

BİR SANAYİ TESİSİNDE KOJENERASYON ve ATIK ISI GERİ KAZANIMININ İNCELENMESİ

Abdurrahman ÇİÇEK, İsmail EKMEKÇİ, H. Rıza GÜVEN

Özet - Bu çalışmada, bir firma bünyesinde kurulması düşünülen birleşik ısı-güç çevrim santrali tesisi ele alınıp incelenerek termodinamik analizler yapılmıştır. Bu ısı-güç çevrim santralinde, 5 MW'lık kurulu güce sahip bir tesisin kurulması düşünülmüş, bunun için gerekli maliyet analizi yapılmıştır.

Firmanın mevcut yakıt, sıcak su ve elektrik enerjisi maliyetleri toplamı ile kojenerasyon kurulduktan sonraki yakıt artışı tesis maliyeti değerlendirilmiştir. Böylece ısı ve elektrik enerjisi ihtiyacı olan benzer tesisler için bu şekildeki birleşik ısı-güç santrallerinin ne kadar verimli olacağı gösterilmiş olacaktır.

Aahtar Kelimeler : Isı-Güç Tesisleri, Atık Isı Kullanımı, Enerji Yönetimi, Endüstriyel Tesisler

Abstract - In this study, thermodynamical and economical analysis have been made for a firm that have a Combined Heat and Power Plant (CHP) wanted to be established. In this CHP, 5 MW established power wanted to be built and required cost analysis have been made for this power range.

Thermal heat and electrical power production quantities have been optimized by dealing with thermoeconomical view. To succeed this goal, present total costs of fuel, hotwater and electrical power of the company comparision, it can be shown that establishing of CHP plant for that kind of companies is very effective and productive.

Key Words : Combined Heat and Power Plants (CHP Plant), Waste Heat Utilization, Energy Management, Industrial Facilities.

A.Çiçek; Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Esentepe Kampüsü, Sakarya.
İ.Ekmeççi,H.R.Güven; Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, Sakarya

1. GİRİŞ

Yakıt rezervlerinin azaldığı ve global rekabetin arttığı günümüzde enerji, endüstri tesislerinin başlıca problemidir. Amaç; elektrik enerji ihtiyacını karşılamak, ürün kalitesini artırmak, maliyet giderlerini azaltmaktır. Bu nedenle endüstri tesislerinde birleşik ısı güç santrallerinin kullanımı ağırlık kazanmıştır. Bunların başında kojenerasyon gelmektedir. Kısaca işletmeciler kojenerasyonu hem elektriği, hem ısıyı beraberce üretebilmek için kullanmaktadırlar.

Enerji gideri tasarrufu, nihai ürün maliyetinin azalması, rekabet gücü artışı, enerji temin güvencesi artışı gibi, tartışılması güç mikroekonomik yararları olan endüstriyel ısı güç santrallerinin ülke ekonomisi açısından yararlarını da göz ardı etmemek gerekir. Türkiye, genel olarak enerji üretim kapasitesinin enerji talebini karşılayamaması nedeniyle enerji ithal eden bir ülke konumundadır [18].

Sonuç olarak Türkiye bir enerji dar boğazına girmektedir. Dolayısıyla bu olaydan en ağır darbeyi yiyecek olanda endüstriyel sanayi olacak ve maddi olarak astronomik rakamlarda kayıplar söz konusu olmaktadır. Enerji kesintisinden dolayı üretimin durmaması için işletmeler artık kendi tedbirlerini almaya başlamıştır. Bu da kojenerasyon ile sağlanmaktadır. Böylece herhangi bir elektrik kesintisi söz konusu olduğunda işletme üretimine devam edebilmektedir. Ayrıca işletme için gerekli olabilecek termal enerji'de elde edilmektedir.

Çevreye atılacak olan ısının kojenerasyon sistemleri kullanılarak değerlendirilmesi neticesinde, sadece ısı veya sadece elektrik elde etmek amaçlı yakıt yakılması ihtiyacı ortadan kaldırılarak elektrik ve ısı üretim masraflarının azaltılması sağlanmaktadır. Kojenerasyon sistemlerinin bilinen aşağıda özetleyebileceğimiz bir çok faydaları mevcuttur.

