

**EV TİPİ BİYOGAZ ÜRETİM TASARIMI VE
PROTOTİPİ**

**2014
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Okan GONÇ

EV TİPİ BİYOGAZ ÜRETİMİ TASARIMI VE PROTOTİPİ

Okan GONÇ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Ocak 2014

Okan GONÇ tarafından hazırlanan “EV TİPİ BİYOGAZ ÜRETİMİ TASARIMI VE PROTOTİPİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ziyaddin RECEBLİ

.....

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 15/01/2014

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Emrah DENİZ (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Ziyaddin RECEBLİ (KBÜ)

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bahadır ACAR (KBÜ)

.....

...../...../2014

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Okan GONÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EV TİPİ BİYOGAZ ÜRETİMİ TASARIMI VE PROTOTİPİ

Okan GONÇ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Ziyaddin RECEBLİ

Ocak 2014, 53 sayfa

Bu çalışmada, gübre tank seçimi, ham malzeme seçimi, tesisat krokisi ve uygun hava gazı borusu hesaplanması ve seçimi, gece ve gündüz hava sıcaklık farkını önlemek için elektrik sistem tasarımı yapılmıştır. Deneylede öncelikle gübre tankı tasarımı planlanmış en uygun ebatlarda ve uygun şekil ve düzenekler hesaplanarak gübre tankı elde edilmiştir. Ham malzeme seçiminde, çeşitli hayvansal artıklar (tavuk gübresi, büyükbaş hayvan gübresi,) kullanılmıştır. Kısa sürede uygun sıcaklığı yakalayarak ve sıcaklığı sabit tutarak fermantasyona girerek, yüksek gaz çıkışı veren gübre bulmak için deneyle tabii tutulmuş ve sonuçları grafik olarak sunulmuştur. Elde edilen yanıcı gazın evde kullanılmasına imkan veren tesisat tasarımı en uygun yapıda döşenmiştir. Tesisat borularının çaplarının hesabı yapılarak, gaz sıkışması önlenmiş ve uygun çapta kullanılan gaza basınç sağlanarak ocakta daha verimli ısı alınması tasarlanmıştır.

Deneyler İzmir’de yapıldığı için hava durumu büyük etken sağlamaktadır. Bu ilde gece ve gündüz sıcaklıkları farklılık göstermektedir (Ağustos ve Eylül aylarında 2 ilin sıcaklıklarını Çizelge halinde verilmiştir). Gece ve gündüz sıcaklık farkını önlemek için aküden yararlanılmıştır. Aküden alınan elektrik ile gübre tankında ısınma sağlanmıştır. Böylelikle deneylerde gece ve gündüz sıcaklıklarını aynı seviyede tutarak fermantasyonda verimi düşürmeden devamlı gaz alımı yapılmaktadır.

Anahtar Sözcükler : Biyogaz, hayvansal atık, biyogaz üretimi, biyogaz kullanımı.

Bilim Kodu : 914.1.233

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

HOUSEHOLD BIOGAS PRODUCTION

Okan GONÇ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Ziyaddin RECEBLİ

January 2014, 53 pages

In this research, many studies about fertilizer tank designs, picking up the right raw material for the tanks, sketches were installements of the right gas pipelines were made. Also there were some studies about solar panels and how they can be used to equalize the temperature differences between the day time and the right time.

Firstly, during the experiments fertilizer tank designs were planned and right dimensions were calculated for the most effective usage. Variety of Animal wastes were tested and put into graphs so that the most effective raw material that heats up fast up to certain point and stays steady at the given point. Can be used for the fertilizer tank.

Pipeline sketches and installements were made so that the chosen raw product can be used to heat up our houses. The dimensions of the pipelines were calculated carefully in order to stop the gas compression and the tests show that with the right

pressure applied on the on the gas creates a better source of heat for our ovens and other kitchen product that needs heats.

The experiments took place at different altitudes in İzmir In both cities there is a huge temperature difference between the day time and the night time (the temperatures of the given cities in August and September were given at the table) Solar Panels were used in order to equalize the massive temperature difference between the day time and night time .The electricity, produced by the solar panels, was used to heat up the fertilizer tanks at the night time so that the temperature in the tank is kept at the same level. So the gas fermentation is steady through-out the day. This steadiness causes our houses to remain in close temperatures between the day time and night time.

Key Word : Biogas, animal waste, biogas productions, biogas, gas consumption.

Science Code : 914.1.233

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK ve Doç. Dr. Ziyaddin RECEBLİ'ye, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarımnda manevi yönden beni destekleyen değerli meslektaşım Nazim ALTUN'asansuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemedenden her zaman yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
1.1. KATI MADDE İÇERİĞİ.....	8
1.2. HİDROLİK BEKLEME SÜRESİ.....	8
1.3. KARIŞTIRMA	10
1.4. BİYOGAZ SİSTEMİNDE ISI KAYBI.....	12
1.5. BİYOGAZ SİSTEMDE GAZ ANALİZİ.....	12
1.6. BİOGAZ ÜRETİM SİSTEMİ	14
1.6.1. Kesikli (Batch) Fermantasyon	14
1.6.2. Beslemeli - Kesikli Fermantasyon.....	15
1.6.3. Sürekli Fermantasyon.....	16
BÖLÜM 2.	17
BİYOGAZ SİSTEMİ VE FAYDALARI.....	17
2.1. BİYOGAZ TESİS ALANI FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI	19
2.3. BİYOGAZ TESİSİNDE KULLANILAN MALZEMELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	20
2.3.1. Ham Malzeme Seçimi	21
2.3.2. Fermantasyon Oluşumundaki Karışım	22
2.3.3. Gübre Tankının Konumu, Tasarımı Ve Seçimi.....	23

	<u>Sayfa</u>
2.3.4. Günlük Besleme İle Metan Gazı Elde Edilmesi.....	24
2.3.5. Metan Gazının Taşınması Ve Tesisat.....	26
2.4. BİYOGAZ TESİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	27
2.5. METAN GAZININ TEMİZLENMESİ.....	28
2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN MALİYETİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	29
2.7. BİYOGAZ SİSTEMLERDE EMNİYET VE GÜVENLİK.....	31
2.8. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN BİYOGAZ SİSTEMİ.....	31
BÖLÜM 3.	33
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	33
3.1. DENEYSEL ÇALIŞMA FİZİBİLİTESİ.....	33
3.2. PROJE BİLGİLERİ.....	33
3.3. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILACAK MATERYAL TÜRÜNÜN VE MİKTARININ BELİRLENMESİ	34
3.4. REAKTÖR TANKİNİN BELİRLENMESİ.....	34
3.5. REAKTÖRÜN ISITILMASI	35
3.6. İLİN İKLİM ÖZELLİKLERİ.....	36
3.7. KARIŞIMIN HAZIRLANMASI VE BİYOGAZ ELDE EDİLMESİ	37
BÖLÜM 4.	41
SONUÇLAR	41
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Ev tipi biyogaz tesisinin işleyişi	2
Şekil 1.2 Güneş enerjili biyogaz tesisi	3
Şekil 1.3. Biyogaz üretim girdileri.....	4
Şekil 1.4. Anaerobik çürüme	5
Şekil 1.5. Gaz tankının karıştırılması.....	10
Şekil 1.6. Gübre seperatörü.....	11
Şekil 1.7. Isı kayıp değerleri	12
Şekil 1.8. Doldurulmuş ve bekletilen gübre tankı	14
Şekil 1.9. Boşaltılmış sistem.....	15
Şekil 1.10. Çıkışı olmayan ilk besleme.....	15
Şekil 1.11. HBS geçtikten sonra besleme işlemine devam ediliyor ve miktar artırılıyor	16
Şekil 1.12. Sürekli bir gübre girişi ve çıkışı yapılan sistemler	16
Şekil 2.1. Basit biyogaz üretimi	17
Şekil 2.2. Büyük tonajlı biyogaz tesisi.....	18
Şekil 2.3. Tesis seçiminde etki eden faktörler	20
Şekil 2.4. Gübre tankının konumunun belirlenmesi	23
Şekil 2.6. Gübre gaz tankı.....	24
Şekil 2.7. Biyogaz çıkış borusunun hareketli gaz depolama tankına gönderilmesi ve hava ile temasın kesilmesi	26
Şekil 2.8. Metan gazının depolanmasına ve emniyeti.....	26
Şekil 2.9. Metan gazından elektrik üretmek	27
Şekil 2.10. Metan gazının temizlenmesi	28
Şekil 2.11. Çıkan gazın temizlenerek yanıcı gaz elde edilmesi.....	29
Şekil 2.12. Biyogaz patlama sınırları	31
Şekil 2.13. Sıcaklığa göre fermantasyon hacmi.....	32
Şekil 3.2. Reaktörün ısıtılması	36
Şekil 3.3. İzmir ilinin sıcaklık değerleri	36

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.4. Sıcaklık ölçer	37
Şekil 4.1. Biyogaz üretiminde hazırlıklar	43
Şekil 4.2. Tankının görünümü	43
Şekil 4.3. Tank izolasyonu.....	44
Şekil 4.4. Isıtıcı borular.....	44
Şekil 4.5. Basınç göstergesi	44
Şekil 4.6. Basınç emniyet supabı	45
Şekil 4.7. Fermantasyon giriş ve çıkış borusu	45
Şekil 4.8. Son gübre boşaltma havuzu	46
Şekil 4.9. Depolama tankından gaz yönlendirilmesi	46
Şekil 4.10. Gaz çıkışı	47
Şekil 4.11. Fermantasyona uğramış atığın bahçede kullanılacak sıvı	47
Şekil 4.12. Tesisin çevre görünümü.....	47
Şekil 4.13. Atık sıvı gübrelerin bahçede kullanılması	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. Farklı maddelerin biyogaz değerleri	6
Çizelge 1.2. Hidrolik besleme süresi tespiti.....	9
Çizelge 1.3. Biyogazın bileşimi	13
Çizelge 1.4. Organik madde içeriğine göre biyogaz miktarı, ısıl değeri ve bileşimi..	13
Çizelge 1.5. Biyogazın diğer gazlarla karşılaştırılması.....	14
Çizelge 2.1. Metan gazı oranına göre madde analizi	21
Çizelge 2.2. Tavuk ve büyükbaş hayvan miktarı ve biyogaz miktarı	25
Çizelge 2.3. Biyogaz karşılığı diğer gazlar	30
Çizelge 3.1. Hayvan miktarına ve cinsine göre elde edilen atık miktarı	34
Çizelge 3.2. Reaktör deposunun görünümü ve teknik verileri.....	35
Çizelge 3.3. Atık türlerine göre ortalama biyogaz üretim miktarları.....	38
Çizelge 3.4. Tesiste kullanılacak atıkların özellikleri	38
Çizelge 4.1. Büyükbaş hayvana göre üretim.....	42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- CH₄ : metan gazı
CO₂ : karbondioksit
H₂S : sülfat
H₂O : su
N₂ : azot
O₂ : oksijen
H₂ : hidrojen
C/N : karbon azot oranı

KISALTMALAR

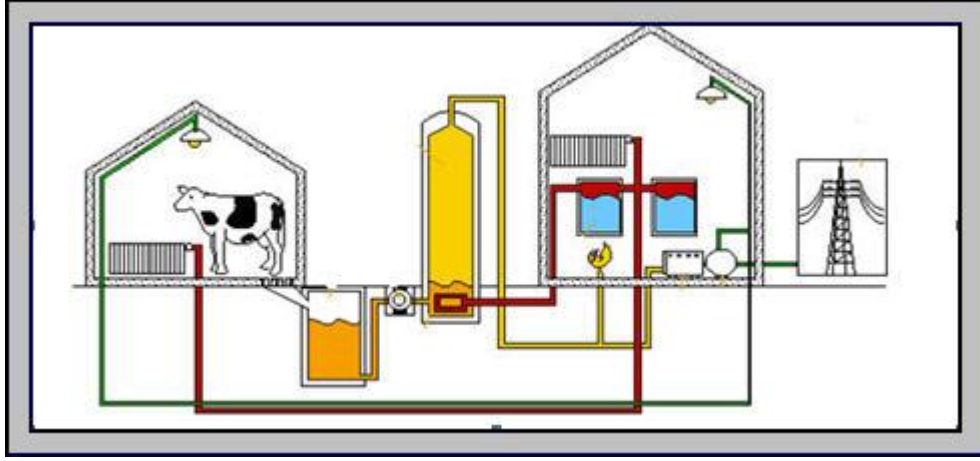
- HBS : hidrolik Bekleme Süresi
VFA : uçucuyag asidi
Q_w : yüzey ısı kaybı
Q_f : gerekli ısı miktarı
Q_b : reaktör ısı kaybı
Q_e : buharlaşan ısı kaybı
r : gerekli ısı miktarı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Türkiye her geçen gün teknolojiye bağılı olarak, sanayisinin hızla gelişim gösterdiği ve kırsal kesimin hayati idamesini çoğunlukla tarım üzerinden sağlayan bir ülkede enerjinin ne kadar önemli olduğu aşikârdır. Tarımda yeterli verimi alabilmek için toprak, su ve havanın kirli olmaması gerekmektedir. Yalnız gelişen teknoloji aynı zamanda kirliliği de yanında getirmektedir. Bu döngüde yapılabilecek en iyi gelişim ekosistemi zarara uğratmadan enerji verimliliğini artırmaktır. Enerji elde edebilmek için girdileri en iyi şekilde kullanılmak gerekir. Bu noktada insanların ve hayvanların artık olarak değerlendirildiği herşeyi geri dönüşüm sağlayarak enerji elde etmek olacaktır.

