

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

**YÖRESEL KAYNAKLARLA BİYOGAZ ÜRETİMİ
İÇİN DENEYSEL ÇALIŞMA**

Abdulcelil BUĞUTEKİN
(141101720000156)

736 154

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
MAKİNE EĞİTİMİ PROGRAMI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK

İSTANBUL-2003

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL VE ONAY BELGESİ

**YÖRESEL KAYNAKLARLA BİYOGAZ ÜRETİMİ İÇİN DENEYSEL
ÇALIŞMA**

Abdulcelil BUĞUTEKİN 'in YÖRESEL KAYNAKLARLA BİYOGAZ ÜRETİMİ
İÇİN DENEYSEL ÇALIŞMA isimli Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri
Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı
ile oluşturulan jüri tarafından MAKİNA EĞİTİMİ Anabilim Dalı YÜKSEK LİSANS Tezi
olarak Kabul edilmiştir.

Danışman : (Prof..Dr. A. Korhan BİNARK) (Marmara Ün.).....

Üye : (Prof..Dr. Osman ISIKAN) (Marmara Ün.)

Üye : (Prof..Dr. Neşet KADIRGAN) (Marmara Ün.)

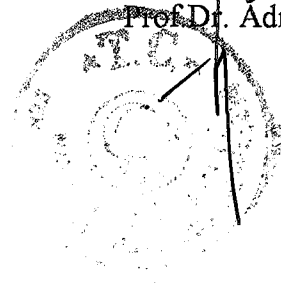
Tezin Savunulduğu Tarih : 20.06.2003.....

ONAY

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 21.7.2003..... tarih ve 2003/114-38
sayılı kararı ile 'ın.....Anabilim Dalı
.....Programında Y.Lisans (MSc) derecesi
alması onanmıştır.

Marmara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü

Prof.Dr. Adnan AYDIN



ÖNSÖZ

Ülkemizde 1980'li yıllarda alternatif enerji arayışları içinde gündeme gelen biyogaz, yaygın olmamak üzere 2000 yılından itibaren bazı bölgelerimizde tezekten elde edilerek evsel kullanıma yönelik uygulamalarla gündeme girmiştir. Tezeğin fermantasyonu sonucu elde edilen biyogaz ufak çapta da olsa yemek pişirmede, aydınlatma ve ısıtmada kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Laboratuvar Tipi Biyogaz üretim cihazını imal etmek ve yöresel kaynaklardan elde edilen farklı gübre ve kullanılan su çeşitlerini karşılaştırmaktır.

Dört yıllık lisans ve yüksek lisans da beni yetiştiren ve bu projenin gerçekleştirilmesinde büyük sabır gösteren Sayın Prof. Dr. Osman ISIKAN , Sayın Prof. Dr. A. Korhan BİNARK ve Vatan Kimyada çalışan Hayrettin AYDOĞDU'ya en içten dileklerimle teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Haziran, 2003

A. Celil BUĞUTEKİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	VI
ABSTRACT	VIII
YENİLİK BEYANI	X
SEMBOL LİSTESİ	XI
KISALTMALAR	XII
ŞEKİL LİSTESİ	XIII
TABLO LİSTESİ	XV
 BÖLÜM I	
I.1. GİRİŞ	1
I.2. AMAÇ	2
 BÖLÜM II	
II.1. BİOGAZ	3
II.2. BİOGAZIN ELDE EDİLMESİ	3
II.2.1 Kesik Besleme Metodu ile Biogaz Üretimi	3
II.2.2. Sürekli Besleme Metodu ile Biogaz Üretimi	4
II.2.2.1. Tesisin Nerede Kurulacağı	4
II.2.2.2. Biogaz Tesislerinde Kapasite Tayini	4
II.2.2.3. Fermantasyon Tankının Doldurulması ve Sürekli Besleme ile Bir Biogaz Tesisinin Çalıştırılması	5
II.3. BİOGAZIN KULLANIM YERLERİ	5
II.4. BİOGAZ TESİSİNDEN ÇIKAN GÜBRENİN DEĞERİ VE İHTİYAÇ MİKTARI	6

II.5. BİOGAZIN BİYOKİMYASAL OLUŞUMU	7
II.6. BİOGAZ ÜRETİM TESİSLERİ	9
II.7. BİOGAZ TESİSİNİN YAPI ELEMANLARI	9
II.8. BİOGAZ TESİSLERİNDE ENERJİ GEREKSİNİMİ	11
II.9. BİOGAZIN DEPOLANMASI	12
II.10. DEĞİŞİK UYGULAMALAR	13
II.10.1. Aycıçeği Tablasından Biogaz Üretimi	13
II.10.2. Samandan Biogaz Üretimi – Ön Hidrolizin Etkisi	13
II.10.3. Biogaz Fermantörlerinin Enerji Kayıplarının Belirlenmesi	13
II.10.4. Biogazın Motorlara Uygulanabilirliği	14
II.11. BİOGAZ VE YARARLARI	15
II.12. BİOGAZIN BİLEŞENLERİ VE ÖZELLİKLERİ	15

BÖLÜM III

DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE BİOGAZ POTANSİYELİ.	17
III.1. BİOGAZ ÜRETİCİ ÜLKELERE TOPLU BAKIŞ	17
III.2. ÜLKEMİZİN BİOGAZ POTANSİYELİ.....	17
III.3. ÜLKEMİZDE BİOGAZ UYGULAMALARI	18
III.4. BİOGAZ ÜRETEÇLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ	23

BÖLÜM IV

LABORATUVAR TİPİ BİOGAZ ÜRETİM CİHAZI	25
IV.1 Cihazın Kısımları	25
IV.1.1 Gübre İşleme Kısımı.....	26
IV.1.1.1. Otomatik Termostat	28
IV.1.1.2 Karıştırıcı Motor	29
IV.1.1.3 Gübre Boşaltma Vanası	29
IV.1.1.4 Su Ekleme Musluğu	30
IV.1.1.5 Termometre I.....	30

	<u>Sayfa No.</u>
IV.1.1.6 Gübre İşleme Tankı	30
IV.1.1.7 Gazometre Tankı I	31
IV.1.1.8 Termometre II	32
IV.1.1.9 Barometre I.....	32
IV.1.1.10 Kollektör	32
IV.1.1.11 Mini Gaz Sayacı	33
IV.1.1.12 Rezistans	35
IV.1.2 Gazı Depolama Kısımı	36
IV.1.2.1 Gazometre II	37
IV.1.2.2 Barometre II.....	37
IV.1.2.3 Mini Gaz Pompası.....	38
IV.1.2.4 Gaz Çekvalfı.....	39
IV.1.2.5 Yüksek Basınç Deposu	39
IV.1.2.6 Barometre III	39
IV.1.2.7 Mini Gaz Pompası Kumanda Şalteri	40
IV.1.2.8 Emniyet Tüpleri	41
IV.1.3 Gaz Yakma Kısımı.....	41
IV.1.3.1 Mini Gaz Ocağı	42
IV.1.3.2 Gaz Hortumu	42
IV.2. Laboratuar Tipi Biyogaz Üretim Cihazının Çalışma Prensibi .	43
IV.2.1. Cihazın Çalışması	43
IV.3. Van Gölü ve Kimyasal özellikleri.....	44
IV.4. Laboratuar Tipi Biyogaz Üretim Cihazının Ekonomik - Maliyet Analizi	45
BÖLÜM V	
DENEYLER.....	46
V.1.Büyükbaş Hayvan - Normal Su Deneyi	47
V.2.Büyükbaş Hayvan - Van Gölü Su Deneyi	47

	<u>Sayfa No.</u>
V.3.Küçükbaş Hayvan - Normal Su Deneyi	48
V.4.Küçükbaş Hayvan - Van Gölü Su Deneyi	48
V.5.Tavuk Gübresi - Normal Su Deneyi	49
V.6.Tavuk Gübresi - Van Gölü Su Deneyi	49
V.7.Tavuk Gübresi - Normal Su Deneyi II	50
V.8.Tavuk Gübresi - Van Gölü Su Deneyi II.....	50
 BÖLÜM VI	
SONUÇLAR	51
VI.1 Yapılan Deney Çeşitleri I	52
VI.2 Yapılan Deney Çeşitleri II.....	53
VI.3 Deney Çeşitleri III.....	54
 BÖLÜM VII	
TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME	57
 KAYNAKLAR.....	59
 EKLER.....	63
 ÖZGEÇMİŞ	68

ÖZET

Ülkemizde özellikle son yıllarda yeniden başlayan enerji açığı, klasik enerji kaynaklarının yanında alternatif enerji kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır. 1970’li yıllardan itibaren ülkemizdeki üniversitelerin Ziraat, Mühendislik ve Makine Fakülteleri ile Devlet Üretim Çiftliklerinde biogaz konusunda çok sayıda çalışma yapılarak, tesisler kurulmuş; bu arada değişik uygulamalara da gidilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; daha önce yapılan çalışmalar ve kazanılan tecrübeler ışığında, Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü Laboratuvar ve Atölyelerinde, laboratuvar tipi bir biogaz üretim cihazını imal etmek ve cihaz üzerinde orijinal deneyler yapmaktır. Çalışmanın ilk safhasında geniş bir literatür taraması yapılarak; dizayn edilecek cihazın mekanik, ısı ve pompa hesapları yapılmıştır. Müteakip safhada iki ana parçadan oluşan cihazın imalat ve montajı yapılmıştır. Cihazın birinci ana parçası olan gaz üretim bölümünde, gübrenin konulduğu gaz üretim tankı, gübreyi homojen ayırıştırmak için bir bulamaç karıştırma aparat ve motoru, 5-39°C sıcaklıkta gübrenin fermante olabilmesi için bir otomatik rezistans, gaz üretim tankının içersindeki gazın ve gübrenin sıcaklığını ölçmek için bir termometre, üretilen gazın basıncını ölçmek için bir barometre, gübrenin su ihtiyacını karşılamak için su ekleme borusu, gaz üretim tankının içersindeki gazın miktarını ölçmek için gaz sayacı, üretilen gazın gazometreye alınması ve gazın geri dönmemesi için gaz çıkış borusu ve çekvalf, gaz üretim tankında üretilen gazın boru ve sayaçdan geçtikten sonra toplandığı depo olan gazometre bulunmaktadır. Cihazın ikinci ana parçası olan gaz depolama bölümünde ise; gazın yüksek basınçta

depolandığı yüksek basınçlı gaz tankı, gazometrede biriken gazı yüksek basınçlı gaz tankına gönderen kompresör, gazın basıncını ölçen barometre, tankdaki gaz kullanıldığı zaman ateşin geri tepmemesi için kullanılan, yarı hacmi su ile dolu olan emniyet tüpü bulunmaktadır.

Biogaz üretim cihazında yapılan deneylerde, cihaza konulan gübrenin sıcaklığı, nemi ve miktarına bağlı olarak gerekli olan ısı, su ve basınç kontrol altında tutularak, bulamacın oksijensiz ortamda aneoribik fermentasyonu sonucunda CH_4 elde edilmiş; bu gaz sayaçdan geçerek gazometreye toplanmış; gazometre gerekli dolum ve basınca ulaştığı zaman kompresör yardımı ile gaz, yüksek basınçlı gaz tankına gönderilmiş ve sonra emniyet tüpünden geçirilerek kullanıma alınmıştır. Gübre olarak büyük-küçük baş hayvanlar ve tavuk gübreleri; su olarak normal su ve literatürde ilk defa olarak Van Gölü Suyu kullanılmıştır. Van Gölü Suyu'nun sodalı ve bazik olması; bulamaçdaki baz ve asit dengesinin otomatik olarak sağlanmasına yardımcı olmuştur. Yapılan çalışma; imalatı yapılan biogaz üretim cihazının gerek üniversitelerde bilimsel çalışmalarda, gerekse ticari kuruluşlarda rahatlıkla kullanılabileceğini göstermektedir.

Haziran, 2003

A. Celil BUĞUTEKİN

ABSTRACT

In our country, the energy necessity which has recently begun especially in last years has increased the importance of alternative energy resources in respect of the classical energy resources. A lot of studies have been made in the faculties of Agriculture, Engineering and Mechanical Engineering of our country's universities and in the State Production Farms since the 1970's years and so many foundations have been established and mean-while different applications have been done, also.

The aim of this study is to make a laboratory type biogas production equipment in the laboratories and the workshops of Mechanical Education Department of Technical Education Faculty of Marmara University in direction of works and experiences done before and to do some original experiments with this equipment. At the first time, the mechanic, thermal and the pump calculations of the equipment that will be designed were done by scanning the literature on a vast scale. Then, the manufacturing and the montage of the equipment consisted of two main parts have been done. The gas production department which is the first main part of the equipment contains the following parts; a gas production tank for storing the manure, a manure-water mixing apparatus and motor for decomposing the manure homogeneously, an automatic resistance for fermentation of the manure at 5-39°C, a thermometer for measuring the temperatures of the gas inside of the gas production tank and the manure, a barometer for measuring the pressure of the gas produced, a water-addition pipe for receiving the water necessity of manure, a gas counter to measure the mass of gas in the gas production tank, a gas exit pipe and a check-valve for taking the gas to the gasometer and preventing the gas to return the tank, a gasometer which stores the gas. The gas storing department which is the second main part of the equipment consists of a high-pressure gas-tank for storing the gas in a high pressure, mini-gas pump be used for passing the gas to the high pressure gas tank from the gasometer, a barometer for measuring the pressure of gas, a safety-tube

full with water on a half volume used for protecting the equipment against fire.

At the experiments done on the biogas production equipment, by controlling the heat, water and pressure that are necessary for and also attached to the temperature, the humidity and the amount of manure in the equipment; first of all, CH₄ has been obtained in the result of aneoribic fermentation of mixture on the oxygen-free medium. This gas has been stored to the gasometer by passing from the gas counter. When the gasometer has reached the required full-level and the pressure, the gas has been sent to the high pressure gas tank by means of a mini-gas pump and then got in use by passing from the safety-tube.

As a manure; the manures of cattle, sheep and hen and also as a water, the normal water and the water of Van Lake have been used firstly in the literature. Being soda and basic of the water of Van Lake have helped to provide the basic and acidic equilibrium of the mixture automatically. This work shows that the biogas production equipment manufactured can easily be used both in the academic researches of the universities and also in the commercial agents.

June, 2003

A. Celil BUĞUTEKİN

YENİLİK BEYANI

YÖRESEL KAYNAKLARLA BİYOGAZ ÜRETİMİ İÇİN DENEYSEL ÇALIŞMA

Türkiye enerji bakımından kendine yeterli olmayan bir ülke olduğundan çevre açısından temiz, güvenli, sürekli, dışa bağımlı olmayan ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyacı vardır. Bu ihtiyaç araştırmacıları yeni alternatif enerji kaynaklarını bulmaya yönlendirmiştir. Bu alternatif enerji kaynaklarından bir tanesi de Biyogaz'dır. Katı atık maddelerinin oksijensiz ortamda çeşitli bakteriler tarafından fermante edilmesi sonucu %55-65 oranında metan gazı (CH_4) açığa çıkmaktadır.

Bu tez kapsamında laboratuvar tipi biyogaz üretim cihazı imal edilmiş ve çeşitli hayvan (büyükbaş, küçükbaş ve tavuk) atıklarıyla ve yine Türkiye'de ilk defa Van Gölü suyu kullanılarak orijinal deneyler yapılmış ve farklı miktarlarda metan gazı elde edilmiştir. En yüksek randıman tavuk gübresi ve Van Gölü suyu karışımında sağlanmıştır.

Haziran, 2003

Prof. Dr. A. Korhan BİNARK

A.Celil BUĞUTEKİN

SEMBOL LİSTESİ

A	:	Alan	(m ²)
Dp	:	Pompanın debisi	(m ³ /h)
H	:	Hacim	(m ³)
m	:	Kütle	(kg)
P	:	Basınç	(bar)
T	:	Sıcaklık	(⁰ C)
t	:	Zaman	(s)
Vn	:	Depo hacmi	(lt)
Zp	:	Depolanacak gün sayısı	(Periyot)

KISALTMALAR LİSTESİ

B.B.H.G. : Büyükbaş Hayvan Gübresi

K.B.H.G. : Küçükbaş Hayvan Gübresi

N.S. : Normal Su

T.G. : Tavuk Gübresi

V.G.S. : Van Gölü Suyu



ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No.</u>
Şekil II.1	Biogazın Kullanım Yerleri	6
Şekil IV.1	Lab. Tipi. Biogaz Üretim Cihazının Perspektif Görünüşü .	25
Şekil IV.2	Laboratuvar Tipi Biogaz Üretim Cihazının Detaylı Şekli ..	26
Şekil IV.3	Gübre İşleme Kısım	27
Şekil IV.4	Otomatik Termostat	28
Şekil IV.5	Karıştırıcı motor	29
Şekil IV.6	Gübre boşaltma vanası.....	29
Şekil IV.7	Su Ekleme Musluğu	30
Şekil IV.8	Termometre I	30
Şekil IV.9	Gübre İşleme Tankı	31
Şekil IV.10	Gazometre Tankı I	31
Şekil IV.11	Termometre II.....	32
Şekil IV.12	Barometre I.....	32
Şekil IV.13	Kollektör	33
Şekil IV.14	Mini Gaz sayacı.....	34
Şekil IV.15	Mini Gaz sayacı Bağlantı Şekli.....	34
Şekil IV.16	Rezistans.....	35
Şekil IV.17	Gaz depolama kısmı	36
Şekil IV.18	Gazometre II.....	37
Şekil IV.19	Barometre II	38
Şekil IV.20	Mini Gaz pompası	38
Şekil IV.21	Gaz Çekvalfi	39
Şekil IV.22	Barometre III	39
Şekil IV.23	Emniyet Tüpleri.....	40
Şekil IV.24	Gaz Yakma Kısım	40
Şekil IV.25	Mini Gaz Ocağı.....	41

Sayfa No.

Şekil VI.1	Van Gölü Suyu Kullanılarak Elde Edilen Biyogaz	
	Miktarının Karşılaştırılması	50
Şekil VI.2	Normal Su Kullanılarak Elde Edilen Biyogazın	
	Karşılaştırılması	51
Şekil VI.3	Alevin perspektif görünüşü	53
Şekil VI.4	Alevin önden görünüşü.....	53
Şekil VI.5	Alevin yandan görünüşü	54



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo II.1	Yıllık Toplam Gübre Miktarı.....	6
Tablo II.2	Çeşitli sapların tohumundan alınan gübre – gaz	16
Tablo IV.1	Mini Gaz Pompasının Teknik Özellikleri.....	38
Tablo IV.2	Laboratuar Tipi Biyogaz Cihazının Maliyet Analizi	43
Tablo V.1.	Alınan Sabit Değerler	44
Tablo V.2.	Alınan Değişken Değerler	44
Tablo V.3.	Büyükbaş Hayvan - Normal Su Deneyi	45
Tablo V.4.	Büyükbaş Hayvan - Van Gölü Su Deneyi.....	45
Tablo V.5.	Küçükbaş Hayvan - Normal Su Deneyi	46
Tablo V.6.	Küçükbaş Hayvan - Van Gölü Su Deneyi	46
Tablo V.7.	Tavuk Gübresi - Normal Su Deneyi.....	47
Tablo V.8.	Tavuk Gübresi - Van Gölü Su Deneyi	47
Tablo V.9.	Tavuk Gübresi - Normal Su Deneyi.....	48
Tablo V.10.	Tavuk Gübresi - Van Gölü Su Deneyi	48
Tablo VI.1.	30 Günlük Deneylerden Elde Edilen Biyogazın Hacmi.....	52
Tablo VI.2	Biyogazı Oluşturan Gazların Yüzdeliği	52

BÖLÜM I

I.1. GİRİŞ

Modern Çağın vazgeçilmez bir unsuru olarak hayatımızda önemli bir yer tutan enerji; üretim işlemlerinde kullanılması zorunlu bir girdi olup toplumların refah düzeylerinin belirlenmesinde temel ölçülerden biridir.