II. BİRLEŞİK ISI-GÜÇ ÜRETİMİNİN YARARLARI

Makro düzeyde yararlar :

1. Yüksek birincil enerji kullanımını verimliliğinin sağladığı yerel veya ithal enerji kaynaklarının tasarrufu.
2. Enerji çevriminin tüketim yerinde gerçekleştirilmesi sonucunda elektrik enerjisi iletim ve dağıtım kayıplarının yok edilmesi.
3. Merkezi santrallere göre daha kısa inşaat ve devreye alma sürelerinin sağladığı hızlı elektrik enerjisi arz satışı .
4. Üretilen yararlı ısı güç birimi başına çevreye atılan katı, sıvı ve gaz madde miktarının, yalnız elektrik üreten merkezi enerji santrali veya yalnız buhar üreten bir endüstri kazanına göre daha az olması.
5. Sanayi tarafından tüketilen elektrik enerjisinin az sayıda merkezi santral yerine, dağılmış bir şekilde endüstriyel tüketim yerlerinde üretilmesinin ulusal güvenliğe sağlayacağı katkı

İşletme bazında yararlar ise şunlardır :

1. İşletmenin azalan toplam enerji giderleri, nihai ürün kalitesini düşürmeden maliyetini azaltacak, şirketin rekabet gücü artacaktır.
2. İşletmenin enerji temin güvencesi olacak, üretim kesintilerinin yol açtığı zararlar ortadan kalkacaktır.
3. Enerji daha ucuza mal edildiğinden endüstride, hatta konutlarda kullanım için daha ucuz elektrik ve ısı enerjisi imkanı sağlar.
4. Küçük güç ve boyutlarda inşa edilmesi nedeni ile daha küçük ve yerel şirketlerce de işletilebilir.
5. Yakıt türleri fazladır [17].

III. KOJENERASYONUN ÖNEMİ

2001 yılındaki 19 milyar kwh'lık Otoprodüktör üretiminin Türkiye'deki tüm santrallerinin toplam üretimi olan 122,6 milyar kwh'ın % 16'sını teşkil etmektedir. 2001 yılında ekonomik durgunluk nedeniyle elektrik tüketiminde, % 2,6 azalma olduğu halde, Otoprodüktör üretimi, 2000 yılında 17 milyar kwh'lık üretim seviyesinden 19 milyar kwh'a (%12 artış) yükselme başarısını göstermiştir. Yani Otoprodüktörlük sistemi, dayandığı yüksek randıman ve dolayısıyla düşük üretim maliyet avantajı sayesinde ekonomik krizde bile başarısını sürdürebilmektedir.

Kojenerasyon randımanını % 57 ile sınırlayan nedenlerin başında, buhar türbini egzoz ısısının atmosfere atılmasıdır. Bu büyük bir kayıptır ve mertebesi % 40'lara ulaşmaktadır. Bu nedenle kojenerasyon sistemlerinde atık gaz ısısından yararlanarak buhar üretme yoluna gidilmiştir. Sanayici elektriğini dışarıdan almaktan ve buhar ihtiyacını da ayrı bir kazandan üretme külfetinden ve masrafından kurtulmaktadır.

Fabrikanın elektrik ihtiyacı az, ısı ihtiyacı daha fazla ise, sadece gaz türbini ile elektrik ihtiyacı karşılanmakta, gaz türbininin egzoz ısısı ile atık ısı kazanında o sanayi kolunun ihtiyacı olan ısı üretilmektedir. Ele alınan tesiste, boya-apre işlenileri yapılmaktadır. Fabrikada boya-apre işlenileri yapmak için oldukça çok buhar üretilmekte ve buna bağlı olarak enerji harcanmaktadır.

Fabrikanın 2002 yılının ilk yedi aylık enerji tüketim maliyetleri göz önüne alındığında, enerji için ödenen miktar 754 681.18 dolardır. Kullanılan enerjinin %10'luk kısmı elektrik enerjisidir, kalan %90'luk kısmı ise ısı enerjisi üretimi için kullanılmıştır. Maliyet bazında bakıldığında bu oranlar %33 elektrik %67 yakıt maliyetleridir. Bu değerler özellikle fabrikada üretilmeyen elektrik enerjisinin maliyetinin ne kadar yüksek olduğunu göstermek açısından önemlidir.

IV. ELE ALINAN TEKSTİL FABRİKASININ KOJENERASYON FİZİBİLİTESİ

Ele alınan tesiste 2002 değerlerine göre ilk yedi aylık dönemde elektrik enerjisi ihtiyacı 3 450353 kWh olarak gerçekleşmiştir. İşletmenin günlük buhar ihtiyacı ise yaklaşık 10 ton /h dır. Bu her iki enerjide ayrı ayrı kaynaklardan karşılandığından fabrikanın maliyet giderlerini artırmaktadır.