Köylerimizde hayvancılıkla uğraşan insanlar, hayvanlarının tezeklerini dönem dönem toprak ile karıştırarak toprak verimliliğini artırmakta ve bir sonraki yıl için topraktan daha fazla verim alabilmektedir. Fakat doğrudan çıkan yaş tezeğin içinde barındırdığı maddeler orantılı değildir. Bu sebepten dolayı yaş tezeğinfermantasyona tabii tutulması gerekmektedir. Fermantasyona tabii olan tezek aynı zamanda bize enerji dönüşümü olarak yarar sağlar. Son yıllarda hayvansal atıkların sadece gübre olarak kullanımı dışında bunlardan enerji elde etmenin yollarını da keşfetmişlerdir. Gübrelerin büyük bir kısmı tezek olarak yakılmaktadır. Yanan tezekte azot, fosfat ve potasyum da yanıp gitmektedir.



Şekil 1.1. Ev tipi biyogaz tesisinin işleyişi.

Toprağı verimli hale getirme çabaları bizi gübre kullanmaya yönlendirirken aynı zamanda fermantasyon olayı bize metan gazını keşfetmemize imkan sağlamıştır.

Biyogazın ana bileşeni olan metan gazı ilk defa İngiliz araştırmacı Volta tarafından bataklık gazı içerisinde bulunmuştur. Metan gazının organik maddeden oksijensiz ortamda ayrışması sonucu elde edildiği deGotas tarafından bulunmuştur. Hindistan'da hayvan gübrelerinin yakılarak yok edilmesini önlemek amacı ile Gobar Gaz Araştırma İstasyonu kurulmuş ve geliştirilen biyogaz tesislerinde basit yöntemler ile gaz elde edilebileceği, gazı alınmış gübrenin tarımda verimli olarak kullanılabilceği ortaya konulmuştur.

Ayrıca Biyogazın, M.Ö. 10. yüzyılda Asurlular, M.S. 16. yüzyılda ise İranlılar tarafından banyo amaçlı sıcak su hazırlamada kullanıldığı belirtilmektedir. Özellikle gazlarla ilgili çalışmalarıyla tanınan Jan Baptita Van Helmont, 17. yüzyılda, organik maddelerin bozunumuyla yanıcı gazların elde edilebildiğini belirtmiştir. 1776 yılında Kont Alessandro Volta, organik maddelerin bozunma miktarıyla elde edilen yanıcı gaz arasında pozitif bir korelasyon olduğunu tespit etmiştir. SirHumphryDavy, 1808 yılında, sığır gübresinin anaerobik fermantasyonu sonucu oluşan gazların içerisinde metan gazını belirlemiştir.

İlk biyogaz tesisi, Hindistan'ın Bombay kentinde 1859 yılında kurulmuştur. Biyogazın sokak lambalarında kullanımı 1895 yılında Exeter/İngiltere'de

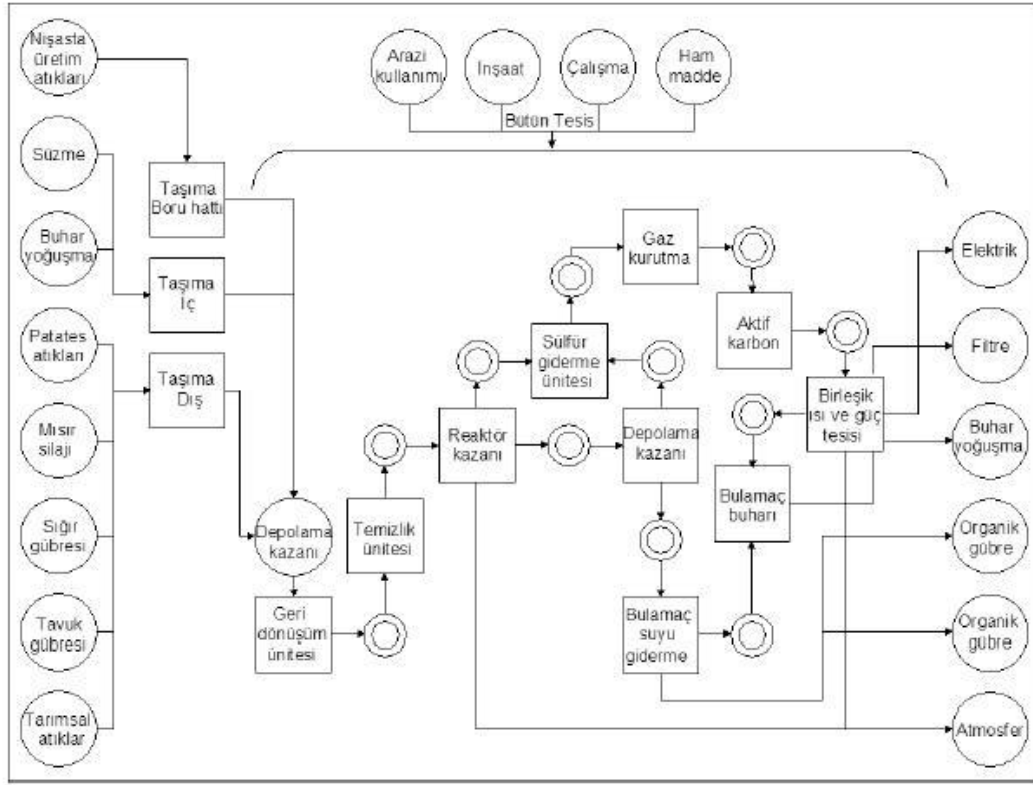
gerçekleştirilmiştir. 1911’de yine İngiltere’de Birmingham şehrinde, biyogaz elektrik ve ısı eldesi amacıyla kullanılmıştır.

Biyogaz sistemlerinin tüm avantajlarına ve ülkemizin yüksek hayvansal atık potansiyeline sahip olmasına rağmen, ülkemizde biyogaz sistemleri kullanılamamaktadır. 1957 yılında başlatılan çalışmalar, 1970’li yıllarda Topraksu ve 1980’li yıllarda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü kapsamında yürütülmüştür. Uluslararası anlaşmalarla da desteklenen bu çalışmalar, kurumlar arası koordinasyon eksiklikleri, yanlış sistem seçimleri, farklı öncelikler v.b. sebeplerle 1987 yılında tamamen kesilmiştir. Kırsal kesim de biyogaz sistemlerinin yaygınlaşmamasının en büyük nedeni, teknik, ekonomik ve sosyal yönden sürdürülebilirliği mümkünsistemlerin, son kullanıcılara sunulamamasıdır. Sürdürülebilirliğin sağlanması için, kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısının çözülmesi, teknik tercihlerin bu çözümlere doğrultusunda yapılması gerekmektedir.



Şekil 1.2. Güneş enerjili biyogaz tesisi.

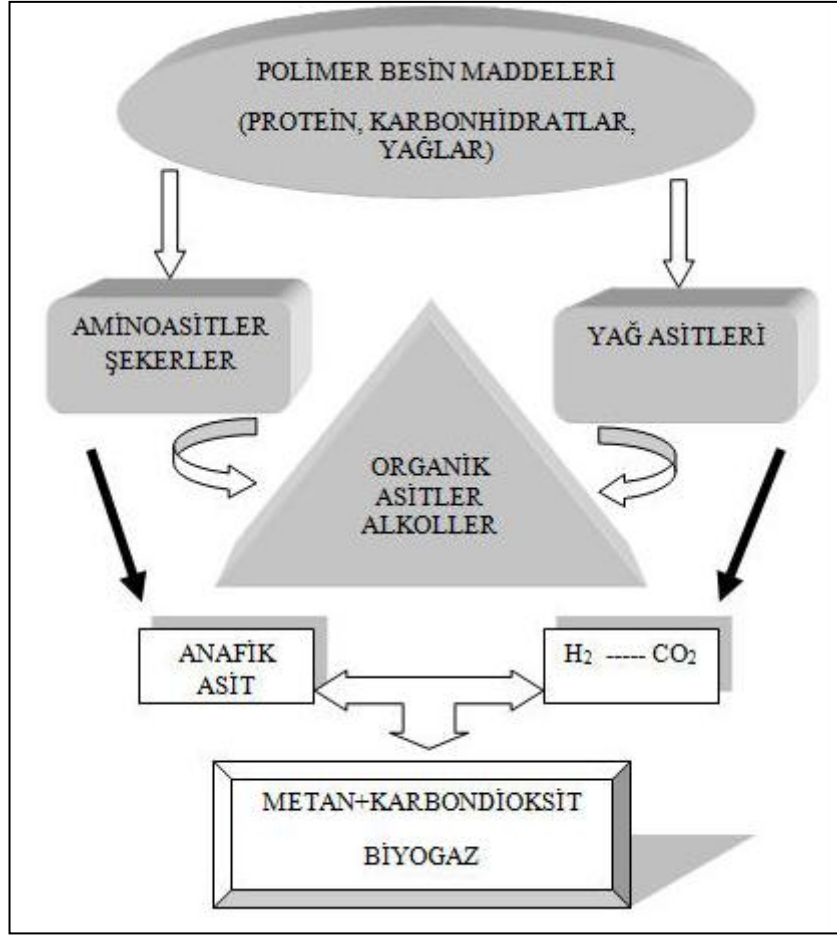
Temel ünite biyogaz reaktörüdür. Biyogaz tesislerinin büyük bir çoğunluğu, tek bir ünite halindedir. Bu nedenle, tipik bir tesis örneği belirlenemeyebilir. Biyogaz tesisi için örnek girdiler şekil 1.3’de verilmiştir.



Şekil 1.3. Biyogaz üretim girdileri.

Biyogaz farklı anaerobik proseslerden ortaya çıkan ve ana bileşenleri CH_4 ve CO_2 olan anaerobik koşullarda fermentasyonu sonucu oluşan yanıcı, renksiz ve ısı değeri yüksek bir gaz karışımıdır. Bu iki gazın toplam biyogaz içindeki miktarı %98 iken H_2S , H_2O , N_2 , O_2 , H_2 , NH_3 organik karbonlar biyogazın %2'lik kısmını teşkil ederler.

Biyolojik işlem sonucu oluşan biyogaz miktarı ve reaktöre besleme yapılırken musluk suyu ile yapılmış seyreltme oranları verilmiştir. Biyogaz üretimi için aşağıdaki dört bileşenin olması gerekir.



Şekil 1.4. Anaerobik çürüme.

- Organik madde
- Bakteri
- Anaerobik ortam
- Isı

Çizelge 1.1. Farklı maddelerin biyogaz değerleri.

HAYVAN TÜRÜ	NEM MİKTARI (% Islak Bazda)	BİYOĞAZ ÜRETİMİ (Lt / Kg)	SEYRELTME ORANI (Gübre / Su)
SİĞİR	80-85	40	1/1
DOMUZ	75-80	70	1/2
KEÇİ	70-80	60	1/3
AT	75-80	60	2/3
KOYUN	80-85	40	2/3
GÜVERCİN	65-75	50	2/3

Biyogaz organik materyalin biyogazda genel olarak, %55-70 CH₄; %30-45 CO₂; %0-3 N₂; %0-1 H₂; % 0-1 H₂S ile çok az miktarlarda CO ve O₂ bulunmaktadır. Karışımdaki gazların miktarı; ortam sıcaklığı ve pH değerine, organik maddenin tür ve su içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Biyogazın ısı değeri ise karışım içerisinde yer alan metan gazı değişimine bağlıdır. Bu nedenle de ısı değeri 19-27,5 J/m³ arasında değişmektedir. Anaerobik fermantasyon, çeşitli bakterilerin bir arada faaliyet gösterdiği karmaşık bir biyolojik süreçtir. Fermantasyon işleminin gerçekleşmesine çeşitli faktörler etki etmektedir.

- pH seviyesi,
- C/N oranı,
- Karıştırma,
- Engelleyici ve toksik maddelerin etkisi.

Sıcaklık, diğer çevresel faktörlere göre, biyogaz üreteç sistemlerinin hem tasarımı hem de işletilmesinde birincil derecede öneme sahip bir parametredir. Anaerobik fermantasyonda mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Anaerobik fermantasyon için;

- Psikrofilik (5- 25 °C)
- Mezofilik (25-40 °C)
- Termofilik (50-60 °C) olmak üzere üç farklı sıcaklık aralığı tespit edilmiştir.

Genellikle biyogaz tesisleri mezofilik sıcaklık bölgesinde çalıştırılır, fakat kış aylarında sıcaklığın fazlaca düştüğü bölgelerde bazen tesis psikofilik sıcaklık (15–20°C) aralığında çalıştırılır. Biyogaz üretimini etkileyen diğer faktörler ise organik maddenin biyogaz potansiyeli, organik maddenin yapısı, anaerobik ünitenin dizaynı, bakteri cinsi ve konsantrasyonu, pH, yükleme hızı, hidrolik bekletme süresi (HBS), karbonun azota oranı (C/N oranı), uçucu yağ asitlerinin (VFA) varlığı, karıştırma, vb. faktörlerdir.

Düzenli bir gaz üretimi ve sıcaklık kontrolünü sağlamak için çürütücüyü sık aralarla, örneğin günde birkaç kez beslemekte yarar vardır. Besleme sıklığının artması organik maddenin parçalanma hızını yükseltmektedir (Bayrak Çeken, 1997). Çünkü düzenli bir gaz üretimi için karışım içerisindeki katı madde miktarının sabit tutulması gerekmektedir. Katı madde miktarını sabit tutabilmek için günlük besleme karışımına katılacak su ve gübre miktarları ile günlük besleme miktarları hesaplanır.

