

**BİYOGAZ ÜRETİMİNDE
ENERJİ MALİYETİNİN SAPTANMASI
MURAT AKTAŞ
Yüksek Lisans Tezi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU**

2019

T.C.

**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOGAZ ÜRETİMİNDE ENERJİ MALİYETİNİN SAPTANMASI

MURAT AKTAŞ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. BİROL KAYIŞOĞLU

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır.

Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU danıŐmanlıĐında, Murat AKTAŞ tarafından hazırlanan ‘‘Biyogaz Üretiminde Enerji Maliyetinin Hesaplanması’’ isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans teziolarak oy birliğiile kabul edilmiştir.

JuriBaŐkanı: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

İmza:

Üye : Prof. Dr. Gıyasettin IEK

İmza :

Üye : Dr.ÖĞr. Üyesi Mehmet Recai DURGUT

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİYOĞAZ ÜRETİMİNDE ENERJİ MALİYETİNİN SAPTANMASI

Murat AKTAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

Ülkemizde atık yönetiminde önemli yere sahip olan Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı İZAYDAŞ, alternatif enerji kaynaklarından biri olan biyogaz üretim tesisine de sahiptir. Bu araştırmada; 3 evreden (hidroliz, asit üretimi ve metan elde edilmesi) oluşan biyogaz oluşumundan, tesis özelliklerine kadar birçok noktaya değinilmiştir. Beş farklı üretim kategorisine sahip biyogaz üretim tesislerinin özellikleri, bu tesislerde elde edilen enerjinin kullanım alanları, tesislerin etkilendiği faktörler ele alınarak diğer enerji kaynakları ile karşılaştırma yapılmıştır. Biyogaz üretiminde İZAYDAŞ Biyogaz Üretim Tesisi maliyetlendirme çizelgesi baz alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyogaz, enerji, yenilenebilir enerji, atık, biyogaz sistemleri

2019, 28 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF ENERGY COST IN BIOGAS PRODUCTION

Murat AKTAS

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Birol KAYISOĞLU

İZAYDAS is a biogas (an alternative energy source) production facility which is a part of the Kocaeli Metropolitan Municipality. It also has an important place in waste management. In this study; The biogas formation consists of 3 stages which are hydrolysis, acid production and methane production. The biogas production facilities have five different production categories. The usage areas of the energy that obtained in these plants, are compared with other energy sources by considering the factors which affect the facilities. Biogas production is based on cost table of İZAYDAŞ Biogas Production Plant.

Keywords : Biogas, energy, renewable energy, waste, biogas systems

2019, 28 Pages

ÖNSÖZ

Anaerobik parçalanma, karmaşık organik maddelerin oksijensiz ortamda, birbirine beslenme ilişkisiyle bağlı anaerobik mikroorganizmalar tarafından 3 evrede biyogaza dönüştürülmesi işlemidir. Biyogaz yenilebilir enerji kaynakları arasında birçok atık maddeden kolaylıkla üretilebilen ve elektrik üretiminden araç yakıtına kadar kullanım alanı en geniş olan kaynaklardandır. Biyogaz üretimi ile maddi yönden kazanç sağlanırken aynı zamanda, su kaynaklarının korunması, haşerelerin ve bilinçsizce yapılan sera gazlarının önlenmesi gibi farklı boyutlarda faydaları da vardır. Ülkemizde mevcut imkânlarla daha fazla biyogaz üretimi yapılması sağlanarak, hem maddi hem de doğaya ve insanlığa yönelik birçok fayda ortaya konulabilir.

Bu çalışmada; konu ile ilgili son derece ciddi faaliyet gösteren İZAYDAŞ Biyogaz tesisinde çeşitli atıklardan elde edilen biyogaz ve elektrik enerjisi üretim süreçlerine yer verilmiştir. Ayrıca kullanım alanları ile faydaları da incelenmiştir.

Tezimin başından sonuna kadar her türlü desteği sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU' na, çalışmamın güçlenmesi ve amacına ulaşması açısından hiçbir veriyi esirgemeyen İZAYDAŞ'a, iş hayatımda tecrübelerinden yararlandığım sayın müdürüm İrfan ÇALIŞAN'a ve her zaman yanımda olan sevgili eşime ve biricik kızıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Anaerobik Parçalanma (Biyogaz Oluşumu)	2
1.2. Biyogaz üretim tesisleri	5
2. AMAÇ	10
3. KAYNAK ÖZETLERİ	11
4. MATERYAL VE YÖNTEM	16
4.1. Materyal.....	16
4.1.1. Kocaeli İline Ait İlgili Bilgi ve İstatistikler	16
4.1.2. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İZAYDAŞ Entegre Tesis Bilgileri	16
4.2. Yöntem	18
4.2.1. Kocaeli ilinin biyogaz üretim potansiyelinin ve İZAYDAŞ'ın gerçekleştirdiği biyogaz üretiminin belirlenmesi.....	18
4.2.2. Kocaeli İZAYDAŞ biyogaz üretim tesisinin maliyet analizi	19
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
5.1. Kocaeli ilinin biyogaz üretim potansiyeli ve İZAYDAŞ'ın gerçekleştirdiği biyogaz üretimi	23
5.2. Kocaeli İZAYDAŞ biyogaz üretim tesisinin maliyet analizi	24
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	25
7. KAYNAKLAR	26

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1. Biyogazın içeriği ve ısıl değeri.....	5
Çizelge 4.1. Kocaeli ilindeki büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları 2009 – 2016.....	16
Çizelge 4.2. İZAYDAŞ Tesis Özellikleri.....	18
Çizelge 4.3. Farklı hammadde kaynaklarının yıllık biyogaz üretim miktarları.....	19
Çizelge 5.1. İZAYDAŞ Biyogaz üretim potansiyeli çizelgesi.....	23
Çizelge 5.2. İZAYDAŞ Biyogaz tesisinin maliyet çizelgesi.....	24

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1. Aile Tipi Biyogaz Tesislerinin Şematik Görünümü (Kossmann Ve Ark. 1999)	6
Şekil 1.2. Çiftlik tipi biyogaz tesisleri genel şeması.....	7
Şekil 1.3. Merkezi biyogaz sisteminin akış şeması.....	8
Şekil 1.4. Atık su arıtma tesislerinde biyogaz eldesi.....	8
Şekil 1.5. Evsel katı atıklar için örnek bir biyogaz tesis şeması.....	9
Şekil 4.1. İzaydaş Biyogaz Tesisi.....	17

1. GİRİŞ

Enerji, insanoğlu için sosyal hayatını sürdürme ve gelişebilmesi adına vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Dünyamızda farklı enerji kaynakları mevcuttur. Temel olarak enerji kaynakları fosil kökenli enerji kaynakları, teknolojik gelişmelere bağlı olarak sunulabilen potansiyel enerji kaynakları (Yeni Enerji) ve tükenmeyen enerji kaynakları (Yenilenebilir Enerji) olmak üzere üç farklı şekilde ele alınır. Son yıllardaki çalışmalar göstermiştir ki fosil kökenli enerji kaynaklarının ömrü 150 yıl olarak verilmektedir. İnsan nüfusu hızlı bir şekilde artmakta, şehirleşme oranı yükselmekte ve enerji talebi her geçen gün büyümektedir. Buna karşılık enerji maliyetlerindeki artışlardan dolayı enerji arzında da sorunlar yaşanmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda fosil kökenli enerji kaynakları olan kömür, petrol ve doğalgaz için kurulan santrallerin hem yerleşik oldukları çevreye hem de çıkardıkları gazlar nedeniyle atmosfere ve tüm dünyaya büyük tahribatları söz konusudur. Bu zehirli gazlar (karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksit, toz ve kurum gibi) insan ölümlerinden iklim değişikliklerine kadar bir dizi zararı mevcuttur. Bu durumda insanoğlunun geleceği açısından yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Doğru, 2010).

Biyogaz yenilenebilir enerji kaynakları arasında son yıllarda artan bir ivmeyle önemli bir yere gelmiştir. Biyogazın her türlü organik maddeden elde edilebilir olması bu, enerji kaynağı için büyük avantajdır. Biyogaz, temelde organik atıkların anaerobik (oksijensiz) ortamda fermentasyonu sonucu elde edilir ve bu elde edilen gazın 1 m³'ü yaklaşık 4,70 KWh enerjiye eşdeğerdir. Biyogaz elde edilmesinde organik atıkların kullanılması mevcut atıklardan oluşan çevre problemlerine de çözüm üretebilecektir. Şehirlerimizde hayvansal kaynaklı atıkların, organik evsel ve endüstriyel atıkların, belediyelerin çöpleri gibi atıkların hiçbir şekilde arıtma işlemine tabi tutulmadan toprağa verilmesi, toprağın verimini düşürmekte; uygunsuz koşullarda biriktirilmesi sinek, haşere ve kokuya sebep olmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Farklı atıklar için farklı arıtma seçenekleri mevcuttur. İçeriğinde yüksek organik yükü olan atıklar için ise anaerobik arıtma süreçleri idealdir.

