

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

**EVSEL ATIKLARDAN ELDE EDİLEN ELEKTRİK  
ENERJİSİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI  
KULLANILARAK TAHMİNİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sezgin EREN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mehmet SANDALCI**

**Haziran 2010**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EVSEL ATIKLARDAN ELDE EDİLEN ELEKTRİK  
ENERJİSİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI  
KULLANILARAK TAHMİNİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sezgin EREN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

Bu tez 01/06/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



**Y.Doç.Dr.Mehmet  
SANDALCI  
Jüri Başkanı**



**Doç.Dr.İbrahim  
YÜKSEL  
Üye**



**Y.Doç.Dr.Emrah  
DOĞAN  
Üye**

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim döneminde ve tez geliştirilmesi aşamasında beni teşvik eden ve büyük destek veren, mesleki gelişimime büyük katkısı olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet SANDALCI' ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmama katkısı olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Emrah DOĞAN'a ve ayrıca yapay sinir ağları programının kullanımını öğreten Araştırma Görevlisi sayın Osman SÖNMEZ'e de sonsuz teşekkürler ediyorum. Tezime veri ve bilgi olarak katkı sağlayan İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş'nin tüm yetkililerine teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2010,  
Sezgin EREN

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
KISALTMALAR LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET .....	x
SUMMARY .....	xi

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi .....	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	2
1.3. Katı Atığın Tanımı .....	3
1.4. Katı Atıkların Sınıflandırılması ve Bileşimi.....	3
1.5. Katı Atık Yönetimi.....	4
1.6. Depo Gazı Bileşimi ve Özellikleri .....	7
1.7. Depo Gazı Oluşumu.....	14

### BÖLÜM 2.

DEPOLAMA SAHASI GAZINDAKİ METANDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ELDE ETME TEKNOLOJİLERİ .....	20
2.1. Doğrudan Gaz Kullanımı .....	20
2.1.1. Depolama gazının doğrudan kullanım yakıtı olarak kullanılması durumundaki değerlendirmeler .....	22
2.2. Elektrik/Güç Üretimi.....	23
2.2.1. İçten yanmalı motorlar .....	24
2.2.2. Yanma türbini .....	26
2.2.3. Boyler/buhar türbini.....	28

2.2.4. Yakıt hücresi .....	30
2.2.5. Kojenerasyon .....	31
2.2.5.1. Kojenerasyonun tarihçesi .....	32
2.2.5.2. Kojenerasyon çeşitleri .....	32
2.2.5.3. Konvansiyonel kojenerasyon uygulamaları .....	33
2.2.5.4. Gaz türbini bazlı elektrik üretim tesislerinde kojenerasyon uygulamaları .....	34
2.3. Depolama Sahası Gazının Alternatif Kullanım Yöntemleri .....	39
2.3.1. Araç yakıtı olarak depolama gazı (CNG) .....	39
2.3.2. Metanol üretimi.....	40
2.4. Uygulama Örneği Olarak İstanbul Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Enerjisi Üretimi Tesisleri.....	40
2.5. Atığın Termal Gazlaştırılması .....	41
2.6. Proses Tanıtımı .....	42
2.7. Ön Hazırlık İşlemleri .....	42
2.8. Sentez Gaz Üretimi (Gazifikasyon).....	42
2.9. Piroliz.....	43
2.10. Konvansiyonel Gazifikasyon .....	43
2.11. Plazma Gazifikasyon.....	44
2.12. Elektrik Üretimi .....	45
2.13. Gazlaştırıcılar .....	46
2.14. Termal Metotla Bertarafın Dünyadaki Bazı Uygulamaları.....	46

### BÖLÜM 3.

ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNİN TAHMİNİ İÇİN YÖNTEMLER.....	49
3.1. Gaz Debinin Tahmini İçin Metotlar .....	49
3.2. Temel Yaklaşım (Tahmin).....	50
3.3. Birinci Derece Bozunma Modeli .....	51
3.4. Pompa Testi Yöntemi.....	52
3.5. Regresyon Analizi Metodu .....	54
3.6. Yapay Sinir Ağları Metodu.....	55

## BÖLÜM 4.

### DÜNYADA EVSEL ATIKTAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

UYGULAMALARI .....	58
4.1. Amerika Birleşik Devletleri .....	58
4.1.1. A.B.D.puente tepeleri depolama alanı .....	58
4.1.2. Keene kenti, New Hampshire depolama alanı .....	58
4.2. Almanya .....	59
4.3. Kanada .....	61
4.3.1. Lachenaie katı atık depolama sahası depolama sahası .....	61
4.3.2. Edmonton city clover bar depolama sahası .....	61
4.3.3. Saint- michel gazmont depolama sahası .....	62
4.3.4. Kee valley depolama sahası .....	62
4.3.5. Beare road depolama sahası .....	63
4.3.6. Brock west depolama sahası .....	63
4.3.7. Lachenaie depolama sahası .....	64
4.3.8. Meloche depolama sahası .....	65
4.3.9. Miron depolama sahası .....	65

## BÖLÜM 5.

KULLANILAN YÖNTEMLER VE VERİLER.....	66
5.1. Regresyon Analizi Metodu .....	66
5.2. Yapay Sinir Ağları Metodu.....	67
5.3. Veriler .....	72

## BÖLÜM 6.

UYGULAMALAR VE SONUÇLARI.....	74
6.1. Regresyon Analizi ile Elde Edilenler .....	75
6.2. Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilenler .....	81

## BÖLÜM 7.

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	86
------------------------	----

KAYNAKLAR .....	88
EKLER.....	92
ÖZGEÇMİŞ .....	118

## KISALTMALAR LİSTESİ

ASTM	: American Society for Testing Materials (Amerikan Test ve Malzeme Derneği)
BTU	: British Thermal Unit İngiliz Isı Birimi (1 BTU= 252 cal)
CAA	: Clean Air Act (Temiz Hava Etkisi)
CFD	: Cupic Feed (0.28 m <sup>3</sup> )
CI	: İçten Yanma
CT	: Yanma Türbini
DARPA	: Defense Advanced Research Projects Agency (Amerikan İleri Savunma Araştırma Projeleri Ajansı)
EPA	: Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
HDPE	: High Density Poly Ethylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)
CNG	: Araç Yakıtı Olarak Depolama Gazı
LandGEM	: Landfill Gas Emission Model (Atık Depolama Alanı Gaz Emisyon Modeli)
Lb	: Liber ( 0.45 kg )
LC	: İçten Yanmalı Motor
LDPE	: Low Density Poly Ethylene (Düşük Yoğunluklu Polietilen)
LFG	: Mevcut Yıl İçinde Üretilmiş Depo Gazı Miktarı
LA	: İçten Yanma
MMBTU	: Million British Thermal Unit İngiliz Isı Birimi (250 000 kcal)
MSW	: Municipal Solid Waste (Kentsel katı atıklar)
MYH	: Mutlak Yüzde Hata
NG	: Nanogram (10 <sup>-6</sup> gr)
PAFC	: Phosphoric Acid Fuel Cell (Fosforik Asit Yakıt Pili)
PCDD	: Poliklor Dibenzo Dioksin
PCDF	: Poliklor Dibenzo Furan
PUC	: Public Utilities Commission (Halk Gelişim Komisyonu)
RDF	: Refuse Derived Fuel (Atıktan türetilmiş yakıt)
RT	: Regresyon Tekniği
YSA	: Yapay Sinir Ağları



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Entegre Katı Atık Yönetimi Akım Diyagramı [4].....	6
Şekil 1.2. Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretim Teknolojileri [7]. .....	7
Şekil 1.3. Katı Atıkların Bozunması Sonucu Oluşan Ürünler [5] .....	15
Şekil 1.4. Anaerobik Ayrışma Prosesleri [8] .....	19
Şekil 2.1. Örnek Gaz Motoru Güç Santrali [20] .....	25
Şekil 2.2. Örnek Gaz Türbini Güç Santrali [20] .....	27
Şekil 2.3. Örnek Depolama Sahası Gazı Yakıtlı Buhar Güç Santrali [20] .....	29
Şekil 2.4 Örnek Depolama Sahası Gazı Kombine Çevrim Kullanım Sistemi [20] ...	36
Şekil 2.5. Örnek Isı İletimiyle Birlikte Düşük Kalite Yakıt Sistemi [20].....	38
Şekil 2.6. Örnek Yüksek Kaliteli Depolama Sahası Gazı Yakıt Sistemi [20] .....	39
Şekil 2.7. Konvansiyonel Gazifikasyon Prosesi Akım Şeması [27].....	44
Şekil 2.8. Plazma Gazifikasyonun Proses İşleyiş Şeması.....	45
Şekil 3.1. Bir Model Depolama Sahası İçin Gaz Bilançosu [34] .....	54
Şekil 3.2 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları .....	56
Şekil 6.1. Kabul Bölgesi – Kritik Bölge Grafiği [47].....	77
Şekil 6.2. Ölçülen ve Tahmin Edilen Enerji Grafiği.....	79
Şekil 6.3. Ölçülen-Tahmin Edilen Enerjinin Aylara Bağlı Değişimi Grafiği.....	80
Şekil 6.4. Çoklu Regresyon Yöntemine Göre Ölçülen-Tahmin Edilen Enerjinin Aylara Göre .....	81
Şekil 6.5. YSA ile Tahmin Edilen Enerji ve Ölçme ile Bulunan Enerji.....	83
Şekil 6.6. Ortalama Karesel Hata İterasyon Grafiği .....	84
Şekil 6.7. Regresyon – YSA Karşılaştırma Grafiği .....	85

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Depo Gazında Bulunan Bileşenler, Özellikleri ve Bulunma Oranları [5].	12
Tablo 1.2. Depo Gazı Bileşenlerinin Fiziksel Özellikleri [10].	13
Tablo 2.1, Depolama Alanı Boyutuna Göre Depolama Gazı Debileri	21
Tablo 2.2. Elektrik Üretim Teknolojilerinin Kıyaslanması	37
Tablo 2.3. Sentez Gazı ve Oluşan Küldeki Diyoksin Emisyonu	47
Tablo 3.1. Birinci Derece Bozunma Modeli Değişkenleri için Önerilen Değerler ...	52
Tablo 4.1 Almanya’da Uygulanan Depolama Sahası Gazından Enerji Eldesi Projelerinden Bazıları [20].	60
Tablo 6.1. İstanbul Kemerburgaz Çöpten Elektrik Üretim Tesislerine Ait Aylık Ortalama Üretim Miktarları	75
Tablo 6.2. Regresyon Tekniğine Göre Tahmin Edilen Ölçülen Enerji Bilgileri	78
Tablo 6.3. Yapay Sinir Ağlarına Göre Son 10 Aylık Enerji Tahminleri	82
Tablo 6.4. Şekil 6.5’ e ait Grafik Bilgilerinin Sayısal Değerleri.	83
Tablo 6.5. Yapay Sinir Ağları Ve Regresyon Tekniği Enerji Tahminleri ve Mutlak Yüzde Hatalar Tablosu	85

## ÖZET

Anahtar Sözcükler: Yapay sinir ağları, evsel atık, çoklu lineer regresyon analizi, depolama sahası.

Dünyanın hızla artan enerji talebinin karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynakları her geçen gün önem kazanmaktadır. Katı atıkların bilinen en eski bertaraf yöntemi olan depolama sonucu oluşan metan gazından yararlanmak da bu çerçevede düşünülmüştür. İklim değişikliği konusunda yapılan çalışmalar içinde karbondioksit ( $CO_2$ ) göre 21 kat, kloroflorokarbonlara (CFC) göre 7300 kattan daha fazla sera etkisine sahip metanın ( $CH_4$ ) kontrolü önemlidir.

Dünyada bu yöntemin uygulandığı bazı depolama sahaları ve Türkiye’de uygulama yeri olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. Kemerburgaz oda yeri çöpten elektrik üretim tesislerine ait 900 adet günlük elektrik üretim verileri kullanılmıştır. Bu verilerin yapay sinir ağlarına ve çoklu regresyon tekniğine uyarlanmasıyla ileriye dönük üretim tahminlerinde bulunulmuştur. Ulaşılan sonuç itibarıyla her iki uygulamanın ortalama mutlak yüzde hataları birbirine yakın olmakla birlikte en iyi sonucu yapay sinir ağları ileri beslemeli geri yayılım algoritması tekniği vermiştir.

Kullanılan bu yöntemin küresel ısınma çevrenin korunmasına ve katı atıklardan enerji üretiminin ileriye dönük imalat ve iş programlarına yatırımlara ışık tutacağı aşikârdır.

# **THE ESTIMATION OF THE ELECTRIC ENERGY OBTAINED FROM DOMESTIC WASTES BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

## **SUMMARY**

Key words: Artificial neural networks, domestic wastes, multiple linear regression analysis, storage area.

Every day, the renewable energy resources gain in importance in meeting the worlds rapidly increasing energy needs. Within this framework, the methane gas accumulated because of the storage of domestic waste, the oldest method known to eliminate domestic waste, has also been considered. The control of methane (C~), with 21 times more greenhouse impact than carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and 7300 times than chlorofluorocarbon (CFC) is an important task related to climate change.

In some storage areas in the world and in Turkey, in the premises producing electricity from waste of the Istanbul Metropolitan Municipality's ISTAC Inc, Kemberburgaz, where this method is applied, 900 daily electric production data were used. Estimations oriented to the future were made by using this data to artificial neural networks (ANNs) and adapting it to the multiple linear regression technique (MLR). Although the absolute average error percentages of both applications are close to each other in term of results obtained, the best result was provided by the ANNs feed forward back propagation algorithm technique.

It is evident that this method is likely to enlighten the path of global warming, the protection of the environment and the future oriented investments related to the production and work programs of energy production from solid wastes.

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Artan nüfus, kentleşme ve sanayileşmeye paralel olarak oluşan katı atık miktarı da hızla artmakta ve kentler için giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Geçmişte uygulanan, insan ve çevre sağlığı açısından büyük riskler taşıyan katı atıkların vahşi döküm sahalarına dökülmesi uygarlaşan dünyada giderek geçerliliğini kaybetmektedir. Günümüzde katı atıkların bertaraf edilmesi için farklı teknolojiler geliştirilmekte, mevcut teknolojiler iyileştirilmeye çalışılmaktadır.

Katı atıkların vahşi depolama ile değil, diğer teknolojilerle bertaraf hiç şüphesiz büyük maliyetler oluşturmaktadır. Bu noktada atıklardan ekonomik olarak değerlendirilebilir ürünler elde edilip edilemeyeceği sorusu gündeme gelmiştir. Atıklardan elde edilebilecek ürünler geri kazanılabilir maddeler, kompost ve elektrik enerjisi olarak geri kazanımı en çok çalışılan konulardan biridir. Ayrıca katı atıkların elektrik enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Son yıllarda yeryüzündeki enerji kaynaklarının giderek azaldığı sıklıkla telaffuz edilmektedir. Buna karşılık teknolojideki ilerlemeler ve artan nüfus nedeniyle elektrik enerjisi ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır.

Bu kapsamda dünyada ve Türkiye’de birçok örneği bulunan evsel atıklardan elektrik üretiminin elektrik üretim teknolojileri dünyadaki bazı uygulama örnekleri anlatılmıştır. Uygulama örneği olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. çöpten elektrik üretim verileri kullanılmıştır. Bu veriler Yapay Sinir Ağları ileri beslemeli geri yayılım algoritması ve çoklu regresyon tekniğine uygulanarak ileriye dönük elektrik enerjisi üretimi tahmininde bulunulmuştur. Bu çalışmada evsel atıklardan elektrik enerjisi teknolojisi yatırımlarına yön vereceği gibi temiz ve düzenli kentleşmeye yardımcı olacak bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

## 1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, evsel atıklardan elektrik enerjisi üretimini inceleyerek elektrik üretim tahmin metotlarının araştırılması ve bu metotlardan Y.S.A ve çoklu regresyon tekniklerinin kullanılarak ileriye dönük elektrik enerjisi üretiminin tahminini yapmaktır. Bu kapsamda çalışmaya altlık teşkil eden evsel atıklardan elektrik üretimini sağlayan çöp miktarı, sıcaklık, basınç ve metan gazı aylık ortalama bilgileri elde edilmiştir.

Düzenli depolama teknolojisinde kentsel katı atıklar mühendislik çalışmaları yapılmış sahalarda biriktirilir, sahada atıkların biyolojik bozunmaları sonucu enerji değeri olan başlıca metan ve karbon dioksitten oluşan depo gazı elde edilir. Depo gazının enerji potansiyeli yaygın olarak direkt ısıtma sistemlerinde, içten yanmalı motor veya gaz türbinli kojenerasyon tesislerinde değerlendirilmektedir. Yakma teknolojisinde ise atıklar herhangi bir ön proses uygulanmadan fırınlarda yakılarak veya katı atıklar işlenerek elde edilen, kalorifik değeri daha yüksek, yakıtın akışkan yataklı sistemlerde yakılması sonucu bertaraf edilirler ve üretilen enerji elektrik ve ısı üretiminde kullanılır. Bir başka termal dönüşüm teknolojisi olan gazlaştırmada ise atıklardan sentez gazı denilen bir yakıt elde edilir ve enerji üretiminde kullanılır.

Düzenli depolama, yakma, gazlaştırma ve anaerobik çürütme teknolojileri baz alınarak Türkiye'nin Marmara bölgesinde bulunan İstanbul büyükşehir belediyesi Kemberburgaz İSTAÇ A.Ş. (Oda Yeri) tesislerinin 900 günlük elektrik üretim verileri incelenmiş ve bu veriler altlık teşkil edilerek ileriye dönük elektrik üretimi tahmininde bulunulmuştur.

Elektrik üretim tahmin metotları, teknolojileri, düzenli depolama teknikleri ve dünyadaki bazı uygulama örnekleri incelenmiştir. Elektrik enerjisi tahmin metotlarından Yapay Sinir Ağları ileri beslemeli geri yayılım algoritması ve çoklu doğrusal regresyon tekniği incelenerek enerji tahminlerinde bulunulmuştur.

### 1.3. Katı Atığın Tanımı

Katı atıklar (çöpler) evsel, endüstriyel ve her türlü insan faaliyetleri neticesinde ortaya çıkan, sahibi tarafından istenmeyen, üreticisi tarafından herhangi bir amaçla kullanılmayacak olan katı maddelerdir [1].

14 Mart 1991 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanan “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”nde ise katı atığın tanımı “üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ve özellikle çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler” şeklinde yapılmıştır.

Kentsel katı atıklara üretilen ticari malların şehirlerde; özellikle evlerde veya benzer yerlerde tüketilmesiyle oluşan atıklar olduğundan kısaca evsel atık da denmektedir. Genel anlamda, uluslararası terminolojide mücavir alan atıkları anlamına gelen MSW (Municipal Solid Wastes) harfleri ile sembolize edilmektedir [2].

### 1.4. Katı Atıkların Sınıflandırılması ve Bileşimi

Katı atıklar için farklı sınıflandırmalar mevcuttur. Katı atıklar oluştukları yere göre evsel, endüstriyel ve ticari katı atıklar olarak sınıflandırılabilir. Katı atıkların kaynaklarına göre daha detaylı bir sınıflandırma ise şu şekildedir:

- 1) Evsel katı atıklar
- 2) İri ve hurda katı atıklar
- 3) Bahçe atıkları
- 4) Cadde, sokak süprüntüleri
- 5) Sanayi atıkları
- 6) Mezbaha ve ahır atıkları
- 7) Enkaz ve toprak
- 8) Tehlikeli ve zararlı atıklar
- 9) Zehirli atıklar

Kaynağına göre sınıflandırmanın dışında katı atıklar organik ve inorganik olarak da gruplandırılır. Atıkların organik ve inorganik olma oranı bertaraf yöntemleri

açısından önemli kriterlerden biridir.

Katı atık bileşenlerini ise aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Gıda atıkları
- Bahçe atıkları
- Kağıt, karton
- Plastik, kauçuk
- Tekstil
- Tahta
- Metal
- Cam
- Kül, çürük, toprak

Katı atıklar heterojen bir yapıya sahiptirler ve bileşimleri sürekli değişir. Katı atık miktarı ve bileşimi bazı etkenlere bağlıdır. Bu etkenler nüfus, sosyal seviye, hayat standardı, ekonomik durum, beslenme alışkanlıkları olarak sıralanabilir.

Katı atık bileşenleri için atığın bertaraf edilme yöntemi açısından önemli olan aşağıdaki sınıflandırma yapılabilir:

- Yanabilenler: Gıda atıkları, bahçe atıkları, kağıt, karton, plastik, kauçuk, tekstil
- Kompost olabilenler: Gıda atıkları, bahçe atıkları, kağıt
- Yanmayan ve kompost olmayanlar: Cam, metal, toprak, kül, çürük, seramik
- Geri kazanılabilenler: Plastik, cam, metal, kağıt, karton [3].

### **1.5. Katı Atık Yönetimi**

Yerleşim biriminin nüfusu arttıkça katı atıktaki çeşitlilik ve birim atık miktarı çoğalmaktadır. Katı atıkların miktar ve özellikleri ülkeden ülkeye değiştiği gibi aynı ülkede bölgeden bölgeye hatta aynı şehirde semtten semte değişebilmektedir. Bu değişim gelir seviyesi ile tüketim ve kullanım alışkanlıklarına bağlıdır. İyi bir katı atık yönetimi ile bütün atıklar kontrol altına alınır. En ideal şartlarda planlanan ve işletilen entegre bir katı atık yönetim sisteminde hiçbir surette kontrolsüz katı atık oluşmaz.



Etkili bir katı atık yönetimi;

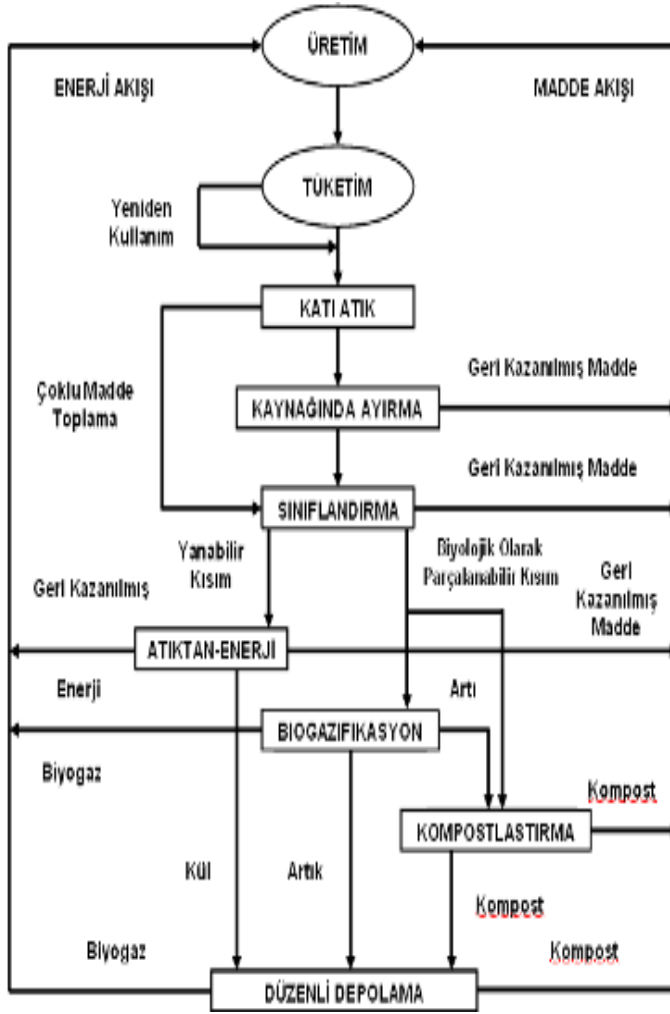
- Atık oluşumu,
- Kaynakta sınıflandırma, biriktirme, ayıklama ve işleme
- Toplama,
- Transfer,
- Ayırma, işleme ve dönüştürme,
- Nihai bertaraf

olmak üzere başlıca altı unsuru ihtiva eder. Bu unsurların her biri bağımsız olarak ele alınmalıdır. Şekil 1.1.'de üretimden nihai bertarafa kadar katı atık yönetim akım diyagramı verilmiştir [4].

Katı atıklar geçmişte sadece vahşi depolama ile bertaraf edilirken, nüfusun ve tüketimin artması, çevre kirliliği gibi değişen dünya koşulları sonucu daha etkin birçok bertaraf yöntemi geliştirilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır.

Katı atık yönetim sisteminde uygulanan değerlendirme ve bertaraf teknolojileri şu şekilde sıralanabilir [5].

- Geri kazanma
- Düzenli depolama
- Termal dönüşüm teknolojileri
- Yakma
- Gazlaştırma
- Piroliz
- Biyolojik dönüşüm teknolojileri
- Aerobik kompostlaştırma
- Anaerobik kompostlaştırma

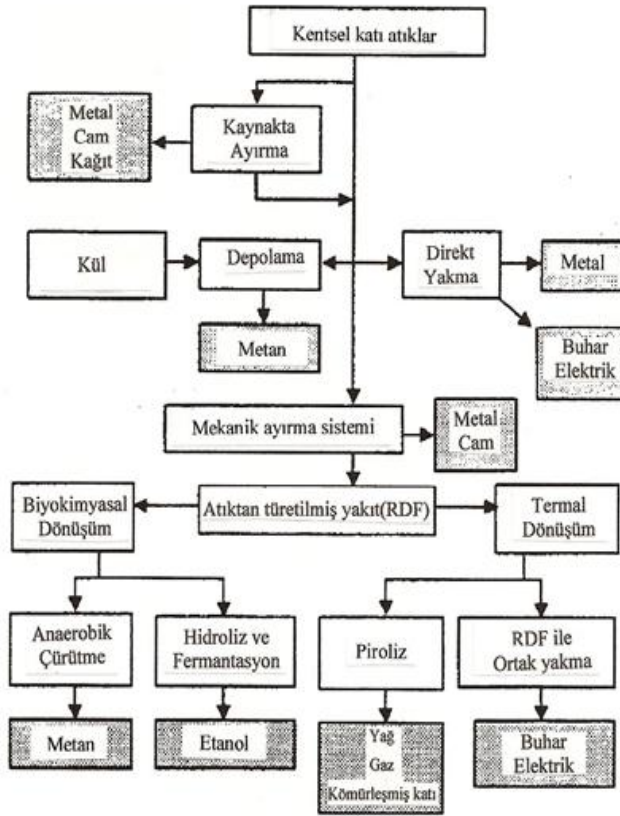


Şekil 1.1. Entegre Katı Atık Yönetimi Akım Diyagramı [4].

Atıkların enerji değerinin fark edilmesiyle, atıkların bertaraf edilirken aynı zamanda enerjisinden faydalanma fikri giderek yaygınlaşmaktadır. Günümüzde gelişmiş ülkelerde kentsel katı atıklardan enerji üreten birçok tesis vardır. Kentsel katı atıklardan enerji elde etmek için kullanılan teknolojiler ise,

- Düzenli depolama
- Yakma
- Gazlaştırma
- Anaerobik çürütme

prosesleridir [6]. Şekil 1.2’de bu teknolojiler görülmektedir.



Şekil 1.2. Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretim Teknolojileri [7].

### 1.6. Depo Gazı Bileşimi ve Özellikleri

Depo gazı depolama sahasında oluşan gazların bir karışımıdır, büyük miktarlarda bulunan ana gazlarla, az miktarda bulunan eser gazlardan oluşur. Depo gazı kentsel katı atıkların organik fraksiyonlarının anaerobik bozunması sonucu oluşur. Bazı eser gazlar, küçük miktarlarda olmalarına rağmen, toksin etki gösterebilmekte ve kamu sağlığını tehdit edebilmektedir.

Depolama sahaslarında bulunan gazlar  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $N_2$  ve  $O_2$ 'dir. Depo gazı genellikle % 45-60 oranında metan ( $CH_4$ )ve % 40-60 oranında karbondioksit ( $CO_2$ ) içermektedir. Diğer gazlar depo gazında çok küçük miktarlarda bulunmaktadır. Bu gazların depolama sahasında bulunma oranları Tablo 1.1' de ve depo gazı bileşenlerinin fiziksel özellikleri Tablo 1.2.'de belirtilmiştir [5].

Depo gazının en önemli özelliği metan içeriğinden dolayı enerji değeridir. Ortalama alt kalorifik değer metre küp başına 20.000 Joule civarında gerçekleşmektedir. Depo gazının diğer özellikleri potansiyel patlayıcılığı, boğuculuğu, zehirliliği ve kötü kokusudur [10].

Depo gazının patlayıcılığı esas olarak metan içeriğinden kaynaklanmaktadır. Metan renksiz, kokusuz, yanıcı bir gazdır ve birim ağırlığı havadan daha azdır (0,717 metan-1,29 hava). Tablo 1.3.'de başlıca depolama sahası gazlarının fiziksel özellikleri verilmiştir. Hacimce %5-15 metan konsantrasyonları hava ile patlayıcı karışımlar oluşturmaktadır. Metan konsantrasyonu bu kritik seviyeye ulaştığı zaman depo alanında sınırlı miktarda oksijen bulunduğundan dolayı patlama tehlikesi olur.

Patlama seviyesindeki metan karışımı; depo dışına göç eden metan gazı ve havanın karışmasıyla oluşur. Bu üst limitin üzerinde metan-hava karışımı alev verildiğinde yanmakta, fakat patlayıcılık göstermemektedir [10].