1960'lı yıllarda enerji yatırımlarında planlı bir döneme girilmiştir. Özel sektöre bu sahada üretime katılma açısından imkanlar oluşturulmuştur. Alternatif enerji kaynaklarından, Biogaz potansiyel tespit çalışmaları yapılarak ekonomik olarak verimli düzeyde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Biyogaz, organik materyallerin anaerobik koşullarda biyokimyasal fermentasyon ve mikrobiyolojik faaliyet sonucu parçalanması ile elde edilen bir gaz karışımıdır. Fotosentez amacı ile bitkiler tarafından tutulan enerjinin insanların beslenmesi için sadece 1/150'si kullanılmaktadır. [1] Hayvanlar ise yemdeki besin maddelerinin ancak %45'inden yararlanabilirler ve bitki besin maddelerinin yarısından fazlası dışkı ile ağır gübresine geçer. [2]

Bu nedenle beslenme amacı ile kullanılmayan bitkisel ve hayvansal atıkların yenilenebilir ve çevre dostu enerji kaynağı olarak kullanılması uzun yıllar boyunca araştırılmış ve bazı sonuçlar uygulamaya aktarılabilmektedir. Biyogaz teknolojisi özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sürekli gündemde kalan ve önemini artıran alternatif enerji kaynağıdır.

Ülkemizde özellikle son yıllarda yeniden başlayan enerji açığı; klasik enerji kaynaklarının yanında alternatif enerji kaynaklarının önemini daha da arttırmıştır. 1970'li yıllardan itibaren ülkemizdeki üniversitelerin ziraat, makine fakültelerinde ve Devlet üretme çiftliklerinde biogaz konusunda çok sayıda çalışma yapılarak; tesisler kurulmuş bu arada değişik uygulamalara da gidilmiştir.

Ülkemizde gerek küçük ölçekli hayvancılık işletmelerinde gerekse büyük ölçekli hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan gübreler geliş güzel çevreye atılmaktadır. Oysa söz konusu işletmelerde gübreden elde edilebilecek biyogaz bir taraftan gübrelerin tezек olarak yok

edilmeden toprağa kazandırılmasına neden olacak diğer taraftan tesislerin enerji ihtiyacının bir kısmının veya tamamının karşılanmasında önemli ölçüde tasarruf sağlayabilecektir. Ayrıca biyogaz, özellikle tavukçuluk işletmelerinin yoğun olarak bulunduğu Bolu ilimizde kümes ısıtmasında kullanılabilir. [3]

1.2. AMAÇ

Bu çalışmanın amacı; rahatlıkla taşınabilir, portatif, laboratuvar tipi bir biyogaz üretim cihazını imal etmek ve cihaz üzerinde orijinal yöresel deneyler yapmaktır. İlk safhada en yüksek verimde biyogazı elde etmek için iç ve dış ortam şartlarını araştırmak ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda üç ana bölümden oluşacak cihazın montajını yapmaktır. Birinci parça gübre işleme, ikinci parça yüksek basınç deposu, üçüncü bölüm gaz yakma parçasıdır.

Bu cihazda ilk Defa Van Gölü suyu ve normal kullanım suyu ile çeşitli gübreler (Büyükbaş, küçükbaş ve tavuk) kullanılarak elde edilen metan (CH_4) gazı ile oksijen birbirleriyle orantılı olarak karıştırılarak yakılacaktır. Yanma şartları gözönüne alınarak elde edilen veriler tablo üzerinde gösterilerek yorumlanacaktır.

BÖLÜM II

BİOGAZ

II.1. BİOGAZ

Dünyada ilk olarak 19. yüzyılda İngiltere’de fosseptiklerde oluşan gaz sokak aydınlatmasında kullanılmışdır. Türkiye’de 1970’de Toprak Su Araştırma Enstitüsü, 1977’de Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu konuya ilgi göstermişler, daha sonraları Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Üniversiteler bu konuda çeşitli araştırma çalışmaları başlatmışlardır. [4]

Bugün için biogaz üretim potansiyeli olan atık maddeler; kırsal atıklar, yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıklar, atık su arıtma tesislerinden biyolojik arıtma süreci sonunda elde edilen çamurlar, katı atıkların organik özellik taşıyan bileşenleri ve bu atıklara benzer özellikteki diğer atıklar şeklinde sıralanabilir. Bu atıkların biogaz üretimi için kullanılmasıyla bir yönüyle atık bertarafı gerçekleştirilirken, diğer yönüyle enerji elde edilmiş olur. Ayrıca, organik bir kaynak niteliğindeki atıklardan gübrenin tezек olarak yakılması ulusal ekonomi için büyük zarardır. Bu bağlamda biogaz tesislerinin yaygınlaştırılması önemlidir. Biogaz tesislerinin yanısıra, şebeke ile bağlantılı çalışan “çöp termik santralleri” ile elektrik üretimi sağlanabilir. Kuzey Avrupa Ülkelerinde biogaz materyalle ve biogazla çalışan otoprodüktör kojenerasyon tesisleri bulunmaktadır.

Bir tür biomas materyali olan çöpün, çöp termik santralleriyle enerji üretiminde kullanılması, özellikle kentsel çöpün ortadan kaldırılmasıyla iki tür işleri içerdğini belirtmiştik. Böylelikle çöp yığınlarında açılan özel sondaj kuyuları ile metan gazı elde edilmektedir. Doğal biçimde, çöplerin fermentasyona uğraması sonucunda oluşan metan gazı, çöp yığınlarından sızma durumunda patlamalara neden olduğu gibi, atmosfere dağılması durumunda sera etkisine yol açmaktadır.

II.2. BİOGAZIN ELDE EDİLMESİ

II.2.1. Kesik Besleme Metodu ile Biogaz Üretimi

Bu metoda fermentasyon tankına taze çiftlik gübresi doldurulur ve fermentasyon tankı hava almayacak bir şekilde kapatılır. Gübrenin havasız ortamda fermentasyonu sonunda meydana

gelen gübre gaz (biogaz) gaz borusu ile gazometre denilen ikinci bir kapta toplanır. Gaz daha sonra ihtiyaç yerinde kurulan tesisat vasıtasıyla kullanılır.

Fermantasyon tankı taze çiftlik gübresi ile doldurulduktan sonra havasız ortamda çalışan bakterilerin faaliyeti sonunda ancak 15 gün sonra gaz çıkmaya başlar ve gazın sürekliliği 60 gün devam eder. Bu sürenin sonunda gaz verimi düşer. Bu durumda fermantasyon tankı boşalır ve tekrar taze çiftlik gübresi ile doldurulur. Böylece olay tekrar edilmiş olur. Bu durumda gaz üretiminde kesiklik meydana geldiğinden bu metoda bu nedenle **kesik besleme metodu** denir. [4]

Gazın kesikliğini giderebilmek için 1 yerine 2-3 fermantasyon tankının yapılmasıyla gazın sürekliliği sağlanmakta ise de bu durumda inşa maliyetinin arttırılması nedeniyle çiftçilerce fazla tasvip görmemiştir. Ayrıca, gazın sürekliliğini sağlamak nedeniyle, fermantasyon tankının 30-35°C'a kadar ısıtılması da tatbikatta bu metotla gaz üretimine talebi azaltmaktadır.

II.2.2. Sürekli Besleme Metodu ile Biogaz Üretimi

Sürekli besleme metodu; kesik besleme metodundaki sakıncaları gidermek amacıyla geliştirilmiş bir metottur. Bu metotla gaz üretim tesisleri kuran ülkeler metodun ana prensibini, amacını değiştirmeden tesis üzerinde bazı ufak değişiklikler yaparak Çin, Hindistan, Nepal, Kore gibi ülkelerle tesis projeleri hazırlamışlardır. Bütün bu projelerin ortak noktası işletmelerin çiftliklerin ve evlerin gübre gaz (biogaz) ihtiyaçlarını sürekli olarak temin etmektir. Bu metodun esasını tesisin kuruluşu, tesis için gerekli taze çiftlik gübresinin hazırlanması ve tesisin hazırlanan çiftlik gübresi ile doldurulması teşkil eder.

II.2.2.1. Tesisin Nerede Kurulacağı

Yurdumuzda iklim özelliklerine göre biogaz tesisi ahır, samanlık gibi tesisler içerisinde veya işletme binasının uygun bir yerinde veya ahıra en yakın yerde kurulmalıdır. Tesis, toprağın içerisine gömülü olarak kurulduğundan yukarıda belirtilen bölümlerin kullanma amaçlarına hiçbir şekilde teşkil etmez.

II.2.2.2. Biogaz Tesislerinde Kapasite Tayini

Biogaz tesisini kurmadan önce kurulacak tesisin kapasitesinin tayininde tesisin hangi amaçla kullanılacağı (yemek pişirme, ısıtma, aydınlatma vb.) ve işletmedeki insan sayısının ve bu arada işletmede bulunan hayvan cinsinin miktarı ve bir günde elde edilen çiftlik gübresiyle ilgilidir.

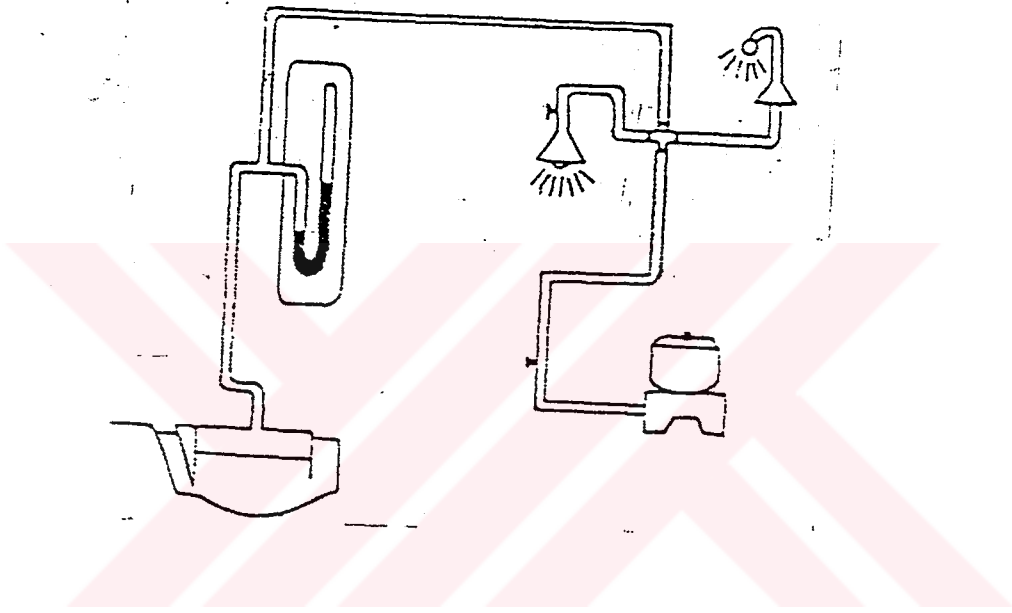
II.2.2.3. Fermantasyon Tankının Doldurulması ve Sürekli Besleme ile Bir Biogaz Tesisinin Çalıştırılması

Fermantasyon tankı 1 kg. gübre, 1 kg. su ile karışım esasına göre hazırlanan materyalle tankın dolun borusuna bağlı logar vasıtasıyla tank ağzına kadar doldurulur. İlk doldurumda hayvanların idrarından daha fazla yararlanma, ilk anda fermantasyonu hızlandırır ve gaz oluşumunu artırır. Doldurulan tank biyolojik fermantasyonu terk edilir. Bu müddet asgari 15 gündür. Bu müddetin sonunda fermantasyon tankında gaz oluşmaya başlar. Oluşan gaz gazometreye dolar. Elde edilen gazın kullanılmaya başlandığı günden itibaren çiftlikte her gün elde edilen gübre aynı miktarda suyla karıştırılarak dolun rögarı vasıtasıyla fermantasyon tankına konur. Tanka konan gübre kadar boşaltma borusundan aynı miktarda gübre çıkar. Bu olay bütün yıl boyunca devam eder ve böylece tesiste sürekli gaz elde etmiş olunur. Tesis sürekli gübre ile beslenmiş olur.

Fermantasyon tankıyla gazometre aynı yerde olduğundan, gaz tankın üst yüzeyinde toplanır. Toplanan gazın miktarı arttıkça tank içindeki sıvıya basınç yapar ve bu basınç nedeniyle materyal yan taraftaki tank içinde yükselir. Bu yükselme gazın en çok elde edildiği seviyeye kadar olur. Gaz borusuna bağlı kullanma vasıtalarıyla gaz musluğu açıldığında tank üzerindeki gazın basıncı düşeceğinden yan tanktaki materyal ana tanka dolmaya başlar ve bu olay gaz kullanımı ile otomatik olarak tekrar eder. Böylece aynı sarmıçta (sabit basınçta) gaz elde edilmiş olur.

II.3. BİOGAZIN KULLANIM YERLERİ

Biogaz kimya sanayinde bazı ticari gazlar üretiminde, evlerde ısınma, pişirme, aydınlatma ihtiyaçlarının karşılanmasında hatta motorlarda yakıt olarak kullanabilme özelliği taşır. Şekil 1.1’de Biogazın klasik kullanma sahalarını gösterir bir şema verilmiştir.



Şekil II.1 Biogazın Kullanım Yerleri

II.4. BİOGAZ TESİSİNDEN ÇIKAN GÜBRENİN DEĞERİ VE İHTİYAÇ MİKTARI

Kapalı kaplarda havasız ortamda olgunlaşan ve mikro organizmalarda parçalanan gübrenin değeri açık ortamda güneş ve yağmur altında olgunlaşan gübreye nazaran %20-25 azot ve fosfor bakımından daha zengindir. Bir dekar araziye aynı miktarda biogaz tesisinden çıkan gübreden ve yine ayrıca 1 dekar araziye de güneş ve yağmur altında olgunlaşan gübreyle tarlayı gübreleyelim. Gübreli tarlalar üzerine aynı ürünü ektiğimizde biogaz tesisinden çıkan gübre ile gübrelenen araziden diğer gübre ile gübrelenen araziye nazaran en az 22-25 kg daha fazla ürün aldığımızı görürüz. Bu nedenle gelirinizde %25’lik bir artış olacaktır. 2 öküzü, 2

ineği, 1 atı, 1 eşiği ve 10 koyunu olan bir çiftçi ailesinin 1 yılda elde edeceği toplam gübre miktarı yaklaşık 33 tondur. [5]

Tablo II.1 Yıllık Toplam Gübre Miktarı

2 Öküz	12 ton gübre
2 İnek	10 ton gübre
1 At	5 ton gübre
1 Eşek	2 ton gübre
10 Koyun	4 ton gübre
Toplam	33 ton gübre

Bir ton gübreden 80 m^3 gaz elde edilebileceğine göre toplam yılda $33 - 80 = 2640 \text{ m}^3$ biogaz elde edilir. Bu değerde günde 7 m^3 biogaz demektir. Bu gazın 8 kişilik bir ailenin 3 öğün yemek pişirme, temizlik, aydınlatma ve binanın 2 odasını ısıtma ihtiyacını tam olarak karşılayabileceğini söyleyebiliriz. Buna ek olarak 33 ton çiftlik gübresi %25 değer artışıyla 41 ton gübreye eşdeğer olacaktır.

II.5. BİOGAZIN BİYOKİMYASAL OLUŞUMU

Bütün ölü bitki ve hayvansal maddeler bozunmaya uğrar. Bu bozunma veya ayrışma, bakteri adı verilen çok büyük organizma tarafından gerçekleştirilir. Bazı bakteriler bu bozunmayı havalı ortamda gerçekleştirirler. Bunlara **aerobik bakteri** adı verilir. Diğer bazı bakteriler ise bu bozunma işlemini havasız ortamda gerçekleştirirler ki bunlara da **ana aerobik bakteri** adı verilir. Bataklıkların dibindeki ölü bitkisel ve hayvansal maddeler ana aerobik bir ayrışmaya uğrarlar ve sonunda yüzeyde gaz kabarcıkları çıkmaya başlar. [CH_4 , CO_2 ve H_2 gazları].

Doğada meydana gelen bu olay, fermentör adı verilen hava almayacak şekilde yalıtılmış tankların içi hayvan gübresi vb. gibi organik atıklarla doldurulmak suretiyle aynen taklit edilir. Fermantöre yüklenen gübre içinde O_2 içerdiğinde ilk önce devreye aerobik bakteriler girerek bu O_2 'yı tamamen kullanırlar ve büyük miktarda CO_2 gazı açığa çıkar. Ortamdaki bütün O_2 'nın aerobik ayrıştırma periyodu sonunda kaybolmasından sonra, metodun üretimine yönelik ana aerobik fermentasyon periyodu başlar.

Ana aerobik fermentasyon 3 fazdan meydana gelir. [6]

* Hidroliz

- * Asit oluşumu
- * Metan oluşumu

Bu işlemler 2 farklı bakteri grubu tarafından gerçekleştirilir.

- * Asit oluşturan bakteriler
- * Metan oluşturan bakteriler

Çevre şartlarının ideal olduğu ve fermantasyon için yeterli miktarda bakteri bulunduğunu varsayarak ne dereceye kadar fermantasyon olacağı reaksiyon süresine bağlıdır, yani belli limitler içinde fermantasyon da buna bağlı olarak azalır.

Fermantasyonun tamamlanabilmesi için gübrenin fermantörün içinde kalması gereken zamana **alıkoyma süresi** denmektedir. Bu alıkoyma süresi ortamın ısısı ve ortamdaki bakteriler için gerekli besin miktarıyla çok yakın ilişkilidir. Belirlenen alıkoyma süresine göre fermantöre günlük yükleme yapılır. **Yükleme hızı**; fermantörün her birim hacmi için her gün fermantöre yüklenen hammadde miktarı genellikle uçucu katı maddelerin kg ağırlığı olarak tayin edilmiştir.

