

**ORGANİK KATI ATIKLARIN BİYOMETANİZASYONUyla
ENERJİ VE ORGANİK GÜBRE ELDESİNİ ÖNCELEMEK****Namik AK,**

Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
34349, Beşiktaş-İSTANBUL
namik.ak@bahcesehir.edu.tr

Özet

Bu bildiri ile; gerek merkezi gerek yerel yönetimlerin bir an önce katı atıklardan ambalajlı materyallerin geri kazanımı/dönüşümü ne kadar öncelikli ise, organik atıkların da kaynağında ayrıştırarak, atığın ve yörenin özelliğine uygun hem toplama, taşıma ve değerlendirme sistemi geliştirmek, hem biyogaz tesis tipini seçmek ve bütün bu şartları sağlayan yabancı ya da yerli yatırımcıya “yap-işlet-devret/devretme” veya daha modern ve ekonomik modeller; para vererek alınan organiklerin, ayrıştırmadan işe yaramaz çöplerle birlikte mütalaa edilerek düzenli depolanması değil, enerji ve su darboğazına giren ülkemize yenilenebilir, temiz enerji ve %100 sulu organik gübre elde edilmesini sağlanmasını, bunun ise tarımda, park-bahçe, peyzaj v.b. işlerinde kullanımını da o kadar incelemelerine katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kentsel organik atık, biyolojik ayrışma, biyometanizasyon, geri kazanma, biyogaz, organik gübre, enerji

Abstract

Central and local administrations (municipalities) should take into consideration as soon as possible the recycling of the solid wastes into the packaged materials as much as the biological dissociation of the organic wastes and the establishment of biogas plants. It is also important to develop a proper collection, transport and assessment system according to the properties of the waste and its location during the process of determining the type of biogas plant. Choosing the type of biogas plant and making a decision on commissioning domestic or foreign investors who meet the requirements and have the capacity to carry out the work in ‘build-manage-transfer/not transfer’ or better/more modern methods, is crucial as well. Here the aim is not to store orderly the purchased organics altogether with useless garbages without exposing them to the process of dissociation. In the contrary, the main purpose is to pave the way for the production of renewable and clean energy as well as the organic fertilizer of %100 water content for the use of our country suffering from the energy and water bottleneck. In a nutshell, this paper aims to draw the attention of the central and local authorities to the subject and urge them to give it priority to the use of this clean energy and organic fertilizer in agriculture, parks and gardens, lanscape architecture and similar ways.

Key Words: Urban organic waste, biological dissociation, biometanization, recycling/ recovery, biogas, organic fertilizer, energy

1. GİRİŞ

Katı atıklardan kaynaklanan kirlilik ile oluşacak potansiyel risklerin boyutunun her geçen gün artması, doğal kaynakların hızla azalması, ekonomik ve sosyal etkenlerin de katkısıyla, katı atık yönetimi giderek önem kazanmakta ve daha karmaşık bir hal almaktadır. Oluşan atık miktarının hızla artmasına rağmen, mevcut düzenli depolama alanları ve yakma tesislerinin kapasitesi giderek azalmaktadır. Birçok Avrupa ülkesi, hatta Türkiye için de düzenli depolama, alan sıkıntısı ve kontrol edilemeyen gaz emisyonları ile çöp sızıntı suyu sorunu yüzünden uygun bir atık bertaraf metodu olmaktan çıkmıştır [1;3].

Katı atığın, atık akımı olarak görülmesi yerine birçok ürünün geri kazanabileceği değerli bir kaynak olarak düşünülmesi, atık oluşumundan nihai bertarafa kadar bütün kademeleri içine alan entegre bir katı atık yönetiminin unsurlarını ve bunların birbirleri ile ilişkilerinin çok iyi bilinmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilirlik açısından da büyük öneme sahip kompost, biyogaz ve geri kazanım uygulamaları (maddesel, termal veya biyogaz), 1980’lerin sonundan itibaren giderek önem kazanmaktadır. Katı atık yönetimi, ülkemizin Avrupa Birliği’ne adaylık süreciyle oldukça önem kazanmış ve bu alanda yüksek maliyetli çevre yatırımlarının yapılmasının gereği ortaya çıkmıştır. Avrupa Birliği Katı Atık Düzenli Depolama Direktifi (99/31/EC) uyarınca AB üyesi ve aday ülkelerde, 1995 yılı ülke toplam biyolojik olarak parçalanabilir katı atık miktarları esas alınmaktadır [2].

Dünyada olduğu gibi, özellikle ülkemizde de nüfusun artması, hızlı sanayileşmenin olması, ısı ve enerji amaçlı fosil yakıtların (doğal kaynakların) tüketilmesi, atmosfere verilen emisyonların ozon tabakasının incelmeye, bu ise küresel ısınmaya, dolayısıyla iklim değişikliğini tetiklemiştir [3].

