

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

129032

ÇÖPLÜK GAZI İLE KOJENERASYON UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Hacı BALA

129032

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜH.
Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ
Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmail ÇALLI

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON

Mayıs 2002

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇÖPLÜK GAZI İLE KOJENERASYON UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Hacı BALA

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜH.
Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez ... / ... / 20... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. İsmail ÇALLI

Jüri Başkanı



Yrd. Doç. Dr. Kemal ÇAKIR

Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAYRAK

Jüri Üyesi

ÖNSÖZ

Ortak bir çalışmanın eseri olan bu tezde, elektrik ve ısı enerjisini birlikte üretebilen kojenerasyon sistemleri incelenmiş, landfill gazın kojenerasyonda yakılarak enerji elde edilmesi ve Kemerburgaz Çöp Arıtma Tesisinde kullanılan atık ısının değerlendirilebilirliği incelenmiştir.

Tezin gerçekleşmesi aşamasındaki yardım ve yönlendirmeleri, her türlü sorun karşısında gösterdiği sabırlı ve anlayışlı tutumundan dolayı sayın hocalarım Prof. Dr. İsmail ÇALLI ve Yrd. Doç. Dr. Kemal ÇAKIR'a teşekkürü borç bilirim. Ayrıca yardımlarını bizden esirgemeyen Kemerburgaz Çöp Arıtma Tesisi çalışanlarından Fatih SALTABAŞ'a diğer mesai arkadaşlarına, Çukurova Holding çalışanlarından Alparslan TEKİN'e, Sinerji-A çalışanlarından Volkan VARAL'a, manevi desteklerini hep yanımda bulduğum ve benim bu günlere ulaşmamda en önemli etken olan sevgili aileme, bu tez çalışmasını beraber yürüttüğüm arkadaşlarım Abdurrahman KARAAHMETOĞLU, Fatih KILIÇ'a teşekkürü borç bilirim.

Hacı BALA

İÇİNDEKİLER

| | |
|-------------------------------|------|
| ÖNSÖZ | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| KISALTMALAR VE SEMBOLLER..... | v |
| ŞEKİLLER LİSTESİ..... | vi |
| TABLolar LİSTESİ..... | vii |
| ÖZET..... | viii |
| SUMMARY..... | ix |

BÖLÜM 1

| | |
|------------|---|
| Giriş..... | 1 |
|------------|---|

BÖLÜM 2

KOJENERASYON

| | |
|---|---|
| 2.1 Kojenerasyon Nedir? | 2 |
| 2.2 Kojenerasyonun Önemi..... | 5 |
| 2.3 Otoprodüktörlük ve Gelişimi..... | 6 |
| 2.3.1 Otoprodüktörlüğün geçmişi..... | 7 |
| 2.3.2 Otoprodüktörlüğün bugünkü durumu..... | 7 |

BÖLÜM 3

KOJENERASYON SİSTEMLERİ

| | |
|--|----|
| 3.1 Gaz Motorları..... | 9 |
| 3.2 Gaz Türbinleri..... | 13 |
| 3.3 Buhar Türbini Kullanımı..... | 15 |
| 3.4 Buhar Üretiminin Arttırılması..... | 16 |
| 3.5 Ekonomik İnceleme..... | 18 |
| 3.5.1 Geri ödeme süresi yöntemi..... | 18 |
| 3.5.2 Ortalama kararlılık oranı yöntemi..... | 18 |
| 3.5.3 Güncelleştirilmiş net değer yöntemi..... | 18 |
| 3.5.4 İç verim oranı..... | 19 |
| 3.6 Sistemin Seçimi..... | 19 |
| 3.6.1 Yakıt..... | 20 |
| 3.6.2 Elektrik ısı oranı..... | 20 |
| 3.6.3 Yük eğrisi..... | 21 |
| 3.6.4 Start sayısı..... | 21 |
| 3.6.5 Ortam sıcaklığı..... | 21 |
| 3.6.6 Toplam sistem kapasitesi..... | 22 |
| 3.6.7 Elektriğin kalitesi..... | 22 |
| 3.6.8 Ek yatırım tutarı..... | 22 |
| 3.6.9 Sistemin güvenilirliği ve sürekliliği..... | 23 |

| | |
|---|-----------|
| BÖLÜM 4 | |
| YAKITLAR ve LANDFILL GAZ | |
| 4.1 Yakıt Türleri..... | 24 |
| 4.2 Landfill Gaz (Çöp Gazı) ve Önemi..... | 27 |
| BÖLÜM 5 | |
| KEMERBURGAZ ÇÖP ARITMA TESİSİ ve ATIK ISININ DEĞERLENDİRİLMESİ | |
| 5.1 Kemerburgaz Çöp Arıtma Tesisi İncelemesi..... | 30 |
| 5.2 Atık Isının Değerlendirilmesi..... | 34 |
| 5.2.1 Atık ısının bölge ısıtmasında değerlendirilmesi..... | 39 |
| 5.2.2 Atık ısının seralarda uygulamalarıyla değerlendirilmesi..... | 47 |
| BÖLÜM 6 | |
| SONUÇLAR..... | 48 |
| BÖLÜM 7 | |
| TARTIŞMALAR VE ÖNERİLER..... | 50 |
| KAYNAKLAR..... | 51 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 52 |



KISALTMALAR VE SEMBOLLER

| | |
|-------------|--|
| C | Akışkanın Özısıısı J/Kgk |
| CHP | Bileşik Isı Güç |
| CO2 | Karbondioksit |
| DIANE | Dialog Network |
| EIO | Elektriğin Isıya Oranı |
| EPDK | Enerji Piyasası Denetleme Kurulu |
| EYO | Enerjiden Yararlanma Oranı |
| η | Verim |
| η_{el} | Elektrik Verimi |
| Hu | Kalorifik Değer |
| L | Boru Hattı Toplam Uzunluk m |
| Lp | Bir Modül Çalışır Durumda Gürültü Ses Seviyesi |
| LPG | Likit Petrol Gazı |
| M | Kütleli Debi Kg/S |
| Mmaf | Nemli Ekzost Gaz debisi |
| Mz | Metan Sayısı |
| NOx | Azotoksit |
| Ö | Metredeki Basınç Kaybı W/M |
| Pm | Mekanik Güç |
| Q | Makinanın Çevreye Attığı Isı Enerjisi |
| Qgk1 | Isı Eşanjörü Hava Yakıt Karışımı/Su (1.Kademe) |
| Qgk2 | Isı Eşanjörü Hava Yakıt Karışımı/Su (2.Kademe) |
| Qkw | Isı Eşanjörü Motor Soğutma Suyu/Su |
| Qoel | Isı Eşanjörü Yağlama Yağı/Su |
| Qst | Radyasyon Isısı |
| Qww | Toplam Kullanılabilir Isıl Güç |
| Qzu | Birincil Enerji |
| SO2 | Kükürtdioksit |
| Tr | Akışkanın Giriş Sıcaklığı |
| U | Isı İletim Katsayısı, W/mK |
| V1 | Emme Hava Debisi |
| Vgaz | Yakıt Gaz Debisi |
| Vgk2 | Yakıt Gaz-Hava Karışım Soğutma Suyu Devresi |
| Vww | Sıcak Su Debisi |
| W | Üretilen İş |
| Y | Yakıt Enerjisi |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 2.1 | Kojenerasyon ve Konvensiyonel Sistemleri Arasındaki Isıl Bilanço..... | 3 |
| Şekil 2.2 | Otoprodüktörlerin 2001 Yılındaki Sektörel Dağılımı..... | 8 |
| Şekil 3.1.1 | Gaz Motorlu Kojenerasyon Enerji Dağılımı..... | 10 |
| Şekil 3.2.1 | Gaz Türbinleri İle kojenerasyon..... | 13 |
| Şekil 3.2.2 | Gaz Türbinli Kojenerasyon Enerji Dağılımı..... | 14 |
| Şekil 3.2.3 | Kombine Santrallerde Enerji Dağılımı..... | 15 |
| Şekil 3.3.1 | Buhar Türbini Kullanımı..... | 16 |
| Şekil 3.4.1 | Sistemden Daha Fazla Buhar Enerjisi Alma..... | 17 |
| Şekil 4.1.1 | 2001 Yılında Kurulu Güce Göre Kullanılan Yakıt Dağılımı..... | 25 |
| Şekil 4.2.1 | Çöp Arıtma Tesisi Şeması..... | 28 |
| Şekil 5.1.1 | Kemberburgaz Çöp Arıtma Tesisi'nde Bulunan Gaz Motorunun Prensiş Şeması..... | 33 |
| Şekil 5.2.1 | Konvensiyonel Soğutma İle kojenerasyonla Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması..... | 37 |

TABLolar LİSTESİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Tablo 3.1.1 | Kurulum ve İşletim Sırasında Maliyet ve Tasarruf Karşılaştırmaları..... | 12 |
| Tablo 4.1 | Birtakım Yakıtlar ve Özellikleri..... | 25 |
| Tablo 4.2 | Sanayide Kullanım İçin Yakıt Fiyatlarının Karşılaştırma Tablosu..... | 26 |



ÖZET

Anahtar Kelimeler: Kojenerasyon, landfill gaz, Kemerburgaz Çöp Arıtma Tesisi, atık ısı
Bu çalışmamızda kojenerasyon (birleşik ısı- güç) sistemleri, kullanılan yakıt türleri ve bu yakıtlardan biri olan Landfill gazın kojenerasyonda yakılarak elektrik ve ısı elde edilmesi konuları ele alınmıştır. Bununla birlikte bu yöntemin uygulamalarından biri olan Kemerburgaz Çöp Arıtma Tesisi hakkında ve bu tesiste atık ısının kullanılabilirliği ile ilgili değerlendirmeler de yer almaktadır.



COGENERATION APPLICATION WITH LANDFILL GAS

SUMMARY

Keywords: Cogeneration, landfill gas, Kemerburgaz Landfill Plant, waste heat
In this work, it is included that, cogeneration systems, kinds of fuels and burning of landfill gas in cogeneration to generate heat and power. Besides, It is pointed out that the practice of this method in Kemerburgaz waste refining plant. In addition to this, It includes evaluation about the usage of waste heat.



BÖLÜM 1. GİRİŞ

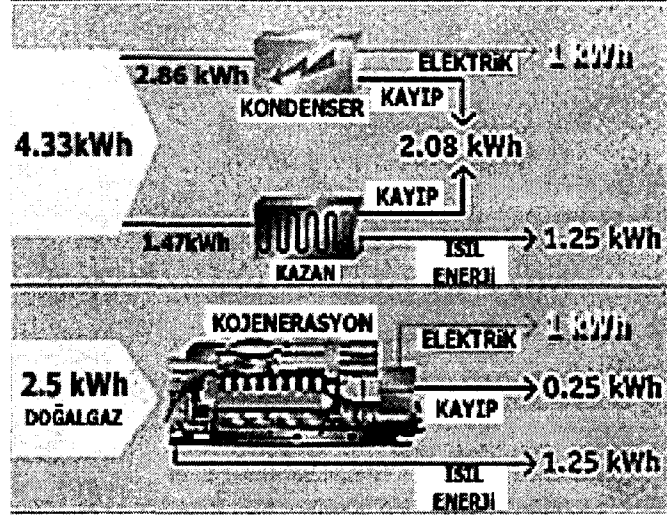
Dünyamızda yenilenemeyen enerji kaynaklarının sınırlı olması ve buna karşılık sanayi ve teknolojinin baş döndürücü bir hızla ilerlemesi, üretim teknolojilerini her geçen gün daha yüksek randımana ulaşma yönünde zorlamakta ve yeni enerji kaynakları arayışı içine sokmaktadır. Enerji tasarrufundaki bu şartlanma birincil enerjinin ekonomik kullanımına olan talebi arttırmaktadır. Son yıllarda enerjinin üretim ve kullanım aşamasında verimliliğin artırılması, kayıpların en az düzeyde tutulması daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Bu yüzden, hem elektrik hem de ısıya gereksinimi olan sektörler için birleşik ısı ve güç santralleri (kojenerasyon) birincil enerjinin kullanımını daha verimli bir sistem olarak ön plana çıkarmaktadır.

BÖLÜM 2. KOJENERASYON

2.1 Kojenerasyon Nedir?

Primer yakıt rezervlerinin azaldığı ve global rekabetin arttığı günümüz ortamında enerji girdilerinde süreklilik, kalite ve asgari maliyetleri sağlamak, kaçınılmaz olmuştur. Kojenerasyon, yada birleşik ısı güç üretimi (CHP sistemleri) birincil enerjinin aynı anda sırasıyla iki enerji formunda, ısı ve elektrik üretiminde kullanılmasıdır. Bu birliktelik, iki enerji formunun da tek tek kendi başlarına ayrı yerlerde üretilmesinden daha ekonomik neticeler oluşturmaktadır. Basit çevrimde çalışan, yani sadece elektrik üreten bir gaz türbini ya da motoru kullandığı enerjinin %30-40 kadarını elektriğe çevirebilir. Bu sistemin kojenerasyon şeklinde kullanılması halinde sistemden dışarıya atılacak olan ısı enerjisinin bir bölümü de kullanılabilir enerjiye dönüştürülebilmekte veya ısı enerjisi olarak kullanılması durumunda toplam enerji girişinin % 70-90 arasında değerlendirilmesi sağlanabilmektedir. Bu tekniğe "birleşik ısı-güç sistemleri" ya da kısaca "kojenerasyon" diyoruz.

