

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAVUK ÇİFTLİKLERİNDEN KAYNAKLANAN GÜBRE
ATIKLARININ İNCELENMESİ VE UYGUN ARITMA
SİSTEMİNİN ÖNERİLMESİ**

Çevre Müh. Emel ENTÜRK

FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında
Hazırlanan

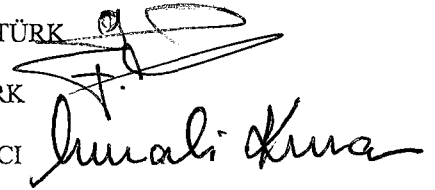
YÜKSEK LİSANS TEZİ

168.356

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK

Jüri Üyesi: Prof. Dr. Cumali KINACI



İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ	vi
SİMGE LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın amaç ve kapsamı.....	3
2. BİYOGAZ TEKNOLOJİSİ	4
2.1 Biyogaz Teknolojisi, Tanımı ve Özellikleri.....	4
2.2 Biyogaz Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları	10
2.2.1 Avantajlar.....	10
2.2.2 Dezavantajlar	11
2.3 Kompost nedir? Biyogaz ve Kompost Sistemlerinin Karşılaştırılması	12
2.4 Biyogaz Oluşum Kademeleri.....	13
2.4.1 Birinci Kademe: Hidroliz.....	14
2.4.2 İkinci Kademe : Asit Oluşturma	15
2.4.3 Üçüncü Kademe : Metan Oluşumu.....	16
2.5 Biyogaz Üretimini Etkileyen Temel Kriterler	16
2.5.1 Reaktör Sıcaklığı.....	17
2.5.2 Hidrolik Bekleme Süresi (HBS)	20
2.5.3 Ortamdaki su miktarı	21
2.5.4 Organik Yükleme Hızı	21
2.5.5 pH.....	22
2.5.6 Karıştırma	23
2.5.7 C/N Oranı.....	23
2.5.8 Toksisite.....	26
3. DÜNYADA ve TÜRKİYE'DE BİYOGAZ TESİSLERİ.....	28
3.1 Dünyada Biyogaz Tesisleri	28
3.2 Türkiye'de Biyogaz Tesisleri.....	34
4. BİO REAKTÖR TİPLERİ.....	37
4.1 Küçük Hacimli Reaktörler	37

4.1.1	Yüzer Çatılı Hindistan Tipi Bio Reaktörler	38
4.1.2	Sabit Çatılı Çin Tipi Reaktörler	40
4.1.3	Yüzer Çatı Tipi Reaktörler.....	46
4.1.4	Torba Tipi (Tayvan Çin) Reaktörler	48
4.1.5	Balon Tipi Reaktörler	49
4.2	Büyük Kapasiteli Reaktörler.....	51
4.2.1	Tam Karışımli Reaktörler	51
4.2.2	Lagun Tipi Reaktörler.....	53
4.2.3	Piston Akımlı Reaktörler	55
5.	BİO-REAKTÖR TESİSİ TASARIMINDA VE İŞLETİLMESİNDE DİKKATE ALINACAK KONULAR	58
5.1	Besleme Yöntemi.....	58
5.2	Biyogaz Tesisi Kapasitesi ve Dizaynı.....	59
5.2.1	Günlük oluşan gübre miktarı ve yoğunlukları	59
5.2.2	Gübrelerin katı madde oranları ve seyreltme.....	61
5.2.3	Bio-reaktör hacmi hesabında dikkate alınacak parametreler	62
5.2.4	Biyogaz Miktarının Hesaplanması.....	65
5.2.5	Bio-reaktöre ait çürütme ve gaz depolama bölümü hacimlerinin hesaplanması ...	66
5.3	Biyogaz Tesisi Bölümleri	67
5.3.1	Giriş tankı.....	67
5.3.1.1	Giriş-çıkış yapıları	68
5.3.2	Anaerobik Çürütücü (fermantasyon tankı)	69
5.4	Anaerobik Çürütücü Malzemeleri.....	70
5.5	Gaz tutucu bölme	71
5.5.1	Yüzer çatı gaz tutucular	71
5.5.2	Sabit kubbeli gaz tutucular.....	72
5.5.3	Plastik gaz tutucular	73
5.6	Biyogaz Tesisi Ekipmanları	73
5.6.1	Biyogaz boruları.....	73
5.6.2	Çelik ve PVC borular	74
5.6.3	PE boruları	74
5.7	Karıştırma sistemleri	76
5.8	Isıtma sistemleri	78
5.8.1	Direk ısıtma.....	79
5.8.2	Dolaylı ısıtma.....	79
5.8.2.1	Zeminin ısıtılması	79
5.8.2.2	Tankın iç kısmının ısıtılması.....	80
5.8.2.3	Tank üzerindeki ısı değıştiriciler	80
5.8.2.4	Tank dışındaki ısı değıştiriciler.....	80
5.9	Isı yalıtımı	81
5.10	Pompalar	82
5.10.1	Santrifüj pompalar	82
5.10.2	Pozitif deplasmanlı pompalar	83
5.11	Biyogaz Tesisinin Kurulma ve İşletme Aşamaları	83
5.11.1	Yer seçimi	84
5.11.2	Hammadde girdisi	84
5.11.3	Atıkların taşınması	85
5.11.4	Çürütücünün doldurulması ve sürekli besleme yöntemi.....	86
5.11.5	Diğer dikkate alınması gereken konular	87