Dünyada biyokütle %15'lik oranla genel olarak birincil enerji tüketim kaynağı haline gelmiştir. Biyokütle kullanımı gelişmiş ülkelerde ise %38 civarındadır. Dünya üzerinde hayvan gübresinden biyogaz elde eden tesis sayısı bakımından Çin açık ara öndedir. Çin'de toplam 7 milyonun üzerinde biyogaz tesisi mevcuttur. Bu sayı tüm dünyadaki biyogaz tesislerinin %80'ine denk gelmektedir. Çin'i takip eden ülke ise %10'luk payı (2,9 milyon) ile

Hindistan'dır. Özellikle kırsal kesimlerde günlük ihtiyacın %80'i biyogaz ile sağlanmaktadır. Avrupa birliği ülkelerinde ise yılda 60,6 TWh değerindeki elektrik enerjisi biyogaz tesislerinden elde edilerek toplamda 13,9 milyon kişinin ihtiyacı için kullanılmaktadır. Ülkemizin elektrik enerjisini elde etme bakımından kurulu güç değeri 81520 MW'dır. Bu enerjinin kaynakları bakımından yüzdelik değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Öztürk, 2017).

Ülkemizde her ne kadar son yıllarda biyogaz tesislerinin sayısı hızla artmış olsa da biyogaz elde edilmesine karşı bilinçlenme ve duyarlılıkta biraz geç kalmıştır. Özellikle kırsal kesimlerdeki hayvan gübrelerinin yakıt olarak klasik bir şekilde yakılması sonucunda biyogazdan elde edilebilecek olan enerji kullanılamamaktadır. Aynı zamanda biyogaz üretimi sonrasında oluşan katı atıklar da daha verimli gübre olarak kullanılabilen ve durum iki yönlü olarak ekonomimize zarar vermektedir. Diğer taraftan ülkemizde ağırlıklı olarak özellikle büyükbaş hayvan atıkları kullanılmaktadır. Bu durum hem biyogaz verimini negatif yönde etkilemekte hem de atık miktarının azlığı nedeniyle tesis maliyetinin tam olarak karşılayamamaktadır (Tufaner ve ark., 2013). Buna karşın sadece büyükbaş hayvan atıkları potansiyeli göz önüne alındığında bile 2000'nin üzerinde biyogaz tesisi kurulabilecekken ülkemizde sadece 36'sı çalışan, 85 adet tesis mevcuttur (Karagöz, 2016).

Bu tesislerden biri de Kocaeli ilinde kurulu olan İZAYDAŞ Biyogaz tesisidir. Bu tesiste şehirdeki yeşil alanlardan toplanan çimenler, mezbahadan gelen atıklar, sebze ve meyve halleri atıkları, çiftliklerden toplanan büyükbaş ve küçükbaş gübreleri kullanılmaktadır. Bu atıklar biyogaz tesisinde çürütülerek biyogaz elde edilmekte ve elde edilen elektrik enerjisi de ulusal şebekeye verilmektedir. İZAYDAŞ Biyogaz tesisi saatte 330 kW elektrik kapasitesine sahiptir. Aynı zamanda üretim sonrası oluşan katı ve sıvı çıktılar kaliteli gübre olarak tarımsal amaçlı kullanılmaktadır.

1.1. Anaerobik Parçalanma (Biyogaz Oluşumu)

Metan gazının oluşmasına organik atıkların çürümesinin neden olduğu 1800'lü yıllardan beri bilinen bir gerçektir; fakat bu gazın oluşmasına neden olan ayrışmayı bakterilerin yaptığı saptanması 1900'lü yılların ortalarını bulmuştur (Öztürk, 2007).

Anaerobik parçalanma, oksijensiz ortamda organik atıkların belirli biyolojik süreçlerden geçirilerek parçalanmasını ve sonuçta metan (CH₄), karbondioksit (CO₂), azot

(N₂) ve hidrojen sülfür (H₂S) gibi gazların çıkması işlemlerinin hepsi olarak tanımlanmaktadır. Anaerobik parçalanma sonucunda işlenen organik atıkların çoğu (%60-%80) metan gazına dönüşmektedir. Anaerobik parçalanmanın temelde üç ana evresi mevcuttur. (Tufaner ve Avşar, 2014).

1. Hidroliz evresi; yüksek molekül değerli organik atıkların hidrolizi
2. Asit üretim evresi; düşük molekül değerli organik atıkların bakteriler yardımıyla asite dönüştürülmesi
3. Metan elde edilme evresi; asetik asit, hidrojen ve karbondioksit yardımıyla metan elde edilmesi

Hidroliz evresi, hızlı olmayan ve hücre dışı enzimlerin rol aldığı bir evredir. Bu evrenin hızını pH değeri, sıcaklık ve çamur yaşı direkt olarak etkilemektedir. Özellikle yağlar, selüloz ve lignin gibi maddelerin hidrolizinin yavaş olması bu evredeki reaksiyonların hızını yavaşlatan temel faktörlerdendir. Bu aşamada çözünür halde olmayan organik atıklar ortamdaki mikroorganizmaların enzimleriyle çamur içinde çözünür duruma gelirler. Bu aşamada karmaşık ve uzun bir yapıda olan karbonhidrat, yağ ve proteinler daha basit ve kısa bir yapıya dönüşürler. Bu dönüşüm ile hidroliz aşaması bitmiş olur (Björnsson, 2000).

Asit üretim evresinde hidroliz evresinden çıkan ürünlerin asite dönüştürülmesi gerçekleştirilmektedir. Bu evrede anaerobik bakteriler rol alır ve çözünür durumdaki maddeleri daha da küçük yapılara (asit, hidrojen, karbondioksit gibi) dönüştürülür. Bu dönüşümün temel amacı metan oluşturucu bakterilere daha uygun ortam sağlamaktır (Kankılıç ve Topal, 2015).

Bu gerçekleştirme ortam şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Eğer ortam şartları kararlı ise asetik asite (CH₃-COOH); ortam şartları kararlı değil ise asetik asit dışında bütirikasite (CH₃-CH₂-CH₂-COOH), propyonikasite (CH₃-CH₂-COOH), izobütirikasite ((CH₃)₂-CH₂-COOH), valerikasite (CH₃-CH₂-CH₂-CH₂-COOH) ve izovalerik asit ((CH₃)₂-CH₂-CH₂-COOH) gibi büyük yağ asitlerine dönüştürülür.

Metan bakterilerinin verimi için hidrojen sülfür önemlidir. Çünkü hidrojen sülfür içeriği güçlü bir indirgeyici özelliğe sahiptir ve bu özellik havasız ortamın korunması adına önemlidir. Eğer hidrojen sülfür yeterli miktarda karşılanamıyorsa dışarıdan sülfatın kullanımı şarttır. Burada da dikkat edilmesi gereken sülfat miktarıdır. Sülfat miktarı yüksek

konsantrasyonlara çıkarsa oluşan hidrojen sülfür metan bakterileri için zehirli denilebilecek düzeye çıkabilir (Tufaner ve Avşar 2014).

Bir diğer yandan metan bakterileri ile sülfat gideren bakteriler hidrojen için birbirleriyle yarışa girebilmektelerdir. Sülfat azlığı durumunda sülfat gideren bakteriler de hidrojen üretebilmektedirler. Asit metana göre daha yüksek hızda üretilebildiği için çözünmüş organik atık arttıkça yüksek asit konsantrasyonu oluşmakta bu da metan elde edilmesinde düşüşe sebep olmaktadır.

Metan elde edilme evresi yavaş ilerleyen bir evredir. Metan genel olarak asetik asit parçalanmasından sonra %70 oranında hidrojen ve/veya karbondioksitin sentezi sonucunda %30 civarında elde edilir. Metan bakterileri için en ideal pH değeri 6,7 – 8 aralığındadır. Metan bakterilerinin besin kaynakları çoğunlukla asetik asit, metanol, hidrojen ve tek karbonlu bileşiklerdir. Metan üreten bakteriler arasında Methanobacterium, Methanobrevibacter, Methanospirillum ve Methanococcus sayılabilir. Ortalama çoğalma hızları 0,8-4,1 gün arasındadır (Öztürk, 2007).