Şekil 2.1'e göre kojenerasyon tekniği ile kullanılan birincil enerjiden tasarruf %42 seviyesinde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla kojenerasyon sisteminin çevreye en önemli katkılarından biri de burada ortaya çıkmakta, büyük enerji tasarrufu yanında atık emisyonları da aynı oranda azalmaktadır. Ülkemizde henüz üzerinde çok durulmayan bu husus, sistemin özellikle Avrupa ülkelerinde yaygın teşvik görmesinin ana sebeplerinden biridir.[12]



Şekil 2.1 Kojenerasyon ve Konvansiyonel Sistemler Arasındaki Isıl Bilanço

Kojenerasyon sistemlerinin en önemli özelliklerinden biri de güç çıkışının ısı çıkışına oranının isteğe bağlı olarak değiştirilebilir olmasıdır. Fizibilitenin yüksekliği doğal gaza bağlıdır. Ancak doğal gaz olmayan yörelerde sistemin kurulamaması söz konusu değildir ama sistem ekonomik olmaktan çıkabilir.

Bileşik ısı-güç üretimi veya kojenerasyon ısı ve elektriğin aynı sistemde bir arada üretilmesi anlamına gelir. Bu amaçla herhangi bir ısı makinası kullanılabilir. Termodinamiğin ikinci yasasına göre, bir ısı makinası veya güç santrali tükettiği yakıt enerjisinin ancak belirli bir bölümünü işe veya elektriğe dönüştürebilir. Geri kalan enerji çevreye ısı olarak verilir. Bileşik ısı üretiminde çevreye atılan bu enerjiden yararlanılır. Bileşik ısı-güç üretimi ile ilgili üç temel tanım, ısıl verim, enerjiden yararlanma oranı ve elektrik-ısı oranıdır. Bu tanımlar aşağıda açıklanmıştır.

Bir ısı makinasında üretilen işin (W), sağlanan yakıt enerjisine (Y) oranı, ısıl verim, η olarak tanımlanır;

$$\eta = \frac{W}{Y} \quad (2.1)$$

Isı makinasının çevreye attığı ısı enerjisi Q , kullanımı amaçlanan ısıdır. Enerjiden yararlanma oranı, EYO , yararlanan toplam enerjinin, sağlanan enerjiye oranıdır;

$$EYO = \frac{W + Q}{Y} \quad (2.2)$$

Termodinamiğin birinci yasasına göre enerjiden yararlanma oranı 1'dir. Fakat uygulamada atık ısının tümünden yararlanılmadığı için bu değer 0.7 ile 0.9 arasında olur.

Bir bileşik ısı-güç santralinde üretilen işin (elektriğin), kullanılan ısıya oranı, elektrik-ısı oranı, EIO diye tanımlanır. Bu değer, termodinamiğin 1. yasasını kullanarak, ısı verimle gösterilebilir; [3]

$$EIO = \frac{W}{Q} = \frac{\eta}{1 - \eta} \quad (2.3)$$

2.2 Kojenerasyonun Önemi

Kojenerasyonun en önemli faydası, fosil yakıtların elektrik üretimi amacıyla daha etkin bir şekilde kullanılmasıdır. Bu sayede, ortama atılacak olan ısının kojenerasyon sistemleri ile kullanılarak değerlendirilmesi neticesinde, sadece ısı veya sadece elektrik elde etmek amaçlı yakıt yakılması ihtiyacı ortadan kaldırılarak elektrik ve ısı üretim masraflarının azaltılması sağlanmaktadır. Bundan dolayı kojenerasyon, aynı miktardaki fosil yakıtların kullanılmasına rağmen geleneksel sistemlere nazaran daha fazla verimli olması itibari ile, global ısınmaya sebebiyet veren CO₂'in ve asit

yağmurunu oluşturan SO₂'nin azalmasına yardımcı olur. Kojenerasyon, Avrupa'da bazı otoritelerce bölgesel enerji üretimi uygulaması sağlayarak, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi destekleyici en verimli ve çevre dostu bir seçenek olarak görülmektedir. Ayrıca sanayi uzmanları, kojenerasyonun gelecekte Avrupa ülkelerinin çoğunda önemli bir ısı ve elektrik kaynağı olacağını belirtmektedirler.

Kojenerasyon sistemlerinin bu en belirgin faydalarının yanı sıra bilinen özellikleri aşağıdadır;

- Enerji daha ucuza mal edildiğinden endüstriyel ve hatta konutsal kullanım için daha ucuz elektrik ve ısı enerjisi imkanı sağlar.
- Geleneksel elektrik üretim tesisleri merkezi bir yapı arz ettiklerinden, elektrik enerjisinin uzak mesafelere naklinden önemli miktarlarda kayıplar oluşmasına karşın, yerel elektrik üretimi imkanı sağlayan bu sistemlerde üretilen elektrik, aynı yerde tüketileceğinden kojenerasyon, bu nakil kayıplarının ortadan kalkmasını sağlar.
- Kojenerasyon sistemlerinin, yerel elektrik üretimine geçiş imkanı vermesi, yerel tüketicilerin merkezi üretim tesislerine olan bağımlılığını ortadan kaldırır ve merkezdeki problemlerden dolayı bu tüketicilerin elektriksiz kalma riski ortadan kalkar.
- Küçük güç ve boyutlarda inşa edilmesi nedeniyle, daha küçük ve yerel şirketlerce de tesis edilip işletilebilir.
- Avrupa'da ve dünyanın bazı yörelerinde bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin temelini oluşturur.
- Enerjinin dönüşümü ve kullanımında verimliliği artırır.
- Üretim tesislerinin çeşitliliğini artırır, endüstriyel ve ticari kuruluşlara, üretimde ilave rekabet fırsatı sağlar.
- Ulusal enerji kullanımındaki yüksek verimlilikten dolayı, yerel ve ithal enerji kaynaklarından tasarruf imkanı sağlar.
- Küresel ısınma açısından, ulusal ve bölgesel CO₂ emisyonu ile asit yağmurlarında büyük miktarlarda azalma sağlar.[4]

2.3 Otoprodüktörlük ve Gelişimi:

Kojenerasyon daha önceden de belirttiğimiz gibi elektrik ve ısıyı eş zamanlı olarak birlikte üreten teknolojinin adıdır. Otoprodüktörlük ise bu teknolojiyi kullanarak elektrik ve ısı üretmek maksadı ile kurulmuş olan şirketin 85/9799 sayılı kararname ile kabul edilen yasal adıdır.

1980'li yıllarda Batı Avrupa ülkelerinde başlayan elektrik sektörünün liberalleşmesi ile ilgili çalışmalar, yaklaşık yirmi yıllık bir gecikme ile ülkemizde de uygulamaya geçilmeye başlanmıştır. Esas olarak kurulmak istenen yeni piyasa düzeni her ülkede farklı motivler içerse de temelde rekabetçi bir yapı içerisinde aşağıdaki değerlerin elde edilmesi hedeflenmektedir;

- Tüketicinin elektrik maliyetini düşürmek,
- Hizmetlerde artacak kalite ile müşteri memnuniyetini artırmak,
- Çevrenin korunmasına katkıda bulunmak.

Ülkemizde bunlara ek olarak sağlanacak üç önemli yarar ise,

- Kamu üzerindeki mali yükümlülüğün gerek işletsel gerekse de yatırımsal alanlarda kalkması
- Yüksek yatırım ihtiyacının karşılanması için özel teşebbüs kaynaklarından azami derecede yararlanılması
- Şeffaf ve rasyonel bir piyasa düzeninin kurulması ile sağlanacak verimlilik artışıdır. [13]

2.3.1 Otoprodüktörlüğün geçmişi

85/9799 sayılı kararname ile hayata geçmiş ve gelişmiştir. İlk tesis 1992'de kurulmuştur (Yalova Elyaf). 10 yılda 100 otoprodüktör kurulmuş, toplam kapasite 3200 MW'a ulaşmıştır. 10 yılda otoprodüktör elektrik üretimi 19,2 milyar KWh olmuştur. 1997'ye kadar otoprodüktör tesislerinin, 1997'den sonra ise otoprodüktör gruplarının ağırlık kazandığı görülür. Bu dönem içinde en büyük sorun doğalgazın sadece Trakya ve Kuzeybatı Bölgesi'nde 5 şehrimize ulaşabilmiş olması ve ulaştığı yerlerde de talep edilen kadar gazın arz edilmemesi. Bu süre içinde doğal gazın ulaşamadığı bölgelerde (ülkemizin %80'i) LPG, nafta, fuel oil no 6 yakan kojenerasyon tesisleri gelişmeye başlamış ve bunların kapasitesi 2001 yılı sonunda 1400 MW'a ulaşmıştır. [1]

2.3.2 Otoprodüktörlüğün bugünkü durumu

03 Mart 2001 tarihinde 4628 sayılı Elektrik Piyasa Yasası çıkarılmış ve 03 Eylül 2002 yılından itibaren otoprodüktör lisansları Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) yetkisine verilmiş, halen geçiş süresi yaşanmaktadır. 2001 yılı sonundaki 3200 MW'lık otoprodüktör kapasitesine eklenecek toplam 420 MW'lık kojenerasyon tesisi şu anda yapılmaktadır. ETKB, son bir yıl içinde 26 küçük ölçekli otoprodüktöre onay vermiş, 19 otoprodüktör için elektrik işletici kuruluşlardan görüş beklenmektedir. 4628 sayılı Elektrik Piyasası Yasasında tarifi yapılan üretim şirketleri ile ilgili ikincil yasal düzenlemeler henüz çıkarılmadığı için, son bir buçuk yıldan beri ETKB'na yapılan yeni otoprodüktör başvuruları sayısı 300'ü ve kapasiteside 10,000 MW'ı geçmiştir. Başvurulardan otoprodüktör tarifinin özellikle yüksek kapasitelere doğru zorlanmakta olduğu dikkat çekmektedir. 4628 sayılı Elektrik Piyasası Yasasının yürürlüğe girdiği 03/03/2001 tarihine kadar her yıl ortalama %20 oranında büyüyen otoprodüktör elektrik üretimi geçen yıl %13'e gerilemiştir. Bu yılda gerileme devam etmektedir.

Bu olumsuzluklara rağmen otoprodüktörlüğün gelişmesi durmamıştır. Ekonomimizin %10 küçüldüğü, elektrik tüketiminin, cumhuriyetten beri ilk defa %2,8 gerilediği 2001 yılında, otoprodüktör üretimi %13 artış göstermiştir. Otoprodüktör üretiminin giderek büyüyen gelişmesinin nedenleri şöyle özetlenebilir.

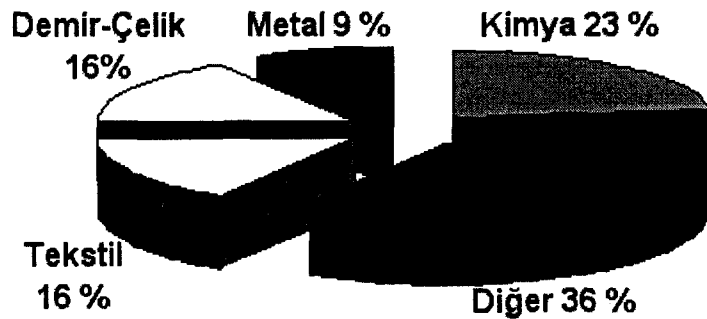
Doğalgaz arzının artması, doğal gaz nakil şebekesinin yeni bölgelere uzanması ve doğal gaz fiyat artışının durması.

Otoprodüktörün ana ürününün (kağıt, seramik, boya, tekstil vs.) gerektirdiği yüksek kalite elektriğe her geçen gün daha çok ihtiyaç duyulması.

Kojenerasyon dizayn ve teknolojilerinin getirdiği global avantajlar (randıman, yüksek emre amadelik ve temiz enerji üretimi). Bu avantajları iyi değerlendiren yatırımcılar otoprodüktörlük pastasında sektörel payları 2001 yılında şöyle olmuştur.

[1]

2001 Yılında Otoprodüktörlerin Sektörel Dağılımı



Şekil 2.2 Otoprodüktörlerin 2001 Yılındaki Sektörel Dağılımı

BÖLÜM 3. KOJENERASYON SİSTEMLERİ

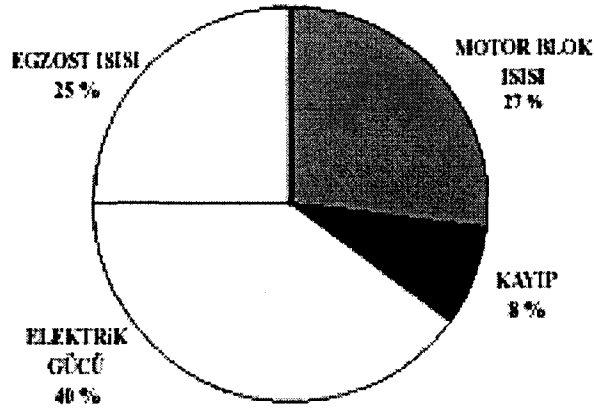
Kojenerasyon iki çeşit ana tahrik ünitesi vasıtasıyla uygulanmaktadır,

- Gaz türbini
- Gaz motoru ya da dizel motor

Motorlu sistemlerde genellikle gaz motoru kullanılmaktadır. Yani doğal gaz ve dökme propan yakan motorlar veya dizel motorlar söz konusudur. Gaz türbinleri ise doğal gaz, LPG ve motorin kullanabilmektedirler. Kombine çevrimde gaz motoru veya gaz türbininden çıkan sıcak yanma gazları ile buhar üretilmekte ve bir buhar türbininden geçirilerek ikinci bir defa enerji dönüşümü sağlanabilmektedir.