## 1. Katı atık miktarı ve özelliklerinin belirlenmesi

### a. Mevcut

### b. Projelendirilmiş

## 2. Potansiyel sahalarda için bilgilerin derlenmesi

### a. Sınır ve topografik incelemelerin yapılması

### b. Sahanın ve yanındaki sahanın mevcut durumunu gösteren haritaların hazırlanması

- Arazi sınırları
- Topografya ve eğimler
- Yüzey suyu
- Islak alanlar
- Kamu tesisleri
- Yollar
- Yapılar
- Konutlar
- Alan kullanımı

### c. Hidrojeolojik bilgilerin derlenmesi ve yerleşim haritasının hazırlanması

- Topraklar (derinlik, yapı, hacimsel yoğunluk, gözeneklilik, geçirgenlik, nem, kazı kolaylığı, stabilite, pH)
- Kaya yapısı (derinlik, tip, kırıkların varlığı)
- Yeraltı suyu (ortalama derinlik, mevsimsel değişim, hidrolik gradyan ve akış yönü, akış hızı, kalite, kullanımı)

#### d. İklimsel verilerin derlenmesi

- Yağış
- Buharlaşma
- Sıcaklık
- Donma olan günleri
- Rüzgarın yönü

#### e. Kuralların (devlet, yerel) ve dizayn standartlarının tanımlanması

- Yükleme oranları
- Örtünün tekrarlanma sıklığı
- Konutlara, yollara, yüzey suyu ve havaalanına mesafeler
- Yeraltı suyu kalite standartları
- Sismik ve fay zonları
- Yollar
- İzin başvurularının içerikleri

### 3. Depolama sahası dizaynı

#### a. Depolama metodu seçiminde dikkate alınanlar

- Saha topografisi
- Saha toprak örtüsü
- Saha kaya yapısı
- Saha yeraltı suyu

#### b. Dizayn boyutlarının belirtilmesi

- Hücre genişliği, uzunluğu ve derinliği
- Hücre konfigürasyonu
- Depolama derinliği özellikleri
- Kaplama kalınlığı
- Son örtü

#### c. İşletme özelliklerinin belirtilmesi

- Örtünün özellikleri
- Gerekli ekipmanlar
- Gerekli personel

#### 4. Dizayn özellikleri

- a. Sızıntı suyu kontrolü
- a. Gaz kontrolü
- b. Yüzey suyu k
- c. Giriş yolları
- d. Özel çalışma alanları
- e. Özel atığın işlenmesi
- f. Yapılar
- g. Yardımcı tesisler
- h. Sahanın etrafının kapatılması
- i. Işıklandırma
- j. Kuyuların izlenmesi
- k. Peyzaj çalışmaları

#### 5. Dizayn paketinin hazırlanması

- a. İlk saha planının geliştirilmesi
- b. Depolama sahası dış hat planlarının geliştirilmesi
- Kazı planları
- Ardışık depolama planları
- Tamamlanmış depolama planları
- Yangın, koku, gürültü kontrolleri
- c. Katı atık depolama hacmi, gerekli toprak hacmi ve saha ömrünün hesaplanması
- d. Aşağıdaki birimlerin belirtildiği son planların hazırlanması
- Normal dolum alanları
- Özel çalışma alanları
- Sızıntı suyu kontrolü
- Gaz kontrolü
- Giriş yolları
- Yapılar

- Yardımcı tesisi
- Sahanın etrafının kapatılma
- Işıklandırma
- Kuyuların izlenmesi
- e. Kesit planlarının hazırlanma
  - Sahanın kazılmış kısmı
  - Sahanın diğer kısımları
  - Sahanın faz gelişimi
- f. İnşaat detaylarının hazırlanması
  - Sızıntı suyu kontrolü
  - Gaz kontrolü
  - Yüzey suyu kontrolü
  - Giriş yolları
  - Yapılar
  - Kuyuların izlenmesi
- g. Son saha kullanım planının hazırlanması
- h. Maliyet tahminlerinin yapılması
- i. Dizayn raporunun hazırlanması
- j. Çevresel etki değerlendirme raporunun hazırlanması
- k. Gerekli izinlerin alınması
- l. İşletmeci el kitabının hazırlanması

Tablo 1.1. Depo Gazında Bulunan Bileşenler, Özellikleri ve Bulunma Oranları [5].

Bileşen	Yüzde (kuru hacimde) <sup>1</sup>
Metan	45-60
Karbondioksit	40-60
Azot	2-5
Oksijen	0,1-1,0
Sülfür, merkaptan vb.	0-1,0
Amonyak	0,1-1,0
Hidrojen	0-0,2
Karbonmonoksit	0-0,2
Eser bileşenler	0,01-0,6
Özellik	Değer
Sıcaklık (C°)	68-88
Özgül ağırlık	1,02-1,06
Nem muhtevası	Doygun
Isı değeri (kJ/m <sup>3</sup> )	14900-20500

<sup>1</sup>Gerçek yüzde dağılımı depolama sahası yaşı ile değişmektedir.

Depo gazındaki diğer önemli bir gaz da renksiz, kokusuz ve yanıcı olmayan karbon dioksittir. CO<sub>2</sub> havadan daha ağırdır. Zehirli olmayan özelliğine karşın karbon dioksit, solunum sisteminde oksijenin yerini alarak hayat için tehlikeli özellik göstermektedir.

Hidrojen, H<sub>2</sub>, organik maddenin biyolojik ayrışmasının ilk aşamalarında oluşmaktadır. Hidrojen en hafif gazdır ve atmosfere doğru yükselme eğilimindedir. Yüksek miktarda yanıcıdır ve havada hacimce %4-7 oranında patlayıcılık aralığına sahiptir.

Azot ve oksijen, depo gazında ancak atmosferik havanın girişiyle bulunmaktadır. Azot inert bir madde olup metanın yanıcılığı üzerindeki etkisinden dolayı önem taşımaktadır.

Hidrojen sülfür, H<sub>2</sub>S, yüksek miktarda zehirli ve yanıcıdır ve keskin bir kokuya sahiptir. Karbonmonoksit renksiz, kokusuz ve yüksek zehirliliğe sahip bir gazdır. Depo gazındaki oranı ise yaklaşık hacimce %0,001 kadardır.

Yaklaşık metreküp başına 30 mg amonyak konsantrasyonları depo gazında bulunmaktadır. Metaller de depo gazında buhar basınçları ve sıcaklıktan dolayı



bulunabilmektedirler.

Yüksek konsantrasyonlarda bulunan tek bileşik yüksek buhar basıncından dolayı civa (Hg)'dir. Metre küp başına 370 µg civanın rastlandığı depolama sahaları bulunmuştur [10].

Tablo 1.2. Depo Gazı Bileşenlerinin Fiziksel Özellikleri [10].

Gaz	Formül	Birim Ağırlık	Kritik Sıcaklık	Havadaki Tutuşma Aralığı alt/üst	Yanma Hızı	Minimum Tutuşma Enerjisi	Tutuşma Sıcaklığı	Su Çözünürlüğü	Özellikler
		(kg/m <sup>3</sup> )	(C°)	(hac.%)	(m/s)	(MJ)	(C°)	(g/l)	
Metan	CH <sub>4</sub>	0,717	-82,5	5/15	0,4	0,6-0,7	600	0,0645	Kokusuz, renksiz, zehirsiz
Karbon Dioksit	CO <sub>2</sub>	1,977	31,1	-	-	-	-	1,688	Kokusuz, renksiz, düşük kons. zehirsiz
Oksijen	O <sub>2</sub>	1,429	-118,8	-	-	-	-	0,043	Kokusuz, renksiz, zehirsiz
Azot	N <sub>2</sub>	1,25	-147,1	-	-	-	-	0,019	Kokusuz, renksiz, zehirsiz yanıcı değil
Karbon Monoksit	CO	1,25	-139	12,5/74	0,5	-	600	0,028	Kokusuz, renksiz, zehirli,
Hidrojen	H <sub>2</sub>	0,09	-239,9	4/74	2,8	0,05	560	0,001	Kokusuz, renksiz, zehirli, değil yanıcı
Hidrojen Sülfür	H <sub>2</sub> S	1,539	100,4	4,3/45,5	-	-	-	3,846	Renksiz, zehirli
Hava		1,29	-	-	-	-	-	-	Kokusuz, renksiz, zehirli değil yanıcı değil

Yaklaşık metreküp başına 30 mg amonyak konsantrasyonları depo gazında bulunmaktadır. Metaller de depo gazında buhar basınçları ve sıcaklıktan dolayı bulunabilmektedirler. Yüksek konsantrasyonlarda bulunan tek bileşik yüksek buhar basıncından dolayı civa, (Hg)'dir. Metreküp başına 370 µg cıvanın rastlandığı depolama sahaları bulunmuştur [10]. Eser depo gazı bileşenlerinin büyük bir çoğunluğu uçucu organik (VOC<sub>s</sub>) bileşikler sınıfına girer. Eser gazların sızıntı suyunda mevcut olması sızıntı suyu ile temas halinde bulunan gaz konsantrasyonuna bağlıdır. Eser bileşenler depolama sahasına gelen atıklarla girer veya saha içinde gerçekleşen reaksiyonlarla üretilir. Depo gazının içinde bulunan eser gazlar sıvı formda gelen atıklarla karışıktır ancak bunlar uçucu olmaya meyillidirler [5].

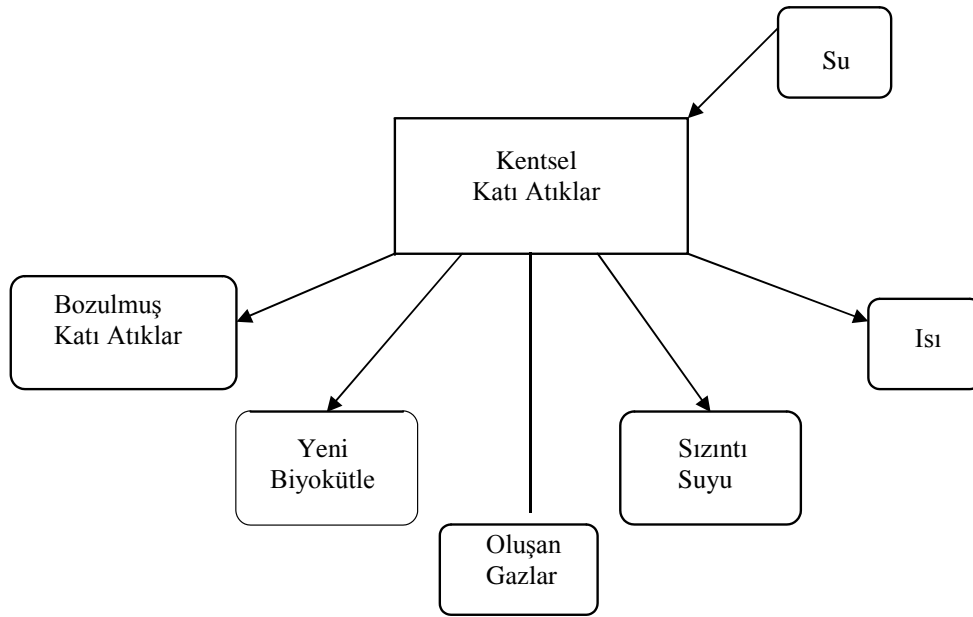
Yüksek miktarlarda VOC (uçucu organik karbon) mevcudiyeti, özellikle VOC içeren endüstriyel ve ticari atık kabul etmiş yaşlı depolama sahalarında gözlenmiştir. Tehlikeli atık bertarafının yasaklandığı yeni düzenli depolama sahalarında VOC konsantrasyonları çok düşüktür [5].

### **1.7. Depo Gazı Oluşumu**

Depolama sahasında gerçekleşen kentsel katı atıkların bozunması karmaşık bir prosestir. Bozunma fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir kombinasyonudur. Fiziksel bozunma sızıntı suyunun atıktan süzülmesi ve böylece atığın fiziksel özelliklerinde değişikliklerin meydana gelmesi şeklinde düşünülebilir. Kimyasal bozunma materyallerin sızıntı suyunda çözünmesidir. Kimyasal prosesler hidroliz, çözünme/çökme, adsorpsiyon/desorpsiyon ve iyon değişimi reaksiyonlarından oluşur. Biyolojik bozunma depolama sahasında atığın bozunmasının ana mekanizmasıdır. Biyolojik bozunma pH, redoks potansiyeli gibi değişkenleri etkilediğinden aynı zamanda kimyasal ve fiziksel bozunmayı da kontrol eder. Atığın fiziksel ve kimyasal bozunması depolama sahası stabilizesi için önemli olmasına rağmen, biyolojik bozunma en önemli prosestir. Biyolojik bozunma metan gazı üretilen tek prosestir. Biyolojik bozunma doğal olarak varolan bakteriler sayesinde gerçekleşir ve oldukça kompleks bir prosestir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunma prosesleri sonucu oluşan ürünler gösterilmiştir [5].

Biyolojik dönüşümler aerobik ve anaerobik bozunma olarak ikiye ayrılır. Atıkların biyolojik bozunmasının dört veya beş fazda gerçekleştiği düşünülmektedir. Beş fazla dört faz arasındaki fark, beş fazda anaerobik asit oluşum fazı geçiş fazı ve asit fazı olarak ayrılmasıdır. Burada biyolojik bozunma beş faz olarak değerlendirilmiştir.

1. faz aerobik bozunma fazıdır, 2. faz geçiş fazıdır, diğer fazlar anaerobiktir ve sırasıyla asit oluşum fazı, metan oluşma fazı ve olgunluk fazı olarak adlandırılırlar [5, 10]. Atıkların ayrışmasını sağlayan aerobik ve anaerobik olan organizmaların esas kaynağı günlük olarak atıkların üzerine dökülen nihai toprak örtüsüdür. Bu organizmaların diğer kaynakları çürütülmüş atık su arıtma tesisi çamurları ve geri devrettirilen sızıntı sularıdır. Kentsel katı atıklardan oluşan yan ürünler ise Şekil 1.3' de verilmiştir [5].



Şekil 1.3. Katı Atıkların Bozunması Sonucu Oluşan Ürünler [5]

Kentsel katı atıklardan yan ürün olarak Şekil 1.3' de belirtildiği üzere depo gazı oluşumuna etki eden faktörler gösterilmektedir.

Faz 1 (Aerobik bozunma) :Depolama sahasındaki biyolojik dönüşümler aerobik bozunma ile başlar. Aerobik prosesler oksijen varlığında gerçekleşir. Bu yüzden aerobik bozunma atık sahaya ilk döküldüğünde, henüz oksijen mevcutken gerçekleşir. Depolama sahasındaki oksijen miktarı, proses için gerekli oksijen

miktarından az olduğu zaman aerobik ayrışma duracaktır, aerobik proses sahanın üstü kapatılana kadar devam eder [5, 11].

Bozunmanın birinci basamağı esnasında, aerobik mikroorganizmalar organik maddeleri CO<sub>2</sub>, su, kısmen ayrılmış organiklere ve ısıya dönüştürürler. Aerobik bozunma aşağıdaki denklemle gösterilebilir:

Organik madde+Oksijen → CO<sub>2</sub>+Su+Biyokütle+Isı+Kısmen bozunmuş maddeler  
Mikrobiyal aktivitelerin yürütülmesi için karbon kaynağını oluşturan çözülmüş şekerler mikroorganizmalar tarafından kullanılırken oksijen tüketilmektedir. Aerobik bakteriler %90 oranında CO<sub>2</sub> üretirler ve sıcaklık 70 dereceye yükselir. Atığın aerobik ayrışması esnasında çıkan kokunun sebebi organik esterlerdir [8].

Anaerobik bozunma: Aerobik bozunmayı anaerobik bozunma takip eder. Katı atıkların anaerobik ayrışması genel olarak aşağıdaki denklemle açıklanabilir:

Organik madde+Su+Besi madde → CH<sub>4</sub>+CO<sub>2</sub>+NH<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>S+Biyokütle+  
Kısmen bozunmuş maddeler+Isı

1. fazdan sonra aerobik dönüşümden anaerobik dönüşüme geçilen 2. faz meydana gelir. Daha sonraki fazlar anaerobik dönüşüm fazlarıdır. Anaerobik dönüşüm 3 alt faza ayrılabilir. Bunlar:

- Asit oluşma fazı
- Metan oluşma fazı
- Olgunluk fazı' dır [11].

Faz 2 (Geçiş fazı) : Geçiş fazında oksijen tüketilir ve anaerobik şartlar oluşmaya başlar. Depolama sahası anaerobik olduğundan biyolojik dönüşüm reaksiyonlarında elektron alıcısı olan nitrat ve sülfat, azot gazına ve hidrojen sülfüre indirgenir. Anaerobik şartların başlangıcı atıkların oksidasyon-redüksiyon potansiyeli ölçülerek izlenebilir. Oluşan sızıntı suyunun pH'ı organik asitlerin mevcudiyeti ve karbondioksitin artmasının etkisi ile düşer [5].

Faz 3 (Asit oluşma fazı) : İkinci faz esnasında başlayan mikroorganizma aktivitesi bu fazda hızlanmaktadır. Bu fazda hidrolize olmuş organik bileşikler  $H_2$ ,  $CO_2$  ve yağ asitlerine dönüşürler. Bu fazı yürüten bakteriler asit oluşturan bakteriler veya asetojenler olarak adlandırılmaktadır. Bu faz aşamasında sızıntı suyu oluştuğu takdirde ortamda organik asit ve  $CO_2$  bulunması nedeniyle sızıntı suyunun pH'ı 5' in altına düşebilmektedir. Bu fazda birçok önemli nutrientler sızıntı suyuyla çıkar, eğer sızıntı suyu geri devredilmez ise sistemden gerekli nutrientler kaybedilecektir. Eğer sülfat mevcutsa  $H_2S$  oluşur [5].

Faz 4 (Metan oluşum fazı) : Metan oluşum fazında bir önceki fazda oluşan asetik asit ve hidrojen gazı metan bakterileri tarafından  $CH_4$  ve  $CO_2$ ' ye dönüştürölmektedir. Bu dönüşümü gerçekleştiren mikroorganizmalar metanojenler olarak adlandırılan anaerobik bakterilerdir. Bu fazda hem asit hem de  $CH_4$  üretimi birlikte ve birbirini takip ederek gerçekleşmektedir. Ancak bununla beraber asit üretim hızı önemli miktarda düşmektedir. Bu fazda asitler ve hidrojen gazı,  $CH_4$  ve  $CO_2$ 'ye dönüştürölmelerinden dolayı depo alanındaki pH 6,8-8 değerlerinin üstün çıkmaktadır. Oluşan  $CH_4$  ve  $CO_2$  miktarları zamanla arttığı için başlangıçta bu faz stabil olmayan faz olarak da adlandırılabilir [5, 11].

Faz 5 (Olgunluk fazı) : Olgunluk fazı metan oluşum fazı esnasında ortamda bulunan kolay ayrışabilen organik maddeler,  $CH_4$  ve  $CO_2$ ' ye dönüştüröldükten sonra başlamaktadır. Atık içerisinde nemin hareket etmesi, önceki fazlar esnasında nutrientlerin sızıntı suyu ile ortamdan ayrılması ve depo alanında yavaş ayrışan substratların bulunması nedeniyle depo gazı üretimi bu fazda oldukça azalmaktadır. Bu fazda yavaş yavaş gelişen gazlar  $CH_4$  ve  $CO_2$ ' dir. Az miktarlarda azot ve oksijen de bulunabilir [5]. Anaerobik ayrışma reaksiyonları şunlardır:

#### 1. Sulandırma

Katılar → Asılı Polimerler

#### 2. Hidroliz

Polimerler + Su → Monomerler

### 3. Fermantasyon

a. Monomerler  $\rightarrow$  Yağ asitleri + Alkoller +  $\text{CO}_2$  +  $\text{H}_2$

b. Monomerler  $\rightarrow$  Asetik asit

### 4. Asit Oluşma Fazı

Yağ asitleri, Alkoller  $\rightarrow$  Asetik asit +  $\text{CO}_2$  +  $\text{H}_2$  4a sülfat redüksiyonu

Yağ Asitleri, Alkoller +  $\text{SO}_4^{2-}$   $\rightarrow$   $\text{CO}_2$  +  $\text{H}_2\text{O}$  +  $\text{H}_2\text{S}$

### 5. Metan Oluşma Fazı

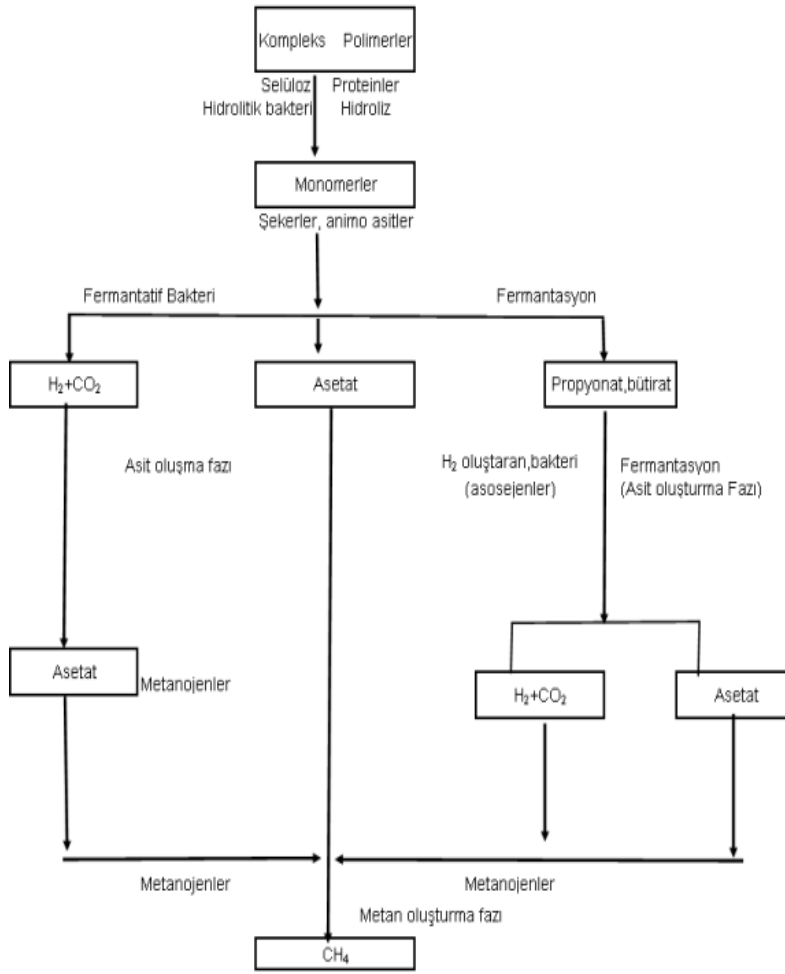
a. Asetik asit  $\rightarrow$   $\text{CH}_4$  +  $\text{CO}_2$

b.  $\text{CO}_2$  +  $\text{H}_2$   $\rightarrow$   $\text{CH}_4$

c. Yağ asitleri, Alkoller +  $\text{H}_2$   $\rightarrow$   $\text{CH}_4$  +  $\text{CO}_2$

Şekil 1.4.'de ise anaerobik ayrışma prosesleri ve karbonhidratların ara ürün olan yağ asitlerine ve  $\text{H}_2$ 'ye ve son ürünler  $\text{CH}_4$  ve  $\text{CO}_2$ 'ye ayrışmaları adım adım gösterilmiştir. Metan ( $\text{CH}_4$ ), Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) oluşum fazları fermantasyon ve fermantatif bakteri oluşum evrelerinden sonra meydana gelmektedir.

Bu aşamalardan biride asit oluşma fazı olup bu fazda metanojenler (Asetat), Su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ve Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) bileşimlerinin kimyasal ve fiziksel reaksiyonları sonucunda meydana geldiği görülmektedir. Metan oluşma fazlarından bir diğer safha olan fermantasyon safhasında ise Hidrojen ( $\text{H}_2$ ) ve fermantasyon asit oluşma fazlarından sonra metan gazı oluşmaktadır.



Şekil 1.4. Anaerobik Ayrışma Prosesleri [8]

## **BÖLÜM 2. DEPOLAMA SAHASI GAZINDAKİ METANDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ELDE ETME TEKNOLOJİLERİ**

Depolama gazı-enerji projesinin amacı, depolama gazını elektrik, buhar, Boyler yakıtı, araç yakıtı, baca gazı kalitesi gazı gibi yararlı enerji formlarına dönüştürmektir. Bu enerji formlarını üretirken depolama gazının değerini maksimize etmek için kullanılacak çeşitli teknolojiler vardır. En yaygın olanları:

- 1) Doğrudan gaz kullanımı,
- 2) Güç üretimi / kojenerasyon,
- 3) İyileştirilmiş gaz satışıdır.

Özel bir depolama alanının en iyi konfigürasyonu, uygun bir enerji marketinin varlığı, proje maliyeti, potansiyel gelir kaynakları, birçok teknik konu dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olacaktır. Bu bölüm, bir projenin fizibilitesine karar veren teknik konuları vurgulamaktadır, ve daha spesifik olarak doğrudan kullanım ve güç üretimiyle ilgili teknik konuların vurgular çünkü bunlar en yaygın geri kazanım seçenekleridir.

### **2.1. Doğrudan Gaz Kullanımı**

Depolama gazının en sık ve en maliyet-etkili kullanımı yakıtın Boyler veya endüstriyel proses (örn. Kurutma işlemleri, fırın işlemleri, çimento ve asfalt üretimi) için kullanımınıdır. Bu projelerde, gaz, mevcut tutuşturma ekipmanında yakıt veya yedek yakıt olarak kullanıldığı en yakın müşteriye doğrudan pompalanır. Sadece sınırlı kondanse bertaraf ve filtrasyon ekipmanı gerekir, fakat mevcut ekipmanın bazı modifikasyonu gerekebilir. A.B.D. 'de 30 civarında doğrudan kullanımlı depolama gazı projesi mevcuttur ve diğerleri geliştirilme aşamasındadır [12]. Depolama gazı bir müşteri tarafından kullanılabilir duruma gelmeden önce, gaz eldesine giriş yapabilmek için bir boru hattının inşa edilmesi gereklidir. Boru hattı inşaat fiyatları



mil (1600 m) başına 250.000\$-500.000\$ arasındadır. Bu yüzden, gaz müşterisine yakınlık bu seçenek için önemlidir. Genelde, boru hattının maliyetini üzerine alacak bir üçüncü şahıs projeye katılır [13].

Doğrudan kullanım gaz satışında müşterinin gaz ihtiyaçları da önemlidir. Çünkü depolama gazını depolamanın ekonomik bir yolu yoktur. Geri kazanılan bütün gazın mümkün olduğunca kullanılması gerekir veya beraberinde sağladığı gelir imkânlarıyla birlikte kaybedilir. Bu yüzden, ideal gaz müşterisi, depolama alanının gaz debisine uygun, kararlı, yıllık gaz talebi olan müşteri olacaktır. Depolama gazı debisinin tesisin tüm ihtiyaçlarını desteklemeye yetmeyeceği durumlarda, ihtiyaçların sadece bir kısmını karşılamak için kullanılmaya devam edilebilir.

Tablo 2.1’de boyuttaki depolama alanlarından MMBtu esasına göre beklenen yıllık gaz debilerini verilmektedir. Boyler yakıt ihtiyaçlarının depolama gazı çıkışıyla karşılaştırılmasında kullanılması gereken bir kural, saatte yaklaşık 8.000–10.000 Pound hacmindeki buharın, bir depolama alanındaki her 1 milyon ton atık için üretilbileceğidir. Bu kural uygulanarak, 5 milyon ton' luk depolama alanının, proses kullanımı için saatte 50.000 Pound buhar isteyen büyük bir tesisin ihtiyaçlarını karşılayacağı tahmin edilebilir [13].

Tablo 2.1, Depolama Alanı Boyutuna Göre Depolama Gazı Debileri

Depolama Gazı Boyutu	1 MMMg	5 MMMg	10M MMg
LFG Çıkışı (MMBtu/yıl) <sup>1</sup>	100.000	490.000	850.000
Buhar Debi Potansiyeli (lbs/saat)	10.000	45.000	85.000

<sup>1</sup> %90 kapasite faktörü (örn. mevcudiyet) kabul edilmiştir. Çıktı rakamlarına döngülerde dâhildir [13].

İdeal bir müşteriye ulaşılamıyorsa, gaz ihtiyaçları tamamlayıcı olan çeşitli müşterilere hizmet ederek kararlı bir gaz talebi oluşturmak mümkün olabilir. Örneğin, depolama gazının yıllık ihtiyacını oluşturmak için, bir asfalt üreticisinin yazlık gaz yükü belediye binasının kışlık ısıtma yüküyle birleştirilebilir.

Depolama alanı gazının düşük bu değerine göre ekipman modifikasyonları veya ayarlamaları gerekli olabilir ve modifikasyon maliyetleri değişecektir. Eğer sadece Boyler tutuşturucusunun yeniden ayarlanması gerekiyorsa maliyetler minimal olacaktır. Ancak, Boyler tutuşturucusu ayarları tipik olarak isteğe göre yapılmıştır ve toplam inşaat maliyeti 10.000 lb/saat'lik Boyler için 120.000\$'dan 80.000 lb/saat'lik Boyler için 300.000\$'a kadar değişebilir. Boru hattı inşaat maliyetleriyle birlikte, üçüncü bir şahıs ekipman modifikasyonları veya ilaveleri maliyetlerini üzerine alabilir [13].

Depolama gazının Boylerlerde, fırınlarda, kurutucularda veya diğer endüstriyel ekipmanda kullanımıyla birlikte gelen işletim ve bakım masrafları, konvansiyonel yakıtlar kullanıldığındaki işletim ve bakım maliyetlerine eşittir. Genelde, işletim ve bakım masrafları ekipmanın ne kadar iyi bakım gördüğüne ve gaz toplama sisteminin ne kadar iyi kontrol edildiğine bağlı olacaktır.

### **2.1.1. Depolama gazının doğrudan kullanım yakıtı olarak kullanılması durumundaki değerlendirmeler**

Depolama sahası gazından elde edilecek enerji miktarının hesabında; günlük olarak elde edilecek metan miktarının ve 1kW enerji üretmek için kullanılan sistemin enerji ihtiyacının bilinmesi yeterli olacaktır [13].

Depolama gazının toplanmasının ve Boylerler, fırınlar veya kurutucular gibi ekipmanlarda kullanılmasının kendine has yönlerini değerlendirmek önemlidir.

Optimal ekipman performansını sağlamaya yardım edecek örnekler ise aşağıdakileri içerir.

— Nem içeriği: Depolama gazı toplandığı zaman genelde %3–7 nem içeriğine sahiptir.

Depolama gazı borularında veya blowerlerde sistem kesikliğine yol açabilecek su blokajından kaçınmak için eğimli borular ve kondanse tuzaklar kullanılmalıdır. (örn. su bir gaz bloweri olarak dolaşabilir veya Boylerde alev kaybına neden olabilir.)

— Düşük alev sıcaklığı: Depolama gazı doğal gazdan daha düşük alev sıcaklığına sahiptir, bu nedenle Boylerde daha düşük ısıtıcı sıcaklıklarına sahiptir. Bu yüzden Boylerler depolama gazının kullanımını yerleştirmek için daha büyük ısıtıcılara ihtiyaç duyabilirler.

— Daha düşük Btu değeri: Toplama kuyuları fazla miktarda hava çekerse veya toplama borularında kırılmalar olursa depolama gazı ısı değeri düşürülebilir. İyi tasarım ve işletim uygulamaları, bu tür problemleri önleyebilir [14].

## 2.2. Elektrik/Güç Üretimi

Depolama gazının en yaygın kullanımı, bir kuruma ve/veya yakındaki bir güç müşterisine satılan elektrikle beraber, güç üretimi için bir yakıt olarak kullanımudur. Güç üretimi avantajlıdır, çünkü atık gazdan değerli bir son ürün, elektrik üretir. Kojenerasyon, sadece elektrik üretmek için bir alternatiftir.

Kojenerasyon sistemleri bir yakıt kaynağından elektrik ve termal enerji (örn. buhar, sıcak su) üretirler. Elektrik termal verimi: sadece üretim aralığının %20-50'ye değiştiği kojenerasyon sistemleri, birçok güç üretim döngüsünün yan ürünü olan "atık" ısıyı kullanarak yüksek verimler elde edebilirler.

Depolama gazı projeleriyle kojenerasyon edilmiş termal enerji alanda, ısıtma, soğutma ve proses ihtiyaçları için kullanılabilir, veya projeye ikinci bir gelir sağlamak için buharı ticari kullanıcıya en yakın endüstriye hatlarla ulaştırılabilir.

Güç üretmek için, çeşitli iyi çevrim teknolojileri mevcuttur. Bunlar; içten yanmalı motorlar, yakma türbinleri, Boyler/buhar türbinleridir. Gelecekte, yakıt hücreleri gibi diğer teknolojiler de ticari olarak uygulanabilir duruma gelebilir.