Bu bildirin tek amacı, gerek genelde Türkiye'nin, gerek özelde İstanbul'un katı atığının yarısı organik kaynaklı olmasından dolayı, "geri dönüşüm/kazanım" bağlamında, 20-30 yıl öncesi Avrupa'da, ABD v.d. ülkelerde uygulanan, bizde kaynağında ayrıştırılmadan vahşi depolamadan, düzenli depolamaya özellikle, İstanbul'da 1997'den itibaren tamamen geçilmiş olması doğru bir adım olsa da, para vererek alınan, yaş katı atığın anorganik ve organik madde bileşenleri toplamı, atığın geri kazanılabilecek miktarın %75-85 seviyelerinde olması, hiç bir işlem yapmaksızın toprağa gömülmesi, yani düzenli depolanması ulusal bir kayıptır. Belli ki, tıpkı ambalaj malzemelerinin atık olmayıp, geri kazanılması gerektiği gibi, atığın %50 civarındaki organik atıklar (sebze-meyve, park-bahçe, yemek, ekmek, mezbaha: kan, idrar, kıl, deri, tüy, kanat, sakatat v.s.) atıklar; büyükbaş, küçükbaş, kanatlı hayvanların gübreleri de "biyogaz tesislerinde" anaerobik/havasız ortamda metanizasyon işlemine tabi tutmak toplumsal ve ulusal bir görev olarak kabul edilmesidir. Bu bağlamda, ivedi ve teşvikli bir şekilde hem yerli, hem yenilenebilen temiz enerji tedarikçilerinden olacak biyogaz tesislerine öncelik vermek, yerel yönetimlere en az iki faydalı ürün kazancı sağlayacaktır [3].

Bugün, Türkiye'nin 3225 yerel yönetiminin düzenli depolama tesisi olan iller (34 tesis), inşaat aşamasında olan iller (26 tesis), uygulama projesi aşamasında olan iller (10 tesis), ÇED sürecinde olan iller (7 tesis), yer seçimi ve tahsis aşamasında olan iller (7 tesis), AB Projesi kapsamında olan iller (10 tesis) olduğu; yani, 2003 yılına kadar 15 düzenli depolama tesisi ile, 150 belediyede, 23 milyon nüfusa hizmet verilmekteyken 2008 yılı itibarıyla : 34 tesiste, 450 belediyenin katı atıkları, 29,1 milyon nüfusa hizmet edecek şekilde düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilir hale getirilmiştir [4].

İstanbul gibi dünya kentinde ise, 1988'lerde etüt çalışmaları yapılmış, raporları hazırlanmış ve sonuçta kararı verilmiş ve 1992 yılında vahşi depolamadan düzenli depolamaya geçme hamlesi yapılmış; 1994 yılında hızlandırılmış ve 1995'de düzenli depolama deneme işletmesi başlamış; 1997 senesinde ise, İstanbul'da katı atık vahşi depolamasına son verilmiş ve tamamen düzenli depolamaya geçilmiştir [3;5]. Halen İstanbul'da 2001'de devreye giren 1000 ton/gün kapasiteli Avrupa'nın bir numaralı Avrupa Yakası Işıklar Köyü "Geri Kazanım ve Kompost Tesisi" organik orijinli materyalleri kapalı ortamda işlemekte ve 8 haftada kompost elde etmekte iken, 2008'de işletmeye alınan 2000 ton/gün kapasiteli organik menşeli maddelerin açıkta kompostlaşması programlı Asya Yakasında "Kömürçüoda Geri Kazanım ve Kompost Tesisi" mevcuttur. İstanbul'un nüfusunun 15 milyon, kişi başına atık miktarının 1 kg katı atık olduğu varsayılırsa, 15.000 ton katı atığın sadece 1/5'i (%20'si) geri kazanılırken çoğunluğu (4/5=%80'i) düzenli depolanmaktadır. Bilinmektedir ki, AB Haziran 1999 Direktifleri çerçevesinde katı atık yönetiminde 5 R (R: Reduce/Atığı Azalt, R : Recycling/Geri Dönüşüm, R : Recovery/Geri Kazanım, R : Reuse/Yeniden Kullanım) hedefleri yönünde atığı azaltmak, yeniden geri kazanmak esastır; hatta, "sıfır atık" ilkesi yönünde yapılan çalışmalar çok önemlidir; doğal kaynakları tüketirken savurgan değil, tasarruflu olmak gerektiği; hele evrende yaşanabilir tek gezegen yaşanmış dünyada, insanlığın sorumsuz ve bilinçsiz davranışına, gelecek neslin emaneti, fosil yakıtları hoyratça kullanımı atmosferde "Sera Gazı", "Küresel Isınma" neticesinde, "İklim Değişikliği" ve sonuçları itibarıyla hayatın doğal dengesinin (ekosistemin) bozulmasına, doğal felaketlere davetiye çıkardığı ve bunda insanın aktif rol oynadığı kaçınılmazdır [3]. Çünkü, bugün bilinmektedir ki, doğal afetlerin %90'ı hava, iklim ve su ile ilgilidir [6].

İstanbul ve Türkiye katı atığın neredeyse yarısını teşkil eden organik maddelerin, kaynağında ayrı toplanması konusunda yöntemin iyileştirilmesi, disipline edilmiş sistemin geliştirilmesi ile kısa zamanda biyogaz tesisleri inşa ederek, sisteme giren organik maddenin anaerobik/havasız ortamda fermentasyonu/çürütülmesi ile yenilenebilen enerji kaynağı metan ve sulu %100 organik gübre elde edilecektir. Bugün dünyanın %70'i (3/4'ü) suyla çevrili olmasına karşılık, ciddi su ve enerji sorunu ile karşı karşıya kaldığı göz önünde bulundurulursa, biyogaz tesisleri bir ürüne karşılık iki ürünün alındığı ve önemli bir katma değer kazandırdığı göz ardı edilemez. Halbuki, kompost; bir toprak zenginleştirici madde iken, biyogaz tesislerinde biyometanizasyon sonucu metan (CH₄) ve %100 organik sulu gübre oluşmaktadır. Biyogaz reaktöründe meydana gelen sulu gübreyi, ek tesisle kurutmak mümkünken, susuzluğun ciddi seviyelere eriştiği ülkemizde de, "sulu organik gübre" olarak kullanmak, adeta sulama işini de birlikte yapılmasına imkan sağlamaktadır. Dolayısıyla, biyogaz tesisi doğal organik gübre, su ve enerji eldesi dikkate alınırsa bire karşılık üç ürün alınabilir dense yeri vardır [3].