3.1 Gaz Motorları

Daha düşük sıcaklıkta atık ısı sağladıklarından ve çok çeşitli güçlerde üretilebildiklerinden dolayı, özellikle elektrik ihtiyacı ısı ihtiyacından daha fazla olan endüstriyel uygulamalarda, toplu konut, tatil köyleri, büyük oteller gibi sıcak su ve soğutma gereksinimi olan uygulamalarda optimum çözümler olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 3.1.1 Gaz Motorlu Kojenerasyon Enerji Dağılımı

Şekil 3.1.1’de görüldüğü gibi, gaz motorunda yanan yakıt enerjisinin dönüştüğü enerji türleri şöyle sıralanabilir;

- %35-40’lik kısmı mekanik güce
- %30-35’lik kısmı motor gömlek ısısına
- %25-30’luk egzost ısısına
- %7-10’luk kısmı radyasyon enerjisi şekline kayıp enerjiye dönüşmektedir.[5]

Diesel motorları, temelde bir kimyasal enerji dönüştürücüsüdür. Yakıt kullanılarak mekanik güç elde etmenin bilinen pratik tek yolu bunların yakılmasından geçmektedir. Bu yolla, yanan yakıtın %100 verimle mekanik enerjiye dönüştürülmesi mümkün değildir.

Birleşik ısı-güç sistemlerinde diesel motorları, 30 kW’ dan 7 MW elektrik gücüne kadar modüler olarak kullanılmakta, ancak bugüne kadar yapılmış tesislerin %70’ inde güç 300 kW ile 2 MW arasında gerçekleşmiştir. Özellikle otel, hastane, iş merkezi gibi fabrikalara göre daha düşük güçlü tesislerdeki birleşik ısı-güç sistemleri uygulamalarında, diesel motorları büyük kullanım olanağı bulmuştur.

Buradan sonuç olarak ortaya çıkan atık ısılardan gaz motorunun, kojenerasyon (CHP) amaçlı kullanımında sisteme verilen ısı enerjisi üç unsurdan ele edilir. Gaz motorunun yağlama devresi, egzost gazları ve şarj havası, silindir bloğu soğutma devresidir.

Bir yakıtın, gaz motorunda kullanılabilmesi için şu özelliklere sahip olması gerekir;

- Vuruntuyu engelleyecek oktan değerlere sahip olması
- Hidrojen sülfat gibi istenmeyen bileşenlerin tanımlanmış limitlerin altında olması.

Gaz motoru uygulamalarının en önemli avantajları şunlardır:

- 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 ve elektrik ihtiyacının 1 MW' dan daha düşük 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.
- %85 ile %91 arasında değişen toplam çevrim verimi 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.[5].
- Fakir karışım veya katalizörlü yakma sistemlerinin çevre dostu temiz doğalgazla kombinasyonu sayesinde, çok düşük zararlı emisyon seviyesi. Modern fakir karışım yanma sistemlerine haiz motorlar NO_x emisyonlarını azaltmak için katalizöre ihtiyaç göstermeksizin, binlerce saat izin verilen emisyon değerlerinin altında çalışabilmektedir.

- Kısmi yük verimlilikleri ve çok modüllü konfigürasyon, gaz motorlu kojenerasyon sistemlerini 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 kompanse etmesine izin verir. Bu da gün bazında enerji maliyetinin minimize edilmesine yardımcı olur.
- Gaz motorunun kısa zamanda devreye alınıp, yine kısa zamanda devre dışı bırakabilmesi ve doğalgazdan başka sewage, landfill, kok, biogaz gibi gazları da direkt olarak kullanılabilir.

Bir kojenerasyon tesisinin kurulması ve işletilmesi esnasındaki maliyetler ve konvansiyonel sistemlere nazaran sağlanan tasarruflar Tablo 3.1.1’de gösterilmiştir. [4]

Tablo 3.1.1 Kurulum ve İşletim Esnasında Maliyet ve Tasarruf Karşılaştırmaları

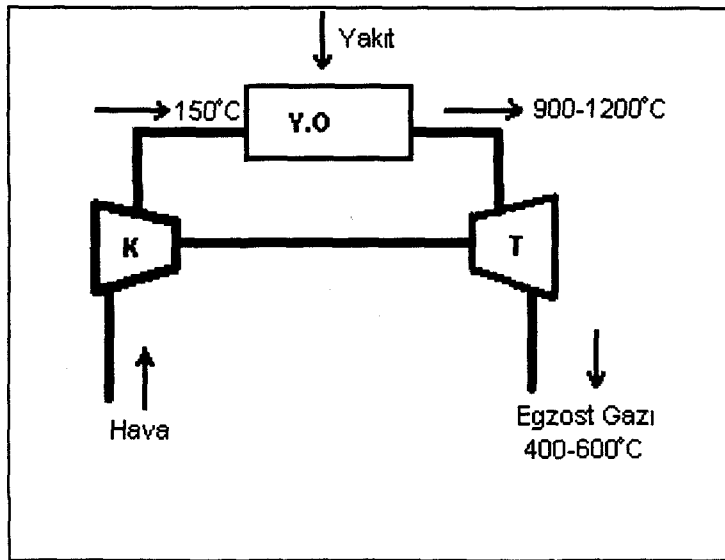
| Kojenerasyon Tesisi Yatırımı | Tesisin İşletilmesi |
|--|--|
| <p>Tesisin kurulması esnasındaki tasarruflar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Şehir elektrik ve/veya ısı şebekesine yapılacak bağlantı maliyetleri | <p>İşletme tasarrufları ve geri dönüşleri:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrik ücreti ve bağlantı fiyatları • Uzun mesafeli bir ortak sistemden ısı satın almak veya boylarla kendi imal etmesinden doğacak ısı ücreti • Acil işletmeyle önlenen güç kayıpları maliyeti |
| <p>Yatırım Maliyetleri:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kojenerasyon modülleri • Elektrik ekipmanları • Isıtma sisteminin adaptasyonu • Soğutma sisteminin adaptasyonu • Havalandırma sisteminin adaptasyonu • Yağlama yağı • Sistem kontrolü • Bina ve tesis inşaatı • Yakıt • Otoriteler tarafından son kabul • Başlangıç çalıştırması | <p>İşletme maliyetleri :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Yakıt • Yağlama yağı • Servis ve bakım • Sigorta • Motor muayene |

3.2 Gaz Türbinleri

Gaz türbinleri üç ana elemandan oluşur. Bunlar ;

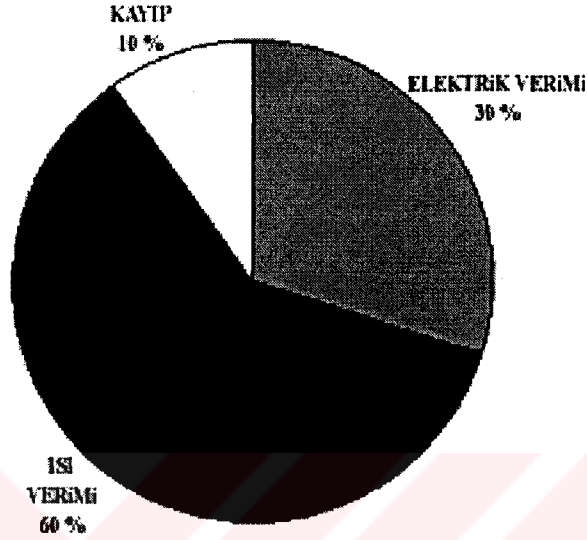
- Kompresör, K
- Yanma Odası, Y.O
- Türbin, T

Kompresör tarafından emilen hava sıkıştırılır. Basıncı yaklaşık 12 kat artan havanın sıcaklığı da yükselir. 150°C civarındaki hava yanma odasına gelir. Diğer yandan yanma odasına yüksek basınçlı yakıt püskürtülür. Havanın yakıtı oranı yaklaşık 60' da biridir. Yani 60 birim hava ile 1 birim yakıt yanma odasında yüksek basınç altında yanar. Yanma sonucunda yüksek basınçlı ve 900°C ile 1200°C sıcaklığında egzost gazı açığa çıkar. Bu gaz, türbinden geçerek sistemi terk eder. Türbinin kanatçıkları çarpmanın etkisi ile dönmeye başlar. Böylece türbin ile kompresör arasında bulunan şaft da dönmeye başlar. Oluşan bu mekanik enerjiye karşılık egzost gazının sıcaklığı 400°C - 600°C ' ye düşer. Sıcaklığı ve basıncı azalmış olan ve yaklaşık %15 O_2 içeren egzost gazı türbini terk ettikten sonra atık ısı kazanına gelir. Gaz türbinleri ile kojenerasyonun basit bir şeması Şekil 3.2.1'de gösterilmiştir.



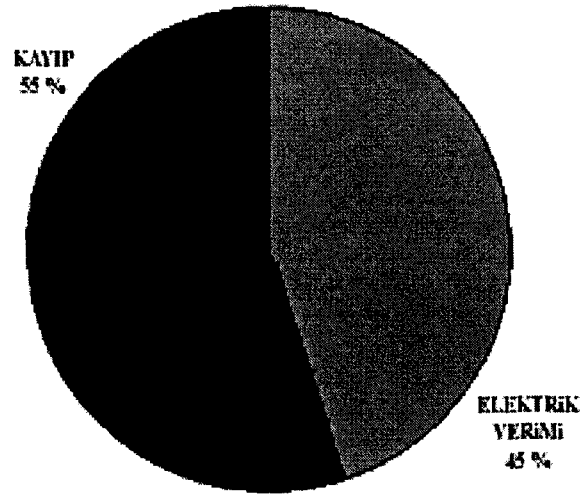
Şekil 3.2.1 Gaz Türbinleri ile Kojenerasyon

Gaz türbinli basit çevrimli kojenerasyon sistemine enerji dağılımı Şekil 3.2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2.2 Gaz Türbinli Kojenerasyon Enerji Dağılımı

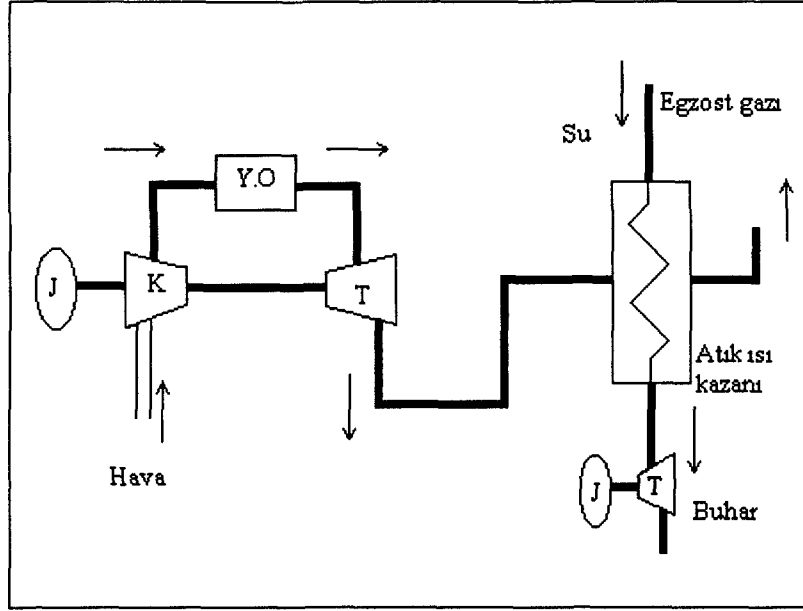
Gaz türbinli kojenerasyon sistemlerinin oranca yüksek olan ısı çıkışından elde edilen buharın doğrudan proseste kullanılmasına ihtiyaç duyulmadığında gaz türbini atık ısı sistemine bağlanan buhar türbini ile kojenerasyon sisteminden daha fazla elektrik üretilebilir. Bu prensipte çalışan sistemlere “Kombine Çevrim Santrali” denir. Gaz türbinli kombine çevrimli kojenerasyon sisteminde enerji dağılımı Şekil 3.2.3’te gösterilmiştir.



Şekil 3.2.3 Kombine Santrallerde Enerji Dağılımı

3.3 Buhar Türbini Kullanımı

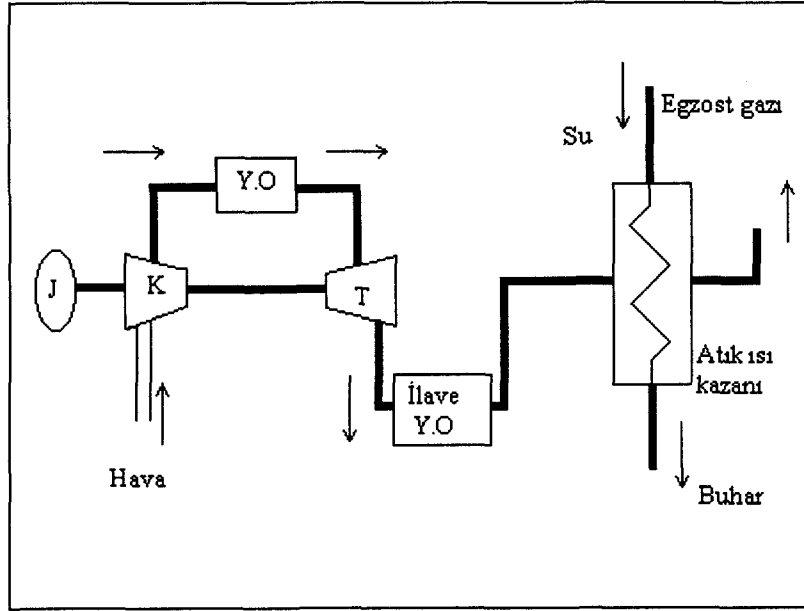
Sistemde gaz türbininin yanı sıra atık ısı kazanında üretilen buharı kullanan bir buhar türbini mevcuttur (Şekil 3.3.1). Böylece atık ısı kazanında elde edilen buhar, bir buhar türbinine girerek elektrik enerjisine dönüşür. Bu şekilde buhar üretimi azalacak ancak elektrik üretimi artacaktır. Buhar türbininden çıkan buhar basıncı ve sıcaklığı düşmüş olacaktır.