Bu evrede doğal olarak asit elde etme hızı yavaşlamaya başlarken metan elde etme hızı artmaya başlar. Hidrojenden ve asitlerden dolayı ortamda metan ve karbondioksit oluşmaya başlar ve metan bakterileri için ideal pH değeri yavaş yavaş oluşmaya başlar. Fakat bu durum inorganik bileşiklerin daha fazla çözünmesini engeller; bu sızıntı suyundaki ağır metal oranını da negatif yönde etkiler. Aynı anda metan ve karbondioksit oluşum hızı düşmeye başlar. Çünkü buna sebep olan çoğu nütrient sızıntı suyu ile giderilmiş ve kalan substratlar ise ayrışma hızı düşük olanlardan oluşmuştur. Depo gazları olana metan ve karbondioksit oluşumu tam olarak bu evrede gelişir (Kankılıç ve Topal 2015). Tabii ki bu evrelerin hepsi her zaman burada belirtilen sırayla gelişmez; bazıları aynı anda da meydana gelebilmektedir.

Tamamlanan evrelerden sonra depoda farklı oranlarda gazlar oluşur. Büyük miktarlarda oluşan gazlara ana gazlar; diğer gazlara eser gazlar denilir. Eser gazlar çok düşük miktarlarda bile olsa zehirli olup insan sağlığı için zararlıdır. Tabii ki bu yüzdeler depolama sahasının yaşı ile değişiklik gösterebilir (Işık, 2014).

Anaerobik ortamda hayvan gübresinden elde edilecek biyogazı etkileyecek faktörler şunlardır (Öztürk 2017):

- ✓ Reaktör Sıcaklığı
- ✓ pH

- ✓ Hidrolik Bekleme Süresi
- ✓ Organik Yükleme Hızı
- ✓ Karbon /Azot Oranı
- ✓ Toksik madde oranı

Anaerobik fermantasyon sonucu oluşan biyogazın bileşenleri ve ısıl değeri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Biyogazın içeriği ve ısıl değeri

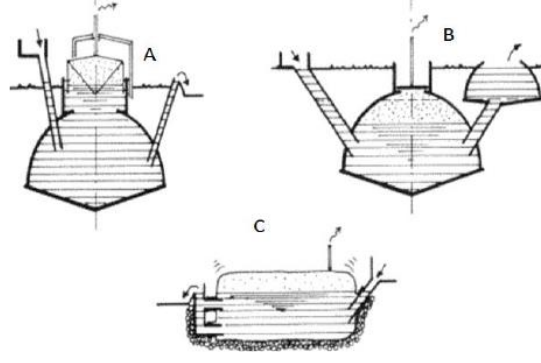
Bileşenler	Miktar
CH ₄	%50-70
CO ₂	%30-50
N ₂	<% 1
O ₂	<%0,2
H ₂ S	10-4000 ppm
Isıl Değeri	24-33 MJ/Nm ³

1.2. Biyogaz üretim tesisleri

Biyogaz elde edilmesinde atık çeşitliliği, çevre şartları, çıktının kullanılacağı yerler gibi bazı faktörler tesis özelliklerini etkilemektedir. Genel olarak biyogaz üretim tesisleri 5 farklı kategoride ele alınabilir (Al Seadi ve ark. 2008);

1. Tarımsal biyogaz tesisleri
2. Atık su arıtma tesisleri
3. Katı atık arıtma tesisleri
4. Endüstriyel biyogaz tesisleri
5. Çöp gazı geri kazanım tesisleri

Tarımsal biyogaz tesisleri de büyüklüklerine göre 3 farklı kategoride ele alınmaktadır (Kossmann ve Ark., 1999). Çok küçük boyutta olan tesislere aile tipi biyogaz tesisi denilmektedir. Bu tesislerin de reaktörlerin çeşitliliğine göre hint tipi, çin tipi ve tayvan-çin tipi kategorileri mevcuttur.

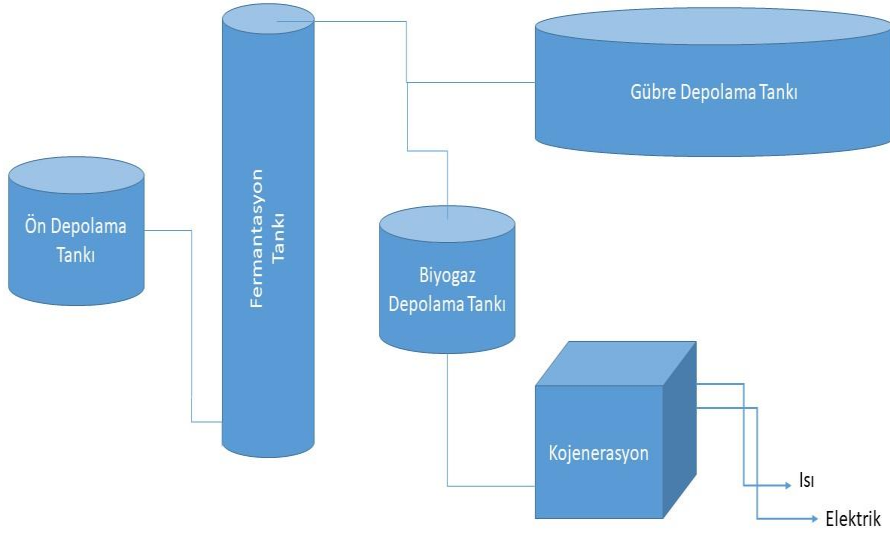


Şekil 1.1.Aile tipi biyogaz tesislerinin şematik görünümü (Kossmann ve ark. 1999)

A.Hint Tipi, B.Çin Tipi, C. Tayvan-Çin tipi

Çiftlik tipi biyogaz tesisleri daha çok çiftliklerdeki hammaddeleri kullanarak kendi işlemlerini yaptığı için bu adı almıştır. Hammaddelerin yanında metan oluşum verimini arttırmak için balık, sebze ve yağ atıkları da kullanılabilir. Bu tür tesisler genellikle hammaddeyi alacağı çiftlik veya çiftliklere yakın kurularak bir boru hattıyla direkt olarak hammaddeyi tesis içine almaktadır. Bunun örnekleri özellikle Almanya ve Avusturya olmak üzere Avrupa'nın birçok ülkesinde mevcuttur.

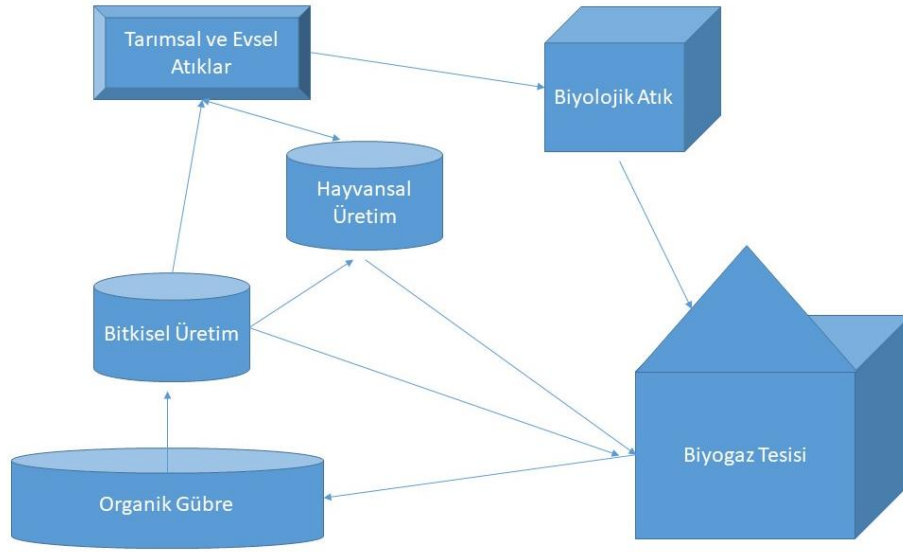
Bu tesislere gelen atık ilk önce ön depolama tankında tutulur; bir pompa yardımıyla sızdırmazlık özelliği olan çelik veya betondan yapılmış fermantasyon tankına aktarılır; burada atık çeşidine göre hidrolik bekleme süresi (20-40 gün) geçirilir. Elde edilen biyogaz elektrik veya ısı amaçlı kullanılır. Üretilen enerjinin belirli bir kısmı (%10-30) çiftliğin kendi ihtiyaçları için geri verilir (Al Seadi ve ark., 2008).