Tablo 1.İstanbul ve Türkiye Katı Atıklarının %Yaş Ağırlık Olarak Özellikleri

PARAMETRE	BAŞTÜRK (1979)	TÜRKİYE ERDİN (1980)	WHO/UNDP (1981)	CH2MHİLL (1992)	ARIKAN (1996)	İSTAÇ A.Ş. (2001)
-----------	-------------------	----------------------------	--------------------	--------------------	------------------	----------------------

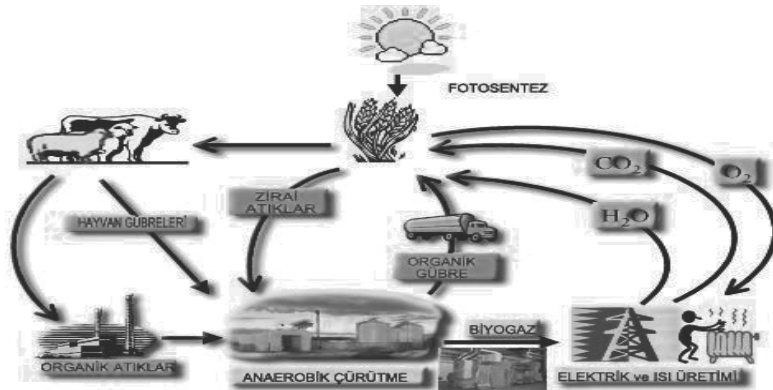
KÜL	29	(<8 mm)1-40	14,6	15	13,2	9,28
ORGANİK MADDE	46,5	20-80	60,6	45	48	42,97
KAĞIT	19	5-15	18,8	14,5	8,4	7,76
PLASTİK	3,5	1-6	3,1	9,5	11	4,8
CAM	3,0	1-10	0,7	3,8	4,6	6,2
TEKSTİL	3,0	0,5-5	3,1	5,6	2,9	5,36
METAL	1,5	1,1-4,2	1,5	2,2	2,3	5,8
DİĞERLERİ	1,5	Taş,por0,2-5	6,9	4,4	2,3	Kül içinde
ÇOCUK BEZİ	-	-	-	-	3,2	8,46
TOPLAM KATI ATIĞIN	I	II *	III	IV	V	VI
1-KOMPOST VEYA BİYOMETAN	46,5	20-80	60,6	45	48	42,97
2-GERİ DÖNÜŞÜM	30,0	8,8-45,2	27,20	35,6	29,20	39,29
3-DÜZENLİ DEPOLAMA	30,5	1-40	14,6	15	16,4	17,74

* Türkiye geneli için katı atığın %68'i organik madde, %13'ü geri dönüşüm (değerlendirilebilir), %19'u diğer malzeme ki, düzenli depolama veya başka yollarla bertarafı mümkün bileşenlerden meydana gelmektedir [3].

1. BİYOGAZ NEDİR

Biyogaz, hayvansal ve bitkisel atıkların oksijensiz ortamda ayrışması sonucu ortaya çıkan bir gaz karışımıdır. Bileşiminde % 60-70 metan (CH_4), % 30-40 karbondioksit (CO_2), % 0-2 hidrojen sülfür (H_2S) ile çok az miktarda azot (N_2) ve hidrojen (H_2) bulunmaktadır [7].

Biyogaz organik maddelerin anaerobik (oksijensiz) ortamda, farklı mikroorganizma gruplarının varlığında, biyometanlaştırma süreçleri (havasız bozunma- biyolojik bozunma - mikrobiyal bozunma - anaerobik fermentasyonun kontrollü süreci) ile elde edilen bir gaz karışımıdır. Şekil 1.'de fotosentez-biyogaz üretimi, kullanımı döngüsü şematik gösterilmektedir[7].



Şekil 1. Fotosentez-Biyogaz Döngüsü

1.1. Biyogazın Özellikleri

Biyogaz, temiz ve mavi bir alevle yanar. Biyogaz, kullanılmadığı zaman çürük yumurta kokusundadır, ancak yanarken bu koku kaybolur. Bu özellik, biyogazı ileten borularda kaçak olup olmadığını anlamada kolaylık sağlar [7].

Biyogaz çok düşük sıcaklıklarda (-164 °C) sıvılaştırılabilmektedir. Bu işlem çok pahalıdır bu nedenle gaz tüplerinde depolanması ekonomik değildir. Genellikle gaz halinde kullanılmaktadır [7].