Şekil 3.3.1 Buhar Türbini Kullanımı

3.4 Buhar Üretiminin Arttırılması :

İşletmenin buhar ihtiyacı üretilen buhardan fazla ise buhar üretimini artırmak için ilave bir yanma odası kullanılır (Şekil 3.4.1). Gaz türbininin egzost gazları %15 O₂ içeriyordu. Bu egzost gazları atık ısı kazanına girmeden ilave bir yanma odasında yakıtla yakılarak gazın sıcaklığı ve basıncı arttırılabilir. Bu da daha fazla buhar üretimi demektir.



Şekil 3.4.1 Sistemden Daha Fazla Buhar Enerjisi Alma

Gaz türbinlerinden maksimum verim elde edebilmek için sistem sürekli çalışmalıdır.

Sistemin avantajlarından bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Sistem az yer kaplar. Paket halinde bulunur. Dolayısı ile inşa giderleri çok azdır.
- Enerji üretimi ile ısı üretim oranları isteğe bağlı değiştirilebilir. Ek sistemlerle gerekirse elektrik üretimi artırılıp, buhar üretimi azaltılabilir. Veya terside mümkündür.
- Devreye alınması diğer santrallere göre daha kolay ve çabuktur.
- Soğutma suyu gerekmediğinden aşırı suya ihtiyaç yoktur. Bu sebeple su kaynakları yakınlarında bulunmaları gerekmez.

3.5 Ekonomik İnceleme

3.5.1 Geri ödeme süresi yöntemi :

Yapılan yatırımın, kaç sene içinde geri alınabileceğini gösteren rakama geri ödeme süresi denilmekte, bu sürenin kısa olması yapılan yatırımın iyiliğini göstermektedir. Bu yöntemin, geri ödeme süresinin bitiminden sonra projenin sağlayacağı kazançları hesaba katmaması ve geri ödeme süresi içinde, hangi yıl ne kadar kazanç olduğunu göz önünde bulundurmaması gibi iki sakıncası vardır. Oysa paranın zamana göre değeri değişmektedir. [4]

3.5.2 Ortalama karlılık oranı yöntemi :

Ortalama kar, projenin ömrü boyunca elde edilen toplam karın, geçen toplam yıl sayısına bölümü olarak tanımlanıp, bu değer ne kadar yüksek olursa, yapılan yatırım da o kadar iyi olacaktır. Fakat bu yöntemin sakıncası da hangi yıl ne kadar kar edildiğini, başka bir deyişle paranın güncel değerini göz önünde bulundurmamasıdır. [4]

3.5.3 Güncelleştirilmiş net değer yöntemi :

Bu yöntemde, belirli bir faiz oranına göre her yıl elde edilen kazançlar, bugünkü değere çevrilip toplanmakta ve yatırım maliyetinin bugünkü değerinden çıkarılmaktadır. Ortaya çıkan farkın sıfırdan büyük olması, yatırımın kabul edilebilirliğini gösterir. Alternatif yatırımla arasında en büyük pozitif farka sahip olan en iyisidir. [4]

3.5.4 İç verim oranı yöntemi :

Bu yöntemde her yıl için kazanç hesaplanmakta ve bu kazanç bir faiz oranı kullanılarak, yatırımın yapıldığı yıla indirgenmektedir. Bu işlem, birkaç indirgeme oranı kullanılarak tekrarlanmaktadır. Yıllık kazançların güncel değerlerinin toplamının başlangıç yatırımına eşit olduğu indirgeme oranı, iç verim oranı olarak tanımlanır. [4]

İç verim oranının banka faizinden yüksek olması halinde yatırım kabul edilebilir. Banka faizine eşit iç verim oranı' da yatırımcı bir proje gerçekleştirerek elde edilebileceği kazancı bankaya yatırarak da elde edilebileceği için proje yatırımını yapmakta kararsız kalacaktır. İç verim oranı banka faizinden ne kadar büyükse yapılacak yatırımda da o kadar karlı bir yatırım olacaktır. [4]

Yukarıda anlatılan ilk iki yöntem sakıncalarına rağmen, pratik oldukları için çok kullanılmakta fakat uzmanca ve doğru bir ekonomik değerlendirme için güncelleştirmenin uygulandığı güncelleştirilmiş net değer ve iç verim oranı yöntemlerinin kullanılması tercih edilmelidir. [4]

3.6 Sistemin Seçimi:

Kojenerasyon sistemleri yatırımı büyük bir yatırım olduğu için sistemin fizibilitesinin çok ayrıntılı olarak yapılması zorunluluğu vardır. Bu fizibilite sonuçları ucuzluk ve kaliteden bile daha önemli olabilmektedir, hatta bu sistemlerin kurulması kararı verilmeden önce mutlaka danışman veya müşavir kişi yada kuruluşlarla çalışılması yatırımcıların yararına olacaktır. Aksi halde kojenerasyon firmaları yatırımcıları kendi ellerinde mevcut bulunan sistem ve kapasiteler doğrultusunda yönlendirirler. Kojenerasyon sistemleri, sistemin ekonomikliği, teknik açıdan toplam sistem verimliliği ve kullanıcının gereksinimleri dikkate alınarak uygun bir şekilde seçilmelidir. [5]

3.6.1 Yakıt

Çeşitli sebeplerden dolayı, kojenerasyon sisteminde kullanılması düşünülen yakıt türü veya türlerine göre sistem seçilir. Bazı uygulamalarda birden fazla, örneğin iki yakıtlı veya üç yakıtlı sistemler kullanılmaktadır. Bazı tesislerde ise kojenerasyon sistemi doğrudan yakıttan yola çıkılarak seçilir. [5]

Kullanılmak istenen yakıt türü sayısı artıka seçilen sistem gaz türbinine doğru yönelmektedir. Gaz türbinlerinde ise, ağır sanayi tipleri, jet tipi türbinlere oranla daha fazla tür yakıt yakabilme özelliğine sahiptir. [5]

3.6.2 Elektrik ısı oranı

Kojenerasyon uygulanacak sistemin termik ve mekanik güç ihtiyaçları seçim parametrelerinin önemlilerindedir. Özellikle yeni kurulacak tesislerde bu ihtiyaç ve birbirleriyle oranları sistem seçimi için zorunlu ve faktördür. [5]

Gaz türbini ile yapılan kojenerasyon sistemlerinde, elektrik ısı oranları, 0.40 - 0.50 civarlarındadır. Yani toplam enerji çıkışı 1/3' ü elektrik enerjisi, 2/3' ü ısıl enerjisidir. Gaz motorları ile yapılan uygulamalarda ise elektrik ısı oranları, 0,75 – 0,80 civarındadır. Yani toplam enerji çıkışının yaklaşık % 40 elektrik gücü olarak elde edilirken yaklaşık % 50 si de termik güç olarak geri kazanılabilir. Kojenerasyon sistemlerinin bu temel ayrımından dolayı, tüketim bölgesinin özelliğine göre seçimi yapılır. [5]

3.6.3 Yük eğrisi

Tüketim bölgesinin ısl ve elektrik yük eğrilerine göre seçim yapılır. Eğer yük eğrisi; günün, haftanın, yılın çeşitli zamanlarında çok dengesiz oluyorsa, bu yük eğrisini, birden fazla aralığa bölerek, tüketimi birden fazla modül ile karşılız. [5]

rnek olarak gün içinde 500 kW, gece ise 250 kW elektrik enerđisi ihtiyaı olan bir hastanenin elektrik tüketimini karşılamak üzere, 250 kW lık iki gaz motoru kullanmak çalışma rejimini daha verimli olmasını sağlayacaktır. [5]

3.6.4 Start sayısı

Gaz motorlarının daha kolay devreye alınabilmesinden dolayı senelik start sayıları fazla olan işletmeler için gaz motoru kullanımı kaçınılmaz hale gelir. [5]

3.6.5 Ortam sıcaklığı

Gaz türbinlerinin çıkış gleri ve ısl oranları, ortam sıcaklığına fazla duyarlılık gösterdiği için; gaz motorları, ortam sıcaklığına çok fazla duyarlı olamadığından, bazı uygulamalarda gaz motoru kullanımı zorunlu hale gelir. [5]

3.6.6 Toplam sistem kapasitesi

Kojenerasyon sisteminde ihtiyaç duyulan güçler büyüdükçe, seçilen sistem, gaz türbinine doğru yönelmektedir. Genellikle uygulamada, 2,5 – 3 MW seviyesinin altında gaz motorları, üzerinde ise gaz türbinleri kullanılmaktadır. [5]

3.6.7 Elektriğin kalitesi

Elektrikteki frekans ve gerilim hassasiyetinin yüksek olduğu işletmelerde bazen sistemin karlılığına yada şebeke elektriğinin sürekliliğine bakmaksızın, kojenerasyon yatırımı zorunlu hale gelir. Özellikle hassas elektronik cihazların bulunduğu tesislerde (tekstil, computer, 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.[5]

3.6.8 Ek yatırım tutarı

Birleşik ısı-güç sistemi tesisi için gerekli ek yatırım tutarı ve elde edilecek enerji tasarrufunun parasal tutarı arasındaki ilişki yatırım kararına tesir eden önemli bir etkidir. Ek yatırım tutarı hesaplanırken su tasviye cihazları, inşai işler, proje ve müşavirlik işleri ile yakıt stoğu unutulmamalıdır. Birleşik ısı-güç sisteminin gerektireceği ek su, bakım, sigorta ve işçilik gibi işletme giderleri de göz önünde tutulmalıdır. Genel bir kural olarak tesisin enerji giderlerinin toplam maliyet giderleri içinde en az %10' luk bir payı olmalıdır. [5]

3.6.9 Sistemin güvenilirliği ve sürekliliği

Birleşik ısı-güç üretiminin güvenilirliği ve sürekliliği kararın diğer bir önemli boyutudur. Herhangi bir arıza halinde şebekeden elektrik temin edilmesi gerekebileceği gibi, elektrik üretiminden dolayı ek yatırım temininde bir problem olmamalıdır. [5]

Donanım arızalarından kaynaklanacak buhar ve güç kesintileri, endüstriyel üretim kayıplarına yol açabileceği gibi, bazı işletmelerde bu kesintiler ürün katılaşması nedeni ile tesiste donanımlara zarar verebilir. Kesintilerin fazla olduğu durumlarda, buhar ve elektrik enerjisi için bir yedek sistem tasarlanılarak önlem alınır. [5]



BÖLÜM 4. YAKITLAR ve LANDFİLL GAZ

4.1 Yakıt Türleri

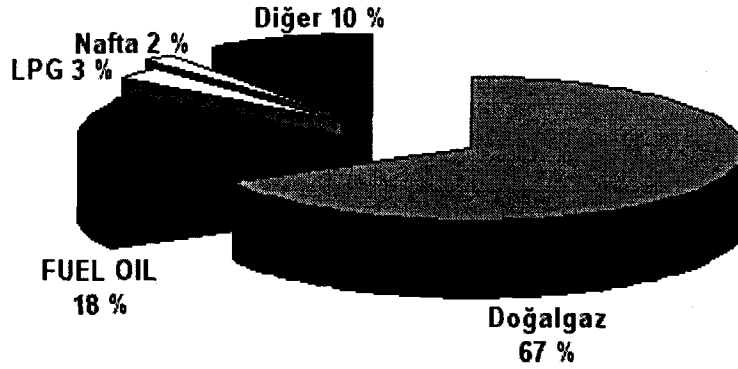
Kojenerasyon teknolojisinde 0.54 kWh/Nm^3 'lük bir düşük ısı değere sahip endüstri gazlarından, 34 kWh/Nm^3 'lük bir ısı değere sahip bütana kadar birçok yakıt kullanılabilir. Bu yakıt türlerinin bazılarının ısı değeri Tablo 4.1'de gösterilmektedir. [12]

Isıl değerler incelendiğinde çöplüklerimizde, kanalizasyonlarımızda ve bu gibi atıklarımızın adeta enerji hazinelerinin kaynamakta olduğunu görürüz. Bu atıkları kontrolsüzce çevreye atarak, sadece çevreyi kirletmekle kalmıyor, aynı zamanda enerji kaynaklarımızı da kullanamamış oluyoruz.

Gaz motorunda kullanılan bir gazın en önemli özelliklerinden biride vuruntu direncidir. Gazın vuruntu direncini de "Metan Sayısı" belirler.

Benzin yakmalı 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.