Örneğin; sığır gübresinin alıkoyma süresi 32-38°C’de 28 gün civarındadır. Demek oluyor ki her gün fermantör hacminin 1/28’i kadar taze hammaddeyi fermantöre yüklemek gerekmektedir. Eğer bu hesaplanan oranın çok üstünde günlük yükleme yapılırsa, fermantörde asit birikimi olur ve fermantasyon durur. Mikron biyolojik bir ortamda içerdeki bulamacın toplam katı madde oranı mikro organizmaların besin maddeleriyle karışmasını etkiler. Optimum katı madde oranı %9.44 olarak belirlenmiştir. Bu değeri üzerindeki katı madde oranlarında gaz üretimi düşer.

Pratikte normal yaş sığır gübresi eşit miktarda su ile karıştırılmak suretiyle optimum katı madde oranı yaklaşık olarak sağlanır. Katı madde oranı değişen iklim şartlarına göre değiştirilmektedir. Yazın gaz üretiminin yüksek olduğu zamanlarda toplam katı madde oranı azaltılır. Kışın ise çoğaltılır. Ana aerobik fermantasyonu verimli bir şekilde kontrol edebilmek için bazı parametrelere ihtiyaç vardır. Bunların en önemlileri ısı ve pH’tır.

Isı; ana aerobik fermantörde meydana gelen reaksiyonlar heteorojen bir bakteri topluluğunun aktivitesi sonucunda fermantasyon bakterilerinin en verimli şekilde çalışmasını sağlayabilmek için uygun bir sıcaklık sağlanması çok önemlidir. 2 çeşit metan üreten bakteri vardır. Birinci

gruptaki bakteriler için optimum sıcaklık 35°C civarındadır ki bunlara mezofilik bakteri adı verilir. Diğer gruptaki bakteriler ise daha yüksek sıcaklıkta, yaklaşık 47-55°C'da faaliyet gösterirler ki bunlara da termofilik bakteri adı verilir.

Belli limitler çerçevesinde sıcaklığın artması fermentasyon hızının artmasını sağlar. En önemli husus ortam ısını sabit tutabilmektir. Ani ısı değişimleri 1-2°C dahi olsa metan fermentasyonunun kesilmesine ve yağ asitlerinin birikmesine neden olur.

pH; asitlik-bazlık ölçmek için pH sembolü kullanılır.

- * pH < ise ortam asitik
- * pH > ise ortam bazik demektir.

Bütün canlı hücrelerin iç ortam pH'ı 7 civarındadır. Asit üreten bakterilerin 5.5 gibi düşük pH'da faaliyet göstermesine karşın metan üreten bakteriler pH 6.5 olan ortamlarda yaşayamazlar; bunlar için en uygun pH 6.8-7.2 arasındadır. [7]

Başlangıçtaki asit fazı esnasında pH=6'ya veya daha aşağıya düşebilir. Bu arada büyük miktarda CO₂ gazı açığa çıkar. 2-3 hafta sonra uçucu asitlerle azotlu bileşiklerin sindirilmesi ve amonyak bileşiklerinin oluşması sırasında asitlik yavaş yavaş azalır. Fermentasyon ilerledikçe daha az CO₂ ve daha fazla CH₄ üretilmeye başlanır ve pH yavaş yavaş 7'ye yükselir. 7.2-8.2'ye ulaştıktan sonra karışım iyi bir tampon solüsyonu haline gelir, yani ortalama ilave edilen asit veya bazlar pH'ı değiştirmez.

Eğer sistemin dengesinde, uçucu yağ asitlerinin birikimi sonucu bir bozulma olursa pH'da düşme görülür. Bu gibi durumlarda pH ayarlaması yapmak gerekir. Bunun içinde; su ile seyreltme, kireç, yanmış kül ilave etme fermentörden bir miktar çamur boşaltıp yerine bir miktar taze hammadde koyma gibi işlemler faydalı olur, yalnız bu durumda çok homojen bir karıştırma gerekir. Eğer karışımın bazikliği artarsa çok miktarda CO₂ gazı açığa çıkar, bu da karışımın asitliğinin artmasına sebep olur ve bir süre sonra sistem kendini dengeler. Biogaz fermentasyonu mikro biyolojik işlem olduğundan bazı faktörler bu mikrobik faaliyeti önlerler.[8]

Uçucu asit konsantrasyonunun çok fazla yükselmesi (pH'ın çok düşük olması) amonyak azotu konsantrasyonunun yükselmesi, metan üreten bakterileri öldürür. Bunun yanında, zirai antiseptik maddeler, özellikle tootsit olanlar bakterileri yok edebilir. Deterjanlar ağır

metallerde belli bir konsantrasyonun üstündeki bazı tuzlar (Na Cl) ana aerobik fermantasyonu önleyici etki yaparlar. Bu sebeple hammaddeye, bu gibi zararlı maddelerin herhangi bir şekilde karışmasını kesinlikle önlemek gerekir.

II.6. BİOGAZ ÜRETİM TESİSLERİ

Biogazı fıkasyonla ayrı ayrı ya da birleşik olarak üç amaç hedeflenmektedir :

- * Temiz enerji kaynağı olarak biogaz üretimi
- * Taze ahır gübresinden fermantasyonla bio gübre elde edilmesi
- * Organik atıkların çevre kirlenmesinde etkisinin uzatılması

II.7. BİOGAZ TESİSİNİN YAPI ELEMANLARI

Biogaz tesisini oluşturan esas eleman fermantasyon tankıdır. Fermantasyon tankı içinde bulamacın bulunduğu hacimle bunun üstünde gazın birikmesine yarayan gazojenden oluşmaktadır. Biogaz tesisinde fermantasyon tankına yardımcı görevler üstlenen yapı elemanları ise yükleme boşaltma düzenekleri, karışım tankları ısıtma düzenleri, karıştırma düzenleri, kurutma yatağı ve tesisatlardan oluşmaktadır. Çeşitli sistemlerde yardımcı elemanlar bir arada veya birkaçı değişik biçimlerde bulunabilmektedir.

Fermantasyon tankı : Biogaz tesisinin ana yapı elemanıdır. Şu özelliklere sahip olmalıdır.

- * Tank duvarları gaz ve sıvı sızdırmaz olmalıdır.
- * Tank tümüyle statik yüke karşı dayanıklı olmalıdır.
- * Isı yalıtımı iklim koşullarına göre yeterli düzeyde olmalıdır.
- * Tank elemanları korozyona dayanıklı olmalıdır.
- * Tank dolum ve boşaltım emniyetine sahip ve gerektiğinde tümü ile boşaltılabilir olmalıdır.
- * Tank konstrüksiyonu, bakım ve onarım işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesine olanak sağlamalıdır.

Fermantasyon tankı malzemeleri olarak beton, tuğla, çelik, sac, fiber plas, polyester, krom-nikel, alaşımlı çelik saclar kullanılabilir. Statik emniyet ve biogaz üretimindeki hidrolik koşullara uygunluk açısından yumurta biçimli fermantasyon tankı konstrüksiyonları en iyi sonuçlar vermektedir. Ancak böylesi tankın yapı masrafının fazla oluşu pratikte uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Bu bakımdan uygulamada yatay ve dikey silindirik tanklar

ile kanal tipi tanklar yaygındır. Basit tesislerdi ise kübik biçimli tanklar uygulanmaktadır. Ancak bunlarda bulamacın karıştırılma etkinliği oldukça düşüktür.

Isıtma düzenekleri: Mikro organizmaların faaliyetlerini sürdürebilmeleri için fermantasyon ortamının belirli bir sıcaklıkta sabit tutulma zorunluluğu söz konusudur. Fermantasyon bulamacının ısıtılması ya tank içinde ya da tank dışında gerçekleştirilebilir. Tank içinde ısıtma halinde ya bulamacı sıcak su, buhar katılır; ya da sıcak sulu ısı değiştiricilerden yararlanılır. Isı değiştiricilerinin tank içinde yerleştirilmesinde şu öneriler düşünülebilir.

Tank iç yüzeyine döşenen borulu ısı değiştiricilerinde karıştırma düzeni önem kazanır. Tank dışında ısınma yapıldığı yöntemde ise fermantasyon bulamacının pompalanabilecek akıcılığa sahip olması gerekir. Pompanın ek enerji gereksinimine karşın bu yönde fermantasyon sıcaklığının sağlanması daha emniyetlidir. Ayrıca taze fermantasyon materyalinin tanka girmeden ısıtılma kolaylığı yanında tank dışında olan ısı değiştiricisinin tamiri ve bakımı da kolaydır. Sıvı gübrenin ısı geçiş katsayısı özellikle düşük hızlarda suyunkinden küçük olduğu için büyük ısı değiştiricisi yüzeylerine ya da uzun ısıtma sürelerine gerek duyulmaktadır. Isı yalıtımı da önemlidir. [9]

Karıştırma düzenekleri: Bulamacın etkin bir biçimde karıştırılması gerekmektedir. Bu amaçla, mekanik, hidrolik, pnömatik karıştırıcılardan yararlanılır. Ancak büyük parçalı ve kabuk bağlamaya meyilli bulamaçlarda pnömatik karıştırma yönteminin uygulanmasında ancak basınçlı biogaz ile karıştırma beklenen sonucu vermektedir. Karıştırıcının seçiminde fermantasyonda kullanılan materyalin cinsi ve içerdiği katı madde oranı, partikül büyüklüğü gözönünde bulundurulmalıdır.

Dolum ve boşaltım düzenekleri : Dolum düzeneği sürekli bir boru vasıtasıyla bulamaç fermantasyon tankının dibine yakın bir seviyeye nakledilir. Böyle bir sistemle dolum işlemi günde birkaç kez aralıklı olarak yapılmaktadır. Hazırlama tankının, bulamacın sabit biçimdeki materyal miktarı ölçme imkanı vardır. Basit sistemlerde bulamaç doğrudan bir kanal vasıtasıyla tank içinde şekillendirilmektedirler. Daha büyük organize tesislerde bulamaç, hayvanların barındığı ahırın zemininin altındaki bir kanaldan alınarak sürekli bir biçimde fermantasyon tankı içine sevk edilebilmektedir.

Boşaltma sistemler içinde en basit ve en ekonomik olanı birleşik kaplar esasına göre çalışan bir boşaltma tankıdır. Fermantasyon tankı içinde yükselen bulamaç seviyesi nedeni ile fermantasyon tankına dipten bir kanalla bağlı olan boşaltma tankına fermante olmuş gübre dolar ve buradan bu gübre kurutma havuzuna nakil olur. Bu yolla tankın boşaltılması için iş gücü ihtiyacı ortadan kalkmış olur. İleri teknikle işletilen tesislerde pompalar kullanılmakta ise de; bunlarda maliyet, bakım ve enerji problemleri vardır.

Gazometre : Elde edilen gazın depolanması, fermantasyon tankı içinde sabit basınç sağlanması ve gazın alınması ile doğan dalgalanmaların karşılanması amacıyla gazometre kullanılmaktadır. Gazometre fermantasyon tankının bir parçası olarak tankın üst bölümüne yerleştirilebileceği gibi ayrı bir yerde kurulup, fermantasyon tankı ile bağlantısı bir boru aracılığı ile sağlanmaktadır.

II.8. BİOGAZ TESİSLERİNDE ENERJİ GEREKSİNİMİ

Biogaz üretiminde yardımcı enerji olarak ısı ve mekanik enerjiye ihtiyaç vardır.

Isı enerjisi : Biogaz tesisinin tipine, seçilen fermantasyonun türüne bağlı olarak fermantasyon materyalinin, fermantasyon sıcaklığına kadar ısıtılması ve bu sıcaklıkta tutulması için ısı enerjisine ihtiyaç vardır. Bunun hesabında sıcaklık, materyal miktarı, özgül ısınma ısısı ve ilk sıcaklık bilinmelidir. Bulamaç sıcaklığının sabit tutulabilmesi için uygun bir ısı yalıtımı yapılmalıdır.

Mekanik enerji : Fermantasyon bulamacının karıştırılmasında yararlanılan karıştırılma sistemlerinde ayrıca işletme yönetimine ve tesis tipine bağlı olarak bulamacın dolum boşalım devri daimi ile değiştiricilerdeki ısıtıcı akışkanın devri daimi için mekanik enerjiye ihtiyaç duyulur.

Bulamacın karıştırılması için gerekli enerji miktarı ;

- * Bulamacın bileşimine viskozitesine
- * Tankın şekil ve büyüklüğüne
- * Karıştırma düzeninin tipine, büyüklüğüne, çalışma şekline ve konumuna bağlıdır.

Bulamaç iletimi için kullanılan sıvı gübre pompaları, özel pompalar olup güç gereksinimleri ; [10]

- * Bulamacın viskozitesine
- * Bulamacın debişine
- * Pompa yapısına ve pompa tesisindeki kayıplara bağlıdır.

Enerji Gereksiniminin Karşılanması : İlk akla gelen çözüm, üretilen gazın kullanılmasıdır. Isı pompasından özellikle verimleri yüksek gaz motorlu pompalardan yararlanılabilir. İklim ve işletme koşullarının uygun düştüğü hallerde şu olanaklardan yararlanılması söz konusu olabilir ;

- * Dolaylı olarak ısı kayıplarını azaltmak için fermentasyon tankı ahır içine alınabilir.
- * Taze gübrenin ana aerobik ortamda oksidasyonu ile oluşan ısıdan yararlanılabilir.
- * Jeotermal yörelerde mevcut doğal kaynaklardan yararlanılabilir.
- * Güneş ve rüzgar enerjilerinden de ek olarak yararlanılabilir.

II.9. BİOGAZIN DEPOLANMASI

Gaz üretimi sürekli olduğu halde harcama genellikle sürekli değildir. Genellikle biogaz tesislerinde üç tip depo önemlidir ;

- * Yüzücü gaz kapağı bulunan alçak basınçlı ıslak depolar : Bunlar kış aylarında donma tehlikesi ile karşı karşıya olduklarından dona karşı önlem gerektirirler. Isıtma veya antifiriz madde kullanılır. Ayrıca kösele membranlı depo olarak alçak basınçlı kuru depolar ve yastık bölmeli depolar kullanılmaktadır. Ancak bunların maliyetleri yüksektir. Büyük depo hacimlerinin küçük tutulması gereği ortaya çıkmaktadır.
- * Koruyucu basit plastik torbalar, ek gaz tankları.
- * Fermentasyon odası üzerinde gaz sızdırmaz bir plastik kapak ile fermentasyon hacmi içinde oluşturulan depolar.
- * Bunların dışında yüksek basınçlı gaz gereksinimi söz konusu olduğu yerlerde çelik tanklar kullanılmaktadır.

II.10. DEĞİŞİK UYGULAMALAR

II.10.1. Ayçiçeği Tablasından Biogaz Üretimi

Ayçiçeği tablalarının yarı-sürekli ana aerobik bozunmaları sonucu biogaz üretilir. Yapılan bir çalışmada %5 ve %2 katı madde içeren ayçiçeği tablası – su karışımları ana aerobik ortamda 55°C’da 8 gün bekleme süresi temel alınarak yarı sürekli bozunmaya bırakılmış ve üretilen biogazın miktarı ile metan yüzdesi ölçümlerle belirlenmiştir. %5’lik karışım için yatışkın bir durum elde edilmesine karşın, ortalama $1.3 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{ferm} \cdot \text{gün}^{-1}$ bir gaz miktarı ile, yaklaşık %45’lik CH_4 yüzdesi elde edilmiştir. Buna karşılık %2’lik karışım kullanıldığında yatışkın durum rahatlıkla gözlenmiş ve %49 CH_4 içeren $0.375 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{ferm} \cdot \text{gün}$ gaz elde edilir. [11]

II.10.2. Samandan Biogaz Üretimi – Ön Hidrolizin Etkisi

Yapılan bir çalışmada, alkalın ile muamelenin, samanın yarı-sürekli ana aerobik bozunumundan elde edilen biogaz miktarının kompozisyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla her biri 1 litre sıvı hacimli 55°C sıcaklıkta tutulan iki fermentör kullanılmıştır. Saman 0.5 mm elekten sececek şekilde öğütülmüş ve %5 katı madde içeren saman – su karışımı olan temel karışım hazırlanmıştır. Fermentörlerden biri temel karışım ile beslenmiştir. Diğerisi ise 2 gr Na OH/100gr TS ile oda sıcaklığı ve basıncında muamele edilmiş temel karışımla beslenmiştir. Her iki fermentör 10 gün bekleme süresi esas alınarak çalıştırılmıştır. Yatışkın durumda elde edilen değerler, alkali ile muamelenin metan üretimini 3 kat arttırdığını göstermiştir.

II.10.3. Biogaz Fermantörlerinin Enerji Kayıplarının Belirlenmesi

Biogaz üretiminde fermentör kapasitesi arttıkça, birim fermentör hacmi başına tüketilen girdi enerjisi azalmaktadır. Biogaz fermentörünün en önemli enerji girdisi ısı enerjisidir. Çünkü ana aerobik fermentasyon optimum olarak belirli bir sıcaklık derecesinde sağlanabilmektedir. Bu enerji girdisini en aza indirebilmek için, fermentörlerin dış ortam sıcaklığı yüksek olan bölgelere ya da jeotermal enerji gibi, sürekli enerji kaynaklarının yakınına yerleştirilmesi gerekmektedir.

II.10.4. Biogazın Motorlara Uygulanabilirliği

Elektrik motorlarında biogaz, yakıt olarak kullanılabilir. Termo mekanik sistemle sıvılaştırmada, biomas yüksek basınç ve sıcaklık altında sentetik yakıt ve su ürünü katalizör olarak davranır. Sıvılaştırmayı yönetmede; hidrojen ya da hidrojen ve CO₂ karışımı biomas'ın gerektirdiği kadar eklenir. Böylece ham petrol ile karşılaştırılan düşük oksijen içeren sentetik yakıt elde edilir. Bu yakıt direkt olarak filtre edilmeden fırınlarda ya da motorlarda yakıt olarak kullanılabilirler. [12]

Motor yakıtı olarak kullanılan biogazın başlıca avantajı, motor aşınmasını ve bakım masraflarını azaltmasıdır. Hava ile karıştırılarak kullanılır. Temiz yanar ve hiçbir artık bırakmaz. Bu gaz karbon tortusu sınırlı piston hareketi ve aşınması, karter sızıntısı olmaması gerekir. Bu yakıtın ikinci avantajı ise yüksek vuruntu önleyici karakteristiğidir. Bundan dolayı yüksek oktanlı benzin gerektiren, yüksek sıkıştırılmalı, kıvılcım ateşlemeli bazı motorlarda kullanılabilir. Dizel motorunda biogaz kullanımı için iyi yol bulunmaktadır. Bunlar, motora ateşleme sistemi eklemek ve çift – yakıtlı motora çevirmek şeklinde özetlenebilir.

1. Dizel motorların biodizel olarak kullanımıyla akaryakıt tüketimleri küresel olarak %75-85 azaltılabilecektir.
2. Birim enerji maliyeti %50 azaltılabilecektir.
3. Devirle çalışmada 1kWh'lık iş için ortalama 420 lt (0.4 kg) biogaz ve 48 gr dizel yakıtına gereksinim olacaktır.
4. Depolama nedeniyle ilk uygulamalar tesis yakınındaki istasyonlar motorlarda başlamak yerinde olacaktır.
5. Motor soğutma suyunu 55-65°C arasında tutabilecek termostat sistemi düzenlenecektir.
6. Arıtılmış biogaz, motor gücü ve verimi açısından olumlu katkılarda bulunabilecektir.