Tablo 1. Biyogazın Doğal Gaz İle Mukayesesi

ÖZELLİKLER	DOĞAL GAZ	BİYOGAZ
Bileşim, hac. %'si	95 – 98	55 – 65
Mol Ağırlığı, kg/molkg	16.04	26.18
Yoğunluk, kg/m ³	0.82	1.21
Isıl Değer, MJ/m ³	36.14	21.48
Maksimum Tutuşma Hızı, m/san	0.39	0.25

Tablo 2. Biyogazın Diğer Yakıtlarla Karşılaştırılması (Biyogaz Metan Miktarı: %60)

YAKIT CİNSİ	ISIL DEĞER, kcal/kg	BİYOGAZ MİKTARI KARŞILIKLARI
1 kg No:6 Fuel- Oil	9200	0.56 kg
1 kg Karışık Dökme Gaz	11000	0.46 kg
1 kg Propan Dökme Gaz	11000	0.46 kg
Sıvılaştırılmış Petrol Gazı-45 kg tüp	11000	0.46 kg
1 kg Motorin	10200	0.50 kg
1 m ³ Doğalgaz	8250	0.62 m ³
1 kg Soma Kömürü	4700	1.09 kg
1 kg İthal Linyit Kömürü	6500	0.79 kg

1.2. Biyogazın Yararları

Ülkemizde hayvansal ve bitkisel atıklar, çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta veya tarım topraklarına gübre olarak verilmektedir. Ancak atıkların yakılarak ısı üretiminde kullanılması daha yaygın olarak görülmektedir. Bu şekilde istenilen özellikte ısı üretilmediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır. Biyogaz teknolojisi ise organik kökenli atıklardan hem enerji eldesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir [7].

1 m³ biyogazın etkili ısısı:

0.62 l gazyağının

1.46 kg odun kömürünün

1 m³ biyogaz:

= 0.66 l motorin

= 0.75 l benzin

3.47 kg odunun	= 0.25 m ³ propan
0.43 kg bütan gazının	= 0.2 m ³ bütan
12.30 kg tezeğin	= 0.85 kg kömür
4.70 Kwh elektriğin	
1.18 m ³ havagazı'nın	

sağladığı etkili ısıya eşdeğerdir.

Biyogaz temiz ve ısı değeri yüksek bir enerji kaynağıdır. Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta, üstelik çok daha değerli bir gübre haline dönüşmektedir. Biyogaz üretimi sonucu hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybetmektedir. Biyogaz özellikle kırsal kesimde çevre sağlığını olumlu etkilemektedir. Çünkü; biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek ölçüde yok olmaktadır. Ayrıca gübrelerden kaynaklanan insan sağlığını tehdit eden hastalık etmenleri büyük oranda etkinliğini kaybetmektedir [7].

1.3. Biyogazın Kullanım Alanları

Biyogaz, çok yönlü bir enerji kaynağı olarak doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanıldığı gibi, elektrik enerjisine ve mekanik enerjiye çevrilmesi de mümkün olmaktadır.

1.3.1. Biyogazın Isıtımda Kullanımı

Biyogaz, sıvılaştırılmış petrol gazı ile çalışan sobaların meme çaplarında basınç ayarlaması yapılarak kolaylıkla kullanılabilir. Biyogaz sobalarda kullanıldığında bünyesinde bulunan hidrojen sülfür (H₂S) gazının yanmadan ortama yayılmasını önlemek üzere bir baca sistemi gerekli olmaktadır. Bu nedenle, daha sağlıklı bir ısınma için kalorifer sistemleri tercih edilmektedir [7].

1.3.2. Biyogazın Aydınlatmada Kullanımı

Biyogaz, hem doğrudan yanma ile hem de elektrik enerjisine çevrilerek de aydınlatmada kullanılabilir. Biyogazın doğrudan aydınlatmada kullanımında sıvılaştırılmış petrol gazları ile çalışan lambalardan yararlanılmaktadır. Bu sistemde aydınlatma alevini arttırmak üzere amyant gömlek ve cam fanus kullanılmaktadır. Cam fanus ışığı sabitleştirdiği gibi çıkan ısıyı geri vererek alevin daha fazla olmasını sağlamaktadır.

1.3.3. Biyogazın Motorlarda Kullanımı

Biyogaz, benzinle çalışan motorlarda hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan doğrudan kullanılabilir. Biyogazın içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak kullanılabilir. Dizel motorlarda kullanılması durumunda belirli oranda (% 18-20) motorin ile karıştırılması gerekmektedir.

2. Fotosentez Biyogaz Döngüsü

Biyogaza "Bataklık Gazı", "Gübre Gazı", "Gobar Gaz" gibi isimler de verilmektedir. Biyogaz; renksiz, yanıcı, ana bileşenleri metan ve karbondioksit olan, az miktarda hidrojen sülfür, azot, oksijen ve karbonmonoksit içeren bir gazdır. Genellikle organik maddenin %40-%60 kadarı biyogaza dönüştürülür. Biyogazın genel bileşimi %60 CH₄ ve %40 CO₂'den oluşmakta ve ısı değeri 17-25 MJ/m³'tür. Geri kalan artık ise kokusuz, gübre olarak kullanmaya uygun bir katı veya sıvı atıktır. Tabloda biyogaz bileşim değerleri sunulmaktadır[7].

Tablo 3. Biyogaz Bileşimi

BİLEŞENLER	Hacim %'si
CH ₄ : Metan	40-80
CO ₂ : Karbon dioksit	20-50
H ₂ S: Hidrojen sülfür	0.0005-0.0002
NH ₃ : Amonyak	0.0005-0.0001
N ₂ : Azot	0-3
H ₂ : Hidrojen	0-5

3. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilecek Atıklar

1)Hayvancılık atıkları, 2)Zirai atıklar, 3)Orman endüstrisi atıkları, 4)Deri ve tekstil endüstrisi atıkları, 5)Kağıt endüstrisi atıkları, 6)Gıda endüstrisi atıkları (çikolata, maya, süt, içecek üretimi), 7)Sebze, meyve, tahıl ve yağ endüstrisi atıkları, 8)Bahçe atıkları, 9)Yemek atıkları, 10)Hayvan gübreleri (büyükbaş hayvancılık, küçükbaş hayvancılık, tavukçuluk), 11)Şeker endüstrisi atıkları, 12)Evsel katı atıklar, 13)Atık su arıtma tesisi atıkları [7].