Türkiye için özellikle doğalgaz kullanılan yerlerde sistem çok ekonomik olmakta ve ilk yatırım ise ve tesis giderini geri ödeme süresi 2 yıl, hatta daha da altına düşebilmektedir. 2001 Yılı sonu itibarı ile otoprodüktörlerin kullandıkları yakıt cinsine göre toplam kurulu güç içindeki payları Şekil 4.1.1'deki gibidir.[1]



Şekil 4.1.1 2001 Yılında Kurulu Güce Göre Kullanılan Yakıt Dağılımı

Tablo 4.1 Birtakım Yakıtlar ve Özellikleri

| Yakıt | Kompozisyon | spesifik gravite (kg/Nm ³) | alt ısı değer (kwh/Nm ³) | metan sayısı | laminer alev hızı (cm/sn) |
|-------------------------------|--|--|--------------------------------------|--------------|---------------------------|
| H ₂ | Hidrojen | 0,0899 | 2,996 | 0 | 302 |
| CH ₄ | Metan | 0,717 | 9,971 | 100 | 41 |
| C ₃ H ₈ | Propan | 2,003 | 26 | 33 | 45 |
| CO | karbon monoksit | 1,25 | 3,51 | 75 | 24 |
| Doğalgaz | 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 | 0,798 | 10,14 | 80 | 41 |
| Aritma Gazı | CH ₄ = %65 CO ₂ = %35 | 1,158 | 6,5 | 135 | 27 |
| Çöplük Gazı | CH ₄ =%50 CO ₂ =%40 N ₂ =%10 | 1,274 | 4,98 | 150 | 20 |
| Odun Gazı | H ₂ =%7 CO=%17 C _n H _m =%65 N ₂ =%56 CO ₂ =%15 | 1,25 | 1,38 | 13 | |

Sanayide kullanım için yakıt fiyatlarını karşılaştırma tablosu da tablo 4.2 de gösterilmiştir.

[12]

Tablo 4.2 Sanayide Kullanım İçin Yakıt Fiyatlarını Karşılaştırma Tablosu (05/04/2002-KDV Hariç)

| YAKIT | ISIL DEĞERİ | BİRİM FİYATI | | ORTALAMA VERİM | TL/1000 kcal | | UCUZLUK SIRALAMASI | EN PAHALIYA GÖRE ORANI |
|--|--------------------------|--------------|-------------------|----------------|-------------------|---------|--------------------|------------------------|
| | | | | | | | | |
| DOĞALGAZ OSB KESİNTİLİ PROSES ve BUHAR (Botaş) | 8250 kcal/m ³ | 212.982 | TL/m ³ | 93% | 212.982 x 1.000 | | 1 | 21% |
| | | | | | 8250 x 0.93 | 27.759 | | |
| DOĞALGAZ OSB KESİNTİLİ ELEKTRİK ÜRETİMİ İÇİN (Botaş) | 8250 kcal/m ³ | 215.129 | TL/m ³ | 93% | 215.129 x 1.000 | | 2 | 21% |
| | | | | | 8250 x 0.93 | 28.039 | | |
| DOĞALGAZ SANAYİ KESİNTİLİ PROSES VE BUHAR (İstanbul-İGDAŞ) | 8250 kcal/m ³ | 260.969 | TL/m ³ | 93% | 260.969 x 1.000 | | 3 | 25% |
| | | | | | 8250 x 0.93 | 34.014 | | |
| İTHAL KÖMÜR (Ankara) | 6500 kcal/kg | 168.644 | TL/kg | 72% | 168.644 x 1.000 | | 4 | 27% |
| | | | | | 6500 x 0.72 | 36.035 | | |
| 6 NO'LU FUEL-OIL (Ankara) | 9200 kcal/kg | 285.233 | TL/kg | 83% | 285.233 x 1.000 | | 5 | 28% |
| | | | | | 9200 x 0.83 | 37.354 | | |
| 6 NO'LU FUEL-OIL (İstanbul - Avrupa Yakası) | 9200 kcal/kg | 288.935 | TL/kg | 83% | 288.935 x 1.000 | | 6 | 28% |
| | | | | | 9200 x 0.83 | 37.839 | | |
| SOMA KÖMÜR (İstanbul) | 4700 kcal/kg | 135.593 | TL/kg | 65% | 135.593 x 1.000 | | 7 | 28% |
| | | | | | 4700 x 0.65 | 37.928 | | |
| LPG MIX DÖKME GAZ GLOBAL ENDÜSTRİ | 11000 kcal/kg | 788.330 | TL/kg | 92% | 788.330 x 1.000 | | 8 | 58% |
| | | | | | 1000 x 0.92 | 77.898 | | |
| LPG MIX DÖKME GAZ SANAYİ | 11000 kcal/kg | 870.000 | TL/kg | 92% | 870.000 x 1.000 | | 9 | 64% |
| | | | | | 1000 x 0.92 | 85.968 | | |
| LPG MIX PROPAN SANAYİ | 11000 kcal/kg | 925.000 | TL/kg | 92% | 925.000 x 1.000 | | 10 | 68% |
| | | | | | 1000 x 0.92 | 91.403 | | |
| MOTORİN (İstanbul) | 10200 kcal/kg | 1.008.000 | TL/kg | 84% | 1.008.000 x 1.000 | | 11 | 87% |
| | | | | | 10200 x 0.84 | 117.647 | | |
| ELEKTRİK SANAYİ (TEDAŞ) | 860 kcal/kWh | 114.600 | TL/kWh | 99% | 114.600 x 1.000 | | 12 | 100% |
| | | | | | 860 x 0.99 | 134.602 | | |

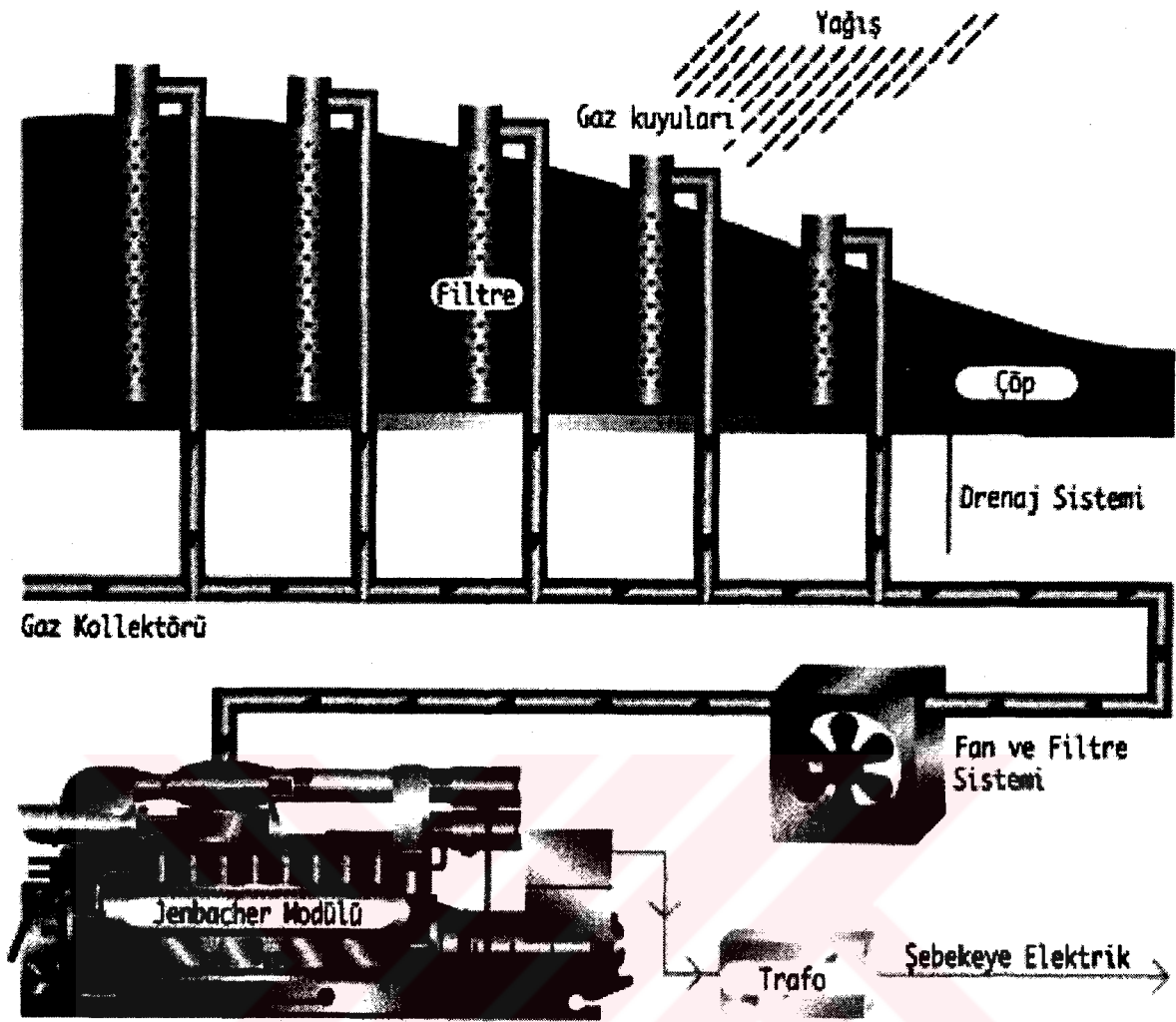
4.2 Landfill Gaz (Çöplük Gazı) ve Önemi

Atık depolarında dayanılmaz kokusuyla dikkat çeken gazlar aslında değerli bir enerji kaynağı durumundadır. Evsel katı atıkların düzenli bir şekilde depolama bölgelerinde toplanarak çevreye zarar vermeden, en uygun bir şekilde imha edilmesi gerekmektedir.

Bu atıkların depolandığı yerin hazırlanışı yaklaşık şu safhalardan geçmektedir: önce alanın nebatî toprağı temizlenip yer altı suyu drenajı sağlanır. Çevre sularının girmemesi için gerekli tedbirler alınıp uygun eğime getirilen tabii zemin sıkıştırılır. Bu işlemden sonra iki ayrı kademedede, her biri 30 cm kalınlığında iki kil tabakası serilerek tekrar sıkıştırılır. Bunun üzerine 2 mm kalınlığında yüksek yoğunluklu polietilen folyo kaplanır. Folyo üzerine koruyucu tabaka olarak geotekstil serilir. Bundan sonra tadbikat projesinde hesap edilen çöp sızıntı suyu toplama boruları yerleştirilir. Daha sonra sahanın tamamında, filtre tabakası olarak ortalama 30 cm kalınlığında çakıl tabakası serilir. Bu düzenleme sonrası, sahaya etkili yarıçapı 50 m olan gaz toplama bacaları yerleştirilir. Bu şekilde geçirimsizlik tabakası ve alt yapısı hazırlanan sahaya atıklar sıkıştırılarak depolanmaktadır. [6]

Atıklar içerisindeki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılmasıyla gaz oluşur. Bu gazın bileşimi %45-65 metan (CH_4) %25-35 karbondioksit (CO_2) ve %10-20 nitrojen (N_2) şeklindedir. Şekil 4.2.1'de bir çöplük alanındaki landfill gazın borularla toplanarak kojenerasyon da yakılması görülmektedir. [7,9,10]

Çöplük gazı arıtma gazı ile kojenerasyon teknolojisi kaynakların yeniden üretilmesinden kazanılan biyogaz kullanımının ekolojik ve ekonomik bir cazip olasılığını sunar. Bu tesislerde primer enerjinin işletme maliyeti "sıfır" olacağından, özellikle arıtma tesisi bulunan kuruluşlar için kojenerasyon sistemi çok cazip hale gelmektedir. [7]



Şekil 4.2.1 Çöp Arıtma Tesisi Şeması

Bir ton atığın ayrışmasıyla yaklaşık olarak $150-200 \text{ Nm}^3$ kullanılabilir landfill gazı ortaya çıkar. Kapatılmış bir çöpte dahi 15-20 yıl gaz çıkışı devam eder. [7,9]

Atık alanlarında açığa çıkan metan gazının sera etkisi karbondioksitten 20 kat daha fazladır. Landfill gazın kalorifik değeri yaklaşık 5 kWh/Nm^3 tür. Bu değer doğalgazın yarısı kadardır.

Ülkemizde bu gazlar henüz değerlendirilememektedir. Bu gaz ya düzensiz çöplerde havaya yayılma yada düzenli rehabilite edilmiş modern çöplük alanlarında 'fackel' (meşale) adı verilen bacalarda yakılarak zararsız hale getirilmektedir. [9]

Ülkemizde çöplerin düzensiz bir şekilde dökülmesi şu tür sonuçlar doğurmaktadır.

- Çöpler etrafa dağılıp geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliği oluşturur.
- Çöp sahasında rüzgarında etkisiyle toz bulutları oluşmakta ve oluşan gazlarla beraber hava kirliliğine sebebiyet vermektedir.
- Çöplerden oluşan metan gazı toplanmadığından patlama riski oluşturmakta ve çöplerde sürekli yangınlar meydana gelmektedir.
- Çöplerden çıkan kontrolsüz gazlar çevredeki bitki ve diğer canlılara tesir etmektedir.
- Oluşan çöp sızıntı suları yer altı ve yer üstü sularına karışarak kirletmektedir.
- Çöpler fare, sinek veya diğer zararlılar için barınma ve üreme yeri olmaktadır.
- Vahşi çöp sahalarında büyük boyutlu şev kaymaları olmaktadır. Bu tür büyük boyutlu çöp kaymaları yüksek ekonomik maliyetler getirmektedir. [6]



BÖLÜM 5. KEMERBURGAZ ÇÖP ARITMA TESİSİ ve ATIK ISININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1 Kemerburgaz Çöp Arıtma Tesisi İncelemeleri

1997 yılında kapatılan ve takriben 5,7 milyon m³ evsel, endüstriyel ve ticari atık bulunduran Kemerburgaz (Hasdal) Çöplüğü'nün rehabilitasyonu yapılarak kontrol dışı oluşan gazların en ekonomik şartlarda çevreye duyarlı olarak bertaraf edilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar sonucu metan gazından elektrik enerjisi üretimine elverişli olduğu tespit edilmiştir.