Yapılan yaklaşık bir hesaplama 5kW gücünde bir dizel motorunun günde 8 saat biodizel kullanımı için 28.5 m³ fermantör kapasiteli bir tesise ihtiyaç duyulabileceği belirlenmiştir. [13]

II.11. BİOGAZ VE YARARLARI

Bataklık gazı, marş gazı, gübre gazı veya gobar gazı adı verilen biogaz oksijensiz ortamda oluşan bir fermentasyon ürünüdür. İki aşamada oluşan olayın birinci safhasında bazı bakteriler tarafından parçalanan uzun molekülü yapı daha küçük moleküllere ayrılmaktadır. Bu esnada ; alkol, organik asit, ester, CO₂ ve hidrojen gazları oluşmaktadır. İkinci safhada, büyük bir kısmını CH₄ ve CO₂'nin oluşturduğu biogaz meydana gelir. Biogazın yararları şunlardır :

- a) Temiz kalorifik değeri yüksektir.
- b) Fermentasyonu tamamlanmış artık içindeki azot ve fosfor miktarı aynı kaldığı moleküller küçüldüğü için bitkiler tarafından kolayca alınmaktadır, yani gübre değeri ürün türüne göre %8 – 20 arasında daha yüksektir.
- c) LPG ile çalışan tüm ev aygıtlarında ısıtma – aydınlatma ve benzeri işlerde kullanılabilir.
- d) Fermentasyon ortamında doğal ayırım esasına dayanan bir mikroorganizmadan ekosistem oluştuğu için zararlı asalak ve patojen bakterilerin üremesi önlenir, çevre korunur.
- e) Dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilir.
- f) Bozunma sonucunda organik artıkların biyolojik oksijen isteği azaldığından artıkların hava – su – toprak üçlüsünü kirletme ihtimali azdır.

II.12. BİOGAZIN BİLEŞENLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Bir gaz karışımı olan biogazda; %55 – 70 CH₄; %30 – 45 CO₂; CO-3N₂, %0-1 H₂ ve %0-1 H₂ S bulunmaktadır. Bu rakamlar hacimce olup ortalama değerlerdir. Zira yüzdeleri; ortam sıcaklığı, gübrenin su miktarı, ortamın ph ve değeri gübre türünü etkilemektedir. Karışımdaki gazlardan, biogazın; yanıcı, renksiz, kokusuz bir karışım olduğu anlaşılmaktadır. Parlak mavi alevle yanan biogazın yanma ısısı metaninkinin (900 kcal/N.m³) %60'ı kadardır. Biogazın sıvılaştırılmış tüp gaz olarak kullanılması için karışındaki CO₂'nin, kireçli sudan geçirmek dahil, bazı tekniklerle ayrılması zorunludur. Bunun ifadesi :

CaO + Biogaz → CaCO₃ + CH₄ denklemidir.

İhtiva ettiği selüloz miktarına bağlı olarak 1 ton saptan alınan CH_4 miktarı ve bunun petrol eşdeğeri litre (PEL) karşılığı tablo 4.5.1. verilmektedir. Bu tablonun incelenmesinden, saf metan üretimi için en iyi mısır sapının olduğu görülür. [14]

Tablo II.2 Çeşitli sapların tohumundan alınan gübre – gaz.

Bitkinin Adı	Biogaz (NM_3)	CH_4 (Nm^3)	Gübre	PEL
Yulaf sapı	446	250	554	275
Mısır sapı	437	264	563	290
Pirinç sapı	371	246	639	270
Buğday sapı	340	210	660	231
Keten sapı	225	149	775	164

BÖLÜM III

DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE BİOGAZ POTANSİYELİ

III.1. BİOGAZ ÜRETİCİ ÜLKELERE TOPLU BAKIŞ

ABD; İngiltere, Fransa, F.Almanya ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerle Çin, Hindistan, Nepal, Filipinler ve Cezayir gibi gelişmekte olan pek çok ülkede fermantasyonla, biogaz üretilmektedir. Bunlardan Çin'de halen çalışır durumda ve değişik kapasiteli tesislerin 4 milyonu aştığı belirtilmektedir. 10 m³ kapasiteli Çin tipi bir şekil verilmektedir. Bu tesis 8-10 büyükbaş hayvanla beslenerek yılda 9 milyon kcal ısı enerjisi üretebilmektedir.

Biogazın yoğun kullanıldığı Hindistan'da 35,000'in üzerinde tesis olduğu sanılmaktadır. Gabor üreticisi denilen tipik bir üreticidir. Bu ülkede bir başka ilginç proje ise, Bombay şehir kanalizasyonu arıtma sistemidir. Burada, günde arıtılan 1,4 milyon m³ pis suyun %70'i tane biogaz tesisinde fermante edilerek 16,000 Nm biogaz üretebilmektedir.

ABD'de pek çok sayıda biogaz tesisinde üreticisinin yanı sıra Kaliforniya'da kurulmuş bir biogaz tesisinde elektrik enerjisi üretilmektedir. Tesis 1300 kW kapasitelidir.

İngiltere'de yılda 100 milyon ton civarında gübre üreten hayvan sürülerinin, metan gazı açısından 2,5 milyon ton petrole eşdeğer enerji verdikleri belirtilerek yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Hatta taşınır portatif biogaz üreticiler geliştirilmiştir.

III.2. ÜLKEMİZİN BİOGAZ POTANSİYELİ

Türkiye'de yerleşim yerine, yaşam tarzına ve faaliyet özelliğine göre kişi başına yılda 10 – 30 m³ CH₄ – gazı üretilmektedir. Bu potansiyel vardır. Kırsal kesimde bu değer 10 m³ CH₄/kişi/yıl dolayındadır, büyük kentlerde ise çok daha fazladır (30 m³ CH₄ kişi/yıl). Hayvancılıktan kaynaklanan, atık su arıtmasında oluşan çamurlardan kaynaklanan ve tarımsal biomasların yanısıra; evsel çöpler de biogaz üretimi için dikkate alınabilir. Burada çeşitli hesaplamalar için gereksinim duyulacak temel bilgi ve veriler verilmiştir. Her kırsal yerleşime göre hesaplar yapıp potansiyel değeri bulmak mümkündür. [15]

Ülkemizde 1977 yılında mevcut 80 milyon civarındaki büyük ve küçükbaş hayvandan yılda 15 milyon ton kuru gübre üretilmiştir. Yaş gübrenin $\frac{3}{4}$ 'ü su, $\frac{1}{4}$ 'ü katı maddedir. Buna göre 60 milyon ton yaş gübre üretilmiştir demektir. 1 kg yaş gübreden ortalama 50 litre biogaz elde edilebileceğine göre bu miktardan toplam 3 milyar m^3 gaz üretilmektedir. Biogazın yanma ısısı ortalama 5,500 kcl/ Nm^3 alınırsa yılda $1,65 \cdot 10^{13}$ kcal seviyesinde ısı enerjisi üretileceği bulunur. Bu ise 2,3 milyon ton taş kömürüne eşdeğerdir.

Öte yandan ülkemizde ekilen çeşitli ürünlerden alınan sap miktarı 59 milyon ton/yıldır. Bu ise 23 milyar m^3 biogaza tekabül eder (1 ton sap ortalama 390 m^3 gaz vermektedir). O halde ülkemizin toplam biogaz potansiyeli yılda 26 milyar m^3 kadardır. Bu değer yıllık elektrik enerjisi üretimimizin yaklaşık 4 katıdır.

MTA Enstitüsünce 1976'dan beri sürdürülen çalışmaların ilk ürünü, 54 m^3 biogaz vereceği düşünülarak, Türkiye Şeker Fabrikalarına ait Etimesgut Çiftliği'nde 1978'de yapımına başlanmıştır.

Öte yandan Topraksu Genel Müdürlüğü'nün biogazla ilgili çalışmaları 1957'de başlamıştır.

III.3. ÜLKEMİZDE BİOGAZ UYGULAMALARI

Uygulamaya yönelik ilk düzenli çalışma 1963 yılında Eskişehir Topraksu Araştırma Enstitüsü'nde başlatılmıştır. Bu çalışma Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü'nde geliştirilen prototipin uzantısı biçiminde yapılmıştır. Çalışma "Memleketimiz Koşullarına Uygun Olabilecek Gübre Gazı Üretim Tesislerinin Saptanması ve Gübre Gazı ile Çalışabilecek Araçların Yapımı" projesi adı altında yürütülmüştür. Anılan kuruluş gerek kendi bünyesinde, gerekse köylerde prototip biçiminde çeşitli biogaz üreteçleri yapmıştır. Eskişehir Topraksu Araştırma Enstitüsü'nce geliştirilen ilk tesis; 6 m^3 hacminde 3 mm'lik sacdan yapılmış bir fermantasyon tankı ile 3 m^3 'lük bir gazometreden oluşmaktadır. Bu tesiste yapılan deneme sonuçlarına göre; sürekli ve yeterli bir gaz veriminin, iç ortam sıcaklığı ve Ph durumuna bağlı olduğu, bu değerlerin de sırasıyla 25°C sıcaklık ve pH'ın 6.8 – 7.5 arasında olması gerektiği saptanmıştır. Kuruluş, bu denemenin yanısıra, gübre gazının ısıtma ve aydınlatma olarak kullanılması için gerekli ocak ve lüks gibi araçlar üzerinde de çalışmalar yapmıştır. Bu ilk tesisten elde edilen verilerden yararlanılarak 2 numaralı tesis yapılmıştır. İkinci tesis 12

m³'lük bir fermantasyon havuzu ile 5 m³'lük bir gazometreden oluşmaktadır. Bu tesiste karışım oranları ve gaz verimi üzerinde ayrıntılı denemelerin yapıldığı rapor edilmektedir. Daha sonra iki köye birer, Çorum Deneme İstasyonuna bir olmak üzere üç tesis kurulmuş ve 1963 – 1969 yılları arasında toplam 5 biogaz üretici yapılmıştır.

Eskişehir Topraksu Araştırma Enstitüsü'nde sürdürülen yedi yıllık çalışma sonuçları; gübre gazına bir enerji kaynağı gözüyle bakılmaması, çiftlik gübresinin değerlendirilmesi açısından ele alınması gerektiği, bu tesislerin uygun koşullar altında orta ve büyük tarımsal işletmeler için ekonomik olabileceği, çalışmalar sırasında özellikle tesisin inşaatı yönünden büyük sorunlar ortaya çıkarabileceği, bu nedenle de konunun bir grup çalışması biçiminde ele alınması ve çalışmaların devam ettirilmesi, farklı iklim koşullarına uygun biogaz üreteçlerinin geliştirilmesi gerektiği biçiminde özetlenebilir. [16]

Bu arada konunun enerji yönü dikkate alınarak A.Ü. Ziraat Fakültesi Zirai Kuvvet Makineleri Kürsüsü'nde metalden yapılmış bir prototip biogaz ünitesi geliştirilmişse de çalışmalar uzun süreli olmamıştır. [16]

Bir diğer düzenli çalışma da 1964-1967 yılları arasında Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nca desteklenen “Köylerde Yakıt Sorunu ve Gübrenin Yakılmasını Önleme Araştırmaları (TÜBİTAK, 1972)” konulu projedir. Bu çalışmada esas olarak gübrenin yakıt maddesi olarak kullanılmasının önlenmesi, daha iyi nitelikli gübre elde edilmesi ve yan üretim biçiminde elde edilen biogazın yakıt maddesi olarak kullanılması için aile işletmelerinin gereksinimlerine uygun bir biogaz tesisinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Proje üç aşamada tasarlanıp yürütülmüştür. Birinci aşamada dış ülkelerde ve Türkiye'de biogaz üretimi konusunda yapılmış çalışmalardan yararlanılarak geliştirilmiş olan belli başlı üreteçlerin küçük ölçekli 4 modeli üzerinde ön çalışmalar yapılmıştır. İkinci aşamada, model üreteçlerden elde edilen sonuçlar gözönünde tutularak Orta Anadolu koşullarına uygun bir “Prototip Aile Tipi Biogaz Üreteci” geliştirilmiştir. Üçüncü aşamada ise, geliştirilmiş bir prototip tesis Ankara dolaylarındaki üç köye tesis edilmiştir. Projenin ikinci yıl çalışmaları süresinde, daha önce minyatür tanklarda yapılmış araştırma sonuçları, çeşitli kamu kuruluşlarınca yapılmakta olan çalışmalardan ortaya çıkan deneyimlerden yararlanılarak ve literatür kaynaklarından edinilmiş bulunan bilgilerin ışığı altında köylerde kullanılabilecek bir

“Köy Aile Tipi Biogaz Üretim Tesis” projelenmiş ve inşaatına geçilmiştir. Bu yeni tesis aktif hacmi 18.75 m³ olan bir fermantasyon tankından, gübre ikmali için kullanılan gübre karıştırma ve doldurma kısmından, gazı alınmış olan gübrenin boşaltılmasına yarayan boşaltma borusundan, elde edilen gazın depo edilmesi için kullanılan 3 m³’lük bir gazometre ile biogaz nakil sistemi ve yakma ocağından oluşmaktadır. İki yıllık denemeler sonunda Köy Aile Tipi Biogaz Tesis ve Modeli geliştirilmiştir. Geliştirilmiş olan bu prototip tesis, üçüncü yılda Ankara köylerinden üçüne deneme tesisleri olarak intikal ettirilmiştir.

Devamlı ve yüksek bir biogaz üretimi için fermantasyon tanklarının her kırk günde bir yeni hammadde ile doldurulması gerekmektedir. Bu şartlar altında ortam sıcaklığını 30°C’nin üzerinde olduğu günlerde fermantasyon tankı hacmi 18.75 m³ olan mevcut tesisten günde ortalama 6.2 m³, sıcaklığın 20-30°C arasında olduğu günlerde 4.1 m³ gaz elde edilebileceği tesbit edilmiştir. A.Ü. Ziraat Fakültesi’ndeki biogaz tesisinin rantabilitesi (fayda/masraf oranı) 0.53 – 1.15 arasında değişmektedir.

Bütün bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar, biogaz tesislerinin ülke genelinde yaygınlaşmasını sağlayamamıştır. Bunda, petrol krizinin henüz başlamamış olması, fosil yakıtların ülke ihtiyacına yeteceğinin sanılması, konunun öneminin iyice kavranamaması ve konuya sahip çıkan bir kuruluşun bulunmaması önemli rol oynamıştır.

Yukarıda özetlenen çalışmalardan sonraki yedi yıllık sürede ülkemizde biogaz çalışmalarında bir durgunluk dönemine girildiği görülmektedir. Ancak, dünyanın bir çok ülkesinde olduğu gibi ülkemizi de etkileyen petrol krizi, 1976’dan sonra konuyu yeniden gündeme getirmiştir. 1976 yılında Maden ve Tetkik Arama Enstitüsü ile Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü işbirliği ile biogaz araştırmalarına girilmiştir. Bu çalışmalar başlangıçta laboratuvar düzeyinde yürütülmüş, parçalanma için uygun sıcaklık, pH, hammadde ve mikroorganizma özellikleri araştırılmıştır. İkinci aşamada küçük bir tesisten yararlanarak uygulamada karşılaşılabilecek güçlükler araştırılmış ve uygulamaya yönelik biogaz tipi seçilmeye çalışılmıştır. Bu sonuçlardan yararlanılarak Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş.’nin Etimesgut Çiftliğinde, 1978 yılında 54 m³ kapasiteli pilot bir tesis kurulmuştur. Proje sonuçlandırılmadan yürürlükten kaldırılmıştır (DPT, 1981). [16]

Ülkemizde biogaz konusunda asıl önemli gelişmeler 1980 yılından sonra olmuştur. Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile UNICEF arasında 08.10.1980 tarihinde biogaz konusunda bir anlaşma imzalanmıştır. Bu anlaşmaya göre ortak bir biogaz projesi hazırlanmış, bazı devlet üretme çiftliklerinde uygulanmıştır. (Muş-Alpaslan, Sivas-Ulaş, Konya-Altınova, Ankara-Polatlı). Bu proje DPT'nin koordinatörlüğünde yürütülmekte, Tarım ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı ve MTA tarafından desteklenmektedir. UNICEF projeye parasal ve teknik yardım sağlamaktadır.

Projenin amacı; Türkiye koşullarında uygun ve özellikle soğuk iklim bölgelerinde uygulanacak biogaz üretim teknolojisini geliştirmek ve ülke çapında biogaz üretimini yaygınlaştırma olanaklarını araştırmaktır. Söz konusu proje çerçevesinde ilk biogaz deneme tesisi Muş-Alpaslan DÜÇ'de kurulmuştur. Oluşturulan tesis, 35 m³ ve Hindistan tipinde olup biogaz tesis projesi ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünün katkılarıyla Biogaz Mühendislik grubunun çalışmaları neticesinde meydana getirilmiştir. Sistemin 1980 yılı fiyatlarıyla, 197,587.- TL'ye mal olduğu ve 7 ayda tamamlanarak 27 Eylül 1980'de doluma hazır duruma getirildiği belirtilmektedir. Muş tesisi 30°C'de sığır gübresinin net gaz verimini tespit edebilme amacına yöneliktir. Üretim kuyusunun ısısı, pH'' ve katı madde durumları sürekli kontrol edilmiş, veriler alınmıştır. Tesisin işletilmesi sırasında çeşitli değişikliklerle karşılaşmış ve bunların çözümü önemli zaman kaybına yol açmıştır. Daha sonra tesisin işletilmesi; zaman kaybı, tesis sıcaklığının iyi saptanamaması ve ekonomik olmaması gerekçesiyle bırakılmıştır.[16]

Ayrıca Konya-Altınova'da 20 m³ kapasiteli biogaz tesisi kurulmuştur. Bu tesis önceki tesisten kapasite olarak farklı olduğu gibi yapı olarak, şekil olarak, ısıtma olarak da değişiklikler göstermektedir. Muş tesisinde karşılaşılan gaz üretimini azaltan etkenleri gidermek amacıyla gerçekleştirilmiş bir tesistir. Bu tesiste 30°C civarında sığır gübresinden elde edilecek günlük net gaz miktarını bulmak amacına yöneliktir. Çiftlikteki mevcut ahır içinde tesisi inşa edecek uzun bir alanın bulunmaması nedeniyle tesis ahır duvarına bitişik güneye bakan bir yerde, ahır dışında ve toprak altında inşa edilmiştir. Silindirik bir üreteç şekli tercih edilmiştir. [16]

Sivas-Ulaş DÜÇ'de gerçekleştirilen aile tipi biogaz tesisi, kare tabanlı dikdörtgen prizma görünümündedir. Kapasitesi 5 m³ olan tesisin kare kesitli planlamasının nedenleri, tesisin konum yerinin dar olması ve işçiliğin kolay olmasıdır.

Ankara-Polatlı DÜÇ’de 200 m³ kapasiteli biogaz tesisi kurulmuştur. Daha sonra bu tesislerde üretim durmuştur.