Tablo 4. de çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimi ve gazdaki metan miktarı verilmektedir [7].

Tablo 4. Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilebilecek Biyogaz Verimleri Ve Biyogazdaki Metan Miktarları

KAYNAKLAR	BİYOĞAZ VERİMİ (litre, l/kg)	METAN ORANI (Hacim %'si)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59
Arpa Samanı	290-310	59
Mısır Sapları ve Artıkları	380-460	59
Keten	360	59
Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze Atıkları	330-360	Değişken
Ziraat Atıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı Kabuğu	365	-
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	210-290	58
Alg	420-500	63
Atık Su Çamuru	310-800	65-80

4. Biyogaz Üretimi

Biyogaz teknolojisi, makul bir zaman diliminde ilk yatırım maliyetini geri ödeyen, pahalı olmayan bir sistemdir. Bu sistem enerji ve gübre üreten bir fabrika olarak görülmelidir. Şekilde biyogaz tesisi ürünleri gösterilmektedir. Görüldüğü gibi sistemden: ısı, elektrik, sıvı gübre, katı gübre ve yüksek kalitede gübre elde edilmektedir.

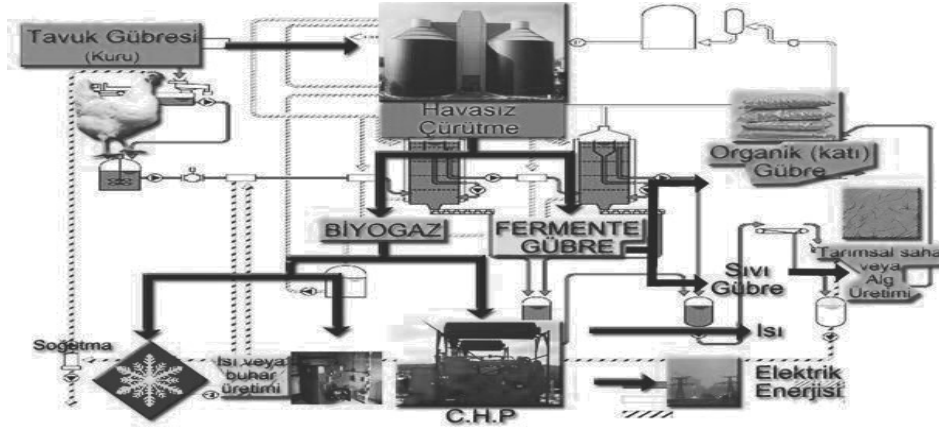
Biyogaz üretiminde ortam sıcaklığı çok önemlidir. Genel bir kural olarak bu sıcaklığın 30-35 °C olması istenir. Isıtılmayan tesislerde özellikle kış aylarında sıcaklığın bu derecelere ulaşması mümkün değildir. Sıcaklığın 10 °C'nin altına düşmesi biyogaz üretimini durdurabilmektedir.

Biyogaz tesislerinde ısı kontrolünün sağlanması amacıyla güneş enerjisinden yararlanılabileceği gibi en pratik ve en yaygın kullanılan sistem, tesis içine yerleştirilen serpantinlerden yararlanmaktır (sıcak su boruları). Bu sistemde su, tesis tarafından sağlanan biyogazla ısıtılarak sirkülasyon pompası ile tesis içine yerleştirilen serpantinler içinde dolaştırılarak ısıtma sağlanmaktadır [7].

Biyogaz üretiminde yaygın olarak bilinen reaktörler aşağıdaki gibidir:

- 1) Sabit Kubbeli veya Çin Tipi
- 2) Hareketli Kubbeli veya Hint Tipi
- 3) Torba Tipi veya Tayvan Tipi

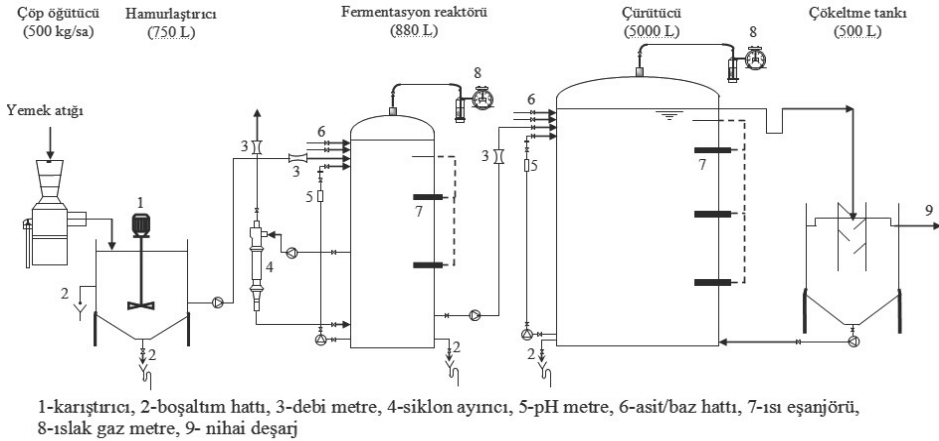
Günümüzde biyogaz üretiminde kullanılan reaktör ve sistemler kullanılan atığın katı madde içeriğine göre sınıflandırılmakta ve uygun reaktör tipi seçilmektedir. Biyogaz üretiminin gelişmiş reaktör teknolojileri ile, ülke koşulları dikkate alınarak yapılması gereklidir [7].