Kurulacak kojenerasyon tesisinin firma açısından birçok faydası vardır. Bunlardan bir kaçını şöyle sıralayabiliriz;

- Daha ucuz elektrik kullanımı ve bu sayede şirketin rekabet gücü artmış olacaktır.
- Çok daha ucuz buhar kullanılacaktır.
- Holding şirketlerine TEDAŞ üzerinden uygun şartlarda elektrik enerjisi verilebilecektir.
- TEDAŞ'a elektrik satılabilecektir.
- İşletmenin enerji temin güvencesi olacak, üretim kesintilerinin yol açtığı zararlar ortadan kalkacaktır.
- Yakıt türleri fazladır.

V. YATIRIM PROJESİNİN HAZIRLANMASI

Olurluluk analizinin bu bölümünde yapılması planlanan yatırımın projesinin hazırlanması için yapılması gereken eylemler analiz edilmiş ve sonuçlar hem teknik açıdan hem de mali açıdan sunulmuştur. Teknik açıdan;

- Kapasite analizi,
- Makine ve işgücü analizi,
- Proses seçimi incelenmiştir.

Yatırımın mali olarak analizi de yapılmış ve gerekli görülen teknik alt yapıyı kurabilmek için gerekli

harcamalar tespit edilerek yatırımın maliyeti hesaplanmıştır. Bu maliyetlerin hesaplanmasında ise şu kalemlere yer verilmiştir.

- Mühendislik hizmetleri giderleri,
- Arsa maliyeti,
- Makine ve donanım giderleri,
- Beklenmeyen giderler ele alınmıştır.

İleriki bölümlerde yukarıda ki konularda yapılan analizlerin neticeleri verilmiştir. Analizler bilimsel metotlar kullanılarak gerçekleştirilmiş ve yapılan varsayımlar ile kullanılan rapor içerisinde verilmiştir.

V. 1. Talep Analizi

Buhar üretiminin % 90.9'ni ele alınan fabrikanın, diğer kısmını da komşu fabrikaların kullanacağı varsayılmıştır. Elde edilecek elektriğin % 20'sinin firmanın, geriye kalan % 80'lik kısmının ise TEDAŞ'a satılacağı düşünülmüştür.

V. 2. Kuruluş Yer Seçimi

Fabrikanın mevcut tesislerinin kullanılacağı düşünülmüştür.

V. 3. Projenin Teknik Analizi

V. 3.1. Kapasite Analizi

Kojenerasyon tesisinin görünür gücü 5 MW/saat'tir. Kojenerasyon tesisinin ürettiği enerji, ortam sıcaklığına göre değişmektedir, ortam sıcaklığı 15 °C kabul edilmiştir.

Kapasite analizi yapılırken aşağıdaki değerler kullanılmıştır.

Kurulu Güç= 5MW

Harcanacak Doğalgaz Miktarı =1574.25 m³/h

Harcanacak Doğalgaz Miktarı= 13774736 kcal/h

Harcanacak LPG miktarı= 1 253.8kg/h

Elde elektrik edilecek enerji=4 732kW

Kazanılacak atık ısı değeri= 6157 894.7 kcal/h

Doğalgaz alt ısı değeri =8750 kcal/m³

LPG alt ısı değeri= 10 900kcal/kg

Motorin alt ısı değeri = 9 600kcal/kg

Doğalgaz(2002Temmuz)= 263957 TL

Aylık elektrik üretimi =2952768 kw/ay

Aylık buhar üretimi= 4468052.16 kw/ay

Kurulacak tesisin LPG, motorin ve doğalgaz için ortam sıcaklığına göre kapasiteleri Tablo 9.1 deki gibidir.

Tablo 1. Kurulacak kojenerasyon sisteminin yakıt ve ortam sıcaklığına göre performans değerleri [16]