Belli bir bekletme süresi seçilir ve üreteç hacmi seçilen bekletme süresine bölünür, böylece günlük besleme miktarı bulunur.

$$\text{Günlük Beslenme Miktarı (Litre/Gün)} = \frac{\text{Üreteç Hacmi (Litre)}}{\text{Bekletme Süresi (Gün)}}$$

Gaz üretim verimi pH değeri 5,0'in altına düştüğünde önemli ölçüde olumsuz etkilenir. Genellikle tesisin pH düzeyi, karbon dioksit-bikarbonat (CO₂-HCO₃) ve amonyak- amonyum (NH₃—NH₄) arasındaki tampon etkiden dolayı oluşan organik asit ve dolayısı ile biyogaz potansiyelinin belirlenmesinde kullanılmaz.

Biyogaz üretimi sırasında etkili olan mikroorganizmalar karbon, oksijen ve hidrojenin yanı sıra azot, kükürt, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi elementlere ihtiyaç duyarlar. Ayrıca, ortamda demir, manganez, molibden, çinko, kobalt, selenyum, tungsten ve nikel gibi elementlere de gerek vardır. Organik olan

atıklar veya gübre gibi kaynaklar normal olarak bütün bu elementleri içermektedir. Mikroorganizmaların hücre yapılarında ve enerji üretiminde kullanmak için karbon ve azota ihtiyaçları vardır. Organik maddelerin menşei ne olursa olsun hepsi karbon, azot ve hidrojen içerirler. Metan bakterilerinin metabolik etkinlikleri karbon/azot oranı ile değiştiği için bu üç elementten C/N oranının biyogaz oluşumunu önemli ölçüde etkilemektedir.

1.1. KATI MADDE İÇERİĞİ

Biyogaz tesislerinde katı madde oranının %7-12 civarında olması önerilmektedir (Demir, 1993). Anaerobik sistemlerde maksimum biyogaz üretim veriminin reaktöre verilen hammaddedeki katı maddenin kütlece %6 ile %10 arasında olduğunda gerçekleştiği ve metan üretim veriminin, kütlece %12 katı madde oranının aşılması durumunda ise düştüğü görülmektedir (Ardıç ve Taner, 2004; Desai vd., 1994; Lay vd.,1997). Anaerobik ayrışma ortamındaki katı madde oranı çok yüksek ise karıştırma işleminin zor olmasından ve karıştırma için harcanan enerji daha fazla olacağına biyogaz üretim miktarı düşer. Katı madde oranının çok düşük olması ise mikroorganizmalar tarafından tüketilecek substrat miktarının az olması anlamına gelmektedir dolayısıyla bu durumda da biyogaz üretim miktarı düşer.

1.2. HİDROLİK BEKLEME SÜRESİ

Hidrolik bekleme süresi (HBS), gübre içindeki organik maddelerin bakteriler tarafından çürütülmesi sonucu biyogaz üretmesi için gerekli olan süre olarak tarif edilir (Öztürk, 2005). Bunu bir denklemle ifade edecek olursak,

$$HBS = \text{Reaktör Hacmi (m}^3\text{)} / \text{Günlük Debi (m}^3\text{/gün)}$$

şeklinde gösterebiliriz. Reaktör içindeki bazı organik maddeler tam olarak biyokimyasal reaksiyona girdiğinde zamanla gaz üretimi azalmaya başlar. Seçilen hidrolik bekleme süresi içinde besi maddelerinin %70-80 oranında biyokimyasal reaksiyona girerek giderildiği kabul edilir. Biyogaz tesislerinde işletme sıcaklığına bağlı olarak hidrolik bekleme süresi(HBS) 20 ila 120 gün arasında değişir. Tropikal

bölgelerde hidrolik bekleme süresi 40-50 gündür. Çin'in soğuk bölgelerinde bu süre takriben 100 gündür.

Sürekli beslemeli sistemlerde, bakterilerin reaktörlerden kaçmasını önlemek ve bakterilerin iki katına çıkmasının temini için hidrolik bekleme süresi daha uzun seçilebilir.

Hidrolik bekleme süresi düşürülmesi, çürütülecek malzemeye bağlı olarak değişir. Hayvan atıklarında hidrolik bekleme süresi etkileyen en önemli basamak hidroliz kademesidir. Sığır gübresi daha fazla miktarda selüloz ve semi selüloz içerir. Karbonhidratlar ve yağlar daha kolay hidrolize olurken selülozlar daha zor hidrolize olurlar. Mezofolik şartlarda ortalama hidrolik bekleme süresi aşağıda verilmiştir.

Çizelge 1.2. Hidrolik besleme süresi tespiti.

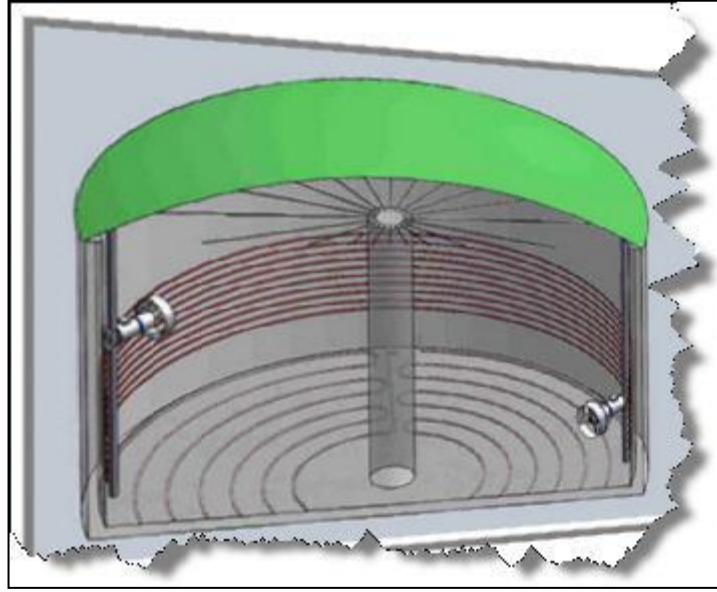
KULLANILAN MALZEME	HBS (GÜN)
SIVI SIĞIR GÜBRESİ	12-30 gün
SAMAN YATAKLI SIĞIR GÜBRESİ	18-36 gün
SIVI DOMUZ GÜBRESİ	10-25 gün
BİTKİ İLE KARIŞTIRILMIŞ SIĞIR GÜBRESİ	50-80 gün
SIVI TAVUK GÜBRESİ	20-40 gün

Hidrolik bekleme süresi yeterli olmazsa reaktörden bakteriler daha hızlı kaçar ve uçucuyağ asidi konsantrasyonu artar. Bu da biyogaz üretiminin düşmesine neden olur. Fermantasyon tam olarak gerçekleşmez. Bu problem, tarımsal biyogaz tesislerindenadiren gerçekleşir.

Reaktör sıcaklığı arttıkça hidrolik bekleme süresi düşer. Yüksek sıcaklıkta biyokimyasal reaksiyonlar daha kısa sürede gerçekleşir. Dolayısıyla hidrolik bekleme süresini uygulanacak sıcaklığa göre seçmek gerekir.

1.3. KARIŞTIRMA

Anaerobik çürütücülerin performansı öncelikle reaktördeki substratın bekleme süresinden, yaşayabilecek durumda olan bakteriyel popülasyon ve giren substratın birbirleri arasındaki temas derecesinden etkilenir. Verimli substrat dönüşümü elde edilmesinde, karıştırmamanın önemi pek çok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Casey, 1986; Lee vd., 1995; Smith vd., 1996; Karim vd., 2005). Çürütücü içerisindeki substratın karıştırılması sayesinde mikroorganizmalar üniform bir biçimde dağıtılır ve aynı zamanda ısı transferi gerçekleşir (Sawyer ve Grumbling, 1960; Meynell, 1976; Karim vd., 2005). Karıştırma işlemi ayrıca çürümeyi ilerlettiği için partikül büyüklüğünü azaltmaya ve karıştırmadan biyogazın serbest kalmasına yardım eder.



Şekil 1.5. Gaz tankının karıştırılması.

Karıştırma, mekanik karıştırmacılarla, biyogaz geri devri ile veya çamur geri döngüsüyle çok iyi yapılabilir. Mekanik karıştırmacılar, karıştırılan her bir galon (1 gal=3.78lt) başına tüketilen enerji açısından en verimli olduğu kaydedilmiştir (Brade ve Noone, 1981; Karim vd., 2005). Buna karşılık gaz sirkülasyonu ile karıştırma yapılan çürütücülerde gaz sirkülasyon hızının artmasıyla metan üretim hızının azaldığı kaydedilmiştir. Bunun nedeni ise gazın sirkülasyonu hava pompasıyla

yapıldığı için bu esnada sisteme bir miktar hava sızmaktadır (geçirimli borular, sızıntı ve diğer faktörler vasıtasıyla).

Bilindiği üzere havanın içerisinde bulunan oksijenin metan üretimi üzerinde inhibisyon etkisi bulunmaktadır (Patel vd., 1984). Böylece metan üretimi yavaşlar ve bu durumdan olumsuz etkilenir.

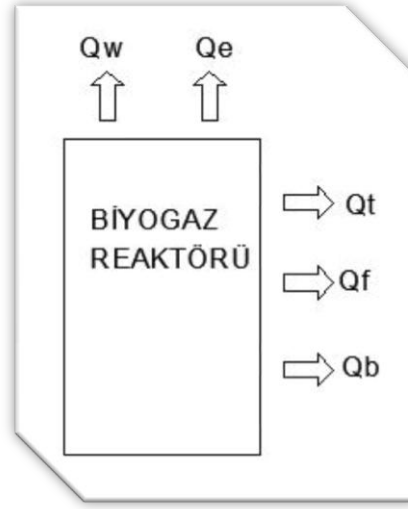
Kısaca karıştırmanın amaçlarını sıralayacak olursak,

- Metanojenler tarafından üretilen metabolitlerin (gaz) giderimi.
- Bakteriyel popülasyon (aşı) ve taze substratın karışması (aşılama).
- Çökelmenin ve köpük oluşumunun engellenmesi.
- Uniform bir bakteriyel popülasyon yoğunluğunun sağlanması.
- Etkin çürütücü hacmini azaltan ölü bölge oluşumunun önlenmesi (Kossmann ve Pönitz, 1999).



Şekil 1.6. Gübre seperatörü.

1.4. BİYOGAZ SİSTEMİNDE ISI KAYBI



Şekil 1.7. Isı kayıp değerleri.

Bir biyogaz reaktörünün ısı kayıpları Şekil 1.7’de görülmektedir. Burada;

Q_w = Reaktör yüzeylerinden oluşan ısı kaybı (W),

Q_f = Besleme materyalinin reaktör sıcaklığına getirilmesi için gerekli ısı miktarı (W),

Q_b = Reaktörü terk eden biyogazla oluşan ısı kaybı (W),

Q_e = Buharlaşma yoluyla oluşan ısı kaybı (W),

r = Reaksiyon sırasında gerekli ısı miktarını (W),

göstermektedir.

Bu kayıplar göz önüne alındığında, sistemin ısı dengesini korumak için gerekli toplam ısı ihtiyacı (Q_t), aşağıda gösterilmiştir.

$$Q_t = Q_w + Q_f + Q_b + Q_e + Q_r$$

1.5. BİYOGAZ SİSTEMDE GAZ ANALİZİ

Biyogaz havadan daha hafiftir ve havaya göre yoğunluğu 0.94 kg/m^3 , oktan sayısı yaklaşık 110, yanma sıcaklığı $700 \text{ }^\circ\text{C}$, alev sıcaklığı $870 \text{ }^\circ\text{C}$ ve ısıl değeri 5.96 kWh/m^3 olan bir gaz karışımıdır. Gaz bileşimi sabit olmayıp ortam sıcaklığına, su

miktarına, asitlik değerine (pH) ve kullanılan gübrenin bileşimine göre değişmektedir. Tipik bir biyogazın bileşimi Çizelge 1.3' deki gibidir.

Çizelge 1.3. Biyogazın bileşimi.

GAZIN CİNSİ	YÜZDE BİLEŞİMİ (%)
METAN (CH ₄)	54-80
KARBONDİOKSİT (CO ₂)	20-45
AZOT (N ₂)	0-1
KARBONMONOKSİT (CO)	0,1
OKSİJEN (O ₂)	0,1
HİDROJEN SÜLFÜR (H ₂ S)	Az Miktarda

Biyogazın yakıt değeri karışımındaki metan gazından ileri gelmektedir. Biyogazın ısıl değeri metana bağlı olarak 17 000 – 25 000 kJ / Nm³ arasında değişmektedir.

Çizelge 1.4. Organik madde içeriğine göre biyogaz miktarı, ısıl değeri ve bileşimi.

ORGANİK MADDE	Biyogaz MİKTARI (cm ³ /gr)	BİLEŞİMİ (%)	ISIL DEĞERİ (kJ/Nm ³)
KARBONHİDRATLAR	800	50 CH ₄ -50 CO ₂	17782
PROTEİNLER	700	70 CH ₄ -30 CO ₂	24894
ORGANİK YAĞLAR	1200	67 CH ₄ -30 CO ₂	23639

Çizelge 1.5. Biyogazın diğer gazlarla karşılaştırılması.