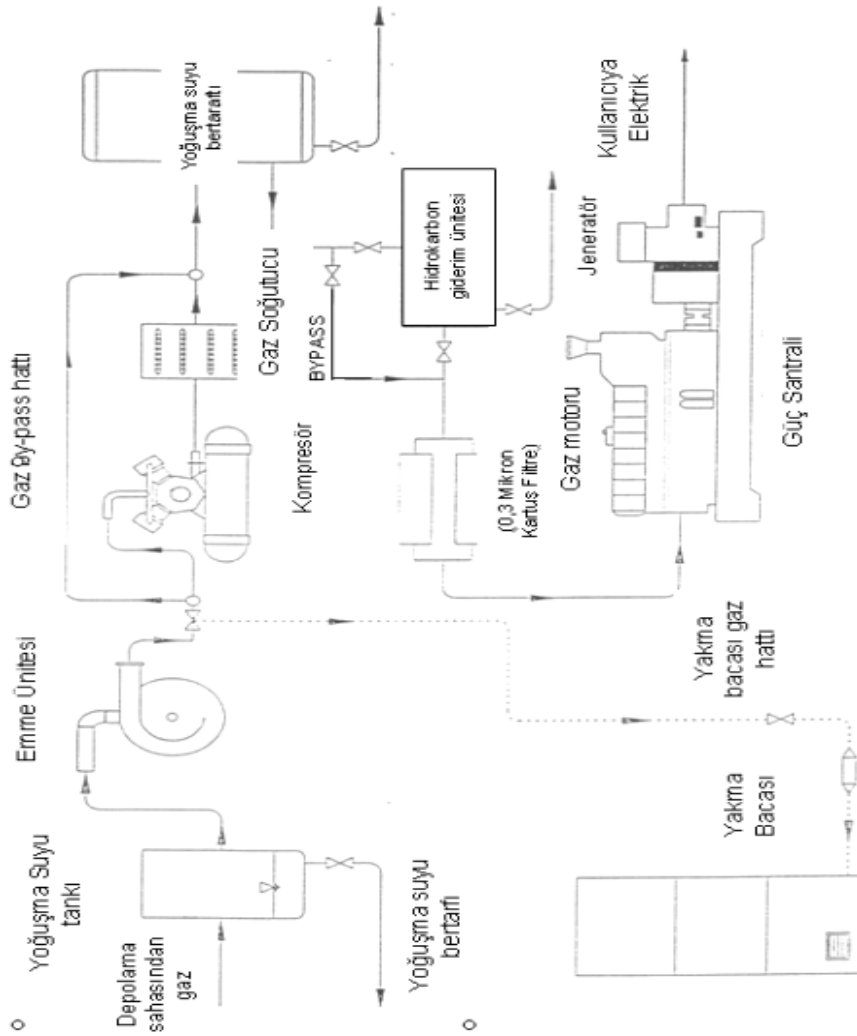
### 2.2.1. İçten yanmalı motorlar

İçten yanmalı motor (LC) depolama gazı uygulamalarında en yaygın kullanılan çevrim teknolojisidir; mevcut bütün depolama gazı projelerinin yaklaşık %80'i bunları kullanır [15]. Bu kadar yaygın kullanımın nedeni, onların nazaran daha düşük maliyeti, yüksek verimi ve birçok depolama alanının gaz çıkışıyla boyut olarak iyi uyumudur. Geçmişte, genel bir tecrübe kuralı olarak içten yanmalı motorları, gaz miktarının 1–3 MW üretim yapabildiği yerlerde veya depolama gazı debisinin 450 Btu/foot' da, yaklaşık 625.000–2 milyon feet<sup>3</sup>/gün olduğu yerlerde kullanılmıştır [15,16].

İçten yanmalı motorlar, depolama gazının elektriğe dönüştürülmesinde daha verimlidirler. Depolama gazları üzerinde çalışan içten yanmalı motorlar %25–35 arasında verimi başarmaya yeterlidirler. En yeni motor tasarımlarının şimdilerde depolama 'gazı kullanımlarında %5' den az bir verimi kaybetmelerine rağmen, geçmişte, bu motorlar doğalgazla işletim kıyaslaması yapıldığında, %5–15 daha az verimli olmuştur [17].

Atık suyun motor soğutma sistemlerinden sıcak su üretmek için veya düşük basınçlı buhar yapmak için motor egzozundan geri kazanıldığı kojenerasyon uygulamalarında, verim daha çok artar. Depolama gazı uygulamalarına adapte edilen içten yanmalı motorlar değişik boyutlarda mevcuttur, bir depolama alanındaki depolama gazı üretimi arttıkça ilave edilebilir.

Şekil 2.1. 'de depolama sahası gazında enerji eldesini amaçlayan örnek bir gaz motoru güç santralinin bileşenleri görülmektedir.



Şekil 2.1. Örnek Gaz Motoru Güç Santrali [20]

Çevresel izinler bazı IC motoru projeleri için bir konu olabilir. İçten yanmalı motorların tipik olarak diğer çevrim teknolojilerinden daha yüksek oranlarda NOx emisyonları vardır. Bu nedenle bazı yerlerde, çeşitli içten yanmalı motorlar kullanan bir proje için izin almak güç olabilir. Bu probleme işaret etmek için, motor imalatçıları, gelişmiş yakma ve diğer hava emisyon kontrol özelliklerini kullanarak daha az NOx üreten motorlar geliştirmektedirler. Bu gelişmeler, tesis tasarımcılarına büyük projelerde içten yanmalı motorlarını kullanmak için daha fazla esneklik sağlayacaklardır.

IC motorlar kullanan depolama gazı enerji projeleri için başlangıç montaj maliyetinin 1.100\$/net kW çıkış ile 1.300 \$/net kW çıkış arasında değiştiği tahmin edilmektedir [13]. Bu maliyetler 1milyon-10 milyon ton atık hacmine sahip depolama

alanlarındaki güç projelerinin göstergeleridir, maliyetler motoru, ilave ekipmanı, iç bağlantıları, gaz kompresörünü, inşaatını ve mühendisliği de içermektedir.

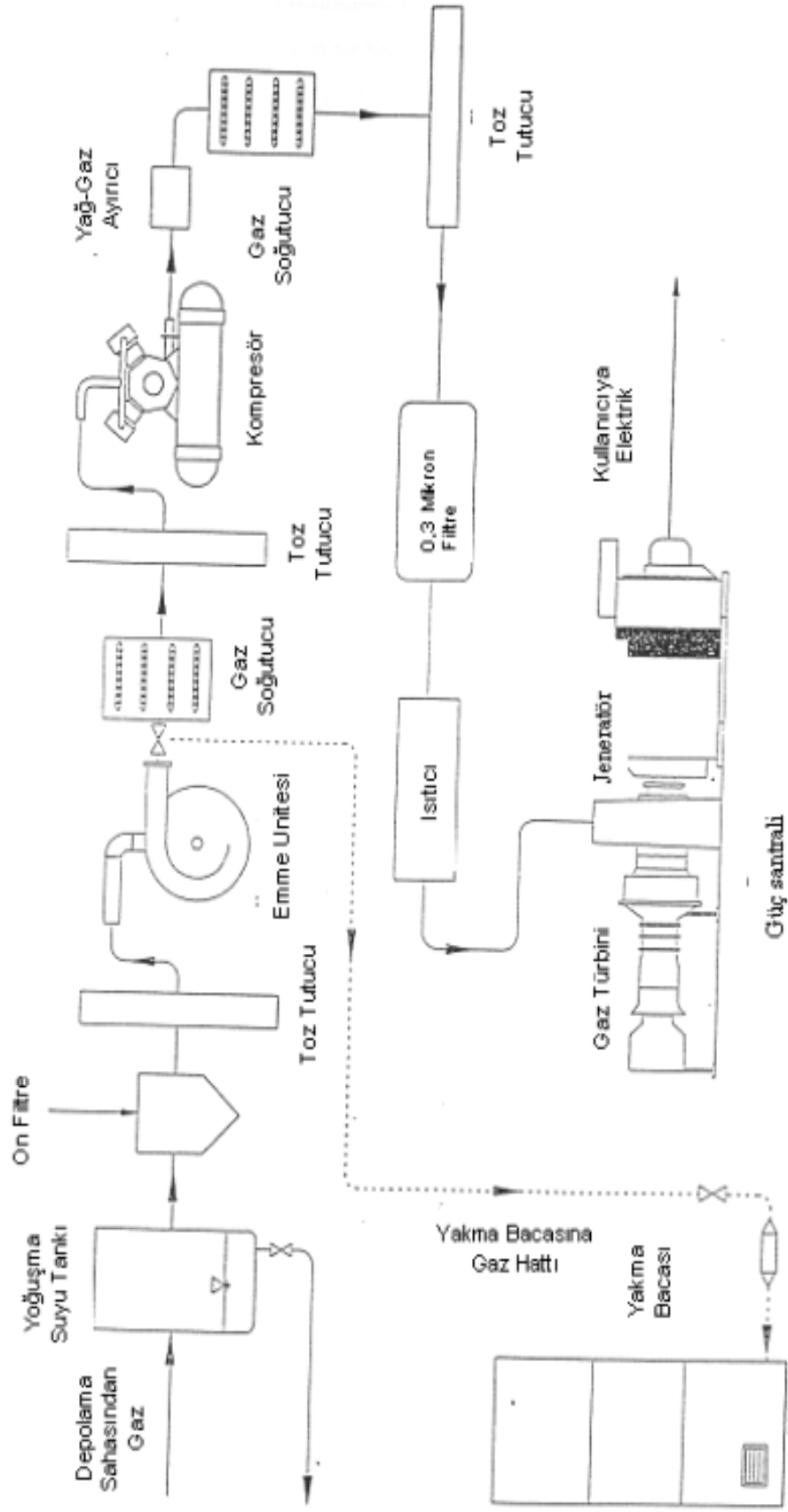
### 2.2.2. Yanma türbini

Yanma türbinleri (CT) genelde depolama gazı hacimlerinin minimum 3-4 MW üretmeye yettikleri, orta-büyük depolama gazı projelerinde kullanılırlar. (örn. gaz debisinin yaklaşık 2 milyon cfd'yi aştığı yerlerde). Bu teknoloji, daha büyük depolama gazı-elektrik üretim projelerinde rekabet edebilir çünkü birçok içten yanmalı motor sisteminden farklı olarak, yanma türbini sistemlerinin boyutlarının önemli ekonomik etkisi vardır. Üretim kapasitesinin kW başına maliyeti yanma türbini boyutu arttıkça düşer ve aynı zamanda elektrik üretim verimi genellikle artar [13].

Depolama gazı projelerine uygulanabilen basit-döngü yanma türbinleri, tam yüklemde %20–28 verimi başarırlar; ancak birim kısmi yüklemde çalıştığı zaman bu verim düşer.

İlave elektrik üretmek için yanma türbini egzozundaki atık ısıyı geri kazanan kombine döngü konfigürasyonları, sistem verimini %40 oranında artırabilir, fakat bu konfigürasyon, kısmi yüklemde daha az verimlidir [18].

Bunun anlamı, diğer jeneratör seçenekleriyle kıyaslandığında, basınçlandırma sistemini çalıştırmak için tesisin gücünden daha fazlasının gerekli olduğudur [19]. Bir avantajı, türbinlerin korozyon tahribatına içten yanmalı motorlardan daha dayanıklıdır.



Şekil 2.2. Örnek Gaz Türbini Güç Santrali [20]

Buna ek olarak, yanma türbinleri, içten yanmalı motorlarla kıyaslandığında daha iç içe geçmiş yapıda, düşük işletim ve bakım maliyetine sahiptir.

Basit döngü yanma türbinleri kullanan depolama gazı enerji kazanım projelerinin başlangıç montaj maliyetlerinin, 1 milyon-10 milyon ton atık hacmine sahip depolama alanlarındaki güç projeleri için sırayla 1.200 \$/kW -1.700 \$/kW çıkış olduğu, tahmin edilmektedir [13]. Maliyetlere, yanma türbinleri, yedek ekipman, iç bağlantılar, gaz kompresörü, inşaat, mühendislik harcamaları da dahildir.

Depolama gazı toplama sistemiyle bağlantılı maliyetler, bu tahminlere yansıtılmamıştır. 5 milyon-10 milyon ton atık hacmine sahip depolama alanlarına inşa edilmiş kombine-döngü sistemleri için, başlangıç montaj maliyetleri 1.400 \$/kW - 1.700 \$/kW çıkış aralığında değişmektedir.

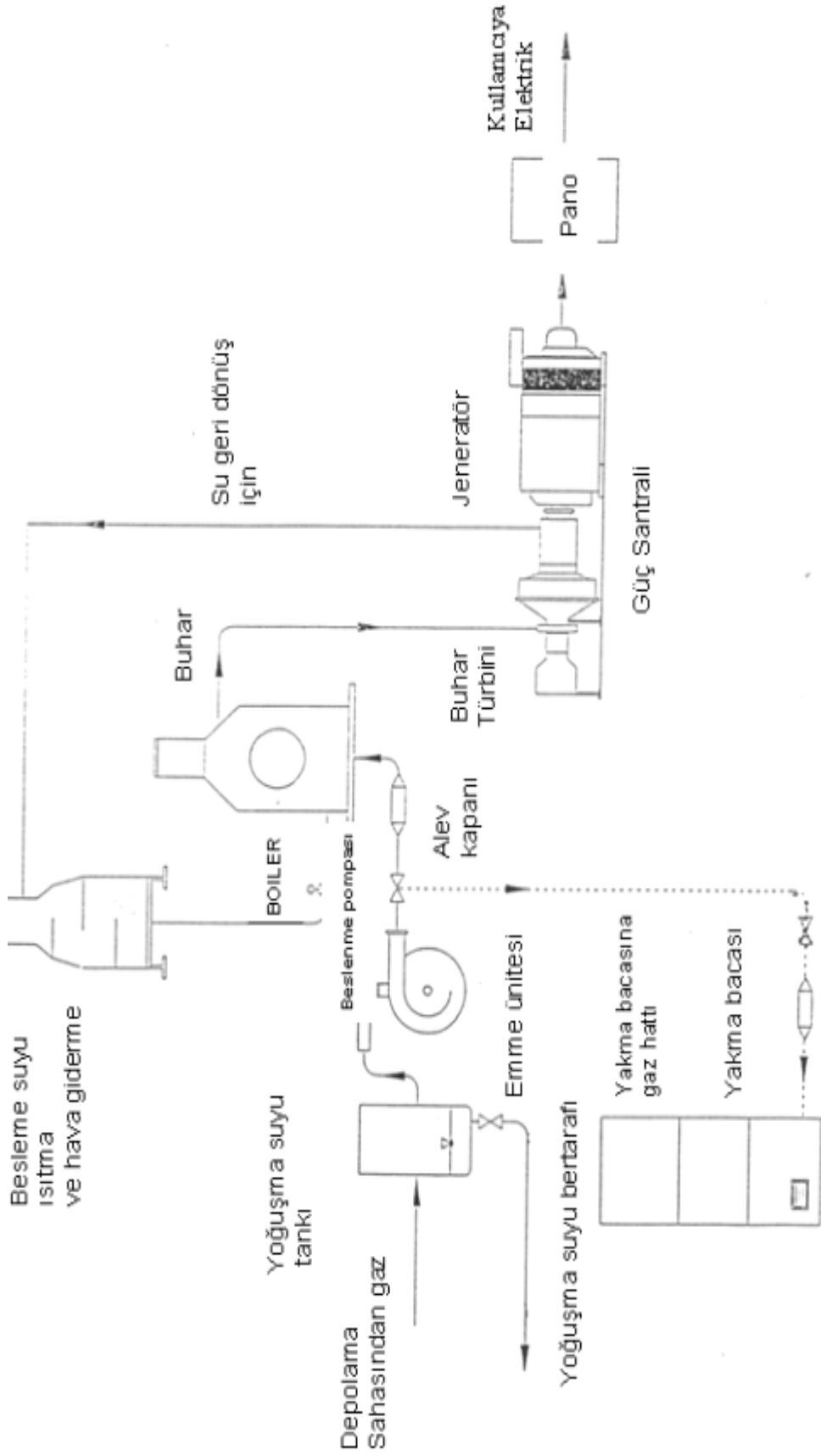
5 milyon ton atıktan az atık içeren depolama alanlarında, kombine döngü sistemleri ekonomik olarak rekabet edebilir nitelikte değildir. Şekil 2.2.' de örnek bir gaz türbini güç santrali görülmektedir.

### **2.2.3. Boyler/buhar türbini**

Boyer/buhar türbin konfigürasyonu üç depolama gazı güç çevrim teknolojisinden en az kullanılanıdır. Genelde, gaz debisinin 8–9 MW'lık sistemleri desteklediği, çok büyük depolama alanı gazı projelerinde uygulanabilir. (örn. gaz debisinin 5 mmcf'den büyük olduğu yerlerde) [13]. Boyler/buhar türbinleri, genelde paketlenmiş bir birim olan konvensiyonel gaz/sıvı yakıt Boyleri ve elektrik üreten buhar türbin jeneratörü içerir. Bu teknoloji genelde tam bir su arıtma ve soğutma döngüsünü ve yeterli proses kaynağını ve soğutma suyunu gerektirir.

Boyer/buhar türbin sistemleri, İçten Yanmalı motorlardan veya yanma türbini sistemlerinden daha yüksek oranda kW başına maliyete sahiptirler, bu yüzden sadece en büyük depolama alanı gaz projesi bu teknolojiyi karşılayabilir. Şekil 2.3. 'te örnek bir depolama sahası gazı yakıtlı buhar güç santrali görülmektedir.





Şekil 2.3. Örnek Depolama Sahası Gazı Yakıtlı Buhar Güç Santrali [20]

#### 2.2.4. Yakıt hücresi

Depolama gazında çalışan yakıt hücreleri, modülarite, düşük kapasite, yüksek verim, sessiz işletim, düşük çevresel etki nedeniyle güç üretimi için yüksek verim gösterirler. Bu nedenlerden dolayı, yakıt hücreleri, bir kere tam olarak uygulandıktan sonra, depolama gazından güç eldesi için ideal bir teknoloji olabilir. Depolama gazı için çalıştırılan birkaç yakıt hücresi ticari işletimdeyken, depolama gazı kullanabilen yakıt hücreleri hala geliştirme/gösterim aşamasındadır [13]. En büyük engel, yakıt hücresinde kullanılmadan önce depolama gazının temizlenmesi için uygun bir sistem geliştirilmesi olmuştur.

Yakıt hücreleri, hidrojeni (depolama gazı gibi bir yakıt kaynağından kazanılan) ve oksijeni(havadan elde edilen) bir elektrokimyasal reaksiyonda birleştirerek enerji oluştururlar. Yüksek verimlerde (örn. %50 veya daha fazla), yakıt ve hava eldesi olduğu sürece, elektrik sürekli üretilir. Güç üretimi için uygun üç tip yakıt hücresi vardır: fosforik asit yakıt hücreleri; monten karbonat yakıt hücreleri ve katı oksit yakıt hücreleri.

Yakıt kaynakları olarak Hidrojen gazı veya yeniden formlandırılmış metanol kullanan fosforik asit yakıt hücreleri (PAFC), bir depolama gazı uygulamasının ticarileştirilmesine en yakın olanlardır. 200-kW'lık P AFC tesisi Kaliforniya, Sun Valley, Penrose Depolama Alanında EPA tarafından test edilmiş. Swanekamp, 19951 Northeast Utilities, 1995'in sonunda Connecticut Groton'da Flanders Road depolama alanında bir test birimi monte etti ve alanda işletim Haziran 1996'da başlamış.

Northeast Utilities'in bayilerinden Connecticut Işık&Güç firması, test birimini işletmekte ve bakımını yapmaktadır ve ürettiği gücün 140 kW'ını kullanmaktadır. Buna ek olarak, enerji bölümü, depolama gazı uygulamaları için monten karbonat yakıt hücresi teknolojisini sunmaya çalışmaktadır. Yakıt işleme ve elektrik üretimi faaliyetleri belirli bir program dahilinde yapılması gereken çalışmalardır.

### 2.2.5. Kojenerasyon

Kojenerasyon; ısı ve elektrik enerjisi üretiminin aynı tesiste ve genellikle tek çeşit yakıt kullanılarak, birlikte gerçekleştirildiği ve atıl ısıdan veya buhardan yeniden yararlanmayı hedefleyen sistemlere verilen genel isimdir. Ülkemizde tercüme edilmiş haliyle "birleşik ısı-güç üretim sistemleri" olarak anıl~aktayken, diğer ülkelerde olduğu gibi, kolay, kulağa hoş gelen bir isim olarak "kojenerasyon" bileşik kelimesi gittikçe daha yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kojenerasyon çok önemli bir enerji tasarruf yöntemidir. Bilindiği üzere; endüstriyel tesislerin ticari işletmelerin ve yerleşim birimlerinin elektrik ve ısı enerjisine ihtiyaçları vardır. Bu ihtiyacın karşılanması için elektrik ve ısı enerjisinin "Kojenerasyon" yöntemiyle birlikte üretilmesi, ayrı ayrı üretilmelerine kıyasla daha az yakıt kullanımıyla gerçekleştirilebilmektedir.

Sadece elektrik enerjisi üreten bir sistemde termik verim en modern uygulamalarda dahi % 55 civarındadır. Görüldüğü üzere kullanılan yakıtın maksimum % 55'lik kısmı faydalı enerjiye çevrilebilmekte, geri kalan % 45'lik kısım ise mekanik ve termik kayıplar olarak faydalı enerjiye çevrilememektedir. Termik kayıpların en önemlisi ise kondenser kayıplardır [21].

Bilindiği üzere kondensasyon sistemlerinde türbinde iş yapan buhar, kondenserde oluşturulan vakum sayesinde daha alt basınçlara kadar genişleyebilmekte ve böylece buhar türbininden daha fazla iş elde edilebilmektedir. Kondenserde vakum oluşturabilmek için çeşitli soğutma teknikleri kullanılmakta ve soğutma işlemi nedeniyle atmosfere zorunlu ısı deşarjı yapılmaktadır.

Atmofere deşarj edilen bu ısının kullanılması genel verimi artırır. Bu miktar ısının ayrıca üretilmesi halinde meydana gelecek kazan kayıpları da dikkate alındığında en eski haliyle yukarıda anlatılmaya çalışılan kojenerasyon yönteminin sağladığı ekonomi daha iyi anlaşılır.

Bu nedenle kojenerasyon:

Yaygın olarak kullanıldığı her ülkede önemli yakıt tasarrufu sağlar.

Birim faydalı enerji üretimine düşen yanma ürünü emisyon miktarı, diğer yöntemlerin emisyon miktarına göre oldukça düşüktür. Dünya çapında düşünüldüğünde global kirlenmeye karşı en etkin yöntemlerden biridir.

Elektrik enerjisine ihtiyaç duyulan tüketim merkezleri yakınında kurulacağından, sistem stabilizasyonu açısından tercih edilir ve ekonomi sağlar. Ekonomi sağladığı için dikkatli çalıştırılır ve bu nedenle daha güvenlidir.

Yukarıda arz edilen özellikleri nedeniyle tüm dünyada yaygınlaşması için çaba gösterilen ve desteklenen bir sistemdir.

#### **2.2.5.1. Kojenerasyonun tarihçesi**

Gelişmiş ülkelerde kojenerasyonun uygulamaları elektrik enerjisi üretimi ile birlikte başlamıştır. 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başlarından itibaren endüstriyel işletmeler, kendi elektrik üretim tesislerini, ısı ihtiyaçlarını da dikkate alarak tesis etmişler ve ülke bazında genel elektrik enerjisi üretiminde oldukça önemli bir yer tutmuşlardır.

Ancak bilahare yeni ve ucuz yakıt kaynaklarının bu ülkelerin kullanımına sunulması ve güçlenen ulusal şebekeleri nedenleriyle, elektrik enerjisinin ulusal şebekeden, kaliteli, ucuz, güvenilir ve zahmetsiz olarak temin edilebilir olması nedeniyle, Avrupa ülkelerindeki şehir ısıtım sistemleri hariç olmak üzere kojenerasyon uygulamaları genel olarak duraklamaya girmiş ve bu duraklama ve gerileme trendi, ülkelere göre farklılık göstermekle birlikte 1973 ve 1979 petrol şoklarına kadar devam etmiştir. Bu tarihlerden sonra "kojenerasyon" tekrar önem kazanmış ve daha yaygın olarak teşviklerle desteklenmiştir. Giderek yaygınlaşmakta olan kojenerasyon sistemlerinin desteklenerek elektrik enerjisi üretiminde daha önemli bir yer tutması Dünya Enerji Konseyinin de hedefleri arasında yer almaktadır.

#### **2.2.5.2. Kojenerasyon çeşitleri**

Kojenerasyon sistemlerini başlıca iki grupta toplamak mümkündür. Birincisi; elektrik enerjisinin ısı enerjisinden önce üretildiği sistemler olup, bunlar karşı-basınç türbinli,

ara buhar çekmeli, türbin öncesi buhar çekmeli, gaz türbini ve atık ısı kazanlı, yüksek kondensasyon sıcaklıklı, dizel generatör ve gaz motorlu uygulamalar olarak ayrıca gruplandırılabilirler.

İkincisi ise; önce proses buharının üretilip iş yapan buharın daha alt basınç ve sıcaklık parametrelerinde buhar türbininde mekanik ve elektrik enerjisine çevrildiği veya endüstriyel tesislerde egzotermik proses reaksiyonlarından, yüksek fırınlardan ısı kazanımıyla yapılan elektrik enerjisi üretimini kapsar [21].

Birinci grupta bahsedilen sistemler daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda bu sistemler detaylı bir şekilde izah edilmiştir.

### **2.2.5.3. Konvansiyonel kojenerasyon uygulamaları**

#### **a) Karşı Basınçlı Sistemler**

Evvelce açıklandığı üzere konvansiyonel elektrik üretim tesislerinde önemli miktarda ısı kondanser ile atmosfere deşarj edilmektedir. Eğer türbinden çıkan buharın basınç ve sıcaklığı diğer bir işte kullanılacak seviyede tutulabilirse, kondanserden atmosfere atılacak bütün ısı faydalı enerji olarak kullanılabilir. Bu, türbini kondensasyon yerine karşı-basınçla çalıştırmak durumunda mümkün olur. Türbinden atmosfer basıncı üzerinde bir basınç seviyesinde alınan egzost buharı, direkt olarak proses buharı olarak veya çeşitli eşanjörlerden geçilerek tesisin veya çevredeki yerleşim birimlerinin ısı ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılabilir.

Bu sistem genel olarak ısı ve elektrik enerjisi ihtiyaçlarının birbirine eşit olduğu durumlarda kullanılır. Bu uygulamada üretilen elektrik enerjisi bir miktar düşmekle birlikte % 85–90 genel verimliliğe ulaşmak mümkündür [21].

#### b) Ara Buharlı Sistemler

Kompleksin teknolojik buhar ihtiyacı türbin için gerekli miktardan daha az olması veya teknolojik buhar ihtiyacının sabit olmaması durumunda, karşı-basınçlı sistemler yerine ara buharlı sistemler kullanılır.

Bu sistemde türbinin bir veya daha fazla yerinden alınan buhar, doğrudan proses buharı olarak veya çeşitli eşanjörlerden geçirilmek suretiyle gerekli ısıtma sistemlerinde kullanılır.

#### c) Türbin Öncesi Buhar Çekilen Sistemler

Bu sistemde kompleksin teknolojik buhar ihtiyacı, kazanda üretilen taze buharın buhar türbinine girişinden önce ana buhar hattından çekilen taze buhardan karşılanır. Çekilen buhar direkt prosese veya çeşitli eşanjörlerden geçirilerek buhar veya sıcak su olarak kullanıcılara gönderilir.

#### d) Kondensasyonlu Türbinlerde Soğutma Suyunun Sıcak Su Olarak Yerleşim Bölgelerinin Isıtılmasında Kullanıldığı Sistemler

Kondensasyonlu türbinlerde kondenser basınca biraz yüksek tutularak, soğutma işlevi gören soğutma suyu sıcaklığının yerleşim bölgelerinin ısıtılmasında kullanılacak seviyelere çıkarılması mümkündür.

#### **2.2.5.4. Gaz türbini bazlı elektrik üretim tesislerinde kojenerasyon uygulamaları**

Kojenerasyon sistemleri elektrik enerjisi ile birlikte proses buharı veya sıcak su olarak ısı enerjisi de ürettiklerinden, kullanıcıların olumsuz etkilenmemeleri için üretimin yüksek emreanadelik ve güvenilirlikte gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Gaz türbini bazlı kojenerasyon sistemleri, yüksek verimleri minimum çevresel etkileri, yüksek emreanadelik oranları ve dizayn ve işletmede sağladıkları fleksibilite ile son yıllarda en çok tercih edilen kojenerasyon sistemleri durumuna gelmişlerdir.

#### a) Gaz Türbini ve Atık Isı Kazanlı Sistemler

Bu sistemde elektrik enerjisi gaz türbininde üretilir. Yüksek sıcaklık ve debideki gaz türbini egzost gazı atmosfere atılmak yerine atık ısı kazanından geçirildiğinde yüksek sıcaklık ve basınçta buhar elde edilir.

Üretilen buhar, kazan çıkış parametrelerine veya çeşitli eşanjörlerle istenilen parametrelere getirilerek kullanıcılara gönderilir. Son yıllarda ülkemizde servise giren kojenerasyon uygulamaları genellikle bu sistemdedirler.

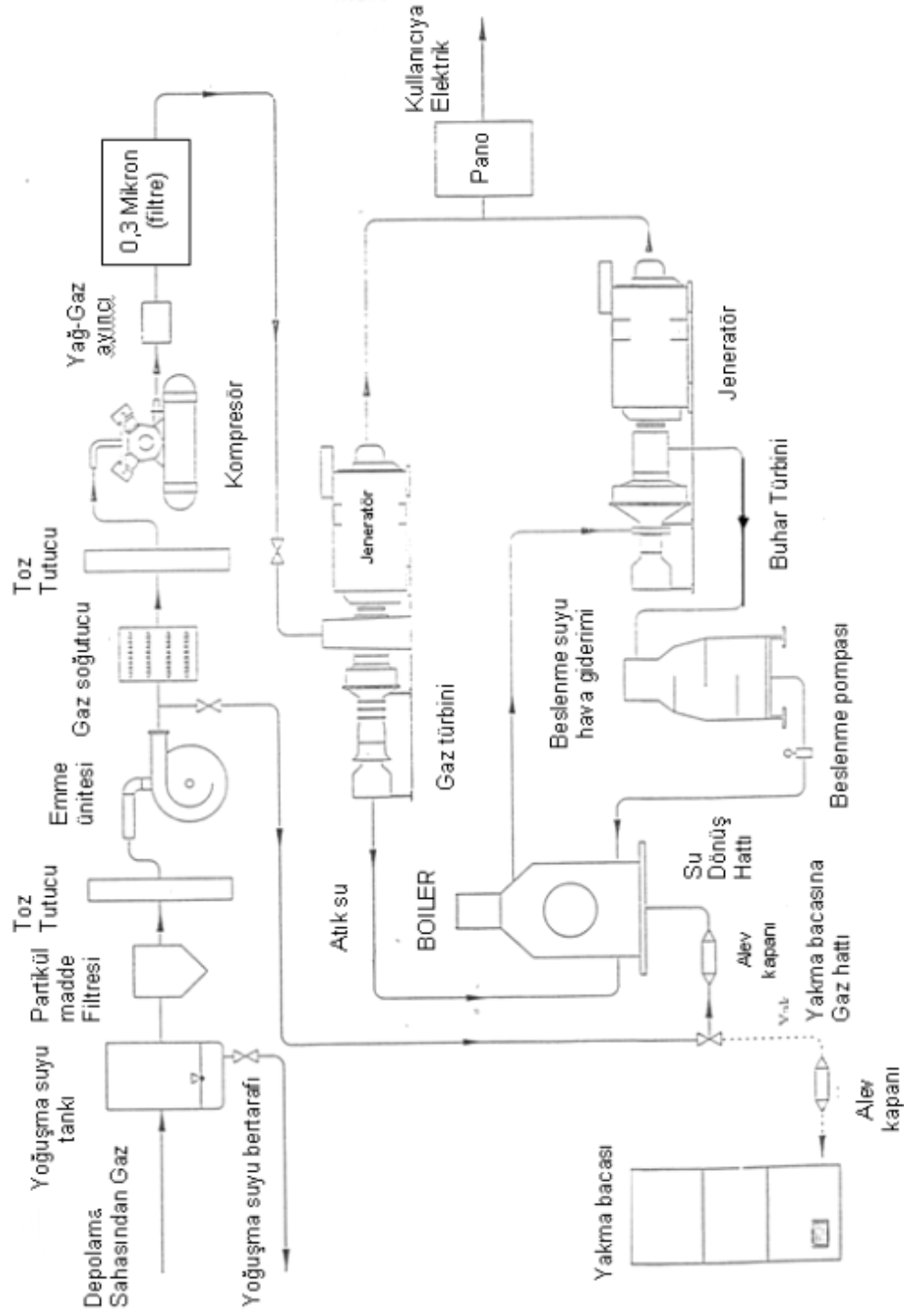
Gaz türbini ünitesinin arıza ve bakım durumlarında ısı enerjisi üretiminin aksamaması için kazanlara ilave yakma sistemleri de monte edilebilir. Ayrıca atık ısı kazanında egzost gazı enerjisi ile üretilebilen ısı enerjisinin ihtiyacı karşılamadığı durumlarda da ilave yakma sistemleri kullanılabilir [21].