Şekil 1.2.Çiftlik tipi biyogaz tesisleri genel şeması

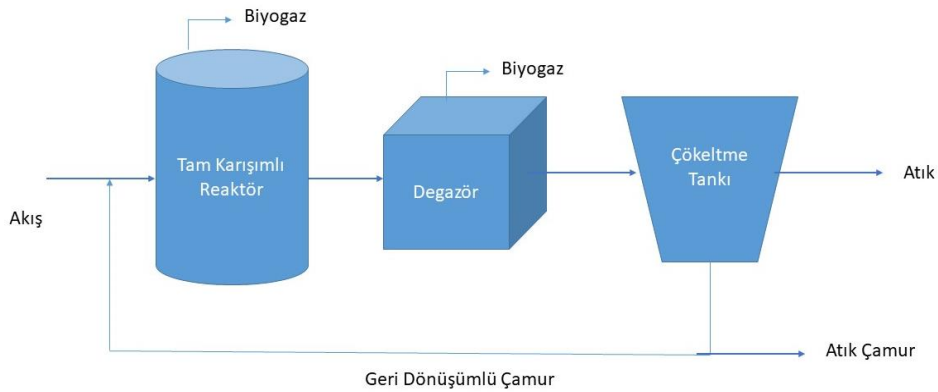
Bir diğer farklı biyogaz tesisi ise birçok tesisten gelen hayvansal ve bitkisel atıkların tek bir yerde toplandığı merkezi biyogaz tesisleridir. Bu tesisler sayesinde birden çok biyogaz tesisinde gerekli olan maliyetler, işgücü ve zaman kayıpları engellenebilmektedir. Bu tür biyogaz tesisleri başta Danimarka olmak üzere hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı yerlerde kullanılmaktadır (Gregersen, 1999).

Hayvansal ve diğer tür atıklar yine kanallar ile veya özel depolama kamyonları ile toplanır. Daha sonra ise fermantasyon tankına iletilir. Bu tür tesislerde çiftçiler atıkları iletmekten; tesis ise elde edilen gübrenin çiftçiye iletilmesinden sorumludur. Merkezi biyogaz tesisleri çoğunlukla çiftçilerin aralarında kurdukları kooperatifler aracılığıyla yapılır. Bu tür tesislerde hidrolik bekletme süresi 12-25 gün arasındadır. Besleme sistemi ise aralıksız çalışmaktadır (Al Seadi ve ark. 2008).



Şekil 1.3.Merkezi biyogaz sisteminin akış şeması

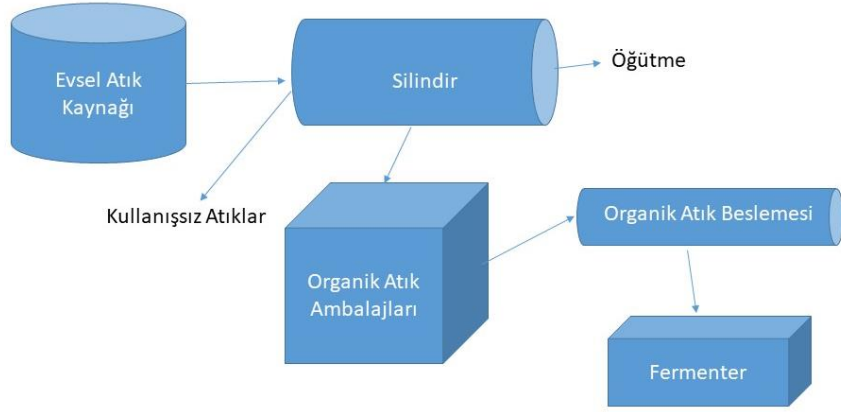
Atık su arıtma tesislerinde de anaerobik parçalanmayla elde edilen biyogaz üretimi gerçekleştirilmektedir. Genel olarak atık su arıtma tesislerinde birinci veya ikinci olarak fermantasyon işlemi uygulanmaktadır. Bu tür sistemlerde tam karışimli reaktör, degazör(biyogaz baloncuklarının yukarı hareketini sağlayan) ve çöktürme tankı mevcuttur (Topper 2011).



Şekil 1.4. Atık su arıtma tesislerinde biyogaz eldesi

Evsel atıklarımızın çoğu katı atık maddelerden oluşmaktadır. Fakat bu katı atıklar yeteri kadar biyogaz üretimi için değerlendirilememekte ve enerji kaybı yaşanmaktadır. Son yıllarda bu anlamda bilinçlenme artmaya başlamış ve geri dönüşüm faaliyetleri hız kazanmıştır. Kaynak kullanımını bakımından evsel atıklar en çok kullanılan kaynaktır. Mutfak

atıkları ıslak olmalarından dolayı aerobik parçalama için uygun değildir; bu yüzden anaerobik parçalanma sistemlerinde kullanımı açısından uygun ve elverişlidir (Heck, 2011).



Şekil 1.5.Eysel katı atıklar için örnek bir biyogaz tesis şeması

2. AMAÇ

Sürekli gelişen ve büyüyen global dünyada enerjiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Artan enerji ihtiyacını karşılarken hem maliyeti düşürmek hem de doğaya ve insanlığa zarar vermemek gerekmektedir. Bu yüzden alternatif enerji kaynaklarına yönelmek ve bu yönde çalışmaları hızlandırmak gelecek için son derece önem arz etmektedir.

Son yıllarda alternatif enerji kaynakları arasında hem doğaya faydalı hem de üretimi ucuz olan biyogaza olan eğilim artmıştır. Bu çalışmada; ülkemizde alternatif enerji kaynakları üretiminde başarılı olan İzaydaş'ın, Biyogaz Entegre Üretim Tesisi baz alınarak, biyogazın üretim safhaları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ayrıca tesisin kurulma maliyeti ve elde edilen kar/zarar analizleri yapılarak diğer alternatif enerji kaynakları ile karşılaştırılması esas alınmıştır.

3. KAYNAK ÖZETLERİ

Biyogaz evlerde de ısıtma, aydınlatma ve yemek pişirme amaçlı kullanılabilir. Sobalarda ısınma amaçlı da kullanılabilir fakat sobaların bunlara uygun olması gerekmektedir. Pişirme için ortalama günde 0,34-0,41 m³ biyogaz yeterli olmaktadır; aydınlatma için ise 0,15 m³ biyogaz harcanır. Altı kişilik bir ailenin tüm gereksinimleri biyogaz ile karşılanırsa günlük ortalama 2,9 m³ biyogaza ihtiyacı vardır (Marchaim 1992).

Her türlü organik atık biyogaz elde edilmesinde kullanılabilir. Normal şartlarda çevreye zararlı olan bu atıklar biyogaz evreleri sonucunda kararlı ürünlere dönüştürülerek toprak ve su kirliliğinin önlenmesine katkı sağlamakta; tesislerde oluşan organik gübre ise tarımsal arazilerde tekrar kullanılarak toprak verimliliğini arttırmaktadır (Dirkse, 2007).

Anaerobik parçalanmada verimi arttırmak için hammadde fiziksel (parçalama, boyut küçültme), kimyasal (asit uygulamaları) veya biyolojik (Enzim ekleme) işlemlerden geçirilebilir ve biyofiltre kullanılabilir (Yadvika ve ark. 2004, Mendes ve ark.,2006).

Anaerobik parçalanmanın ekonomik faydaları olduğu kadar çevreye de sağladığı birçok avantaj vardır. Bunlar, sera gazı emisyonlarının azaltılması, biyogaz üretimi sonrasında kalan atıkların yüksek verimli gübreye dönüşmesi, biyogaz üretim aşamalarında oksijen tüketilmemesi, gübrenin işlenerek koku ve pis ortamların azaltılması gibi olumlu çevresel etkilerdir (Rao ve ark, 2000).

Hayvan gübresi gibi atıklar gelişigüzel ve geçici depolama yapıldığında içeriğinde yer alan azot bileşiklerinin önemli bir kısmı (%50-%70) bozularak kaybolmaktadır. Bu da besi miktarında ve kalitesinde düşüğe neden olmaktadır. Anaerobik parçalanma sonucunda ise atıklar içindeki organik maddelerin çoğu kararlı hale gelmektedir. Bu süreçte organik maddelerin %40-60'ı metan ve karbondioksit dönüşmektedir; karbon oranı düşmektedir; C/N oranında azot lehine artmaktadır. Tüm bunlar da çıktı olan besi maddesindeki kaliteyi arttırmaktadır (Öztürk, 2017).