Bu çalışmalar sürerken 1981 yılından başlayarak Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından biogazla ilgili araştırma ve uygulama çalışmalarına hız verilmiştir. Bu amaçla, Ankara Merkez Araştırma Enstitüsü bünyesinde bir biogaz başmühendisliği kurulmuş ve biogazla ilgili her türlü araştırmanın yapılabileceği bir biogaz araştırma laboratuvarı inşa edilmiştir. 1982 yılından itibaren biogaz araştırma çalışmaları, bir ana projeye bağlı olarak bütün araştırma enstitülerinde yürütülmektedir. Araştırma çalışmaları sürerken, uygulamada da küçümsenemeyecek mesafeler alınmıştır. Topraksu Genel Müdürlüğü’nün bütün bölge ve il kuruluşları pilot biogaz tesisleri kurmuşlardır. Kurulan bütün tesisler 6-12 m³ kapasiteli Çin tipi veya sabit kubbeli aile tipi tesislerdir. Ziraat Bankası ile yapılan anlaşma uyarınca, çiftçiye biogaz tesisleri için kredi uygulaması da yapılmaktadır. Her ilde 3 pilot tesis kurulması kararlaştırılmış olup, bunlar çiftçilere yapıp, gaz elde edilip ücretsiz teslim edilmiştir. Ancak çiftçiler gerekli özeni göstermedikleri için ve alternatif olarak tüp gazların daha kolay temin ve uygulanabilir olması neticesinde ve ekonomik karşılanmaması yüzünden, tesislerde üretim durmuştur. Çiftçi uygulamasında çeşitli zorluklarla karşılaşmış ve biogaz tesisini benimsememiştir. [17]

Daha sonraları bazı DÜÇ’lerinde uygun şartlarda biogaz tesisi kurma çalışmaları yapılmıştır. Eskişehir Topraksu Araştırma Enstitüsü’nce yapılan çalışmada Eskişehir Koşullarında 13 m³ Kapasiteli Biogaz Tesisinin Gaz Verimi” araştırılmıştır (Eskişehir-1987). Deneme süresince tesisten elde edilen ortalama biogaz verimi 4501.47 lt/gün olmuştur. Üretim kuyusunu etkileyen en önemli faktör olarak izolasyon maddesi sıcaklığı bulunmuştur. [18]

Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde yapılan bir başka araştırma da; “Orta Anadolu Koşullarında 28 m³ Kapasiteli Biogaz Tesisinin Gaz Verimi” başlıklıdır. Deneme 2 yıl sürdürülmüştür. Elde edilen günlük biogaz üretimleri ile üretim kuyusu sıcaklıkları arasında ilişki araştırılmış ve her iki denemeye ait ayrı ayrı regresyon denklemleri bulunmuştur. Araştırma süresince 28 m³’lük ısıtılmalı biogaz tesisinde günlük biogaz üretiminin, sıcaklığa bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Bu değişimler farklı karıştırma sistemleri için ayrı ayrı gözlenmiştir (Ankara-1987).[19]

Son olarak Erzurum Araştırma Enstitüsü'nde "Erzurum Koşullarında 12 m³ Kapasiteli Biogaz Tesisinde Sığır Gübresinin Gaz Verimi" konulu bir araştırma yapılmıştır. Biogaz tesisi 12 m³ kapasiteli sabit kubbeli aile tipi bir yapıdır. Tesis yer altına yapılmış olup, yalıtım malzemesi olarak curuf kullanılmıştır. Üzerine daha sonra ahır inşa edilerek tesis kapalı bir ortam içine alınmıştır. Erzurum koşullarında 518 gün devam eden bu denemede herhangi bir ısıtma işlemi uygulamadan sürekli biogaz üretimi sağlanmıştır. Yapılan analizlerde biogaz üretimine tamamen kontrol edilemeyen değişkenlerin etkili olduğu; sıcaklık değerleri arttıkça biogaz üretiminin de arttığı tesbit edilmiştir. Erzurum yöresinde kurulacak biogaz tesislerinde en önemli sorun, tesise ekonomik gaz üretimini sağlayacak sıcaklığa getirmek ve o sıcaklıkta tutmaktır (Erzurum-1988). [20]

Yapılan gözlemler sonucu, tesislerdeki üretimin yeterli olmadığı ve hatta bu tesislerden bazılarının üretiminin tamamen durduğu anlaşılmıştır. Üretim duruşunun önemli sebebi fermantasyon için gerekli sıcaklığın sağlanamamasıdır.

Ayrıca, Ankara Teknik Ziraat Müdürlüğü başta olmak üzere, Or-Köy teşkilatı ve Türkiye Kalkınma Vakfının çok başarılı uygulama çalışmaları olmuştur. Ancak, son zamanlarda, biogazla ilgili uygulama çalışmalarının bir durgunluk dönemine girdiği görülür.[21]

III.4. BİOGAZ ÜRETEÇLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Buraya kadar belirtilen tek ve çift kademeli biogaz üreteçlerinin maliyet, malzeme ve çalışma şartlarına bağlı özellikleri şunlardır : [22]

a) Tesis ön yatırım düşüktür. 1978 fiyatlarına göre aile tipi bir üreteç 100,000.- TL olup, tesis 3-4 yılda kendini amorti etmektedir. 50-100 hanelik bir köy için kurulan bir merkezi tesis ise 5-7 milyon TL'ya malolmaktadır.

b) Tesiste kullanılan yapı malzemeleri, fermantasyon tankının izolasyonu için bimzz-bomza veya curuf, tuğla, çimento, kum, demir, taş, kalıp (tahta veya metal), saç levha, termometre, cıvata, conta PVC boru olup bulunmaları kolay ve ucuzdur.

c) MTA tipi çift kademeli tesislerde üretilen biogaz miktarı daha fazla ve gübrenin kalitesi tek kademeliye kıyasla daha üstündür. Buna mukabil, çift kademeli tesis tek kademelinin yaklaşık iki misline malolmaktadır.

d) MTA tipi tesisler özellikle soğuk geçen yörelerimiz için uygundur.

e) Fermantasyon ortamının sıcaklığı 25-30 santigrat derece civarında olmaktadır. Sığır gübresiyle çalışan tesislerde bu optimum değer tank doldurulduktan 15 gün sonra gazın çıkmasını sağlamaktadır. Dolum üzerinden 30 gün geçtikten sonra günlük beslemelere başlanır. Fermantasyon tankından her gün $K/30 \text{ m}^3$ (yaş gübre-su karışımı) alınıp, aynı miktar yeni karışım sisteme ilave edilir. K, sistemin kapasitesidir.[23]

f) Fermantasyon ortamının sıcaklığı optimum değerinin altına ve üstüne çıkarsa tesisin verimi azalmaktadır. Yani verim sıcaklıkla maksimumdan geçen bir eğri biçimindedir. Örneğin, sığır gübresiyle çalışan tesislerde, ortam sıcaklığı 15 santigrat derece ise, beslemeye başlama süresi 60 gün civarındadır.

g) Fermantasyon tankının belli bir sıcaklıkta tutulması (bu gübrenin türüne göre değişmektedir) için gerekli ısı enerjisi talebi üretilen enerjinin 1/3'ü kadardır. Ilıman iklimlerde bu harcamayı minimize etmek için tesis toprağa gömülebilir. Ayrıca yaş gübreye katılan su güneş kolektörleriyle ısıtılabilir.

h) Sığır gübresinin kullanıldığı bir biomas tesisinde bir hacim 55 santigrat derecede sıcak su karıştırarak günlük besleme yapılmaktadır. Yaş gübrenin $\frac{3}{4}$ 'ü su ve $\frac{1}{4}$ 'ü katı madde olduğuna göre, 2 hacim (yaş gübre + su) karışımında $\frac{1}{4}$ hacim katı madde $\frac{7}{4}$ hacim su bulunmaktadır. Bu nedenle, günlük beslemede kullanılan 1 hacim yaş gübre, 1 hacim sıcak su karışımında %12,5 civarında katı madde, %87,5 civarında ise su bulunmaktadır. O halde tesis için suyun önemi ortadadır.[24]

i) İnşa edilen herhangi bir biogaz tesisinin ekonomik olarak çalışması için :

$$F / M > 1$$

olmalıdır. Burada; F, tesisin yıllık faydasını; M, tesisin yıllık masrafını göstermektedir. Ayrıca :

$$F = A + B$$

$$A = (2/3) \cdot V \cdot a$$

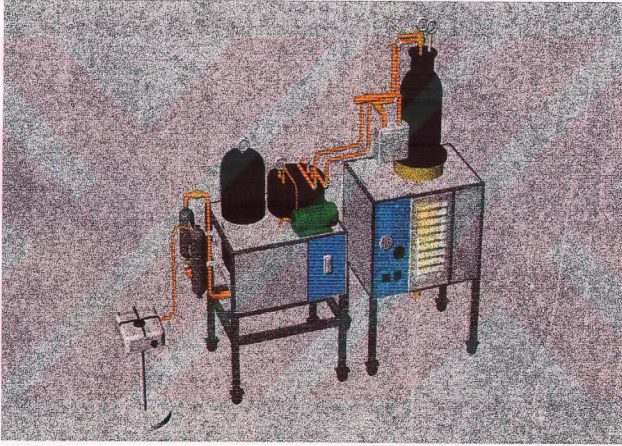
$$B = Y \cdot b \cdot c$$

ile bellidir. Burada; A, üretilen biogazın yıllık piyasa değeri; a, biogazın m^3 'ünün piyasa değeri; V, tesisin yılda ürettiği biogazın m^3 cinsinden kapasitesi; Y, tesiste yılda üretilen yaş gübre miktarı; b, biogaz gübresinin verimi arttırma yüzdesi; c, biogaz gübresinin piyasa fiyat; B ise yıllık kazanılan gübre değeridir. Kullanılan bu parametrelerin birimleri : A (TL), B (TL), a (TL/m^3), b (birimsiz = %8-20), c (TL/ton), V (ton), v (m^3), F (TL) ve M (TL)'dir. Denklem (4.7.3.)'de görülen 2/3 faktörü ısıtmaya harcanan enerjinin 1/3 oranında olmasından ileri gelmektedir.[25]

BÖLÜM IV

LABORATUVAR TİPİ BIOGAZ ÜRETİM CİHAZI

Literatür çalışması yapıldıktan sonra orijinal deneyler yapmak için portatif tipi Biogaz üretim cihazı imal edilmiştir. Portatif tipi biogaz üretim cihazı günümüzde piyasada kullanılabilecek ve standart şartlara uygun malzeme ve cihazlardan imal edilmiştir. Cihazın elemanlarını birleştirici olarak Elektrik Ark kaynağı Oksi asetilen kaynağı, punta, perçin ve vida tekniklerinden yararlanılmıştır. (Şekil, IV.1)



Şekil - IV.1 Lab. Tipi. Biogaz Üretim Cihazının Perspektif Görünüşü

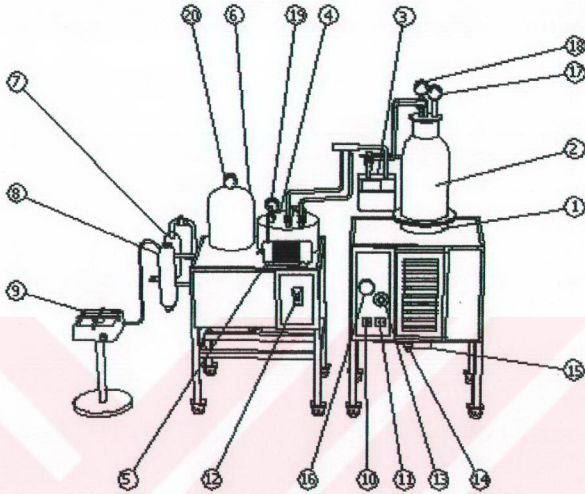
IV.1 Cihazın Kısımları :

Laboratuvar tipi biogaz üretim cihazı laboratuvar amaçlı kullanılmak üzere imal edilmiştir. Bu yüzden kolayca taşımak, yükleyip-boşaltmak daha verimli çalışmasını sağlamak, elektrik devrelerinin doğrudan su veya gübre ile temasını engellemek, elde edilen biogazı emniyetli bir şekilde yakıp verim sağlamak için cihaz üç ana kısımdan imal edilmiştir. (Şekil, IV.2).

a) Gübre İşleme Kısımı

b) Gazın Depolama Kısımı

c) Gaz Yakma Kısımı

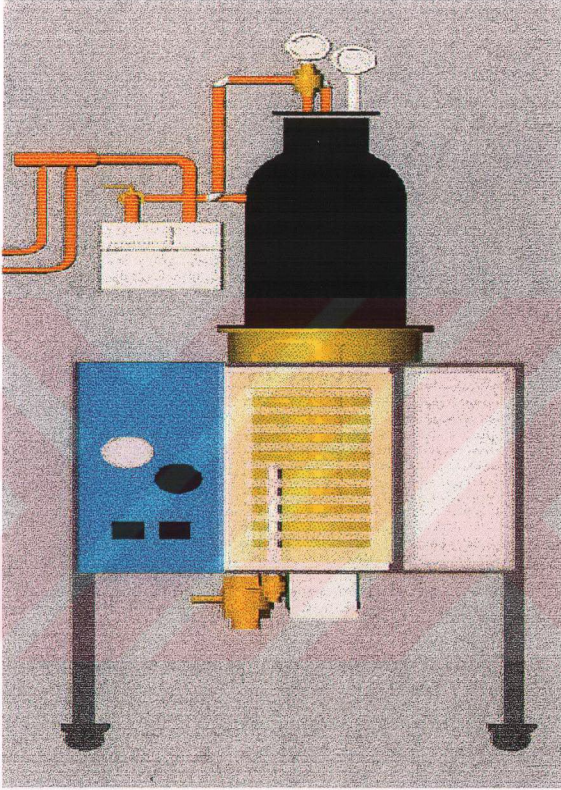


Parça No	Parça Adı
1	Karıştırıcı Tank
2	Gazometre 1
3	Gas Sayacı
4	Gazometre 2
5	Kompresör
6	Yüksek Basınç Tanlı
7	Emniyet Tanlı 1
8	Emniyet Tanlı 2
9	Test Ocak
10	Ana Elektrik Besleme Anahtarı
11	Karıştırıcı Motor Elektrik Anahtarı
12	Kompresör Elektrik Anahtarı
13	Termostat Sıcaklık Ayar Anahtarı
14	Karıştırıcı Tank Boşaltma Vana
15	Karıştırıcı Motoru
16	Rezistans Bölümlü Termometresi
17	Gazometre 1 Bölümlü Termometresi
18	Gazometre 1 Bölümlü Barometresi
19	Gazometre 2 Bölümlü Barometresi
20	Yüksek Basınç Tanlı Bölümlü Barometresi

Şekil - IV.2 Laboratuvar Tipi Biogaz Üretim Cihazının Detaylı Şekli

IV.1.1 Gübre İşleme Kısımı : Gübre işleme kısmı; gübrenin, normal su ve Van Gölü suyuyla sulandırılması, otomatik termostat kullanılarak ısıtılması ve çark motoru kullanarak karıştırılması bunların sonucunda elde edilen biogazın debisinin mini gaz sayacı kullanarak ölçülmesi, gübrenin boşaltılıp yüklenmesi elde edilen biogazın sıcaklığı ve gazın basıncının

ölçülmesi bu kısımda gerçekleştirilmektedir. Gübre işleme kısmının en büyük özelliği biogazın ilk çıkış noktası ve Gazometre I'de birikmesidir. Şekil (IV.3)



Şekil IV.3 Gübre İşleme Kısım

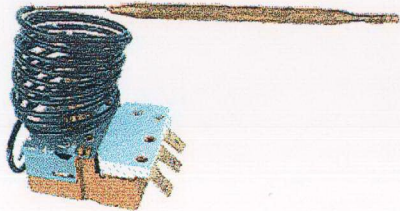
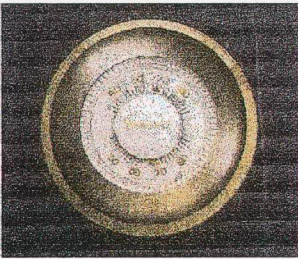
Gübre İşleme Kısımını Oluşturan Elemanlar :

1. Otomatik termostat
2. Karıştırıcı Motor
3. Gübre boşaltma vanası
4. Su ekleme musluğu
5. Termometre I
6. Gübre işleme tankı
7. Gazometre tankı I
8. Termometre II
9. Barometre I
10. Kollektör
11. Mini Gaz Sayacı
12. Rezistans

IV.1.1.1 Otomatik Termostat

15-60°C arası sıcaklığa duyarlı bir cihazdır. Şekil IV.2'de 13 numara ile gösterilmiştir. Otomatik termostat gübre işleme tankının çevresindeki alanın sıcaklığını 25-30°C arasında tutmak için kullanılmıştır. (Şekil, IV.4)

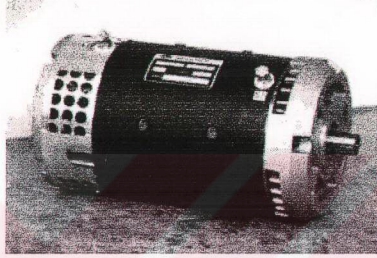
Reaksiyonun en hızlı ve verimli olduğu sıcaklık aralığı 25-30°C'dir. [20] Otomatik termostatın en büyük özelliği istenilen sıcaklıklara ayarlanılabilesidir. Çalışma prensibi ise ısıtılan ortamın sıcaklığı 25°C derecenin altına düştüğü zaman rezistansları devreye sokarak ortamın sıcaklığını yükseltmek ve ısıtılan ortamın sıcaklığı 30°C'nin üzerine çıktığı zaman rezistansları devreden çıkarmaktır.



Şekil IV.4 Otomatik Termostat

IV.1.1.2 Karıştırıcı Motor

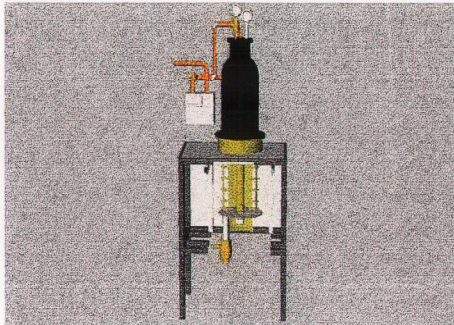
Kullanılan gübre ve suyun tam olarak birbirine karışması yani bulamaç haline gelmesi için 40 dev/dak'lık bir adet redüktörlü motor kullanıldı. Şekil IV.5. Karıştırıcı motor ile termostatın çalışma süreleri eşittir. Redüktörlü motor ortamın sıcaklığına bağlı olarak ortalama 20 dak. bir devreye girerek 7 s çalışmaktadır. Şekil (IV.2)'de 15 numara ile gösterilmiştir.