#### b) Kombine Çevrim Uygulamaları

Genel anlamda kombine çevrim, gaz türbini çevrimi ile buhar çevriminin bir sistem içine alınarak birbirini tamamlayıcı şekilde çalıştırılmasını ifade etmektedir. Son yıllarda gaz türbini teknolojisindeki gelişmeler neticesinde % 55 mertebesinde termik verimliliğe ulaşan kombine çevrim santralleri günümüzün en popüler elektrik enerjisi üretim sistemlerinden biri olmuştur.

Kombine çevrim santrallerinde gaz türbinlerinden üretilen elektrik enerjisine ilave olarak gaz türbin egzozuyla çalışan atık ısı kazanlarında üretilen buharın, buhar türbini ile tekrar elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasıyla yüksek termik verimliliğe ulaşılmaktadır.

Ayrıca gaz motorlu sistemlerde elektrik enerjisi gaz motoru jeneratörü grubuyla üretilirken, sistemden atılan ısının geri kazanımı yoluyla ısı enerjisi üretilir [21]. Şekil 2.4. 'te depolama sahası gazı kombine çevrim kullanım sistemi görülmektedir.



Şekil 2.4 Örnek Depolama Sahası Gazı Kombine Çevrim Kullanım Sistemi [20]



Ülkemizde 180 MW Aliğa, 1200 MW Trakya (Hamitabat), ve 1350 MW Ambarlı Kombine Çevrim Santralleri bu tip enerji üretim sistemleri içerisinde dünya çapında önemli bir yer tutmaktadır. Kombine çevrim santralleri ilave yanmasız, tam yanmalı ve paralel güç üniteli olarak başlıca üç grupta toplanabilirler. Evvelce belirtildiği üzere konvansiyonel termik santrallerde uygulanan tüm kojenerasyon teknikleri kombine çevrim santrallerinde de kolaylıkla uygulanabilir [21].

Aşağıdaki Tablo 2.2' de elektrik üretim teknolojilerinin kıyaslaması yapılmıştır.

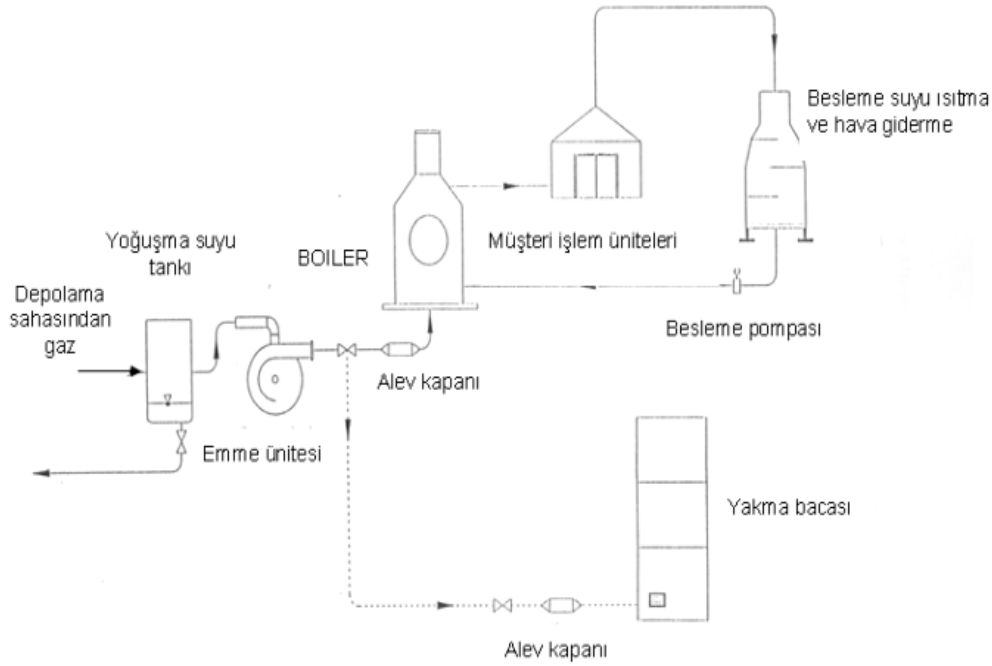
Tablo 2.2. Elektrik Üretim Teknolojilerinin Kıyaslanması

	İçten Yanmalı Motorlar	Yanma Türbinleri	Buhar Türbini/Boyer
Tipik Proje Boyutu (MW)	>=1	>3	>8
Depolama Gazı İhtiyacı (mcf/gün)	>=625	>2.000	>5.000
Tipik Başlangıç Maliyeti (\$/kW)	1.100 – 1.300	1.200 – 1.700	2.000 – 2.500
Tipik İşletim/Bakım Maliyeti (cent/kWsaat)	1.8	1.3 – 1.6	1.0 – 2.0
Elektrik Verimi (%)	25 – 35	20 – 28 (CT) 26 – 40 (CCCT)	20 – 31
Kojenerasyon Potansiyeli	Düşük	Orta	Yüksek
Basınçlandırma İhtiyacı (Gaz basıncı girdisi psig)	Düşük (2 – 35)	Yüksek (165+)	Düşük (2 – 5)
Avantajları	<ul style="list-style-type: none"> <li>Düşük maliyet</li> <li>Yüksek verim</li> <li>En yaygın teknoloji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Korozyona karşı dirençli</li> <li>Düşük işletim bakım maliyeti</li> <li>Küçük fiziksel boyut</li> <li>Düşük NO<sub>x</sub> emisyonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Korozyona karşı dirençli</li> <li>Gazı kompozisyonu ve debi değişimlerine uyumluluk</li> </ul>

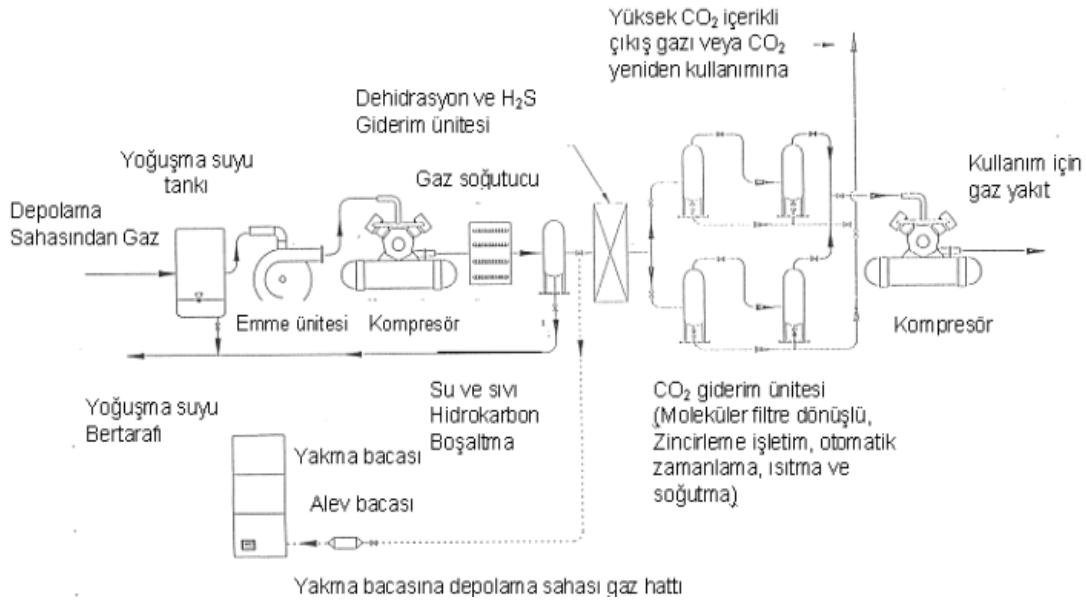
Üçüncü bir proje seçeneği, doğalgaz boru hattına enjeksiyon için, depolama gazını yüksek Btu-ürünü kalitesine yükseltmektir. Bu seçeneğin daha yüksek başlangıç maliyeti yüzünden, ilave geri kazanılabilir gazı olan sadece bu depolama alanları için maliyet etkili olabilir (örn. en az 4 milyon cfd) [22]. Bu uygulama, CO<sub>2</sub> ve

kalıntıların uzaklaştırılması için gazın daha fazla arıtılmasını gerektirir. Buna ilave olarak, gaz şirketleri, gazın boru hattı sistemlerine enjeksiyonunun, ilave kalite kontrol ve basınçlandırma gereksinimleri getirebilen sıkı kalite spesifikasyonlarına uygun olmasını isterler. Ancak, geri kazanılan tüm gazın kullanılması mümkün olacağından bu, bazı depolama alanı sahipleri için cazip bir seçenek olabilir. Kalitesi yükseltilmiş gaz, enterkonnekte noktasındaki boru hattı basıncına uygun olmak için önemli miktarda basınçlandırmaya ihtiyaç duyacaktır. Düşük ve orta basınç hatları 10–30 Pound/ inç<sup>2</sup> gerektirirken, yüksek basınç hatları, 300–500 Pound/ inç<sup>2</sup> kadar basınç gerektirebilirler.

Şekil 2.5. de ısı iletimi ile birlikte düşük kalite yakıt sistemleri ve Şekil 2.6.'da örnek yüksek kaliteli depolama sahası gazı yakıt sistemlerinin akım şemaları görülmektedir.



Şekil 2.5. Örnek Isı İletimiyle Birlikte Düşük Kalite Yakıt Sistemi [20]



Şekil 2.6. Örnek Yüksek Kaliteli Depolama Sahası Gazı Yakıt Sistemi [20]

### 2.3. Depolama Sahası Gazının Alternatif Kullanım Yöntemleri

Diğer depolama gazı kullanım seçenekleri, gazın alanda kullanımını (küçük depolama alanları için kısmen uygun olabilir), sera gazlarının ısıtılmasını, CO<sub>2</sub> ve diğer uygun sanayi uygulamalarının üretilmesini veya basınçlı doğal gaz veya metanol gibi araç yakıtı olarak kullanılmasını içerirler. Yerinde uygulamalar sınırlı kullanımdadır. Araç yakıtı kullanımları genelde ticaret aşamasındadır, sadece birkaç proje yerindedir. Bu ve doğan diğer uygulamalar, örneğe dayalı olarak değerlendirilmelidir. Belli bir depolama alanındaki başarı eğilimleri, depolama alanının gereksinimleri, boyutu, gazın kalitesi gibi alan-spesifik faktörlere bağlıdır. Yönetmelik gelişmeleri, işletimcinin amaçları (örn. bir belediye alanı için alternatif, düşük emisyonlu yakıt kaynağı cazip olabilir.), ve potansiyel müşterilerin ihtiyaçları da önemlidir.

#### 2.3.1. Araç yakıtı olarak depolama gazı (CNG)

Los Angeles Eyaleti Bölgesi'nin Puente Tepeleri Depolama alanı, depolama gazını temiz bir araç yakıtına dönüştürmeyi başardı. Çevre bölgesi, alanda sıkıştırılmış bir depolama gazı yakıt istasyonu kurdu ve Sierra, pikabını Hecules su kamyonuna

dönüştürdü ve ilk dört çöp kamyonunun sıkıştırılmış gazla çalıştırılmasını sağladı. Bu proje, depolama alanındaki aşırı gazın yakılma ihtiyacını elimine etti ve aynı zamanda araç emisyonlarını azaltmış.

### **2.3.2. Metanol üretimi**

Kaliforniya Güney Yakası Hava Kalitesi Yönetimi İlçesinden 500.000 \$'lık bir finans kullanan, TeraMeth Endüstrisi. Depolama gazından A sınıfı metanol üretmek için kendi patentli teknolojisini modifiye etmiştir [13].

Metanol (federal hükümetin ve eyaletin yeniden formüle ettiği benzin içeriği için MTBE' deki önemli element), ilk olarak, katalistle doyurulan bir sentez gazının oluşturulmasıyla üretilmiştir.

### **2.4. Uygulama Örneği Olarak İstanbul Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Enerjisi Üretimi Tesisleri**

Son yıllarda, İstanbul'da nüfusun artması ve endüstrileşme ile birlikte üretilen katı atık miktarı gün geçtikçe artmaktadır. İstanbul'da günlük üretilen katı atık miktarı 1995 yılında 8 bin ton iken, 2006 yılında bu rakam 14 bin tona ulaşmıştır. İstanbul İl Çevre ve Orman Müdürlüğü verilerine göre bu atıkların yaklaşık olarak %50'sini organik atıklar, %35'ini geri kazanılabilir atıklar, %15'ini ise kül, cüruf, taş ve diğer atıklar oluşturmaktadır [24].

Katı atık yönetim sistemleri, düzenli depolama, geri dönüşüm, katı atığın biyolojik yöntemlerle işlenmesi (kompost), termal yöntemlerle giderim (yakma, gazifikasyon, piroliz) gibi metotlar içermektedir. Bu yöntemlerden İstanbul'da en yaygın olanı düzenli depolama yöntemidir. Günde yaklaşık olarak 12 bin ton atık düzenli olarak depolanmaktadır. Düzenli depolamada, alan ihtiyacı fazla olmakla birlikte, kirliliği çok yüksek olan sızıntı suyu ve uçucu organik bileşikler oluşmaktadır. Yakma yöntemi ise oluşturduğu yan ürünler açısından birçok dezavantaja sahiptir. Örneğin yakma sonucu oluşan küller toksik ağır metaller taşımaktadır. Ayrıca baca gazında furan, dioksin gibi toksik özellikte klorlu bileşikler oluşmaktadır [25].

Son yıllarda atığın termal bertarafı ve enerji kazanımı kapsamında piroliz, konvansiyonel ve plazma gazifikasyon gibi yeni metotlar geliştirilmektedir. Konvansiyonel gazifikasyon yöntemi ile organik atıklar, 1000-1300 C° sıcaklık aralığında ve kontrollü oksijen ortamında sentez gaza dönüştürülmektedir [26]. Bu yöntemle atıkların hacmi önemli miktarda azaltılmaktadır.

Ayrıca atıktan sentez gaz elde edilmekte ve bu gazlardan elektrik enerjisi üretilmektedir. Gazifikasyon yan ürünleri olan kül, cüruf ve eriyik malzemeler tekrar kullanıma uygun ve ekonomik değeri olan ürünlerdir. Baca gazı emisyonunda ise dioksin ve furan emisyonu önemli derecede azaltılmaktadır.

## 2.5. Atığın Termal Gazlaştırılması

Termal gazifikasyon yüksek sıcaklıkta ve oksijenli ortamda organik atıklardan sentetik gaz üretilmesi prosesidir. Gazifikasyon sonucu üretilen sentetik gazın büyük bir bölümü hidrojen (H<sub>2</sub>) ve karbon monoksit (CO), kalan az miktarda kısım ise metan (CH<sub>4</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve diğer gazlardan oluşmaktadır [25,26,27,28]. Termal gazifikasyonda üç teknoloji mevcuttur. Bunlar piroliz, konvansiyonel gazifikasyon ve plazma gazifikasyondur.

Gazifikasyon yakmadan farklı bir prosestir. Yakmada ürün olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve su buharı oluşmaktadır. Ayrıca yakma prosesi sırasında dioksin ve furan gibi toksik özellikli bileşikler oluşmaktadır. Termal gazifikasyonda ise dioksin ve furan emisyonu önemli derecede azaltılmaktadır [26]. Dioksin ve furan karbon ve oksijenden oluşan temel molekül yapılarıdır. Dioksinler ve furanlar üzerinde yapılan araştırmaların hemen hemen hepsi klorlanmış türler olan poliklor dibenzo-dioksin (PCDDler) ve poliklor dibenzo-furan (PCDFler) üzerinde odaklanmıştır. 75 farklı PCDD ve 135 farklı PCDF mevcuttur. Klor ve brom gibi halojenleri içeren reaksiyonlardan dolayı dioksinler ve furanlar toksik özellikler kazanır.

Termal gazifikasyon ile elde edilen gazlar metanol üretimi ve elektrik enerji üretimi için kullanılabilir. Ayrıca gazifikasyon yan ürünleri kül, cüruf ve eriyik malzemeler tekrar kullanıma elverişli materyallerdir [27].

## 2.6. Proses Tanıtımı

Kentsel katı atıklardan elektrik enerjisi elde etme işlemi 4 aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar kentsel katı atıkları toplama ve gazlaştırma prosesine hazır hale getirme (ön hazırlık işlemleri) , atıktan sentez gaz elde etme, gaz temizleme ve elektrik üretimi prosesleridir.

## 2.7. Ön Hazırlık İşlemleri

Gazifikasyon reaktörüne besleme öncesinde geri dönüşümü olmayan ve kompost

olamayan atıklar parçalama (öğütme), eleme, nem oranının dengelenmesi (kurutma) ve briketleme işlemlerine tabi tutulmaktadır. Metaller, cam ve plastik gibi geri dönüşüm malzemeleri ve diğer inert atıklar gazlaştırma işlemine tabi tutulamazlar [26]. Bu tip atıklar gazifikasyon verimini azaltır. Bazı kağıt atıklar geri kazanılamayacak kadar yıpranmış, yırtılmış ve mürekkeple kontamine olmuş olabilir. Ayrıca bazı plastik atıklar geri dönüşümsüz atıklardır.

Bu tip ekonomik değeri olmayan atıklar gazifikasyon prosesi için çok iyi hammaddeler olup ekonomik değer kazanırlar [26]. Öğütücü atıkların boyutunu azaltarak gazlaştırma prosesine uygun hale getirmektedir. Kurutma prosesi ise atığın nem miktarını düşürerek gazlaştırma verimini arttırmaktadır [26,27].

## 2.8. Sentez Gaz Üretimi (Gazifikasyon)

Kentsel katı atıklardan elektrik enerjisi elde etme işleminin ikinci aşaması atığın gazlaştırılması safhasıdır. Gazlaştırmada hammadde olarak katı atığın kullanılması gelişmekte olan bir teknolojidir.

Evsel atık, gazlaştırma için daha önceden kullanılan hammaddelerden (kömür, biyokütle gibi) farklı olarak heterojen yapıdadır. Yukarıda bahsedilen ön hazırlık işlemleri atığın nisbeten homojen olmasını sağlamaktadır. Atıktan sentetik gaz elde edilmesinde hâlihazırda 3 ayrı metot kullanılmaktadır. Bunlar:

- Piroliz
- Konvansiyonel gazifikasyon
- Plazma gazifikasyon prosesleridir.

Bütün bu metotlar yüksek sıcaklıkta ve dikkatli bir oksijen kontrolünde gerçekleşerek sentetik gaz üretimini gerçekleştiren proseslerdir.

## 2.9. Piroliz

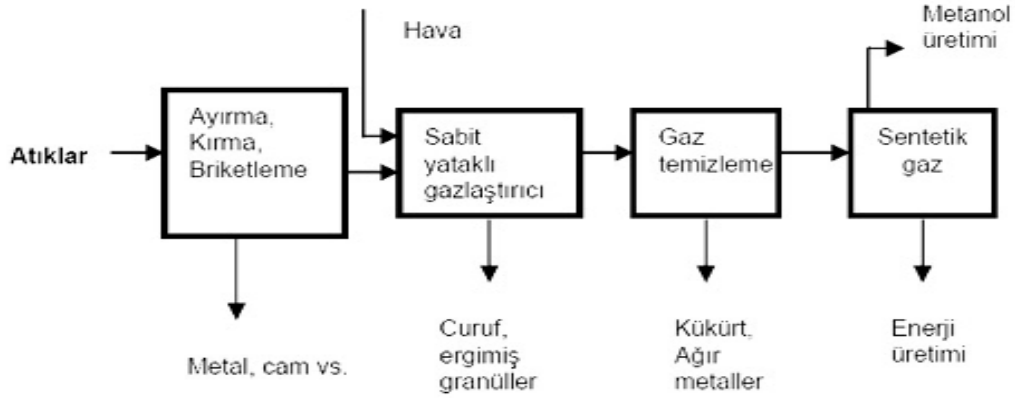
Organik maddeler oksijensiz ortamda ısıtılırsa ortaya çıkan termal parçalanma süreci piroliz olayını gerçekleştirir. Piroliz prosesi serbest oksijenin olmadığı ve genellikle 400-850 C° arasında gerçekleşen prosestir [26,27]. Oksijensiz ortam, prosesle havanın bağlantısını kesmek suretiyle gerçekleşmektedir. Piroliz'de ürün olarak gaz bileşenleri, uçucu yoğuşabilir maddeler, karbon kömürü ve kül açığa çıkar. Oluşan karbon kömürü

araba lastiği üretiminde kullanılabilen ve ayrıca atıksu ve gaz arıtımında kullanılan aktif karbon üretiminde kullanılabilir. Oluşan kül ise inşaat malzemesi olarak kullanılabilir ya da düzenli depolamaya gönderilebilir [25,26]. Bu proseste oluşan gaz miktarı az olmakla birlikte, konvansiyonel ve plazma gazifikasyon prosesi ile entegre gerçekleştirildiği zaman, katı atığın içindeki daha çok karbonlu bileşik sentetik gaza dönüşebilmektedir [26]. Bu proses günümüze kadar daha çok mangal kömürü üretiminde kullanılmaktadır.

## 2.10. Konvansiyonel Gazifikasyon

Konvansiyonel gazifikasyonun işletme sıcaklığı 850-1350 C° arasında değişmektedir. Konvansiyonel gazifikasyonda pirolize göre daha verimli bir organik atık dönüşümü gerçekleşmektedir. Dönüşümden ortaya çıkan kül miktarı gazlaştırıcıya giren inorganik madde miktarına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklı gazifikasyonda organik atıkların neredeyse tümü sentetik gaza dönüşmektedir ve organik olmayan tüm atıklar ise eriyerek cüruf (slag) elde edilmektedir. Oluşan hidrojen, karbon monoksit, karbon dioksit ve metan gazları temizlendikten sonra

elektrik üretimi veya metanol üretimi için hazır hale gelmektedir. İnerit olan cüruf malzeme ise asfalt dolgu malzemesi olarak kullanılabilir [25,26,27]. Şekil 2.7. konvansiyonel gazifikasyonun proses akım şemasını göstermektedir.



Şekil 2.7. Konvansiyonel Gazifikasyon Prosesi Akım Şeması [27]

### 2.11. Plazma Gazifikasyon

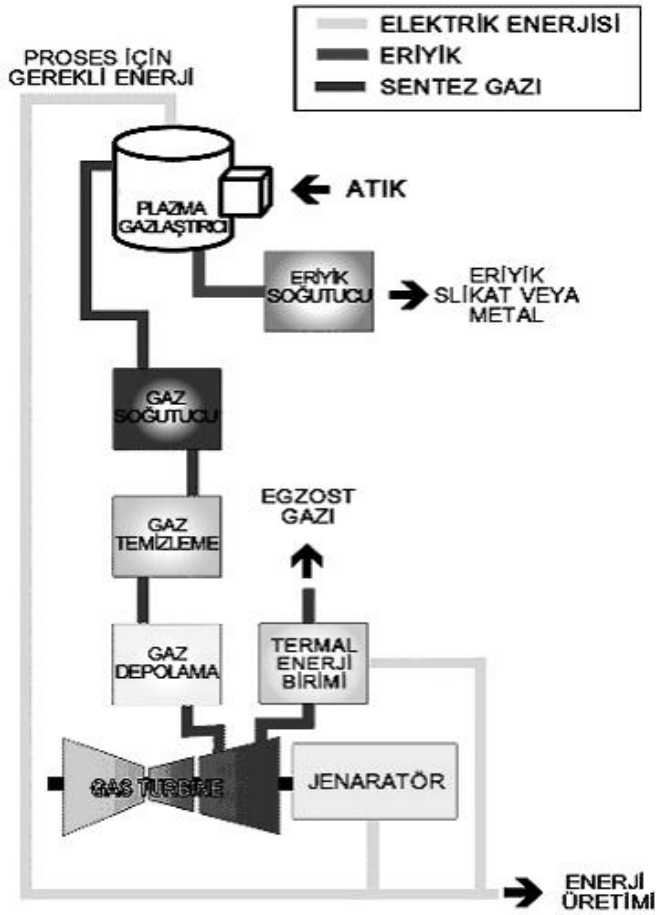
Plazma gazifikasyonun reaktöründe sıcaklık 2000 C° civarındadır. Reaktör atıkla beslendiği zaman atık sıcaklığı 2000 C° 'nin üstüne çıkmaktadır. Plazma gazifikasyonda organik atıklar tümüyle gaza dönüşmektedir.

Oluşan hidrojen, karbon monoksit, karbon dioksit ve metan gazları soğutulduktan ve temizlendikten sonra prosese enerji vermek amacıyla gaz türbini ve jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Fazla gaz ise elektrik enerjisine dönüştürmek için hazır hale gelmektedir. Plazma gazifikasyonun avantajlarından biri uçucu kül veya cüruf malzeme üretmemesidir. Bu proseste yan ürün olarak toksik olmayan eriyik silikat veya metal üretilmektedir.

Bu malzemeler yol taşı, agrega ve kiremit gibi yapı ve inşaat malzemesi yapımında kullanılabilir [29]. Şekil 2.8. plazma gazifikasyonun proses işleyiş şemasını göstermektedir.





Şekil 2.8. Plazma Gazifikasyonunun Proses İşleyiş Şeması

Gazifikasyon metodlarının hepsinde üretilen gaz az veya çok miktarda partiküler madde (uçucu kül) ve toz içermektedir [26]. Bu maddeler gazdan elektrik üretimi aşamasında problem teşkil etmektedir.

Gazı temizlemek için, öncelikle gaz soğutucuda gaz sıcaklığı ani bir şekilde düşürülür ve partiküler maddeleri çöktürmek için siklonlar kullanılır. Bundan sonra gaz kirleticiler aktif karbon kullanılarak absorbe edilir ve temizlenen gaz elektrik üretimine hazır hale getirilir [25, 26].

## 2.12. Elektrik Üretimi

Sentetik gazdan elektrik üretiminde aşağıdaki üç yöntemden biri kullanılabilir. Bunlardan birincisi, en eski yöntemlerden biri olan buhar

türbini ile elektrik üretimi yöntemidir.

İkinci üretim yöntemi gaz türbinleridir. Yeni kurulan elektrik üretim tesislerinin çoğu bu yöntemle elektrik üretmektedir. Gaz türbinleri gazifikasyon ile üretilen sentetik gaza uyum sağlayan ve verimi yüksek bir yöntemdir. Fakat gazın içerisindeki partiküler maddeler verimi azaltmaktadır. Bunun için seramik ve metal filtreler kullanılarak partiküler maddelerin gaz türbinine girmesi engellenir [30].

Üçüncü üretim yöntemi ise içten yanmalı motorlardır. Bu yöntem depo gazından elektrik üretiminde kullanılarak işletme güvenilirliği kanıtlanmış bir yöntemdir [30].

### 2.13. Gazlaştırıcılar

Gazlaştırıcılar, sabit yatak, akışkan yatak ve entegre yatak şeklinde sınıflandırılabilir. Akışkan ve entegre yataklı gazlaştırıcılar gazlaştırma için güçlü ve işlevsel olduğu halde genellikle projesi, inşası ve işletilmesi çok pahalı olduğu için küçük ölçekli işletmeler (1MW ve daha az) için tavsiye edilmez. Diğer yandan özellikle proje ve inşası basit olduğu için özellikle fakir ülkelerde çok fazla yaygın olan sabit yataklı gazlaştırıcıların; yatırım, işletme ve bakım masrafları da uygundur. Sabit yataklı gazlaştırıcılar kapasitesi 1 MW'ın altında olan tesislerde ilk yatırım, işletme ve bakım maliyeti düşük olduğu için tercih edilmektedir [30].

### 2.14. Termal Metotla Bertarafın Dünyadaki Bazı Uygulamaları

a) Thermoselect Prosesi (Piroliz + Gazifikasyon) : Thermoselect prosesi evsel ve endüstriyel atıklardan gaz elde etmede kullanılan, piroliz ve gazifikasyon kombine proseslerinden oluşan bir teknolojidir.

Japonya'da Chiba Recycling Center adında günlük kapasitesi 300 ton/gün olan tesis 1998 yılında deneme amaçlı çalıştırılmaya başlanmıştır. Japonya'da thermoselect prosesiyle işletilen ilk tesis olan Chiba Recycling Center'a ilk kurulduğunda yalnızca evsel atık alınmıştır. 2001 yılından itibaren ise daha çok plastik sanayisinden gelen endüstriyel atıklarla birlikte atık çamur, atık kağıt, atık yağ gibi atıklar tesiste

bertaraf edilmeye başlanmıştır [28].

Tesise gelen atıklar ön arıtma olmaksızın kompaktörde sıkıştırılmaktadır. Atıklar daha sonra kurutma fırınında kurutulup, dolaylı ısı verilerek piroliz edilir. Piroliz olmuş atık yaklaşık 2000 C° sıcaklıktaki reaktörde gazlaştırılır. Oluşan gazın sıcaklığı 1200 C°'den 70 C°'ye indirilerek gaz arıtımı için desülfürizasyon ünitesine verilir ve temizlenen gaz motor vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Ayrıca oluşan kül, slag ve metale ayrıştırılarak geri kazanım sağlanmış olur.

Tesiste oluşan sentez gazında ve oluşan külde dioksin emisyonu Tablo 2.3'de verilmiştir.