Şekil 2. Genel Biyogaz Tesisi

Biyogaz tesisi tasarlanırken aşağıdaki konular dikkate alınmalıdır:

- 4.1. Tesis Özellikleri: 1)Tesis yeri seçimi, 2)Uygun tesis inşaatı, 3)Tesis enerji gereksiniminin belirlenmesi, 4)Tesisin ısıtılması- yalıtılması [7].



Şekil 3. İstanbul B.B. Pilot Tesis Bünyesinde Kurulan Biyometanizasyon Sisteminin Şematik Gösterimi

4.2. Hammadde Özellikleri: 1) Cins ve miktar, 2) Yoğunluk, 3) Kuru madde içeriği, 4) Tanecik büyüklüğü, 5) Karbon/ Azot oranı, 6) Organik asit içeriği, 7) Toksik madde içeriği.

4.3. Reaktör Tasarımı: 1) Tip, 2) Kapasite, 3) Çalışma koşulları.

4.4. Biyometanlaştırma Süreci: 1) Uygun mikroorganizma seçimi, 2) Sıcaklık, 3) pH.

Biyogaz: 1) Bileşim, 2) Isıl değer, 3) Tesis içi kullanım koşulları (Isı-Elektrik eldesi ekipmanlarının belirlenmesi), 4) Depolanma- Taşınım-Kullanım koşulları.

4.5. Gübre: 1) Sıvı veya katı form, 2) Depolanma- Taşınım- Kullanım koşulları,

5. Biyogaz Tesislerinin Tasarımı

Biyogaz üretimi iki ayrı yöntemle gerçekleştirilmektedir.

5.1. Kesik besleme yöntemi: Tesis hayvansal ve/veya bitkisel atıklarla doldurulmakta ve alıkoyma-bekleme süresi kadar beklenmektedir. Bu süre sonunda tesis tamamen boşaltılmakta ve işlem sürekli tekrarlanarak gaz üretimi sağlanmaktadır [7].

5.2. Sürekli besleme yöntemi: Tesis hayvansal ve/veya bitkisel atıklarla doldurulmakta ve alıkoyma süresi kadar beklenmektedir. Daha sonra biyogaz üretim tankının (fermantör) sıcaklığına bağlı olarak günlük beslemelere geçilmekte ve sürekli gaz üretimi sağlanmaktadır.

6. Biyogaz Tesislerinin Kapasitelendirilmesi

Biyogaz tesisleri projelendirilirken öncelikle kapasitenin tesbiti gerekmektedir. Bunun için tesiste, sadece hayvan gübresi kullanılacaksa; günlük ortaya çıkan gübre miktarı, hayvanların beslenme şekilleri ve gübrelerin katı madde miktarları bilinmelidir [7].

6.1. Günlük ortaya çıkan gübre miktarı: Hayvanların gübre verimleri cinslerine göre değişik miktarlarda olabilmektedir. Gübre miktarının hesabında; büyükbaş hayvanlar için 10-20 kg/gün (yaş) gübre verimi kabul edilebileceği gibi canlı ağırlığın % 5-6'sı da günlük gübre miktarına esas alınabilir. Aynı şekilde koyun ve keçi için 2 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 4-5'i günlük gübre üretimi olarak kabul edilebilmektedir. Tavuk için günlük gübre üretimi ise 0.08-0.1 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 3-4'üdür [7].

6.2. Hayvanların beslenme şekilleri: Hayvanların mer'ada veya ahırda beslenmeleri günlük gübre üretimini etkiler.

6.3. Gübrelerin katı madde oranları: Optimum biyogaz oluşumu için tesis içi gübre-su karışımının katı madde oranının % 7-9 olması gerekmektedir. Katı madde oranları; sığır gübresinin % 15-20, tavuk gübresinin % 30, koyun gübresinin ise % 40 civarındadır.

Bilinmesi gereken diğer bir konu ise hayvan gübrelerinin değişik sıcaklıklarda optimum alıkoyma-bekleme süreleri ve biyogaz üretim miktarlarıdır [8].

Tablo 5. Yirmi (20) Büyükbaş Hayvanı Olan Bir Çiftçi Ailesi İçin Gerekli Olan Biyogaz Tesisinin Kapasite Hesabının Yapılması

Kabuller:	
Fermantör sıcaklığı :	30°C
Üretilen gübre miktarı :	10 kg (yaş)/gün/hayvan
Gübrenin katı madde oranı :	% 20
Alıkoyma-bekleme süresi :	30 gün

Gübrenin yoğunluğu :	975 kg/m ³
Günlük gübre üretimi :	20x10 = 200 kg (ağırlık olarak)
Günlük gübre üretimi :	200/975 = 0.205 m ³ (hacim olarak)
Tesise günlük beslemede verilecek su miktarı :	200 kg (% 10 katı maddenin sağlanması için gerekli su miktarı)
Tesisin hacmi :	200 x 2 x 30 /1000 = 12 m ³

12 m³ kapasiteli bir biyogaz tesisinden yukarıda belirtilen koşullarda günlük elde edilebilecek biyogaz miktarı 6-7 m³ civarındadır [8].

Bu hesabı tavuk gübresi için yaptığımız takdirde, yine tesisi 30 °C'de çalıştırdığımızı kabul edersek, 12 m³ kapasiteli bir tesis için gerekli olan tavuk sayısı yaklaşık 2000'dir ve bu tesisten günde 14-15 m³ biyogaz elde edilebilir [8].