Kemerburgaz (Hasdal) atık sahası 577 000 m² ye yayılmış İstanbul'un en eski ve en büyük atık sahalarından biridir. Bu saha daha önce vahşi (düzensiz) çöp depolama alanı iken kapatılıp rehabilitasyona tabi tutulmuştur. Önce çöplüğün stabilitesini sağlayacak kazı ve dolgu safhası ile üstünün toprakla örtülme aşamalarından geçmiştir. 1998 sonunda yapılan ihale ile çöp gazının toplanması ve elektrik enerjisi üretilmesi için gaz motoru santrali kurulmuştur. Tesis Haziran 2001 de devreye alınmış ve elektrik üretimine başlanmıştır. Bu tesiste üretilen elektrik enerjisi Kemerburgaz ve/veya Alibeyköy hattına verilmektedir.

Eyüp ilçesi Kemerburgaz-Hasdal mevkiinde inşa edilmiş tesiste:

- 180 adet gaz kuyusu
- 15 adet gaz toplama kollektörü
- Gaz emme ünitesi

- Gaz soğutma ve filtre ünitesi
- Serbest yakma ünitesi (Flare)
- 4 adet 1 MW gücünde gaz yakma motoru-jeneratör gurubu
- Kumanda ve kontrol ünitesi
- 3 adet 2500 kVA'lık trafo
- Enerji nakil hattı (BEDAŞ) hattı bağlantısı
- İdari ve sosyal hizmet ofisleri

bulunmaktadır.

Burada kullanılan gaz motorunun teknik verileri aşağıda belirtilmiştir.

- Tahrik ünitesi; Jenbacher 20 silindirli, buji ateşlemeli, turboşarjlı, 1500 devir/dakika, shaft gücü 1034 kW gaz motoru.
- Jeneratör; Stamford ' HC 734 F ' 1460 kVA, Senkron, trifaze, 400 V, 50 Hz, 0,8-1,0 arası ayarlanabilir Cos Ø.
- Şalt sistemi; şebeke ile senkron ve paralel çalışan, şebekedeki düzensizlik ve arızalarda izole çalışmaya geçerek devreden çıkan, şebeke düzeldiğinde otomatik olarak tekrar çalışarak adapte olan sistemdir. Modüllerin her biri kontrol odasında bulunan DIANE (Dialog Network) otomatik kontrol sistemi ile kontrol ve kumanda edilmektedir. Modülleri modem server veri aktarımı sistemi ile Topkapı Endüstri ve Jenbacher AG Servis departmanları ile uzaktan kontrol ve kumanda edilebilir durumdadır. [7]

Egzost sistemi:

| | |
|---|------------------------|
| Mmaf (nemli egzost gaz debisi) | = 5559 kg/h |
| Lp (bir modül çalışır durumda gürültü ses seviyesi) | = 65 dB(A)in10m |
| NOx (azot oksit) | =500 mg/m ³ |

Yakıt sistemi:

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Mz (metan sayısı) | =80-100 |
| Hu (kalorifik değer) | = 4,6 kwh/Nm ³ |
| Vgaz (yakıt gaz debisi) | = 404 Nm ³ /h |

Soğutma suyu devresi:

| | |
|---|---------------------------|
| Vww (sıcak su debisi) | = 23,5 Nm ³ /h |
| Vgk2 (yakıt 'gaz-hava' karışım soğutma suyu debisi) | =24 Nm ³ /h |

Hava girişi:

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| V ₁ (emme havası debisi) | =3942 Nm ³ /h |
|-------------------------------------|--------------------------|

Enerji dengesi:

| | |
|--|--------------|
| Qag (1sı eşanjörü egsoz gazı / su) | = |
| Qgk1 (1sı eşanjörü hava yakıt karışımı / su (1. kademe)) | =138 kw |
| Qgk2 (1sı eşanjörü hava yakıt karışımı / su (2. kademe)) | =24 kw |
| Qkw (1sı eşanjörü motor soğutma suyu / su) | =317 kw |
| Qoel (1sı eşanjörü yağlama yağı / su) | =115 kw |
| Qst (Radyasyon ısısı (motor ve generatör)) | =~76 kw |
| Qww(toplam kullanılabilir ısıl güç) | =570 kw |
| Qzu (birincil enerji) | =2,5 kwh/kwh |

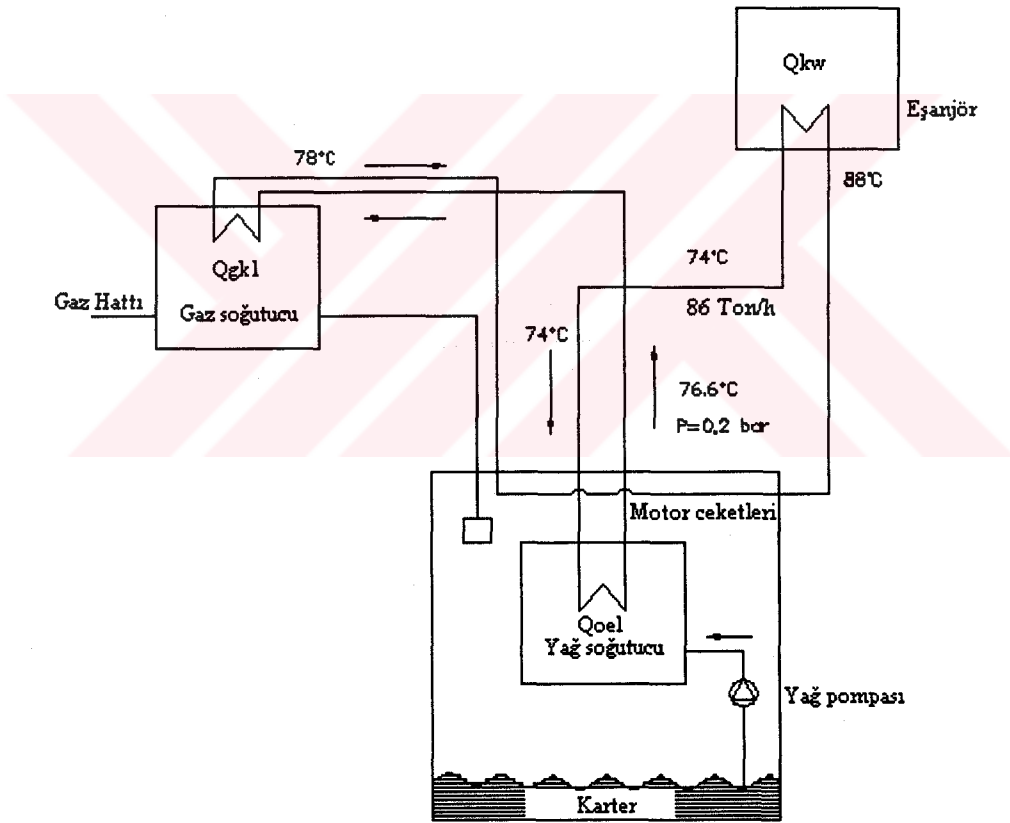
Güç verimi:

| | |
|--|-----------|
| Pel (cos ϑ =1'deki enerji üretimi) | =1034 kw |
| Pm (üretilen mekenik güç (1500 dev/dak'da DIN 6271'E göre)) | =1006 kw |
| η_{el} (elektrik verimi) | =%38,9 kw |
| η_{ter} | =- |
| η_{gas} (toplam verim) | =%38,9 kw |

Güç verimi:

| | |
|--|-----------|
| Pel (cos $\theta=1$ 'deki enerji üretimi) | =1034 kw |
| Pm (üretilen mekanik güç (1500 dev/dak'da DIN 6271'E göre)) | =1006 kw |
| η_{el} (elektrik verimi) | =%38,9 kw |
| η_{ter} | =- |
| η_{gas} (toplam verim) | =%38,9 kw |

Kemberburgaz Çöp Arıtma Tesisi'nde bulunan mevcut atık ısı değerlendirme sisteminin blok diyagramı Şekil 5.1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1.1 Kemberburgaz Çöp Arıtma Tesisi'nde Bulunan Gaz Motorunun Prensiş Şeması

Karterdeki yağ kapasitesi 370 lt. ve motor soğutma suyu 150 lt. kapasitelerindedir ve bunlar kapalı çevrimdedir. Motor yağındaki yanma sonucu kayıp oranı 0.2 gr/kWh'dir. Landfill gaz kullanılan motorlarda komple yağ değişimi doğalgaz ile

çalışanlara oranla daha fazladır, bunun sebebi landfill gaz içerisinde bulunan sülfür oranının doğalgazdan fazla olmasıdır. [10]

5.2 Atık Isının Değerlendirilmesi

Atık ısının değerlendirilmesi ısı dönüşüm sistemleri ile ya enerji dönüşümü yapılarak yada direk kurutmada kullanılarak gerçekleşmektedir. Genelde kojenerasyon sistemlerinde maksimum kazancı elde etmek için mümkün olan en fazla ısı geri kazanılması sağlanabilmelidir. Böylece sadece ısıtma yada proses buharı amaçlı sistemlerin ısı ihtiyacını azaltılabilir. Yararlı ısının %90'ından fazlası geri kazanılabilir. Bunu sağlamak için birkaç ısı değiştiriciye ihtiyaç vardır. Yakıtın %50'si yüksek mertebede ısı olarak sıcak su formunda geri kazanılabilir. %10 veya daha fazla ise 30 – 40 °C' de düşük dereceli ısı olarak geri kazanılabilir. Bu da tam kapasitede bir boylerin %75-80'i ile karşılaştırılabilir.

Kaynak sıcaklıkları geri kazanılan ısının formunu sınırlandırır. Giren yakıtın yaklaşık %33'ü motor ceketlerinde düşük sıcaklıklı sıcak su formunda 70 – 85 °C civarında yada 15 psi' lik basınçlara kadar buhar olarak geri kazanılabilir. Egzost gazlarından 100 psi' lik buhar geri kazanımı gerçekleştirilebilir, ancak ısı kazanımının verimi klasik düşük sıcaklıklı su kazanımına göre düşüktür ve ekipmanları daha pahalıdır.

Kondens ısı kazanımıyla egzost gazlarının yoğuşma ısısı, 30-40 °C'de sıcak su olarak geri kazanılabilir. Isı değiştirici türleri aşağıdaki başlıklar altında belirtilebilmektedir.

- Su –Su Isı Değiştiricileri: %60'ın üzerinde yüksek mertebeli ısıyı motor soğutma ceketlerinden elde etmek mümkündür. Ancak basınç, korozyon ve termal şoktan dolayı bunu direkt olarak servis suyu kullanarak yapmak

mümkün değildir. Bu yüzden ısı normalde su-su ısı değiştiricileriyle transfer edilir. En çok kullanılan tipi “shell and tube “ ısı değiştiricisidir. Çoğu genelde uzundur ve bakım için rahat giriş sağlar.

- Gaz – Su Isı Değiştiricileri: Egzost gazlarındaki ısı, gaz–su ısı değiştiricilerinden geri kazanılır. Bu, servis suyu olarak kullanılabilceği gibi gerektiğinde yüksek sıcaklıklara da çıkabilir. Egzost ısı değiştirici, ısı ihtiyacının az olduğu yaz aylarında veya acil durumlarda gaz tarafından by-pass edilebilir.
- Kondens Isı Değiştiricileri: CHP ünitelerindeki gaz-su ısı değiştiricileri egzost gazı sıcaklığını 650 °C den 120 °C’ ye düşürürler. Bazı imalatçılar ilave kondens ısı değiştiricileri ile egzost gazları içinde su buharının yoğuşturarak daha fazla ısı önerirler. Böylece termal verim artar. Egzost gazının yoğuşması gaz-hava oranına bağlı olarak 55-60 °C’de gerçekteşir. Bu ısı değiştiricisi genelde 40 °C’nin altında soğuk su kaynağına direkt olarak bağlanır.