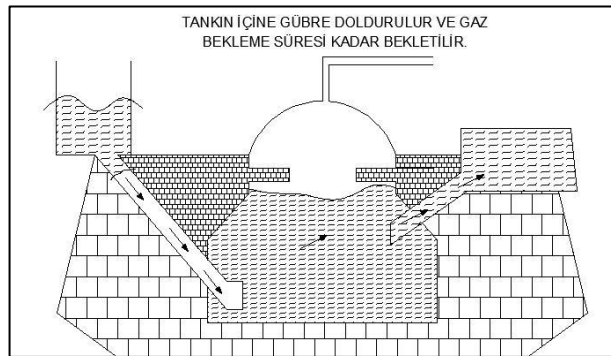
GAZLAR	SEMBOLLER	BİLEŞİMİ (%)	ISIL DEĞERİ (kW h/ m ³)	YOĞUNLUĞU (kg/m ³)
METAN	CH ₄	100	9.94	0.554
PROPAN	C ₃ H ₈	100	29.96	1.560
BÜTAN	C ₄ H ₁₀	100	34.02	2.077
DOĞALGAZ	CH ₄ - H ₂	65-35	7.52	0.384
SIVI GAZLAR	CH ₄ - H ₂ - N ₂	26-50-24	4.07	0.411
BİYOĞAZ	CH ₄ - CO ₂	60-40	5.96	0.940

1.6. BİYOĞAZ ÜRETİM SİSTEMİ

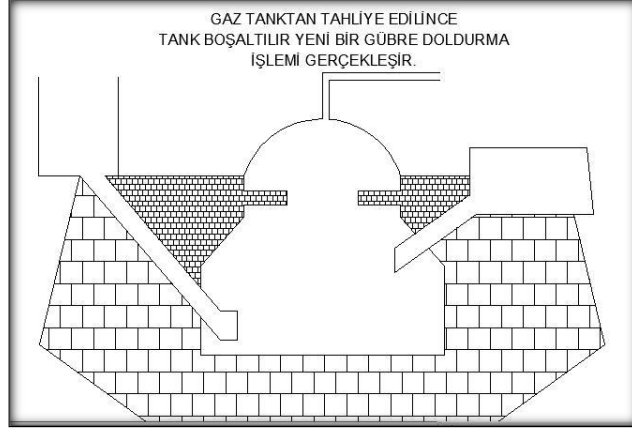
Biyogaz üretiminde kullanılan sistemler genel olarak üç ayrı grupta toplanmaktadır.

1.6.1. Kesikli (Batch) Fermantasyon

Tesisin üretim tankı hayvansal ve/veya bitkisel atıklar ile doldurulmakta ve fermentasyon süresi kadar bekletilerek biyogazın oluşumu tamamlanmaktadır. Kullanılan organik maddeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekleme süresi değişmektedir. Bu süre sonunda tesisin üretim tankının tamamen boşaltılmakta ve yeniden doldurulmaktadır.



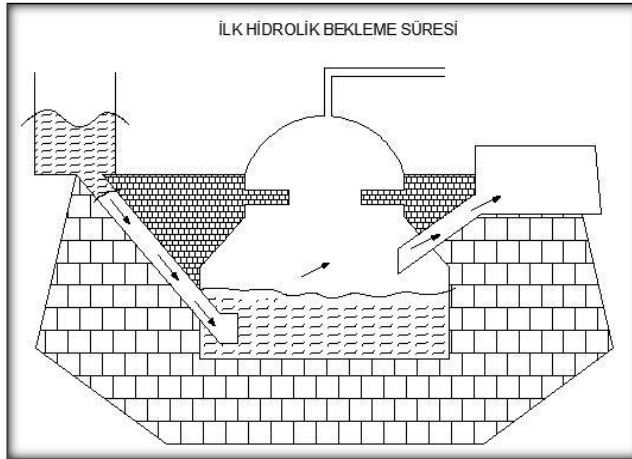
Şekil 1.8. Doldurulmuş ve bekletilen gübre tankı.



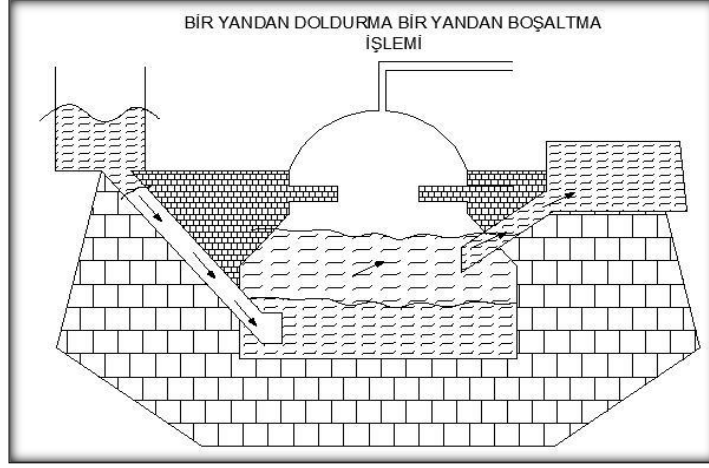
Şekil 1.9. Boşaltılmış sistem.

1.6.2. Beslemeli - Kesikli Fermantasyon

Burada fermantör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulmakta ve geri kalan hacim fermantasyon süresine bölünerek günlük miktarlarla tamamlanmaktadır. Belirli fermantasyon süresi sonunda fermantör tamamen boşaltılarak yeniden doldurulmaktadır.



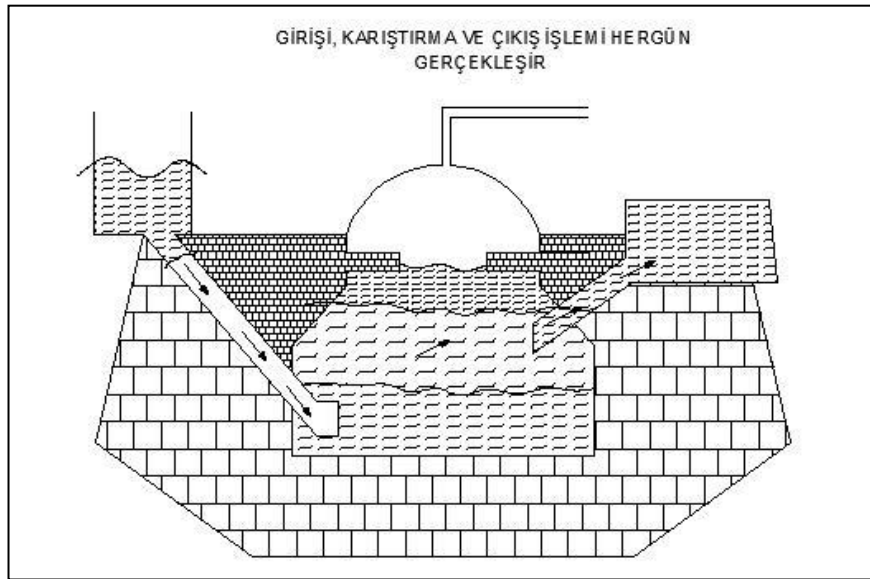
Şekil 1.10. Çıkışı olmayan ilk besleme.



Şekil 1.11. HBS geçtikten sonra besleme işlemine devam ediliyor ve miktar artırılıyor.

1.6.3. Sürekli Fermantasyon

Bu fermantasyon biçiminde gübre tankından gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Organik madde gübre tankına her gün belirli miktarlarda verilmekte, alıkoyma süresi kadar bekletilmekte ve aynı oranlarda fermente olmuş materyal günlük olarak gübre tankından alınmaktadır. Böylece günlük beslemelerle sürekli biyogaz üretimi sağlanmaktadır.



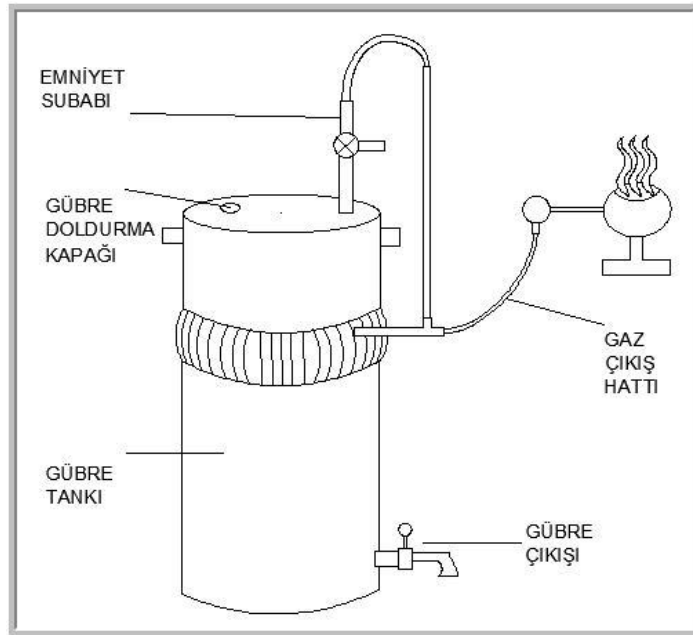
Şekil 1.12. Süreklibir gübre girişi ve çıkışı yapılan sistemler.

BÖLÜM 2

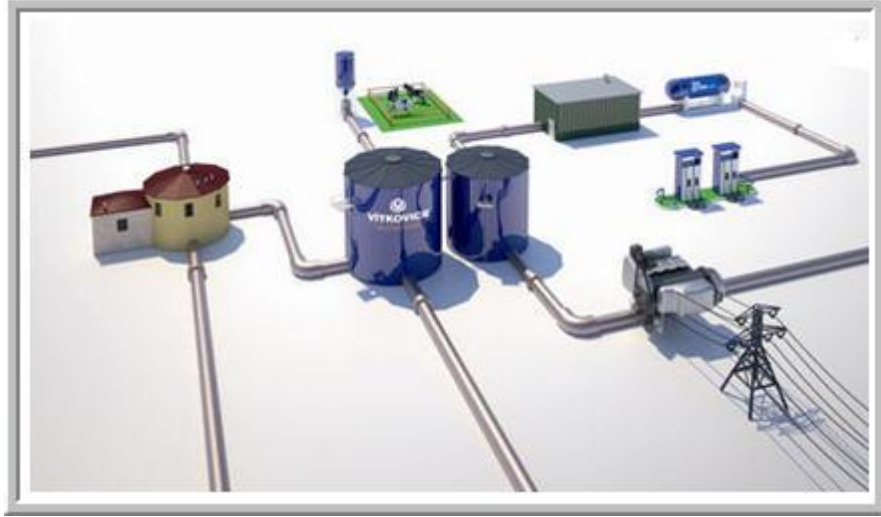
BİYOGAZ SİSTEMİ VE FAYDALARI

Biyogaz, organik atıkların oksijensiz ortamda çürütülmesi sonucunda açığa çıkan %65-%80 oranında metan gazının yanması sonucunda oluşan enerji üretimidir. Biyogaz enerji sistemleri dünya çapında çok ilgi gören ve diğer enerji üretim yöntemlerinden (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, küçük hidroelektrik santraller) farklı çok işlevsel enerji alabildiğimiz sistem bütünüdür.

Biyogaz sisteminin kurulmasında, basit düzenekten en karmaşık büyük tesisin kurulmasına kadar birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerle elde etmek istediğimiz asıl durum, mevcut ham maddeden kısa sürede, farklı hava koşullarında en yüksek verimi alabilmektir. Bu enerjiyi elde edebilmek için biyogazı üretiminden metan gazını evlerde kullanılabilirlik düzeyine getirilmesi safhasında kadar dikkat edilmesi gereken bir döngüdür.



Şekil 2.1. Basit biyogaz üretimi.



Şekil 2.2. Büyük tonajlı biyogaz tesisi.

Bir biyogaz enerjisi ile diğer elde ettiğimiz enerji sistemlerinden (güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroenerji) farklıdır. Diğer enerji sistemleri tek işlevsel yöntemi ile verim alırız. Biyogaz sistemin çok işlevsel çalışmaktadır. Ham malzemenin üzerinden metan gazı, ısıtma ve ısınma ve fermantasyona uğramış gübreyi tarım arazilerinde toprakta kullanarak sistem döngüsünden fayda sağlarız.

Bu atıkların planlı bir şekilde kontrol altına alınmaya çalışılmaması bilinçsizce tarım alanlarına veya çevreye atılması hem toprağın biyolojik yapısı tahrip etmekte hem de yaz aylarındaki aşırı sıcaklarda, istenmeyen koku ve sinek oluşumu sonucunda insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir. Özellikle kırsal yerleşim bölgelerinde bol miktarda açığa çıkan bu organik maddelerin değerlendirilmesi açısından biyogaz ve organik gübre üretimi önem taşımaktadır.

Türkiye'nin enerji istatistikleri incelendiğinde hayvansal ve bitkisel atıklar kalemi toplam enerji üretimimizin %9'u toplam enerji tüketimimizin ise %4'ü olarak yer almaktadır. Bu ticari değeri olan ve enerji eşdeğeri olarak, aynı miktarda taşkömürü tüketimine eşittir. Bu atıklar içerisinde hayvan gübresinin payı büyüktür. Ülkemiz kırsal kesiminde hayvan gübresi ısıtma ve pişirme amacıyla yakılmaktadır. Hayvan gübresinin tarımsal üretimde kullanılması yakılarak enerjiye dönüştürülmesinden daha ekonomiktir. Hayvan gübresi, yapay gübrelere göre daha üstün özelliklere

sahiptir. Toprağa bitki besin maddelerini sağlamasının yanında toprağın yapısını da iyileştirir.

Hayvan gübresinin yakılmasının önlenerek tarım topraklarına kazandırılması kırsal kesime bu enerjinin yerine ikame edeceği bir enerjinin verilmesi ile mümkündür. Bu ikame enerji, yine hayvan gübresinden elde edilebilecek olan biyogazdır(www.albiyobir.org.tr).