Biyogaz üretiminde ilk önce biyogaz tesisi önemlidir. Bir biyogaz tesisinin büyüklüğünü ve fonksiyonlarını ise tesise getirilen hayvanların ve atıkların cinsi, sayısı ve atıkların toplanma tekniği belirler. Biyogaz tesisinde ilk olarak atıklar biyoreaktörlere verilir. Atıklar reaktörlere verilirken sıvı eklenerek verilir ve reaktör girdisinin içinde en fazla %5 oranında katı madde

miktarı olmalıdır. Bu yüzden katı atıklar suyla takviye edilir. Genel olarak da atıkların içinde de %5-12 arası katı madde miktarı bulunur (Öztürk 2017).

En önemli bitkisel kökenli biyogaz elde etme kaynağı ise samandır. Biyogaz elde edilmesine uygun saman ise buğday, mısır ve arpa gibi tahılların üretim miktarının %10'ununda mevcuttur. Günde 1 kilogram samandan 0,017 m³ biyogaz elde edilebilmektedir. Ayrıca yonca, korunga ve fiğ yeşil otlardan da biyogaz elde edilebilmektedir. Fakat bu otlar hayvanlarında besin kaynaklarından olduğu için mevcut otların sadece %30'u kadar kısmı toplanabilmektedir. Bu otlardan da günlük 1 kilogramından 0,04 m³ biyogaz elde edilebilmektedir (Omer ve Fadalla, 2003).

Recebli ve ark. (2015), yaptıkları bir araştırmada ısıtma ve enerji sistemlerinde doğal gaz yerine biyogaz kullanıldığı zaman 0.35 \$/m³ enerji tasarrufu sağlandığını belirtmişlerdir.

Yapılan bir araştırmada Ankara ilinde teorik olarak biyogaz potansiyeli belirlenmiştir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre Ankara'da hayvansal atıklardan 277348 m³/gün, atık su arıtma çamurlarından 515.220 m³/gün, tarımsal atıklardan 38493 m³/gün ve mutfak atıklarından 160380 m³/gün biyogaz elde edilebileceği belirtilmiştir (Şenol ve ark., 2017).

Çorum ilinde biyogaz kullanım potansiyelinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, kırsal kesimde yaşayan 5 kişilik bir ailenin ısınma, pişirme, soğutma, sıcak su gibi ısı enerjisi ihtiyaçlarının karşılanması için 26 m³/gün biyogazın yeterli olacağı belirtilmiştir (Entürk ve ark., 2006).

Yapılan bir çalışmada buğday üretiminde sıvı biyogaz atıklarının ve farklı içeriklere sahip azotlu mineral gübrelerin verim parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar özetlendiğinde sıvı biyogaz atık uygulaması ile azotlu gübre uygulamasının incelenen bazı verim ve kalite parametreleri üzerinde istatistiksel anlamda önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Sıvı biyogaz atık uygulamasının bitki boyu, metrekarede başak sayısı, başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, tek başak ağırlığı, tek başak verimi, bayrak yaprak alan miktarı, tane verimi, tanede kül oranı ve tanede lif oranı üzerine önemli etkileri olduğu görülmüştür (Yaraşır, 2017).

Tekirdağ ilinde hayvan atıklarından elde edilecek biyogazın elektrik enerjisine dönüşüm potansiyeli yapılan bir çalışma ile saptanmıştır. Tekirdağ ilinde yılda yaklaşık 30 milyon

m³metan gazı ve bununla 119 milyon KWh elektrik enerjisi elde edilebileceği, toplam tesis kurulu gücünün 13 MW olduğu belirtilmiştir (Aktaş ve ark., 2015).

Yapılan bir çalışmada peynir altı sularının anaerobik arıtımı ve arıtım sırasında oluşan yenilenebilir bir enerji kaynağı olan metan gazı üretim verimi araştırılmıştır. Bu amaçla, asidik özellikte peynir altı suyu ile beslenen 70 l çalışma hacmine sahip bir ardışık kesikli anaerobik reaktör (ASBR) kullanılmıştır. Reaktör 1,231 g TOK/gün (toplam organik karbon) organik yükleme ile 15 günlük hidrolik bekleme süresi (HRT) ile çalıştırılmış olup, arıtılabilirlik çalışmaları süresince reaktör sıcaklığı 35 °C'de sabit tutulmuştur. Reaktör performansı; toplam organik karbon giderimi, asetik asit üretimi ve metan üretim verimi açısından değerlendirilmiştir. Reaktördeki toplam organik karbon % 83.3 oranında giderilmiştir. Elde edilen maksimum asetik asit miktarı 900 mg l⁻¹, biyogaz üretim verimi 0.19 l.l⁻¹.gün⁻¹ oluşan toplam biyogaz hacmi ise 19 l olarak elde edilmiştir (Yazar ve ark., 2011).

Kara havuç ve elma suyu konsantresi katı atıklarından biyogaz elde edilmesi ile ilgili yapılan tez çalışmasında, deneysel amaçlı 280 litre hacimli biyogaz reaktöründe 30 gün bekleme süresinde 0.86 l/gün ve toplam 26 litre biyogaz üretilmiştir. Çalışmanın sonucunda bekleme süresi arttıkça biyogaz veriminin azaldığı, üretilen biyogazdaki metan oranının %60 civarında olduğu belirtilmiştir (Gülşen, 2014).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSTAÇ A.Ş. tarafından İstanbul Avrupa yakasında kurulması planlanan 45.000 ton/yıl kapasiteli Biyometanizasyon tesisinde hammadde olarak, kaynağında ayrı toplanmış organik atıklar kabul edilecektir. Proses sonucu oluşan yüksek metan içerikli yaklaşık yıllık 5.400.000 m³ biyogaz kojenerasyon ünitesinde yakılarak yıllık yaklaşık 8.450 MW elektrik üretimi hedeflenmiştir (Yıldız ve ark., 2009).

Hidrolik bekleme süresi biyogaz oluşumunda önemli bir faktördür. Çok kısa bekleme sürelerinde hammadde akış oranı iyi olmasına rağmen biyogaz üretimini düşürmektedir. Çok uzun bekleme süreleri ise daha büyük hacimli reaktör gerektirdiğinden ek maliyet getirmektedir. Bu nedenle hidrolik bekleme süresi hammadde kaynağının miktarına ve kurulu reaktörün hacmine uygun olarak seçilmelidir (Dobre ve ark., 2014).

Biyogazın yakıt değeri karışımındaki metan gazından kaynaklanmaktadır. Biyogazın ısı değeri metana bağlı olarak 1900–25000 kJ/Nm³ arasında değişmektedir. Biyogaz içerisinde bulunan metan yanma ve ısı değeri olarak diğer yanıcı gazlara benzerken diğer fiziksel özellikleri, özellikle propan ve bütan gazlarından farklılık gösterir. Bu gazlar oda sıcaklığında

düşük basınç ve sıcaklıklarda sıvılaştırılırken, biyogazın sıvılaştırılması çok yüksek basınç ve düşük sıcaklık gerektirir. Bu da ekonomik olarak mümkün değildir. Biyogaz kolayca bozunmayan sabit bir yapıya sahiptir ve ancak -164 °C de sıvı hale gelebilir. Bundan dolayı nakil boru hatları aracılığıyla ancak 300-500 m uzağa taşınabilir. Biyogaz üretiminden sonra elde edilen fermente gübrenin, fermente olmamış gübreye oranla %20-25 daha verimli olduğu belirtilmektedir (Kaya, 1999).

Günümüzde temel enerji kaynaklarının ömürlerinin belirlenmesiyle enerji tasarrufu, tüm ülkelerin ortak hedefi olmuştur. Yenilenebilir enerji üzerinde yoğunlaşan yönetimler bu yönde teşviklerle çalışmalarını sürdürmektedirler. Bu çalışmadaki amaç, kentsel atıklardan enerji üretim teknolojilerinin değerlendirilmesinin bir incelenmesidir. Belediye atıklarından enerji üretmek için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu teknolojiler temelde düzenli depolama gazı üretme ve anaerobik çürütmedir. Bu metotlar kullanılarak çöp gazı (biyogaz) üretimi yapılabilir ve en uygun yakma teknolojileri kullanılarak ısı enerjisi üretilir. Bu enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilir. Bu çalışmada, dünyada depo gazı üretimi ve depo gazının kullanılmasıyla ilgili literatür çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada, tasarlanan atık ısı kazanı ve buhar türbini ile gaz motoru milinden üretilen 2x1,2 MWe elektrik enerjisinin yanında, baca gazlarından 512 kWe elektrik enerjisi üretilebileceği belirlenmiştir. Tasarlanan sistemin elektrik verimi ise %43,1 olarak hesaplanmıştır. Ülkemizde depo gazı üretimi ve kullanımı yönünde araştırma yapılmış ve bu araştırmalar değerlendirilmiştir. Sonuçta, bu türde gaz motoru kullanan işletmelerde atık ısının elektrik üretiminde kullanılmasının avantajları ortaya çıkmıştır (Kankılıç ve Topal, 2015).