Tablo 2.3. Sentez Gazı ve Oluşan Küldeki Diyoksin Emisyonu

OLUŞAN ÜRÜN	OLUŞAN MİKTAR	DIOKSİN EMİSYONU
Sentez Gazı	722 m <sup>3</sup> /ton atık	0,000 39 ng/m <sup>3</sup>
Kül (slag)	65 kg/ton atık	0,04 ng/ton atık

Tablo 2.3' de belirtildiği gibi 1 ton atıktan 722 m<sup>3</sup> gaz elde edilmiş ve yaklaşık % 6 oranında kül oluşmuştur. Yani depolamaya giden atık yaklaşık olarak % 95 azaltılmıştır. Ayrıca dioksin emisyonu Avrupa'da ve Japonya'da yakma tesisleri için sınır değer olan 0,1 ng/m<sup>3</sup> değerinin altındadır [28, 31].

Thermoselect prosesini uygulayan tesisler arasında Almanya'da 750 ton/gün kapasiteli büyük ölçekli bir tesis ve İtalya'da 100 ton/gün kapasiteli bir pilot tesis çalışmalarını sürdürmektedir [27].

b) SVZ Prosesi (Konvansiyonel Gazifikasyon) : Atıklardan metanol ve enerji eldesi için kullanılan bir prosestir.

Proseste, ön kurutma çamuru, plastikler, biyokütlesel atıklar, elektronik sanayi atıkları ve tehlikeli atıklar gibi çok çeşitli atık türleri kömürle birlikte gazlaştırılmaktadır. Metalik bileşimler ayrıldıktan sonra, katı atıklar kırma öğütme ve

briketleme paletleme işlemine tabi tutulmakta ve daha sonra 1360 C° 'de oksijen ve buharla gazlaştırılmaktadır.

Gazlaştırma prosesinden çıkan gaz, hafif yağ ve katran ile CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve CO<sub>2</sub> gazlarından oluşmaktadır. Yağ ve katran uzaklaştırılarak temizlenen gaz diğer sıvı atıklarla birlikte 1600-2000 C° 'de pulverize gazlaştırıcıda gazlaştırılmaktadır. Sentetik gazlar metanol üretimi ve enerji eldesi için kullanılabilir [27].

Almanya'da biri katı atıklar için 1.000 ton/gün kapasiteli yüksek basınçlı sabit yatak gazlaştırıcı, diğeri sıvı ve çamur benzeri atıklar için 150 ton/gün kapasiteli pulverize yakıt gazlaştırıcı olmak üzere iki tesis bulunmaktadır [27].

Sonuç olarak gazifikasyon prosesi emisyonun azaltılması açısından önemli bir prosestir. Gazifikasyonda yakmadan farklı olarak furan ve dioksin emisyonunda önemli bir azalma söz konusudur. Gazifikasyon tesislerinde dioksin emisyonu Avrupa Birliği'nin yakma tesisleri direktifinde dioksin için sınır değeri olan 0,1 ng/m<sup>3</sup> 'ün çok daha altında kalmaktadır.

Katı atık bertaraf yöntemlerinden biri olan düzenli depolamada, alan ihtiyacı fazladır. Bundan dolayı, İstanbul'da depolama alanı bulmak büyük sıkıntı meydana getirmektedir. Gazifikasyon prosesinde ise sadece tesis için alan gerekli olmaktadır. Ayrıca bu proseste atık hacmi yaklaşık olarak %90-95 civarında azalmaktadır. Bununla birlikte, düzenli depolamada kirliliği çok yüksek olan sızıntı suyu ve uçucu organik bileşikler oluşmaktadır. Gazifikasyonda ise çöpün nemi kurutma fırınlarında alındığından sızıntı suyu problem teşkil etmemektedir.

Gazifikasyon yan ürünleri açısından da avantajlı bir teknolojidir. Proses sonucu oluşan sentez gazı endüstride kullanılmakta veya gaz motorları ile elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Gazifikasyon yan ürünlerinden olan kül (slag) ekonomik değere sahip bir materyaldir. Bu madde asfalt dolgu malzemesi olarak kullanılabilir [27].

Ayrıca piroliz sonucu demir ve alüminyum gibi metallerin geri dönüşümü ve daha az atığın düzenli depolanması sağlanmaktadır.

## **BÖLÜM 3. ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNİN TAHMİNİ İÇİN YÖNTEMLER**

Elektrik enerjisi üretiminin tahmini için birçok metot kullanılmaktadır. Eysel atıklardan elektrik enerjisi üretimi tahmini için elimizde üretim girdi verilerinin düzgün olması gerekmektedir. Başta çöp miktarı, sıcaklık, basınç, ölçülen veya tahmin edilen metan gazı miktarının belli olması halinde elektrik enerjisini ileriye dönük tahmin etmek mümkün olacaktır. Elektrik enerjisi tahmin metotlarından en çok kullanılan yöntemlerden biride yapay sinir ağları ile yapılan tahmindir. Bu metotta ölçülen verilerin ve ileriye dönük tahmini istenen girdi verilerinin mümkün mertebe hassas bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

### **3.1. Gaz Debisinin Tahmini İçin Metotlar**

Aşağıda çeşitli gaz debi tahmini metodundan bahsedilmektedir. İlk ikisi, sınırlı alan-spesifik bilgi gerektiren daha temel yaklaşımlardır. Depolama alanı karakteristikleri ve bu yüzden gaz üretim oranları depolama alanları arasında önemli ölçüde değişebildiği için (alandaki aynı miktarda atığa sahip olanlar bile) ilk iki yöntem; kaba bir gaz debi tahmini sağlayacaktır.

Bu metotları kullanırken, depolama alanı sahibi/işleticisi gerçek gaz debisinin ( %50 daha yüksek veya daha düşük) olabileceğini varsaymalıdır [13]. Örneğin, kurak alanlardaki depolama alanlarında (örneğin yılda 25 inçten az yağış alan yerlerde) veya çok miktarda inşaat/moloz yıkıntısı içeren alanlarda daha düşük gaz debisi meydana gelebilir.

Üçüncü metot, bunun tersine, depolama alanının kendisinin verilerine dayanır ve daha doğru tahminler sağlayacaktır. Diğer metotlar da karşılaştırma amacıyla kullanılabilir.

### 3.2. Temel Yaklaşım (Tahmin)

Tek değişken olarak alandaki atık miktarı kullanılarak, depolama alanının gaz üretiminin kabaca tahmini yapılabilir. Gaz üretiminin tahmini için aşağıda anlatılan prosedür, atık miktarının, işletilen birçok farklı alanlardaki gaz debisine oranından çıkarılmıştır [13].

Enerji eldesi projesi olan ortalama bir depolama alanını yansıtır, ve atığı, iklimi, ve spesifik depolama alanında mevcut olan diğer karakteristikleri yansıtmayabilir. Bu yüzden, daha detaylı bir değerlendirmenin garantilenip garantilenmediğine karar vermek için bir eleme aracı olarak kullanılmalıdır. Temel tahmin metodu, sadece hedef depolama alanında ne kadar atık bulunduğu hakkında bilgiyi gerektirir. Birçok depolama alanında edinilmiş tecrübeye dayanarak, endüstri uzmanları bir deneyim kuralı geliştirdiler. Yılda 1 Ib (0,45 kg) başına 0.10 cf (0,028m<sup>3</sup>) depolama gazı üreten ortalama depolama alanlarında, depolama alanı gaz üretim oranları, yılda 1 lb (0,45 kg) atık başına 0.05 cf'den (0,0014m<sup>3</sup>), 0.20 cf' e (0,0057m<sup>3</sup>) değişim gösterir. Bu deneyim kuralını kullanarak aşağıdaki eşitliğe ulaşabiliriz:

Yıllık Depolama Gazı Üretimi (cf) = 0.10 cf/Ib x 2000 Ib/ton x Alandaki atık miktarı (ton). Burada; depolama sahasındaki ton olarak atık miktarının yerine konması yeterli olacaktır. Daha sonra (cf) olarak bulunan gaz miktarı 0,028316 ile çarpılarak (m<sup>3</sup>)'e çevrilebilir. Temel tahmin metodunun kullanılmasına örnek vermek gerekirse;

Atık miktarı 1 milyon ton olan bir depolama alanı için, bu metot, kabaca yılda 5.663-369 m<sup>3</sup>/yıl veya günde 15.574 m<sup>3</sup>/gün bir depolama gazı tahminini verir. Bu tahminle birleşik belirsizlik %50 ekleyerek veya çıkararak hesaplanmalıdır. Depolama gazı debisinin 7787,1 – 23361,4 m<sup>3</sup>/gün sınırları içinde olduğu sonucunu verir. Depolama alanındaki atık yaşlandıkça, üretilen gaz miktarı azaldığı için, yukarıdaki gaz üretim tahmini sadece ilk yıl için uygundur ya da yeni atık eklenmemişse proje işletiminin ilk iki yılı için uygundur.

Sonuç olarak, gaz üretim oranları, birkaç yıldır kapalı depolama alanları için sınırın altında olabilir. Ek olarak depolama alanı sahibi/işleticisi, projenin ömrünün yılda

%2-3' lük bölümü boyunca olacak gaz debisinin kaba tahminini aşağı doğru ayarlamalıdır [32].

### 3.3. Birinci Derece Bozunma Modeli

İkinci yaklaşım, "Birinci Derece Bozunma Modeli", önerilen projenin veya depolama gazının ömrü boyunca değişen gaz üretim oranlarının hesaplanmasında kullanılabilir [13]. Zamanla gaz debi oranının anlaşılması, proje ekonomisinin değerlendirilmesinde önemlidir. İlk sıradaki çürüme modeli yukarıda anlatılan temel tahmin modelinden daha karmaşıktır ve depolama alanı sahibi/işleticisinin 5 değişkeni bilmesini veya tahmin etmesini gerektirir:

- Yıllık atık kabul oranı ortalaması
- Depolama alanının açık olduğu yıl sayısı
- Depolama alanının kapalı olduğu yıl sayısı, eğer uygulanabilirse
- Atığın metan üretme potansiyeli
- Atıktan metan üretilme oranı

Temel birinci derece bozunma modeli aşağıdaki gibidir

$$\text{LFG: } 2. L_0.R.(e^{-kc} - e^{-kt}) \quad (3.1)$$

LFG: Mevcut yıl içinde üretilmiş depolama gazının toplam miktarı (cf)

$L_0$ : Atığın toplam metan üretim potansiyeli (cf/Ib)

R: Aktif hayat boyunca ortalama yıllık atık kabul oranı (Ib)

k: Metan üretim oranı (1/yıl)

t: Depolama alanının açıldığından beri geçen süre (yıl)

c: Depolama alanının kapandığından beri geçen süre (yıl)

Metan üretim potansiyeli, ( $L_0$ ), bir Pound (0,4536kg) atığın yaşam ömrü boyunca üretmesi beklenen metanın toplam miktarını simgeler [13]. Bu yüzden, yıllık depolama gazı üretimini simgelemek için, tahmin metodunda kullanılan, depolama gazı sabitinden daha yüksektir. Çürüme sabiti (k), metanın her Pound atıktan salıverileceği oranı simgeler. Bu terimler kesin bir şekilde biliniyorsa, birinci derece bozunma modeli metan üretimini daha doğru tahmin edecektir; ancak  $L_0$  ve k

değerlerinin çok geniş oranda değişken olduğu düşünülür ve özel bir depolama alanı için doğru olarak tahmin edilmesi güçtür.

$L_0$  ve  $k$  değerleri kısmen, yerel iklimsel koşullara ve atık kompozisyonuna bağlıdır; bu yüzden, bir depolama alanı sahibi/işleticisi yerel alandaki diğerlerine, potansiyel değerlerin dar sınırlarında gaz toplama sistemleri kurulmuş depolama alanlarına, danışmak isteyebilirler. 12 Mart 1996'da EPA 2,5 milyon ton veya daha fazla tasarım kapasitesi olan mevcut ve yeni kent katı atık depolama alanlarında depolama gazının kontrolü için sonuç düzenlemeleri yayınladı. Etkilenen depolama alanı modelleri, birinci derece bozunma modelini kullanarak kendi gaz emisyonlarını modellediler. Düzenlemeler, aşağıdaki tanımlı değerleri içermektedir. Depolama alanının alan-spesifik verilerle yer değiştirebileceği, tanımlı değeri 4000 ppm olan, metan-olmayan bir organik bileşik kadar  $L_0 = 2.72 \text{ cf/Ib}$ ,  $k = 0.05/\text{yıl}$  olarak alınır.

$L_0$  ve  $k$  değerleri için sınırlar Tablo 3.1' de verilmiştir. Farklı iklim koşullarında,  $L_0$  (üretilen depolama gazının toplam miktarı) aynı kalır, fakat  $k$  değeri (depolama gazı üretimi oranı) değişir, kuru iklimlerde gaz daha yavaş üretilir [13].

Tablo 3.1. Birinci Derece Bozunma Modeli Değişkenleri için Önerilen Değerler

Değişken	Sınır	Önerilen Değerler		
		Nemli İklim	Orta Nemli İklim	Kuru İklim
$L_0$ (cf/Ib)	0- 5	2.25 - 2.88	2.25 - 2.88	2.25 - 2.88
$K$ (1/yıl)	0.003 - 0.4	0.1 - 0.35	0.05 - 0.15	0.02 - 0.10

### 3.4. Pompa Testi Yöntemi

Gaz miktarını, tam bir toplama sisteminin eksikliğini tahmin etmek için en doğru metot, pompalama testi yapmaktır. Pompa testi, test kuyularının açılmasını ve basınç izleme bacalarının monte edilmesini ve ardından çeşitli kontrollü çıkış oranlarında kuyulardan toplanan gazın ölçülmesini içerir [13].



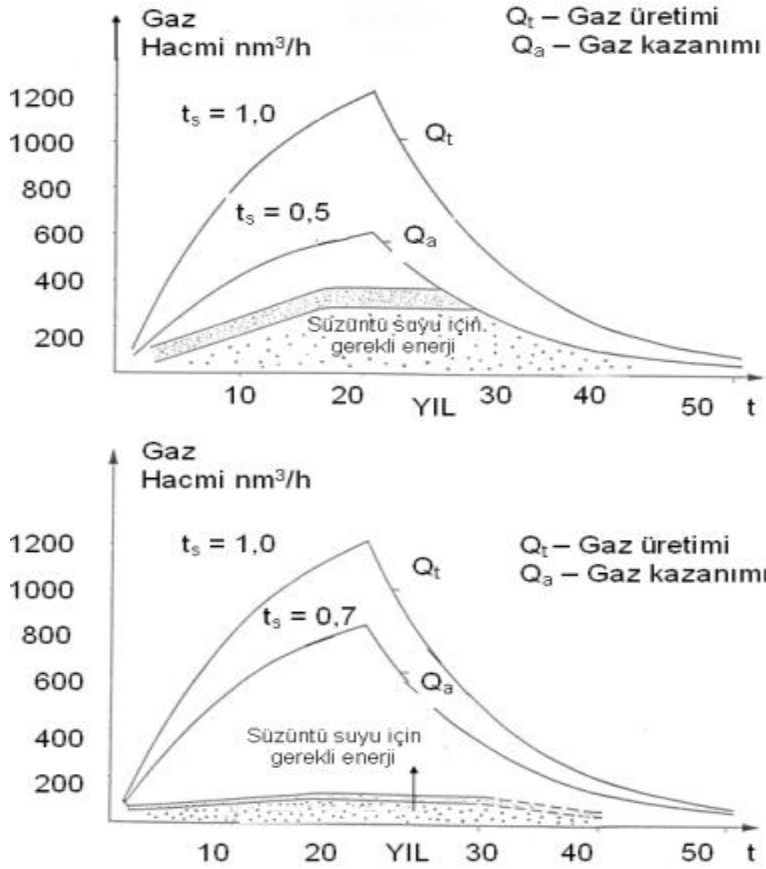
Bir pompa testi yaparken, gaz üretim oranları depolama alanı civarında değişim gösterebileceği için, test kuyularının gazın çekileceği atığı temsil edebilmesi önemlidir.

Bu metodun bir faydası da, toplanan gazın miktar kadar kalite bakımından da test edilebilmesidir. Hidrokarbon, sülfür, partikül madde ve nitrojen içeriğine ilave olarak btu içeriğine göre de analiz edilmelidir.

Pompa testinden elde edilen bilgiler, proje finansmanının sağlanması olduğu kadar, işleme ve enerji kazanım sisteminin tasarımında kullanıldığı için önemlidir.

Şekil 3.1' de görüldüğü üzere bir model depolama sahası için gaz bilançosu gösterilmektedir. Burada gaz üretimi, gaz kazanımı oranları ve süzüntü suyu için gerekli enerjiler grafikler halinde gösterilmektedir.

Bir model depolama sahası için gaz üretimi ( $Q_t$ ), gaz kazanımı ( $Q_a$ ) değerlerinin yıllara göre değişimi incelendiğinde gaz üretiminin ilk yirmi yılda maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir. Aynı şekilde süzüntü suyunun bertarafı için gerekli enerjide ilk yirmi yılda maksimum seviyeye ulaşarak ve ilerleyen yıllarda azalarak devam etmekle birlikte hiçbir zaman gaz üretimi ve enerji sıfır olmamaktadır. Şekil 3.1'deki gaz üretimi %50 ve %30 azaltılarak gaz kazanımı tahmin edilmektedir.



Şekil 3.1. Bir Model Depolama Sahası İçin Gaz Bilançosu [34]

### 3.5. Regresyon Analizi Metodu

Regresyon Tekniği (RT), ölçülebilen bir veya daha fazla değişkenin, üzerinde etkili olduğu düşünülen başka bir değişkenle arasındaki ilişkinin modellenmesidir. Regresyon tekniğinde, etkileyen değişkenlere açıklayıcı değişken (bağımsız değişken), etkilenen değişkene de bağımlı değişken adı verilir. Regresyon modelleri doğrusal ya da doğrusal olmayan modeller olarak sınıflandırılabilir. Ancak doğrusal olmayan modeller çeşitli yöntemlerle doğrusal modellere dönüştürülebilir. 3.1 ve 3.2 numaralı eşitlikler sırasıyla, tek bağımsız değişkenin olduğu doğrusal ve karesel modellerini göstermektedir.

$$Y = b_0 + b_1 X + \varepsilon \quad (3.1)$$

$$Y = b_0 + b_1 X^2 + b_2 X + \varepsilon \quad (3.2)$$

$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ ,  $\varepsilon$  hata terimi, ortalaması sıfır, varyansı  $\sigma^2$  olan Normal dağılıma sahip rastgele değişkendir.  $X$ , bağımsız değişken vektörünü,  $Y$  bağımlı değişken vektörünü,  $b_0$  sabit bir değeri,  $b_1$  ve  $b_2$  ilgili değişken için katsayıları göstermektedir.

### 3.6. Yapay Sinir Ağları Metodu

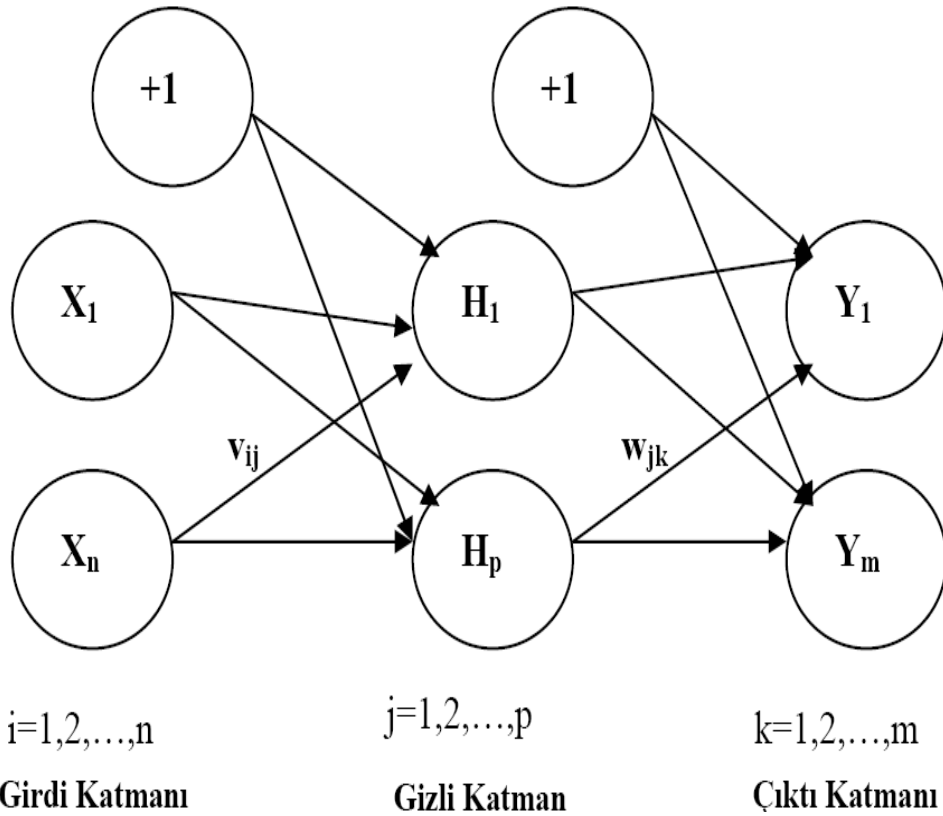
İnsan beyin fonksiyonundan esinlenen yapay sinir ağları (YSA), deneme yolu ile öğrenme ve genelleştirme yapabilmektedir. YSA'nın kullanıldığı önemli alanlardan biri de geleceği tahmindir. YSA, veriler arasındaki bilinmeyen ve fark edilmesi güç ilişkileri ortaya çıkartabilir. Doğrusal modeller, önemli detayları anlayabildikleri ve açıklayabildikleri takdirde avantajlı olabilirler. Ancak ilgilenilen problemin temelindeki ilişki doğrusal olmadığı durumlarda doğrusal modeller uygun değildir [33].

YSA, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymadan, herhangi bir varsayımda bulunmadan, doğrusal olmayan modellemeyi sağlayabilmektedir [34]. Ağa, girdi bilgileri ve bu girdilere karşılık gelen çıktı bilgileri verilmekte ve ağın girdi-çıkıtı arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanmakta, böylece ağın eğitimi gerçekleştirilmektedir. Öğreticili öğrenme olarak adlandırılan bu yöntem genelde tercih edilen bir yöntemdir [35].

Geri Yayılım Algoritması ve İleri Beslemeli Ağlar: Geri yayılım ağları (Back Propagation Networks BPN) sıklıkla kullanılan bir ağ yapısıdır. Standart geri yayılım algoritması, ağ ağırlıklarının, performans fonksiyonunun negatif gradyanı yönünde ilerlediği gradyan iniş algoritmasıdır..

Geri yayılım algoritması, birbirinden bağımsız olarak ilk defa Werbos ve daha sonra Rumelhart tarafından önerilmiştir [37,36]. 1986 yılında Rumelhart ve arkadaşlarının geri yayılım algoritmasını yeniden keşfetmeleri, algoritmanın tanınmasını ve yaygın kullanılmasını sağlamıştır. Geri yayılım algoritması, en çok kullanılan öğreticili öğrenme algoritmasıdır. İleri beslemeli ağlar girdiden çıktıya doğru tek yönde

ilerlemeye müsaade etmektedir. Bu geri beslemelerin olmadığı anlamına gelmektedir. Tipik bir ileri beslemeli YSA, girdi katmanı, genellikle bir veya iki ara katman (gizli katman) ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Her katmanda ilgilenilen probleme göre değişen sayıda nöronlar (sinir hücreleri) bulunmaktadır [33].



Şekil 3.2 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Şekil 3.2' de tek gizli katmanlı ileri beslemeli bir YSA görülmektedir. Girdi katmanında  $n$ , gizli katmanda  $p$  ve çıktı katmanında  $m$  adet nöron bulunmaktadır. Her bir katmandaki nöronlar arasındaki bağlantıların ağırlıklarının düzenlenmesi ile ağız eğitimi gerçekleştirilir.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (y_k - t_k)^2 \quad (3.3)$$

Ağırlıkların düzenlenmesi işlemi, hata fonksiyonunun minimize edilmesi ile sağlanmaktadır. Hata fonksiyonunun minimize edilmesi 3.3 eşitliği ile gerçekleştirilebilir.

Burada; E hata fonksiyonunu m girdilerin toplam sayısını,  $y_k$  ağıın ürettiği çıktıyı,  $t_k$  arzu edilen çıktı değerini, k serideki değişkenin indisini göstermektedir.  $\frac{1}{2}$  sabit bir katsayıdır ve fonksiyon türevini kolaylaştırmak için eklenmektedir.

Geri yayılım algoritması ismini, çıktı katmanında oluşan hatayı minimize etmek için geriye doğru ağırlıkların düzenlenmesi işleminden almaktadır.

## **BÖLÜM 4. DÜNYADA EVSEL ATIKTAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ UYGULAMALARI**

### **4.1. Amerika Birleşik Devletleri**

Amerika'da işletilen yaklaşık 140 tane depolama gazından enerji eldesi projesi farklı yapılarda depolama sahalarıdır. Bunlardan önemli farklara sahip iki saha hakkında aşağıda bilgi verilmiştir [20].

#### **4.1.1. ABD Puente Tepeleri depolama alanı**

Whitter, CA'daki Puente Tepeleri günde 12.500 ton atık kabul etmektedir ve 400 dikey kuyu ve 50 millik yatay borulardan 30 mmcf'd'nin üzerinde toplar. Depolama alanı işleten, Los Angeles Eyalet Çevre Bölgeleri depolama gazını üç şekilde kullanır.

Depolama alanına yerleştirilmiş bir Boyler/buhar konfigürasyonunda, 50 MW güç elde etmek için; Basınçlı doğal gaz formunda araç yakıtı olarak 1 mil uzaklıktaki Rio Hondo kolejindeki bir Boyler için yakıt olarak Puente Tepeleri ABD'deki en büyük depolama gazından enerji kazanım projesi olup 1950'lerin başından beri işletimdedir [20].

#### **4.1.2. Keene kenti, New Hampshire depolama alanı**

Kent depolama alanına kurulmuş olan istasyon, kendi makine prosesi için 3 fazlı elektriğe ihtiyaç duyar fakat yerel elektrik kurumunun en yakın üç fazla güç hattı alandan birkaç mil uzakta sona ermektedir. Bunun yerine depolama alanındaki gaz kullanıldığında, kent depolama alanı gaz projesinin beklenen ömrü boyunca 200.000 \$'dan fazlasını tasarruf etmiş olacaktır [20].

Bir blower gazı, basit partikül ve nem filtreleri aracılığıyla içsel yanma (LA) dikey kuyudan motor-jeneratör setine almaktadır. Geri kazanım/transfer istasyonu ekipmanı günde 24 saat çalışmakta fakat ağırlıklı olarak tesis çalışma saatlerinde kullanılmaktadır. Depolama gazı-enerji kazanım sistemi, günde 50 kW'ın üzerinde ortalamaıyla, 180 kW'lık pik işletim yüklemesi sağlar. Gaz toplama sistemi de dahil olmak üzere, proje toplam 280.000 \$ 'a inşa edilmiştir ve işletme maliyetinin yılda 25.000 \$ olması beklenmektedir [20].

#### 4.2. Almanya

Almanya da depolama sahası gazından enerji eldesi projelerinde oldukça ilerlemiş bir ülkedir. Bundan yaklaşık 15 sene önce ilk depolama gazı motoru elektrik enerjisi üretiminde kullanılmıştır. Almanya'da bugün 600 katı atık depolama sahasında depolama gazı motoru çalışmaktadır. Almanya'daki bu konuyla ilgili pazar, geçen senelerde sürekli olarak büyümüştür. Kurulan tesis sayısı son üç senede iki misline ulaşmıştır. Almanya'da henüz gazından faydalanılmayan ve yeterli derecede gazı sahip olan 400 depolama sahası bulunmaktadır [37]. Ancak en geniş pazar potansiyeli Belçika, Fransa, İtalya ve İngiltere'de bulunmaktadır. Bu ülkelerdeki depolama gazı kullanım tekniği, ancak birkaç yıldan beri bilinmekte ve uygulanmakta olduğundan Almanya'nın bu konuda ihtisas sahibi olmuş firmaları için daha büyük Pazar payı mevcuttur. Almanya pazarı ise yaklaşık 5 yıl içinde doyuma ulaşacaktır. Doğu Avrupa ülkeleri hakkında tahminde bulunmak ise çevre teknolojilerinin gelişimi bilinmediğinden zordur.

Almanya 'da bu konuyla ilgili çalışan firmalar başlıca iki grupta toplanabilir. Bunlar, gazdan arındırma tesisi (Kuyu, kompresör, yakma bacası, analiz) ve faydalanma tesisi (gaz motoru tesisi, trafo, bağlantı) olarak belirlenebilir. Gaz arıtma ile aşağıdaki firmalar ilgilenmektedir. Lambda Gmbh Wuppertal senelik satışı yaklaşık 10 Milyon € Umat Gmbh Hanau senelik satışı yaklaşık 5 milyon €'dur.. Hofstetter Deustschland Gmbh, senelik satışı yaklaşık 8 milyon €'dur. Aşağıdaki firmalar ise sadece gazdan faydalanma tesisleriyle ilgilenmektedirler. G.A.S. Energietechnik GmbH. Krefeld, senelik satışı yaklaşık 20 milyon €' dur. Jenbacher Mannheim senelik satışı yaklaşık 10 milyon €' dur. Aşağıdaki firmalar ise her iki grupta da

ilgilenmektedirler. Haase Energietechnik GmbH Neumünster senelik satışı yaklaşık 30 milyon €' dur. Pro2 Anlagentechnik GmbH, senelik satışı 1998' de yaklaşık 2,5 milyon €' dur. Almanya' da depolama sahası gazından enerji üreten tesislerin bir kısmı Tablo 4.1' de görülmektedir [20].

Tablo 4.1 Almanya'da Uygulanan Depolama Sahası Gazından Enerji Eldesi Projelerinden Bazıları [20].

SAHANIN ADI	KULLANILAN MOTOR	MOTOR ADEDİ	ELEKTRİK GÜCÜ KW	ISIL GÜCÜ KW
Neumuenster	MAN	6	1020	-
Kiebitzsee	MAN	2	518	-
Luebeck	MWM	4	2400	5000
Deiderode	MWM	2	884	1576
Glessen-Allendorf	MWM	1	442	788
Alsdorf-Warden	MWM	3	1464	2148
Eberstetten	SKL	1	300	-
Meudt	SKL	1	300	300
Lerchenberg	SKL	1	300	-
Gallenbach	MWM	2	614	-
Coesfeld-Hoeven	SKL	2	600	300
Nauroth	SKL	2	600	-
Bornhausen	SKL	2	600	-
Mertesdorr	MWM	1	626	-
Breiner Moor	MWM	2	746	636
Karlsruhe West	MWM	1	373	-
Silberberg	MWM	2	614	-
Alte Schanze	MWM	1	941	300
Cracauner anger	Jenbacher	3	1485	2220
Sansenhecken	MWM	1	308	-
Netzeisrode	MWM	1	249	241
Mainz-budenh	D-benmotor	1	150	-
Neu Wulmstorf	MWM	1	307	-
Baryez	MWM	1	249	60
Dusslingen	MWM	1	373	311
Beselich	MWM	1	469	-
Pinnow	MWM	1	469	-
Ihlenberg	MWM	4	2952	2636
Withnell	MWM	1	1255	-
SalinenstraBe	MWM	1	250	-
Wiesbaden	MWM	1	626	412
Nuerberg-Sued	MWM	1	249	261
Blockland	MWM	2	914	-
Kochstedter-KreisstraBe	MWM	1	501	731



### 4.3. Kanada

Kanada depolama sahası gazından yararlanan ülkelerin başında yer almaktadır. Kanada Çevre Bakanlığı konuyla ilgili yayınlar üretmektedir [20].