Gaz Türbinin Kurulu Nominal Performansı					
Yer Şartları					
Yükseklik		120 m			
Giriş Borusu Basınç Kaybı		75 mmH ₂ O			
Egzoz Borusu Basınç Kaybı		250 mmH ₂ O			
Bağıl Nem		% 60			
LPG'li Nominal Performanslar					
Çevre Sıcaklığı	°C	0	15	25	35
Jeneratör Çıkış Gücü	kW	5195	4668	4319	3994
Isı Oranı (Heat Rate)	Kj/kWh	11878	12237	12564	13026
Isı Girişi (Heat Input)	Kj/s	17141	15869	15072	14269
Egzoz Gazı Kütle Akışı	Kg/s	22.01	20.93	20.03	19.06
Egzoz Gazı Sıcaklığı	°C	482	486	493	501
Motorinli Nominal Performanslar					
Çevre Sıcaklığı	°C	0	15	25	35
Jeneratör Çıkış Gücü	kW	5153	4627	4281	3907
Isı Oranı (Heat Rate)	Kj/kWh	11926	12289	12621	13095
Isı Girişi (Heat Input)	Kj/s	17069	15794	15008	14211
Egzoz Gazı Kütle Akışı	Kg/s	22.03	20.96	20.05	19.08
Egzoz Gazı Sıcaklığı	°C	482	486	494	502
Doğalgazlı Nominal Performanslar					
Çevre Sıcaklığı	°C	0	15	25	35
Jeneratör Çıkış Gücü	kW	5259	4732	4382	4006
Isı Oranı (Heat Rate)	Kj/kWh	11795	12168	12460	12921
Isı Girişi (Heat Input)	Kj/s	17231	15994	15167	14378
Egzoz Gazı Kütle Akışı	Kg/s	21.97	20.88	20.01	19.05
Egzoz Gazı Sıcaklığı	°C	481	486	492	500

V. 3.2. Makine Analizi

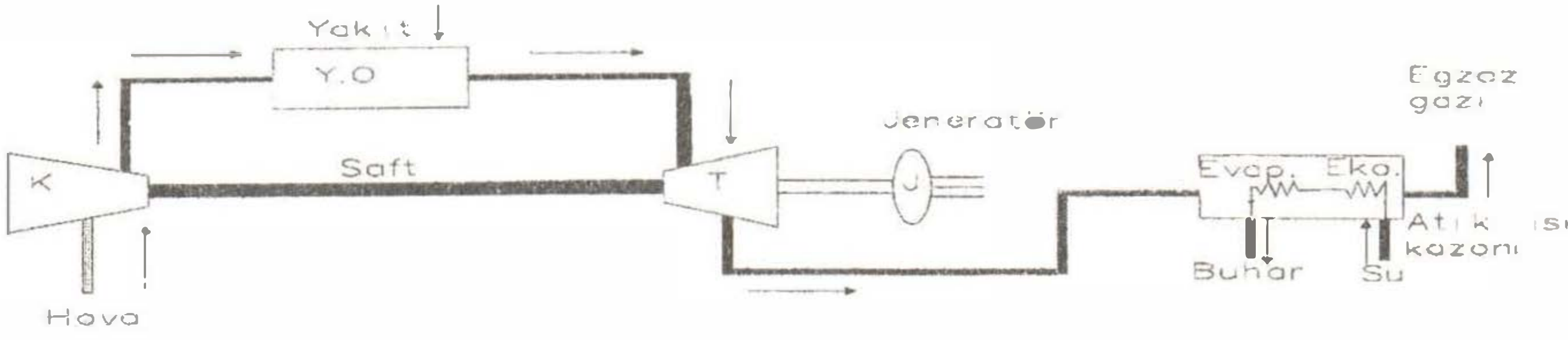
Kojenerasyon tesisine ait bilgiler Tablo 9.2 ve Tablo 9.3 de verilmiştir.

Tablo 2. Kojenerasyon tesisine ait teknik bilgiler (çevre sıcaklığı 15 °C) [16]

Gaz Türbin Yakıtları	Gaz Türbin Tipi			
		Doğalgaz	LPG	Motorin
Gaz Türbin Debisi	Kg/s	20.88	20.93	20.96
Egzoz Sıcaklığı	°C	486	486	486
Gaz Türbin Buhar Üretimi	Ton/h	11	11	11
Fabrika Buhar Üretimi	Ton/h	11	11	11
Fazla/Eksik Buhar Miktarı	Ton/h	-	-	-
İlave Brülör Yakıt Miktarı	kW	-	-	-
GTG Yakıt Tüketimi	kW	16 017	15 891	15 816
Toplam Yakıt Tüketimi	kW	16 017	15 891	15 816
GTG Elektrik Üretimi (Bürüt)	kW	4 732	4 668	4 627
İç Tüketim	kW	25	35	35
GTG Elektrik Üretimi (Net)	kW	4 707	4 633	4 592
Fabrika Tüketimi	kW	4 707	4 633	4 592
Diğer Fabrikalar	kW	-	-	-
Fazla/Az Elektrik	kW	-	-	-
Elektrik Verimliliği	%	29.5	29.3	29.2
Termik Verimlilik	%	44.7	45.0	45.2
Toplam Sistem Verimliliği	%	74.2	74.4	74.5