5.11.6	Güvenlik.....	89
6.	BİOGAZ VE BİO-ÇAMUR	91
6.1	Biyogaz Değeri	91
6.2	Biyogaz Cihazları.....	93
6.2.1	Gaz ocakları/sobaları	93
6.3	Biyogaz lambaları	95
6.4	Kullanım alanlarına göre gerekli biyogaz miktarları	97
6.5	Bio-Gübre Değeri.....	98
6.6	Aritma Çamurunun Kullanılışı	100
7.	HAYVAN ATIKLARININ ÖZELLİKLERİ VE TAVUK YETİŞTİRİCİLİĞİ.	105
7.1	Hayvan Atıklarının Özellikleri	105
7.1.1	Kümes hayvanları gübrelerinin anaerobik arıtımında amonyakın etkisi	107
7.1.1.1	Amonyak kayıplarının en fazla olduğu durumlar	108
7.1.2	Hayvan Miktarları.....	112
7.1.3	Tavuk Çiftliği Atıklarının Genel Özellikleri.....	117
7.2	Tavuk Yetiştiriciliği	119
7.2.1	Piliç Büyütme Kümesleri.....	120
7.2.1.1	Tüneksiz kümesler	120
7.2.1.2	Yumurta tavuğu kümesleri.....	121
7.2.1.3	Izgara sistemi (tünekli kümesler).....	121
7.2.1.4	Kafes sistemi.....	121
7.2.2	Kümes içi ekipmanlar	123
7.2.2.1	Folluk	123
7.2.2.2	Suluk	124
7.2.3	Kümes içi çevre koşullarının değerlendirilmesi	124
7.2.3.1	Nem.....	125
7.2.3.2	Havalandırma.....	127
7.2.3.3	Aydınlatma.....	129
7.2.4	Civciv kümese geldiğinde yapılacaklar	129
7.2.4.1	Altık	130
7.2.4.2	Dezenfeksiyon.....	131
7.2.4.3	Yemleme	131
7.2.5	Arazi ve inşaat aşamaları	132
7.2.5.1	Arazi.....	133
7.2.5.2	İnşaat Aşamaları.....	134
8.	ÇORUM İL'İ TAVUK ÇİFTLİĞİ ATIKLARININ İNCELENMESİ VE BİYOGAZ TESİSİ TASARIMI ÖRNEĞİ	137
8.1	Çorum İl'i Tavuk Çiftliği Atıklarının İncelenmesi.....	137
8.1.1	Bölgede Üretim Yapan Tavuk Çiftlikleri ve Kapasiteleri	139
8.1.2	Çorum İl'i Tavuk Atıkları Özellikleri.....	143
8.1.3	Hayvan Atıklarının Nakliyesi	145
8.1.4	Hayvan atıklarının atık özelliklerine göre değerlendirilmesi.....	146
8.2	Çorum İl'i Biyogaz Tesisi.....	146
8.2.1	Çorum'da Kurulan Biyogaz Tesisi	148
8.2.2	Çorum'da Bulunan Tavuk Üretim Çiftliklerine Ait Katı Atık Hesapları	149
8.2.3	Çorum Ankara yolu tavuk üretim çiftliğine ait pilot biyogaz reaktörü tasarımı..	156
8.2.3.1	Pilot Biyogaz Tesisi -Hesap-	156

