde bulunan ve TEDAŞ'a ait enerji nakil hatları ile işletme içerisine enerji dağıtımı yapılan bölgelere trafo bölgeleri denir. Farklı güçlerde 5 adet trafo bölgesi bulunmaktadır. Ölçümler ise bu bölgelerde yapılmıştır.

4.1.2. Ölçme Cihazları

İşletmelerin ihtiyaç duydukları elektrik enerjisinin ölçümü trafo girişlerine yerleştirilen sayaçlar vasıtası ile yapılmıştır. Her işletmenin kendisine ait ayrı elektrik sayaçları vardır.

Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi GP-1 işletmesine ait 2 adet elektrik sayacı ve 1 adet akım ölçer (ampermetre) bulunmaktadır. Ani yük durumunda (pik yük) kullanılan elektrik enerjisi miktarını ölçebilmemiz için kullanılan analog ampermetre Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. İşletme için kullanılan sayaçlar üç faz (trifaze)girişli ve 380 V gerilim ile çalışan analog sayaçlardır.

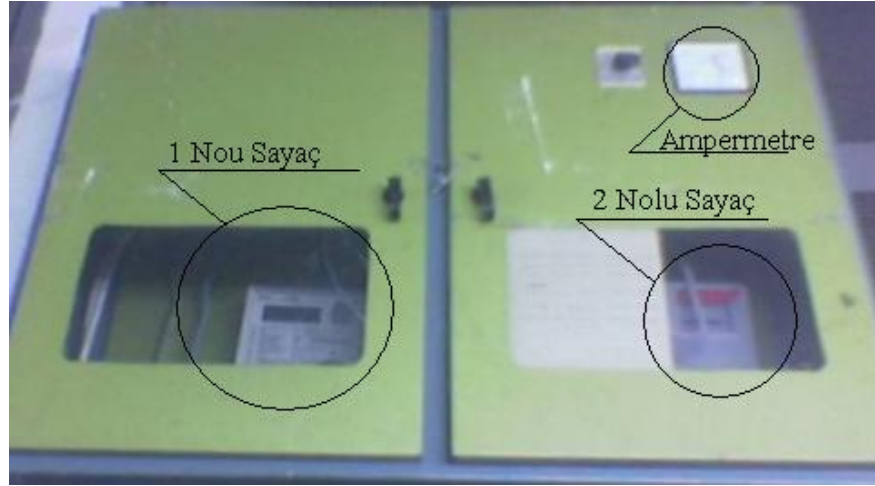


Şekil 4.1. GP-1 Elektrik Ölçüm Cihazları.



Şekil 4.2. GP-1 Analog Ampermetre.

GP-2 işletmesi için Şekil 4.3.'de görüldüğü gibi 1 adet dijital, 1 adet analog elektrik sayacı ve 1 adet analog ampermetre bulunmaktadır. Şekil 4.4.'de daha net anlaşılacağı gibi ABB marka sayaçlar aynı zamanda anlık tüketim hesaplamaları yapabilmek için ampermetre olarak da kullanılabilir.



Şekil 4.3. GP-2 Elektrik Ölçüm Cihazları.



Şekil 4.4. GP-2 Dijital Elektrik Sayacı

Hammadde üretiminde kullanılan Sprey Drier ünitesi için Şekil4.5.'de gördüğümüz 2 adet analog elektrik ve 1 adet analog ampermetre kullanılmaktadır.



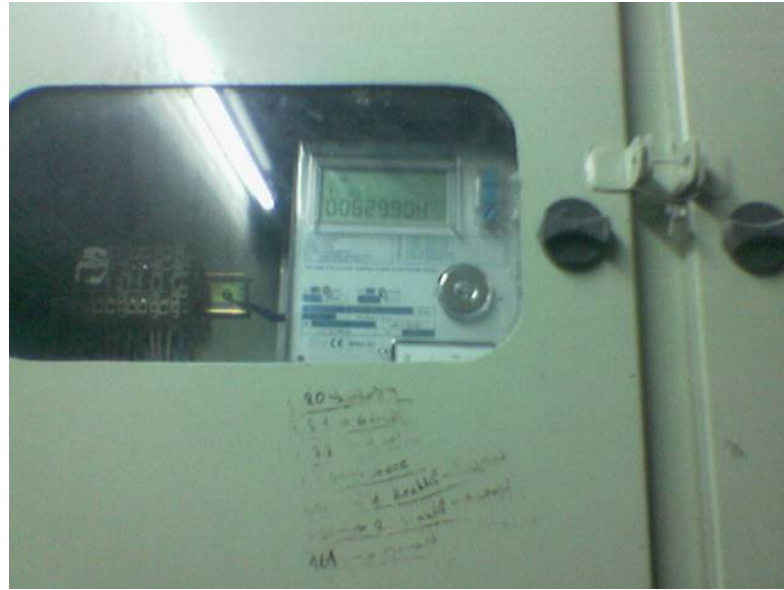
Şekil 4.5. Hammadde Elektrik Ölçüm Cihazları.

Serigrafi ünitesi için ise sadece 1 adet analog elektrik sayacı kullanılmıştır. Anlık bir enerji kullanım artışı imalat gereği yaşanmadığı için pik tüketimler için ampermetre kullanılmamıştır. Serigrafi ünitesi için kullanılan üç fazlı 380 V gerilimle çalışan analog elektrik sayacı Şekil 4.6.'da görülmektedir.



Şekil 4.6. Serigrafi Elektrik Sayacı.

Vitrifiye işletmesi için Şekil 4.7’de görülen 1 adet dijital elektrik sayacı kullanılmaktadır. Sayaç aynı zamanda pik yüklerin ölçümü için ampermetre olarak da kullanılmaktadır (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Vitrifiye Elektrik Sayacı.

5. GÜRAL PORSELEN FABRİKASI

Kurulacak olan Güral Porselen Kojenerasyon Santrali, Güral Porselen–1, Güral Porselen–2, Serigrafi, Hammadde ve Vitrifiye bölümlerine birincil amaç olarak elektrik temini için projelendirilmektedir. Diğer amacı ise özellikle hammadde bölümünde bulunan Sprey Drier ünitesine ısı kaynağı olmasıdır.

5.1 İşletmenin Ana Tüketim Verileri

Gerekli hesaplamalar ve de ölçümler ilgili birimler tarafından görevlendirilen teknik personel yardımı ile yapılmıştır. Fabrikanın ısı, elektrik ve kalorifer sistemlerinin ihtiyaçları bundan sonraki adımlarda detaylı olarak ifade edilmiştir.

5.1.1 Isı Tüketim Verileri

İşletmede ısı enerjisine ihtiyaç duyulan bölge, hammadde bölümü içerisinde bulunan Sprey Drier ünitesidir. Ünitenin çalışma özellikleri Çizelge 5.1’de açıklanmıştır.

Çizelge 5.1. İşletme Isı Tüketim Çizelgesi.

1	Isı Tüketim Yeri	Birim	Porselen Sprey Drier
2	Sprey Drier Giriş Isı Tüketim Yüğü	kcal/h	2.000.000
3	Sprey Drier Giriş Sıcaklığı	°C	420–480
4	Sprey Drier Günlük Çalışma Süresi	h	24
5	Sprey Drier Aylık Çalışma Süresi (Nozzle temizliği ayda 80 h)	h	640
6	Sprey Drier Yıllık Çalışma Süresi	h	7680
7	Sprey Drier Yıllık Bakım Süresi	h	960

Çizelge 5.1. (devam)

8	Mevcut Sistemde Tüketilen Birim Doğalgaz Miktarı (Brülör)	Nm ³ /h	242
9	Yıllık tüketilen Doğalgaz Miktarı	Nm ³ /yıl	1.858.560
10	BOTAŞ Doğalgaz Birim Fiyatı (kesintili tarife)	YTL/Nm ³ Euro/Nm ³	0,238042 0.135
11	Yıllık Doğalgaz Tüketim Maliyeti	YTL/yıl Euro/yıl	442.415,34 250.905

5.1.2 Elektrik Tüketim Verileri**Çizelge 5.2. İşletme Elektrik Tüketim Çizelgesi.**

1	Yıllık Elektrik Tüketimi	kWh/yıl	27.034.583
2	Güral Porselen 1 (Tek terimli)	kWh/yıl	9.358.056
3	Serigrafi (Tek terimli)	kWh/yıl	177.096
4	Hammadde (Çift terimli)	kWh/yıl	4.304.381
5	Kütahya-Vit (Çift terimli)	kWh/yıl	7.743.345
6	Güral Porselen 2 (Çift terimli)	kWh/yıl	5.451.705
7	Tek Terimli Toplamı	kWh/yıl	9.535.152
8	Çift Terimli Toplamı	kWh/yıl	17.499.431

Çizelge 5.2. (devam)

9	Maksimum (anlık pik) Çekilen Güç	kW	7250
10	Elektrik Sözleşme Gücü	kW	7250
11	TEDAŞ' a Ödenen Yıllık Tek Terimli Enerji Maliyeti	YTL/yıl	1.202.382,66
12	TEDAŞ' a Ödenen Yıllık Çift Terimli Enerji Maliyeti	YTL/yıl	1.788.441,85
13	TEDAŞ' a Ödenen Toplam Yıllık Enerji Bedeli	YTL/yıl	2.990.824,51

5.1.3 Isıtma (Kalorifer Sistemi) Tüketim Verileri**Çizelge 5.3. İşletme Kalorifer Isısı Tüketim Çizelgesi.**

1	Kazan Sayısı		4
2	Aktif Kazan Sayısı		3
3	Birim Kazan Isı Yüğü	kcal/h	250.000
4	Tüketilen Isı Yüğü Toplamı (3Kazan)	kcal/h	750.000
5	Isıtma Suyu Sıcaklığı	°C	85/60
6	Yıllık Isıtma Sistemi Çalışma Süresi(7 ay)	h/yıl	5040
7	Toplam Yıllık Tüketilen Isı Yüğü (7 ay)	kcal/h	3.780.000.000
8	Toplam Yıllık Tüketilen Doğalgaz Miktarı	Nm ³ /yıl	458.181
9	Yıllık Isıtma Sistemi Yakıt Maliyeti	€/yıl	61.854

5.2 Ana Bölümlerin Saatlik Elektrik Sarfiyatları

5.2.1 Güral-1 Elektrik Sarfiyatı

Güral Porselen Fabrikası bünyesindeki en büyük işletme bölümü olan Güral-1 elektrik enerjisi tüketimi açısından da ilk sırada yer almaktadır.

Çizelge 5.4 Güral-1, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.

TARİH SAAT	08 / 07 2005 (kWh)	09 / 07 2005 (kWh)	10 / 07 2005 (kWh)	11 / 07 2005 (kWh)	12 / 07 2005 (kWh)	13 / 07 2005 (kWh)	14 / 07 2005 (kWh)	15 / 07 2005 (kWh)	16 / 07 2005 (kWh)	SAATLİK ORTALAMA TÜKETİM (kWh)	SAATLİK MAX. TÜKETİM (kWh)
00:00		1380	1242	690	1104	1104	1104	1104	1242	1121	1242
01:00		1104	690	690	1380	966	1104	1242	966	1018	1380
02:00		1104	1104	828	1104	1242	1104	1104	1104	1087	1242
03:00		1242	1380	1242	1242	1104	966	966	966	1138	1380
04:00		966	1380	1242	1104	1242	1104	1104	1242	1173	1380
05:00		1104	1518	1104	1104	1104	1242	1242	966	1173	1518
06:00		966	552	1104	1242	828	828	690	966	897	1242
07:00		1104	690	828	828	1242	1104	1242	1242	1035	1242
08:00		1104	966	1104	690	1104	1104	1242	1104	1052	1242
09:00		1104	1656	1104	1380	828	1104	1104	966	1156	1656
10:00		1104	1242	966	1242	1104	1104	966	966	1087	1242
11:00		1104	966	1104	1380	1380	1104	1242	1518	1225	1380
12:00		1242	1104	1242	966	1242	1104	1242	966	1139	1242
13:00		1104	966	1104	966	1104	1104	1104	1104	1070	1104
14:00		966	1242	1104	1104	828	1242	1242	1104	1104	1242
15:00		1380	1104	966	1380	690	1242	1242	1242	1156	1380
16:00		1104	1104	1104	1242	1380	1518	1104	966	1190	1518
17:00		1242	1242	1104	690	1518	1104	1242	1656	1225	1656
18:00	414	1932	1104	1242	1242	1242	966	1380	1242	1196,00	1932
19:00	1380	690	966	690	1242	1104	1242	1104	1380	1088,67	1380
20:00	1794	966	2070	690	966	828	966	966	966	1134,67	1794
21:00	1104	690	1104	966	966	1242	1104	1242	966	1042,67	1242
22:00	966	1242	966	1104	1380	1242	1242	1104	1242	1165,33	1380
23:00	828	1104	828	1104	966	1104	1104	1242	1104	1042,67	1242
GÜNLÜK TOPLAM TÜKETİM (kWh)	6486	27048	27186	24426	26910	26772	26910	27462	27186		
SAATLİK TÜKETİM ORTALAMASI (kWh)	1081	1127	1132,75	1017,75	1121,25	1115,5	1121,25	1144,25	1132,75		

5.2.2 Güral-2 Elektrik Sarfiyatı

Bu bölüm ise Güral-1 bölümü gibi üretim ünitelerinden oluşmaktadır.