Çevresel kazançlar dikkate alındığında, geri dönüştürülebilir nitelikteki evsel atıkların değerlendirilmesi sayesinde Türkiye’de CO₂ eşdeğeri olarak yılda yaklaşık 76 bin ton sera gazı salınımı engellenmekte, 35 milyon yetişkin ağacın kesilmesi önlenmekte ve 720 bin metre küp düzenli depolama hacmi kazanılabilmektedir (Altuntop ve ark., 2014).

Tamamlanan biyogaz oluşum evrelerinden sonra depoda farklı oranlarda gazlar oluşur. Büyük miktarlarda oluşan gazlara ana gazlar; diğer gazlara eser gazlar denilir. Eser gazlar çok düşük miktarlarda bile olsa zehirli olup insan sağlığı için zararlıdır. Zararlı gazların oranları depolama sahasının yaşı ile değişiklik gösterebilir (Işık 2014).

Anaerobik parçalanmanın aerobik parçalanmaya göre olumlu yönleri daha fazladır. Bunlar, arıtım masraflarının daha az olması, toksisite seviyesinin, maliyetin daha düşük

olması, aerobik parçalanmaya göre havaya karışan organik bileşiklerin çok az olması gibi faktörlerdir. Ancak, anaerobik parçalanmada metan oluşturan bakterilerin çok hassas olması özel dikkat gerektirir. Ayrıca, düşük çevre sıcaklıklarında kinetik hızlarının düşmesi anaerobik parçalanmanın aerobik parçalanmaya göre olumsuz yanları olarak söylenebilir (Arıkan 2008).

Biyogaz tesislerinde potansiyel biyogaz ölçümleri için yapılan araştırmalar sonucunda yılda büyükbaş hayvandan 3,6 ton gübre; küçükbaş hayvandan 0,7 ton gübre ve kümes hayvanlarından 0,022 ton gübre elde edileceği kabul edilmiştir. Ayrıca biyogaz elde edimi için ise 1 ton büyükbaş hayvan gübresinden 33 m³ biyogaz; 1 ton küçükbaş hayvan gübresinden 58 m³ biyogaz ve 1 ton kümes hayvanı gübresinden 78 m³ biyogaz elde edileceği kabul edilmektedir (Deniz 1987).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. Kocaeli İline Ait İlgili Bilgi ve İstatistikler

Kocaeli iline ait bilgilerde tutarlılık ve doğruluk olması bakımından 2016 yılı verileri kullanılmıştır. Adrese dayalı nüfus kayıt sisteminde Kocaeli ilinin nüfusu bir önceki yıla göre 50 bin 717 artarak yüzde 2.84 oranında artış göstermiş ve 1 milyon 830 bin 772 kişi olmuştur. Nüfusun %50,65'ini erkekler oluştururken; %49,35'ini kadınlar oluşturmaktadır. Bir kilometrekareye düşen kişi sayısı bakımından 507 kişi ile Türkiye'de İstanbul'dan (2849 kişi) sonra ikinci sıradadır. Türkiye ortalaması ise 104'dür.

Kocaeli ilindeki tarım alanlarının büyüklüğü 149.723,69 hektardır. 2016 yılında Kocaeli' de tarla ürünleri için 73 bin 511 hektar alan kullanılarak 427 bin 60 ton üretim gerçekleştirilmiştir (Kocaeli İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2016).

2016 yılında Kocaeli' de hayvan sayılarına göre 100.792 adet büyükbaş hayvan, 91.126 adet küçükbaş hayvan vardır. Bir önceki yıla göre büyükbaş hayvan sayısı %0.74 oranında azalmış; küçükbaş hayvan sayısı ise %2.15 oranında artmıştır. Ayrıca, il bazında yaklaşık 8.5 milyon kümes hayvanı bulunmaktadır (Kocaeli İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2016).

Çizelge 4.1. Kocaeli ilindeki büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları 2009 – 2016

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BÜYÜKBAŞ	65.090	69.176	81.439	108.646	113.343	123.101	101.548	100.792
KÜÇÜKBAŞ	29.505	38.360	53.486	94.079	90.041	90.041	89.204	91.126
TOPLAM	94.595	107.536	134.925	202.725	203.384	213.142	190.752	191.918

4.1.2. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İZAYDAŞ Entegre Tesis Bilgileri

Kocaeli ilindeki çevre kirliliğinin önlenmesi ve körfez suyunun kirliliği ve kokusunun önlenmesi amacıyla İzmit Entegre Çevre Projesi hazırlanmıştır.

İzmit Entegre Çevre Projesi Kapsamında;

- ✓ Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi
- ✓ Evsel ve Endüstriyel Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi

- ✓ İzmit Doğu Kısmı Endüstriyel ve Evsel Atıksu Arıtma Tesis
- ✓ Atık Su Kolektörleri
- ✓ Dere Islahlarının yapımı öngörülmüştür.

İzmit Entegre Çevre Projesi dâhilinde yapılacak proje işlerini gerçekleştirmek amacıyla Büyükşehir Belediyesi tarafından İZAYDAŞ isminde şirket kurulmasına karar verilmiştir. İZAYDAŞ tamamı Kocaeli Büyükşehir Belediyesi iştiraki olarak Mayıs 1996'da İzmit'de kurulmuş ve 1997 yılında beri de atık kabul etmektedir. İZAYDAŞ bünyesindeki tesisler şunlardır:

- ✓ Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi
- ✓ Düzenli Depolama Alanları
- ✓ Atık Alım Gemileri ve Deniz Hizmetleri
- ✓ Tıbbi Atık Sterilizasyon Tesisi
- ✓ Biyogaz Tesisi
- ✓ LFG, Çöp Gazından Enerjisi Üretim Tesisi
- ✓ Çöp Sızıntı Suyu Artırma Tesisi
- ✓ Çevre Laboratuvarı
- ✓ Ara Depolama Tesisi
- ✓ HES Yuvacık Barajı Kanal Tipi Hidroelektrik Santrali
- ✓ Lisanslı Atık Taşıma

İZAYDAŞ içindeki biyogaz tesislerinde farklı atıklar (çim, hal atığı, işkembe içi atığı, tavuk ve büyükbaş gübresi) biyogaz eldesinde kullanılmaktadır. Çıktı olarak alınan biyogaz motorlar yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Biyogaz tesisinde saatte 335 kW'lık elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu enerji EPDK'dan alınan yenilenebilir Enerji Üretim Lisansı ile 01.01.2013 tarihinden itibaren elektrik dağıtım şirketlerine satılabilmektedir.



Şekil 4.1. :İzaydaş Biyogaz Tesisi

Kocaeli ilinde evsel ve tehlikeli atıklar için düzenli depolama alanı 1997 yılında yapılmıştır. Evsel atıklar için toplam 3.163.000 m³ kapasiteli 6 lot; tehlikeli atıklar için 969.919 m³ kapasiteli bir lot bulunmaktadır. Buradaki alanda iş makinaları ile üstü toprak ile örtülerek koku yapması önlenmektedir.

Çizelge 4.2. İZAYDAŞ Tesis Özellikleri

Günlük Yüklenen Atık Miktarı	~30 ton/gün
Yükleme Oranı	2,6 kg UKM/m ³ d
Bekleme Süresi	47-95 gün
Organik Kuru Madde Oranı	9%
Fermantasyon Sıcaklığı	37 C
Toplam Fermantasyon Hacmi	4800 m ³
Elektrik Üretim Kapasitesi	335 KWh
Isı Üretim Kapasitesi	335 KWh

4.2. Yöntem

Bu araştırmada, Kocaeli ilinde bulunan büyükbaş, küçükbaş hayvan sayıları, kentsel ve bitkisel atık potansiyelleri dikkate alınarak, ilin biyogaz üretim kapasitesi belirlenmiş, ayrıca İZAYDAŞ biyogaz üretim tesisinde bu kapasitenin ne kadarının değerlendirildiği saptanmıştır.