Şekil IV.5 Karıştırıcı motor

IV.1.1.3 Gübre Boşaltma Vanası

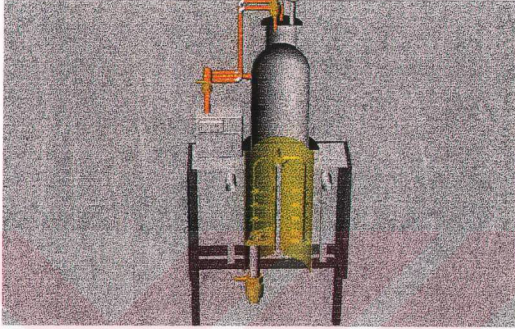
Gübre tamamen işlendikten ve gaz çıkışı durduktan sonra atık gübreyi dışarıya atmak için 2" çapında bir adet küresel vana kullanılmıştır. Şekil IV.2'de 14 numara ile gösterilmiştir. Bu kullanılan küresel vana 12 Bar basınca dayanıklıdır. Şekil (IV.6).



Şekil IV.6 Gübre boşaltma vanası

IV.1.1.4 Su Ekleme Musluğu

Reaksiyon esnasında su ihtiyacını karşılamak için ve gübre boşaltma esnasında gübre işleme tankına tazyikli su göndermek için ½" çapında musluk kullanıldı. (Şekil, IV.7).



Şekil IV.7 Su Ekleme Musluğu

IV.1.1.5 Termometre I

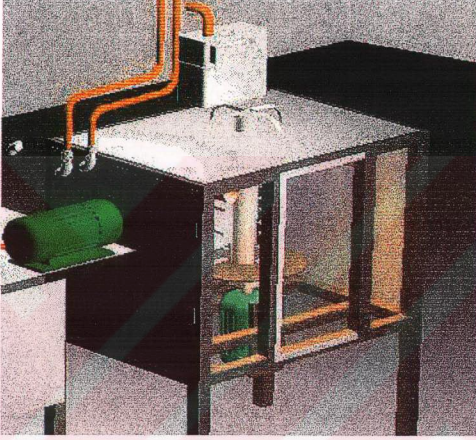
Gübre işleme kısmının iç gövdesinde bulunan gübre işleme tankının çevresindeki alanını sıcaklığını göstermek için 0-100°C termometre kullanılmıştır. Şekil IV.2'de 16 numara ile gösterilmiştir. (Şekil, IV.8)



Şekil IV.8 Termometre I

IV.1.1.6 Gübre İşleme Tankı

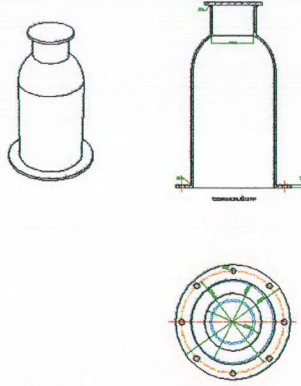
Gübreinin karıştırılması, su ile bulamaç haline getirilmesi ve gübreinin ısıtılması sonucu gaz çıkışının ilk noktasıdır. Gübre işleme tankı 1,5 mm'daki saçtan yapılarak maximum 8 bar basınca dayanıklıdır. Gübre işleme tankının maximum kapasitesi 15 kg gübredir. Gübre işleme tankı şekil IV.2'de 1 numara ile gösterilmiştir.



Şekil IV .9 Gübre İşleme Tankı

IV.1.1.7 Gazometre Tankı I

Gübreinin gübre işleme tankında işlendikten sonra gaz çıkışının olduğu ve depolandığı ilk tanktır. 1,5 mm. saç ile yapılmıştır. Şekil IV.2'de 2 numara ile gösterilmiştir. Gazometre tankı I ile gübre işleme tankı birbiriyle conta ve vidalarla birleştirilerek sızdırmazlık sağlanmaktadır. (Şekil, IV.10)



Şekil IV.10 Gazometre Tankı I

IV.1.1.8 Termometre II

Gübre işleme tankının içindeki gübrenin ve gazometre tankı I'nin içindeki gazın sıcaklığını tespit etmek için termometre II kullanılmıştır. Şekil, IV.2'de 17 numara ile gösterilmiştir. Termometre II 0-90°C sıcaklığı ölçmektedir. (Şekil, IV.11)



Şekil IV.11 Termometre II

IV.1.1.9 Barometre I

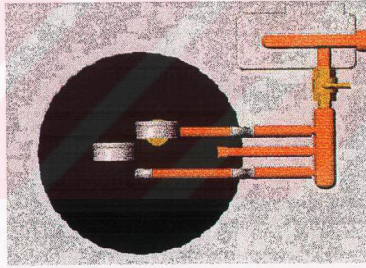
Gübre işleme tankında gerekli olan ortam hazırlandıktan sonra gaz çıkışı sonucu gazometre tankı I'de toplanan gazın basıncını ölçmek için kullanıldı. Şekil, IV.2'de 18 numara ile gösterilmiştir. Barometre I, 0-10 bar ölçebilmektedir. (Şekil, IV.12)



Şekil IV.12 Barometre I

IV.1.1.10 Kollektör

Kollektör doğrudan Gazometre Tankı I' bağlı olarak üç farklı çıkıştan, Gazometre I'deki metan gazının emişini sağlayarak tek çıkıştan mini gaz sayacına gaz taşımaktadır. (Şekil, IV.13)



Şekil IV.13 Kollektör

IV.1.1.11 Mini Gaz Sayacı

Gaz çıkışını sağlayacak gerekli bütün ortam sağlandıktan sonra elde edilen gazın debisini ölçmek için mini gaz sayacı kullanıldı. Genellikle bu tür sayaçlar doğal gaz tesisatlarında kullanılmaktadır. Tüketicilerin tüketim miktarına ve tesisatların özelliklerine göre çok farklı sayaçları gerekli kılmaktadır. TSE 5910 bu norm kapasitelerindeki ölçüleri belirtmektedir. Bu

norm değerler sayaçların anma ölçüleri olmaktadır. G4, G16, G40 vs. şeklinde ifade edilmektedir. İmal edilen laboratuvar tipi biogaz üretim cihazının sıcaklığı, basıncı ve tesisata uygun gaz sayacı tipi G4 tür Şekil IV.2'de 3 numara ile gösterilmiştir. Tablo IV.1'de G4 tipi gaz sayacının teknik özelliklerini göstermektedir. Şekil, IV.14 ve IV.15.

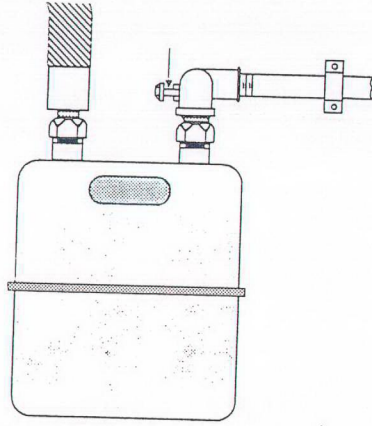
Tablo IV.1 Mini Gaz Sayacının Teknik Özellikleri

MARKA	KALEKALIP
MODEL	G4
Q min	0,04 m ³ / h
Q max	6 m ³ / h
Max. Çalışma Basıncı	0.2 - 0.5 Bar
İç Hacim	2 dm ³
Çalışma Sıcaklığı	-15°C'den + 45°C'ye
Gövde	Derin Çekme sac
Renk / Boya	Beyaz - Elektrostatik Toz Boya
Ölçüler	Ekli şemada verilmiştir.
Ağırlık	2,970 kg.

TSE 5910 anma basıncı 0,1 - 0,5 mbar olan sayaçlarda mukavemet ve sızdırmazlık basıncının 1,1 bar olmasını öngörmektedir.



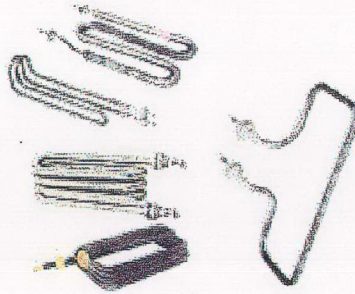
Şekil IV.14 Mini Gaz sayacı



Şekil IV.15 Mini Gaz Sayacının Bağlantı Şekli

IV.1.1.12 Rezistans

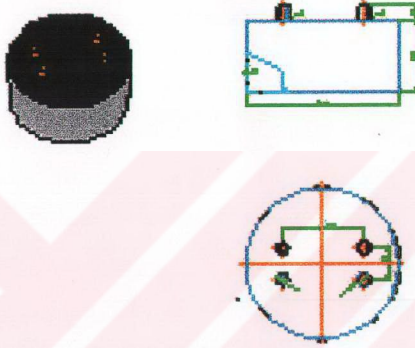
Biyogaz elde edilmesinde diğer önemli ortam koşulu sıcaklıktır. Laboratuar tipi biyogaz üretim cihazında gübre işleme kısmındadır. Rezistanslar gübre karıştırıcı tankın her tarafına aynı sıcaklık elde edilecek şekilde dizayn edilmiştir. Rezistanslar otomatik termostatlara kontrol edilmektedir. Şekil (IV.16)



Şekil IV.16 Rezistans

IV.1.2.1 Gazometre II

Gazometre I'deki gaz sayaçtan geçtikten sonra Gazometre II'ye gelir. Şekil IV.2'de 4 numara ile gösterilmiştir. Gazometre II'de gaz 0,5 Bar'a ulaştığı zaman gaz pompası yardımı ile gaz vana ve çekvalftan geçirilerek yüksek basınç deposuna gaz depolanır. Şekil (IV.18)



Şekil IV.18 Gazometre II

IV.1.2.2 Barometre II

Gazometreye II depolanan gazın basıncını ölçmek için kullanıldı. Şekil IV.2'de 19 numara ile gösterilmiştir. (Şekil, IV.19)



Şekil IV.19 Barometre II

IV.1.2.3 Mini Gaz Pompası

Gazometre II'e depolanan gazı yüksek basınç deposuna depolamak için B.100 SE modeli mini kompresör kullanıldı. Şekil IV.2'de 8 numara ile gösterilmiştir. Mini gaz pompası ilgili teknik özellikler tablo IV.2'de verilmiştir.

Tablo IV.2 Mini Gaz Pompasının Teknik Özellikleri

Model	B.100 : SE
Volt	230
Hz	50 - 60
Max Basınç	4 Bar



Şekil IV.20 Mini Gaz pompası

IV.1.2.4 Gaz Çekvalfi

Gazometre II'den kompresörle yüksek basınç deposuna gönderilen gazın geri dönüşünü engellemek için 1 ½" çapında gaz çekvalfi kullanılmıştır. (Şekil, IV.21)



Şekil IV.21 Gaz Çekvalfi

IV.1.2.5 Yüksek Basınç Deposu

Üretilen gazın belirttiğimiz aşamalardan geçirdikten sonra gazın yüksek basınçta depolandığı son kısımdır. Maximum 14 bar'a dayanıklılığı ölçülen depo, 3 mm. saçtan oksit asitlen kaynağı kullanılarak imal edilmiştir. Şekil IV.2'de 6 numara ile gösterilmiştir.

IV.1.2.6 Barometre III

Yüksek basınçta depolanan gazın basıncını tespit etmek için kullanılmıştır. Şekil IV.2'de 20 numara ile gösterilmiştir. (Şekil I V.22).



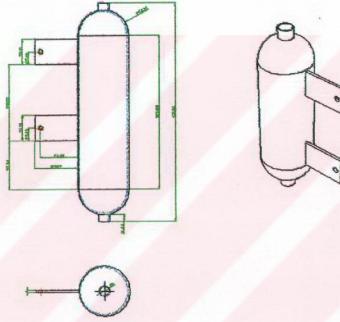
Şekil IV.22 Barometre III

IV.1.2.7 Mini Gaz Pompası Kumanda Şalteri :

Laboratuvar tipi imal edilen biogaz üretim cihazında kullanılan mini gaz pompasının elektrik kumanda düğmesidir. Şekil IV.2'de 12 numara ile gösterilmiştir.

IV.1.2.8 Emniyet Tüpleri

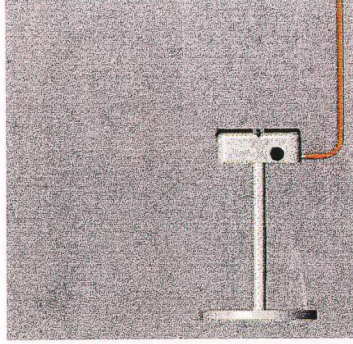
Bütün ortam şartları hazırlandıktan sonra elde edilen biogazın normal şartlarda güvenli bir şekilde yakılması için $\frac{1}{2}$ 'si su ile dolu emniyet tüpleri kullanılmıştır. Şekil IV.2'de 8 ve 7 numaraları ile gösterilmiştir. $\frac{1}{2}$ 'sinin su ile dolu olmasının amacı elde edilen gazı ocakta yakma esnasında alevin hortumdan geri gelerek yüksek basınç deposuna ulaşmasını engellemek içindir. (Şekil, IV.23)



Şekil IV.23 Emniyet Tüpleri

IV.1.3 Gaz Yakma Kısım

Laboratuvar tipi biogaz cihazı kullanılarak elde edilen biogazı güvenli bir ortamda yararlanabileceğimiz bir şekilde yakmak için mini ocak kullanılmıştır. (Şekil, IV.24).



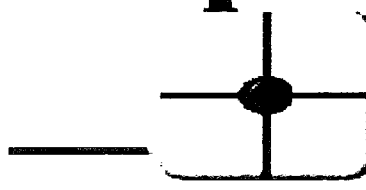
Şekil IV.24 Gaz Yakma Kısımı

Gaz Yakma Kısımını Oluşturan Elemanlar :

1. Mini Gaz Ocağı
2. Gaz hortumu

IV.1.3.1 Mini Gaz Ocağı

Elde edilen biogazı verimli olarak yakmak için mini gaz ocağı kullanılmıştır. Şekil IV.2'de 9 numara ile gösterilmiştir. (Şekil IV.25)



Şekil IV.25 Mini Gaz Ocağı

IV.1.3.2 Gaz Hortumu

Emniyet tüplerinden ocağa gazın güvenli bir şekilde aktarmak için 20 bar basınca dayanıklı dikiş hortumu kullanılmıştır.

IV.2. Laboratuvar Tipi Biogaz Üretim Cihazının Çalışma Prensibi

IV.2.1. Cihazın Çalışması

Deney yapılacak gübre çeşidi ve su temin edildikten sonra şekil IV.2.'de 2 numara ile gösterilen gazometre I orta kısmından vidalar açılarak orantılı olarak gübre ve su yüklemesi yapılır. Bu işlemler yapıldıktan sonra conta kontrolü yapıldıktan sonra tekrar vidalar sızdırmazlık sağlanıncaya kadar sıkılır. Bir süre beklendikten sonra cihazın ilk önce şekil IV.2.'de 14 numara ile gösterilen kumanda düğmesi ile sıcaklık 5-35°C ayarlanır. Daha sonra şekil IV.2.'de 10 ve 11 numara ile gösterilen kumandalarla motora bağlı çelik milin üzerine döşenmiş yapraklar dönmeye başlayarak çalıştırılır . Bu ayarlar yapıldıktan sonra otomatik termostat, rezistansa ve elektrik motoruna 15 dakikada bir enerji verir. Rezistans ve elektrik motoru birlikte 5 s çalışır ve tekrar durur. Bu olay ortalama olarak saatte 4 defa tekrarlanır. Bu

sonra gübrenin miktarı, su miktarı, gübrenin kalitesine bağlı olarak belli bir süre sonra gaz çıkışı olmaya başlar. Gaz ilk önce şekil IV.2'de 2 numara ile gösterilen gazometre I'e dolar. Burayı doldurduktan sonra kolektörden geçerek gaz sayacına, gaz sayacından geçerek gazometre II'ye kadar gaz kendi ağırlığı ile gelir. Gazometre II belli bir doluma ulaştıktan sonra şekil IV.2'de 12 numara ile gösterilen kompresör kumanda düğmesi on haline getirilerek kompresör çalıştırılır.

Mini gaz pompası ile gazometre II'ye dolan gaz mini gaz sayacının numaratorlerini etkilemeden gaz çekvalfindan geçirilerek şekil IV.2.'de 6 numara ile gösterilen yüksek basınç deposuna gönderilir ve gaz şekil IV.2.'de 8 ve 7 numara ile gösterilen emniyet tüplerinden geçirilerek şekil IV.2.'de 9 numara ile gösterilen gaz yakma ocağına kadar gelir ve burada yakmaya hazır hale gelir.

Kullandığımız gübreden gaz çıkışı durduktan sonra bütün vanalar kapatılır. Kolektör kısmından sökülerek gübrenin boşaltılacağı yere gaz işleme kısmı taşınır ve cihazın en alt kısmında ½" çapındaki vanaya tazyikli su basılır ve yine makinanın alt kısmında bulunan 2" çapındaki vana açılarak gübrenin boşaltımı sağlanır. Bu işleme 5 dakika devam ederek cihazın gübre işleme tankının iç kısmı ve karıştırıcı millin kanatları temizlenmiş olur.

IV.3.VAN GÖLÜ VE KİMYASAL ÖZELLİĞİ

Van Gölü, 3712 km² yüzey alanı, 171 m ortalama ve 451 m maksimum derinliğe sahip, denizden 1648 m yükseklikte Türkiye'nin en büyük gölüdür. Suları yüksek derecede sodalı ve tuzludur. Bu su yapısı göle bir "soda gölü" özelliği kazandırmaktadır. Göl suyunun pH değeri 6.9 ve 8.9 civarındadır. Göl suyundaki karbonat ve bikarbonat iyonları toplam klorür iyonundan fazla olup deniz suyuyla karşılaştırıldığında karbonat iyonları 100 kat fazladır. Sülfat konsantrasyonu ve fosfat iyonu denizlerle karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Göle dökülen akarsuların kimyasal özellikleri geçtikleri arazinin yapısına bağlı olarak değişmektedir. Akarsularda sodyum en önemli katyon olup, bunun bir kısmı bikarbonat ile dengelenerek Van Gölü'nün bir soda gölüne dönüşmesinde ana rolü oynamaktadır

Gölün biyolojik çeşitliliği hem tatlı hem de tuzlu sulardan önemli derecede farklılık göstermektedir. Gölün fitoplankton varlığı Diatome, Bacteriophyta, Cynophyta, Chlorophyta, Flagellata ve Phaeophyta gruplarına ait 103 tür, zooplankton varlığını ise Rotatoria, Cladocera ve Copepoda gruplarından 36 türden oluşmaktadır.

IV.4 Laboratuvar Tipi Biyogaz üretim Cihazının Ekonomik – Maliyet Analizi

Laboratuvar tipi biyogaz üretim cihazı laboratuvarlarda eğitim amaçlı kullanılacağı ve bazı ölçümler yapılacağı için hassas sensörler kullanılarak maliyeti artırmıştır. Cihazın üzerinde kullanılan araçlara ait fiyatların ortalaması alınarak Tablo(IV 3) hazırlanmıştır.