Çizelge 5.5 Güral-2, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.

TARİH SAAT	08 / 07 2005 (kWh)	09 / 07 2005 (kWh)	10 / 07 2005 (kWh)	11 / 07 2005 (kWh)	12 / 07 2005 (kWh)	13 / 07 2005 (kWh)	14 / 07 2005 (kWh)	15 / 07 2005 (kWh)	16 / 07 2005 (kWh)	SAATLİK ORTALAMA TÜKETİM (kWh)	SAATLİK MAX. TÜKETİM (kWh)
00:00		972,9	1014,3	807,3	683,1	807,3	890,1	1221,3	1324,8	965,1	1324,8
01:00		972,9	1283,4	931,5	931,5	828	1035	931,5	786,6	962,5	1283,4
02:00		765,9	538,2	724,5	579,6	910,8	745,2	662,4	931,5	732,3	931,5
03:00		869,4	890,1	931,5	952,2	848,7	848,7	910,8	1035	910,8	1035
04:00		952,2	1117,8	910,8	1304,1	890,1	745,2	993,6	931,5	980,7	1117,8
05:00		1200,6	807,3	724,5	351,9	972,9	1014,3	621	890,1	822,8	1200,6
06:00		538,2	517,5	703,8	931,5	641,7	993,6	641,7	807,3	721,9	993,6
07:00		848,7	745,2	890,1	786,6	910,8	993,6	869,4	931,5	872,0	993,6
08:00		952,2	828	972,9	662,4	641,7	683,1	807,3	890,1	804,7	972,9
09:00		890,1	1035	993,6	952,2	1055,7	579,6	828	931,5	908,2	1055,7
10:00		786,6	1076,4	662,4	848,7	558,9	848,7	1242	807,3	853,9	1242
11:00		1035	1035	828	269,1	1407,6	869,4	1676,7	910,8	1004,0	1676,7
12:00		1366,2	621	828	1055,7	703,8	1200,6	538,2	1014,3	916,0	1366,2
13:00		434,7	745,2	807,3	910,8	1262,7	1055,7	558,9	786,6	820,2	1262,7
14:00		848,7	1014,3	952,2	600,3	310,5	207	621	869,4	677,9	1014,3
15:00		641,7	931,5	952,2	1221,3	1242	1262,7	1428,3	2484	1270,5	2484
16:00		1117,8	724,5	600,3	434,7	600,3	972,9	828	310,5	698,6	1117,8
17:00	1035	1097,1	952,2	952,2	848,7	972,9	1014,3	993,6	207	879,7	1097,1
18:00	703,8	848,7	848,7	724,5	828	848,7	993,6	703,8	393,3	773,7	993,6
19:00	1055,7	724,5	993,6	952,2	641,7	869,4	952,2	1221,3	1304,1	957,4	1304,1
20:00	703,8	786,6	828	662,4	1304,1	869,4	807,3	828	910,8	874,6	1304,1
21:00	765,9	703,8	993,6	1076,4	890,1	724,5	952,2	1138,5	1200,6	960,0	1200,6
22:00	828	931,5	745,2	703,8	641,7	890,1	724,5	558,9	1283,4	809,9	1283,4
23:00	869,4	931,5	910,8	807,3	910,8	1014,3	869,4	869,4	683,1	874,6	1014,3
GÜNLÜK TOPLAM TÜKETİM (kWh)	5961,6	21217,5	21196,8	20099,7	19540,8	20782,8	21258,9	21693,6	22625,1		
SAATLİK TÜKETİM ORTALAMASI (kWh)	851,657	884,062	883,2	837,487	814,2	865,95	885,787	903,9	942,712		

5.2.3 Hammadde Elektrik Sarfiyatı

Hammadde bölümünde ise 1 adet kuru değirmen, 6 adet sulu değirmen, mikronize öğütme tesisi, kırma tesisi, masse hazırlama kuyuları, sır hazırlama kuyuları ve spray-drier üniteleri bulunmaktadır. Spray Drier ünitesi 2.000.000 kcal/h'lik bir değer ile fabrikanın en çok ısı tüketimi yapan ünitesidir.

Çizelge 5.6 Hammadde, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.

TARİH SAAT	08 / 07	09 / 07	10 / 07	11 / 07	12 / 07	13 / 07	14 / 07	15 / 07	16 / 07	SAATLİK ORTALAMA TÜKETİM (kWh)	SAATLİK MAX. TÜKETİM (kWh)
	2005 (kWh)	2005 (kWh)	2005 (kWh)	2005 (kWh)	2005 (kWh)	2005 (kWh)	2005 (kWh)	2005 (kWh)	2005 (kWh)		
00:00		777,6	388,8	388,8	302,4	345,6	475,2	777,6	734,4	523,80	777,6
01:00		518,4	345,6	432	302,4	345,6	432	691,2	777,6	480,60	777,6
02:00		388,8	302,4	388,8	388,8	388,8	345,6	734,4	648	448,20	734,4
03:00		302,4	432	345,6	388,8	475,2	432	820,8	777,6	496,80	820,8
04:00		388,8	432	432	432	388,8	475,2	950,4	820,8	540,00	950,4
05:00		561,6	345,6	388,8	475,2	432	302,4	864	734,4	513,00	864
06:00		302,4	172,8	302,4	302,4	302,4	345,6	604,8	691,2	378,00	691,2
07:00		475,2	216	475,2	388,8	388,8	345,6	950,4	777,6	502,20	950,4
08:00		43,2	259,2	432	345,6	432	432	734,4	691,2	421,20	734,4
09:00		172,8	345,6	432	345,6	259,2	345,6	475,2	604,8	372,60	604,8
10:00		604,8	388,8	432	475,2	475,2	432	734,4	648	523,80	734,4
11:00		475,2	388,8	518,4	475,2	561,6	475,2	777,6	734,4	550,80	777,6
12:00		388,8	345,6	432	432	345,6	345,6	691,2	777,6	469,80	777,6
13:00		432	302,4	345,6	388,8	345,6	302,4	691,2	777,6	448,20	777,6
14:00		216	388,8	432	432	475,2	432	864	648	486,00	864
15:00		388,8	345,6	388,8	432	475,2	345,6	907,2	864	518,40	907,2
16:00		475,2	345,6	475,2	388,8	432	561,6	777,6	820,8	534,60	820,8
17:00		475,2	302,4	432	345,6	432	475,2	864	820,8	518,40	864
18:00	475,2	518,4	345,6	388,8	345,6	388,8	432	777,6	561,6	470,40	777,6
19:00	604,8	432	388,8	475,2	432	345,6	432	777,6	820,8	523,20	820,8
20:00	388,8	302,4	216	302,4	259,2	216	648	648	518,4	388,80	648
21:00	561,6	432	432	345,6	302,4	345,6	648	777,6	864	523,20	864
22:00	648	345,6	388,8	388,8	518,4	432	691,2	777,6	864	561,60	864
23:00	820,8	432	475,2	388,8	388,8	432	820,8	777,6	777,6	590,40	820,8
GÜNLÜK TOPLAM TÜKETİM (kWh)	3499,2	9849,6	8294,4	9763,2	9288	9460,8	10972,8	18446,4	17755,2		
SAATLİK TÜKETİM ORTALAMASI (kWh)	583,2	410,4	345,6	406,8	387	394,2	457,2	768,6	739,8		

5.2.4 Vitrikiye Elektrik Sarfiyatı

Çizelge 5.7 Vitrikiye, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.

TARİH SAAT	08 / 07 2005 (kWh)	09 / 07 2005 (kWh)	10 / 07 2005 (kWh)	11 / 07 2005 (kWh)	12 / 07 2005 (kWh)	13 / 07 2005 (kWh)	14 / 07 2005 (kWh)	15 / 07 2005 (kWh)	16 / 07 2005 (kWh)	SAATLİK ORTALAMA TÜKETİM (kWh)	SAATLİK MAX. TÜKETİM (kWh)
00:00		524,4	607,2	993,6	358,8	579,6	496,8	607,2	634,8	600,3	993,6
01:00		607,2	579,6	1131,6	441,6	469,2	662,4	579,6	690	645,1	1131,6
02:00		1104	966	800,4	1104	1214,4	1159,2	1214,4	910,8	1059,1	1214,4
03:00		883,2	1021,2	1104	1104	1269,6	1269,6	1297,2	883,2	1104,0	1269,6
04:00		1269,6	1821,6	1159,2	1269,6	1131,6	1131,6	1324,8	855,6	1245,4	1821,6
05:00		1048,8	1131,6	966	1242	1407,6	1738,8	1242	883,2	1207,5	1407,6
06:00		2097,6	1076,4	1021,2	1048,8	1159,2	1242	1159,2	1186,8	1248,9	2097,6
07:00		1214,4	1131,6	772,8	634,8	1269,6	690	1186,8	772,8	959,1	1269,6
08:00		966	772,8	662,4	966	1104	828	1104	993,6	924,6	1104
09:00		607,2	662,4	552	800,4	717,6	883,2	966	690	734,8	800,4
10:00		993,6	1076,4	524,4	1076,4	1656	828	993,6	1683,6	1104,0	1683,6
11:00		1435,2	1104	496,8	1462,8	966	1518	1490,4	1462,8	1242,0	1462,8
12:00		1518	938,4	496,8	1435,2	1021,2	1352,4	1518	1628,4	1238,6	1628,4
13:00		1518	1076,4	496,8	1600,8	1021,2	1821,6	1407,6	1352,4	1286,9	1600,8
14:00		1214,4	883,2	469,2	1407,6	1545,6	1297,2	1214,4	1435,2	1183,3	1545,6
15:00		1104	966	441,6	1242	1297,2	1048,8	1104	1573,2	1097,1	1573,2
16:00		1186,8	662,4	441,6	1766,4	1159,2	1352,4	1186,8	1518	1159,2	1766,4
17:00		1242	745,2	634,8	414	745,2	772,8	1048,8	1131,6	841,8	1242
18:00	690	607,2	828	276	414	855,6	579,6	966	745,2	662,4	855,6
19:00	469,2	469,2	1048,8	276	331,2	331,2	607,2	469,2	524,4	502,9	1048,8
20:00	441,6	469,2	1159,2	386,4	358,8	496,8	579,6	469,2	496,8	539,7	1159,2
21:00	441,6	441,6	717,6	303,6	496,8	552	745,2	441,6	634,8	530,5	717,6
22:00	552	469,2	800,4	331,2	524,4	607,2	607,2	469,2	524,4	542,8	800,4
23:00	524,4	524,4	938,4	386,4	607,2	524,4	634,8	828	634,8	622,5	938,4
GÜNLÜK TOPLAM TÜKETİM (kWh)	3118,8	23515,2	22714,8	15124,8	22107,6	23101,2	23846,4	24288	23846,4		
SAATLİK TÜKETİM ORTALAMASI (kWh)	519,8	979,8	946,45	630,2	921,15	962,55	993,6	1012	993,6		

Bölümlerin toplam elektrik tüketimleri Çizelge 5.8'de belirtilmiştir.

Çizelge 5.8 Tüm Bölümlerin, Saatlik Elektrik Tüketim Çizelgesi.