Tablo 6. Tavuk Ve Büyükbaş Hayvan İşletmelerinin Hayvan Sayılarına Bağlı Olarak Kurabilecekleri Biyogaz Tesislerinin; Büyüklüğü, Günlük Biyogaz Üretimleri Ve Bu Gazın Etkili Eşdeğer Isı Karşılığı LPG Miktarları Verilmiştir.

İşletmelerin Hayvan Sayısı	Uygun Tesis Büyüklüğü (m ³)	Günlük Beslemeler İçin Gereken Gübre (kg(yaş)/gün)	Üretilen Biyogaz Miktarı (m ³ /gün)	Eşdeğer LPG Miktarı (kg)
2.500 adet tavuk	15	200	17	7
5.000 adet tavuk	30	400	34	14
10.000 adet tavuk	60	800	68	28
20.000 adet tavuk	120	1600	136	56
50.000 adet tavuk	300	4000	340	140
5 adet büyükbaş	5 m ³	75	2,5	1
10 adet büyükbaş	10	150	5	2
50 adet büyükbaş	50	750	25	10
100 adet büyükbaş	100	1500	50	20

6.4. Kabuller: Fermantör sıcaklığı: 30 °C, gübrenin katı madde oranı: büyükbaş hayvan için 15 kg (yaş)/gün, tavuk için 0.08 kg (yaş)/gün, alkoyma-bekleme süresi: büyükbaş hayvan için 30 gün, tavuk için 24 gün.

Biyogaz tesislerinin tasarımında ele alınması gereken diğer konular ise; 1)Tesisin Kurulacağı Yerin Seçimi, 2)Tesis İnşaatı, Tesisin Yalıtımı, 3)Tesisin Isıtılması, Tesisin İşletme Koşulları, 4)Biyogazın Depolanması Ve Dağıtımı, 5)Biyogazın Taşınması, 6)Biyogaz Kullanım Araçlarının Belirlenmesi, 7)Tesisisten Çıkan Biyogübrenin Depolanması, Tarlaya Taşınması Ve Dağıtımı Gibi Esaslarının Önceden Ortaya Konmasıdır [8].

6.5. Fermente Gübre

1)Tarlaya sıvı formda uygulanabilir. 2) Granül haline getirilebilir. 3) Beton veya toprak havuzlarda doğal kurumaya bırakılabilir.

6.6. Ülkemizde Biyogaz Üretimi Konusunda Yapılan Araştırma Ve Uygulamaları

Ülkemizde biyogaz üretimi ile ilgili araştırma çalışmaları en yoğun biçimde 1980-86 yılları arasında Merkez TOPRAKSU Araştırma Enstitüsünde (Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü) yürütülmüş ve biyogaz üretimi ile ilgili birçok temel bulgular elde edilmiştir. Aynı zamanda, yapılan araştırma, uygulama, eğitim ve yayım çalışmaları başarılı sonuçlar vermiş,kamuoyunun ilgisi çekilmiş ve önemli düzeyde bilgi birikimi sağlanmıştır. Enstitü'de kurulan biyogaz laboratuvarında yürütülen araştırmalardan olumlu sonuçlar alınmıştır [8].

Tablo 5. Sığır ve Tavuk Gübrelерinin Değişik Sıcaklıklarda Biyogaz Verimleri

Fermentör Sıcaklığı (°C)	Sığır Gübresi (L/m ³)	Tavuk Gübresi (L/m ³)
9	101,4	253,3
18	339,7	448,0
27	509,8	1008,9
36	686,0	1266,2

7. BİYOGAZIN KULLANIM ALANLARI

Biyogaz doğal gazın alternatif bir gaz yakıt olarak aşağıdaki alanlarda kullanılabilir: Doğrudan yakma-Isınma ve ısıtma, motor yakıtı olarak kullanım, türbin yakıtı olarak kullanım-elektrik eldesi, yakıt pili yakıtı olarak kullanım, doğalgaz içine katkı olarak kullanım, kimyasalların üretiminde kullanım,biyogaz sistemleri, kullanıcılar için pek çok bakımdan avantaja sahiptir. her şeyden önce biyogaz sistemlerini kullananlar bu sistemleri organik gübre ve enerji üretiminin doğal bir kaynağı olarak görmelidirler. pek çok kesim tarafından, biyogaz üniteleri enerji üreten sistemler olarak görülmektedir. Bu yaklaşım doğrudur. Fakat bir biyogaz sisteminden elde edilen en önemli ürün enerji değil, organik gübredir. Şekil 3.de biyogaz tesisi ve Şekil 4.de bir çiftlikte biyogazın kullanım seçenekleri şematik sunulmuştur [7].

8. SONUÇLAR

En yakın tarihli çalışma; İBB Işıklar köyü "Geri Kazanım ve Kompost Tesisi" yakınına kurulan büyük bir konteyner içindeki İstanbul sebze-meyve hali organik atıklarının havasız arıtımı yoluyla İTÜ çalışma ekibinin yürüttüğü proje, TÜBİTAK Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projeleri Destekleme Programı (1007) kapsamında devam eden 105G024 numaralı proje ile desteklenmiş, Mayıs-Temmuz 2008 tarihleri arasında yapılan çalışma döneminde; "çürütücüde ortalama üretilen biyogaz miktarı 630±200 L/gün , çürütücüde üretilen biyogazın ortalama bileşimi %69 CH₄, %31 CO₂ olarak ölçülmüştür. Bu tip organik katı atıkların tek başına veya diğer atıklarla (mezbağa, hayvan çıftlığı, organik endüstriyel atıklar gibi) birlikte havasız sistemlerde arıtımı hem biyogaz eldesi ve enerji üretimi hem de düzenli depolama tesislerine gönderilen organik katı atık miktarının azaltılarak Avrupa Birliği biyolojik olarak ayrışabilir atık azaltımı hedeflerinin sağlanması açısından oldukça önemli bir alternatif olarak görülmektedir" sonucuna varılmıştır.