Tablo 3. Atık ısı kazanı performans tablosu [16]

Çevre Sıcaklığı	°C	-5	0	15	25	35	40
Egzoz Gaz Sıcaklığı	°C	479	481	486	492	500	504
Egzoz Gaz Debisi	Kg/s	22.29	21.97	20.88	20.01	19.05	18.54
Egzoz Gaz Bileşimi							
Ar	%wt	0	0	0	0	0	0
CO ₂	%wt	0.0279	0.0279	0.0279	0.0279	0.0279	0.0279
H ₂ O	%wt	0.0615	0.0615	0.0615	0.0615	0.0615	0.0615
O ₂	%wt	0.1488	0.1488	0.1488	0.1488	0.1488	0.1488
N ₂	%wt	0.7617	0.7617	0.7617	0.7617	0.7617	0.7617
Buhar Akışı	Kg/h	11400	11300	11000	10700	10500	10400
Buhar Basıncı	Bar	8	8	8	8	8	8
Buhar Sıcaklığı	°C	170	170	170	170	170	170
Tank Basıncı	Bar	8	8	8	8	8	8
Tank Sıcaklığı	°C	170	170	170	170	170	170
Tank Boşaltma	Kg/h	342	339	330	321	315	312
Besleme Suyu Debisi	Kg/h	11742	11639	11330	11021	10815	10712
Besleme Suyu Sıcaklığı (Degazör çıkışı)	°C	102	102	102	102	102	102
Besleme Suyu Basıncı (Ekonomizör girişi)	°C	9	9	9	9	9	9
Egzoz Gaz Sıcaklığı (Evaporator Girişi)	°C	479	481	486	492	500	504
Egzoz Gaz Sıcaklığı (Ekonomizör Girişi)	°C	198.5	198.5	198.46	198.24	198.11	197.98
Egzoz Gaz Sıcaklığı (Ekonomizör Çıkışı)	°C	162	162	161	159	159	158



Şekil 1. Kojenerasyon tesisinin şematik gösterimi

VI. KURULACAK KOJENERASYON TESİSİ VE GEREKLİ HESAPLAR

Elektrik Üretimi: Kojenerasyon sisteminde elektrik enerjisi üretimi için verimi %30 dolayındadır.

Isı Üretim: Türbini terk eden egzoz gazları 400-600 °C arasındadır. Egzoz gazlarının sahip olduğu bu ısı enerjisi, duman borulu bir atık ısı kazanında buhar enerjisine dönüşür. Buhar enerjisi üretimi için sistem verimi %45-%55 arasındadır. Üretilen buhar miktarı kullanılan yakıt ve basınca bağlı olarak değişir. Buhar basıncı düşüktüçe kullanılan buhar miktarı da artar. Atık su kazanından atılan baca gazlarının sıcaklığı 200° C civarındadır. Atmosfere atılan bu enerjiden de faydalanmak mümkündür.

Sistemde Doğalgaz Kullanılması Durumunda (15 °C çevre sıcaklığı için);

Sistemde kullanılacak yakıt miktar (m_y) = 1 574.25 m^3/h

Baca gazının kütleli debisi (m_g)= 20.88 kg/s

Baca gazı evaporatör giriş sıcaklığı (T_v) = 486 °C

Baca gazı ekonomizör çıkışı (T_k)=161 °C

Besleme suyu sıcaklığı (T_g)= 102 °C

Besleme suyunun entalpi (h_g)= 427.5 kJ/kg

Buhar çıkış sıcaklığı (T_c) = 170°C

Buharın entalpi değeri (h_c)= 2 767.5 kJ/kg

Buharın kütleli debisi (m_b)=11000 kg/h

Buhara aktarılan ısı miktarı (Q_b)=7160.34kW

Sisteme verilen enerji (Q_g) =16017 kW

Elde edilen elektrik enerjisi (Q_e)= 4 732 kW

Sistemin elektrik verimliliği (η_e)= % 0.295

Sistemin termik verimliliği (η_t)= % 0.447

Sistemin toplam verimliliği (η_T)= % 0.742

Buhara verilen enerji;

$$Q_b = m_b \cdot x (h_c - h_g) = 11000 \cdot x (2767.5 - 427.5) = 7160.34 \text{ kW}$$