Tablo IV.1 Laboratuvar Tipi Biyogaz Cihazının Maliyet Analizi

Malzemenin Cinsi	Kullanılan Adet Sayı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
Karıştırıcı motor	1 adet	340.000.000	340.000.000
Mini Gaz Pompası	1 adet	215.000.000	215.000.000
Otomatik Termostat	1 adet	47.500.000	47.500.000
Mini Doğal Gaz Sayacı	1 adet	75.000.000	75.000.000
Barometre	3 adet	70.000.000	210.000.000
Termometre	3 adet	5.000.000	15.000.000
Sac	3 tabaka	25.000.000	75.000.000
Profil	15 m	5.000.000	75.000.000
Boru	1 boy (4 m)	10.000.000	10.000.000
Doğal Gaz Vanası	4 adet	15.000.000	60.000.000
Gübre boşaltma vanası	1 adet	20.000.000	20.000.000
Su Doldurma Vanası	1 adet	10.000.000	10.000.000
Gazometre I	1 adet	300.000.000	300.000.000
Gazometre II	1 adet	210.000.000	210.000.000
Yüksek Basınç Deposu	1 adet	345.000.000	345.000.000
Karıştırıcı Tank	1 adet	400.000.000	400.000.000
Boya	3 kg	6.000.000	18.000.000
Emniyet Tüpleri	2 adet	65.000.000	130.000.000
Mini Gaz Ocağı	1 adet	20.000.000	20.000.000
Rezistans	3adet	20.000.000	60.000.000

TOPLAM.....2.615.000.000 TL

BÖLÜM V

DENEYLER

Deney seti kurulduktan sonra ve gerekli olan ısı ve basınç testlerinden sonra deneylerde kullanılacak gübre ve su çeşitlerinin temini için araştırmalar yapılmıştır ve bu araştırmalar sonucunda 30 lt Van Gölü suyu ve gerekli gübre miktarı için söz alınmıştır.

Yapılan bütün deneylerde ortalama olarak sıcaklık, gübre miktarı, su miktarı, gübrenin karıştırıcı tankta bekleme süresi ve gübreyi karıştırma süresi gibi değerler sabit tutularak kullanılan su çeşidi (Van Gölü suyu, normal kullanım suyu), gübre çeşidi (Büyük ve Küçükbaş hayvan, tavuk) gibi nitelikler değişken alınmıştır. Tablo V.1. ve tablo V.2.'de gösterilmiştir.

Tablo V.1. Alınan Sabit Değerler

Alınan Sabit Değer	Miktar
Sıcaklık	5 - 35°C
Gübre	4 kg
Gübrenin Bekleme Süresi	20 gün
Karıştırma Hızı	40 dev/dak.
Karıştırma Süresi	4 dev/h.

Tablo V.2. Alınan Değişken Değerler

Alınan Değişken Değerler	Cinsi
Gübre	Büyükbaş Hayvan Küçükbaş Hayvan Tavuk
Su	Van Gölü suyu Normal kullanım suyu

V.1. Büyükbaş Hayvan - Normal Su Deneyi

Tuzla'da 20 adet büyükbaş hayvan kapasiteli bir çiftlikten alınan 4 kg ıslak gübre ile 2 lt normal su laboratuvar tipi biogaz cihazına yüklenerek beklenmeye alınmıştır. Gerekli sıcaklık (5-35°C) ve 40 dev/dak karıştırma oranında 20 gün beklenilerek elde edilen gazı hacmi ve kullanılan materyaller tablo V.3.'te verilmiştir.

Tablo V.3. Büyükbaş Hayvan - Normal Su Deneyi

Gübre Türü	Büyükbaş Hayvan
Su Türü	Normal Su
Sıcaklık	5 - 35°C
Karıştırma oranı	40 dev/dak
Gübre Miktarı	4 kg
Su Miktarı	2 lt.
Bekleme Süresi	20 Gün
Elde edilen gazın hacmi	0,29 m ³

V.2. Büyükbaş Hayvan - Van Gölü Su Deneyi

Tuzla'da bulunan çiftlikten alınan 4 kg gübre ile Van'da bulunan Van Gölü suyundan getirilen 30 lt sudan 2 lt su biogaz cihazına yüklenerek gerekli ısıtma ve karıştırma sağlanarak 20 gün bekletilmiştir. 20. günün sonunda elde edilen gazın hacmin ve kullanılan materyaller tablo V.4.'de gösterilmiştir.

Tablo V.4. Büyükbaş Hayvan - Van Gölü Su Deneyi

Gübre Türü	Büyükbaş Hayvan
Su Türü	Van Gölü Suyu
Sıcaklık	5 - 35°C
Karıştırma oranı	40 dev/dak
Gübre Miktarı	4 kg
Su Miktarı	2 lt.
Bekleme Süresi	20 Gün
Elde edilen gazın hacmi	0,41 m ³

V.3. Küçükbaş Hayvan - Normal Su Deneyi

Tuzla'da bulunan 100 küçükbaş hayvan kapasiteli çiftlikten alınan 4 kg küçükbaş hayvan gübresi ile 2 lt su laboratuvar tipi biogaz, üretim cihazına yüklendikten sonra gübre işlenmeye alınmıştır. 20. günün sonunda elde edilen biogaz miktarı mini gaz sayacından okunmuştur. (Tablo V.5.)

Tablo V.5. Küçükbaş Hayvan - Normal Su Deneyi

Gübre Türü	Büyükbaş Hayvan
Su Türü	Normal Su
Sıcaklık	5 - 35°C
Karıştırma oranı	40 dev/dak
Gübre Miktarı	4 kg
Su Miktarı	2 lt.
Bekleme Süresi	20 Gün
Elde edilen gazın hacmi	0,15 m ³

V.4. Küçükbaş Hayvan - Van Gölü Su Deneyi

Aynı yerden alınan 4 kg küçükbaş hayvan gübresi ile 2 lt Van Gölü suyu cihaza yüklenerek beklenmeye alınmıştır. 20. günün sonunda elde edilen biogaz miktarı mini gaz sayacından okunmuştur. (Tablo V.6.)

Tablo V.6. Küçükbaş Hayvan - Van Gölü Su Deneyi

Gübre Türü	Büyükbaş Hayvan
Su Türü	Normal Su
Sıcaklık	5 - 35°C
Karıştırma oranı	40 dev/dak
Gübre Miktarı	4 kg
Su Miktarı	2 lt.
Bekleme Süresi	20 Gün
Elde edilen gazın hacmi	0,21 m ³

V.5. Tavuk Gübresi - Normal Su Deneyi

İstanbul Zeytinburnu'nda bulunan tavuk çiftliğinden temin edilen gübre ve normal su laboratuvar tipi biogaz cihazına yüklendikten sonra gerekli ortam sıcaklığı ve karıştırma sağlanarak 20 gün bekletilerek elde edilen gazın hacmi aşağıda tablo V.7.'de gösterilmiştir.

Tablo V.7. Tavuk Gübresi - Normal Su Deneyi

Gübre Türü	Tavuk Gübresi
Su Türü	Normal Su
Sıcaklık	5 - 35°C
Karıştırma oranı	40 dev/dak
Gübre Miktarı	4 kg
Su Miktarı	2 lt.
Bekleme Süresi	20 Gün
Elde edilen gazın hacmi	0,10 m ³

V.6. Tavuk Gübresi - Van Gölü Su Deneyi

Aynı çiftlikten alınan gübre ile Van Gölü suyu cihaza yüklendikten sonra gerekli ortam şartları sağlandıktan 20 gün sonra elde edilen biogaz miktarı tablo V.8.'de gösterilmiştir.

Tablo V.8. Tavuk Gübresi - Van Gölü Su Deneyi

Gübre Türü	Tavuk Gübresi
Su Türü	Van Gölü Suyu
Sıcaklık	5 - 35°C
Karıştırma oranı	40 dev/dak
Gübre Miktarı	4 kg
Su Miktarı	2 lt.
Bekleme Süresi	20 Gün
Elde edilen gazın hacmi	0,14 m ³

V.7. Tavuk Gübresi - Normal Su Deneyi II

Deney V.5 ve V.6'da alınan sonuçlarda beklenildiğinden daha az biyogaz çıkışı olduğundan gün sayısı 30'a çıkarılarak Deney V.5 tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo V.9'da gösterilmiştir.

Tablo V.9. Tavuk Gübresi - Van Gölü Su Deneyi

Gübre Türü	Tavuk Gübresi
Su Türü	Normal Su
Sıcaklık	5 - 35°C
Karıştırma oranı	40 dev/dak
Gübre Miktarı	4 kg
Su Miktarı	2 lt.
Bekleme Süresi	30 Gün
Elde edilen gazın hacmi	0,40 m ³

V.8. Tavuk Gübresi – Van Gölü Su Deneyi II

Gün sayısı 30'a çıkarılarak Deney V.6 tekrarlanarak elde edilen sonuçlar tablo V.10'da gösterilmiştir.

Tablo V.10. Tavuk Gübresi - Van Gölü Su Deneyi

Gübre Türü	Tavuk Gübresi
Su Türü	Van Gölü Suyu
Sıcaklık	5 - 35°C
Karıştırma oranı	40 dev/dak
Gübre Miktarı	4 kg
Su Miktarı	2 lt.
Bekleme Süresi	30 Gün
Elde edilen gazın hacmi	0,44 m ³

BÖLÜM VI

SONUÇLAR

Biyogazın maksimum edilmesini etmeyi sağlamak, değişik su çeşitleri (Van Gölü suyu, normal su) ile değişik gübre çeşitlerinin (Büyükbaş, Küçükbaş ve Tavuk) birbirleriyle orantılı olarak karıştırılarak sonuçlarını gözlemek ve küçük çaplı çiftliklerde veya laboratuarlarda eğitim amaçlı olmak üzere elde edilen gazın güvenli bir şekilde yakılmasını sağlamak için gerekli literatür çalışması yapıldıktan sonra Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Enerji Eğitimi Anabilim Dalı Atölye ve Laboratuvarlarının imkanları çerçevesinde laboratuvar tipi Biyogaz üretim cihazı imal edilmiştir. Cihazın portatif olması, kolayca yüklenilebilir ve boşaltılabilir olması en büyük özelliğidir.

Laboratuvar tipi biogaz üretim cihazı ile yapılan çeşitli deneyler farklı gübre ve farklı su çeşitlerinin aynı ortamda (karıştırma, ısıtma, bekleme süresi) işlenmesi sonucu farklı gaz miktarları elde edilmiştir.

Kullanılan Gübre Çeşitleri :

- Büyükbaş hayvan gübresi
- Küçükbaş hayvan gübresi
- Tavuk gübresi

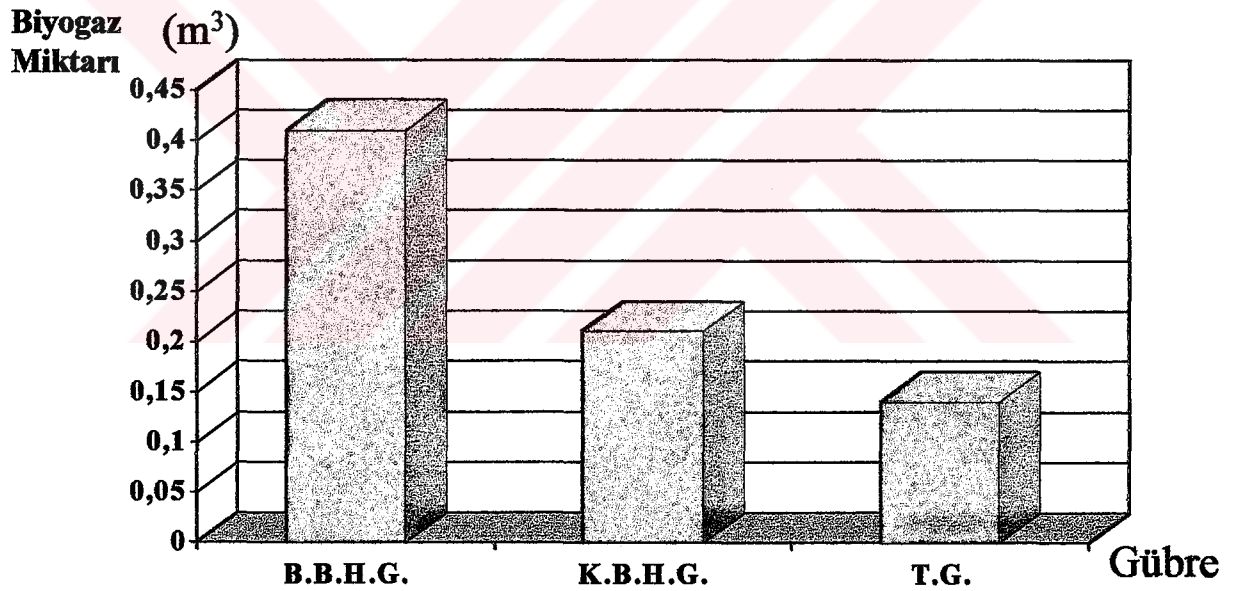
Kullanılan Su Çeşitleri :

- Van Gölü Suyu
- Normal Su (H₂O)

VI. 1 Yapılan Deney Çeşitleri I

- Büyükbaş Hayvan Gübresi – Van Gölü suyu
- Küçükbaş Hayvan Gübresi – Van Gölü suyu
- Tavuk Gübresi – Van Gölü suyu

Bu yapılan deneylerde (karıştırma süresi, sıcaklık, gübre miktarı, su miktarı ve bekleme süreleri) sabit tutularak elde edilen biyogaz miktarı Şekil (VI.1)'de gösterilmiştir.

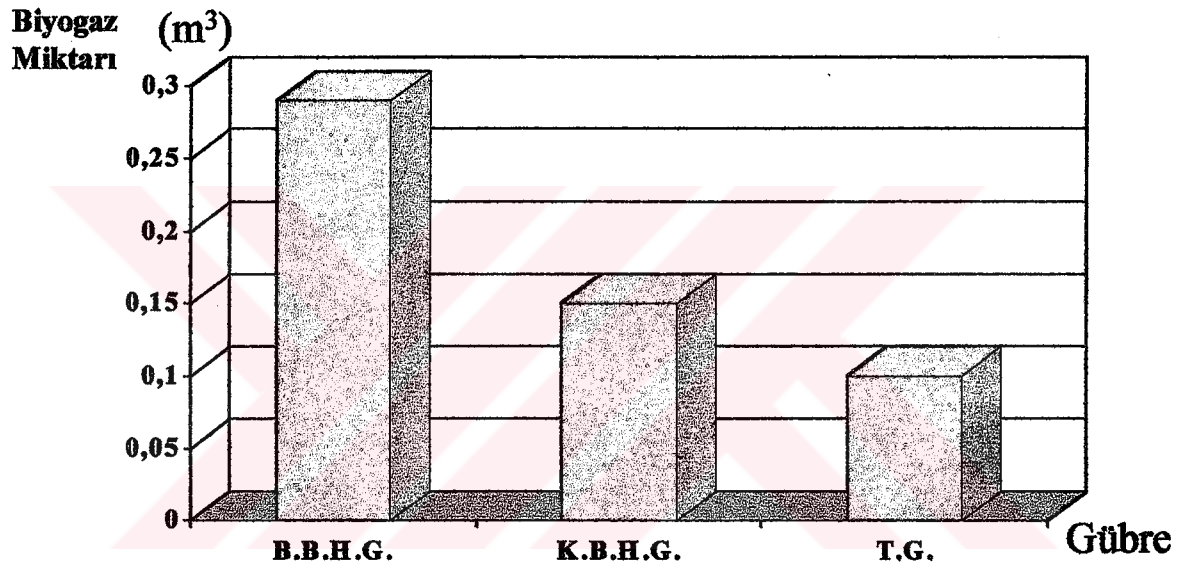


Şekil VI.1 Van Gölü Suyu Kullanılarak Elde Edilen Biyogaz Miktarının Karşılaştırılması(Bekleme süresi 20 gün)

VI. 2 Yapılan Deney Çeşitleri II

- Büyükbaş Hayvan Gübresi – Normal su
- Küçükbaş Hayvan Gübresi – Normal su
- Tavuk Gübresi – Normal su

Yapılan deneylerde karıştırma süresi, sıcaklık, gübre miktarı, su miktarı ve bekleme süresi sabit tutularak elde edilen verim Şekil (VI.2)'de gösterilmiştir.



Şekil VI.2 Normal Su Kullanılarak Elde Edilen Biyogaz Miktarının Karşılaştırılması(Bekleme süresi 20 gün)

Daha sonra yapılan araştırmada tavuk gübresinden beklenenden daha az biyogaz miktarı elde edildiği görülmüş ve tavuk gübresi ile ilgili yapılan literatür çalışmasında tavuk gübresinin bekleme süresinin 30 günden az olmaması gerektiği saptanmış ve yeni deneyler yapılmıştır.

VI.3 Deney Çeşitleri III

Bu deneylerde sıcaklık, gübre miktarı, su miktarı, karıştırma oranı, bekleme süresi (30 gün) sabit tutularak tavuk gübresi – Van Gölü suyu ve tavuk gübresi – normal su deneyleri tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo (VI.1)'de gösterilmiştir.

Tablo VI.1 30 Günlük Deneylerden Elde Edilen Biyogazın Hacmi

Gübre Çeşidi	Biyogaz Miktarı (m ³)
Tavuk Gübresi – Van Gölü suyu	0,44
Tavuk Gübresi – Normal su	0,40

Bu deneylerde elde edilen biyogaz gaz kromatografisinin'de ayrıştırılarak metan CH₄ ve diğer gaz bileşenleri saptanmıştır. Tablo (VI.2)

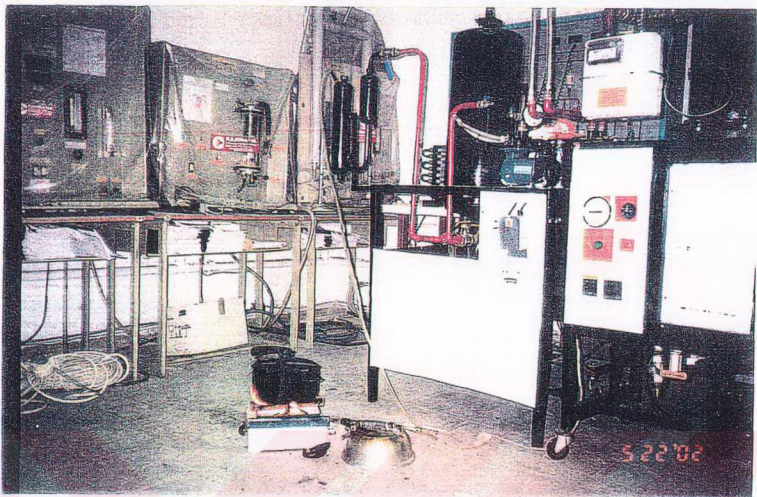
Tablo VI.2 Biyogazı Oluşturan Gazların Yüzdeleri

CH ₄	%56
CO ₂	%21
N ₂	%13
HS ₂ + O ₂ + Diğer Gazlar	%10

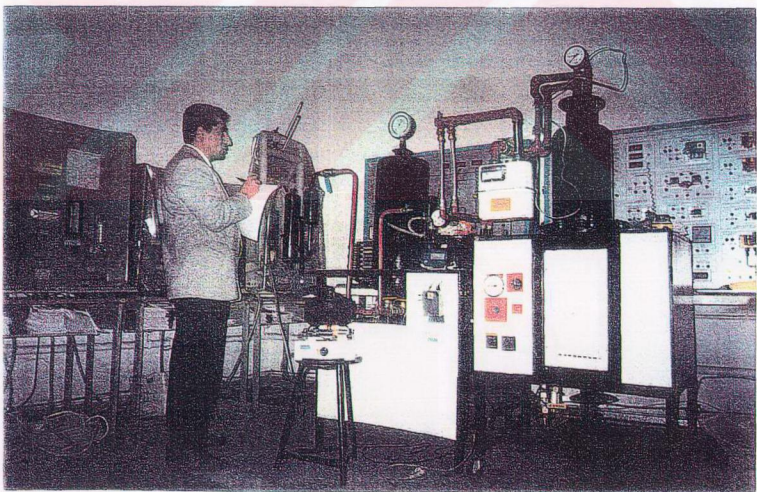
Sonuç olarak yapılan Deney I, II ve III'te tavuk gübresinin – Van Gölü suyu ile yapılan deneyinde elde edilen metan (CH₄) gazının diğer gübre ve su karışımlarından daha fazla olduğu görülmüştür.