#### 4.3.1. Lachenaie katı atık depolama sahası depolama sahası

Kanada' da bulunan Lachenaie sahasında yapılan incelemeler ve hesaplamalar sonunda gazdan elektrik eldesine yönelik 4 MW' lık bir tesisin kurulması için BFI Energy İnç, Şirketi ile Kanada Su işleri arasında imzalanan 25 yıllık anlaşma imzalandı. 1994 – 1995 yılları arasında depolama sahası gazının toplanması işi 1996 yılında da inşaat ve bağlantı işleri tamamlandı. Gazın sahadan emilebilmesi amacıyla sahanın çeşitli yerlerine 14 m, derinliğinde 110 emme kuyusu açıldı. Kuyular sisteme HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) borularla bağlandı. Her kuyu başlığı vana ve numune alma başlığıyla teçhiz edildi. Ana toplama hattı için 500 mm.lik PVC (polivinil klorür) boru kullanıldı. Sahadaki toplam borulama uzunluğu bütün yan bağlantılar dahil 10 km yakın bir uzunluğu buldu, Kuyulardaki gaz 4250 m<sup>3</sup>/saat kapasiteye sahip iki santrifüj blower ile emilmeye başlandı. Ayrıca gaz karakteristiğinin uygun olmadığı zamanlarda gazın yakılması için de kompresörler teçhiz edildi [20].

#### 4.3.2. Edmonton city clover bar depolama sahası

1992 yılından itibaren hizmete giren tesis 1996 'dan beri ELTEC, şirketince işletilmektedir. Proje 1992 yılında gündeme gelmiştir. Saha üzerinde açılan 20–30 m, derinliklerindeki 85 adet gaz emme kuyusundan depo gazı elde edilmektedir. Tez eklerinde Ek B' de örnek depolama sahasına ait resimler içerisinde kuyu kesitleri ve saha kuyu planları gösterilmektedir.

Emilen gaz arıtma sistemine gelmektedir. İşletmeye alındığı günden bu yana 93 milyon m<sup>3</sup> gaz emilmiştir.

Sahadan 1997 yılı boyunca 25 milyon m<sup>3</sup> gaz çıkarılmıştır. 1992'den 1997 yılı sonuna kadar 208 GW saat enerji elde edilmiştir. 1997 yılında 50 GWsaat elektrik üretilmiştir. Bu ayda 1000 kW, saat enerji ihtiyacı olan 4200 evin ihtiyacını karşılayacak düzeydedir [20].

#### 4.3.3. Saint- michel gazmont depolama sahası

Ağustos 1996'da açıldığı günden beri arızalar ve bakımlar hariç toplam sürenin %99'u çalışan bu tesisten 1997 yılı boyunca 215 milyon m<sup>3</sup> gazdan toplam 202 GW, saat enerji elde edilmiştir. Bu, ayda 1000 kW saat enerji ihtiyacı olan 16800 evin ihtiyacını karşılayacak düzeydedir. Şu anda ortalama %36 oranında metan içeriğine sahip 28800 m<sup>3</sup>/saat debide gaz çıkarılmaktadır, Sistem ürettiği elektriği 4,35 cent/kWsaat bedelle şehir şebekesine satmaktadır. 1998 Ocak ayındaki büyük don olayında bile şehir için elektrik üretebilmiştir.

Tesiste 25 MW güce sahip buhar türbini bulunmaktadır. Tesisin inşaatı için 35 milyon ABD Doları harcanmıştır. Sürdürülen inşaat faaliyetleri, İşletme ve bakım masrafları için yılda harcanan para 600.000 ABD Dolarıdır. Tesiste şu anda 5 tesis operatörü, 4 saha teknisyeni, 2 bakım elemanı tam gün süreyle çalışmaktadır. Tesisteki toplam eleman sayısı ise 15'tir [20].

#### 4.3.4. Kee valley depolama sahası

Saha işleticisi	: Metro Toronto Belediyesi
Dolum Süresi	: 1983–1998
Durumu	: Aktif halde
Taban yapısı	: Siltli kum
Atık Kompozisyonu	: Evsel %45, Endüstriyel %45, İnşaat % 10
Atık Miktarı	: 16.5 milyon ton
Alan : 99.2 ha.	
Atık derinliği	: 60 m.
Son örtü malzemesi	: Temiz toprak
Son kullanım amacı	: Gezi yeri

Enerji eldesi : 1989' da enerji eldesiyle ilgili olarak alınmaya başlandı.

Değerlendirme kriterleri arasında teknik fizibilite, çevresel etki ve ekonomik uygulanabilirlik öncelik taşıdı. 1994 'te yapılan anlaşmayla yaklaşık 17 milyon \$' lık bedelle iki gaz türbini olan 30 MW' lık bir tesis kuruldu. Elektrik üretimini etkili ve sürekli sağlamak amacıyla sistem doğalgaza da uyumlu tasarlandı. 1995'te faaliyete başlanan sahadan 20 – 40 yıl arasında elektrik üretimi beklenmektedir [20].

#### 4.3.5. Beare road depolama sahası

Saha işleticisi	: Toronto Büyükşehir Belediyesi
Dolum Süresi	: 1967–1983
Durumu	: Kapatıldı.
Taban yapısı	: Siltli kum/kil.
Atık Kompozisyonu	: Evsel %71, Endüstriyel %18, Arıtma Çamuru %10.
Atık Miktarı	: 9.6 milyon ton
Alan	: 65ha.
Atık derinliği	: 25–65 m.
Günlük örtü malzemesi	: Temiz toprak
Son örtü malzemesi	: Temiz toprak
Son kullanım amacı	: Yeşil alan
Enerji eldesi	: Toronto Belediyesi'nin Enerecogen firmasıyla yaptığı anlaşma çerçevesinde firma, gazın toplanmasını ve elektrik üretimini üstlendi.

Tesis 7 içten yanmalı Caterpillar motoru içermektedir. 5.7 MW kapasitesindeki tesisin gelecekteki 20 yıl boyunca elektrik üretmesi beklenmektedir [20].

#### 4.3.6. Brock west depolama sahası

Saha işleticisi	: Metro Toronto Belediyesi
Dolum Süresi	: 1975 -

Durumu	: Aktif halde
Taban yapısı	: Kum/çakıl.
Atık Kompozisyonu	: Evsel %80.3, Endüstriyel % 18.2, İnşaat % 1.5.
Atık Miktarı	: 17.7 milyon ton
Alan	: 62ha. (Toplam alan 64 ha.)
Atık derinliği	: 30 m.
Son örtü malzemesi	: Temiz dolgu malzemesi.
Son kullanım amacı	: Gezi yeri
Enerji eldesi	: 1989–1990 yılları arasında 26 milyon \$ ilk yatırım bedeliyle inşaa edilen Boyler ve buhar türbiniyle 25 MW elektrik üretecektir. 20–40 yıl arasında güç üretimi beklenmektedir.

#### 4.3.7. Lachenaie depolama sahası

Saha işleticisi	: Browning-Ferris Endüstrileri
Dolum Süresi	: 1968-Bugüne.
Durumu	: Aktif halde.
Taban yapısı	: Kil
Atık Kompozisyonu	: Evsel %50, Endüstriyel, ticari, kurumsal %50.
Atık Miktarı	: 2 milyon ton
Alan	: 62ha.
Atık derinliği	: 17 m
Son örtü malzemesi	: Kil.
Son kullanım amacı	: Park.

Enerji eldesi : Saha işleticisi BFI firması 1996 Ocak ayında elektrik üretimine başladı. Arıtılan gaz her biri 1 MW 'lık 4 içten yanmalı motorda elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. 7.5 milyon \$ 'lık ilk yatırım maliyetine sahip olan tesisin 25 yıllık elektrik satış anlaşması yapılmıştır [20].

#### 4.3.8. Meloche depolama sahası

Saha işleticisi	: Meloche Firması
Dolum Süresi	: 1980–1990.
Durumu	: Kapandı.
Taban yapısı	: Kaya.
Atık Kompozisyonu	: Evsel %50, Endüstriyel %30, İnşaat %20.
Atık Miktarı	: 3.5 milyon ton
Alan	: 9 ha.
Atık derinliği	: 67 m.
Günlük örtü malzemesi	: Kum.
Son örtü malzemesi	: Sahadaki toprak.
Son kullanım amacı	: Golf sahası
Enerji eldesi	: 2 Caterpillar gaz türbini içeren tesisin

yatırım maliyeti 2.5 milyon \$ 'dır. Tesis 2.4 MW elektrik üretecektir [20].

#### 4.3.9. Miron depolama sahası

Saha işleticisi	: Montreal Şehri.
Dolum Süresi	: 1968–1998.
Durumu	: Aktif halde.
Taban yapısı	: Kireç taşı.
Atık Kompozisyonu	: Evsel % 45, Endüstriyel %1, İnşaat % 45,
Enerji eldesi	: İlk yatırım maliyeti 35 milyon \$ ve yıllık

masrafları 750.000 \$ olacak tesis 25 MW elektrik üretmek için buhar türbir kullanılacaktır.

## BÖLÜM 5. KULLANILAN YÖNTEMLER VE VERİLER

Bilindiği gibi araştırmalarda değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için en çok kullanılan tekniklerden biri de regresyon analizi tekniğidir. Çoğu bilim adamı sinir ağlarını daha iyi anlatabilmek için, sinir ağları ile regresyon modelleri arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışmıştır. Doğrusal, doğrusal olmayan, basit, çoklu, parametrik, parametrik olmayan, lojistik, vb. gibi çok sayıda regresyon modeli bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda sinir ağları regresyon modelleriyle karşılaştırılırken bu modeller kullanılmıştır [38].

### 5.1. Regresyon Analizi Metodu

Regresyon, istatistikte iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkinin modellenmesinde kullanılan bir tekniktir. Regresyon analizinde bağımlı değişken (açıklanan değişken, cevap değişkeni)  $Y$  ile, bağımsız değişkenler (açıklayıcı değişkenler) ise  $X_j$  ( $j=1, \dots, m$ ) ile gösterilir. Burada amaç, bağımlı değişken ile bir ya da birden çok bağımsız değişken arasında kurulan modeldeki parametreleri tahmin ederek, bağımsız değişkenlerin bilinen değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değeri tahmin etmektir. Yani bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki yapısını belirlemektir.

$Y$  bağımlı değişkenini etkileyen  $m$  tane bağımsız değişken  $X_1, X_2, \dots, X_m$  olmak üzere çoklu regresyon modeli,

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m + \epsilon \quad (5.1)$$

olarak tanımlanır. 5.1 eşitliğinde  $Y$  bağımlı değişkeni,  $X$  bağımsız değişkenleri,  $\beta$  regresyon katsayısını,  $\epsilon$  tesadüfi hata terimini,  $\beta_0$  sabit sayıyı göstermektedir.  $\beta_0$  ve  $\beta_j$

( $j=1, \dots, m$ ) parametreleri,  $X_i$  ( $i \neq j$ ) bağımsız değişkenleri sabit tutulduğunda  $X_j$ 'deki bir birimlik değişiminin  $Y$  bağımlı değişkeni üzerindeki beklenen değişim miktarını veren regresyon katsayıları ve  $\varepsilon$  hata terimidir. Model tahmininde amaç  $\varepsilon$  hata terimini minimum yapacak şekildeki  $\beta_0$  ve  $\beta_j$  katsayılarını tahmin etmektedir.

Regresyon modelleri, tek tabakalı bir sinir ağı yapısına benzetilebilir. Bağımsız değişkenler sinir ağlarındaki girdilere, bağımlı değişken çıktılara,  $\beta_j$  katsayıları da sinir ağlarındaki ağırlıklara dönüştürülebilir.

Bu, sinir ağlarında danışmanlı öğrenme süreci üzerindeki eğitim setine benzemektedir. Regresyon analizinde  $\beta_0$  ve  $\beta_j$  katsayılarının bulunması amaçlanmıştır. Sinir ağları yaklaşımı, bir regresyon problemi gibi ele alındığında, burada da amaç, ağırlık katsayılarının bulunması olacaktır. Sinir ağı üzerindeki ağırlıkların bulunmasında geri yayılım algoritması kullanılabilir.

## 5.2. Yapay Sinir Ağları Metodu

Bilgisayarlar, çok karmaşık sayısal işlemleri anında çözümlayebilmelerine karşın, idrak etme ve deneyimlerle kazanılmış bilgileri kullanabilme noktasında çok yetersizdirler. Bu olayda insanı ya da insan beynini üstün kılan temel özellik, sinirsel algılayıcılar sayesinde kazanılmış ve görece olarak sınıflandırılmış bilgileri kullanabilmesidir. Uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritma ve yapay sinir ağları gibi yapay zeka alt dalları özellikle son yıllarda geniş bir araştırma ve uygulama alanı bulmaktadır [39].

Temelde yapay sinir ağları, insan beyninin mimarisinden yola çıkılarak düzenlenmektedir. Bu konudaki ilk teoriler Mc Culloch ve Pitts tarafından 1943 yılında ortaya atılmıştır. Daha sonra Hebb'in çalışması (Hebb'in öğrenme teorisi 1949) insan beyninin nöronlarının nasıl öğrendiklerini ortaya koymaya çalışmıştır. 1958 yılında Rosenblatt algılama üzerinde durmuştur. Yapay sinir ağları hakkında en başarılı uygulamalar 1960'lı yıllarda Widrow ve Hoff tarafından geliştirilmiştir. Paul Werbos 1974 yılında Widrow - Hoff prosedürü için karşıt hata görevleri yapısını teklif etmiş, böylece daha önceki tek-katman kısıtı elemine edilmiş ve pek çok kısıtlı

süreç hesaplanabilmiştir. Diğer gelişmeler büyük ölçüde Kolmogorov'un (1957) süper durum teoreminden esinlenmiştir. Bu bize sürekli fonksiyonların doğrusal olmayan sonuçlarla doğrusal sonuçların bütünleştirilmesiyle hesaplanabileceğini göstermiştir [43]. Yapay sinir ağları, tecrübeden öğrenebilme yeteneğine sahip, yeni durumlara adapte olabilen, bunun yanında oldukça hızlı çalışan güçlü ve kıyaslanabilir bilgisayar sistemleridir. Yapay sinir ağlarında temel süreçleme elemanı nörondur. Her nöron ağırlıklı birleştirilmiş bir girdi setine sahiptir [45].

DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) Yapay Sinir Ağları Çalışması'na göre yapay sinir ağları sistemi fonksiyonu ağ yapısına göre tanımlanmış ve paralel olarak çalışan birçok basit süreç elemanlarından oluşmakta ve süreçleme elemanların hesaplanmasıyla çalışmaktadır. Yapay sinir ağları mimarisi, yüksek hesaplama oranlarını sağlamak için birçok basit süreç elemanları kullanan biyolojik sinir sistemleri mimarisinden esinlenmektedir.

Verilen tanımlamalar ışığında yapay sinir ağlarının, insan sinir sistemindeki mimariyi ele alarak verilerin analizi için bilgisayar sistemini kullandığını söylemek mümkündür. Burada önemli olan nokta elektrik üretim tahmininde yapay sinir ağları sisteminin daha esnek ve gerçekçi sonuçlara ulaşmasının mümkün olabilmesidir.

#### a) Yapay Sinir Ağı Modelleri

Yapay sinir ağı modeli birbirleriyle bağlantılı olan sinirlerin bulunduğu katmanlardan oluşmaktadır. Temelde bu katmanlar; girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç tanedir. Girdi değişkenleri girdi katmanından gelmektedir. Bu girdi unsurları etkileşime tabi tutulduktan sonra ortaya çıktı değişkenleri çıkar. Bunlar da çıktı katmanını oluşturur. Arada bulunan gizli katmanı ise dış ortamla bağlantısı olmayan sinirlerden oluşur ve bu sinirler girdi katmanındaki sinyalleri çıktı katmanına gönderirler.

İşleyiş şekillerine göre yapay sinir ağları ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında sinyaller sadece tek bir yönde, girdi katmanından çıktı katmanına doğru yönelir. Bir katmandan elde



edilen çıktı değeri, aynı katmandaki sınırları etkilemez. İleri beslemeli ağlarda, sınırlar yalnızca bir sonraki katmanda bulunan sınırlarla bağlantıya sahiptir. Bu modellerde ağın çıktısı, tamamen ağa giren girdilere bağlıdır. İleri beslemeli ağlar herhangi bir dinamiklik özelliği taşımazlar ve gösterdikleri özellik bakımından doğrusal ve doğrusal olmayan kararlı problem alanlarında uygulanmaları mümkündür [38,41].

Geri beslemeli ağlarda bir tür geri besleme işlemi vardır. Bu ağ yapılarında sinyalin yönü girdi katmanından çıktı katmanına doğrudur. Ancak aynı zamanda, bir katman üzerinde yer alan sınırlar, kendisinden, katmandaki diğer sınırlardan ya da diğer katmanlardaki sınırlardan sinyal alabilmektedir. Bu sebeple geri beslemeli ağlarda bir sinirin çıkışı, sinirin o andaki girdileri ve ağırlık değerleriyle belirlenmesinin yanında bazı sınırların bir önceki süredeki çıkış değerlerinden de etkilenmektedir [39,41].

#### b)Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Yapay sinir ağlarında bilgi, ağdaki bağlantıların ağırlıklarında depolanır. Bir ağda öğrenme, istenen bir işlevi yerine getirecek şekilde ağırlıkların ayarlanması sürecidir. Yapay sinir ağlarında öğrenme, sınırlar arasındaki ağırlıkların değiştirilmesi ile gerçekleşmektedir. Buna göre sınırlar arası bağlantılar üzerindeki ağırlıkları belirli bir yöntem ile dinamik olarak değiştirilebilen ağlar eğitilebilir. Öğrenebilen ağlar, yeni şekilleri tanıyabilir ya da verilen bir girişin hangi sınıfa ait olduğuna karar verebilir. Yapay sinir ağlarında öğrenme düğümler arasındaki ağırlıkların, düğümlerdeki etkinlik ya da aktarım işlevlerinin değişkenlerinin ayarlanmasıyla yapılmaktadır [39].

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılan araştırmalarda en sık kullanılan öğrenme yöntemleri, danışmalı ve danışmasız öğrenme yöntemleri olmasından dolayı bu yöntemler üzerinde durulacaktır.

Danışmalı öğrenmede, yapay sinir ağı kullanılmadan önce eğitilmelidir. Eğitim işlemi, sinir ağına giriş ve çıkış bilgileri sunmaktan oluşur. Bu bilgiler genellikle

eğitme kümesi olarak adlandırılır. Her bir giriş kümesi için uygun çıkış kümesi ağa sağlanmalıdır [39].

Sistemde yer alan her bir girdi değişkeni ile ilişkide olan hedef çıktı değerleri bilindiği zaman danışmalı öğrenmeye ihtiyaç duyulur. Başka bir deyişle, sistemdeki girdilere karşılık üretilmesi arzu edilen çıktılar belirtilir [41].

Danışmalı öğrenme yöntemi, ileri beslemeli ağlarda daha sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Danışmalı öğrenme yönteminde çalışma seti, verinin özellikleri ve gözlemlenebilir çıktılar hakkında bütün bilgileri içerir. Modeller, girdilerle çıktılarının ilişkisi öğrenilerek oluşturulabilir [44].

Danışmasız öğrenmede girdi değişkenlerine karşılık arzu edilen çıktılar belirtilmez. Ağ yalnızca girdi modelini öğrenir. Öğrenme süreci üzerindeki ileri dönüşün kaynağı belli değildir. Katmanlar arasındaki ağırlıkların ayarlanması ağ tarafından kendiliğinden gerçekleştirilir [41].

Danışmasız öğrenmede sadece girdi katmanındaki değerler kullanılmaktadır. Amaç, veri setindeki modelin ortaya çıkarılmasıdır. Sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Danışmasız olarak eğitilebilen ağlar, istenen ya da hedef çıkış olmadan giriş bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerlerini ayarlar. Burada ağ istenen dış verilerle değil, girilen bilgilerle çalışır. Bu tür öğrenmede gizli sınırlar dışarıdan yardım almaksızın kendilerini örgütlemek için bir yol bulmalıdırlar. Bu yaklaşımda, verilen giriş vektörleri için önceden bilinebilen performansını ölçebilecek ağ için hiçbir çıkış örneği sağlanmaz, yani ağ yaparak öğrenmektedir [39,42].

### c) Yapay Sinir Ağlarının Avantaj ve Dezavantajları

Geleneksel istatistiksel analizler genellikle uygulamayla ilgili durumlara uygun sonuçlar ortaya koyamazlar. Tüketici tatmini araştırmalarında temel problem simgeler arasındaki yüksek korelasyon değerleridir. Bu, çok çeşitli simgelerin birbirlerine göre göreceli önemini belirlemek için kullanılan standart beta katsayısını

etkileyebilmektedir. Eğer yüksek dereceli çoklu bağlantı var olursa standart beta katsayısı önemli göstergelerin yanlış yorumlanmasına sebebiyet verebilir. Bunun yanında, geleneksel istatistiksel analizler göstergelerin normal dağılım gösterdiklerini varsaymaktadır. Bu, tüketici tatmini ölçümü ile örtüşmemektedir. Son olarak geleneksel istatistiksel analizler bağımsız ve bağımlı değişkenlerin arasında doğrusal bir ilişki olduğunu varsaymaktadır. Bu da önemli bir hatadır. Geçmişteki araştırmalar ilişkilerin genellikle eğrisel ve doğrudan uzakta olduğunu göstermektedir [40].

Yapay sinir ağları uygulama itibarıyla uzun yıllardır kullanılmasına karşın enerji tahmini alanındaki kullanımı son beş yıl içerisinde yaygınlaşmıştır. Özellikle tüketici davranışlarının açıklanması bakımından diğer istatistiksel analiz yöntemlerine göre daha esnek ve gerçeğe yakın sonuçlar ortaya koymasından dolayı tercih edilme oranı bundan sonra da artacaktır. Bununla beraber yapay sinir ağları yönteminin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır [39,41,46].

Avantajları:

- Yapay sinir ağları önceki deneyimlerden öğrenebilir, bir kez eğitildiklerinde yeni bir veri kümesine hemen cevap verebilir. Bir örnekten hareket ederek diğer örnekleri açıklayabilir.
- Yapay sinir ağları matematiksel modele ihtiyaç duymaz. Yapay sinir ağı yazınında verilerin yapay sinir ağının eğitiminde kullanılması için gerekli bir varsayıma rastlanmamıştır.
- Yapay sinir ağları verilerden hareketle bilinmeyen ilişkileri akıllıca hemen ortaya çıkarabilir. Ağların bu özelliği, uygulama açısından önemlidir.
- Geleneksel bilgisayar sistemleri, sistemde oluşacak hatalara karşı çok hassastır. Sistemde meydana gelebilecek en ufak bir hata, sonuca ulaşmama ya da sonuçlarda büyük hataya yol açabilmektedir. Ancak yapay sinir ağlarının bir veya birkaç nöronunun zarar görmesi sistemi geleneksel bilgi işlem teknolojilerinde olduğu kadar etkilemez.
- Ağ ağırlık katsayısı ve yapısı gibi kendi parametreleri değiştiğinde somut bir problemin çözümü için kendini adapte edebilme özelliğine sahiptir.

- Ağlar doğrusal değildir. Bu nedenle karmaşık problemleri doğrusal tekniklerden daha doğru çözebilirler. Doğrusal olmayan davranışlar hissedilir, algılanır ve bilinebilir. Ancak, bu problemleri ve davranışları matematiksel olarak çözmek zordur.

Dezavantajları:

- Sistem içerisinde ne olduğu bilinemez. Bu sebeple bazı durumlarda ağların verdiği sonuçları değerlendirmek zor olabilir. Bölüm 3.6 Yapay Sinir Ağları konusu içerisinde denklem (3.3) ile hata hesaplanması belirtilmiştir.
- Bir problemin çözümünde çok uygun bir çözüm bulamayabilirler ya da hata yapabilirler. Bunun sebebi, ağı eğitecek bir fonksiyonun bulunmamasıdır. Bazı durumlarda fonksiyon bulunsa bile yeterli veri bulunamayabilir.
- Eğitilmek için uzun bir zamana ihtiyaç duyarlar ve bundan dolayı zaman ve para maliyeti yüksektir.
- Farklı sistemlere uyarlanması zor olabilir.
- Ağın kalitesi ve kapasitesi, uygulamadaki hızı ile orantılıdır. Öyle ki, düğümlerin sayısındaki artış bile zamanın çok daha artmasına sebep olabilir.

### 5.3. Veriler

Son yıllarda, İstanbul'da nüfusun artması ve endüstrileşme ile birlikte üretilen katı atık miktarı gün geçtikçe artmaktadır. İstanbul'da günlük üretilen katı atık miktarı 1995 yılında 8 bin ton iken, 2006 yılında bu rakam 14 bin tona ulaşmıştır. İstanbul İl Çevre ve Orman Müdürlüğü verilerine göre bu atıkların yaklaşık olarak %50'sini organik atıklar, %35'ini geri kazanılabilir atıklar, %15'ini ise kül, çürük, taş ve diğer atıklar oluşturmaktadır [24].

Katı atık yönetim sistemleri, düzenli depolama, geri dönüşüm, katı atığın biyolojik yöntemlerle işlenmesi (kompost), termal yöntemlerle giderim (yakma, gazifikasyon, piroliz) gibi metotlar içermektedir. Bu yöntemlerden İstanbul'da en yaygın olanı düzenli depolama yöntemidir. Günde yaklaşık olarak 12 bin ton atık düzenli olarak depolanmaktadır. Düzenli depolamada, alan ihtiyacı fazla olmakla birlikte, kirliliği çok yüksek olan sızıntı suyu ve uçucu organik bileşikler oluşmaktadır. Yakma

yöntemi ise oluşturduğu yan ürünler açısından birçok dezavantaja sahiptir. Örneğin yakma sonucu oluşan küller toksit ağır metaller taşımaktadır. Ayrıca baca gazında furan, dioksin gibi toksik özellikte klorlu bileşikler oluşmaktadır [25].

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. tarafından işletilen İstanbul Kemerburgaz (Odayeri) çöpten elektrik enerjisi üretimine ait toplam 30 aylık (900 günlük) ortalama veriler alınmış olup, Ek A'da gösterilmiştir. Bu tesislerde çöpler termal gazifikasyon yöntemi ile bertaraf edilmektedir.

Ek A'da verilen bilgiler günlük olarak evsel atık çöp miktarı (ton/gün) sıcaklık ( $C^{\circ}$ ), basınç (P), milibar (negatif basınç), elde edilen metan gazı miktarı ( $m^3/gün$ ), metan gazından elde edilen elektrik enerjisi miktarı (kW/gün) şeklinde veriler ilgili kuruluştan alınmıştır.

Ek A'da belirtilen Temmuz 2007 – Aralık 2009 tarihler arasında aktif kuyu adedi sabit olup 115 adettir [35]. Veriler bir bütün olarak incelendiğinden metan gazı üretiminin mevsimsel olarak iklim koşullarına bağlı olduğu görülmektedir.

Örneğin; Kış mevsimi dönemlerinde Aralık-Ocak-Şubat dönemlerinde ortalama üretilen gaz miktarının daha düşük olduğu, yaz mevsimi döneminde ise gaz miktarının arttığı görülmektedir.

Kemerburgaz Odayeri Elektrik Üretim Tesislerinden alınan 900 günlük veriler Ek-A'da, söz konusu üretim tesislerine ait resimler ise Ek-B'de tez eklerinde sunulmaktadır. Tez eklerinde uygulama örneği olarak alınan İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş' ne ait olan Kemerburgaz oda yeri çöpten elektrik üretilen tesislerine ait, saha planı, kuyu kesiti, delikli borular, yakma bacaları, gaz motorları, gaz emme ve kalite kontrol sistem resimleri sunulmaktadır.

## **BÖLÜM 6. UYGULAMALAR VE SONUÇLARI**

Bilindiği gibi araştırmalarda değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için en çok kullanılan tekniklerden biri de regresyon analizi tekniğidir. Çoğu bilim adamı sinir ağlarını daha iyi anlatabilmek için, sinir ağları ile regresyon modelleri arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışmıştır. Doğrusal, doğrusal olmayan, basit, çoklu, parametrik, parametrik olmayan, lojistik, vb. gibi çok sayıda regresyon modeli bulunmaktadır. Bu çalışmada çoklu regresyon ve yapay sinir ağları ileri beslemeli geri yayılım algoritması teknikleri uygulanarak sonuca gidilmiştir. Yapılan bu çalışmada da yapay sinir ağları regresyon modelleriyle karşılaştırılarak en iyi tahmin metodu belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 6.1' de İstanbul Kemberburgaz çöpten elektrik üretim tesislerine ait aylık ortalama üretim miktarları verilmiştir. Ek A' da verilen 900 günlük verilerden yararlanarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAC A.Ş' ne ait Kemberburgaz oda yeri üretim miktarları aylık olarak hesaplanmıştır. Tablo 6.1' de gösterilmiştir.

Tablo 6.1' de görüleceği üzere 31.07.2007 tarihinde 31.12.2009 tarihine kadar olan günlük çöp miktarı (Ton / Ay), sıcaklık ( $C^{\circ}$ ), basınç (P) milibar (eksi basınç), ortalama aylık üretilen metan gazı miktarı ( $m^3/$ ay), ortalama aylık üretilen elektrik enerjisi miktarı (kW/Ay) olarak gösterilmiştir.

Tablo 6.1 bir bütün olarak incelendiğinde kış mevsimi dönemlerinde ortalama aylık üretilen metan gazı miktarının azaldığı bununla birlikte yaz mevsimlerinde metan gazı miktarının arttığı görülmektedir. Bununla beraber ortalama aylık üretilen metan gazı miktarı ile ortalama aylık üretilen elektrik enerjisinin miktarının da yaklaşık olarak doğru orantılı olduğu Tablo 6.1' de görülmektedir.