Elde elektrik enerjisi; $Q_e = 4732 \text{ kW}$

Sisteme yakıt olarak verilen enerji;

$$Q_g = 16017 \text{ kW}$$

Sistemden sadece elektrik enerjisi elde edilseydi sistemin verimi,

$$\eta_e = \frac{4732}{16017} = 0.295$$

Sistemden sadece buhar elde edilseydi sistemin verimi;

$$\eta_t = \frac{7160.34}{16017} = 0.447$$

Sistemin toplam verimi;

$$\eta_T = \frac{4732 + 7160.34}{16017} = 0.742 \text{ olur.}$$

Sistemde LPG Kullanılması Durumunda (15 °C çevre sıcaklığı için);

Sistemde kullanılacak yakıt (m_y)=1253.8kg/h

Baca gazının kütleli debisi (m_g)= 20.93 kg/s

Baca gazı evaporatör giriş (T_v) = 486 °C

Baca gazı ekonomizör çıkışı (T_k)=161 °C

Besleme suyu sıcaklığı (T_g)= 102°C

Besleme suyunun entalpisi (h_g)=427.5 kJ/kg

Buhar çıkış sıcaklığı (T_c) = 170 °C

Buharın entalpi değeri(h_c) = 2 767.5 kJ/kg

Buharın kütleli debisi (m_b)= 11 000 kg/h

Buhara aktarılan ısı miktarı(Q_b)=7160.34kW

Sisteme verilen enerji	$(Q_g)=15891$ kW
Elde edilen elektrik enerjisi	$(Q_e)=4668$ kW
Sistemin elektrik verimliliği	$(\eta_e)=\%0.293$
Sistemin termik verimliliği	$(\eta_t)=\%0.450$
Sistemin toplam verimliliği	$(\eta_T)=\%0.744$

Buhara verilen enerji;

$$Q_b = m_b x (h_c - h_g) = 11000 x (2767.5 - 427.5) = 7160.5 \text{ kW}$$

$$\text{Elde elektrik enerjisi; } Q_e = 4668 \text{ kW}$$

Sisteme yakıt olarak verilen enerji;

$$Q_g = 15891 \text{ kW}$$

Sistemden sadece elektrik enerjisi elde edilseydi sistemin

$$\text{verimi, } \eta_e = \frac{4668}{15891} = 0.293$$

Sistemden sadece buhar elde edilseydi sistemin verimi;

$$\eta_t = \frac{7160.34}{15891} = 0.450$$

Sistemin toplam verimi;

$$\eta_T = \frac{4668 + 7160.34}{15891} = 0.744 \text{ olur.}$$

Sistemde Motorin Kullanılması Durumunda (15 °C çevre sıcaklığı için);

Sistemde kullanılacak yakıt miktar $(m_b)=1416.9$ kg/h

Baca gazının kütleli debisi $(m_g)=20.96$ kg/s

Baca gazı evaporatör girişi $(T_v)=486$ °C

Baca gazı ekonomizör çıkışı $(T_k)=161$ °C

Besleme suyu sıcaklığı $(T_p)=102$ °C

Besleme suyunun entalpisi $(h_g)=427.5$ kJ/kg

Buhar çıkış sıcaklığı $(T_c)=170$ °C

Buharın entalpi değeri $(h_c)=2767.5$ kJ/kg

Buharın kütlesi $(m_b)=11000$ kg/h

Buhara aktarılan ısı miktarı $(Q_b)=7160.34$ kW

Sisteme verilen enerji $(Q_g)=15816.8$ kW

Elde edilen elektrik enerjisi $(Q_e)=4627$ kW

Sistemin elektrik verimliliği $(\eta_e)=\%0.292$

Sistemin termik verimliliği $(\eta_t)=\%0.452$

Sistemin toplam verimliliği $(\eta_T)=\%0.745$

Buhara verilen enerji;

$$Q_b = m_b x (h_c - h_g) = 11000 x (2767.5 - 427.5) = 7160.5 \text{ kW}$$

Elde elektrik enerjisi; $Q_e = 4627$ kW

Sisteme yakıt olarak verilen enerji;

$$Q_g = 15816.8 \text{ kW}$$

Sistemden sadece elektrik enerjisi elde edilseydi sistemin verimi,

$$\eta_e = \frac{4627}{15816.8} = 0.292$$

Sistemden sadece buhar elde edilseydi sistemin

$$\text{verimi; } \eta_t = \frac{7160.34}{15816.8} = 0.452$$

Sistemin toplam verimi;

$$\eta_T = \frac{4627 + 7160.34}{15816.8} = 0.745 \text{ olur.}$$

VI. 1 Yatırım Giderleri

Projenin, aşağıda belirtilen yatırım giderleri olacaktır.