8.2.3.2	Reaktördeki Sistemler ve Madde Dengesi Akım Şeması	157
8.2.3.3	Ankara Yolu Örnek Havasız Çürütme Sistemi Üniteleri Özellikleri.....	160
8.2.3.4	Maliyet analizleri	163
9.	SONUÇLAR.....	167
KAYNAKLAR		171
EKLER.....		176
Ek 1 Tasarlanan örnek havasız çürütme reaktörü düşey kesiti.....		177
Ek 2 Tasarlanan örnek biyogaz tesisi planı		178
Ek 3 Hazırlanan yumurta tavukçuluğu çiftliği anket formu örneği		179
Ek 4 Anket formunun Çorum'daki İskilip Yolu 6. km. çiftliğinde uygulandığı.....		180



KISALTMA LİSTESİ

BOI	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
C/N	Karbon/Azot
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondioksit
GRP	Fiberglas Plastik
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
HAC	Uçucu Yağ Asidi
HBS	Hidrolik Bekletme Süresi
HCO ₃ ⁻	Bikarbonat
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISAT/GTZ	Biyogaz Uygulama ve Üretim Bilgi Servisleri
KM	Kuru Madde
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KVIC	Yüzer Çatılı Hindistan Tipi Bio-Reaktörler
N	Azot
NH ₃ -N	Amonyak Azotu
NH ₄ ⁺	Amonyum İyonu
NO ₃	Nitrat
OMM	Organik Madde Muhtevası
OYH	Organik Yükleme Hızı
PE	Poli Etilen
PVC	Poli Vinil Klorür
TKM	Toplam Katı Madde
TS	Toplam Katı Madde
UM	Uçucu Madde
UMK	Uçucu Madde Konsantrasyonu
VS	Uçucu Katı Madde

SİMGE LİSTESİ

C_1	Uçucu Madde Konsantrasyonu
\dot{C}_m	Günlük Beslenen Çamur Miktarı
$S_{\dot{c}}$	Toplam Beslenen Madde
S_d	Çamur Miktarı
$V_{\dot{c}}$	Çürütücü Hacmi
V_D	Çürütücü Hacmi
V_g	Gaz Toplama Bölümü Hacmi
γ	Yoğunluk