TARİH SAAT	09 / 07 2005 (kWh)	10 / 07 2005 (kWh)	11 / 07 2005 (kWh)	12 / 07 2005 (kWh)	13 / 07 2005 (kWh)	14 / 07 2005 (kWh)	15 / 07 2005 (kWh)	16 / 07 2005 (kWh)	SAATLİK TOPLAM TÜKETİM (kWh)
00:00	3.654,9	3.252,3	2.879,7	2.448,3	2.836,5	2.966,1	3.710,1	3.936,0	25.683,9
01:00	3.202,5	2.898,6	3.185,1	3.055,5	2.608,8	3.233,4	3.444,3	3.220,2	24.848,4
02:00	3.362,7	2.910,6	2.741,7	3.176,4	3.756,0	3.354,0	3.715,2	3.594,3	26.610,9
03:00	3.297,0	3.723,3	3.623,1	3.687,0	3.697,5	3.516,3	3.994,8	3.661,8	29.200,8
04:00	3.576,6	4.751,4	3.744,0	4.109,7	3.652,5	3.456,0	4.372,8	3.849,9	31.512,9
05:00	3.915,0	3.802,5	3.183,3	3.173,1	3.916,5	4.297,5	3.969,0	3.473,7	29.730,6
06:00	3.904,2	2.318,7	3.131,4	3.524,7	2.931,3	3.409,2	3.095,7	3.651,3	25.966,5
07:00	3.642,3	2.782,8	2.966,1	2.638,2	3.811,2	3.133,2	4.248,6	3.723,9	26.946,3
08:00	3.065,4	2.826,0	3.171,3	2.664,0	3.281,7	3.047,1	3.887,7	3.678,9	25.622,1
09:00	2.774,1	3.699,0	3.081,6	3.478,2	2.860,5	2.912,4	3.373,2	3.192,3	25.371,3
10:00	3.489,0	3.783,6	2.584,8	3.642,3	3.794,1	3.212,7	3.936,0	4.104,9	28.547,4
11:00	4.049,4	3.493,8	2.947,2	3.587,1	4.315,2	3.966,6	5.186,7	4.626,0	32.172,0
12:00	4.515,0	3.009,0	2.998,8	3.888,9	3.312,6	4.002,6	3.989,4	4.386,3	30.102,6
13:00	3.488,7	3.090,0	2.753,7	3.866,4	3.733,5	4.283,7	3.761,7	4.020,6	28.998,3
14:00	3.245,1	3.528,3	2.957,4	3.543,9	3.159,3	3.178,2	3.941,4	4.056,6	27.610,2
15:00	3.514,5	3.347,1	2.748,6	4.275,3	3.704,4	3.899,1	4.681,5	6.163,2	32.333,7
16:00	3.883,8	2.836,5	2.621,1	3.831,9	3.571,5	4.404,9	3.896,4	3.615,3	28.661,4
17:00	4.056,3	3.241,8	3.123,0	2.298,3	3.668,1	3.366,3	4.148,4	3.815,4	27.717,6
18:00	3.906,3	3.126,3	2.631,3	2.829,6	3.335,1	2.971,2	3.827,4	2.942,1	25.569,3
19:00	2.315,7	3.397,2	2.393,4	2.646,9	2.650,2	3.233,4	3.572,1	4.029,3	24.238,2
20:00	2.524,2	4.273,2	2.041,2	2.888,1	2.410,2	3.000,9	2.911,2	2.892,0	22.941,0
21:00	2.267,4	3.247,2	2.691,6	2.655,3	2.864,1	3.449,4	3.599,7	3.665,4	24.440,1
22:00	2.988,3	2.900,4	2.527,8	3.064,5	3.171,3	3.264,9	2.909,7	3.913,8	24.740,7
23:00	2.991,9	3.152,4	2.686,5	2.872,8	3.074,7	3.429,0	3.717,0	3.199,5	25.123,8
GÜNLÜK TOPLAM TÜKETİM (kWh)									654.690,0

Çizelge 5.8’de görüldüğü gibi, tüm bölümlerin harcadığı toplam elektriğin haftalık ve de saatlik olarak sarfiyat değerleri hazırlanmıştır [38]. Çizelge 5.8’in amacı aylık, günlük hatta saatlik pik değerlerin alınması ve normal elektrik kullanım analizlerinin yapılmasıdır. Toplam değer olan 654.690 kWh değerinin saatlik ortalaması alınacak olursa önce 8 güne, daha sonra da 24 saate bölünmesi gerekmektedir.

$$654690 / 8 / 24 = 3409,84375 \text{ kWh olarak bulunur.}$$

6. UYGUN BİR KOJENERASYON TESİSİ SEÇİMİ

Uygun bir kojenerasyon tesisi seçmek için işletmenin kurulu gücü Bölüm 5’de hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu yaklaşık olarak 3,5 MW/h’lik ortalama enerji tüketimi ortaya çıkmıştır [40]. Tesis seçiminde ortalama tüketim değeri tam olarak uygulanmamalıdır. Bu tüketimin anlık olarak değişebileceği, çevre koşullarının etkilerinden dolayı ve de işletmenin mevcut kapasitesinde herhangi bir değişiklik olabileceği unutulmamalıdır.

Ortalama tüketim değerine yakın farklı değerlerdeki kojenerasyon tesisleri incelenmelidir. Sırasıyla 3 MW, 4 MW, 4,5 MW, 5 MW, 6 MW güçlerindeki gaz motorlu kojenerasyon sistemleri incelenmelidir. Kullanıldığı zaman, enerji maliyetleri, sistemlerin yükte kalma oranlarının analizleri ve tesisin kullanım oranları önem teşkil etmektedir.

Değişik güçlerdeki kojenerasyon tesisi uygulamaları karşısında tüketim analizleri Çizelge 6.1-6.27’de verilmiştir. Tesisler analiz edilirken her bir tesisin yılda 3 haftalık bir bakım süresi gerektiği düşünülmelidir.

6.1 Gücü 3 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri

Bu analizde kurulması düşünülen santralin gücü net olarak 2800 kW alınmıştır. Çizelge 5.8’deki tüketim değerlerine karşın tesisin üretim kapasite farkı hesaplanmış olup Çizelge 6.1’de verilmektedir. Örneğin, fabrikanın 09.07.2005 tarihinde saat 00:00 daki toplam elektrik enerjisi tüketimi Çizelge 5.8’de 3654,9 kWh olarak belirtilmiştir. Kurulması düşünülen tesisin üretebildiği enerji ise 2800 kWh’tir. Aşağıdaki ifade incelendiğinde;

$3654,9 - 2800 = 854,9$ kWh’lik bir fark ortaya çıkacaktır. Bu fark tesisin üretmediği enerji miktarıdır. Başka bir ifadeyle, TEDAŞ’dan satın alınması gereken enerji miktarıdır.

Çizelge 6.1 Gücü 3 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi (kWh).

Tarih Saat	09.07.2005 (kWh)	10.07.2005 (kWh)	11.07.2005 (kWh)	12.07.2005 (kWh)	13.07.2005 (kWh)	14.07.2005 (kWh)	15.07.2005 (kWh)	16.07.2005 (kWh)
00:00	854,9	452,3	79,7	-351,7	36,5	166,1	910,1	1.136,0
01:00	402,5	98,6	385,1	255,5	-191,2	433,4	644,3	420,2
02:00	562,7	110,6	-58,3	376,4	956,0	554,0	915,2	794,3
03:00	497,0	923,3	823,1	887,0	897,5	716,3	1.194,8	861,8
04:00	776,6	1.951,4	944,0	1.309,7	852,5	656,0	1.572,8	1.049,9
05:00	1.115,0	1.002,5	383,3	373,1	1.116,5	1.497,5	1.169,0	673,7
06:00	1.104,2	-481,3	331,4	724,7	131,3	609,2	295,7	851,3
07:00	842,3	-17,2	166,1	-161,8	1.011,2	333,2	1.448,6	923,9
08:00	265,4	26,0	371,3	-136,0	481,7	247,1	1.087,7	878,9
09:00	-25,9	899,0	281,6	678,2	60,5	112,4	573,2	392,3
10:00	689,0	983,6	-215,2	842,3	994,1	412,7	1.136,0	1.304,9
11:00	1.249,4	693,8	147,2	787,1	1.515,2	1.166,6	2.386,7	1.826,0
12:00	1.715,0	209,0	198,8	1.088,9	512,6	1.202,6	1.189,4	1.586,3
13:00	688,7	290,0	-46,3	1.066,4	933,5	1.483,7	961,7	1.220,6
14:00	445,1	728,3	157,4	743,9	359,3	378,2	1.141,4	1.256,6
15:00	714,5	547,1	-51,4	1.475,3	904,4	1.099,1	1.881,5	3.363,2
16:00	1.083,8	36,5	-178,9	1.031,9	771,5	1.604,9	1.096,4	815,3
17:00	1.256,3	441,8	323,0	-501,7	868,1	566,3	1.348,4	1.015,4
18:00	1.106,3	326,3	-168,7	29,6	535,1	171,2	1.027,4	142,1
19:00	-484,3	597,2	-406,6	-153,1	-149,8	433,4	772,1	1.229,3
20:00	-275,8	1.473,2	-758,8	88,1	-389,8	200,9	111,2	92,0
21:00	-532,6	447,2	-108,4	-144,7	64,1	649,4	799,7	865,4
22:00	188,3	100,4	-272,2	264,5	371,3	464,9	109,7	1.113,8
23:00	191,9	352,4	-113,5	72,8	274,7	629,0	917,0	399,5

Çizelgede yer alan koyu renkteki “-“ işaretli değerler ise kojenerasyon tesisinin ürettiği enerji miktarından daha az bir tüketim olduğu anlamına gelmektedir. Bu da tesisin fazladan elektrik enerjisi üretmesi ve TEDAŞ anlaşmalarına göre dışarıya satması demektir. Şimdiye kadar yapılan anlaşmalara göre firmaların kurmuş oldukları enerji santrallerindeki fazla enerji, firmanın TEDAŞ’den satın aldığı enerjinin birim fiyatın daha altında bir fiyat ile satılmasıdır. Tesisin kapasitesini seçerken fazla elektrik üretimi olmaması önemli bir seçim kriteri anlamına gelmektedir.

Çizelge 6.1'deki değerler sonucunda TEDAŞ ile yapılacak enerji alış veriş değerlerini hesaplamamızda kullanılmıştır. Bu değerler Çizelge 6.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 6.2 Gücü 3 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.

Haftalık satın alınacak elektrik miktarı (a)	kWh	123.465
Yıllık satın alınacak tahmini elektrik miktarı (b)	kWh	5.309.004
3 haftalık bakım periyodunda satın alınacak elektrik miktarı (c)	kWh	1.964.070
Toplam Miktar (b+c)	kWh	7.273.074
Satın alınan elektrik için TEDAŞ'a ödenecek tutar (d)	YTL	613.189,96
3 haftalık bakım periyodunda TEDAŞ'tan satın alınan elektrik için ödenecek tutar (e)	YTL	226.850,08
Toplam Tutar (d+e)	YTL	840.040,04

Tesisin ürettiği fazla elektrik enerjisi aynı zamanda tesisin ne kadar yükte çalıştığını göstermektedir. Çizelge 6.2'den yararlanarak tesisin yük yüzdelerinin durumunu belirten Çizelge 6.3 çıkarılmıştır. Bu çizelge, kojenerasyon tesisinin, ölçüm zamanlarında işletmelere gerekli enerjiyi sağlarken ne kadar bir oranda yükte olduğunu gösterir.

Çizelge 6.3'deki sonuca göre tesisin %100 yük altında çalışması sonucu fazladan yakacağı doğalgaz miktarı da seçim kriterleri içinde önemli bir yer almaktadır.

Çizelge 6.3 Gücü 3 MW Olan Tesis İçin Yüzdeler Yük Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
00:00	%100	%100	%100	%87	%100	%100	%100	%100
01:00	%100	%100	%100	%100	%93	%100	%100	%100
02:00	%100	%100	%98	%100	%100	%100	%100	%100
03:00	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100
04:00	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100
05:00	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100
06:00	%100	%83	%100	%100	%100	%100	%100	%100
07:00	%100	%99	%100	%94	%100	%100	%100	%100
08:00	%100	%100	%100	%95	%100	%100	%100	%100
09:00	%99	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100
10:00	%100	%100	%92	%100	%100	%100	%100	%100
11:00	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100
12:00	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100
13:00	%100	%100	%98	%100	%100	%100	%100	%100
14:00	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100	%100
15:00	%100	%100	%98	%100	%100	%100	%100	%100
16:00	%100	%100	%94	%100	%100	%100	%100	%100
17:00	%100	%100	%100	%82	%100	%100	%100	%100
18:00	%100	%100	%94	%100	%100	%100	%100	%100
19:00	%83	%100	%85	%95	%95	%100	%100	%100
20:00	%90	%100	%73	%100	%86	%100	%100	%100
21:00	%81	%100	%96	%95	%100	%100	%100	%100
22:00	%100	%100	%90	%100	%100	%100	%100	%100
23:00	%100	%100	%96	%100	%100	%100	%100	%100
ORT.	%98	%99	%96	%98	%99	%100	%100	%100
GENEL ORATALAMA							%99	

Tesisin %99 ortalama yükte çalışması sonucunda bir miktar doğalgaz boşa sarf edilecektir. Bu kayıp miktarını Çizelge 6.4'te görülmektedir.

Çizelge 6.4 Gücü 3 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfıyat Değer Çizelgesi.

% 100 Yükte Gaz motorunun verimi % 42 kabul edilmiştir.		
İşletme elektrik tüketim miktarı 28.000.000 kWh Alınmıştır.		
Bu değer için gaz tüketimi	6.944.000	Nm ³
% 99 verimde	6.962.757	Nm ³
Fazladan yakılan doğalgaz	18.757	Nm ³
Fazla doğalgaz maliyeti	5.533	YTL

Bu analizler sırasıyla 4 MW, 4,5 MW, 5 MW, 5,5 MW ve 6 MW'lık kojenerasyon tesisleri için de yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 6.5 - 6.24'de verilmiştir.

6.2 Gücü 4 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri

4 MW gücündeki kojenerasyon tesisi net olarak 3600kWh enerji verebilmektedir.

Çizelge 6.5 Gücü 4 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.