4.2.1. Kocaeli ilinin biyogaz üretim potansiyelinin ve İZAYDAŞ'ın gerçekleştirdiği biyogaz üretiminin belirlenmesi

Bu amaçla ilin büyükbaş, kümes hayvanları sayısı, bitkisel ve kentsel atık potansiyeli belirlenmiş ve aşağıdaki Çizelgede verilen değerlerden yararlanılarak, yıllık biyogaz üretim kapasitesi belirlenmiştir. Ayrıca, aynı değerlerden yararlanarak İZAYDAŞ Biyogaz Üretim Tesisinin yıllık biyogaz üretim miktarı saptanmıştır.

Çizelge 4.3. Farklı hammadde kaynaklarının yıllık biyogaz üretim miktarları

HAMMADDE KAYNAĞI	BİYOĞAZ ÜRETİMİ (m³/ton-yıl)
Büyükbaş hayvan	275
Kümes hayvanı	275
Kentsel atıklar	560
Bitkisel atıklar	300

Çizelgede belirtilen değerler ilde ve İZAYDAŞ'da işlenen atık miktarları dikkate alınarak, 1 m³ doğalgazın enerji eşdeğeri 4.7KWh kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır.

4.2.2. Kocaeli İZAYDAŞ biyogaz üretim tesisinin maliyet analizi

İZAYDAŞ biyogaz üretim tesisinin maliyet analizleri aşağıda belirtilen yöntemlerle yapılmıştır.

Tesisin kurulum maliyeti aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır;

$$TKM = TKG \times BYG \quad (4.1)$$

Burada;

TKM : Tesis kurulum maliyeti (€)

TKG : Tesis kurulu gücü (KW)

BYG : Birim yatırım gideri (4000 €/KWh)

Fermenterin kullanım ve bakım giderleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$FKB = 0.03 \times (TKM - KYG) \quad (4.2)$$

Burada;

FKB : Fermenter kullanım ve bakım gideri (€/yıl)

KYG : Kojenerasyon ünitesi yatırım gideri (€)

Kojenerasyon ünitesinin kullanım ve bakım giderleri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır;

$$KKB = CS \times 0.95 \quad (4.3)$$

Burada;

KKB : Kojenerasyon ünitesi kullanım ve bakım gideri (€/yıl)

CS : Kojenerasyon ünitesinin çalışma süresi (h/yıl)

Tesisin sigorta ve vergi giderleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

$$SVG = TKM \times 0.05 \quad (4.4)$$

Burada;

SVG : Tesisin sigorta ve vergi giderleri (€/yıl)

Tesisin iş gücü giderleri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır;

$$IGG = 12 \times N \times AUC \quad (4.5)$$

Burada;

IGG : Tesisin işgücü giderleri (€/yıl)

N : Tesiste çalışan eleman sayısı (adet)

AUC : Çalışanların aylık ücretleri (€/ay)

Hammadde satın alma ve taşıma giderleri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır;

$$HTG = 1.5 \times THM \quad (4.6)$$

Burada;

HTG : Hammadde taşıma gideri(€/yıl)

THM : Taşınan hammadde miktarı (ton/yıl)

İZAYDAŞ biyogaz üretim tesisinin ürettiği elektrik enerjisi gelirleri aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmıştır;

$$EEG = TK \times t \times ESF \quad (4.7)$$

Burada;

- EEG : tesisin elektrik enerjisi gelirleri (€/yıl)
t : Tesisin çalışma süresi (h/yıl)
ESF : Elektrik enerjisi satış fiyatı (0.14 €/KWh)

Tesisin karbon ticareti gelirleri aşağıdaki bağıntıyla bulunmuştur;

$$CTG = 0.95 \times TK \times t \times YSF \quad (4.8)$$

Burada;

- CTG : Karbon ticareti gelirleri (€/yıl)
YSF : Yeşil sertifika ücreti (0.02 €/KWh)

Kojenerasyon ısı gelirleri aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmıştır;

$$CIG = CI \times t \times CIF \quad (4.9)$$

Burada;

- CIG : Tesisin kojenerasyon ısı geliri (€/yıl)
CI : Kojenerasyon ısı (KW)
CIF : Kojenerasyon ısı ücreti (0.03 €/KWh)

Tesisin organik gübre satışından elde ettiği gelirler aşağıdaki bağıntıyla bulunmuştur;

$$OGG = OGU \times OGF \quad (4.10)$$

Burada;

- OGG : Tesisin organik gübre gelirleri (€/yıl)
OGU : Organik gübre üretimi (ton/yıl)
OGF : Organik gübre fiyatı (30 €/ton)

Toplam gelir ve giderler arasındaki fark yıllık kar olarak bulunmuştur. Tesisin geri ödeme süresi ise aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmıştır;

$$GOS = \frac{TKM}{YK} \quad (4.11)$$

Burada;

GOS : Tesisin geri ödeme süresi (yıl)

TKM : Tesisim kurulum maliyeti (€)

YK : Yıllık kar (€/yıl)

Burada ele alınan formüllerle aşağıda yer alan 'Bulgular ve Tartışma' bölümünde sunulan sonuçlara ulaşılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Kocaeli ilinin biyogaz üretim potansiyeli ve İZAYDAŞ'ın gerçekleştirdiği biyogaz üretimi

Kocaeli iline ait biyogaz üretim potansiyeli ve bunun İZAYDAŞ tarafından değerlendirilen miktarı Çizelge5.1.'de verilmiştir. Kocaeli ilinin büyükbaş hayvan atık potansiyeli 8070.5 ton/yıl iken bunun %4.82'si İZAYDAŞ tesislerinde değerlendirilmektedir. Kümes hayvanları atıklarının %0.32'si, bitkisel atıkların %0.16'sı, kentsel atıkların %0.07'si bu tesiste biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Bir belediye tesisi olmasına rağmen kentsel atıkların çok düşük bir miktarının biyogaz üretiminde değerlendirildiği görülmektedir.

Çizelge5.1.İZAYDAŞ Biyogaz üretim potansiyeli çizelgesi

Kaynak		Katı Atık Miktarı (ton/yıl)	Biyogaz Üretimi (Nm ³ /yıl)	Elektrik Enerjisi (MWh/yıl)	Gelir (€/yıl)
Büyükbaş Hayvan	İzaydaş	389.1	107003	502.9	65963.1
	Kocaeli	8070.5	2219396.6	10431.2	
	Gerçekleşme Oranı	%4.82			
Kümes Hayvanları	İzaydaş	20.3	5568.8	26.2	3614.0
	Kocaeli	6560.9	1804252.8	8480.0	
	Gerçekleşme Oranı	%0.32			
Bitkisel Atıklar	İzaydaş	181	54300	255.2	35728.0
	Kocaeli	110246.2	33073860	155447.1	
	Gerçekleşme Oranı	%0.16			
Kentsel Atıklar	İzaydaş	119	66640	313.2	43848.0
	Kocaeli	172493.7	96596472	454003.4	
	Gerçekleşme Oranı	%0.07			
TOPLAM	İzaydaş	709.4	233511.8	1097.5	149153.1

Tesisin yıllık biyogaz üretimi 233511.8 m³ dolayındadır. Tesis bu biyogaz miktarıyla 1097.5MWh/yıl elektrik enerjisi üreterek yılda 1149153.1 € gelir sağlamaktadır. Tesisin kurulu gücü dikkate alındığında yaklaşık %50 kapasiteyle çalıştığı anlaşılmaktadır.

5.2. Kocaeli İZAYDAŞ biyogaz üretim tesisinin maliyet analizi

İZAYDAŞ biyogaz üretim tesisinin tam kapasiteyle çalışması durumunda 0.5 MW Kurulu gücü bulunmaktadır. Tesisin kuruluş maliyeti 4.1no'lu eşitlik yardımıyla 2000000 € olarak hesaplanmıştır. Tesisin toplam yıllık giderleri 245600 €/yıl, toplam gelirleri 854000 €/yıl ve yıllık karı 559400 €/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu kar oranına göre tesisin geri ödeme süresi yaklaşık olarak 40 ay civarındadır. En fazla gider kalemini sigorta ve vergilerin oluşturduğu görülmektedir (Çizelge5.2.)