Van Gölü suyunun Ph 6.9ve8.9 değerleri arasında değişmektedir ve az miktarda sodalı olmasından dolayı fermantasyon esnasında gaz çıkışını önemli derecede etkileyen Ph değerini sabit tutarak gaz çıkışını maksimum seviyede tuttuğu saptanmıştır.

Bütün deneylerde elde edilen biyogaz 16.05.2002 ve 12.12.2002 tarihlerinde Sayın Prof. Dr. A. Korhan BİNARK'ın her sene organize ettiği yılın deneyi adı altındaki Alternatif Enerji kaynakları dersinde iklimlendirme ve soğutma laboratuvarında Danışman Hocam ve 4CE öğrencileri gözetiminde, Yalnızca biyogaz yakılarak hamsi buğulama ve işkembe çorbası pişirilerek öğrencilere ikram edilmiştir. Şekil VI.3. . VI 4 ve VI.5' de cihazın fotoğraf ve deney esnasında biyogazın yakılması gösterilmiştir.



Şekil VI.3 Alevin perspektif görüntüsü



Şekil VI.4 Alevin önden görünüşü



Şekil VI.5 Alevin yandan görünüşü

BÖLÜM VII

TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Bu tez kapsamında yapılan laboratuvar tipi biyogaz üretim cihazı, beklenilenden daha olumlu sonuçlar vermesine rağmen daha da geliştirilebilir. Örneğin otomatik kontrollü olarak yapılabilir. Laboratuvarlar da eğitim amaçlı gösterilmek üzere gaz çıkışının en çok hangi sıcaklık aralığında olduğu, bulamacın kuruluk ve ıslaklık esnasında gaz çıkışının olup olmadığı, hangi gübre çeşidinde kaç günden sonra gaz çıkışının başladığı, su miktarı ve gübre miktarının değişik oranlarda karıştırılarak fermantasyon hızı araştırılabilir ve bazı sensörlü aparatlar kullanılarak bilgisayarda gözlenilebilir. Fermantasyondan önce ve sonra gübrenin kimyasal özelliği ayrıştırılarak meydana gelen değişiklikler incelenip karşılaştırma yapılabilir.

Araştırma İhtiyacı

Bugüne kadar yapılan araştırmalar belirli bir bilgi birikimi sağlamıştır. Ancak bu yeterli değildir. Biyogaz araştırmalarını ülke düzeyinde yönlendirecek ve organize edecek bir birim oluşturmalı veya görevlendirilmelidir. Dünya'daki gelişmeler yakından izlenmelidir.

Araştırmalarda öncelik verilecek konular aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Biyogaz tesislerinin inşaat tiplerinin bölge koşullarına göre geliştirilmesi,
- Ucuz ve yöresel izolasyon materyallerinin saptanması,
- Biyogaz kullanım araçlarının geliştirilmesi,
- Bitkisel atıklardan da biyogaz elde edilmesi olanaklarının saptanması,
- Biyogaz tesislerinden çıkan gübrenin bitkisel üretime ve toprak özelliklerine etkilerinin araştırılması,

Biyogaz tesislerinden çıkan gübrenin araziye taşınımı ve dağıtımını sağlayıcı mekanizasyonun geliştirilmesi, Biyogazın çevre sağlığına olan katkılarının saptanması.

Eğitim ve Yayın

Eğitim, başarıyı sürekli kılan önemli bir etkidir. Bunun için kurulacak araştırma birimi, bir eğitim ve yayın merkezi olarak da değeriendirilebilir. Bu merkezde araştırmacı ve uygulayıcı teknik personel tarafından, usta ve çiftçiler biyogazla ilgili gelişmeler konusunda sürekli eğitilmelidir. Biyogaz konusunda başarılı çalışmalar yapan ülkelerle işbirliği içinde olunmalıdır. Kamuoyuna konunun önemini anlatmak amacıyla toplantılar yapılmalı, görsel ve işitsel araçlarla eğitim ve yayın çalışmalarının sürekliliğı sağlanmalıdır. Kuşkusuz bir konunun başarıya ulaşmasının ön koşulu, inanmak ve gerçekçi politikalar üreterek, uygulamanın sürekliliğini sağlamaktır. Biyogaz üretim teknolojisinin yaygınlaşması sonucu, şüphesiz ülkemizin enerji tüketimine ve tarımına katkı sağlanabilecektir. Türkiye'nin gündeminde biyogazın, olması gereken boyutta yer alması en büyük dileğimizdir.



KAYNAKLAR

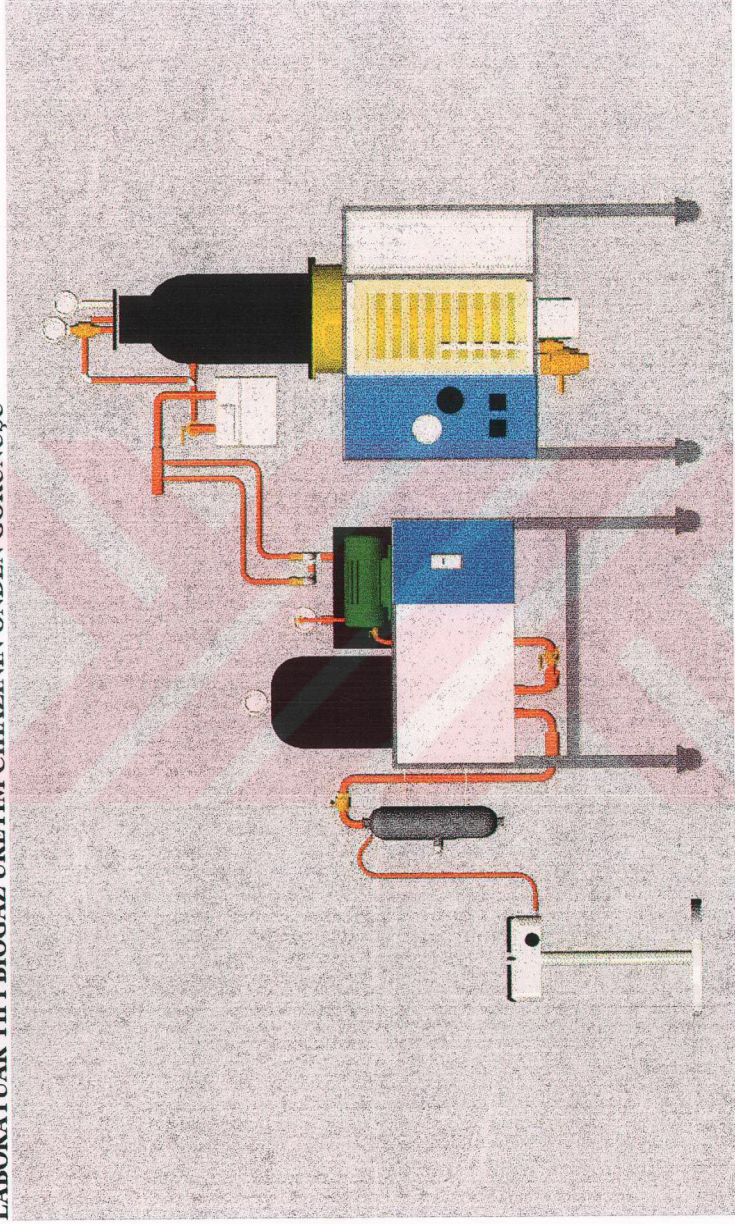
- [1] Wellinger, A., Edelman W., Favre, R., Seiler, B. Und Worschitz D. **1984.** Biogas Handbuch. Grundlagen planung Betrieb Landwirtschaftisher Biogasnalagen. Verlag Wirz, Aarav
- [2] Evliya, H. **1964.** Kültür Bitkilerinin Beslenmesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı : 10
- [3] . Nesteren BİLGİN, Mustafa BİLİR, Yusuf DENİZ, Ertuğrul KARABAY IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu. Sayfa 1036. **2002** (Türkiye’de Biyogaz)
- [4] İyiel, V. ve Bilgi, N. **1970.** Gbregazı (Biyogaz). Gbregazı Tesisleri ve Gbregazı ile Çalışan Ocak Soba ve Lüks Gibi Araçların İmali Sonuç Raporu. Köy İşleri Başkanlığı Rapor No. : 50 2355.
- [5] Türkiye Çevre Sorunları Vakfı. **1988.** Biyolojik Zenginlikler ve Ekonomik Kalkınma, Ankara, **Mayıs 1988**
- [6] Türkiye Çevre Sorunları Vakfı. **1983.** Türkiye’nin Çevre Sorunları, Ankara, **Aėustos 1983**
- [7] YILMAZ, Cengiz ve M. Ali Bilginoėlu. **1988.** Çevre Sorunları ve Ekonomi (I-II), Verimlilik Dergisi, sayı 3-4, **Mart-Nisan 1988**, Milli Produktivite Merkez Yayınları, Ankara
- [8] TAřCI, Ahmet. **1988.** Copten Hammaddeye, Bilim ve Teknik Dergisi (BTD), sayı 253, **1988.** TUBITAK Yayınları, Ankara
- [9] Biogas-Systeme (1984) : Deponiegas Colloquim. Giessen. 26./27. **January 1984.**

- [10] Türkiye Çevre Sorunları Vakfı. 1991. Ortak Geleceğimiz, Ankara, Ekim 1991.
- [11] KORUR, Engin. 1989. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Bilim ve Teknik Dergisi (BTD), sayı 254, 1989, TUBİTAK Yayınları, Ankara
- [12] Türkiye'nin Yeni ve Temiz enerji Kaynakları, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, 1984, Ankara
- [13] Colling, R.H., 1979 : Upgrading Landfill Gas to Pipeline Specifications, ISW journal, 28/29 s, s.1-4.
- [14] TOPRAK SU Kartoğrafya Müdürlüğü 1981, 6-12m³ kapasiteli biogaz tesisleri inşaatında izlenecek yol, Ankara
- [15] SUNGUR,Necati.1988. Çevre Sorunu (B.T.D), Sayı 253 1988. TUBİTAK Yayınları Ankara
- [16] DENİZ, Y., 1987, Türkiye'de Biyogaz Potansiyeli ve Biyogazın Sağlayacağı Yararlar. T.C. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü – ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No.133, Ankara
- [17] TOPRAKSU Kartoğrafya Müdürlüğü, 1981, 6-12m³ kapasiteli biyogaz tesisleri inşaatında izlenecek yol, Ankara
- [18] TOPRAKSU Kartoğrafya Müdürlüğü, 1983, Biyogaz ve yararları, Ankara
- [19] BOLU, A., 1987, eskişehir koşullarında 13m³ kapasiteli biyogaz tesisinin gaz verimi, T.C. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No.205, Eskişehir
- [20] BİLİR, M., BİLGİN, N., DENİZ, Y., KARABAY, E., 1987, Orta Anadolu koşullarında 28 m³ kapasiteli biyogaz tesisinin gaz verimi, T.C. Tarım orman ve Köyşleri Bakanlığı

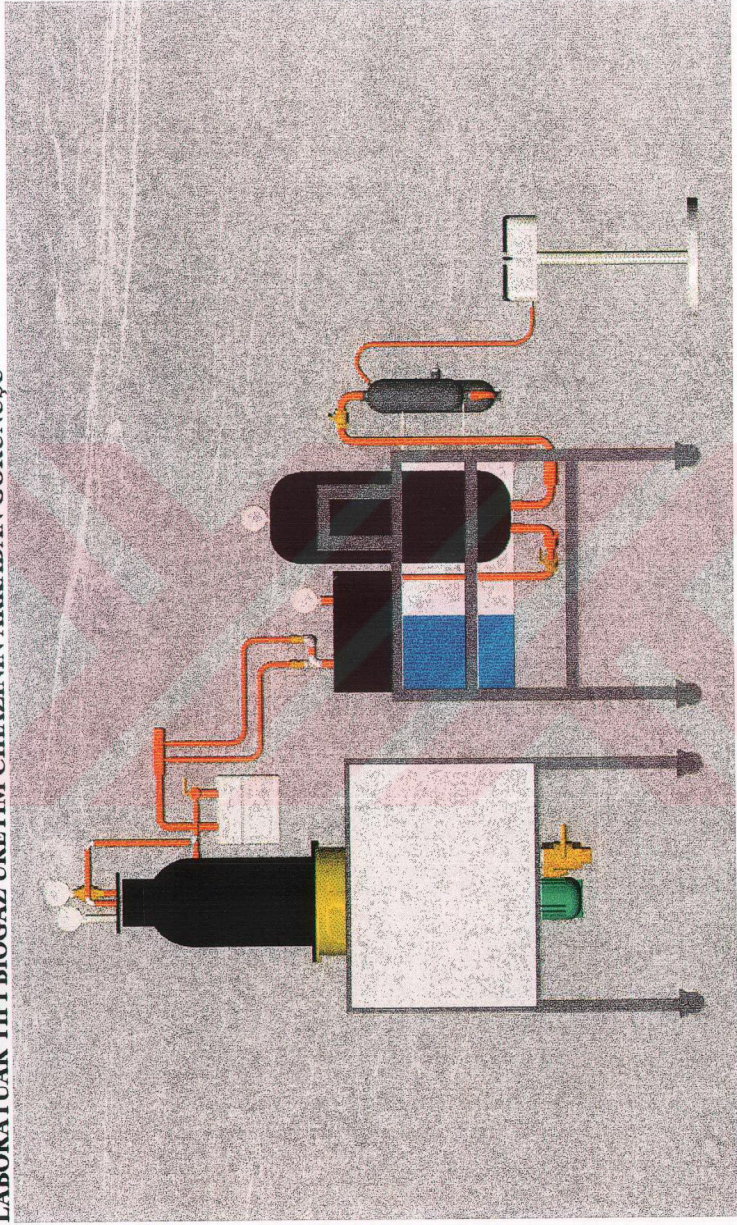
Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü – Ankara araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
No.142, Ankara

- [21] ÖZDEN, D.M., 1988. Erzurum koşullarında 12 m³ kapasiteli. Biyogaz tesisinde sığır gübresinin gaz verimi, Erzurum araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No.17Erzurum
- [22] Khandeval KC ,Mahdi SS.In:Biogas technology: practical handbook New Delhi:TataMcGrav-1986.P.51-2.
- [23] Buren. Arrane Van. A.,Chinese Biogas Manual Intermediate Technology Publications Ltd. London.1988
- [24] C.R Prasad and S.P.C Stahyanara, Proc Indian Acad. Sci C2 377 (1979)
- [25] Alexander M. Introduction to soil micerobiology .New York : wiley, 1977

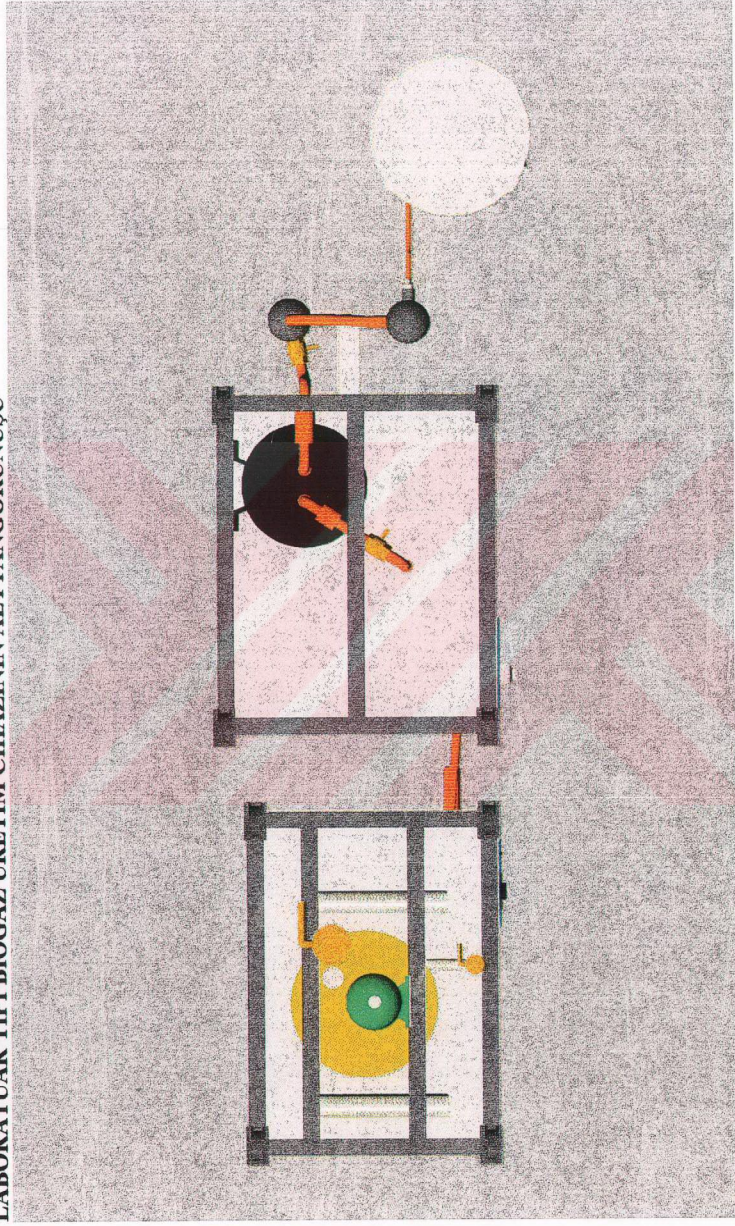
LABORATUAR TİPİ BIOGAZ ÜRETİM CİHAZININ ÖNEN GÖRÜNÜŞÜ



LABORATUAR TİPİ BIOGAZ ÜRETİM CİHAZININ ARKADAN GÖRÜNÜŞÜ



LABORATUAR TİPİ BIOGAZ ÜRETİM CİHAZININ ALTTANGÖRÜŞÜ



LABORATUAR TİPİ BİOGAZ ÜRETİM CİHAZININ PERSPEKTİF GÖRÜNÜŞÜ