Tarih	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
Saat	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
00:00	54,9	-347,7	-720,3	-1.151,7	-763,5	-633,9	110,1	336,0
01:00	-397,5	-701,4	-414,9	-544,5	-991,2	-366,6	-155,7	-379,8
02:00	-237,3	-689,4	-858,3	-423,6	156,0	-246,0	115,2	-5,7
03:00	-303,0	123,3	23,1	87,0	97,5	-83,7	394,8	61,8
04:00	-23,4	1.151,4	144,0	509,7	52,5	-144,0	772,8	249,9
05:00	315,0	202,5	-416,7	-426,9	316,5	697,5	369,0	-126,3
06:00	304,2	-1.281,3	-468,6	-75,3	-668,7	-190,8	-504,3	51,3
07:00	42,3	-817,2	-633,9	-961,8	211,2	-466,8	648,6	123,9
08:00	-534,6	-774,0	-428,7	-936,0	-318,3	-552,9	287,7	78,9
09:00	-825,9	99,0	-518,4	-121,8	-739,5	-687,6	-226,8	-407,7
10:00	-111,0	183,6	-1.015,2	42,3	194,1	-387,3	336,0	504,9
11:00	449,4	-106,2	-652,8	-12,9	715,2	366,6	1.586,7	1.026,0
12:00	915,0	-591,0	-601,2	288,9	-287,4	402,6	389,4	786,3
13:00	-111,3	-510,0	-846,3	266,4	133,5	683,7	161,7	420,6
14:00	-354,9	-71,7	-642,6	-56,1	-440,7	-421,8	341,4	456,6
15:00	-85,5	-252,9	-851,4	675,3	104,4	299,1	1.081,5	2.563,2
16:00	283,8	-763,5	-978,9	231,9	-28,5	804,9	296,4	15,3

Çizelge 6.5 (devam)

Tarih Saat	09.07.2005 (kWh)	10.07.2005 (kWh)	11.07.2005 (kWh)	12.07.2005 (kWh)	13.07.2005 (kWh)	14.07.2005 (kWh)	15.07.2005 (kWh)	16.07.2005 (kWh)
17:00	456,3	-358,2	-477,0	-1.301,7	68,1	-233,7	548,4	215,4
18:00	306,3	-473,7	-968,7	-770,4	-264,9	-628,8	227,4	-657,9
19:00	-1.284,3	-202,8	-1.206,6	-953,1	-949,8	-366,6	-27,9	429,3
20:00	-1.075,8	673,2	-1.558,8	-711,9	-1.189,8	-599,1	-688,8	-708,0
21:00	-1.332,6	-352,8	-908,4	-944,7	-735,9	-150,6	-0,3	65,4
22:00	-611,7	-699,6	-1.072,2	-535,5	-428,7	-335,1	-690,3	313,8
23:00	-608,1	-447,6	-913,5	-727,2	-525,3	-171,0	117,0	-400,5

Çizelge 6.6 Gücü 4 MW Olan Tesis İle TEDAŞ' dan Alınacak Elektrik Değeri.

Haftalık satın alınacak elektrik miktarı (a)	kWh	28.614
Yıllık satın alınacak tahmini elektrik miktarı (b)	kWh	1.230.441
3 haftalık bakım periyodunda satın alınacak elektrik miktarı (c)	kWh	1.964.070
Toplam Miktar (b+c)	kWh	3.194.511
Satın alınan elektrik için TEDAŞ'a ödenecek tutar (d)	YTL	142.115,93
3 haftalık bakım periyodunda TEDAŞ'tan satın alınan elektrik için ödenecek tutar (e)	YTL	226.850,08
Toplam Tutar (d+e)	YTL	368.996,01

Çizelge 6.7 Gücü 4 MW Olan Tesis İçin Yüzdeler Yük Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
00:00	%100	%90	%80	%68	%79	%82	%100	%100
01:00	%89	%81	%88	%85	%72	%90	%96	%89
02:00	%93	%81	%76	%88	%100	%93	%100	%100
03:00	%92	%100	%100	%100	%100	%98	%100	%100
04:00	%99	%100	%100	%100	%100	%96	%100	%100
05:00	%100	%100	%88	%88	%100	%100	%100	%96
06:00	%100	%64	%87	%98	%81	%95	%86	%100
07:00	%100	%77	%82	%73	%100	%87	%100	%100
08:00	%85	%78	%88	%74	%91	%85	%100	%100
09:00	%77	%100	%86	%97	%79	%81	%94	%89
10:00	%97	%100	%72	%100	%100	%89	%100	%100
11:00	%100	%97	%82	%100	%100	%100	%100	%100
12:00	%100	%84	%83	%100	%92	%100	%100	%100
13:00	%97	%86	%76	%100	%100	%100	%100	%100
14:00	%90	%98	%82	%98	%88	%88	%100	%100
15:00	%98	%93	%76	%100	%100	%100	%100	%100
16:00	%100	%79	%73	%100	%99	%100	%100	%100
17:00	%100	%90	%87	%64	%100	%94	%100	%100
18:00	%100	%87	%73	%79	%93	%83	%100	%82
19:00	%64	%94	%66	%74	%74	%90	%99	%100
20:00	%70	%100	%57	%80	%67	%83	%81	%80
21:00	%63	%90	%75	%74	%80	%96	%100	%100
22:00	%83	%81	%70	%85	%88	%91	%81	%100
23:00	%83	%88	%75	%80	%85	%95	%100	%89
ORT.	%91	%89	%80	%88	%90	%92	%97	%97
GENEL ORTALAMA							%91	

Çizelge 6.8 Gücü 4 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.

% 100 Yükte Gaz motorunun verimi % 42 kabul edilmiştir.		
İşletme elektrik tüketim miktarı 28.000.000 kWh alınmıştır.		
Bu değer için gaz tüketimi	6.944.000	Nm ³
% 91 verimde	7.065.116	Nm ³
Fazladan yakılan doğalgaz	121.116	Nm ³
Fazla doğalgaz maliyeti	35.729	YTL

6.3 Gücü 4,5 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri

Bu kojenerasyon tesisindeki gaz motoru gücü 4100 kW alınmıştır.

Çizelge 6.9 Gücü 4,5 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005 (kWh)	10.07.2005 (kWh)	11.07.2005 (kWh)	12.07.2005 (kWh)	13.07.2005 (kWh)	14.07.2005 (kWh)	15.07.2005 (kWh)	16.07.2005 (kWh)
00:00	-445,1	-847,7	-1.220,3	-1.651,7	-1.263,5	-1.133,9	-389,9	-164,0
01:00	-897,5	-1.201,4	-914,9	-1.044,5	-1.491,2	-866,6	-655,7	-879,8
02:00	-737,3	-1.189,4	-1.358,3	-923,6	-344,0	-746,0	-384,8	-505,7
03:00	-803,0	-376,7	-476,9	-413,0	-402,5	-583,7	-105,2	-438,2
04:00	-523,4	651,4	-356,0	9,7	-447,5	-644,0	272,8	-250,1
05:00	-185,0	-297,5	-916,7	-926,9	-183,5	197,5	-131,0	-626,3
06:00	-195,8	-1.781,3	-968,6	-575,3	-1.168,7	-690,8	-1.004,3	-448,7
07:00	-457,7	-1.317,2	-1.133,9	-1.461,8	-288,8	-966,8	148,6	-376,1
08:00	-1.034,6	-1.274,0	-928,7	-1.436,0	-818,3	-1.052,9	-212,3	-421,1
09:00	-1.325,9	-401,0	-1.018,4	-621,8	-1.239,5	-1.187,6	-726,8	-907,7
10:00	-611,0	-316,4	-1.515,2	-457,7	-305,9	-887,3	-164,0	4,9
11:00	-50,6	-606,2	-1.152,8	-512,9	215,2	-133,4	1.086,7	526,0
12:00	415,0	-1.091,0	-1.101,2	-211,1	-787,4	-97,4	-110,6	286,3
13:00	-611,3	-1.010,0	-1.346,3	-233,6	-366,5	183,7	-338,3	-79,4
14:00	-854,9	-571,7	-1.142,6	-556,1	-940,7	-921,8	-158,6	-43,4
15:00	-585,5	-752,9	-1.351,4	175,3	-395,6	-200,9	581,5	2.063,2

Çizelge 6.9 (devam)

Tarih Saat	09.07.2005 (kWh)	10.07.2005 (kWh)	11.07.2005 (kWh)	12.07.2005 (kWh)	13.07.2005 (kWh)	14.07.2005 (kWh)	15.07.2005 (kWh)	16.07.2005 (kWh)
16:00	-216,2	-1.263,5	-1.478,9	-268,1	-528,5	304,9	-203,6	-484,7
17:00	-43,7	-858,2	-977,0	-1.801,7	-431,9	-733,7	48,4	-284,6
18:00	-193,7	-973,7	-1.468,7	-1.270,4	-764,9	-1.128,8	-272,6	-1.157,9
19:00	-1.784,3	-702,8	-1.706,6	-1.453,1	-1.449,8	-866,6	-527,9	-70,7
20:00	-1.575,8	173,2	-2.058,8	-1.211,9	-1.689,8	-1.099,1	-1.188,8	-1.208,0
21:00	-1.832,6	-852,8	-1.408,4	-1.444,7	-1.235,9	-650,6	-500,3	-434,6
22:00	-1.111,7	-1.199,6	-1.572,2	-1.035,5	-928,7	-835,1	-1.190,3	-186,2
23:00	-1.108,1	-947,6	-1.413,5	-1.227,2	-1.025,3	-671,0	-383,0	-900,5

Çizelge 6.10 Gücü 4,5 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.

Haftalık satın alınacak elektrik miktarı (a)	kWh	7.344
Yıllık satın alınacak tahmini elektrik miktarı (b)	kWh	315.805
3 haftalık bakım periyodunda satın alınacak elektrik miktarı (c)	kWh	1.964.070
Toplam Miktar (b+c)	kWh	2.279.875
Satın alınan elektrik için TEDAŞ'a ödenecek tutar (d)	YTL	36.475,47
3 haftalık bakım periyodunda TEDAŞ'dan satın alınan elektrik için ödenecek tutar (e)	YTL	226.850,08
Toplam Tutar (d+e)	YTL	263.325,55

Çizelge 6.11 Gücü 4,5 MW Olan Tesis İçin Yüzdeler Yük Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
00:00	%89	%79	%70	%60	%69	%72	%90	%96
01:00	%78	%71	%78	%75	%64	%79	%84	%79
02:00	%82	%71	%67	%77	%92	%82	%91	%88
03:00	%80	%91	%88	%90	%90	%86	%97	%89
04:00	%87	%100	%91	%100	%89	%84	%100	%94

Çizelge 6.11 (devam)

Tarih Saat	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
05:00	%95	%93	%78	%77	%96	%100	%97	%85
06:00	%95	%57	%76	%86	%71	%83	%76	%89
07:00	%89	%68	%72	%64	%93	%76	%100	%91
08:00	%75	%69	%77	%65	%80	%74	%95	%90
09:00	%68	%90	%75	%85	%70	%71	%82	%78
10:00	%85	%92	%63	%89	%93	%78	%96	%100
11:00	%99	%85	%72	%87	%100	%97	%100	%100
12:00	%100	%73	%73	%95	%81	%98	%97	%100
13:00	%85	%75	%67	%94	%91	%100	%92	%98
14:00	%79	%86	%72	%86	%77	%78	%96	%99
15:00	%86	%82	%67	%100	%90	%95	%100	%100
16:00	%95	%69	%64	%93	%87	%100	%95	%88
17:00	%99	%79	%76	%56	%89	%82	%100	%93
18:00	%95	%76	%64	%69	%81	%72	%100	%72
19:00	%56	%83	%58	%65	%65	%79	%87	%98
20:00	%62	%100	%50	%70	%59	%73	%71	%71
21:00	%55	%79	%66	%65	%70	%84	%88	%89
22:00	%73	%71	%62	%75	%77	%80	%71	%95
23:00	%73	%77	%66	%70	%75	%84	%91	%78
ORT.	%83	%80	%71	%79	%81	%84	%91	%90
GENEL ORTALAMA							%82	

Çizelge 6.12 Gücü 4,5 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.

% 100 Yükte Gaz motorunun verimi % 42 kabul edilmiştir.		
İşletme elektrik tüketim miktarı 28.000.000 kWh alınmıştır.		
Bu değer için gaz tüketimi	6.944.000	Nm ³
% 82 verimde	7.190.533	Nm ³
Fazladan yakılan doğalgaz	246.533	Nm ³
Fazla doğalgaz maliyeti	72.727	YTL

6.4 Gücü 5 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri

Bu kojenerasyon tesisindeki gaz motoru gücü 4600 kW alınmıştır.