Santral Bedeli = 2 700 000 \$

İnşaat Bedeli = 150 000 \$

Buhar Hattı Bedeli = 100 000 \$

Genel Giderler = 100 000 \$

Doğalgaz Hattı Bağlantısı = 200 000 \$

Elektrik Hattı Bedeli = 50 000 \$

Enerji Bakanlığı ve TEDAŞ Müsaade Belgesi

= 25 000 \$

TOPLAM = 3 325 000 \$

Amortisman (5 yıl) = 665 000 \$/beşyıl

A- Arsa Maliyetleri

Mevcut fabrika arsası kullanılacaktır.

Altı ayda bir 60 000 \$ bakım masrafı yapılacaktır.

Dört yılda bir 670 000 \$'a türbin değişimi olacaktır.

Bu masraflar aylara eşit olarak dağıtılmıştır.

Tablo 4.İşletme dönem giderleri

GİDER	KULLANIM	ALIŞ FİYATI	AYLIK GİDER	YILLIK GİDER
Doğalgaz Gideri	982 332 m ³ /ay	0.129 \$/m ³	126 721.2 \$/ay	1 520 655.3 \$/yıl
Bakım Gideri			10 000 \$/ay	120 000 \$/yıl
Türbin Değişimi			13 958 \$/ay	167 500 \$/yıl
İşçilik Gideri			2 226 \$/ay	26 709 \$/yıl
Amortisman Gideri			55 417 \$/ay	665 000 \$/yıl
TOPLAM				2 499 864.3 \$/yıl

Tablo 5.İşletme dönem gelirleri

GELİR	ÜRETİM	KULLANIM	SATIŞ FİYATI	AYLIK GELİR	YILLIK GELİR
ELEKTRİK	2 952 768 kw/ay	2 952 768 kw/ay	0.073 \$/kw	215 552 \$/ay	2 586 624 \$/ay
BUHAR	6 864 Ton/ay	6 864 Ton/ay	12 \$/Ton	82 368 \$/ay	988 416 \$/ay
TOPLAM					3 575 040 \$/ay

D-Kar/Zarar

Yatırımın Karı = Yıllık Gelir- Yıllık Gider

Yatırımın Karı = 3575040 - 2499 864.3 = 1 075 175.7 \$/yıl

Vergi (firmanın teşvik belgesi olduğundan % 16.5 alımıştır.) = 177 403.9 \$/yıl

Net Kar= Yatırımın Karı - Vergi

Net Kar= 1 075 175.7 - 177 403.9

= 897 771.8 \$/yıl

E- Geri Ödeme Süresi

Geri Ödeme Süresi

= Yatırım Tutarı / (Net Kar + Amortisman)= 3 325 000 /

(897 771.8 + 665 000) = 2.12 yıl = 773.8 Gün.

F- Yatırım Karlılığı

Yatırım Karlılığı = Yıllık Net Kar / Yatırım Tutarı= 897

771.8 / 3 325 000 = 0.27

VII. ATIK SU ISISININ GERİ KAZANIMI

İşletmede 30 civarı yerli ve yabancı boya makinesi mevcuttur. Bu boya makineleri, boyama proseslerinin suyu ısıtarak, soğutarak, boya verilerek ve boşaltılarak gerçekleştirirler. Şu an işletmede günde 1500-2000 ton arası su tüketilmektedir. Bu suyun 1200 ton kadarını 60 °C'de

boşaltılan boyalı renklere sıcak su oluşturmaktadır. Bu su arıtmaya gitmekte ve büyük bir enerji kaybı söz konusudur.

Boya makinelerinde proses başlarken kullanılan suyun 60°C civarı olması gerekmektedir. Fakat depodan verilen suyun sıcaklığı 15°C civarıdır. Suyu 60°C sıcaklığına getirilmesi için su buharı vasıtasıyla ısıtılmakta ve bunun için doğalgaz kullanılmaktadır.

Proseslerde kullanılan suyun, kurulacak bir ısı değiştirici vasıtasıyla atık ısıdan faydalanılarak 50°C'ye kadar ısıtılması mümkündür.