2.1. BİYOGAZ TESİS ALANIFİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

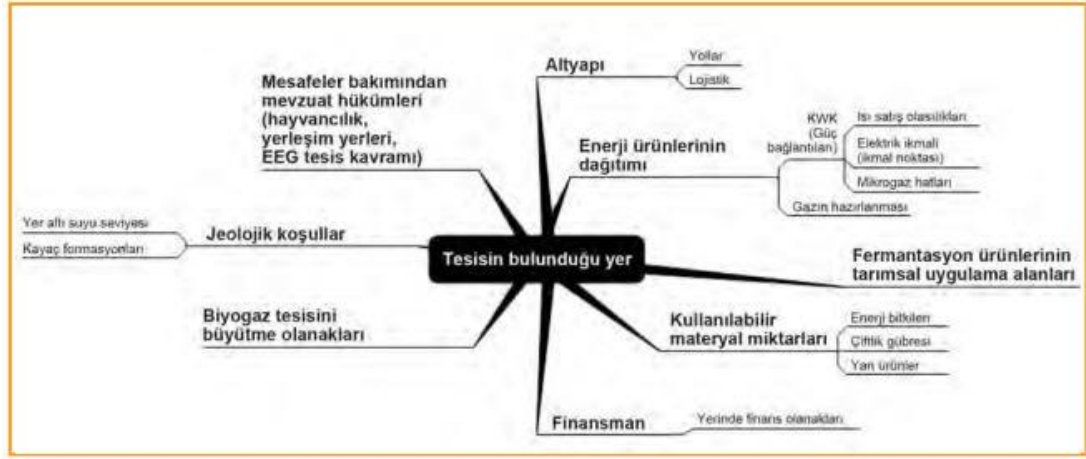
Bir biyogaz tesisinin kurulması için uygun yer fizibilite sonuçları önemlidir. Özellikle çiftlik gübre miktarı ve biyogaz sistemine sağlanacak ham madde ikmalinin ek gider sağlanmayacak durumda olması gerekmektedir. Bulunduğu bölgedehayvancılık sektörünün gelişmiş olması ya da gelişime katkıda bulunacak etkenlerin var olması son derece önem arz etmektedir.

Fermantasyon sonucunda yanmış gübrenin depolanması veya başka bir arazi kesimine taşınması için gerekli ulaşım şartları göz önünde bulundurulmalıdır.Fermantasyona uğramış gübreyi yakın arazi kesiminde kullanılması ek giderleri azaltacaktır.

Küçük çaplı biyogaz tesisinin planlanması esnasında mevcut arazisinin ne kadarlık bir alanda hayvan barındırdığı ve mevcut arazisin ne kadarlık bir kısmında tesis düşündüğünü önceden tespit etmelidir.

Tesis planlanmasıyla hangi hayvansal atığı kullanacağını tespit edilmelidir. Hedeflerinde birim organik kuru madde veya m³ metan başına düşük maliyetli ve yüksek verimli ürün türleri tercih edilmelidir.

Tesis kurulumunda hukuki sürecin nasıl işlediği bilinmelidir. Çevrede bulunan konutlara, su yataklarına ve havzalarına olan mesafeler dikkate alınmalıdır.



Şekil 2.3. Tesis seçiminde etki eden faktörler.

Planlanan arazide, biyogaz sisteminin taşınabilirliğine veya ilerleyen safhalarda büyütme olanaklarının uygunluğu dikkate alınmalıdır.

Bilindiği üzere metan gazının patlama riski vardır. Bu sebepten dolayı yerleşim yerlerine en az 50 metre mesafeli alanlar tercih edilmelidir.

Küçük çapta veya büyük tesislerde elde edilen metan gazının depolanmasında ek araziye ihtiyaç duyulacaktır.

2.3. BİYOGAZ TESİSİNDE KULLANILAN MALZEMELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Biyogaz tesisinde kurulumunda öncelikle hangi biyogaz üretim yöntemini seçeceğimizi değerlendirmemiz gerekmektedir. Kesikli fermantasyon, sürekli-kesikli fermantasyon ve sürekli fermantasyon olarak üç gruptan birini seçmemiz gerekmektedir. Bu yöntemleri inceler iken dikkat edilmesi gerek esas nokta elimizdeki kullanacağımız hayvansal atık malzemenin miktarı ve sistemi besleyebileceğimiz üretim tesisin kurulmasında bize en uygun olanı tespit etmektir.

2.3.1. Ham Malzeme Seçimi

Ülkemizde biyogaz üretimi amacıyla düşünülebilecek atık ve hammaddelerin kaynaklarına göre biyogaz verimleri ve elde edilebilecek metan oranları aşağıdaki Çizelgede verilmiştir.

Çizelge incelendiğinde, bu atıkların hayvansal ve bitkisel kaynaklı olarak iki grupta ele alınabileceğini görmekteyiz. Bunlar;

- Hayvansal Atıklar: Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların gübreleri, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar.
- Bitkisel Atıklar: İnce kıyılmış sap, saman, mısır artıkları, şeker pancarı yaprakları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar. Biyogaz üretiminde hayvansal ve bitkisel atıklar tek başına kullanılabileceği gibi belli esaslar doğrultusunda karıştırılarak da kullanılabilir.

Çizelge 2.1. Metan gazı oranına göre madde analizi.

KAYNAK	BİYOĞAZ VERİMİ (litre/kg)	METAN ORANI (%)
SIĞIR GÜBRESİ	90-310	65
KANATLI GÜBRESİ	310-620	60
DOMUZ GÜBRESİ	340-550	65-70
BUĞDAY SAMANI	200-300	50-60
ARPA SAMANI	290-310	59
ÇAVDAR SAMANI	200-300	59
ÇİMEN	280-550	70
ATIK SU ÇAMURU	310-800	65-80
ZİRAAT ATIKLARI	310-430	60-70

Ülkemizde hayvancılık sektörü ağırlıklı olarak büyükbaş hayvancılıktır. Buna bağlı olarak küçük çapta yapılan metan gazı üretimleri sığır gübresi kullanılmaktadır. Sistemin temelinde günlük atık malzemenin hayvan miktarı ile orantılı olması gerekmektedir. 6-12 m³ kapasiteli aile tipi tesislerin kurulması 1-15 büyükbaş hayvanı olması gerekmektedir. Bu hacimde bir tesis kurulabilmesi için hayvanların günlük olarak gübre miktarı gübre tankını besleyebilecek düzeyde olması gerekmektedir. Yani; 12 m³ bir tesisin hacmi yaklaşık olarak 9000 kg su ve gübrenin karışımı demektir. Bu sistemi her gün besleyebilecek hayvan sayısına sahip olunmalıdır.

Seçmiş olduğumuz ham malzemenin (sığır gübresi) kuru madde oranını incelememiz gerekmektedir. Sığırın etlik ve sütlük olarak 2 tür hayvan bulunmaktadır. Sütlük sığırının günlük gübre oranı 32-35 kg oranında değişmektedir. Etlik büyükbaş hayvanlarda ise bu değer 23-26 kg arasında değişmektedir. Bu gübrelerin içerisinde hiçbir sıvı kalmayacak kadar kurutulması sonucunda elde edilen miktarın yaş gübreye oranı bize kuru madde oranını vermektedir.

$$\text{Kuru Madde Oranı} = \frac{\text{Yaş Gübre}}{\text{Kuru Gübre}}$$

(KMO) (YG) (KG)

Elde ettiğimiz bu kurutulmuş gübrenin içerisinde bulunan organik maddelerin analiz miktarları yaklaşık olarak %75-85 oranında olması bize metan gazındaki kaliteyi verir. (karbonhidratlar, yağlar, proteinler, lifler).

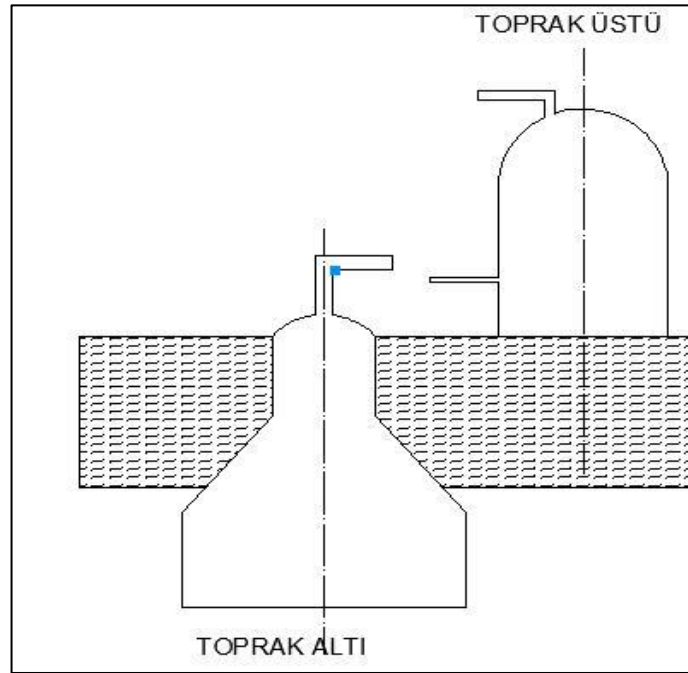
2.3.2. Fermantasyon Oluşumundaki Karışım

Gübre tankına koyacağımız ham malzemeyi tanka göndermeden önce bakterilerin yaşabilecek ortam oluşturmamız gerekmektedir. Bakterilerin gübrede yaşabilmesi için %55-65 arasında su oranına ihtiyaç bulunmaktadır. Aynı zamanda fermantasyona uğramış atığın gübre tankından rahat bir şekilde dışarıya atabilmemiz için gübre ve su belirli oranlarda karışıma ihtiyaç vardır. Yoğun karışım malzemelerin sistemden atılmasında pompa yardımı gerekecektir. Bu da sisteme ek bir maliyet sağlayacaktır.

Gübre tankının içine koyduğumuz maddenin üst yüzeyinde kabuk oluşmaması için ve alt üst edilerek fermantasyonu hızlandırmak suretiyle tank içine karıştırma işlemi yapılır. Bu sisteme dışarıdan müdahale edilebileceği gibi içerden otomatik sistemde kurulabilir. Yalnız dikkat edilmesi gereken husus tankın dışarıdan hava alınmamasını sağlamaktır.

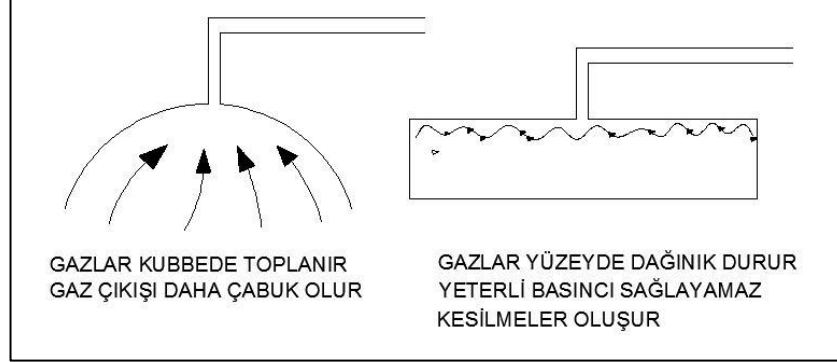
2.3.3. Gübre Tankının Konumu, Tasarımı Ve Seçimi

Gübre tankının tasarımında ve konumunda mevcut iklim koşulları göz önünde bulundurulmalıdır. Toprak altı gübre tankı ve toprak üstü gübre tankları olarak 2 konumda yapılabilmektedir. Toprak altındaki sıcaklık oranı 10-13 °C arasında değerler bulunmaktadır. Bu sıcaklık, ısı parametreleri değişimi fermantasyon hızında değişiklikler göstermektedir. Toprak üstü gübre tankı ise havanın gece ve gündüz ısı farkından dolayı dezavantaj olmuştur. Bu durumu lehimize çevirmek için güneş enerjili sistemler kullanılabilir.



Şekil 2.4. Gübre tankının konumunun belirlenmesi.

Gübre tankının tasarımında dikkat edilmesi gereken diğer bir husus tankın kubbesinin bombeli bir tasarıma sahip olması gerekmektedir. Tankın içindeki metan gazının o kubbeli kısımda toplanmasıyla metan gazının daha rahat alınarak depolanması sağlanır.



Şekil 2.5. Gübretankı tasarımı.



Şekil 2.6. Gübregaz tankı.

Gübre tankının seçiminde birçok malzemeden elden edebiliriz. En iyi proses üretimleri kontrolü taş duvar, krom, poliüretan veya cam elyaf (CTF) gibi malzemelerdir. Maliyet, ısı ve tadilat olarak düşünür isek cam elyaflı malzemeler biyogaz sistemleri için ideal malzemelerdir.

2.3.4. Günlük Besleme İle Metan Gazı Elde Edilmesi

Metan gazı elde edilmesi farklı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerden biri olan gübre tankını sadece günlük besleme ile oluşturulan fermantasyona uğramış gübrenin devamlılığını sağlayarak ve diğer bir bölümden yanmış gübrenin tahliyesi yapılarak

ve bunu periyodik zamanlarda uygulayarak bakterilerin tepkime sonucu çıkarmış olduğu metan gazını başka bir depoya taşınmasıdır.

Çizelge 2.2. Tavuk ve büyükbaş hayvan miktarı ve biyogaz miktarı.