Çizelge 6.13 Gücü 5 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005 (kWh)	10.07.2005 (kWh)	11.07.2005 (kWh)	12.07.2005 (kWh)	13.07.2005 (kWh)	14.07.2005 (kWh)	15.07.2005 (kWh)	16.07.2005 (kWh)
00:00	-945,1	-1.347,7	-1.720,3	-2.151,7	-1.763,5	-1.633,9	-889,9	-664,0
01:00	-1.397,5	-1.701,4	-1.414,9	-1.544,5	-1.991,2	-1.366,6	-1.155,7	-1.379,8
02:00	-1.237,3	-1.689,4	-1.858,3	-1.423,6	-844,0	-1.246,0	-884,8	-1.005,7
03:00	-1.303,0	-876,7	-976,9	-913,0	-902,5	-1.083,7	-605,2	-938,2
04:00	-1.023,4	151,4	-856,0	-490,3	-947,5	-1.144,0	-227,2	-750,1
05:00	-685,0	-797,5	-1.416,7	-1.426,9	-683,5	-302,5	-631,0	-1.126,3
06:00	-695,8	-2.281,3	-1.468,6	-1.075,3	-1.668,7	-1.190,8	-1.504,3	-948,7
07:00	-957,7	-1.817,2	-1.633,9	-1.961,8	-788,8	-1.466,8	-351,4	-876,1
08:00	-1.534,6	-1.774,0	-1.428,7	-1.936,0	-1.318,3	-1.552,9	-712,3	-921,1
09:00	-1.825,9	-901,0	-1.518,4	-1.121,8	-1.739,5	-1.687,6	-1.226,8	-1.407,7
10:00	-1.111,0	-816,4	-2.015,2	-957,7	-805,9	-1.387,3	-664,0	-495,1
11:00	-550,6	-1.106,2	-1.652,8	-1.012,9	-284,8	-633,4	586,7	26,0
12:00	-85,0	-1.591,0	-1.601,2	-711,1	-1.287,4	-597,4	-610,6	-213,7
13:00	-1.111,3	-1.510,0	-1.846,3	-733,6	-866,5	-316,3	-838,3	-579,4
14:00	-1.354,9	-1.071,7	-1.642,6	-1.056,1	-1.440,7	-1.421,8	-658,6	-543,4
15:00	-1.085,5	-1.252,9	-1.851,4	-324,7	-895,6	-700,9	81,5	1.563,2
16:00	-716,2	-1.763,5	-1.978,9	-768,1	-1.028,5	-195,1	-703,6	-984,7
17:00	-543,7	-1.358,2	-1.477,0	-2.301,7	-931,9	-1.233,7	-451,6	-784,6
18:00	-693,7	-1.473,7	-1.968,7	-1.770,4	-1.264,9	-1.628,8	-772,6	-1.657,9
19:00	-2.284,3	-1.202,8	-2.206,6	-1.953,1	-1.949,8	-1.366,6	-1.027,9	-570,7
20:00	-2.075,8	-326,8	-2.558,8	-1.711,9	-2.189,8	-1.599,1	-1.688,8	-1.708,0
21:00	-2.332,6	-1.352,8	-1.908,4	-1.944,7	-1.735,9	-1.150,6	-1.000,3	-934,6
22:00	-1.611,7	-1.699,6	-2.072,2	-1.535,5	-1.428,7	-1.335,1	-1.690,3	-686,2
23:00	-1.608,1	-1.447,6	-1.913,5	-1.727,2	-1.525,3	-1.171,0	-883,0	-1.400,5

Çizelge 6.14 Gücü 5 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.

Haftalık satın alınacak elektrik miktarı (a)	kWh	2.409
Yıllık satın alınacak tahmini elektrik miktarı (b)	kWh	103.578
3 haftalık bakım periyodunda satın alınacak elektrik miktarı (c)	kWh	1.964.070
Toplam Miktar (b+c)	kWh	2.067.648
Satın alınan elektrik için TEDAŞ'a ödenecek tutar (d)	YTL	11.963,25
3 haftalık bakım periyodunda TEDAŞ'tan satın alınan elektrik için ödenecek tutar (e)	YTL	226.850,08
Toplam Tutar (d+e)	YTL	238.813,33

Çizelge 6.15 Gücü 5 MW Olan Tesis İçin Yüzdeler Yük Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
00:00	%79	%71	%63	%53	%62	%64	%81	%86
01:00	%70	%63	%69	%66	%57	%70	%75	%70
02:00	%73	%63	%60	%69	%82	%73	%81	%78
03:00	%72	%81	%79	%80	%80	%76	%87	%80
04:00	%78	%100	%81	%89	%79	%75	%95	%84
05:00	%85	%83	%69	%69	%85	%93	%86	%76
06:00	%85	%50	%68	%77	%64	%74	%67	%79
07:00	%79	%60	%64	%57	%83	%68	%92	%81
08:00	%67	%61	%69	%58	%71	%66	%85	%80
09:00	%60	%80	%67	%76	%62	%63	%73	%69
10:00	%76	%82	%56	%79	%82	%70	%86	%89
11:00	%88	%76	%64	%78	%94	%86	%100	%100
12:00	%98	%65	%65	%85	%72	%87	%87	%95
13:00	%76	%67	%60	%84	%81	%93	%82	%87
14:00	%71	%77	%64	%77	%69	%69	%86	%88
15:00	%76	%73	%60	%93	%81	%85	%100	%100
16:00	%84	%62	%57	%83	%78	%96	%85	%79
17:00	%88	%70	%68	%50	%80	%73	%90	%83
18:00	%85	%68	%57	%62	%73	%65	%83	%64

Çizelge 6.15 (devam)

19:00	%50	%74	%52	%58	%58	%70	%78	%88
20:00	%55	%93	%44	%63	%52	%65	%63	%63
21:00	%49	%71	%59	%58	%62	%75	%78	%80
22:00	%65	%63	%55	%67	%69	%71	%63	%85
23:00	%65	%69	%58	%62	%67	%75	%81	%70
ORT.	%74	%72	%63	%71	%73	%75	%83	%81
							GENEL ORATALAMA	%74

Çizelge 6.16 Gücü 5 MW Olan Tesis Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.

% 100 Yükte Gaz motorunun verimi % 42 kabul edilmiştir.		
İşletme elektrik tüketim miktarı 28.000.000 kWh. Alınmıştır.		
Bu değer için gaz tüketimi	6.944.000	Nm ³
% 74 verimde	7.305.812	Nm ³
Fazladan yakılan doğalgaz	106,735 milyar	Nm ³
Fazla doğalgaz maliyeti	72.727	YTL

6.5 Gücü 5,5 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri

Bu kojenerasyon tesisindeki gaz motor gücü 5100 kW alınmıştır.

Çizelge 6.17 Gücü 5,5 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005 (kWh)	10.07.2005 (kWh)	11.07.2005 (kWh)	12.07.2005 (kWh)	13.07.2005 (kWh)	14.07.2005 (kWh)	15.07.2005 (kWh)	16.07.2005 (kWh)
00:00	-1.445,1	-1.847,7	-2.220,3	-2.651,7	-2.263,5	-2.133,9	-1.389,9	-1.164,0
01:00	-1.897,5	-2.201,4	-1.914,9	-2.044,5	-2.491,2	-1.866,6	-1.655,7	-1.879,8
02:00	-1.737,3	-2.189,4	-2.358,3	-1.923,6	-1.344,0	-1.746,0	-1.384,8	-1.505,7
03:00	-1.803,0	-1.376,7	-1.476,9	-1.413,0	-1.402,5	-1.583,7	-1.105,2	-1.438,2
04:00	-1.523,4	-348,6	-1.356,0	-990,3	-1.447,5	-1.644,0	-727,2	-1.250,1
05:00	-1.185,0	-1.297,5	-1.916,7	-1.926,9	-1.183,5	-802,5	-1.131,0	-1.626,3
06:00	-1.195,8	-2.781,3	-1.968,6	-1.575,3	-2.168,7	-1.690,8	-2.004,3	-1.448,7
07:00	-1.457,7	-2.317,2	-2.133,9	-2.461,8	-1.288,8	-1.966,8	-851,4	-1.376,1
08:00	-2.034,6	-2.274,0	-1.928,7	-2.436,0	-1.818,3	-2.052,9	-1.212,3	-1.421,1
09:00	-2.325,9	-1.401,0	-2.018,4	-1.621,8	-2.239,5	-2.187,6	-1.726,8	-1.907,7
10:00	-1.611,0	-1.316,4	-2.515,2	-1.457,7	-1.305,9	-1.887,3	-1.164,0	-995,1
11:00	-1.050,6	-1.606,2	-2.152,8	-1.512,9	-784,8	-1.133,4	86,7	-474,0
12:00	-585,0	-2.091,0	-2.101,2	-1.211,1	-1.787,4	-1.097,4	-1.110,6	-713,7
13:00	-1.611,3	-2.010,0	-2.346,3	-1.233,6	-1.366,5	-816,3	-1.338,3	-1.079,4
14:00	-1.854,9	-1.571,7	-2.142,6	-1.556,1	-1.940,7	-1.921,8	-1.158,6	-1.043,4
15:00	-1.585,5	-1.752,9	-2.351,4	-824,7	-1.395,6	-1.200,9	-418,5	1.063,2
16:00	-1.216,2	-2.263,5	-2.478,9	-1.268,1	-1.528,5	-695,1	-1.203,6	-1.484,7
17:00	-1.043,7	-1.858,2	-1.977,0	-2.801,7	-1.431,9	-1.733,7	-951,6	-1.284,6
18:00	-1.193,7	-1.973,7	-2.468,7	-2.270,4	-1.764,9	-2.128,8	-1.272,6	-2.157,9
19:00	-2.784,3	-1.702,8	-2.706,6	-2.453,1	-2.449,8	-1.866,6	-1.527,9	-1.070,7
20:00	-2.575,8	-826,8	-3.058,8	-2.211,9	-2.689,8	-2.099,1	-2.188,8	-2.208,0
21:00	-2.832,6	-1.852,8	-2.408,4	-2.444,7	-2.235,9	-1.650,6	-1.500,3	-1.434,6
22:00	-2.111,7	-2.199,6	-2.572,2	-2.035,5	-1.928,7	-1.835,1	-2.190,3	-1.186,2
23:00	-2.108,1	-1.947,6	-2.413,5	-2.227,2	-2.025,3	-1.671,0	-1.383,0	-1.900,5

Çizelge 6.18 Gücü 5,5 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.

Haftalık satın alınacak elektrik miktarı (a)	kWh	1.150
Yıllık satın alınacak tahmini elektrik miktarı (b)	kWh	49.446
3 haftalık bakım periyodunda satın alınacak elektrik miktarı (c)	kWh	1.964.070
Toplam Miktar (b+c)	kWh	2.013.516
Satın alınan elektrik için TEDAŞ'a ödenecek tutar (d)	YTL	5.711,01
3 haftalık bakımda TEDAŞ'tan satın alınan elektrik için ödenecek tutar (e)	YTL	226.850,08
Toplam Tutar (d+e)	YTL	232.561,09

Çizelge 6.19 Gücü 5,5 MW Olan Tesis İçin Yüzdeler Yük Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
00:00	%72	%64	%56	%48	%56	%58	%73	%77
01:00	%63	%57	%62	%60	%51	%63	%68	%63
02:00	%66	%57	%54	%62	%74	%66	%73	%70
03:00	%65	%73	%71	%72	%73	%69	%78	%72
04:00	%70	%93	%73	%81	%72	%68	%86	%75
05:00	%77	%75	%62	%62	%77	%84	%78	%68
06:00	%77	%45	%61	%69	%57	%67	%61	%72
07:00	%71	%55	%58	%52	%75	%61	%83	%73
08:00	%60	%55	%62	%52	%64	%60	%76	%72
09:00	%54	%73	%60	%68	%56	%57	%66	%63
10:00	%68	%74	%51	%71	%74	%63	%77	%80
11:00	%79	%69	%58	%70	%85	%78	%100	%91
12:00	%89	%59	%59	%76	%65	%78	%78	%86
13:00	%68	%61	%54	%76	%73	%84	%74	%79
14:00	%64	%69	%58	%69	%62	%62	%77	%80
15:00	%69	%66	%54	%84	%73	%76	%92	%100
16:00	%76	%56	%51	%75	%70	%86	%76	%71
17:00	%80	%64	%61	%45	%72	%66	%81	%75
18:00	%77	%61	%52	%55	%65	%58	%75	%58
19:00	%45	%67	%47	%52	%52	%63	%70	%79
20:00	%49	%84	%40	%57	%47	%59	%57	%57
21:00	%44	%64	%53	%52	%56	%68	%71	%72
22:00	%59	%57	%50	%60	%62	%64	%57	%77
23:00	%59	%62	%53	%56	%60	%67	%73	%63
ORT.	%67	%65	%57	%64	%65	%68	%75	%74
GENEL ORATALAMA							%67	

Çizelge 6.20 Gücü 5,5 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.