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Anaerobik çürütücü girdi çıktıları	4
Şekil 2.2 Biyogaz sistemi konfigürasyonu (Rehling, 2001)	5
Şekil 2.3 Kuru organik maddenin kilogramı başına, metreküp biyogaz	6
Şekil 2.4 Organik maddelerin havasız şartlarda sindirilmesi (Leggett, J., vd., 1855).....	13
Şekil 2.5 Anaerobik çürüme kademeleri (Öztürk, 2003).....	14
Şekil 2.6 Kompleks organik maddelerin basit organik maddelere dönüşmesi.....	15
Şekil 2.7 Modern biyogaz tesislerinde kullanılan proses sıcaklıkları.....	18
Şekil 2.8 Sıcaklığa bağlı olarak gaz üretimindeki artışlar	19
Şekil 3.1 Hindistan'da yıllarla göre biyogaz tesisi sayısındaki gelişmeler (Öztürk, 2001).....	29
Şekil 3.2 Almanya'da yıllara göre gelişmiş biyogaz tesisi sayısı (German Biyogaz Association)	31
Şekil 4.1 Bio reaktörlerde besi maddesi hareketi (Kossman, vd., 2000).....	38
Şekil 4.2 Yüzer çatılı bio-reaktör.....	40
Şekil 4.3 Sabit kubbeli reaktör ve detay projesi	41
Şekil 4.4 Sabit çatılı Çin tipi reaktörler	42
Şekil 4.5 7.2 m ³ 'lük reaktörün detay projesi	42
Şekil 4.6 Sabit çatılı reaktörlerde çatı detayı (Sasse, 1991).....	43
Şekil 4.7 Sıkıştırma tankı yüksekliğinin doğru seçilmesi (Sasse, 1988)	44
Şekil 4.8 Sabit çatılı reaktörlerde gaz dolması ve boşalması (Werner, 1989)	45
Şekil 4.9 Sabit çatılı reaktör dizaynında kullanılan oranların şekil üzerinde gösterilmesi.....	46
Şekil 4.10 Hareketli kubbe tipi bir reaktör (Sasse, 1988).....	47
Şekil 4.11 Hareketli çatılı bir reaktör dizaynında kullanılan oranların bir şekil üzerinde gösterilmesi.....	48
Şekil 4.12 Torba tipi (Tayvan-Çin) reaktörler	49
Şekil 4.13 Yatay balon tipi reaktör (Werner, 1989)	50
Şekil 4.14 Balon tipi bioreaktör (Werner, 1989)	51
Şekil 4.15 Tam karışımli reaktör (Burke, 2001).....	52
Şekil 4.16 Tam karışımli reaktörler (Öztürk, 2003)	53
Şekil 4.17 Örtülü lagun.....	54
Şekil 4.18 Piston akımlı reaktör.....	56
Şekil 4.19 Almanya'da farklı reaktör sistemlerine ait uygulama sıklıkları (German Biogas Association)	57
Şekil 5.1 Sıcaklığa ve HBS ye bağlı olarak gaz üretimi (Werner, 1989)	63
Şekil 5.2 Çürütücü sıcaklığı ve HBS'ye bağlı olarak, taze sıyr gübresinden gaz üretimi.....	63
Şekil 5.3 Biyogaz sisteminde girdi olarak insan atıklarının kullanılması.....	64
Şekil 5.4 Taylant'da kurulan sabit kubbeli bir tesis yerleşimi.....	68
Şekil 5.5 Büyük kapasiteli tesislerde katı madde besleme tipleri.....	69
Şekil 5.6 Hareketli gaz depolama tankı	72
Şekil 5.7 Sabit kubbeli tesislerde kendi akımı altında substrat karışımı (TBW).....	77
Şekil 5.8 Avrupa'ya ait bir bio-çürütücüdeki karıştırma cihazı.....	77
Şekil 5.9 Çürütücülerde karıştırma sistemleri.....	78
Şekil 5.10 Çeşitli ajitatörler	78
Şekil 5.11 Bio-çürütücü alttan ısıtma sistemi	79
Şekil 5.12 Çift membran çatılı çürütücüde zemin ve tank içi duvarların ısıtılması.....	80
Şekil 5.13 Dikey-büyük ölçekli çürütücü dıştan ısıtma.....	81
Şekil 5.14 Perlitin duvarlarda gevşek dolgu malzemesi olarak kullanılması	82
Şekil 5.15 Anaerobik çürütücü uyarı işareti	89
Şekil 6.1 Çin'de bir biyogaz sobası (Grosch gtz/GATE)	94
Şekil 6.2 Kamu mutfağına ait endüstriyel brülörler (Kramer TBW).....	94