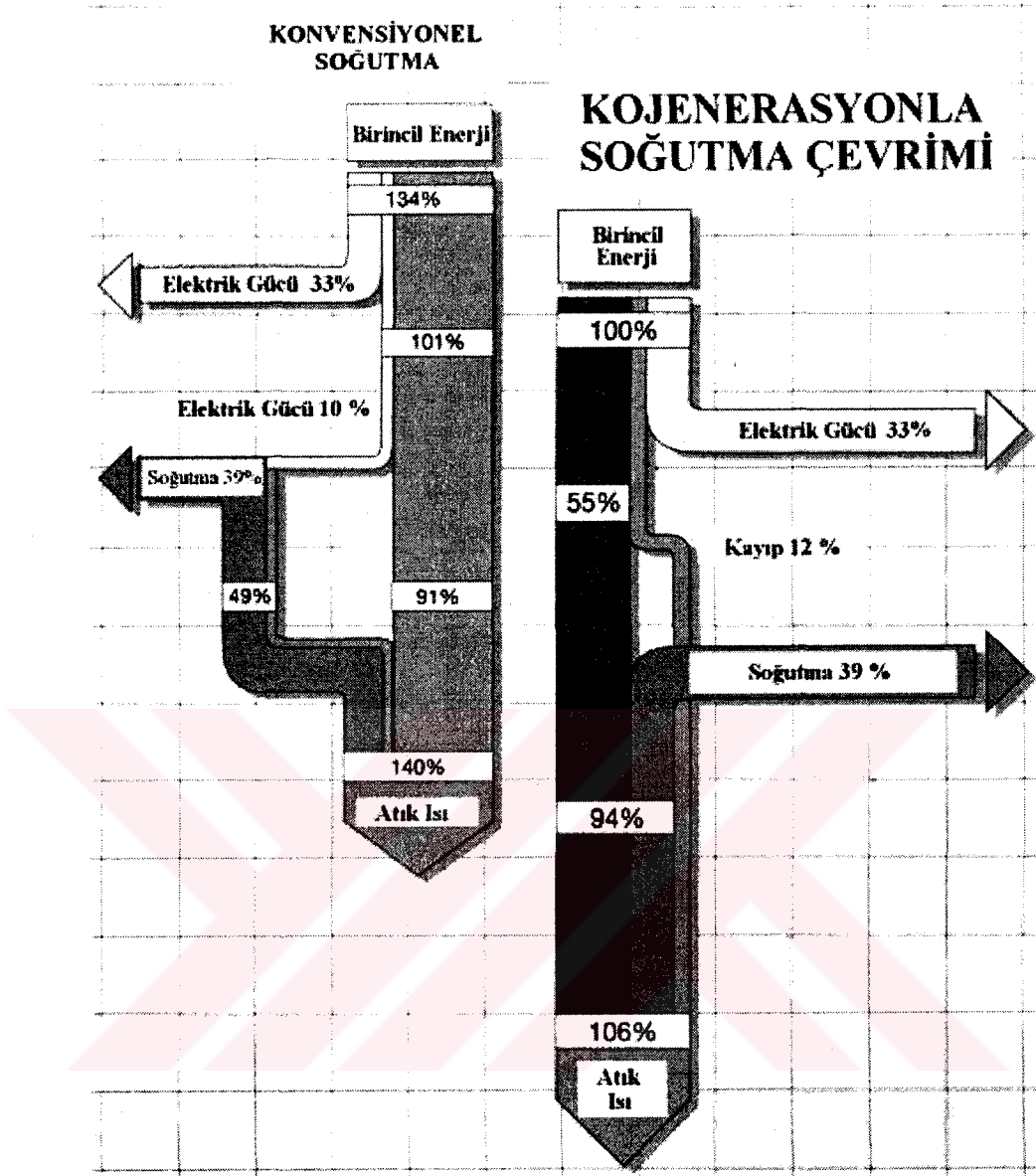
Kondens ısı kazanımı genelde doğalgaz yakılan sistemlere uygulanır. Dizel veya biyogaz egzostları yüksek oranda sülfürdioksit içerir ve diğer atık ürünleri içerir ki, su buharı kondens edildiğinde egzost bağlantılarında çürümelere yol açabilir.[4]

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 makinası: İklimlendirme sistemi [9]

Atık ısıdan soğutma amaçlı yararlanılmadıkça yaz aylarında sistem verimi çok düşecek, sadece elektrik üretir konuma gelinilecektir. Absorpsiyonlu soğutma sisteminin pahalı, büyük ebatlı, işletmesi zor ve sık bakım gerektiren bir sistem olmasından dolayı bu sistemin kullanımı henüz yaygınlaşmamıştır. Üstelik verdiğiniz 100 birim ısı enerjisinden ancak 60-65 birim soğutma enerjisi alabilirsiniz. Dolayısıyla elektrige oranla verimsiz bir çözüm gibi gözükmesine rağmen (ki 100 birim elektrik enerjisinden, 150-200 birim soğutma enerjisi alabilirsiniz.) absorpsiyonlu sistemde kullanılan ısının tamamen atık ısı olduğu düşünülürse sistemin verimliliği ortadadır. Yukarıda bahsedilen sorunların çözülmesi kojenerasyonun önünde yepyeni bir ufuk açacaktır.

Konvensiyonel sistem ile entegre edilmiş kojenerasyon sistemlerinin karşılaştırmalı soğutma blok diyagramları Şekil 5.2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2.1 Konvansiyonel Soğutma ile Kojenerasyonla Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması

Atık ısı geri kazanımı gaz motorlarında;

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

Gaz türbinlerinde ise;

- Türbin egzost çıkışına direkt olarak konulan bir ısı eşanjörü (atık ısı kazanı) aracılığı ile sağlanmaktadır.

Sıcak su ve buhar üreten sistemlerde ise atık ısının; gaz motorlarında yaklaşık %70'i sıcak suya, %30'u buhara; gaz türbinlerinde yaklaşık %45'i sıcak suya, %55'i buhara dönüştürülebilmektedir. [4]

Motorlu bir sistemde Motor – jeneratör çekirdek ikilisi yakıt enerjisini mekanik ve dolayısıyla elektrik enerjisine dönüştürmekte, atık ısının kazanılması ve kullanılması ile ilgili ısı dönüştürücüleri, ısı deposu ve ısıtma sistemindeki puant yükleri karşılayan kazandan oluşan bir tesiste elde edilebilecek sıcaklık seviyeleri incelendiğinde ;

- Egzost gazının makineyi 400-500°C sıcaklıkta terk ettiği
- Çeşitli egzost kaskatları ile sıcaklık seviyesinin 200°C sıcaklıktaki işlem buharına dönüştürülebildiği
- Eğer egzost gazı ısı dönüştürücüsünün sıcak sulu ısıtma çevrimine yönelik çalıştırılıyorsa, ısı dönüştürücüsünün su tarafının 90-130°C arasında sıcaklık seviyesine getirilebildiği
- Kullanılabilir motor soğutma suyu sıcaklık seviyesinin, normal soğutulan motorlarda 75-90°C, kızgın soğutulan motorlarda 120°C olduğu
- Yağ soğutma ısı dönüştürücüleri ile su devresinde 60-75 °C' lik sıcaklık elde edilebildiği

görülebilmektedir. [4]

Motordaki bu çeşitli ısı kaynaklarından elde edilen ısılar, ancak bu kaynakları birbirine bağlayan faydalı bir ısı işlem zinciri ile kullanılabilir hale gelmektedirler.

Eğer ısıtma sistemi için gerekli sıcaklık seviyesi, motorun soğutma çevrimi ile elde edilemiyorsa sisteme bağlanan bir kazan ile sıcaklık seviyesi daha yukarı çekilebilir. Ayrıca atık ısının kullanılmadığı durumlarda motorun çalışmasını kesintiye uğratmamak için acil soğutma ısı dönüştürücüler veya soğutma kuleleri ile ısı dışarı atılmalıdır. Fazla ısının atılması yerine bunun bir ısı deposunda depolanması daha verimli olmakta, diğer taraftan bu yolla ısı talebinin de yaklaşık olarak sabitleşmesi sağlanmalıdır.

Kemerburgaz çöp arıtma tesisinde, üretilen elektrik satılmakta ve elde edilen atık ısı şu an sadece bu tesisin kış aylarında ısıtılması amacıyla kullanılıyor. Egzost gazı ısı ise değerlendirilmeden dışarı yani atmosfere bırakılmaktadır. Bu atık ısının değerlendirilebilmesi yoluna gidilmesi gerekmektedir. Bunlar şu şekillerde değerlendirilebilir.

5.2.1 Atık ısının bölge ısıtmasında değerlendirilmesi:

Bir bölge ısıtma sistemi, ısı üretim merkezi, dağıtım şebekesi ve kullanıcı bağlantılarından oluşur. Yerleşim birimi bir site olabileceği gibi, bir mahalle veya bir kent de olabilir.

Bölge ısıtmasının, her apartmanın veya konutun ayrı ayrı ısıtılmasına oranla bazı avantajları vardır. Bunların arasında atıkların denetlenerek çevre kirliliğinin önlenmesi, yakıtın ekonomik yakılması, yakıt seçeneklerinin fazlalığı önceden belirtilmelidir. Bölge ısıtmasının en büyük dezavantajı ise ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır. Ancak planlı ve düzenli yerleşim bölgeleri ile maliyeti azaltmak olanaklıdır.

Isı üretim merkezi, kazanlardan oluşan bir ısı santrali olabileceği gibi, bir bileşik ısı-güç santrali de olabilir. Santralde ısının dağıtımı için aracı akışkan işlevini gören sıcak su veya buhar üretilir. Günümüzde aracı akışkan olarak sıcak su kullanımı çok daha yaygındır. Santralde ayrıca aracı akışkanın şebekede dolaşımını sağlayan pompalar bulunur.

Santralde üretilen sıcak su veya buhar bir boru şebekesinde dolaşarak, ısı enerjisinin dağıtımını sağlar. Suyun santralden çıkış sıcaklığı 90°C ile 120°C arasında olabilir. Şebekedeki sıcaklık düşümü ise 10°C ile 30°C arasındadır. Boru şebekesi kanalları içine yerleştirebileceği gibi, yer üstünde veya toprağa gömülüde olabilir. Günümüzde çelik bir koruyucu kılıf içinde yalıtılmış plastik veya çelik borular yaygın olarak kullanılmaktadır. Dağıtım sisteminde ayrıca genleşme elemanları, vanalar, yardımcı pompalar yer alır kullanıcı bağlantıları, şebeke ile konut arasında ısı enerjisi aktarımını sağlayan eşanjör ve konut içindeki ısıtma tesisatından oluşur. [3]

Landfill gazın yaklaşık kalorifik değeri 5 kW/Nm^3 'tür. Bu tesiste motora $500\text{m}^3/\text{h}$ gaz verilmektedir. Toplam 4 adet gaz motoru mevcuttur ve bunlarda üretilen ikincil enerji kapasiteleri değeri toplam yaklaşık 4 MW elektriksel ve 5 MW'lık ısı güce eşittir. Bu ısı kapasite atık ısı kazanında sıcak su veya buhara dönüştürülerek yakın çevrede bulunan yerleşim birimlerinin ısıtılmasında kullanılabilir. Kemerburgaz bir çöp atık tesisi olduğu için alana yakın bölgelerde yerleşim birimi bulunmamaktadır. En yakın değerlendirilebilir yerleşim birimi ise, buraya yaklaşık 2 km mesafedeki Hamidiye Su Tesisidir. Hamidiye Su Tesisine

proseste kullanılmak üzere gereken ısı buradan sağlanabilir. Yine buraya 8 km mesafedeki Hasdal Askeri Kışlası'nın ısıtılmasında kullanılabilir. Buralara buhar veya sıcak suyun taşınması işlemi ön izoleli borularla fazla ısı kaybı olmaksızın taşınabilir.

Kemberburgaz Atık Arıtma Tesisindeki 5 MW kapasitedeki atık ısının ısıtma amaçlı olarak kullanılması durumunda önceliğin Hamidiye'ye verilmesi, Hamidiye'nin yakınlığı gözönüne alındığında daha uygundur. Burada öncelikle Hamidiye'nin enerji ihtiyacı tespit edilmelidir. Bu tespit yapılmıyorsa enerjinin Hamidiye ve Hasdal merkezleri arasındaki paylaşımı %50 oranında olmalıdır. Boyler verimi 0.85 olarak kabul edilirse; efektif olarak kullanılabilir ısı enerji $5 \times 0,85 = 4,25$ MW olur. Bu durumda merkez başına düşen kullanılabilir enerji miktarı $4250 \text{ kW} \div 2 = 2125 \text{ kW}$ olacaktır. Isıtma önizoleli borularla taşınarak $110^\circ/60^\circ\text{C}$ 'lik sıcak sulu sistemde yapılmalıdır.

Hasdal için: kullanılabilir enerji miktarı 2125 kW, Δt sıcaklık farkı 50°C için devir dayim edecek suyun miktarı 36432 kg/h, boru çapı DN 125 için hız 0,80 m/s olup borudaki direnç kaybı $R = 5 \text{ mm SS/m}$ olarak abaklardan tespit edilmiştir. [11]

Gidiş ve dönüş borularında meydana gelen toplam basınç kaybı;

$$P_{\text{gidiş}} = 8000 \text{ m.} \times 5 \text{ mm SS/m} = 40.000 \text{ mm SS veya 4 bar}$$

$$P_{\text{dönüş}} = 8000 \text{ m.} \times 5 \text{ mm SS/m} = 40.000 \text{ mm SS veya 4 bar}$$

Sonuç olarak toplam basınç kaybı 8 bar olur.

Sirkülasyon pompası kapasitesi;

$$\text{Debi} : 36432 \text{ kg/h} \times 1,25 = 45540 \text{ kg/h}$$

Basınç : 8 Bar olup, %25 özel dirençle beraber 10 Bar.

Hamidiye için: kullanılabilir enerji miktarı 2125 kW, Δt sıcaklık farkı 50°C için devir dayim edecek suyun miktarı 36432 kg/h, boru çapı DN 100 için hız 1,2 m/s olup borudaki direnç kaybı $R = 15$ mm SS/m olarak abaklardan tespit edilmiştir. [11]

Gidiş ve dönüş borularında meydana gelen toplam basınç kaybı;

$$P_{\text{gidiş}} = 2000 \text{ m.} \times 15 \text{ mm SS/m} = 30.000 \text{ mm SS veya 3 bar}$$

$$P_{\text{dönüş}} = 2000 \text{ m.} \times 15 \text{ mm SS/m} = 30.000 \text{ mm SS veya 3 bar}$$

Sonuç olarak toplam basınç kaybı 6 bar olur.

Sirkülasyon pompası kapasitesi;

$$\text{Debi : } 36432 \text{ kg/h} \times 1,25 = 45540 \text{ kg/h}$$

Basınç : 6 Bar olup, %25 özel dirençle beraber 7,5 Bar.