Biyogaz üretim teknolojisinin ülkemizde başarılı olabilmesi için; biyogaz tesislerinin inşaat tiplerinin bölge koşullarına göre geliştirilmesi, ucuz ve yöresel izolasyon materyallerinin saptanması, biyogaz kullanım araçlarının geliştirilmesi, bitkisel atıklardan da biyogaz elde edilmesi imkanlarının tespit edilmesi, biyogaz tesislerinden çıkan gübrenin bitkisel üretime ve toprak özelliklerine etkilerinin araştırılması, biyogaz tesislerinden çıkan gübrenin araziye taşınımını ve dağıtımını sağlayıcı mekanizasyonun geliştirilmesi, biyogazın çevre sağlığına olan katkılarının belirlenmesi, biyogaz üretim teknolojisinin kırsal kesimde oluşturacağı sosyo-ekonomik etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü tarafından 1987 yılında yapılan bir anket sonucunda yapımı gerçekleştirilen biyogaz tesislerinin işletilememesinin sebepleri arasında; tesis inşaatı konusunda yeterli eğitim sağlanamaması nedeniyle inşaat hataları yapılmış, tesis sahipleri teknik bilgi yetersizliği nedeniyle tesisleri

işletememişler, tesis işletmecileri danışman bir kuruluş bulamamışlar, tarımsal anlamda ele alındığında, çöplerin en iyi değerlendirilme şekli, toplama ve biriktirilmesinde bazı kural ve tekniklere uymak şartıyla uygun bir yöntemle kompost elde edilerek kullanılması olarak tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmalar, çöplerden gübre olarak yararlanmada en pratik yolun, yabancı maddeler olabildiğince ayıklandıktan sonra katı atığın, belli yığınlar halinde yeterli nem ve havalanmayla fermente edilerek, çürütülerek ve yakılarak gübreye dönüştürülmesi olduğunu gösteriyor. Yanmanın çabuklaştırılması için gübrenin iki üç kez aktarılması, karıştırılması gerekir. Çöpün belli başlı özellikleri arasında kolay fermente olabilirliği geliyor. Çöpdeki artıkların fermentasyon yoluyla tekrar kazanılması, kompost gübre üretiminin esasını oluşturuyor. Çöp gübresi kullanıldığında, baklagiller, tahıl, buğday, arpa, yulaf, şeker pancarı, patates, kereviz ve diğer yumru bitkiler ile zeytin, incir, şeftali, erik gibi meyve ağaçlarının verimi artıyor. Ancak gübrenin tam olgunlaşmaya erişmesi gerekir. Aksi halde gübrede sıcaklığın yüksek olması nedeniyle bitkiler zarar görmektedir.

Gerek merkezi gerek yerel yönetimlerin bir an önce katı atıklardan ambalajlı materyallerin geri kazanımı/dönüşümü ne kadar öncelikli ise, organik atıkların da kaynağında ayrıştırılarak, atığın ve yörenin özelliğine uygun hem toplama, taşıma ve değerlendirme sistemi geliştirmek, hem biyogaz tesis tipini seçmek ve bütün bu şartları sağlayan yabancı ya da yerli yatırımcıya "yap-işlet-devret/devretme" veya daha modern ve ekonomik modeller; para vererek alınan organiklerin, ayrıştırmadan işe yaramaz çöplerle birlikte mütalaa edilerek düzenli depolanması değil, enerji ve su darboğazına giren ülkemize yenilenebilen, temiz enerji ve %100 sulu organik gübre elde edilmesini sağlanmasını, bunun ise tarımda, park-bahçe, peyzaj v.b. işlerinde kullanımını öncelemeleri o kadar önemli olduğunu ve bu süreci hızlandırmalarını öneriyoruz.

5. Kaynaklar

1. Hartman, H. ve Ahring, B.K. (2005). Strategies for the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste – An overview. In Proceedings of 4th International Symposium Anaerobic Digestion of Solid Waste, 34 – 51, 31 August – 2 September, 2005, Copenhagen, Denmark.
2. Aydın, A.F., ve arkadaşları, Organik katı atıkların havasız arıtımı yoluyla biyometan enerjisi geri kazanımı, Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 sempozyumu, 02-06 Kasım 2008, İstanbul.
3. Ak, N., Çevreci Bakış, İşletme Dünyası, Aralık-Ocak sayı:12, sayfa:30-32, İstanbul, 2007. İ.B.B.Katı Atık Yönetimi, İstanbul, 2006.
4. Akça, L., AB İle Uyumlu Çevre Yönetimi, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, The Marmara Hotel, 07-10 Kasım 2008, İstanbul.
5. Ak, N., İ.B.B.Katı Atık Yönetimi, İstanbul, 2006 ve www.istac.com.tr internet sayfasından.
6. WMO, 2006 ;Karaca, M. İklim Değişimi ve Şehirleşme: İstanbul Örneği: Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları'08 sempozyumu, 02-06 Kasım 2008, İstanbul ve Avrupa Birliği Katı Atık Düzenli Depolama Yönergesi (99/31/EC) uyarısı.
7. Karaosmanoğlu, F., www.biyogas.com internet sayfasından.
8. Bilgin, N., Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara-2003.