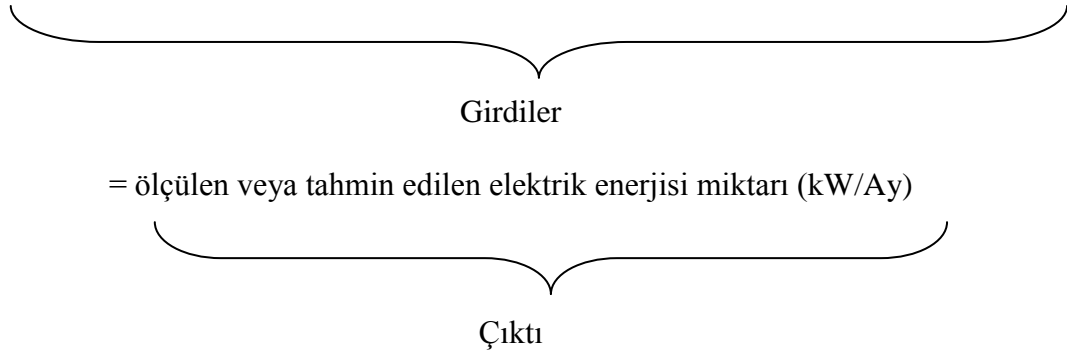
Tablo 6.1. İstanbul Kemerburgaz Çöpten Elektrik Üretim Tesislerine Ait Aylık Ortalama Üretim Miktarları

Sıra No	TARİH	AYLIK ÇÖP MİKTAR (TON/Ay)	SICAKLIK (C <sup>0</sup> derece)	BASINÇ ( P Basınç) milibar	AYLIK METAN GAZI MİKTARI (m <sup>3</sup> /ay)	AYLIK ÜRETİLEN ELEKTİRİK ENERJİSİ MİKTARI (kW/Ay)
1	31.07.2007	8491	40	-42	91416	182528,15
2	31.08.2007	8992	39	-63	88056	183004,03
3	30.09.2007	9651	36	-59	81504	172862,02
4	31.10.2007	9443	33	-55	36408	157495,39
5	30.11.2007	9798	27	-37	90504	152976,68
6	31.12.2007	9452	22	-37	91296	126588,29
7	31.01.2008	8437	17	-42	70392	61227,484
8	29.02.2008	8397	17	-43	75456	112048,61
9	31.03.2008	8444	18	-38	53424	95386,49
10	30.04.2008	8739	22	-49	55608	109737,6
11	31.05.2008	9107	31	-76	68616	132367,37
12	30.06.2008	9107	36	-56	86136	178894
13	31.07.2008	8491	40	-42	91416	182528,15
14	31.08.2008	8992	39	-63	88056	183004,03
15	30.09.2008	9651	36	-59	81504	172862,02
16	31.10.2008	9443	33	-55	36408	157495,39
17	30.11.2008	9798	27	-37	90504	152976,68
18	31.12.2008	9452	22	-37	91296	126588,29
19	31.01.2009	8437	17	-42	70392	61227,484
20	28.02.2009	8397	17	-43	75456	112048,61
21	31.03.2009	8444	18	-38	53424	95386,49
22	30.04.2009	8739	22	-49	55608	109737,6
23	31.05.2009	9107	31	-76	68616	132367,37
24	30.06.2009	9107	36	-56	86136	178894
25	31.07.2009	8491	40	-42	91416	182528,15
26	31.08.2009	8992	39	-63	88056	183004,03
27	30.09.2009	9651	36	-59	81504	172862,02
28	31.10.2009	9443	33	-55	36408	157495,39
29	30.11.2009	9798	27	-37	90504	152976,68
30	31.12.2009	9452	22	-37	91296	126588,29

### 6.1. Regresyon Analizi ile Elde Edilenler

Tablo 6.1. de verilen İSTAÇ A.Ş.'den alınan ortalama 30 adet aylık veri kullanılarak çoklu regresyon modeli ile elektrik enerjisi üretimi tahmininde bulunulmuştur. Sıcaklık (C<sup>0</sup>), Basınç (milibar), Çöp Miktarı (Ton/Ay), Metan Gazı Miktarı (m<sup>3</sup>/Ay) verileri girdi kabul edilerek bu verilerden elektrik enerjisi üretimi tahmininde bulunulmuştur.

Sıcaklık (C<sup>0</sup>) + Basınç (milibar) + Çöp Miktarı (Ton/Ay) + Metan Gazı Miktarı (m<sup>3</sup>/Ay)



Mevcut 30 aylık veriden ilk 20 aylık veri bir bilgisayar programı vasıtasıyla eğitim maksadıyla programa girdileri sağlanmıştır. Diğer geriye kalan 10 veri ise sınav maksadıyla kullanılmıştır. Sonuç itibarıyla Tablo 6.2.'deki ölçülen ve tahmin edilen veriler kullanılarak Şekil 6.1. ve Şekil 6.2.'deki grafikler elde edilmiştir. Şekil 6.1.'de görüleceği üzere determinasyon katsayısı  $R^2 = 0,9808$  doğru denklemi ise  $Y = 0,9752 X + 4345,9$  olarak belirlenmiştir. Şekil 6.2.'de ise ölçülen enerji ve tahmin edilen enerjinin grafikteki konumları gösterilmektedir. Bu çalışmada ilk 20 aylık veri eğitim maksadı ile kullanılmış olup çoklu regresyon katsayısı  $R=0,950459$ , determinasyon katsayısı  $R^2 = 0,903373$ , standart hatası ise  $S_x = 13.727,32$  olarak gözlemlenmiştir.

$$R = \frac{n * (\sum x * y) - (\sum x) * (\sum y)}{\sqrt{n * (\sum x^2) - (\sum x)^2} * \sqrt{n * (\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (6.1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_0 - X)}{n - 1}} \quad (6.2)$$

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (6.3)$$

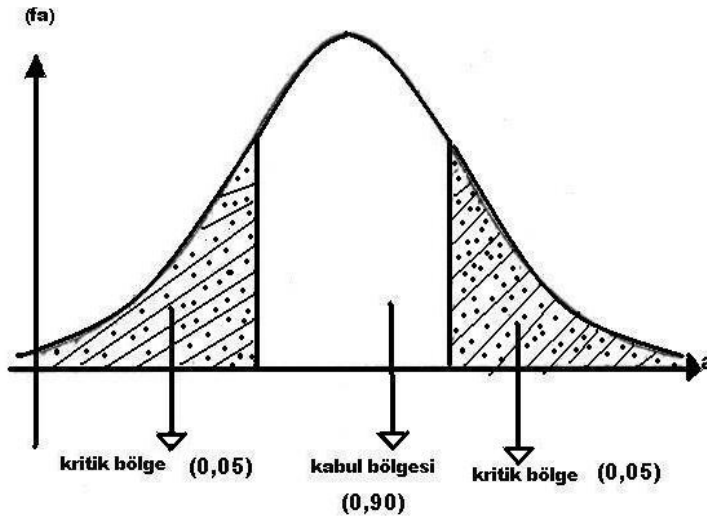


Formül (6.1)' de regresyon katsayısı (R)' nin hesaplanma formülü belirtilmiştir. Burada x bağımsız değişkenleri, y bağımlı değişkeni, n ise gözlem adedini göstermektedir. (6.2) formülünde ise standart sapmanın (S)' nin hesaplanması belirtilmektedir.

Burada ( $X_0$ ) değişkenlerin ortalamasını, (X) değişkenleri, n ise gözlem adedini ifade etmektedir. Standart hatanın hesaplanması ise (6.3) formülünde belirtilmektedir. Burada (S) standart sapmayı, n ise gözlem adedini göstermektedir [47].

Regresyon katsayısı R, -1 ve +1 aralığında 0' a yaklaştıkça ilişkinin kuvveti azalır. -1 ve +1' e yaklaştıkça ilişkinin kuvveti artmaktadır. Yapılan hesaplama da  $R=0,95$  olup +1'e çok yakın bir değer olduğundan ilişki kuvvetli bir ilişki olup hata kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmaktadır [47].

Standart hata kritik bölgelerde elde edilir. Kabul bölgesi ise bu çalışmada regresyon katsayısı  $R=0,950459$ , determinasyon katsayısı  $R^2 = 0,903373$  olarak gözlemlenmiştir. Şekil 6.1 de ise bu durum grafikte gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Kabul Bölgesi – Kritik Bölge Grafiği [47]

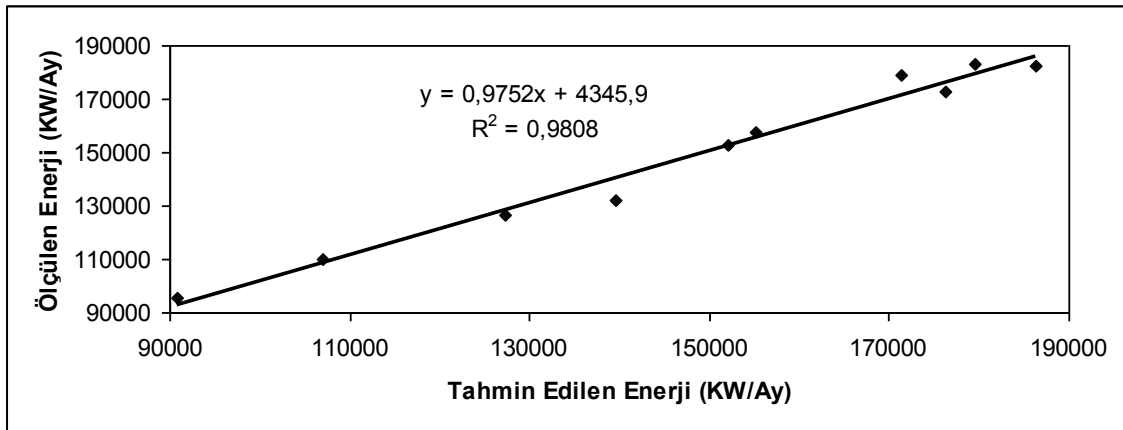
Tablo 6.2. Regresyon Tekniğine Göre Tahmin Edilen Ölçülen Enerji Bilgileri

Sıra No.	Aylar	Ölçülen Enerji (kW/Ay)	Regresyon Yöntemi ile Tahmin Edilen Enerji	MYH (%)
1	31.03.2009	95.386,49	90.894,36	4,71
2	30.04.2009	109.737,60	110.978,42	1,13
3	31.05.2009	132.367,37	135.610,00	2,45
4	30.06.2009	178.894,00	184.015,65	2,86
5	31.07.2009	182.528,15	186.250,39	2,04
6	31.08.2009	183.004,03	179.473,57	1,93
7	30.09.2009	172.862,02	176.307,60	1,99
8	31.10.2009	157.495,39	162.188,32	2,98
9	30.11.2009	152.976,68	160.562,30	4,96
10	31.12.2009	126.588,29	127.304,62	0,57
<b>Ortalama Mutlak Yüzde Hata:</b>				<b>2,18</b>

Tablo 6.2. incelendiğinde ölçülen enerji ile tahmin edilen enerji arasında en fazla mutlak yüzde hatanın %4,71 olduğu tahmin edilen enerjinin ise 90.894,36 olarak belirlendiği görülmektedir. Aynı şekilde minimum mutlak yüzde hatanın değeri ise %0,57, tahmin edilen enerjinin ise 127.304,62 olduğu görülmektedir.

Tablo 6.2 bir bütün olarak incelendiğinde son 10 aylık ölçülen enerji verileri ile tahmin edilen veriler arasında ortalama mutlak yüzde hata %2,18 olarak belirlenmiştir.

Regresyon tekniği çoklu doğrusal metodu ile yapılan enerji tahminleri sonucunda ortalama mutlak yüzde hatanın kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu, tahmin edilen enerjilerle ölçülen enerjiler arasında yüksek miktarda yüzde mutlak hatanın olmadığı görülmektedir.



Şekil 6.2. Ölçülen ve Tahmin Edilen Enerji Grafiği

Şekil 6.2.de görüleceği üzere  $R^2 = 0,9808$  olarak belirlenmiş olup, kabul edilebilir ve 1'e çok yakın bir değer olduğu görülmektedir. Tüm bu çalışmalardan sonra Şekil 6.3.de tahmin edilen enerji - üretilen enerjinin aylara bağlı gösteriminden de anlaşılacağı üzere enerji tahminlerinin kabul edilebilir sınırlarda olduğu gözlemlenmektedir. Sonuç olarak aşağıdaki enerji tahmini formülü (6.4) elde edilmiştir.

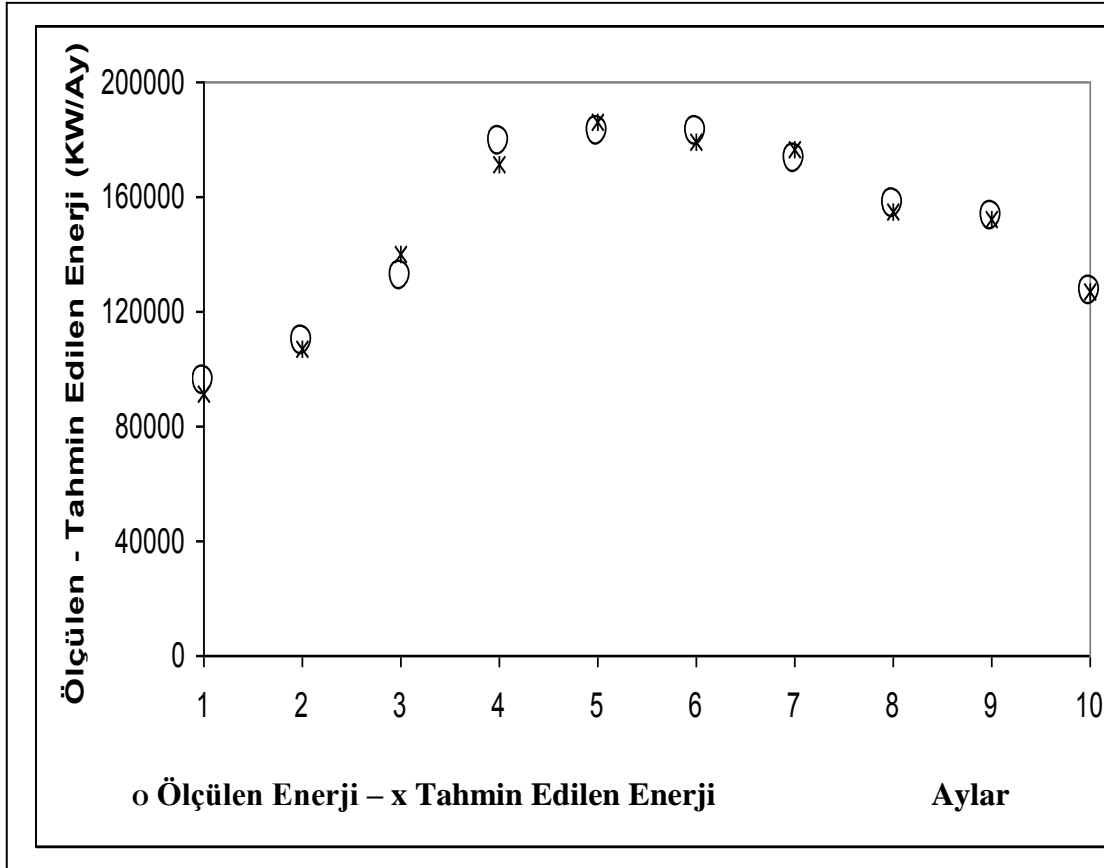
$$E = -86055,7 + 13,00718\text{Ç} + 4082,193\text{T} + 410,9181\text{P} + 0,173197\text{M} \quad (6.4.)$$

Burada;

- E; Aylık olarak ileriye dönük elektrik enerjisi tahminini göstermektedir (kW/Ay).
- Ç; Aylık ortalama çöp miktarı (Ton/Ay).
- T; Sıcaklık ( $C^0$ ).
- P; Aylık ortalama eksi basınç (milibar).
- M; Aylık ortalama üretilen veya tahmin edilen aylık metan gazı miktarı ( $m^3$ /Ay)

Dolayısıyla Ç, T, P ve M belirlenebilirse (6.4) formülü kullanılarak elektrik enerjisi tahmin edilebilir. Üretilen enerji ile tahmin edilen aylık kW cinsinden enerji miktarları da Şekil 6.3.de verilmiştir.

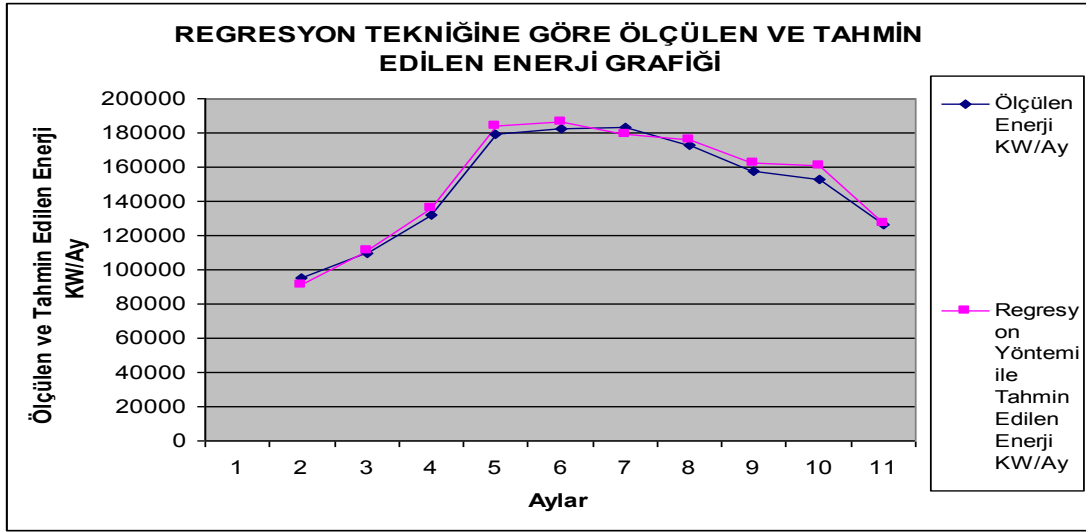
Tablo 6.2.den görüleceği üzere en fazla tahmin edilen 186.250 kW/Ay ölçülen ise aynı ayda 182.528 kW/Ay'dır. Burada, aralarındaki mutlak yüzde hatanın %2,04 olduğu görülmektedir.



Şekil 6.3. Ölçülen-Tahmin Edilen Enerjinin Aylara Bağlı Değişimi Grafiği

Öte yandan Şekil 6.4'de çoklu regresyon yöntemine göre tahmin edilerek bulunan aylık kW cinsinden enerji miktarı ile ölçülerek bulunan aylık kW cinsinden enerji miktarları grafik olarak karşılaştırılmıştır.

Şekil 6.4' den de görüleceği üzere tahmin edilen enerji miktarı, ölçülen enerji miktarı hemen hemen aynıdır.



Şekil 6.4. Çoklu Regresyon Yöntemine Göre Ölçülen-Tahmin Edilen Enerjinin Aylara Göre

## 6.2. Yapay Sinir Ağları ile Elde Edilenler

Regresyon metodundan sonra ikinci aşama olarak Yapay Sinir Ağları Metotlarından biri olan ileri beslemeli ve geri yayılım algoritması ağları kullanılarak üretilecek enerji miktarının tahmini sağlanmıştır. Bu çalışmada bir bilgisayar programından faydalanılarak sigma transfer fonksiyonu kullanılmıştır.

İleri beslemeli ve geri yayılım algoritması ağları metoduyla farklı girdi ve gizli tabaka yüzde sayıları kullanılarak elde edilen ortalama kareler hatası ve korelasyon katsayıları kontrolü sonucunda en iyi sonuçların girdi tabakasında hücre sayısı 5 gizli tabaka sayısı 2 ve çıktı tabasında hücre sayısı 1 alınarak en iyi sonuç bulunmuştur. Transfer fonksiyonu sigma ve 1000 iterasyon ile oluşturulan model kullanılarak karşılaştırmalarda bulunulmuştur.

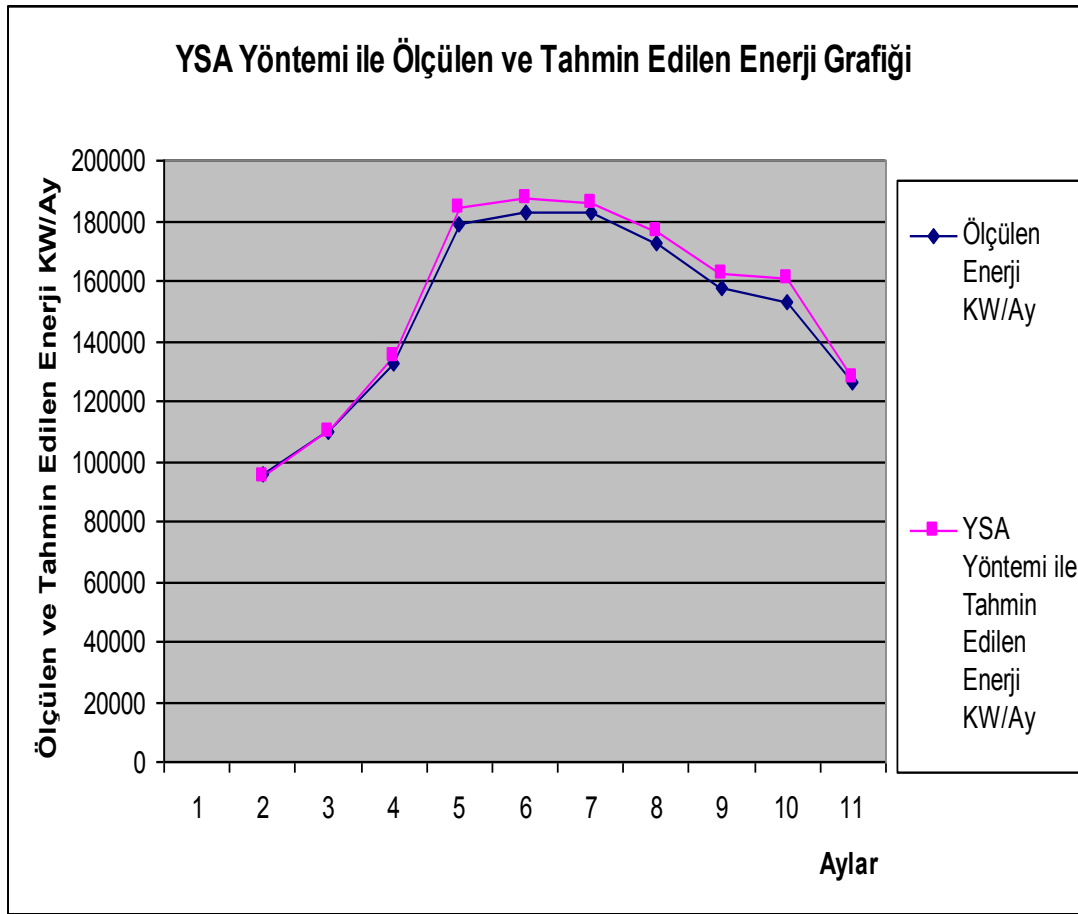
Tablo 6.3. Yapay Sinir Ağlarına Göre Son 10 Aylık Enerji Tahminleri

Sıra No.	Aylar	Ölçülen Enerji (kW/Ay)	YSA Yöntemi ile Tahmin Edilen Enerji (kW/Ay)	MYH (%)
1	31.03.2009	95.386,49	95.093,91	0,31
2	30.04.2009	109.737,60	110.062,54	0,30
3	31.05.2009	132.367,37	134.933,48	1,94
4	30.06.2009	178.894,00	184.156,23	2,94
5	31.07.2009	182.528,15	187.650,75	2,81
6	31.08.2009	183.004,03	186.212,33	1,75
7	30.09.2009	172.862,02	176.159,70	1,91
8	31.10.2009	157.495,39	162.291,30	3,05
9	30.11.2009	152.976,68	160.891,61	5,17
10	31.12.2009	126.588,29	127.498,56	0,72
				OMYH : 2,09

Tahmin edilen enerji miktarları yapay sinir ağları ile bulunarak ölçülen enerji miktarları aylık olarak Tablo 6.3' de verilmiştir.

Tablo 6.3.den de görüleceği üzere ölçülen enerji ile yapay sinir ağları ileri beslemeli ve geri yayılım algoritması tekniği kullanılarak tahmin edilen enerji ve ölçülen enerji arasındaki ortalama mutlak yüzde hata %2,09 olarak tespit edilmiştir. Bu değer kabul edilebilir sınırlardadır.

Şekil 6.5'de yapay sinir ağları ile tahmin edilen elektrik enerjisi üretim miktarları ve ölçülerek elde edilen elektrik enerjisi üretim miktarları grafik olarak verilmiştir. Tablo 6.4' de ise Şekil 6.5' de grafik olarak verilen bilgilerin sayısal değerleri ifade edilmiştir.

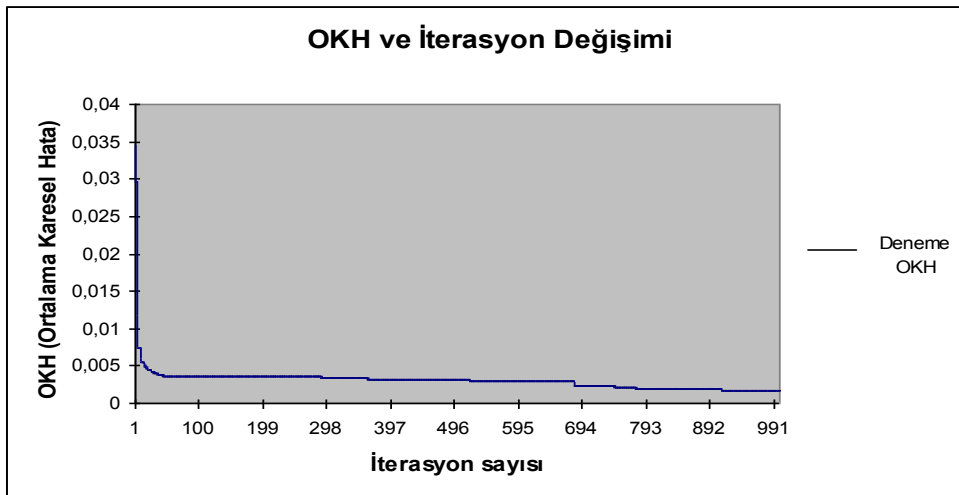


Şekil 6.5. YSA ile Tahmin Edilen Enerji ve Ölçme ile Bulunan Enerji

Tablo 6.4. Şekil 6.5' e ait Grafik Bilgilerinin Sayısal Değerleri.

<i>Performans</i>	<i>(Ölçülen Enerji)</i>
OKH ( Ortalama Karesel Hatası )	224.562.966,6384
NOKH (Normalize edilmiş Ortalama Karesel Hatası )	0,2488
OMH ( Ortalama Mutlak Hata )	11.869,5560
MiMH ( Minimum Mutlak Hata )	292,5841
MaMH ( Maksimum Mutlak Hata )	32.566,1102
R	0,98833

Öte yandan Şekil 6.6'da yapay sinir ağları yöntemi ile yapılan çizimde en iyi sonuç veren 1000 iterasyon sayısı ile ortalama karesel hata arasındaki değişim gösterilmiştir. Şekil 6.6' da görüleceği üzere 1000 iterasyon sayısından ortalama karesel hatanın sıfıra yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 6.6. Ortalama Karesele Hata İterasyon Grafiği

Tablo 6.5’de yapay sinir ağları ve regresyon tekniği ile enerji tahminleri ve mutlak yüzde hatalar gösterilmektedir. Her iki teknikle yapılan hesaplama sonucunda regresyon tekniğinin ortalama mutlak yüzde hatasının %2,18 olduğu yapay sinir ağları metoduyla yapılan enerji tahminleri sonucunda oluşan ortalama mutlak yüzde hatanın %2,09 olduğu görülmektedir. Tablo 6.5.de en fazla mutlak yüzde hatanın regresyon tekniğinde %4.71 olduğu, yapay sinir ağları metodunda en fazla MYH’ nin ise %5,17 olduğu görülmektedir.

Minimum mutlak yüzde hatalar ise regresyon tekniğinde %0,57, yapay sinir ağları yönteminde ise %0,3 olarak hesaplandığı görülmektedir. Tablo 6.5.deki veriler ve ortalama mutlak yüzde hatalar incelendiğinde her iki hesaplamanın mutlak ve ortalama mutlak hataları birbirine yakın olmakla birlikte en iyi sonucun ileri beslemeli geri yayılım algoritması tekniğinin kullanıldığı YSA’ nın verdiği görülmektedir.

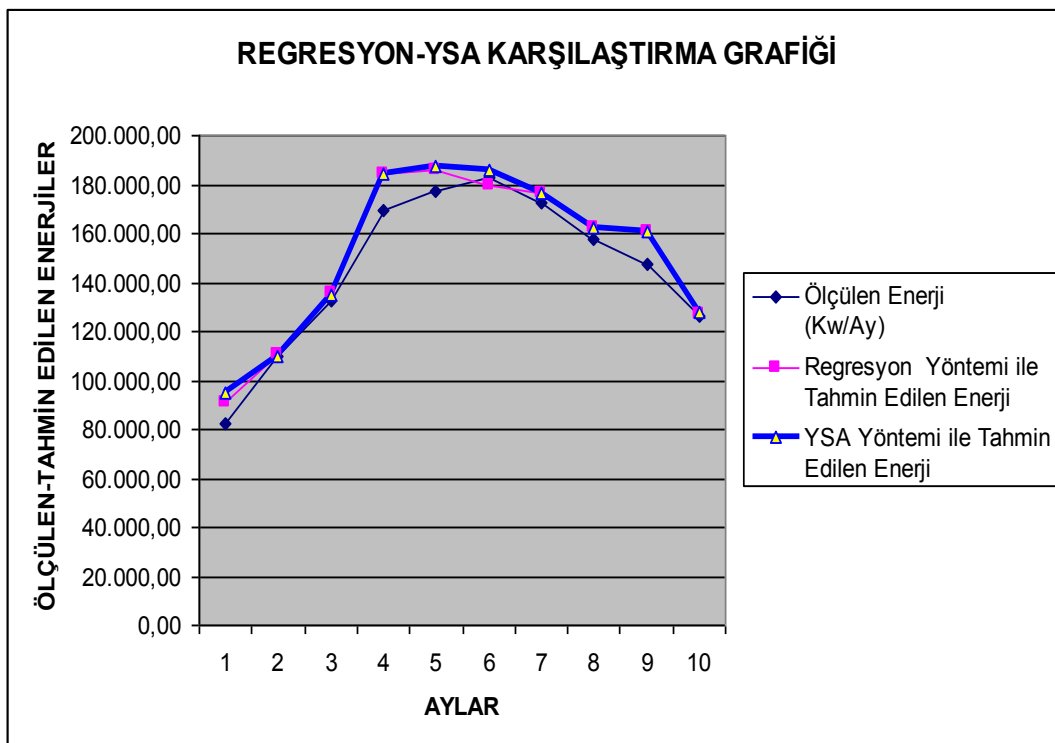
Her iki hesap tekniğinin ortalama mutlak yüzde hataları kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığı, kabul edilebilir değerler olduğu görülmektedir.



Tablo 6.5. Yapay Sinir Ağları Ve Regresyon Tekniği Enerji Tahminleri ve Mutlak Yüzde Hatalar Tablosu

Sıra No.	Ölçülen Enerji (kW/Ay)	Regresyon Yöntemi ile Tahmin Edilen Enerji	YSA Yöntemi ile Tahmin Edilen Enerji	Regresyon Tekniğiğne Göre MYH (%)	YSA Yöntemi ile MYH (%)
1	82.700,00	90.894,36	95.093,91	4,71	0,31
2	109.737,60	110.978,42	110.062,54	1,13	0,30
3	132.367,37	135.610,00	134.933,48	2,45	1,94
4	169.200,00	184.015,65	184.156,23	2,86	2,94
5	176.900,00	186.250,39	187.650,75	2,04	2,81
6	183.004,03	179.473,57	186.212,33	-1,93	1,75
7	172.862,02	176.307,60	176.159,70	1,99	1,91
8	157.495,39	162.188,32	162.291,30	2,98	3,05
9	147.100,00	160.562,30	160.891,61	4,96	5,17
10	126.588,29	127.304,62	127.498,56	0,57	0,72
ORTALAMA MUTLAK YÜZDE HATALAR:				2,18	2,09

Şekil 6.7’de ise Tablo 6.5’ de verilen değerlerden yararlanılarak regresyon ve YSA ile bulunan sonuçlar görsel olarak karşılaştırılmıştır. Şekil 6.7’ de görüldüğü üzere her iki yöntemle bulunan sonuçlar ve ölçülen değerler birbirine son derece yakındır.