İŞLETMEDEKİ HAYVAN SAYISI	UYGUN TESİS BÜYÜKLÜĞÜ(m ³)	ÜRETİLECEK BİYOGAZ MİKTARI
2500	15	17
5000	30	34
10000	60	68
20000	120	136
50000	300	340
5adet büyükbaş	5	2,5
10 adet büyükbaş	10	5

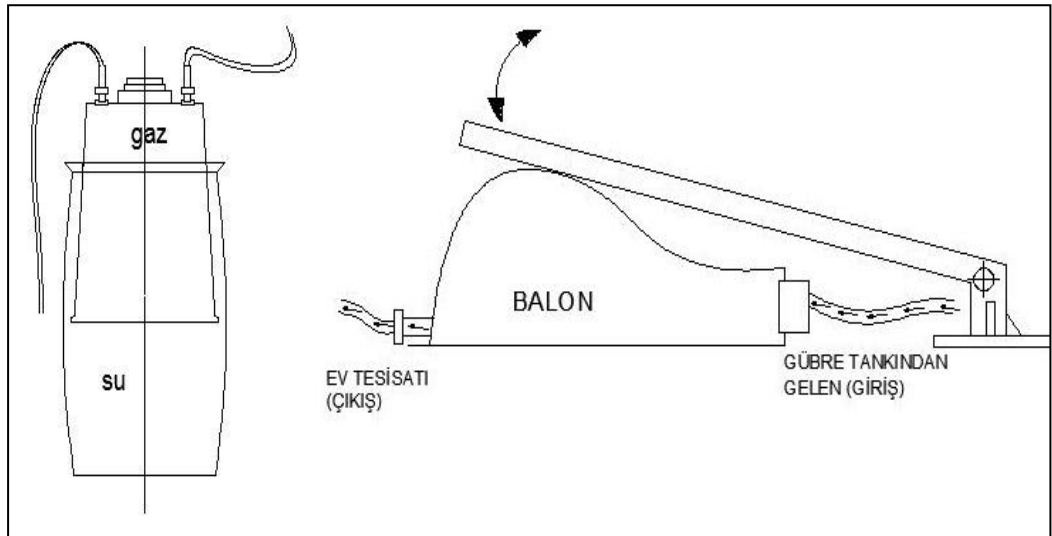
Bu yöntemde hiçbir karıştırma ve ısıtma yapmadan elde edilme işlemidir. Günde bir veya iki kere gübre ve su karışımı olan miktarı belirlenmelidir. Öncelikle içerdeki yanmış gübreyi dışarı çıkartılması ve ardından içeriye karışımı yapılmış gübreyi doldurmalıdır. Yapılan işlemde hidrolik bekleme süresi (HBS) ve organik bekleme hızı (OBH) orantılı olmalıdır. Reaksiyon süresi yaklaşık karışım ve ısı yapılmadan 35-40 gün arasında sonuç alınmaktadır. 1 haftalık sürede oluşan ilk gaz CO₂ gazıdır, bu gazı dışarı salınır ve geriye kalan 30-35 günde organik bekleme süresi (OBS) sonucunda asıl gaz olan metanı (CH₄) elde edebiliriz. Bu bekleme süresi ardından sistem çalışmaya başlar devamlılığı sağlamak ön gübre havuzu dediğimiz malzemelerin karışımı ve gerekli oranları burada ayarlandıktan sonra gübre tankına aktarıyoruz.

2.3.5. Metan Gazının Taşınması Ve Tesifat

Elde edilen gazın hava ile temasını önlemek amacıyla bir depo içerisinde su ile ayrılabilir. Aynı zamanda su basıncı ile sistemi üsten basılmasıyla gaza belli bir basınç kazandırır ve tesifat döşemesinde istenilen bölgeye taşınabilir.



Şekil 2.7. Biyogaz çıkış borusunun hareketli gaz depolama tankına gönderilmesi ve hava ile temasın kesilmesi.



Şekil 2.8. Metan gazının depolanmasına ve emniyeti.

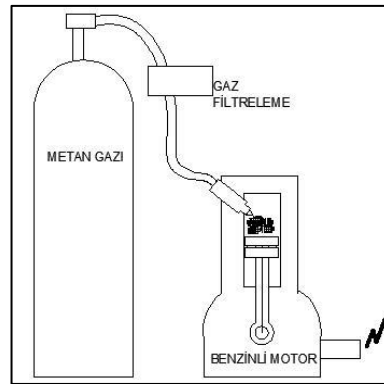
Metan gazının sıkıştırma işleminde gazın tek yönlü çalışması için tek yönlü çek valf kullanılmalıdır.

Metan gazını ihtiyaçlarımız doğrultusunda tam verimle çalıştırılabilmemiz için basınç kontrolü yapılmalıdır. Belli metreküpde gaz üretim hesabı yapılır. Gaz üretim

hızı ve gaz tüketim hızının dengelenmesinde yapılan hatada gazın çabuk tükenmesi söz konusudur. Konulabilecek bir sayaç ile ne kadar biyogaz tüketilebileceği kontrolü yapılır. Bu değerleri 1/3 oranında tutulmalıdır. Örnek olarak saate 20 m³ bir gaz tüketim hızına sahip olan bir evde akıcılığı sağlamak için bu değer üzerine gaz tankında kalacak değer ile basınç sağlayacak değerlerin toplamı kadar elimizde metan gazı bulunması gerekir.

2.4. BİYOGAZ TESİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Biyogaz tesisinden elektrik elde edebilmek ihtiyacımız olan elektrik miktarını kilowat cinsinden hesap etmemiz gerekmektedir. Kırsal kesimlerde yaşan bir ailenin temel ihtiyaçlarını giderebilmesi için (buzdolabı, aydınlanma, ısınma, televizyon) 2,5 kw – 3 kw elektrik motoruna ihtiyaç vardır. Piyasada bu değerlerdeki elektrik motorları dizel ve benzinle çalışan motorlar mevcuttur. Dizel motor ile çalışan jeneratörler biyogaz sistemimizden elde ettiğimiz gazı kullanıma uygun olmadığı için benzinli motorları tercih etmeliyiz. Benzinli motorlar piston sıkıştırma ve buji ateşlemeli olduğu için yakıt olarak benzin kullanılmaktadır. Piston sıkıştırması ile benzinin püskürtülmesi sonucunda oluşan patlamada krank biyel mekanizmasını çalıştırır. Burada yakıt borularına benzin yerine metan gazı verilmesi ile aynı sıkıştırma sonucu patlama oluşur ve jeneratör çalışmış olur. Böylelikle elde edilen metan gazına ilave bir sistem kurmadan sadece dönüşüm ile jeneratörü kullanarak elektrik elde ederiz.



Şekil 2.9. Metan gazından elektrik üretmek.

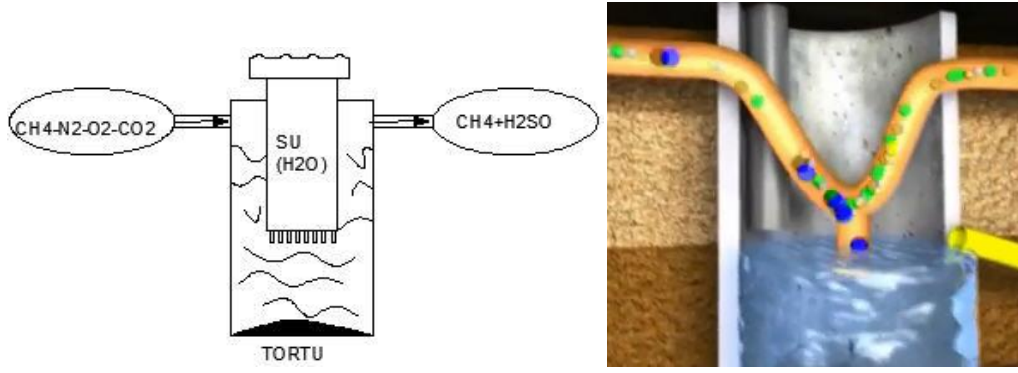
2.5. METAN GAZININ TEMİZLENMESİ

Doğal metan gazını sadece evde ocaklarda kullanılmasında gazın özel bir yöntemle temizlenmesine gerek yoktur. Çünkü metan gazı mavi alev şeklinde yanıcı bir gazdır. Metan gazını ısınma ve elektrik üretiminde kullanılacak olunursa metan gazını ek bir cihaza yönlendirilip farklı işlevde sorunsuz kullanılmasında dolayı gazı moleküllerinin temizlenmesi gerekmektedir. Üretilen metan gazının defürizasyona tabii tutulmasına ihtiyaç vardır. Sisteme ait bir temizleme işlemi şekil 2.9 gösterilmiştir. Elde edilen gazın verimli kullanılmasına olanak sağlar.



Şekil 2.10. Metan gazının temizlenmesi.

İçerisindeki karbondioksit ve hidrojen sülfürün belli kriterlerin altına düşürülmesi ve metan gazının yükseltilmesiyle elde edilen gazın kalitesi artırılır. Bunu gazı farklı yöntemlerle defürizasyona tutulabilir. Su kaynağı biyogazda kullanılarak püskürtme işlemine tabii tutulur. Su parçacıkları çözülmeyen metan gazı ile birleşerek aşağı çeker ve gaz akışı devam eder. Diğer bir yöntemde metan gazına çok az miktarda oksijen (O_2) ve su (H_2O) verilerek hidrojen sülfürün minimize ederek metan gazını ortaya çıkartılabilir.



Şekil 2.11. Çıkan gazın temizlenerek yanıcı gaz elde edilmesi.

2.6. BİYOGAZ TESİSİNİN MALİYETİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Bir biyogaz tesisinin kurulumu için öncelikle elimizdeki maddenin miktarı ve yıllık gübre oranını bilmemiz gerekmektedir. Bu miktarların besleme tam olarak devamlılığı sağlayabilmek için gübre tankının tasarımının yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda sistemi toprak üstü mü yoksa toprak altını olmasını gerektiğine karar vermemiz gerekmektedir. Toprak üstü yapacağımız zaman yaz ve kış aylarındaki bölgenin değişim miktarlarını analiz etmeliyiz. Sebebi hangi ısı miktarında ne kadar elde gaz elde edecek olmamız gerekir. Yaz aylarında toprak üstü ve toprak altında ısı değerleri farklı olacağından gübre tankını ısıtma söz konusu olacaktır. Gübre tankını hangi malzemeden imal edeceğini karar vermesi gerekmektedir. Gübre tankını ısıtmasını hangi sistemle sabit tutacaktır bunlar maliyette etki eden faktörlerdir.

Maliyete etki eden başka bir malzeme gazın depolanmasında kullanılacak olan yedek gaz depo tankıdır. Bunu da gerek piyasa şartlarında satılan plastik depo ya da ziraat malzemeleri satan yerlerde depo tanklarından temin edilebilir.

Tesisat için ise önemli olan faktör üretim sistemimizin yeri ve bu sistemden elde edeceğimiz gazı kullanacağımız yer arasındaki mesafedir. Bir doğalgaz tesisatı döşeme standartlarına uyularak güvenilir bir sistemi eve uyarlanarak kurulabilir. Kullanacağımız boruların boyu ve buna bağlı olarak çapları piyasa şartlarında standartlara uygun satışı temin edilebilir.

Sistemde diğer önemli bir faktör olan doğalgaz temizleme aparatıdır. Gazın temizlenmesi bölümünde anlatıldığı gibi verimli bir gaz elde edebilmek ve bu gazı evde ısınma, ocakta kullanma gibi farklı yerlerde kullanmaya elverişli bir ortam yaratılabilir. Bu malzemeyi de piyasa şartlarında tedarik edilebilir. Maliyete etki eden önemli bir etkidir.

Sistemimizi hiçbir şekilde dışarıdan başka bir enerji ile besleme yapmak istemiyorsak ve malzemenin gübre tankının aktarılması ve gübre tankından tahliye edilmesi, ısıtma sisteminin kurulması gibi enerji gereken kurulum yapılabilmesi için güneş enerji sistemlerinden yararlanılabilir. Piyasa şartlarında hücrelere bölünmüş veya panel halinde satılan güneş enerjili sistemler mevcuttur. Maliyette bir kere yapılır ama devamlılığı sağlayan önemli bir gelişimdir. Böylelikle sistemde hiçbir şekilde dışarıdan enerji takviyesi yapmadan kendi kendini besleyen ve enerji üreten bir biyogaz tesisi kurulmuş olacaktır.

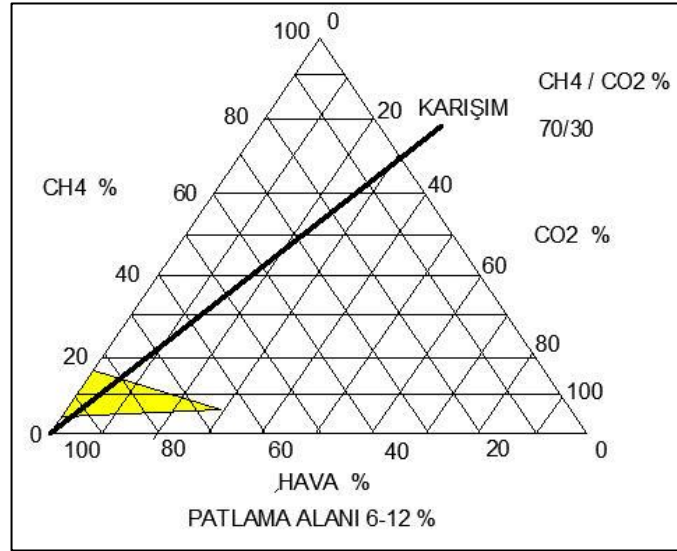
Bir biyogaz tesisinden elektrik üretmek için maliyette bir 3 kw jeneratör alınması gerekir. Piyasada yaklaşık değeri 600 TL-1500 TL arasında değişen bu jeneratörlerden elde edilen elektrik bir evin buzdolabı, televizyon ve 3 adet 60 Amperlik aydınlanma işlevini 5 – 6 saat süre ile devamlılık sağlar. Biyogaz sistemimize ek maliyet getirmesine karşın alacağımız hizmet, bir dağ evinde veya şehirden uzak kırsal yerleşim koşullarında yaşamını idame ettiren kişiler için çok küçük bir maliyettir. Ayrıca aylık oranda kullanılan elektrik miktarını maliyete oranlar ise 3 yıllık bir sürede elektrikten kar elde edilebilir. 1 m³ bir biyogazın diğer enerjilere karşılığı Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Biyogaz karşılığı diğer gazlar.