% 100 Yükte Gaz motorunun verimi % 42 kabul edilmiştir.		
İşletme elektrik tüketim miktarı 28.000.000 kWh alınmıştır.		
Bu değer için gaz tüketimi	6.944.000	Nm ³
% 67 verimde	7.409.756	Nm ³
Fazladan yakılan doğalgaz	465.756	Nm ³
Fazla doğalgaz maliyeti	137.398	YTL

6.6 Gücü 6 MW Olan Kojenerasyon Tesisi Analizleri

Bu kojenerasyon tesisindeki gaz motor gücü 5600 kW alınmıştır

Çizelge 6.21 Gücü 6 MW Olan Tesis İçin Fark Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005 (kWh)	10.07.2005 (kWh)	11.07.2005 (kWh)	12.07.2005 (kWh)	13.07.2005 (kWh)	14.07.2005 (kWh)	15.07.2005 (kWh)	16.07.2005 (kWh)
00:00	-1945,1	-2347,7	-2720,3	-3151,7	-2763,5	-2633,9	-1889,9	-1664
01:00	-2397,5	-2701,4	-2414,9	-2544,5	-2991,2	-2366,6	-2155,7	-2379,8
02:00	-2237,3	-2689,4	-2858,3	-2423,6	-1844	-2246	-1884,8	-2005,7
03:00	-2303	-1876,7	-1976,9	-1913	-1902,5	-2083,7	-1605,2	-1938,2
04:00	-2023,4	-848,6	-1856	-1490,3	-1947,5	-2144	-1227,2	-1750,1
05:00	-1685	-1797,5	-2416,7	-2426,9	-1683,5	-1302,5	-1631	-2126,3
06:00	-1695,8	-3281,3	-2468,6	-2075,3	-2668,7	-2190,8	-2504,3	-1948,7
07:00	-1957,7	-2817,2	-2633,9	-2961,8	-1788,8	-2466,8	-1351,4	-1876,1
08:00	-2534,6	-2774	-2428,7	-2936	-2318,3	-2552,9	-1712,3	-1921,1
09:00	-2825,9	-1901	-2518,4	-2121,8	-2739,5	-2687,6	-2226,8	-2407,7
10:00	-2111	-1816,4	-3015,2	-1957,7	-1805,9	-2387,3	-1664	-1495,1
11:00	-1550,6	-2106,2	-2652,8	-2012,9	-1284,8	-1633,4	-413,3	-974
12:00	-1085	-2591	-2601,2	-1711,1	-2287,4	-1597,4	-1610,6	-1213,7
13:00	-2111,3	-2510	-2846,3	-1733,6	-1866,5	-1316,3	-1838,3	-1579,4
14:00	-2354,9	-2071,7	-2642,6	-2056,1	-2440,7	-2421,8	-1658,6	-1543,4
15:00	-2085,5	-2252,9	-2851,4	-1324,7	-1895,6	-1700,9	-918,5	563,2
16:00	-1716,2	-2763,5	-2978,9	-1768,1	-2028,5	-1195,1	-1703,6	-1984,7
17:00	-1543,7	-2358,2	-2477	-3301,7	-1931,9	-2233,7	-1451,6	-1784,6
18:00	-1693,7	-2473,7	-2968,7	-2770,4	-2264,9	-2628,8	-1772,6	-2657,9

Çizelge 6.21 (devam)

Tarih Saat	09.07.2005 (kWh)	10.07.2005 (kWh)	11.07.2005 (kWh)	12.07.2005 (kWh)	13.07.2005 (kWh)	14.07.2005 (kWh)	15.07.2005 (kWh)	16.07.2005 (kWh)
19:00	-3284,3	-2202,8	-3206,6	-2953,1	-2949,8	-2366,6	-2027,9	-1570,7
20:00	-3075,8	-1326,8	-3558,8	-2711,9	-3189,8	-2599,1	-2688,8	-2708
21:00	-3332,6	-2352,8	-2908,4	-2944,7	-2735,9	-2150,6	-2000,3	-1934,6
22:00	-2611,7	-2699,6	-3072,2	-2535,5	-2428,7	-2335,1	-2690,3	-1686,2
23:00	-2608,1	-2447,6	-2913,5	-2727,2	-2525,3	-2171	-1883	-2400,5

Çizelge 6.22 Gücü 6 MW Olan Tesis İle TEDAŞ'dan Alınacak Elektrik Değeri.

Haftalık satın alınacak elektrik miktarı (a)	kWh	563
Yıllık satın alınacak tahmini elektrik miktarı (b)	kWh	24.218
3 haftalık bakım periyodunda satın alınacak elektrik miktarı (c)	kWh	1.964.070
Toplam Miktar (b+c)	kWh	1.988.288
Satın alınan elektrik için TEDAŞ'a ödenecek tutar (d)	YTL	2.797,18
3 haftalık bakım periyodunda TEDAŞ'tan satın alınan elektrik için ödenecek tutar (e)	YTL	226.850,08
Toplam Tutar (d+e)	YTL	229.647,26

Çizelge 6.23 Gücü 6 MW Olan Tesis İçin Yüzdeler Yük Çizelgesi.

Tarih Saat	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
00:00	%65	%58	%51	%44	%51	%53	%66	%70
01:00	%57	%52	%57	%55	%47	%58	%62	%58
02:00	%60	%52	%49	%57	%67	%60	%66	%64
03:00	%59	%66	%65	%66	%66	%63	%71	%65
04:00	%64	%85	%67	%73	%65	%62	%78	%69
05:00	%70	%68	%57	%57	%70	%77	%71	%62
06:00	%70	%41	%56	%63	%52	%61	%55	%65

Çizelge 6.23 (devam)

Tarih Saat	09.07.2005	10.07.2005	11.07.2005	12.07.2005	13.07.2005	14.07.2005	15.07.2005	16.07.2005
07:00	%65	%50	%53	%47	%68	%56	%76	%66
08:00	%55	%50	%57	%48	%59	%54	%69	%66
09:00	%50	%66	%55	%62	%51	%52	%60	%57
10:00	%62	%68	%46	%65	%68	%57	%70	%73
11:00	%72	%62	%53	%64	%77	%71	%93	%83
12:00	%81	%54	%54	%69	%59	%71	%71	%78
13:00	%62	%55	%49	%69	%67	%76	%67	%72
14:00	%58	%63	%53	%63	%56	%57	%70	%72
15:00	%63	%60	%49	%76	%66	%70	%84	%100
16:00	%69	%51	%47	%68	%64	%79	%70	%65
17:00	%72	%58	%56	%41	%66	%60	%74	%68
18:00	%70	%56	%47	%51	%60	%53	%68	%53
19:00	%41	%61	%43	%47	%47	%58	%64	%72
20:00	%45	%76	%36	%52	%43	%54	%52	%52
21:00	%40	%58	%48	%47	%51	%62	%64	%65
22:00	%53	%52	%45	%55	%57	%58	%52	%70
23:00	%53	%56	%48	%51	%55	%61	%66	%57
ORT.	%61	%59	%52	%58	%60	%62	%68	%68
GENEL ORATALAMA							%61	

Çizelge 6.24 Gücü 6 MW Olan Tesis İçin Gaz Sarfiyat Değer Çizelgesi.

% 100 Yükte Gaz motorunun verimi % 42 kabul edilmiştir.		
İşletme elektrik tüketim miktarı 28.000.000 kWh. Alınmıştır.		
Bu değer için gaz tüketimi	6.944.000	Nm ³
% 82 verimde	7.501.235	Nm ³
Fazladan yakılan doğalgaz	557.235	Nm ³
Fazla doğalgaz maliyeti	164.384	YTL

6.7 Toplam Tüketim Analizleri

Hesaplanan farklı kurulu güçlerdeki kojenerasyon tesislerinin maliyetleri için ortak karşılaştırma çizelgeleri hazırlanmıştır.

Hazırlanan çizelgeler, tesisin periyodik bakım zamanı ve kapasite ile enerji ihtiyacı arasındaki fark ilişkisi sonucu satın alınan elektrik ile oluşacak gider çizelgesi, kapasite ile ihtiyaç farkından kaynaklanan doğalgaz tüketim çizelgesi ve de toplam gider çizelgesi olarak 3 çizelge halinde hazırlanmıştır.

Çizelge 6.25 Tesislerin TEDAŞ Ödeme Ortak Özet Çizelgesi (2004).

Güç (MW)	Satın alınan elektrik için TEDAŞ 'a ödenecek tutar (Bin YTL)	3 haftalık bakım periyodunda TEDAŞ 'dan satın alınan elektrik için ödenecek tutar (Bin YTL)	TOPLAM TEDAŞ Tutarı (Bin YTL)
3 (Net 2800 kW)	610,5	226	836,5
4 (Net 3600 kW)	141,5	226	367,5
4,5 (Net 4100 kW)	36	226	262
5 (Net 4600 kW)	12	226	238
5,5 (Net 5100 kW)	6,5	226	232,5
6 (Net 5600 kW)	3	226	229

Çizelge 6.26 Tesislerin Doğalgaz Maliyeti Ortak Özet Çizelgesi.

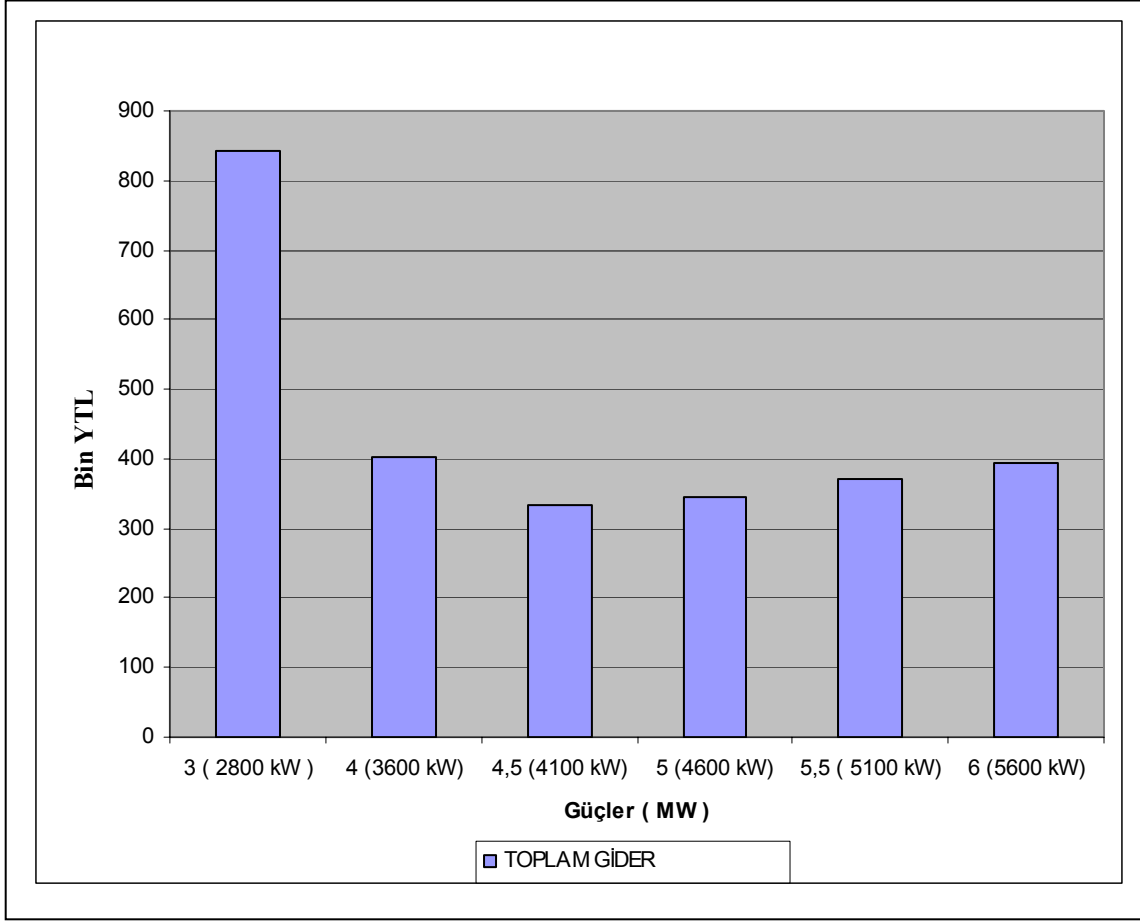
Güç (MW)	Fazladan yakılan doğalgaz miktarı (Nm ³)	Fazladan Yakılan Doğalgaz Bedeli (Bin YTL)
3 (Net 2800 kW)	18.757	5,5
4 (Net 3600 kW)	121.116	35,7
4,5 (Net 4100 kW)	246.533	72,7
5 (Net 4600 kW)	361.812	106,7
5,5 (Net 5100 kW)	465.756	137,4
6 (Net 5600 kW)	557.235	164,4

Tüm bu incelemelerin toplamı, hangi tesisin daha uygun olacağı konusunda bilgi vermektedir. Kesin bir sonuca varmadan önce hem fazladan tüketilen doğal gaz hem de fazladan alınacak olan elektrik enerjisinin maliyetleri Çizelge 6.27’de olduğu gibi toplanmalıdır.

Çizelge 6.27 Tesislerin Toplam Gider Çizelgesi.

Güç (MW)	TOPLAM TEDAŞ Bedeli (Bin YTL)	Fazladan Yakılan Doğalgaz Bedeli (Bin YTL)	TOPLAM GİDER (Bin YTL)
3 (2800 kW)	836,5	5,5	842
4 (3600 kW)	367,5	35,7	403,2
4,5 (4100 kW)	262	72,7	334,7
5 (4600 kW)	238	106,7	344,7
5,5 (5100 kW)	232,5	137,4	369,9
6 (5600 kW)	229	164,4	393,4

Çizelge 6.27 grafik haline getirilir ise optimum uygunluktaki kojenerasyon tesisinin hangisi olacağı daha net görülebilir.