Şekil 6.7. Regresyon – YSA Karşılaştırma Grafiği

## **BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Dünya nüfusunun hızla artması, tüketim maddelerinin çeşitliliği ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi ciddi bir atık sorunuyla karşı karşıya kalmamıza sebep olmaktadır. Atık sorununun etkin bir şekilde çözülebilmesi için yeni teknolojilerin kullanımının tüm dünyada yaygınlaşması gerekmektedir. Aynı zamanda önemli bir ekonomik değere sahip olan kentsel katı atıklardan bu yönde de yararlanılmalıdır.

İyi bir katı atık yönetim modelinin esası katı atığı bir an önce halkın gözünün önünden uzaklaştırarak boş bir alana atmak değil onu ekonomik bir kaynak olarak görüp, çevreye en uyumlu bertaraf yöntemleri ile uzaklaştırılmasının sağlanmasıdır. Kentsel katı atıklardan elde edilebilecek en değerli ürün elektrik enerjisidir.

Kentsel katı atıklardan elektrik enerjisi elde etmek sadece bir yenilenebilir enerji uygulaması olmayıp, aynı zamanda karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevreye fayda sağlamaktadır. Kentsel katı atıklardan sağlanan elektrik enerjisi özellikle lokal elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamada büyük bir öneme sahiptir. Kentsel katı atıklardan enerji üretimi değişen dünya şartlarıyla gelişmiş ülkelerden sonra gelişmekte olan ülkelerin de artık gündemine girmiştir.

Yapılan çalışmada geleceği tahminde, yapay sinir ağlarının ve regresyon analizinin ölçüm değerleri ile karşılaştırıldığında iyi neticeler verdiği gösterilmiştir. Yapay sinir ağlarının özellikle doğrusal olmayan zaman serilerinde gösterdiği başarı, bir tahmin aracı olarak tercih edilmesini sağlamıştır. Yapay sinir ağlarının geleceği tahmin için kullanıldığı alanlardan biri de elektrik enerjisi üretiminin ileriye dönük tahminlerinin hesaplanmasıdır. Yapılan çalışmada en iyi sonucu yapay sinir ağları vermiş olup bu alanda çalışmalara devam edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Yapılan modelleme ve hesaplamalar sonucunda her iki uygulamada birbirine yakın sonuç vermekle birlikte yapay sinir ağıları ileri beslemeli geri yayılım algoritması biraz daha iyi sonuç vermiştir.

Her iki uygulama incelendiğinde regresyon tekniğinin %2,18 yapay sinir ağlarının ise %2,09 ortalama mutlak hata verdiği görülmektedir.

Her iki ortalama mutlak hata kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmaktadır. Yapılan bu çalışma ile çoklu doğrusal regresyon ve yapay sinir ağları ileri beslemeli geri yayılım algoritması teknikleriyle mevcut eldeki çöp miktarı, sıcaklık, basınç ve metan gazının bilinmesi halinde ileriye dönük elektrik enerjisi üretimi tahmini yapılabilir.

Bu çalışmada iki metot kullanılmış ve ölçüm değerleri ile tahmin değerleri karşılaştırılmıştır. Buna ilaveten diğer metotlarda göz ardı edilmemeli ve bunlar üzerinde çalışılmalıdır.

Bu tür çalışmalar ileriye dönük enerji tahminlerine, fizibilite çalışmalarına ve enerji yatırımlarına da yol gösterici olabileceği düşünülmektedir..

## KAYNAKLAR

- [1] YOLCU, İ. D., “Bursa Katı Atık Yönetimi, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu”, c. 3, s. 300-312, İstanbul, 17-19 Şubat, 1999.
- [2] TAŞKAN, O., “Depolama Sahası Gazlarının Yönetimi ve Modellemesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.
- [3] BİLGİŞ, O., “Katı Atık Depolama Alanlarında Stabilité”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1994.
- [4] DEMİR,İ., ALTINBAŞ, M., ARIKAN, O., “Katı Atıklar İçin Entegre Yönetim Yaklaşımı, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu”, c.3, s. 252-262, İstanbul, 17-19 Şubat, 1999.
- [5] TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S.A., “Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues, McGrawHill International Editions”, 1993.
- [6] KUMAR, S., “Technology options for municipal solid waste-to-energy project, TERI Information Monitor on Environmental Science”, volume 5, number 1, 1-11. 2000.
- [7] KISER, J.V.L., “Burton, B.K., Energy from municipal waste: Picking up where recycling leaves off, Waste Age”, November 1992.
- [8] EL-BENY, D., “Katı Atık Düzensiz Sahaları İçin Uygun Gaz Oluşum Modellerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
- [9] O’LEARY, P., WALSHK, P.W., “Decision maker’s guide to solid waste management volume” II, USEPA, Chapter 9 Land Disposal, 1995.
- [10] GENDEBIEN, A. “Commission of the European Communities, Landfill gas from environment to energy- Final report, Commission of the European Communities, Office for Official Publications of the European Communities,Luxembourg”, 1992.
- [11] HEIDE, J., EISMA, M., “Soil Management part 3: Municipal solid waste”, 1994.

- [12] ANONİM, “The Institute of Waste Management. Monitoring of Landfill Gas. Secretary of State, Department of the Environment, London”, 30 p., 1993.
- [13] ANONİM, A “Landfill Gas-to-Energy Project Development Handbook of the EPA, EPA, Washington”, 200 p. 1996.
- [14] ANONİM, SUESS, M., A. UGURLU, “Katı Atık Yönetimi Çevre Mühendisleri Odası Yayını”, Ankara, s. 209. 1995.
- [15] AUGENSTEIN, D, J. PACEY, “Landfill Gas Energy Utilization Technology Options and Case Studies, Air and Energy Engineering Research Laborator) North Carolina”, p. 92–116. 1992.
- [16] JANSEN, “The Economics of Landfill Gas Projects in the U.S. Landfill Gas Applications and Opportunities Symposium Proeedings. Melbourne, February Melbourne”, 1992.
- [17] AUĞENSTEIN, D. “Landfill Gas Energy Utilization Technology Options and Case Studies, Air and Energy Engineering Research Laborator) North Carolina”, p. 67-82., 1995.
- [18] AKPINAR, N. “Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi”. İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, p. 39. (yayınlanmamış) 2006.
- [19] AKPINAR, N. “Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi”. İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, p. 42. (yayınlanmamış) 2006.
- [20] ANONİM, “Guidance Document for Landmı Gas Management of Environment Canada, Environment Canada, Ottawa”, 179 - 189 p.1996.
- [21] ERİTEN, “Kojenerasyon Sistemleri ve Uygulamaları. Isparta Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi. Isparta”, s. 150 (yayınlanmamış) 1998.
- [22] GÜLDAL, A., “Biogaz Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye'deki Uygulamalar. Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye'deki Uygulamaları Konferansı Bildirisi”. İstanbul, 3–4 Nisan 1999, p. 103–109. :MMM Yayın No: 215, Yapım Tanıtım Yayıncılık, İstanbul, s. 125. 1999.
- [23] KISER, J.V.L., BURTON, B.K., “Energy from municipal waste: Picking up where recycling leaves off, Waste Age, November”, p. 52-55, 1992.
- [24] ERDEM, A.M., ŞEREF A., ERDAL, Ü., "Katı Atık Kontrol Yönetmeliği ve A.B. Uyum Sürecinde Katı Atıkların Düzenli Depolanması", Katı Atıkların Düzenli Depolanması ve Vahşi Depolama Sahalarının Rehabilitasyonu Eğitimi, Eresin Topkapı Hotel, İstanbul 2006.

- [25] KWAK, T.H, MAKEN S, LEE, S, et.al., "Environmental aspects of gasification of Korean municipal solid waste in a pilot plant", Fuel 85, 2012-2017, 2006.
- [26] ADVANCED ENERGY STRATEGIES, Inc., "Investigation into Municipal Solid Waste Gasification for Power Generation", 2004.
- [27] TORAMAN, Ö.Y, TOPAL, H, "Katı Atık ve Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesinde Alternatif Termal Teknolojiler ve Uygulamaları", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 18, No 1. 2003.
- [28] SUMIO, Y., MASUTO, S, FUMIHIRO, M., "Thermoselect Waste Gasification and Reforming Process", JFE Technical Report, p 3. 2004.
- [29] AVAILABLE FROM, [http://www.safewasteandpower.com/process\\_plasma-gasification.html](http://www.safewasteandpower.com/process_plasma-gasification.html), Accessed 15 March 2007.
- [30] AVAILABLE FROM, <http://www.eie.gov.tr/biyoenerji.html>, Accessed 28 February 2007.
- [31] The INCINERATION Of WASTE DIRECTIVE, 2000/76/EC of the European Parliament, 4 December 2000.
- [32] NARDELLI, R., "The Wide World of Landfill Gas Flares. SWANA 16<sup>h</sup> Annual Landmı Gas Symposium Proceedings. Los Angeles", 1993.
- [33] ZHANG, G., PATUWO, B.E., HU, M.Y., "Forecasting with Artificial Neural Networks: The State of the Art", Inter. Journal of Forecasting, , Cilt 14, 35-62. 1998.
- [34] KAASTRA, I., BOYD, M., "Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series", Neurocomputing, Cilt 10, 215-236. 1996.
- [35] HAYKIN, S., "Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Perenctice Hall, New Jersey", 1999.
- [36] WERBOS, P.J., "Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences, PhD thesis, Harvard University", 1974.
- [37] RUMELHART, D.E., HINTON, G.E., WILLIAMS, R.J., "Learning Internal Repesantation by Back-Propagating Errors", In: Rumelhart D.E., McClelland J.L., The PDP Research Group, Paralel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition, MIT Press, MA, 1986.
- [38] CICHOCKI, A., UNBEHAVEN, R., "Neural Networks for Optimization and Signal Processing, John Wiley&Sons: England", 1993.

- [39] ELMAS, Ç., “Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), Seçkin Yayınları: Ankara”, 2003.
- [40] GARVER, M. S., “Using Data Mining For Customer Satisfaction Research”, Journal of Marketing Research, Spring, , Vol. 14, Issue 1, pp. 8-12. 2002.
- [41] GÜNERİ, N., APAYDIN, A., “Öğrenci Başarılarının Sınıflandırılmasında Lojistik Regresyon Analizi ve Sinir Ağları Yaklaşımı”, Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi Sayı: 1, s. 170 - 188. 2004.
- [42] HANSSENS, D. M., ve diğerleri, “Market Response Models Econometric and Time Series Analysis, 2nd Edition, Kluwer Academic Pub”.: N.York, 2001.
- [43] KRYCHA, K.. A., WAGNER, U., “Applications of Artificial Neural Networks in Management Science: A Survey”, Journal of Retailing and Consumer Services, Vol. 6, pp. 185 - 203.1999.
- [44] SMITH Kate A., GUPTA “Jatinder N.D., Neural Networks in Business: Techniques and Applications, IRM Pres: United Kingdom”, 2002.
- [45] WANG, J., TAKEFUJI, Y., “Neural Networks In Design and Manufacturing, World Scientific Pub.: Singapore”, 1993.
- [46] YILDIZ, B., “Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve Ampirik Bir Çalışma, Yayımlanmamış Doktora Tezi, T.C. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Kütahya”, 1999.
- [47] BEYAZIT M., “Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İTÜ Matbaası”, s 102. 1981.

## EKLER

### EK-A İSTAÇ A.Ş Kemberburgaz Çöpten Elektrik Üretim Tesislerine Ait 900 Günlük Veriler

Tablo EK-A İstaç A.Ş. Kemberburgaz Oda yeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

TARİH	GÜNLÜK ÇÖP MİKTAR (TON/gün)	SICAKLIK (C <sup>0</sup> derece)	BASINÇ ( - Basınç) milibar	GÜNLÜK METAN GAZI MİKTARI (m <sup>3</sup> /gün)	GÜNLÜK ÜRETİLEN ELEKTİRİK ENERJİSİ MİKTARI (kW/gün)
15.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
16.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
17.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
18.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
19.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
20.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
21.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
22.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
23.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
24.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
25.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
26.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
27.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
28.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
29.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
30.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
31.07.2007	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
01.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
02.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
03.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
04.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
05.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
06.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
07.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
08.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
09.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
10.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
11.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
12.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
13.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
14.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
15.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
16.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
17.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
18.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03



Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

19.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
20.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
21.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
22.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
23.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
24.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
25.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
26.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
27.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
28.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
29.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
30.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
31.08.2007	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
01.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
02.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
03.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
04.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
05.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
06.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
07.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
08.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
09.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
10.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
11.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
12.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
13.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
14.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
15.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
16.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
17.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
18.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
19.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
20.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
21.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
22.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
23.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
24.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
25.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
26.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
27.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
28.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
29.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
30.09.2007	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
01.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
02.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
03.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
04.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
05.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
06.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
07.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
08.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemberburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

10.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
11.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
12.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
13.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
14.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
15.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
16.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
17.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
18.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
19.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
20.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
21.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
22.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
23.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
24.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
25.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
26.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
27.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
28.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
29.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
30.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
31.10.2007	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
01.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
02.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
03.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
04.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
05.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
06.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
07.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
08.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
09.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
10.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
11.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
12.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
13.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
14.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
15.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
16.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
17.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
18.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
19.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
20.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
21.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
22.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
23.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
24.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
25.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
26.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
27.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
28.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
29.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

30.11.2007	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
01.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
02.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
03.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
04.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
05.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
06.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
07.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
08.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
09.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
10.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
11.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
12.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
13.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
14.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
15.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
16.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
17.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
18.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
19.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
20.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
21.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
22.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
23.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
24.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
25.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
26.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
27.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
28.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
29.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
30.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
31.12.2007	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
01.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
02.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
03.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
04.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
05.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
06.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
07.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
08.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
09.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
10.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
11.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
12.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
13.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
14.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
15.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
16.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
17.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
18.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
19.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
20.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

21.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
22.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
23.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
24.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
25.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
26.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
27.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
28.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
29.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
30.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
31.01.2008	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
01.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
02.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
03.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
04.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
05.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
06.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
07.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
08.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
09.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
10.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
11.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
12.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
13.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
14.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
15.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
16.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
17.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
18.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
19.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
20.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
21.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
22.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
23.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
24.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
25.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
26.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
27.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
28.02.2008	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
29.02.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
01.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
02.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
03.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
04.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
05.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
06.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
07.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
08.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
09.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
10.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
11.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
12.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

13.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
14.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
15.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
16.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
17.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
18.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
19.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
20.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
21.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
22.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
23.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
24.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
25.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
26.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
27.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
28.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
29.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
30.03.2008	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
31.03.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
01.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
02.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
03.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
04.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
05.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
06.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
07.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
08.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
09.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
10.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
11.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
12.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
13.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
14.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
15.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
16.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
17.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
18.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
19.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
20.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
21.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
22.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
23.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
24.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
25.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
26.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
27.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
28.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
29.04.2008	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
30.04.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
01.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
02.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
03.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

07.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
08.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
09.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
10.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
11.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
12.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
13.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
14.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
15.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
16.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
17.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
18.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
19.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
20.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
21.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
22.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
23.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
24.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
25.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
26.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
27.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
28.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
29.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
30.05.2008	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
31.05.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
01.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
02.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
03.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
04.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
05.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
06.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
07.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
08.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
09.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
10.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
11.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
12.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
13.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
14.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
15.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
16.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
17.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
18.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
19.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
20.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
21.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
22.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
23.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
24.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
25.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
26.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
27.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

28.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
29.06.2008	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
30.06.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
01.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
02.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
03.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
04.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
05.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
06.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
07.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
08.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
09.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
10.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
11.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
12.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
13.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
14.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
15.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
16.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
17.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
18.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
19.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
20.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
21.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
22.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
23.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
24.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
25.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
26.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
27.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
28.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
29.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
30.07.2008	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
31.07.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
01.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
02.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
03.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
04.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
05.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
06.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
07.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
08.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
09.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
10.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
11.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
12.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
13.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
14.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
15.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
16.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
17.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
18.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

19.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
20.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
21.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
22.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
23.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
24.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
25.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
26.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
27.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
28.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
29.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
30.08.2008	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
31.08.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
01.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
02.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
03.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
04.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
05.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
06.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
07.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
08.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
09.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
10.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
11.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
12.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
13.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
14.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
15.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
16.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
17.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
18.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
19.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
20.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
21.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
22.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
23.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
24.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
25.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
26.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
27.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
28.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
29.09.2008	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
30.09.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
01.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
02.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
03.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
04.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
05.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
06.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
07.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
08.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
09.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39



Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

10.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
11.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
12.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
13.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
14.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
15.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
16.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
17.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
18.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
19.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
20.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
21.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
22.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
23.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
24.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
25.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
26.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
27.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
28.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
29.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
30.10.2008	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
31.10.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
01.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
02.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
03.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
04.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
05.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
06.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
07.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
08.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
09.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
10.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
11.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
12.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
13.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
14.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
15.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
16.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
17.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
18.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
19.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
20.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
21.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
22.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
23.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
24.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
25.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
26.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
27.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
28.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
29.11.2008	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
30.11.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

01.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
02.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
03.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
04.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
05.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
06.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
07.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
08.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
09.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
10.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
11.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
12.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
13.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
14.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
15.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
16.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
17.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
18.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
19.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
20.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
21.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
22.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
23.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
24.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
25.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
26.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
27.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
28.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
29.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
30.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
31.12.2008	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
01.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
02.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
03.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
04.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
05.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
06.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
07.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
08.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
09.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
10.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
11.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
12.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
13.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
14.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
15.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
16.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
17.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
18.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
19.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
20.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
21.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

22.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
23.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
24.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
25.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
26.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
27.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
28.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
29.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
30.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
31.01.2009	8.437	17	-42	70.392	61.227,48
01.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
02.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
03.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
04.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
05.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
06.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
07.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
08.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
09.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
10.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
11.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
12.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
13.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
14.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
15.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
16.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
17.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
18.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
19.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
20.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
21.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
22.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
23.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
24.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
25.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
26.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
27.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
28.02.2009	8.397	17	-43	75.456	112.048,61
01.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
02.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
03.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
04.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
05.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
06.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
07.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
08.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
09.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
10.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
11.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
12.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
13.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
14.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

15.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
16.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
17.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
18.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
19.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
20.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
21.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
22.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
23.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
24.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
25.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
26.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
27.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
28.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
29.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
30.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
31.03.2009	8.444	18	-38	53.424	95.386,49
01.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
02.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
03.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
04.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
05.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
06.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
07.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
08.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
09.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
10.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
11.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
12.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
13.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
14.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
15.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
16.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
17.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
18.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
19.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
20.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
21.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
22.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
23.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
24.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
25.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
26.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
27.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
28.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
29.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
30.04.2009	8.739	22	-49	55.608	109.737,60
01.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
02.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
03.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
04.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
05.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

06.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
07.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
08.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
09.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
10.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
11.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
12.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
13.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
14.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
15.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
16.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
17.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
18.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
19.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
20.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
21.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
22.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
23.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
24.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
25.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
26.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
27.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
28.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
29.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
30.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
31.05.2009	9.107	31	-76	68.616	132.367,37
01.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
02.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
03.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
04.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
05.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
06.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
07.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
08.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
09.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
10.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
11.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
12.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
13.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
14.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
15.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
16.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
17.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
18.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
19.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
20.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
21.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
22.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
23.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
24.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
25.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
26.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

27.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
28.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
29.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
30.06.2009	9.107	36	-56	86.136	178.894,00
01.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
02.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
03.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
04.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
05.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
06.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
07.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
08.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
09.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
10.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
11.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
12.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
13.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
14.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
15.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
16.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
17.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
18.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
19.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
20.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
21.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
22.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
23.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
24.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
25.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
26.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
27.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
28.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
29.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
30.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
31.07.2009	8.491	40	-42	91.416	182.528,15
01.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
02.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
03.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
04.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
05.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
06.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
07.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
08.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
09.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
10.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
11.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
12.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
13.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
14.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
15.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
16.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
17.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

18.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
19.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
20.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
21.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
22.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
23.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
24.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
25.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
26.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
27.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
28.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
29.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
30.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
31.08.2009	8.992	39	-63	88.056	183.004,03
01.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
02.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
03.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
04.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
05.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
06.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
07.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
08.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
09.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
10.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
11.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
12.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
13.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
14.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
15.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
16.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
17.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
18.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
19.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
20.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
21.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
22.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
23.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
24.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
25.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
26.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
27.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
28.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
29.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
30.09.2009	9.651	36	-59	81.504	172.862,02
01.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
02.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
03.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
04.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
05.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
06.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
07.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
08.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39

Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

09.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
10.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
11.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
12.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
13.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
14.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
15.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
16.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
17.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
18.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
19.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
20.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
21.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
22.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
23.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
24.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
25.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
26.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
27.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
28.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
29.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
30.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
31.10.2009	9.443	33	-55	36.408	157.495,39
01.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
02.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
03.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
04.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
05.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
06.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
07.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
08.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
09.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
10.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
11.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
12.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
13.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
14.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
15.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
16.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
17.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
18.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
19.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
20.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
21.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
22.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
23.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
24.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
25.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
26.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
27.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
28.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
29.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68

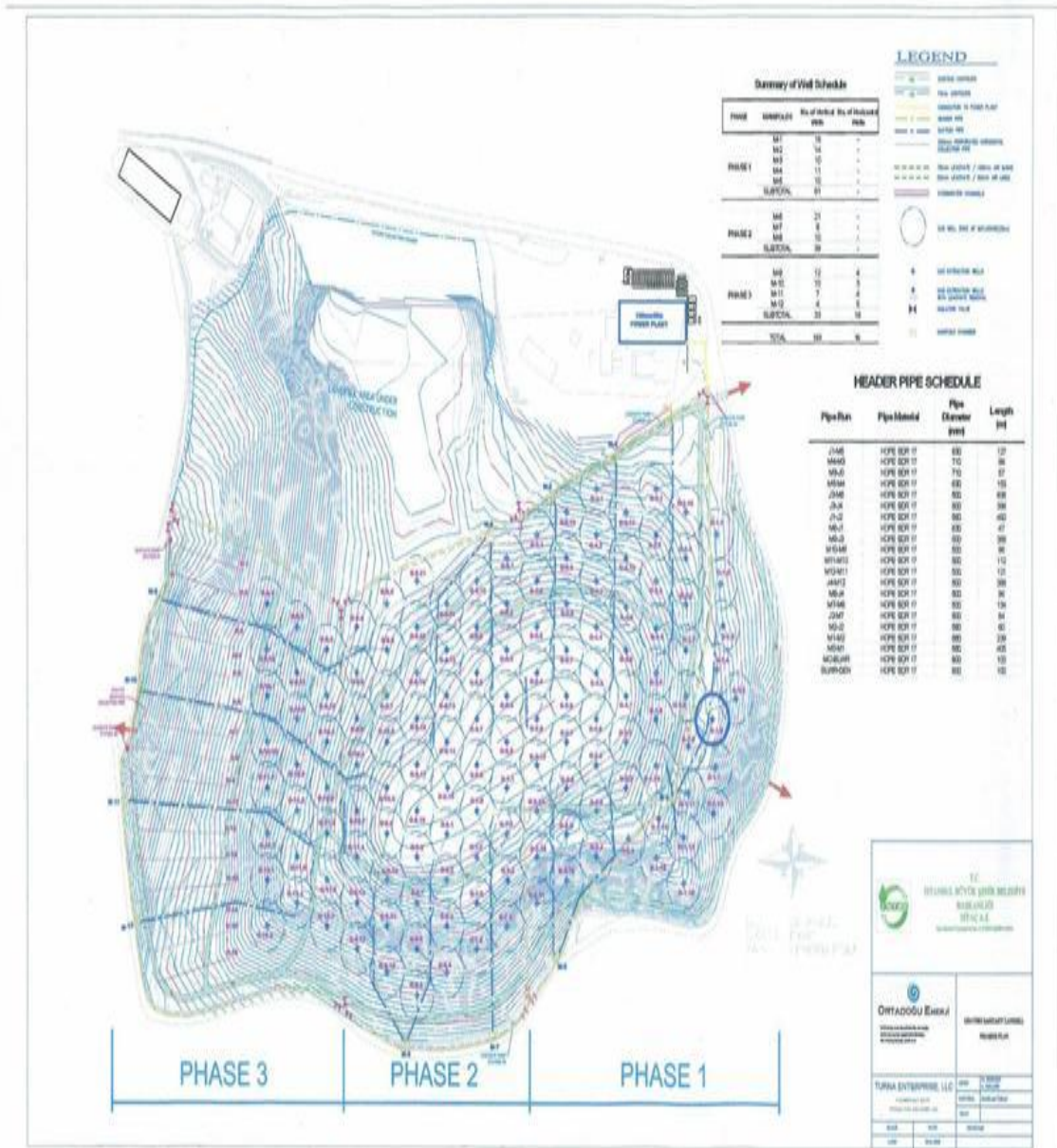


Tablo EK-A (Devamı) İstaç A.Ş. Kemerburgaz Odayeri Çöpten Elektrik Üretim Tesisleri Günlük Verileri

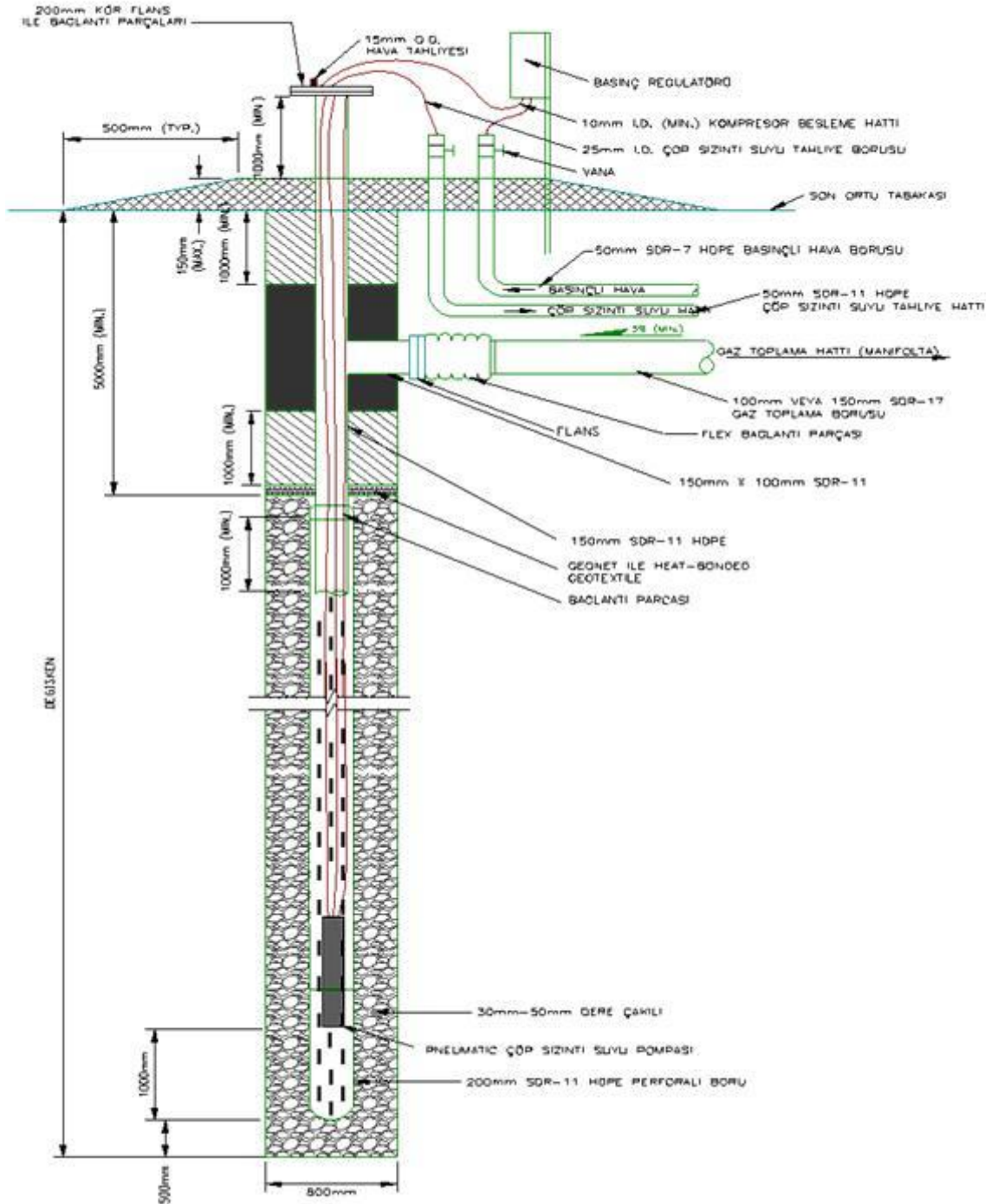
30.11.2009	9.798	27	-37	90.504	152.976,68
01.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
02.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
03.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
04.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
05.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
06.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
07.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
08.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
09.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
10.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
11.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
12.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
13.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
14.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
15.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
16.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
17.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
18.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
19.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
20.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
21.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
22.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
23.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
24.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
25.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
26.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
27.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
28.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29
29.12.2009	9.452	22	-37	91.296	126.588,29

İSTAÇ A.Ş Kemerburgaz Oda Yeri Çöpten Elektrik Üretim Tesislerine Ait Resimler

EK-B. Saha Planı



## EK-B. Kuyu Kesiti



## EK-B KUYU KESİTİ

## EK-B. Delikli Borular





EK-B Depolama Sahası



## EK B. Saha Metan Gazı Toplama Boruları



EK-B. Yakma Bacaları





EK-B. Gaz Motoru





## EK-B. Gaz Emme ve Kalite Kontrol Sistemleri



## ÖZGEÇMİŞ

Sezgin EREN, 11.11.1974 tarihinde Kastamonu 'da doğmuştur. 1992 yılında İstanbul İnşaat Teknik Lisesinden mezun olmuştur, aynı yıl Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başlamıştır. 1996 yılında “Betonarme Yüksek Yapılar” adlı bitirme tezini vererek mezun olmuştur. Aynı yıl Sarıyer Belediyesi İmar Müdürlüğünde göreve başlamıştır. 1997 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında sınava girerek başarılı olmuştur. 1999 yılında Yüksek Lisans Eğitimini yarıda bırakmak zorunda kalmış. 2009 yılında Yüksek Öğretim Kurumu öğrenci affından dolayı tekrar Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı programında yüksek lisans eğitimine devam etmiştir. Hali hazırda eğitime devam etmektedir. İ.E.T.T. Genel Müdürlüğü İnşaat İhale Grubu Teknik sorumlusu ve Edirnekapı – Sultançiftliği Metro hattında bir süre görev yapmıştır. Halen İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Emlak Yönetimi Daire Başkanlığı Mesken Müdürlüğünde Müdür Yardımcısı olarak görevine devam etmekte olup, aynı zamanda İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı Kıymet Takdir Komisyon Başkanlığını da yürütmektedir. Sezgin EREN evli ve iki kız çocuk babasıdır.