1 m ³ BİYOGAZ	CİNSİ
	0,66 litre MOTORİN
0,75 litre BENZİN	
0,25 m ³ PROPAN	
0,2 m ³ BÜTAN	
0,85 kg KÖMÜR	

2.7. BİYOGAZ SİSTEMLERDE EMNİYET VE GÜVENLİK

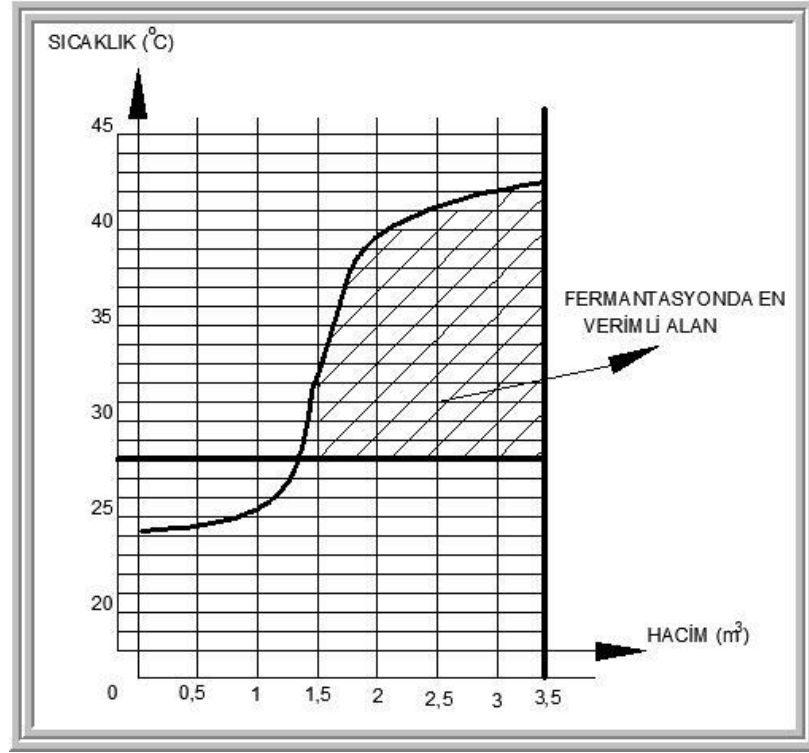
Biyogazın genel yapısı incelendiğinde %50 - %60 arasında metan (CH₄), %35-%40 arasında karbondioksit (CO₂) ve hidrojen sülfür (H₂S) bulunmaktadır. Bu gazlar patlayıcı özelliğe sahip olan bileşimlerdir. Metan metreküp başına 0,71 kg yoğunluğa sahiptir. Hava bileşenleri, metreküp başına 1,29 kg'dır. Metan yukarı doğru hareket eden bir gaz iken hava yoğunluğunun ağırlığından dolayı aşağıda kalır. Üretim noktasında hava sızıntısı, aşırı ısınma veya bir kıvılcımda sıkışan metan gazında patlama meydana gelmektedir.



Şekil 2.12. Biyogazpatlama sınırları.

2.8. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN BİYOGAZ SİSTEMİ

Ev tipi biyogaz kurulumunda geceleri hava sıcaklığının düşmesine bağlı olarak fermantasyon hızında düşüş meydana gelmektedir. Buda bakterilerin zamana bağlı olarak gaz üretimini etkilemektedir. Bu olayın önüne geçmek için gübre tankını uygun mezofilik (25-40 °C) ortamda tutulması gerekmektedir.



Şekil 2.13. Sıcaklığa göre fermantasyon hacmi.

İzmir ilinde gündüz sıcaklığı ortalama 34 °C olurken bu değer geceleri 27°C düşmektedir. Fermantasyonda azalma bizim metan gazını elde etmemizi engellemektedir. Bu dezavantajı hiçbir mali enerji kullanmadan yine alternatif enerji sistemlerini kullanarak lehimize bir durum getirmek hedeflenmiştir. Gübre tankına rezidans sistemi kurarak ısınma sağlanabilmektedir. Bu rezidans ısıtmada 12 V 100 Ah akü kullanılmaktadır.

BÖLÜM 3

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. DENEYSEL ÇALIŞMA FİZİBİLİTESİ

Hayvansal atıklardan gaz elde etme işlemi çeşitli parametrelerin önemli rol oynadığı etkendir. Bu işlemler şu şekilde belirtebiliriz;

- Sıcaklık
- Karıştırma
- Ham madde cinsi ve miktarı
- Bekleme süresi
- Kuru madde miktarı

Bu faktörler üzerinde literatür çalışması yapılmasına müteakip çalışmalarında biyogaz sistem beş ana kısımdan meydana gelmiştir.

3.2. PROJE BİLGİLERİ

Projenin amacı; hayvansal (büyükbaş ve tavuk) atıklardan anaerobik fermantasyon işlemi ile biyogaz elde edilmesi, böylelikle hayvansal atıkların değerlendirilmesi ve fermantasyona uğramış atıkların bitkilerin gelişimine katkı sağlanmasıdır.

Bu amaçla kurulmuş olan biyogaz sistemi, İzmir Büyükşehir Belediyesi, Urla ilçesinin Balıklıova köyünde gerçekleştirilmiştir.

3.3. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILACAK MATERYAL TÜRÜNÜN VE MİKTARININ BELİRLENMESİ

Deneyleerde kullanılan hayvansal atıklar;

- Büyükbaş hayvan gübresi
- Tavuk gübresi

Çizelge 3.1. Hayvan miktarına ve cinsine göre elde edilen atık miktarı.

ATIK CİNSİ	AĞIRLIK (GÜBRE/GÜN)	HAYVAN MİKTARI	YAŞ MİKTAR (KG/GÜNDE)	YAŞ MİKTAR (KG/YILDA)
BÜYÜKBAŞ GÜBRESİ	25 kg	7	175 kg	63875 kg
TAVUK GÜBRESİ	0,10 kg	400	40 kg	14600 kg

Hayvansal atıkların saklanma koşulları fermantasyonda oluşacak gaz üretimine etki etmektedir. Bu sebepten dolayı gübreler diğer yabancı cisimler ile karışmamasına dikkat edilmeli ve çevreden gelen atık suların gübre ile teması önleyici bir mekânda muhafaza edilmelidir. Altta kalan gübrelerin kendi içerisinde yanmaması için günde birkaç kez kürek yardımı ile alt üst edilmelidir.

3.4. REAKTÖR TANKININ BELİRLENMESİ

Reaktör tankının boyutlarının seçiminde elimizde oluşan günlük ham madde miktarını göz önünde bulundurularak tercih yapıldı. Günlük meydana gelen 350 litre karışım ve 150 litrelik gaz çıkış hacmi olan bir tank seçimi yapıldı. Bu hesaplamamızda 500 litrelik polietilen depo temin edildi. Bu deponun teknik özellikleri;

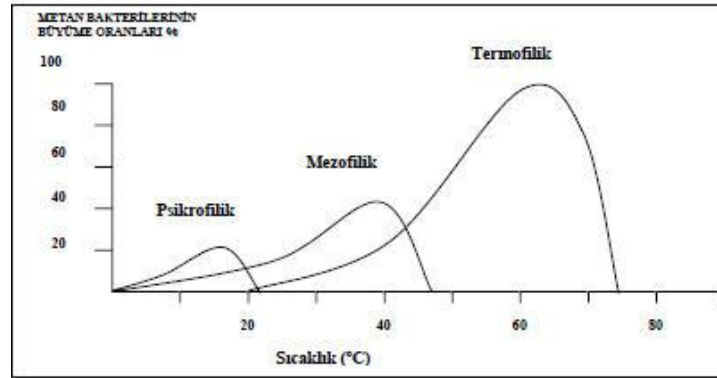
Çizelge 3.2. Reaktör deposunun görünümü ve teknik verileri.



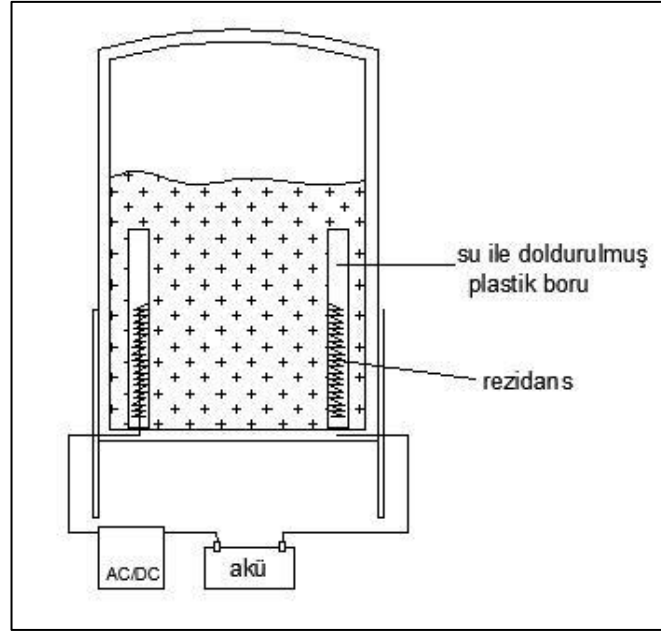
HACMİ	GENİŞLİK	YÜKSEKLİK	ET KALINLIĞI
500 litre	65 cm	155 cm	2 mm

3.5. REAKTÖRÜN ISITILMASI

Reaktör tankının ısıtılması, fermantasyonun tam verimle olması sağlanır. Bakterilerin içerisine dört adet ½” plastik boru yerleştirildi. Plastik boruların içerisine su doldurularak rezidans ile ısıtılması sağlandı. Deneyler mezofilik ortam sıcaklığında (25 °C - 40 °C) İzmir ilinin sıcaklık durumu göz önünde alınarak yapıldı.



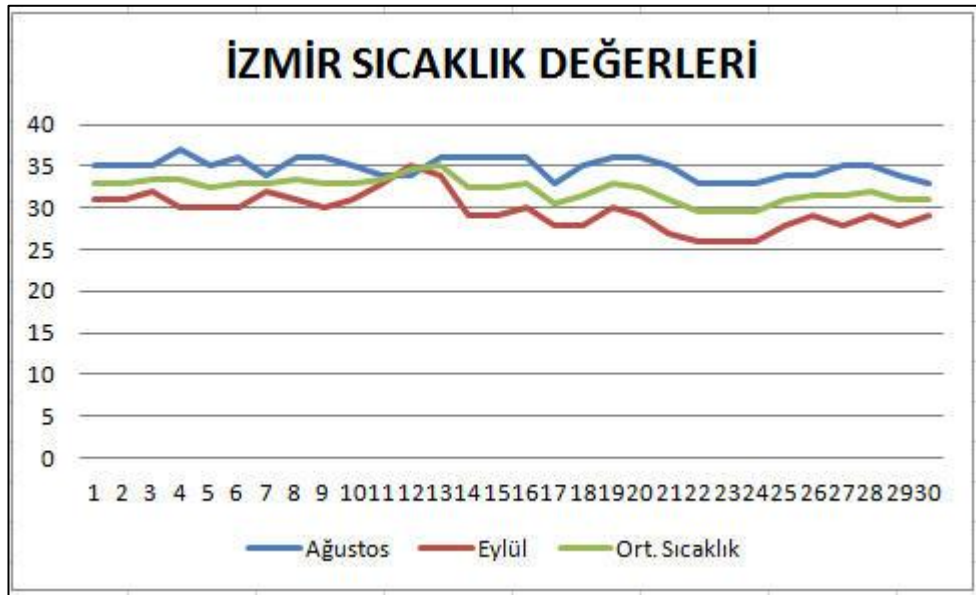
Şekil 3.1. Psikrofilik, mezofilik ve termofilik metan bakterilerinin büyüme oranları (Klein 2002).



Şekil 3.2. Reaktörün ısıtılması.

3.6. İLİN İKLİM ÖZELLİKLERİ

Yapılan deneyler İzmir ilinde Ağustos 2013 ve Eylül 2013 yılında gerçekleştirildi. İlin coğrafi konumu bakımından meteoroloji istasyonunda yapılmış olan günlük sıcaklık değerleri Şekil 3.2’de verildi.



Şekil 3.3. İzmir ilinin sıcaklık değerleri.

3.7. KARIŞIMIN HAZIRLANMASI VE BİYOGAZ ELDE EDİLMESİ

3.7.1. Büyükbaş Hayvan Atığının Hazırlanması Ve Biyogaz Elde Edilmesi

Karıştırma işlemi yapılacak kaba günlük olarak elde ettiğimiz 175 kg büyükbaş hayvan gübresi ile su kilogram bazda birebir oranda karıştırılır(Çizelge1.1). Karışımda oluşan topraklar ezilir. 350 litre homojen gübre ve su karışımı elde edilir. Karıştırma kabının kapasitesi kantarda tartılarak 150 litre olarak ölçüldü. Bu homojen karışım reaktör kabına imal edilen el pompası ile basıldı. 500 litrelik reaktör kabında 150 litre kapasiteli boş hacim bırakıldı. Bu hacim oluşan gazların toplanma bölgesidir. Aktarma işlemine müteakip reaktör tankının giriş ve çıkış kapakları kapatıldı. Reaktörde oluşan ısı kaybını kontrol edebilmek için sıcaklık ölçer kullanıldı.