Şekil 6.3 Hafif ve güvenilir özellikte olan 2 gözlü biyogaz brülörler (OEKOTOP)	94
Şekil 6.4 Tayland'da bir biyogaz lambası	96
Şekil 6.5 Çin'deki bir sergiden farklı tipte biyogaz lambaları.....	96
Şekil 6.6 Birundi'de bir biyogaz lambası	96
Şekil 6.7 Tayland'da, domuz büyütmede kullanılan biyogazlı bir radyant ısıtıcı	98
Şekil 6.8 Çürütülmüş çamur (kompost değerinde)	98
Şekil 6.9 Çürümüş sıvı hayvan gübresinin toprağa enjeksiyonlanması (Kossman, tarih yok).....	101
Şekil 6.10 Biyogaz tesisinin arazideki pozisyonu	102
Şekil 6.11 Enjektörlü gübre vagonu	102
Şekil 6.12 Çürümüş sıvı hayvan gübresinin toprağa enjeksiyonlanması.....	103
Şekil 6.13 Tayland'da çürümüş çamur uygulanan arazi denemeleri (Kossman, tarih yok)	103
Şekil 6.14 Sıvı hayvan gübresinin tarım arazisine yüzeyden verilmesi	104
Şekil 7.1 Tavuk barındırma sistemlerinden gübrelerin hızlı kazanma sistemi.....	108
Şekil 7.2 Tavuk barındırma sistemlerinden sundurma tipi bir sistem	109
Şekil 7.3 Et tavukçuluğundan kaynaklanan amonyak emisyonları (Nicholson, F.A. vd., 2004)	110
Şekil 7.4 Yumurta tavukçuluğundan kaynaklanan amonyak emisyonları.....	111
Şekil 7.5 Yumurta tavukçuluğu yönetim sistemlerinden kaynaklanan amonyak azotu kayıbı	111
Şekil 7.6 Çorum İl'ine ait tavuk üretim çiftlikleri	120
Şekil 7.7 Çorum İl'ine ait tavuk üretim çiftlikleri (devam).....	120
Şekil 7.8 Kümeslerin yan yana görünüşler	136
Şekil 8.1 Çorum İl'i tavuk üretim çiftliği üretim bölgeleri ve pilot tesis Ankara Yolu.....	138
Şekil 8.2 Çorum İl'i tavuk üretim çiftlikleri kapasiteleri ve oluşan atık miktarları.....	142
Şekil 8.3 Gübrelerin geçici olarak betonarme depoya taşınması (Çorum).....	145
Şekil 8.4 Çorum İl'i tavuk üretim çiftlikleri fotoğrafları.....	147
Şekil 8.5 Çorum İl'i tavuk üretim çiftlikleri fotoğrafları (devam)	148
Şekil 8.6 Çorum Ankara Yolu tavuk çiftliği örnek havasız çürütme sistemi madde dengesi	159