Hamidiye için sıcaklık düşüşü [11]

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Akış sıcaklığı | 110°C |
| Dönüş sıcaklığı | 60°C |
| Akış sıcaklığı yoğunluğu | 968,8 Kg/m ³ |
| Özgül ısı | 4180 J/kgK |
| Akış miktarı | 36432 l/h |
| Akış kütlesi | 9,804 kg/s |
| Boru uzunluğu | 2000 m |
| Madde | Su |
| Boru maddesi | St. 37.0/st.35.8 l |
| Boru çapı | DN100/Ø114,3 x 3,6 |
| Kaplama | 200 mm |

Sonuçlar:

| | |
|------------------------------|------------|
| Isı iletim katsayısı | 0,264 W/mK |
| Metre başına düşen ısı kaybı | 40,7 W |
| Toplam ısı kaybı | 81418,6 W |
| 2000 metredeki sıcaklık | 108,7°C |
| Soğuma süresi | 124,1 h |

Basınç kayıpları:

| | |
|---|----------------------------|
| Akış sıcaklığı | 110°C |
| Dönüş sıcaklığı | 60°C |
| Akış sıcaklığı yoğunluğu | 968,8 Kg/m ³ |
| Kinematik viskozite | 3,61 E-7 m ² /s |
| Sertlik değeri, St. 37,0 BW ve steel Flex | 0,1 mm |
| Sertlik değeri, LR-Pex ve Cu-Flex | 0,01 mm |

Boru kesitleri

| | |
|------------------|---------|
| Kesit uzunluğu | 2000 m |
| Enerji transferi | 2125 kW |
| Kriter | 1,0 Bar |

Sonuçlar

| | |
|----------|---------------------|
| Boyut | DN100/Ø114,3 x 3,6 |
| İç çap | 107,1 mm |
| Hız | 1,2 m/s |
| Madde | St.37.0 / St.35.8 l |
| Su akışı | 10,12 kg/s |

| | |
|---------------------------|------------|
| Basınç gradyanı | 136,4 Pa/m |
| Her hattaki basınç düşüşü | 2,73Bar |
| Toplam basınç düşüşü | 2,73 Bar |

Hasdal için sıcaklık düşüşü [11]

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Akış sıcaklığı | 110°C |
| Dönüş sıcaklığı | 60°C |
| Akış sıcaklığı yoğunluğu | 968,8 Kg/m ³ |
| Özgül ısı | 4180 J/kgK |
| Akış miktarı | 36432 l/h |
| Akış kütlesi | 9,804 kg/s |
| Boru uzunluğu | 8000 m |
| Madde | Su |
| Boru maddesi | St. 37.0/st.35.8 l |
| Boru çapı | DN125/Ø139.7 x 3,6 |
| Kaplama | 225 mm |

Sonuçlar:

| | |
|------------------------------|------------|
| Isı iletim katsayısı | 0,306 W/mK |
| Metre başına düşen ısı kaybı | 47,2 W |
| Toplam ısı kaybı | 377562,1 W |
| 8000 metredeki sıcaklık | 104,1°C |
| Soğuma süresi | 163,8 h |

Basınç kayıpları

| | |
|---|----------------------------|
| Akış sıcaklığı | 110°C |
| Dönüş sıcaklığı | 60°C |
| Akış sıcaklığı yoğunluğu | 968,8 Kg/m ³ |
| Kinematik viskozite | 3,61 E-7 m ² /s |
| Sertlik değeri, St. 37,0 BW ve steel Flex | 0,1 mm |
| Sertlik değeri, LR-Pex ve Cu-Flex | 0,01 mm |

Boru kesitleri

| | |
|------------------|---------|
| Kesit uzunluğu | 8000 m |
| Enerji transferi | 2125 kW |
| Kriter | 1,0 Bar |

Sonuçlar

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Boyut | DN125/Ø139,7 x 3,6 |
| İç çap | 132,5 mm |
| Hız | 0,8 m/s |
| Madde | St.37.0 / St.35.8 l |
| Su akışı | 10,12 kg/s |
| Basınç gradyanı | 47,0 Pa/m |
| Her hattaki basınç düşüşü | 3,76Bar |
| Toplam basınç düşüşü | 3,76 Bar |

Sistem tasarımı ve ayrıntıları hesaplamalara göre yapılmaktadır. Isı kaybı, sıcaklık düşüşü ve basınç kaybı hesaplamaları kapasite, izolasyon ve kurulum tipini belirlemek açısından ana verileri oluşturmaktadır. Genel olarak bütün borularda ısı kaybı şu formülle yapılır,

$$\dot{Q} = U[(t_f+t_r)-2t_s] \quad (5.2.1.1)$$

\dot{Q} : Metredeki basınç kaybı, W/m

U: Isı iletim katsayısı, W/mK

t_f : Akış sıcaklığı, °C

t_r : Dönüş sıcaklığı, °C

t_s : Toprak sıcaklığı, °C

Akışkanın borudan çıkış sıcaklığı, akışkanın iç enerji değişiminin, toplam ısı kaybına eşitlenmesiyle bulunabilir.

$$m c (t_i-t_o)=L U [(t_f+t_r)-2t_s] \quad (5.2.1.2)$$

m: Kütleli debi, kg/s

c: Akışkanın öz ısısı, j/kg K

t_i : Akışkanın giriş sıcaklığı, °C

t_o : Akışkanın çıkış sıcaklığı, °C

L: Boru hattı toplam uzunluğu, m

Atık ısının geri kazanımı ile elde edilen buharın ön yalıtımlı borular ile endüstriyel tesislere taşınması çok verimli bir uygulama olarak gözükmektedir. Bu tip projelerde en önemli husus buharın en ekonomik şekilde iletilmesidir.

Hesaplamalarında gösterdiği gibi buhar iletim hatlarında ön yalıtımlı borular kullanılarak çok uzun mesafelere dahi ekonomik ve verimli bir şekilde taşınım sağlanabilir. [2]

5.2.2 Atık ısının seralarda uygulamaları ile değerlendirilmesi :

Gaz motorlu kojenerasyon tesisleri ile elektrik üretiminin yanısıra, düşük ısı devresi olan gövde ısıtmalarından yararlanılarak sera ısıtılması yapılmakta, aynı zamanda motorların egzost gazları katalizör üzerinden geçirilerek bitkilerin fotosentez sırasında tükettiği CO₂ üretilmekte ve böylelikle seranın üretiminin artırılması sağlanmaktadır. Bu tesislerde üç çeşit ürün açığa çıkmaktadır. Bunlar; elektrik, ısı ve atık CO₂ gazıdır. Elektrik seranın aydınlatılmasında, Üretilen ısı enerjisi seranın ısıtılmasında, CO₂ ise bitkiler için besin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Üretilen elektrik enerjisinin ihtiyaç fazlalığı ise satılabilmektedir. [8]

Ülkemizin kalkınma politikalarında büyük önemi olan tarım sektöründe doğalgaz kullanımının ülkemiz geneline yayılması ile birlikte önümüzdeki yıllarda kojenerasyon tesislerinin uygulamaları hızla artacaktır bununla birlikte buradaki mevcut arazide kurulabilecek sera tesisinin ısıtılmasında ve bitki üretim aşamasında da kullanılabilir.

Atık ısı yukarıda da belirtildiği gibi bir çok proste değerlendirilebilir. Fakat Türkiye’de atık ısı bölgesel ısıtmalarda ve proste gerekli buhar olarak kullanılıyor. Fakat incelemelerimize göre Kemerburgaz’ın konumu itibariyle atık ısının en uygun bir şekilde değerlendirilmesi ise proses buharı, bölgesel ısıtma ve seracılık için uygun olduğu tesbit edilmiştir.

BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada primer enerji kaynaklarının verimli bir şekilde değerlendirilmesi ve çevre dostu enerji üretim yöntemlerinden birisi olan kojenerasyonun ve Kemerburgaz Çöp Arıtma Tesisi'ndeki uygulamalarda atık ısının değerlendirilebilirliği anlatılmıştır.

Yapılan araştırmalar sonucunda, bilinen en verimli enerji üretim tekniklerinden birisi olan kojenerasyon sisteminin makul bir şekilde uygulanabileceği görülmüştür. Özellikle Türkiye şartlarında elektrik üretim hatlarındaki kaçakların fazla olması (%25), gerek santrallerin yenilenmemesi gerekse yeni elektrik santral yatırımlarının yapılamamasından dolayı elektrik enerjisi çok pahalıdır. Türkiye'de elektriğin pahalı olması ve verimsizliğinden dolayı, değişik yakıt türleri kullanan kojenerasyon tesislerinde elektrik üretimi daha ucuza, kesintisiz ve güvenli bir şekilde sağlanmaktadır.

Türkiye gibi devamlı nükleer ve termik santral tartışmalarının yapıldığı bir ülkede, çöplükler ancak patlayıp da can aldığı zaman akla geliyor. Oysa buralarda oluşan gazlar değerlendirilirse hem çöplükler daha güvenli hale gelecek hem de enerjideki darboğazın aşılabilmesinde önemli bir adım atılmış olacaktır.

Landfill gaz, içerisinde bulundurduğu metan gazından dolayı doğaya CO₂ gazından 20 kat daha fazla zarar vermektedir. Aynı zamanda bu gaz, kojenerasyon için mükemmel bir kaynak teşkil etmektedir. Hiçbir maliyeti olmayan bu gazın kojenerasyonda kullanılarak ısı ve elektrik enerjilerine dönüştürülmesi enerji üretimi açısından önemli olduğu kadar doğal yaşamı koruma açısından da önemlidir.

Ülkemizde birincil enerjinin büyük bir kısmının dışa bağımlılığı ülkemiz için bir dezavantajdır. Birincil enerjinin en verimli şekilde değerlendirilmesi ve bunun yanı sıra kurulan kojenerasyon tesislerinde atık ısı enerjisinin değerlendirilmesi zorunlu kılınmalı ve bu tür çalışmalara hız verecek gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır.



BÖLÜM 7. TARTIŞMALAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada daha önceki kojenerasyon tez çalışmalarıyla paralel olarak kojenerasyon anlatılmıştır. Farklı olarak landfill (çöp gazı) gazının kojenerasyonda yakılarak enerji elde edilmesi ve atık ısının değerlendirilmesi ve verimliliğinin artırılması için önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışmanın yürütüldüğü Kemerburgaz Çöp Arıtma Tesisi'nde yönetim biriminin bir geçiş süreci yaşamasından ve bu sürecin halen devam etmesinden dolayı, kullanılan veriler ve gerekli olan bilgiler yeterince işlenmemiş olabilir. Ayrıca bu tez içerik bakımından, yeni kurulan bir çöp arıtma tesisinde kullanılabilecek öneriler içerir.

KAYNAKLAR

- [1] AĞIŞ, Ö., “Otoprodüktörlüğün Dünü, Bugünü ve Geleceği”. ICCI 2002 Konferans kitabı İstanbul 2002, S:20-23
- [2] ARIKAN, N., VARAL, V., “Kojenerasyon Enerji Santralinde Üretilen Buharın Ön yalıtımlı Borular Kullanılarak Taşınması”, ICCI 2002 Konferans kitabı İstanbul 2002, S:51-58
- [3] DERBENTLİ, T., “Bölgesel Isıtma Ve Kojenerasyonun Ekonomik Olurluğu”, Bölgesel ısıtma ve kojenerasyon konferansı bildiriler kitabı, MMO Y. No:210 İstanbul 1998 S:61-69
- [4] EREN, T., “Birleşik ısı güç santralleri”, Yüksek lisans tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 1996
- [5] GÜLŞEN, O., “Türkiye’de Kojenerasyon Firmaları ve Uygulamaları”, Yüksek lisans tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 1997
- [6] İSTAÇ A.Ş., “Tanıtım Katalogları”, 2002
- [7] JENBACHER ENERGIE, “Tanıtım Katalogları”, 2002
- [8] KALE ENERJİ, “Tanıtım Katalogları”, 2002
- [9] ÖZTÜRK, B., ZOR, A., “Doğalgaz Dergisi”, Sayı:44 S:99-106
- [10] SCHNEIDER, M., “Jenbacher Gas Engine Technology – New Developements – Examples For Applications”, ICCI 2002 Konferans kitabı, İstanbul 2002, S:59-66
- [11] Sinerji–A Ltd. Şti. Arşiv Notları - Logstor Statech V1.1 programı –
- [12] Türkiye Kojenerasyon ve Otoprodüktörlük Derneği Web Sitesi
<http://www.kojenerasyon.com>
- [13] YOSMAOĞLU, M., “Elektrik Pazarının Geleceği İçin Beklentiler ve Gelişmeler Otoprodüktörler ve Otoprodüktör Gruplarının Mevcut Durumları”, ICCI 2002 Konferans kitabı, İstanbul 2002, S:36-38

ÖZGEÇMİŞ

Hacı BALA 1977 yılında Çorum'un Sungurlu İlçesi'nde doğdu. İlköğrenimini Sungurlu ve İstanbul'da ortaöğrenimini ise İstanbul Pertevniyal Lisesi'nde tamamlamıştır. 1995 yılında Sakarya Üniversitesi Metalurji Mühendisliği Bölümü'nü kazandı, daha sonra 1996 yılında Makine Mühendisliği Bölümü'ne geçiş yaptı. 1999 yılında bu bölümden mezun oldu ve yüksek lisans öğrenimine başladı. Şu an halen bu eğitimini sürdürmekte.