Şekil 3.4. Sıcaklık ölçer.

Sıvı büyükbaş hayvan gübresinin HBS (Hidrolik Bekleme Süresi) hesaplanması;
 $HBS = \text{REAKTÖR HACMİ (m}^3) / \text{GÜNLÜK DEBİ (m}^3/\text{gün)}$

$$HBS = 5 \text{ (m}^3) / 5/20 \text{ (m}^3/\text{gün)}$$

Hesabından 20 gün olarak (Çizelge1.2) değerlendirildi. Biyogaz hesaplamalarında kullanılan farklı atıklardan elde edilecek ortalama biyogaz üretim miktarı ile ilgili aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Atık türlerine göre ortalama biyogaz üretim miktarları.

ATIK CİNSİ	ORTALAMA BİYOGAZ ÜRETİM MİKTARI (lt/kg) OKM
BÜYÜKBAŞ GÜBRESİ	300
TAVUK GÜBRESİ	390

Kullanılan atık miktarlarından elde edilecek biyogaz miktarları hesabında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Werner et al., 1989).

$$Gy = OKM * mGy$$

$$OKM \text{ atık miktarı} * KM \text{ yüzdesi} * OKM \text{ yüzdesi}$$

Burada;

Gy: Günlük üretilen biyogaz ($m^3/gün$),

OKM: Organik kuru madde miktarı (t OKM/gün),

mGy: Organik kuru madde başına ortalama spesifik gaz üretimidir (l/kg OKM)

Buna göre her bir atık türünden elde edilecek biyogaz miktarları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan atık miktarları, kuru madde yüzdeleri ve organik kuru madde yüzdeleri Çizelge 3.4'den, organik kuru madde başına ortalama spesifik gaz üretimleri ise Çizelge 3.3'den alınmıştır.

Çizelge 3.4. Tesiste kullanılacak atıkların özellikleri.

ATIK CİNSİ	MİKTAR (ton/yıl)	MİKTAR (ton/gün)	KM (%)	OKM (%)	KM (ton/gün)	OKM (ton/gün)	C (%)	N (%)
TAVUK	0.132	0,4	71,92	37,10	3.842	1,425	40,32	0,217
SIĞIR	59	0,175	8,44	75,39	0,157	0,119	41,38	0,002

Büyükbaş hayvan gübresi atığı hesabı;

$$\text{OKMb} = 0,175 * 0,844 * 0,7539 = 0,011 \text{OKM/gün}$$

$$\text{Gyb} = 0,011 * 300 = 3,33 \text{ m}^3/\text{gün}$$

3.7.2. Tavuk Atığının Hazırlanması Ve Biyogaz Elde Edilmesi

Karıştırma işlemi yapılacak kaba günlük olarak elde ettiğimiz 40 kg tavuk gübresini beş gün süre ile muhafaza edilir. 5'inci günün sonunda 200 kg tavuk gübresi toplanır. Gübre ile su 2/3 oranında karıştırılır.(Çizelge1.1). Karışım bulamaç haline getirilir.. 332 litre homojen gübre ve su karışımı elde edilir. Karıştırma kabının kapasitesi kantarda tartılarak 150 litre olarak ölçüldü. Bu homojen karışım reaktör kabına imal edilen el pompası ile basıldı. 500 litrelik reaktör kabında 168 litre kapasiteli boş hacim kaldı. Bu hacim oluşan gazların toplanma bölgesidir. Aktarma işlemine müteakip reaktör tankının giriş ve çıkış kapakları kapatıldı. Reaktörde oluşan ısı kaybını kontrol edebilmek için sıcaklık ölçer kullanıldı.

Tavuk gübresi atığı hesabı;

$$\text{OKMb} = 0,040 * 0,7192 * 0,3710 = 0,0106 \text{ tOKM/gün} \quad (3.1)$$

$$\text{Gyb} = 0,0106 * 390 = 4.16 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ beş günde elde edilen miktar.}$$

$$4,16 \text{ m}^3/\text{gün} / 5 \text{ gün} = 0,83 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ elde edilir.}$$

BÖLÜM 4

SONUÇLAR

Bu çalışmada tavuk gübresinin ve inek gübresinin anaerobik çürütme reaktörleri ile biyogaz üretim potansiyeli incelenmiştir.

Çalışmalar boyunca ortam sıcaklığı ve elektrikli ısıtıcı içerisindeki suyun sıcaklığı sürekli olarak ölçülmüştür. Yurdumuzdaki tavuk çiftliklerinde ve inek çiftliklerinde yaklaşık olarak yıllık yaş tavuk atığı üretimi 16.5 milyon ton yaş inek atığı 28,7 milyon ton seviyesindedir. Buradan elde edilecek biyogaz birleşik ısı güç üretim tesisinde değerlendirilerek uydu kentlerin, köylerin veya küçük bir yerleşim merkezinin enerji ihtiyacı karşılanabilir. Anaerobik ortamda ayrışmasından kalan tamamen hijyenik fermente olmuş gübre depolanıp, gerekli olduğu zaman tarlaya sıvı formda uygulanabileceği gibi granül hale getirilebilir veya toprak havuzlarda doğal kurumaya bırakılabilir.

Deneme sonucuna göre; İzmir Urla koşullarında 7 adet sığır ve 400 adet tavuk bulunan sürekli beslemeli biyogaz fermantasyon tankı sıcaklığının 33-36 °C'de tutulması sonucu biyogaz tesisinde aralıksız biyogaz üretilebileceği görülmüştür.

Yalnız havaların soğuk olması durumunda fermantasyon tankı yeterince ısıtılmadığı zamanlarda sıcaklık düşmekte buna bağlı olarak da biyogaz üretimi düşmektedir.

Üretilen biyogaz miktarı; fermantasyon sıcaklığı direkt etkili olmaktadır. Büyükbaş hayvan atıklarında 5 m³ hacimli fermantasyon tankına sürekli 350 lt sulu gübre verilmektedir. Bu şartlarda fermantasyon ortalama sıcaklık 34 °C üretilen biyogaz miktarı 6,33 m³/gün olarak sağlanmıştır.

Çizelge 4.1. Büyükbaş hayvana göre üretim.

KABULLER	DEĞERLER
FERMANTÖR SICAKLIĞI	34°C
ÜRETİLEN GÜBRE MİKTARI	25 kg (yaş)/gün/hayvan
GÜBRENİN KATI MADDE ORANI	%20
HİDROLİK BEKLEME SÜRESİ	22 Gün
GÜBRENİN YOĞUNLUĞU	350 kg/m ³
TESİSE VERİLEN GÜNLÜK SU MİKTARI	150 kg (% 20 katı maddenin sağlanması için gerekli su miktarı)
TESİSİN HACMİ	$(32.5)^2 \times 3.14 \times 155 / 1000 = 5,14 \text{ m}^3$

Tavuk gübresinde 332 litre sulu gübre 34 °C sıcaklıkta 5 günlük periyotlarla verilmiş ve günlük ortalama 0,83 m³ /gün sağlanmıştır.

Hayvan atıkları için çevresel açıdan kabul edilebilir bertaraf yöntemleri büyük ölçekte biyokütle-enerji dönüşüm sistemi olarak dikkate alındığında bu atıklardan enerji elde edilmesi ve ayrıca yan ürün şeklinde besin değeri olan gübre elde edilmesi de mümkün olmaktadır.

Biokütlenin biyogaza dönüştürülmesi evsel kullanımlarda olduğu gibi, kojenerasyon tekniğiyle elektrik ve ısı üretimi de büyük bir ekonomik değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra biyogaz üretimi sonucunda sıvı formda fermente organik gübre elde edilmektedir. Elde edilen gübre tarlaya sıvı olarak uygulanabilir, granül haline getirilebilir ve/veya doğal kurumaya bırakılabilir. Fermantasyon sonucu elde edilen organik gübrenin temel avantajı anaerobik fermantasyon sonucunda patojen mikroorganizmaların büyük bir bölümünün yok olması ve fermantasyon sonucu elde edilen organik gübrenin daha verimli olmasıdır. Böylece tavuk gübresinin anaerobik biyoteknoloji ile değerlendirilmesi, çevre kirliliğini azaltıp çevre dostu enerji üretimini destekler.

Yeni enerji kaynağı arayışında enerjinin ucuz ve kolay elde edilebilir ve çevre dostu olması çok önemlidir. Biyogaz üretim tesislerinin ilk yatırım giderlerinin yüksek olmasına karşın kısa süreler sonunda bu masrafları karşılanarak karlı duruma gelmesi mümkündür.



Şekil 4.1. Biyogaz üretiminde hazırlıklar.



Şekil 4.2. Tankının görünümü.



Şekil 4.3. Tank izolasyonu.



Şekil 4.4. Isıtıcı borular.



Şekil 4.5. Basınç göstergesi.



Şekil 4.6. Basınç emniyet supabı.



Şekil 4.7. Fermantasyon giriş ve çıkış borusu.



Şekil 4.8. Son gübre boşaltma havuzu.



Şekil 4.9. Depolama tankından gaz yönlendirilmesi.



Şekil 4.10. Gaz çıkışı.



Şekil 4.11. Fermantasyona uğramış atığın bahçede kullanılacak sıvı.



Şekil 4.12. Tesisin çevre görünümü.



Şekil 4.13. Atıksıvı gübrelerin bahçede kullanılması.

KAYNAKLAR

Bilir, M., Deniz, Y., Karabay, N., Bilgin, N., “Ankara Koşullarında 12 m³ Kapasiteli Toprak su Tip A Biyogaz Tesisinde Sığır Gübresinin Biyogaz Verimi”, *T.C. Topraksu Genel Müd., Merkez Toprak su Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 101, Ankara, 58-62, 1984.

Bolu, A., “Eskişehir Koşullarında 13 m³ Kapasiteli Biyogaz Tesisinin Gaz Verimi”, *Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, 205, 13-28,1984.

Çeker, H., B., “Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı ve Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bil. Ens.*, 33-42, 1997.

Çukurova, R., S., “Scale Effect of Modelling on Biogas Generation”, Master of Science Thesis, *Boğaziçi University School of Engineering*, 76-82, 1982.

Gündoğdu, E., “Biyogaz Sistemlerinde Güneş Enerjisinden Yararlanma Yolları”, Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bil. Ens.*, 31-39 ,1991.

Itakura, Methane Fermentation Systemin Agriculturaland Livestock Wasten” *Alternative Energy Sources IV*, 345-350, 1981.

Karaman, S., Hayvansal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunları ve Çözüm Olanakları, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9, 2006

Kaya, O., “Yemek Atıklarından Biyogaz Üreten Sistemin Tasarım ve İmali” Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bil. Ens.*, 64-75, 1999.

Kobyay, M., “Sığır Gübresinden Biyogaz Üretimi ve Erzurum Koşulları İçin Bir Biyogaz Tesis Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 42-49, 1992.

“Merkezi Isıtma, Yapı Endüstri Eğitimi Kurulu, Construction Industry Training Board (CITB)”, *Ajans -Türk Matbaacılık Sanayi A.Ş.*, Ankara, 1995.

Nalbant, M., “Biyogaz ve Kullanımı”, *2. Uluslar arası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu*, Ankara, 33-85, 1984.

Taner, F., Ardıç, İ., “Asidik Önışlemlerin Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretim Verimine Etkileri”, *V.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi*, 431 – 442, Ankara, 2003.

Uyarel, A., Y., Öz, E., S., “Güneş Enerjisi ve Uygulamaları”, *Emel Matbaacılık Sanayi*, Ankara, 158-176, 1987.

Yalçın, K., “Klasik Borulu Tip Güneş Kolektörü ile Prizmatik Tip Güneş Kolektörünün Enerji Verimliliği Açısından Deneysel Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **G.Ü. Fen Bil. Ens.**,112-134,2002.

Yılmaz A., “Güneş Enerjisi ile Çalışan İçten Isıtımlı Fermantasyon Tankında Biyogaz Üretimi” **Yüksek Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**,76-98, 1998

Yılmaz, S., “Biyogaz Üreteçlerinde Isı Borulu Güneş Kolektörü İle Enerji Planlaması”, Doktora Tezi, **G. Ü. Fen Bil. Ens.**,94-118, 1996.

ÖZGEÇMİŞ

Okan GONÇ 1987 yılında İzmir’de doğdu; ilk ve orta öğretimini İzmir’de tamamladı. Lise eğitimini 2001 yılında Ödemiş Lisesinde başladı. 2004 yılında Urla Lisesinde başarılı bir şekilde bitirdi. 2004-2006 yılında C.B.Ü. Akhisar M.Y.O. derece ile bitirdi. 2006 yılında Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesini kazanarak lisans eğitimine başladı ve 2009 yılında Karabük Üniversitesi Makine Tasarım Öğretmenliğinden mezun oldu. Meslek hayatında 1 yıl Urla Çok Programlı Meslek Lisesinde öğretmenlik yaptıktan sonra Kara Kuvvetleri Komutanlığı Astsubay okulunu kazanarak 2010 yılında mezun oldu. 2011 yılında Karabük Üniversitesinde Enerji Sistemleri Mühendisliğinde yüksek lisansına başladı ve 2014 yılında başarılı bir şekilde mezun oldu.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Oğuzlar YapıB blok kat: 5 D:12

MALKARA/TEKİRDAĞ

Tel : (543) 551 45 86

E-posta : okangonc_35@hotmail.com