Şekil 6.1 Tesislerin Toplam Gider Grafiği.

6.8 Gaz Motoru ve Gaz Türbini

En uygun gücün 4,5 MW civarında olacağı, Şekil 6.1'deki grafikte açıkça görülmektedir. Uygun gücü tespit ettikten sonra uygun sistemin ne olacağı hesaplanmalıdır. Bunun için ise iki ayrı özel firmadan alınan 4 MW'lık gaz motorlu ve gaz türbinli sistemlerin teknik verilerine göre örnek işletme için uygunluklar hesaplanmıştır.

Çizelge 6.28 Gücü 4 MW Olan Gaz Motoru Ve Gaz Türbini Mukayese Çizelgesi [41].

			GAZ MOTORU	GAZ TÜRBİNİ
1	Gücü	MW	4	4
2	Elektrik Enerji Üretim Gücü	kWh/yıl	33.000.000	33.600.000
3	Elektriksel Verim	%	41	29
4	Termal Verim-1 (Eksoz)	%	22	58
5	Termal Verim-2 (Gövde Soğutma)	%	20	-----
6	Toplam Verim	%	83	87
7	Birim Özgül Yakıt Tüketimi	Nm ³ /kW	0,250	0,360
8	Saatlik Yakıt Tüketimi	Nm ³ /h	1000	1440
9	Sisteme Giren Toplam Isı Yükü	kcal/h	8.250.000	11.880.000
10	Elektrik Üretimine Harcanan Isı	kcal/h	3.382.500	3.445.200
11	Açığa Çıkan Termal Isı-1 (Eksoz Gazı)	kcal/h	1.815.000	6.890.400
12	Açığa Çıkan Termal Isı-2 (Gövde Soğutma)	kcal/h	1.650.000	—
13	Eksoz Gaz Çıkış Sıcaklığı	°C	460	540
14	Eksoz Gaz Debisi	kg/h	20.897	57.240
15	Eksoz Gaz Hızı	m/s	32,45	43,76

Çizelge 6.28 (devam)

			GAZ MOTORU	GAZ TÜRBİNİ
16	Eksoz Gaz Kompozisyonu		%0,88Ar %5,94 CO ₂ %11,37H ₂ O %8,13O ₂ , %73,68 N ₂	%0,89Ar %2,96 CO ₂ %6,55 H ₂ O %14,43 O ₂ , %75,18N ₂
17	Yıllık Çalışma Süresi	Saat	8250	8400
18	Yıllık Yakıt Tüketimi	Nm ³ /yıl	8.250.000	12.096.000
19	Yıllık Yakıt Maliyeti	€/yıl	1.113.750	1.635.960
20	Birim Bakım-İşletme Maliyeti	€/kWh	0.0066	0.0076
21	Yıllık Bakım-İşletme Maliyeti	€/yıl	217.800	255.360
22	Yaklaşık Yatırım Maliyeti (inşaat işleri hariç)	€	1.600.000	2.500.000
23	Birim Yatırım Maliyeti	€/kWh	400	625
24	Birim Elektrik Maliyeti (Termal Atık Isı Kullanmaksızın)	€/kWh	0.040	0.056
25	Birim Elektrik Maliyeti (Atık Isı Eksoz Gazı Kullanıldığında)	€/kWh	0.033	0.028 0.047
26	Birim Elektrik Maliyeti (Atık Isı Eksoz ve Soğutma Suyu 7 ay Kullanıldığında)	€/kWh	0.029	-----
27	Yıllık İşletme Gideri 1 (Gaz Maliyeti)	€/yıl	1.113.750	1.632.960

Çizelge 6.28 (devam)

	TİPİK ÖZELLİKLER		GAZ MOTORU	GAZ TÜRBİNİ
28	Yıllık İşletme Gideri 2 (Bakım-İşletme Maliyeti)	€/yıl	217.800	255.360
29	Toplam Yıllık İşletme Gideri	€/yıl	1.331.550	1.888.320
30	Tek Terimli Elektrik Enerjisi Kazancı	€/yıl	1.100.540	1.143.140
31	Çift Terimli Elektrik Enerjisi Kazancı	€/yıl	1.014.967	1.014.967
32	Toplam Elektrik Enerjisi Kazancı	€/yıl	2.115.507	2.158.107
33	Eksoz Gazı Kullanım Kazancı	€/yıl	245.025	947.116 274.909
34	Gövde Soğutma Suyu Kullanım Kazancı	€/yıl	130.000	—
35	Toplam Yıllık Gelir	€/yıl	2.491.532	3.105.223 * 2.433.016 **
36	Gelir-Gider Fark	€/yıl	1.158.982	1.216.903 * 544.589 **
37	Geri Dönüş Oranı	Yıl	1,38	2,05 * 4,58 **

“*” Gaz türbininden çıkan 6.890.400 kcal/h’lik eksoz atık ısısının hem sprey drier hem de olabilecek diğer kullanım alanlarında tam kapasite kullanım durumundaki değerlerdir.

“**” Sadece Spray Drier ünitesinin ihtiyacı olan 2.000.000 kcal/h lik bir ısı enerjisinin kullanılıp, geri kalanı ısının atılması durumundaki değerlerdir.

Sadece Spray Drier ünitesi için gaz türbini kullanılabilir. Özel bir firmaya ait uygun kapasitede türbin teknik verileri Çizelge 6.29’da verilmektedir. Bu verilerden yola çıkılarak gaz türbinli bu tesisin maliyet analizi de çizelgeye eklenmiştir.

Sadece Spray Drier ünitesi için bir kojenerasyon tesis kurulması düşünülürse, uygun sistem olarak gaz türbini tercih edilmelidir. Bunun sebebi ise daha önce de bahsedildiği gibi gaz türbinli sistemlerin ısı verimlerinin gaz motorlu sistemlere oranla daha fazla olmasıdır.

Çizelge 6.29'da Spray Drier ünitesinin ihtiyaç duyduğu ısı enerjisi olan 8.368.000.000 kJ/h'lik bir ısı enerjisi üretebilen gaz türbinine ait teknik bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 6.29 Gaz Türbinli Kojenerasyon Tesis Teknik Bilgi Çizelgesi [42].

			GAZ TÜRBİNİ
1	Gücü	MW	1,162
2	Elektrik Enerji Üretim Gücü	kWh/yıl	9.760.800
3	Elektriksel Verim	%	29
4	Termal Verim	%	58
5	Toplam Verim	%	87
6	Birim Özgül Yakıt Tüketimi	Nm ³ /kW	0,359
7	Saatlik Yakıt Tüketimi	Nm ³ /saat	418
8	Sisteme Giren Toplam Isı Yüğü	kW	4007,66
9	Elektrik Üretimine Harcanan Isı	kW	1162,22
10	Açığa Çıkan Termal Isı	kW	2324,44
11	Yıllık Çalışma Süresi	Saat	8400
12	Yıllık Yakıt Tüketimi	Nm ³ /yıl	3.511.200

Çizelge 6.29 (devam)

			GAZ TÜRBİNİ
13	Yıllık Yakıt Maliyeti	€/yıl	474.012
14	Birim Bakım-İşletme Maliyeti	€/yıl	0.0076
15	Yıllık Bakım-İşletme Maliyeti	€/yıl	74.1821
16	Yaklaşık Yatırım Maliyeti (inşaat işleri hariç)	€	1.075.000
17	Birim Yatırım Maliyeti	€	925
18	Birim Elektrik Maliyeti (Termal Atık Isı Kullanmaksızın)	€/kWh	0,056
19	Birim Elektrik Maliyeti (Atık Isı Eksoz Gazı Kullanıldığında)	€/kWh	0,028
20	Toplam Yıllık İşletme Gideri	€/yıl	548.194
21	Toplam Yıllık Gelir	€/yıl	907.754
22	Gelir-Gider Fark	€/yıl	359.560
23	Geri Dönüş Oranı	Yıl	2,98

Çizelge 6.29'dan yaklaşık olarak 3 yıl içinde tesisin kendisini amorti ettiği anlaşılmaktadır. Fakat bu tesis sadece ısı enerjisi için kullanılacaktır. Bu da işletmedeki proseslerin asıl ihtiyacı olan elektrik enerjisi temini konusunda çok fazla yardımcı olamayacağı anlamına gelmektedir. İşletme için uygun olan en iyi sistemin gaz motorlu bir sistem olacağı belirlenmiştir.

İşletmenin tamamı için toplam 4,5 MW'lık güce yakın olacak şekilde bir tesis kurulabilmesi için çeşitli firmalardan fiyat ve teknik bilgi alınmıştır. Bilgiler doğrultusunda uygun bir sistem seçilebilmesi için inceleme yapılmıştır.

Çizelge 6.30 Gaz Motorlu Kojenerasyon Tesis Mukayese Çizelgesi [43-46].

			DAS MÜHENDİSLİK	LT E K N O	BORUSAN	W A R T S I L A
1	Güç	MW	1,75	3,9	3x1,095	5,9
2	Çevre Şartları		930 m Rakım 20 °C Sıcaklık	930 m Rakım 20 °C Sıcaklık	500 m Rakım 25 °C Sıcaklık	950 m Rakım 25 °C Sıcaklık
3	Elektrik Enerji Üretim Gücü	kWh	14.350.000	31.350.000	26.280.000	49.442.250
4	Elektriksel Verim	%	38,1	41,9	38,1	45,6
5	Termal Verim	%	50,2	44,7	50	28,9
6	Toplam Verim	%	88,3	86,6	88,1	74,5
7	Birim Özgül Yakıt Tüketimi	Nm ³ /kWh	0,269	0,233	0,256	0,228
8	Saatlik Yakıt Tüketimi	Nm ³ /h	471,8	973	899	1369
9	Sisteme Giren Toplam Isı Yükü	kcal/h	3.892.350	8.027.250	7.416.750	11.294.250
10	Elektrik Üretimine Harcanan Isı	kcal/h	1.482.9850	3.363.417	2.825.78	5.150.178
11	Açığa Çıkan Termal Isı	kcal/h	1.953.959	3.427.635	3.708.375	3.264.03 8
12	Eksoz Gaz Çıkış Sıcaklığı	°C	499	467	503	387
13	Eksoz Gaz Debisi	kg/h	9972	20.897	14.220	36.360
14	Yıllık Çalışma Süresi	Saat	8200	8250	8000	8250 h
15	Yıllık Yakıt Tüketimi	Nm ³ /yıl	3.868.760	8.027.250	7.192.000	11294.250

Çizelge 6.30 (devam)

			DAS MÜHENDİSLİK	İL TEKN O	BORUSAN	WARTSILA
16	Yıllık Yakıt Maliyeti	€/yıl	522.282	1.083.678	970.920	1.524.723
17	Yatırım Maliyeti	€	—	1.650.000	1.620.000	2.935.000
18	Birim Yatırım Maliyeti	€/kW	—	429,91	493,15	489,73
19	Birim Elektrik Maliyeti	€/kWh	0,02563	0,02524	0,02407	0,02916
20	Toplam Yıllık İşletme Gideri	€/yıl	631.342	1.260.979	1.118.088	1.801.599
21	Toplam Yıllık İşletme Geliri	€/yıl	1.194.935	2.522.154	2.149.460	3.654.391
22	Gelir-Gider Fark	€/yıl	566.593	1.261.175	1.031.372	1.852.792
23	Geri Dönüş Oranı	Yıl	—	1,30	1,57	1,58

Çizelge 6.30'daki değerlerin hesaplamasında, TEDAŞ'dan birim elektrik satış fiyatı 0,065 €/kWh, birim doğalgaz fiyatı 0,135 Euro/Nm³ ve birim işletme bakım maliyeti yaklaşık olarak 0,0056 Euro/kWh olarak alınmış olup, 1 Euro 1,7760 YTL kurundan hesaplanmıştır [47].

7. SONUÇLAR

Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde enerji ihtiyacı da buna paralel olarak artmaktadır. Özellikle sanayinin hızlı gelişimi bu sektörün enerji tüketimini de aynı hızda arttırmıştır. Enerji ihtiyacının artması, kaynakların yetersizliği, enerji maliyetinin yüksek oluşu ve elektrik kalitesinin düşük olması sonucunda yüksek verimli sistemleri kullanma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu amaçla kojenerasyon sistemleri gündeme gelmiştir. Özellikle tekstil, kâğıt, kimya, gıda gibi hem kaliteli elektrik hem de ısı gereksinimi olan sektörler için kojenerasyon sistemleri kurmak avantajlı hale gelmiştir. Bu sistemlerin, enerjinin tüketildiği yerlere kurulmasından dolayı hat kayıplarının ortadan kalkması ve toplam enerji çevrim verimlerinin, şebeke santrallerinin verimlerine göre daha yüksek olması enerji tasarrufunu arttırmaktadır.