Kurulacak ısı eşanjörü vasıtasıyla geri dönüşümü sağlanabilecek potansiyel enerji miktarı;

$$Q = (1200 / 24) * 1000 * (50 - 15) * 1 = 1750000 \text{ kcal} / h$$

kadar enerji tasarrufu potansiyeli söz konusudur.

Doğalgazın alt ısı değeri = 8750 kcal/m³ olarak alınırsa,

Bir saatte = 1 750 000 / 8750 = 200 m³ D.gaz

Bir günde = 200 * 24 = 4800 m³ D.gaz

Bir ayda = 4 800 * 26 = 124800 m³ D. gaz

Bir yılda = 124 800 * 12 = 1497 600 m³ D.gaz eder.

2002 Temmuz ayı doğalgaz fiyatları dikkate alınırsa; 1 m³ doğalgaz = 263 957 TL.

Bir yıllık potansiyel enerji tasarrufunun parasal değeri ise = (1 497 000 * 263 957) / 1 580 000 = 250 090.9 \$ eder.

Ayrıca makinelere suyun 50 °C'de verilmesi ile günde % 10'luk proses zamanının da kazanımı anlamına gelmektedir.

Kurulacak Atık Isı Geri Kazanım Sisteminin Maliyeti

1. Depo yapımı = 19 763 \$
 2. Alfaloval eşanjör = 25 297 \$
 3. Depo montajı = 39 800 \$
 4. Sıcak su hidroforu = 26 877 \$
 5. Basınç prosestat kontrollü = 19763 \$
 6. Vanalar = 5 831 \$
 7. Boya makineleri işçiliği ve malzemesi = 11 281 \$
 8. Ø 300'lük x 2 mm paslanmaz malzeme = 10 364 \$
 9. Ø 300'lük x 2 mm paslanmaz malzeme işçiliği = 10 364 \$
 - 10.Ø 125'lik galvaniz boru (150 m) = 2 057 \$
 - 11.Ø 125'lik galvaniz boru işçiliği =2 057 \$
 - 12.Plastik boru = 5 164 \$
 - 13.Kanal işçiliği = 11 858 \$
 - 14.Elektrik panoları = 1 976 \$
 - 15.Elekler = 1 976 \$
 - 16.Konsol işçilikleri = 1 186 \$
 - 17.Ø 150'lik galvaniz boru (soğuk su 72 m) = 1 972 \$
 - 18.Sıcak su galvaniz izolesi = 1 976 \$
- TOPLAM = 199 56 \$ eder.
- Amortisman (5 yıl) = 39 912.4 \$
- Yatırımın geri ödeme süresi = Yatırım tutarı/(kar + amortisman)
- =199 562 / (250 090.9+39 912.4)
- = 0.688 yıl = 251.1 gün.
- Yatırımın karlılığı=Yıllık kar / Yatırım tutarı= 250 090.9 / 199 562 = 1.253 dir.

VIII. SONUÇ

Kojenerasyon tesisinin kurulması ile elektrik enerjisinin kesintisiz ve ekonomik olması sağlanacaktır. Ayrıca tekstil fabrikasının ihtiyacı olan buhar enerjisi de kojenerasyon tarafından tedarik edilecektir. Yapılan hesaplamalarda da görüldüğü gibi yatırımın karlılık oranı %27 civarındadır. Gelir ve gider tablosundan da görüldüğü gibi, kojenerasyon tesisi kurulması durumunda firmanın yıllık enerji ihtiyacı için ödediği yaklaşık 1.5 milyon doları kasasında kalmasının

yanında TEDAŞ'a satılacak elektrik ve diğer firmalara satılacak buhar getirisiyle birlikte firmanın yılda yaklaşık 1 milyon dolar kar ettiği görülecektir.

Yapılan hesaplamalarda da görüldüğü gibi yatırımın karlılık oranı yüksektir. Bu yatırımın yapılması hem firma açısından uzun vadede maliyetlerin düşürülebilmesi ve rekabet gücünün artması hem de ülke ekonomisi açısından faydalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ÇENGEL, Y.A., ve BOLES, M.A., "Thermodynamics An Engineering Approach", Mc Graw-Hill. Inc.,1994
- [2] BEJAN, A., MORAN, M., TSATSARONIS, G., 'Termal Design and Optimization' John Wiley and Sons, Inc,1996
- [3] DİNÇER, İ., Al-Muslimi 'Thermodynamic analysis of reheat cycle steam power plants' International Journal Of Energy Research, Vol 25,727-739 2001