Çizelge 5.2. İZAYDAŞ Biyogaz tesisinin maliyet çizelgesi

GİDER KALEMİ	GİDER MİKTARI (€/yıl)
Fermenterin kullanım ve bakımı	48000
Kojenerasyon ünitesinin kullanım ve bakımı	7600
Sigorta ve vergi	100000
İşgücü	54000
Hammadde satın alma ve taşıma	45000
TOPLAM GİDERLER	254600
GELİR KALEMİ	GELİR MİKTARI (€/yıl)
Elektrik enerjisi satışı	448000
Karbon ticareti	76000
Isı enerjisi	120000
Organik gübre	210000
TOPLAM GELİRLER	854000
İŞLETME KARI	559400
GERİ ÖDEME SÜRESİ	≈ 40 ay

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmada elde edilen değerler dikkate alındığında Kocaeli ilinin oldukça yüksek atık potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Ancak, bu potansiyelin yeterli bir şekilde değerlendirilmediği anlaşılmaktadır. Kocaeli ilindeki biyokütle kaynaklı 8 adet elektrik üretim santrali mevcuttur. Bu santrallerden 4 adedi lisanslı, 4 adedi ise lisanssız üretim santrali şeklindedir. Lisanslı üretim santrallerinin toplam kurulu gücü 10,98 MWe iken; lisanssız üretim santrallerinin kurulu gücü 0.722 Mwe'dir. Kocaeli ilinde bulunan 8 adet santral göz önüne alındığında bile İZAYDAŞ biyogaz tesisi kendine düşen payın çok altında kapasite çalışmaktadır. Kocaeli ilinde hayvansal, bitkisel ve kentsel atıkların enerji kaynağı olarak değerlendirileceği tesisi sayısının artmasının hem çevresel hem de ekonomiye katkı sağlaması açısından olumlu etkileri olacaktır. Bu konuda devletin de gereken destekte bulunması ve teşviklerle yatırımcıların bu alana yönelmesini sağlaması kaçınılmazdır.

7. KAYNAKLAR

- Arıkan B (2008). Organik Eysel Katı Atıklardan Anaerobik Ortamda Biyogaz Üretiminin Verimliliğinin Araştırılması Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- D. Kaya ve Ark. Türkiye'nin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Ekonomisi
- Deniz, Y (1987). "Türkiye 'de Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın Sağlayacağı Yararlar", Ankara
- Dirkse, E.H.M (2007). "BiogasUpgrading Using the DMT TS- PWS Technology" Report, Page 2-12, DMT EnvironmentalTechnology
- Doğru C(2010). "Trakya Bölgesinin biyogaz Potansiyeli veMevcut Potansiyelin Bölge Ekonomisine Katkısı Üzerine Birİnceleme" Uluslararası II. Trakya Bölgesi Kalkınma-Girişimcilik Sempozyumu 1-2 Ekim.
- Emel ENTÜRK, Kaan YETİLMEZSOY, Mustafa ÖZTÜRK (2006).Design Of Fixed-DomeChineseTypeBiogasReactorInTreatment Of ManureWastes: A TypicalApplication
- Emre YAZAR, Kevser CIRIK, Özer ÇINAR (2011), Pilot Ölçekli Mezofilik Kesikli Anaerobik Reaktörde Peynir Altı Suyu Arıtımı ve Biyogaz Üretimi
- Erkut ALTUNTOP, Hakan BOZLU ve Esmanur KARABIYIK (2014),Eysel Atıkların Ekonomiye Kazandırılması
- Gregersen, K.H. (1999). CentralisedBiogasPlants -IntegratedEnergyProduction, WasteTreatmentandNutrientRedistributionFacilities. DanishInstitute of AgriculturalandFisheriesEconomics, Denmark.Web sitesi. <http://web.sdu.dk/bio/pdf/centra.pdf>, Erişim Tarihi: 07.09.2018
- Habibe Elif Gülşen (2014), Elma Ve Kara Havuç Suyu Konsantresi Katı Atıklarından Biyogaz Üretim Şartlarının Araştırılması
- Heck, P. (2011). International FlowManagamentLectureNotes 2010/11 SustainableWaste Management, IfaS, Germany.
- Işık, A. (2014). "Katı Atık Bertaraf Tesislerinde Organik Atıklardan Açığa Çıkan Depo Gazı ile Enerji Elde Edilmesi," Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, 914.1.033.
- Kankılıç T, Topal H (2015). "Belediye Atıklarından Düzenli Depolama Sahalarında Biyogaz ve Enerji Üretimi,". Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 669, s.58-69.
- Karagöz, M (2016). Hayvansal atıklarinkofermentasyonu ile biyogaz üretimi, Doktora Tezi.Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kossmann, W., Uta Pönitz, U., Habermehl, S.,ThomasHoerz, Krämer, P., Klingler, B., Kellner,C., Wittur,T., Klopotek, F., Krieg, A., Euler, H. 1999d. Biogas Digest, Biogas - Application and Product Development Volume II, Information andAdvisory Service on AppropriateTechnology (ISAT), <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biogas-volume2.pdf> Erişim Tarihi: 11.07.2018
- Lin,J.,Zuo,J., Gan,L., Li,P., Liu,F., Wang,K., Chen,L., Gan,H., (2011). "Effects Of MixtureRatio On AnaerobicCo-DigestionWithFruitAndVegetableWasteAndFoodWaste Of China", Journal of EnvironmentalSciences, 23(8):1403–1408

- Marchaim, U., (1992). Biogas Processes for Sustainable Development, Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN 92-5-103126-6.
- Mendes, A., A., Pereira, E., B. Ve Castro, H.F., (2006). Effect Of The Enzymatic Hydrolysis Pretreatment Of Lipids-Rich Wastewater On The Anaerobic Biodigestion. *Biochemical Engineering Journal*, 32: 185–190.
- N. Yaraşır (2015). Farklı Dozlarda Sıvı Biyogaz Atıklarının Buğday (*Triticum Aestivum* L.) Bitkisinde Verim Ve Kalite Üzerine Etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 2018-Y1-001
- Omer A. M., Fadalla Y (2003). “Biogas Energy Technology in Sudan” *Renewable Energy*, 28, 499-507.
- Öztürk M (2017) Hayvan Gübresinden Biogaz Üretimi Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı ANKARA-2017
- Rao, M.S., Singh, S.P., Singh, A.K., Sodha, M.S., 2000. Bioenergy Conversion Studies Of The Organic Fraction Of MSW: Assessment Of Ultimate Bioenergy Production Potential Of Municipal Garbage. *Applied Energy*, 66: 75–87.
- S. SELİMLİ., Z. RECEBLİ., “Impact of Electrical and Magnetic Field on Cooling Process of Liquid Metal Duct MHD Flow”, *Thermal Science*, 2017, (SCI-Expanded)
- Şenol H, Elibol EA, Açıkel Ü, Şenol M (2017). *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 6(2), 15-28,
- Şenol Yıldız, Fatih Saltabaş, Vahit Balahorli, Kadir Sezer, Köksal Yağmur (2009), Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi – İstanbul Örneği
- Topper, A. (2011). Anaerobic Treatment of Industrial Wastewater. BioE 202 Iowa State University, USA. Websitesi. [http://home.eng.iastate.edu/~leeuwen/BioE202/BioE202%20Presentations/Anaerobic%20treatment%20and%20biogas%20\(short\).ppt](http://home.eng.iastate.edu/~leeuwen/BioE202/BioE202%20Presentations/Anaerobic%20treatment%20and%20biogas%20(short).ppt) Erişim Tarihi: 11.07.2018
- Tufaner F, Avşar Y (2014). Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı Olarak Organik İçeriği Yüksek Atıklardan Biyogaz Üretim Teknolojisi. Adıyaman Üniversitesi Bilim, Kültür ve Sanat Sempozyumu.
- Tufaner, F., Avşar, Y., Türkmenler, H., Dere, T., Gönüllü, M.T., (2013). “Türkiye’de Biyogaz Tesisi Projelerinde Başarı Ve Başarısızlık Nedenlerinin Analizi ve Merkezi Biyogaz Tesislerinin Önemi” I. Ulusal Kompost ve Biyogaz Çalıştayı 11-14 Nisan 2013
- Türkan Aktaş, Betül Özer, Gürkan SOYAK ve Murat Cem ERTÜRK (2015), Tekirdağ İli’nde Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogazdan Elektrik Üretim Potansiyelinin Üretilmesi
- Yadvika, Santosh, Sreerishnan, T.R., Kohli S. Ve Rana, V., (2004). Enhancement of Biogas Production from Solid Substrates Using Different Techniques—a review. *Bioresource Technology*, 95: 1–10.

ÖZGEÇMİŞ

Murat AKTAŞ 1987 yılında Fatih/İSTANBUL'da doğdu. Lise eğitimini Avcılar Süleyman Nazif lisesinde tamamladı. Lisans eğitimini Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümünde tamamlayarak 2011 yılında mezun oldu. Aynı yıl içerisinde Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2010 – 2017 yılları arasında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, 2018 yılında itibaren ise Eyüpsultan Belediyesinde Mühendis olarak görev yapmaktadır. Evli ve 1 kız çocuğu babasıdır.