Kojenerasyon sistemleri uzun yıllardır diğer ülkelerde kullanılmaktadır. Ucuz enerji üretimi, kullanım rahatlığı, çevreye katkısı vb. sebeplerden dolayı tercihi kolay olmaktadır. Bunların enerji verimleri ile birlikte kontrol edilip sıkı bir enerji politikası uygulanması kaçınılmazdır. Bundan sonra yapılması gereken, enerjiyi daha verimli kullanmak, enerji kayıplarını en aza indirmektir. Yeni enerji kazanımları yaratmak, yeraltı ve yer üstü kaynaklarını kullanmak da önemlidir. Bu konuda gerçekçi politikalar oluşturmak, sivil toplum örgütlerinin ve üniversitelerin çabaları ile olacaktır. Kojenerasyon konusunda dikkat edilmesi gereken tek nokta, yakıtın dış ülkelere bağımlı olmasıdır. Bir ülkenin enerji üretiminin dış ülkelere bağımlı olması stratejik olarak sakıncalı olabilir. Bu sebepten dolayıdır ki enerji politikası üzerine çalışan kişi ya da kuruluşların, enerji üretimi üzerinde çok hassas olmaları gerekmektedir.

Sonuç olarak; bir kojenerasyon sistemi, uygulama yapılacak tesisin hangi oranda ısı ve elektrik ihtiyacı olduğu dikkate alınarak seçilmeli ve elde edilen ısının mutlaka yararlı bir şekilde kullanılması yoluna gidilmelidir. Verilen örnek işletmenin enerji ihtiyaç durumu, kurulması gereken sistemin “Gaz Motorlu” olması gerektiğini göstermiştir. Yaklaşık olarak fabrikanın ihtiyaç duyduğu güç miktarı ise 4,5 MW civarındadır. Tabii ki bu miktar günümüz koşulları için geçerlidir. 5 ila 7 yıllık bir gelecek tüketim tahmini yapılması gerekir ise bu güç miktarı 5,5 MW boyutlarına ulaşacaktır.

8. ÖNERİLER

Tesisin kurulması durumunda E.İ.E.İ. (Elektrik İşleri Etüt İdaresi)'nin düzenlemiş olduğu “Enerji Yöneticiliği” kursuna katılım sağlanarak tesis içerisinde görev alacak personel bilgilendirilmelidir. Bunların “Enerji Yöneticiliği” kursuna ve de “Santral Sorumluluğu” kursuna katılmaları sağlanarak, enerji santrali yönetebilmeleri için gerekli yetki belgeleri alınmalıdır.

Tesisin periyodik bakımları ihmal edilmemelidir.

Tesisin kurulacağı yerin tespiti konusunda hassas davranılmalıdır.

Elektrik üretim tesisi için alınan otoprodüktör lisans başvurusu sonucunda belirtilen sürede tesis kurulamamıştır. 2005 senesinin ilk aylarında ek süre istenmiş olup bu süre içerisinde tesis tamamlanamamıştır [48]. Bu tür aksaklıkların olacağı daha önceden tahmin edilerek lisans başvuru tarihi iyi belirlenmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Aktaş, M., 2006, “Stratejik Enerji Planlaması”, Türkiye 10. Enerji Kongresi, Kasım, 2006.
- [2] Anonim., 2006, “Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, 368 sayfa, (Erişim: <http://www.cevre.org>).
- [3] Sürer, F. , 2003, Kombine Gaz/Buhar Türbinli Kojenerasyon Sistemlerinin Termodinamik ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 6s.
- [4] Kojenerasyon Sistemlerinin Ekonomik Ömürleri, 2006,
(Erişim: http://www.kimyamuhendisi.com/arsiv/kat_bak.asp?kid=40&name=Enerji).
- [5] Minett, S. , 2006, “Developments in International Energy Markets and Cogeneration”, 12. Uluslararası Kojenerasyon, Kombine Çevrim ve Çevre Konferansı, 25-26 Mayıs 2006, Hilton İstanbul.
- [6] İskender, S., 2006, “Türkiye’de Enerji ve Geleceğe Yönelik Planlar”, Türkiye 10. Enerji Kongresi, Kasım, 2006.
- [7] Köse, R., 1998, “Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi”, 3e Dergisi, Temmuz 1998, İstanbul, 66-72s.
- [8] ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) 2006, Türkiye’de Yıllara Göre Birincil Kaynaklardan Yapılan Genel Enerji Arzı,
(Erişim: <http://www.enerji.gov.tr/enerjituketimi.htm>)
- [9] Özgür, M.A., 2006, Kütahya Rüzgar Karakteristiğinin İstatistiksel Analizi ve Elektrik Üretimine Uygulanabilirliği, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Doktora Tezi, 262s.
- [10] Türkiye Kojenerasyon Derneği 2005 Yılı Faaliyet Raporu, EK2, 6s.
- [11] Mendilcioğlu, M., 1998, “Otoproduktörlük Uygulamaları”, 4.Uluslararası Kojenerasyon ve Çevre Konferansı, 28-29 Nisan 1998, Ankara, 21-23s.
- [12] Özgürel, B., Egeli, S., 1994, Kombine Çevrim, Yüksek Verim, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliği.
- [13] Gürhan, L., 2003, Kojenerasyon Sistemleri ve Amortisman Süresine Etki Eden Parametrelerin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 14s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [14] Koçak, T. , ve Gülşen, O., 1998, Kojenerasyon nedir? Kojenerasyon Teknikleri ve Sistem Seçimi, Bölgesel Isıtma ve Kojenerasyon Konferans , (24-25 Ekim 1998) Bildirileri, Makina Mühendisleri Odası Yayın No: 210, İstanbul, 35-58.s.
- [15] DeGarmo, E.P., W. Sullivan, J. Bontadelli, E. Wicks ,1997, Engineering Economy, 10th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, 184 p.
- [16] Gaz Türbinli Yakıt Hücreli Kojenerasyon Sistemi, 2006,
(Erişim: http://www.eie.gov.tr/hidrojen/teknolojik_gelismeler.html)
- [17] Gaz Motorlu Kojenerasyon (500 kW) , 2006,
(Erişim: <http://www.piramitenerji.com/yhy/mde4.jpg>)
- [18] Gaz Motorlu Kojenerasyon (750 kW), 2006,
(Erişim: <http://www.piramitenerji.com/yhy/mde6.jpg>)
- [19] The European Educational Tool on Cogeneration, 2001, Second Edition, 26 p.
- [20] Türkiye Kojenerasyon Derneği Faaliyet Raporu, 2005, 6 s.
- [21] Ilgar, R., 2004, Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, Çevre Koruma Programlarında Etkinliği Olan Ülkemiz Enerji Sorununa Yeni Yaklaşımlar, 6 s.
- [22] Topkapı Endüstri Firması İle Sözlü Görüşme, 2005.
- [23] Borusan Güç Sistemleri A.Ş. İle Sözlü Görüşme, 2005.
- [24] Çukurova Firması İle Sözlü Görüşme, 2005.
- [25] Wartsila Türkiye Firması İle Sözlü Görüşme, 2005.
- [26] Mb-Şeker Nişasta San.Ve Tic. A.Ş., 2006, (Erişim: <http://www.siterm.com/ref2.html>)
- [27] Gürkan, G.,2001, Borusan Güç Sistemleri, İTÜ Seminer Notları CD'si.
- [28] Borusan Güç Sistemleri, Kojenerasyon Uygulamaları Katalogu.
- [29] Yurtbay Enerji Santrali, 2006,
(Erişim:http://www.cukurovaithalat.com/files/endustriyel_jeneratorler_dogalgazli_ref.aspx)
- [30] Yurtbay Enerji Santrali, 2006, (Erişim: <http://www.eso-es.net/kurumsal/sectorler/?sid=442>)
- [31] Atateks Kojenerasyon Santrali, 2006,
(Erişim: <http://www.topkapigroup.com.tr/pdf/atateks.pdf>)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [32] Doğubeyazıt Kojenerasyon İstasyonu, 2006,
(Erişim: <http://www.topkapigroup.com.tr/pdf/dbayazit.pdf>)
- [33] Zor, A. , 2005,Topkapı Endüstri Mal.Tic. A.Ş. Tesis Teknik Bilgileri.
- [34] Standard Profil A.Ş. Kojenerasyon Santrali, 2006,
(Erişim: <http://www.standardprofil.com/tr/>)
- [35] Adana Atıksu Arıtma Tesisi, 2006, (Erişim: <http://www.adana-aski.gov.tr/atik-su.asp>)
- [36] Esenyurt Kojenerasyon Termik Santrali, 2006,
(Erişim: <http://www.radikal.com.tr/haber.php?haberno=26783>)
- [37] Esenyurt Kojenerasyon Termik Santral Resmi, 2006,
(Erişim: http://www.mutluyapi.com/mutluyapibrosur_dosyalar)
- [38] Bölgesel Isıtma Ve Kojenerasyon Konferansı Bildiriler Kitabı, 1998, İstanbul, Yayın 210.
- [39] T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (23/07/2004) Karar Raporu, 2004.
- [40] T.C. Ar-Ge, Planlama Ve Dış İlişkiler Dairesi Başkanlığı, 2004,
Otoprodüktör Santral İstek Raporu.
- [41] Ceyhan, T. , 2005, Aksa Jeneratör A.Ş. , Tesis Teknik Bilgileri.
- [42] Kayrak, O. , 2004, Çukurova İthalat A.Ş. , Tesis Teknik Bilgileri.
- [43] İlkin, E. , 2005, İltekno Müh. A.Ş. , Tesis Teknik Bilgileri.
- [44] Berk, U. , 2004, Wartsila Enpa A.Ş. , Tesis Teknik Bilgileri.
- [45] Başakıncı, K. , 2004, Das Müh.Ltd.Şti. ,Tesis Teknik Bilgileri.
- [46] Demir, K. , 2004, Borusan Güç Sis.San.Ve Tic.A.Ş. , Tesis Teknik Bilgileri.
- [47] Botaş Doğal Gaz Satış Fiyat Tarifesi, 2004.
- [48] Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş., 2004, Genel Md. Otoprodüktör Santral İstek Raporu .

EK.2. Kojenerasyon Sistemi 5 Yıllık Bilançosu

22-DEC-2004 17:00 BORUSAN GÜC SİS.İZMİR 90 232 4782194 P.11

BORUSAN GÜC SİSTEMLERİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
ENERJİ SİSTEMLERİ BÖLÜMÜ

SİSTEMİN 5 YIL ÜZERİNDEN YILLIK BİLANÇOSU

TOKETİLEN YAKIT	YILLIK GİDER (€)	ÜRETİLEN		KULLANILAN		TE SİSTE KULLANIM %
		KW	VERİM	KW	VERİM	
9.617 KW/SAAT	1.200.000					
Net Elektriksel Verim		3.285	38,1%	3.285	38,1%	100,0%
Cent/kW : 7,20				7,20		
Üretilen Elektrik Değeri (€/Yıl) :	1.892.933	147,1%		1.892.000	147,1%	100,0%
Mahsuplaşma [kW] :				0	0,0%	0,0%
Cent/kW :				0,00		
Mahsuplaşma (€/Yıl) :				0	0,0%	0,0%
Tedat'a satış [kW] :				0	0,0%	0,0%
Cent/kW :				4,06		
Tedat'a satış (€/Yıl) :				0	0,0%	0,0%
Net Isıl Verim :	4.307	50,0%		3.987	40,3%	92,0%
Cent/kW : 1,65				1,65		
Üretilen Isının Değeri (€) :	587.358	44,1%		525.000	40,8%	92,5%
TOPLAM MEKANİK-ISI VERİMİ :	7.593	88,1%		7.273	84,4%	95,8%
YILLIK TASARRUF(SI) VE MALİ VERİM(İ) :	2.459.689	191,3%		2.417.000	187,9%	98,3%

	ÜRETİLEN		KULLANILAN	
	€/Yıl	Cent/kW	€/Yıl	Cent/kW
TOPLAM TASARRUF :	2.459.689	4,0	2.417.000	4,2
TOPLAM ÜRETİM GİDERİ :	1.286.000	2,1	1.286.000	2,1
TOPLAM KAZANÇ :	1.173.689	1,9	1.131.000	2,0

5 YILLIK Çalışma Süresi ve Giderleri Üzerinden			
ÜRETİLEN		KULLANILAN	
TOPL. YATIRIM MALİYETİ (€)	GERİ ÖDEME SÜRESİ (YIL)	TOPL. YATIRIM MALİYETİ (€)	GERİ ÖDEME SÜRESİ (YIL)
1.620.000	1,4	1.620.000	1,4

Not: Finansman, Amortisman, İnşaat, Temel, Bina ve Araç Maliyetleri dikkate alınmamıştır. Yedek Parça ve Servis Değerleri Sadece Jeneratör içindir. Mevcut Elektrik Kesirlerinden Doğmakta Olan Üretim Kayıpları Hesaba Kabinmemiştir. Hesaplandırılarda Tasarruf/Kazanç olarak fizibiliteyi iyileştirecektir.

Page 3 Öğretmen Fizibilite Formu