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 1 m ³ biyogaza eşdeğer etkili ısı ve yakıt değerleri	6
Çizelge 2.2 Doğal gaz ve biyogaz kompozisyonu	7
Çizelge 2.3 Bazı organik maddelerden oluşan biyogaz miktarı (Öztürk, 2003).....	14
Çizelge 2.4 Biyokimyasal reaksiyonlardaki sıcaklık aralıkları	17
Çizelge 2.5 Çeşitli atıklar için mezofilik şartlarda HBS.....	21
Çizelge 2.6 Mesofilik şartlarda optimum OYH.....	22
Çizelge 2.7 Organik maddelerin C/N oranı (Rehling, 2001).....	24
Çizelge 2.8 Organik maddelerin C/N oranı (devam 1).....	25
Çizelge 2.9 Organik maddelerin C/N oranı (devam 2).....	26
Çizelge 2.10 Anaerobik arıtmada çeşitli engelleyicilerin engelleme seviyesi (a system approach to biogas tech., 1997)	27
Çizelge 2.11 Amonyakın metan üretimi üzerine etkisi (Jones, vd., 2000).....	27
Çizelge 3.1 Gelişmekte olan ülkelerde biyogaz tesisi sayısı	30
Çizelge 3.2 Avrupa topluluğu ülkelerinde biyogaz tesisi ve biyogaz üretimi (Öztürk, 1999)..	32
Çizelge 3.3 OECD ve Avrupa ülkelerinde kurulu güç ve kişi başına düşen enerjisi miktarı (Öztürk, 2001).....	32
Çizelge 3.4 Türkiye’de kurulu gücün yıllar itibariyle gelişimi, MW (Öztürk, 1999)	36
Çizelge 4.1 Sabit çatılı reaktör dizaynında kullanılan oranlar (Sasse, 1988)	45
Çizelge 4.2 Hareketli çatılı bir reaktör dizaynında kullanılan oranlar (Sasse, 1988)	47
Çizelge 5.1 Çeşitli hayvan ağırlıkları, gübre miktarları, bu atıkların nem muhtevaları ve yoğunlukları (Rynk, 1992 ve Bildik, 2004).....	60
Çizelge 5.2 Birim gübre ağırlığı başına biyogaz oluşumu ve seyreltme oranı (Rehling, 2001).61	
Çizelge 5.3 Çeşitli sıcaklık şartlarında hidrolik bekletme süreleri	62
Çizelge 5.4 Çeşitli türdeki atıklar için üretilen gaz ürünü	65
Çizelge 5.5 Farklı boru uzunlukları ve akım hızları için, uygun boru çapları (maksimum basınç kaybı<5mbar).....	76
Çizelge 6.1 Bazı yakıt ve yiyecekler için eşdeğer biyogaz ihtiyacı (Kossman, tarih yok).....	94
Çizelge 6.2 Hayvan gübresi içinde bulunan besi maddesi miktarı (Öztürk, 2003)	104
Çizelge 7.1 Hayvan atıklarının fiziksel özellikleri (Hart, 1960 ve Steffen, 1998).	105
Çizelge 7.2 Çeşitli atıkların özellikleri ve işletme parametreleri (Steffen, 1998 ve Schomaker, 2000)	106
Çizelge 7.3 Hayvan atıklarının organik ve besin elementleri açısından özellikleri (Tübitak, 2001)	106
Çizelge 7.4 Çeşitli hayvan gübrelerine ait metan emisyonları (EPA, 1999)	112
Çizelge 7.5 Ülkemizdeki hayvan sayıları (DİE, 2004).....	113
Çizelge 7.6 Ülkemizdeki hayvan sayıları (devam 1).....	114
Çizelge 7.7 Ülkemizdeki hayvan sayıları (devam 2).....	115
Çizelge 7.8 Ülkemizdeki hayvan sayıları (devam 3).....	116
Çizelge 7.9 1995-2002 yıllarında Türkiye genelinde ve Çorum İl’inde tavuk sayıları	118
Çizelge 7.10 Yetiştirme kümeslerinde rutubet ve sıcaklık değerleri (Altınel, 1999).	127
Çizelge 7.11 Yemleme zamanının kuluçkadan sonra civcivlerin büyümesindeki etkileri	132
Çizelge 8.1 Çorum İl’inde mevcut tavukçuluk işletmeleri, tavuk sayıları ve katı atık bilgileri (Çorum Çevre-Orman İl Müdürlüğü, 2003).....	139
Çizelge 8.2 Çorum İl’inde mevcut tavukçuluk işletmeleri, tavuk sayıları ve katı atık bilgileri (devam 1)	140
Çizelge 8.3 Çorum İl’inde mevcut tavukçuluk işletmeleri, tavuk sayıları ve katı atık bilgileri (devam 2)	141
Çizelge 8.4 Çorum bölgesi tavuk atıkları analiz sonuçları (Tübitak, 2001).....	144

Çizelge 8.5 Çeşitli grup hayvan gübrelerine ait KM miktarları ve önerilen taşıma mesafeler	145
Çizelge 8.6 Çorum Bölgesi havasız çürütme prosesi tasarım kriterleri.....	150
Çizelge 8.12 Hesaplanan örnek biyogaz reaktörü boyutları	157
Çizelge 8.13 Ankara yolu örnek havasız çürütme prosesi ünitelerinin özellikleri	160
Çizelge 8.14 Ankara Yolu havasız çürütme prosesi birimlerinin özellikleri (devam 1)	161
Çizelge 8.15 Ankara Yolu havasız çürütme prosesi birimlerinin özellikleri (devam 2)	162
Çizelge 8.16 Ankara Yolu tavuk gübreleri örnek havasız çürütme tesisi enerji dengesi	163
Çizelge 8.17 Havasız çürütme sistemi ilk yatırım gideri-örnek çalışmalar (Tübitak, 2001)..	164
Çizelge 8.18 Ankara Yolu havasız çürütme sistemi için öngörülen işletme giderleri ve gelirler.....	166



ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince bana emeği geçen ve bu tez çalışmasında yaptığım araştırmalarda, konu seçiminden itibaren bana her konuda yol gösteren, değerli bilgilerini ve yazılarını benimle paylaşan, bana farklı bakış açıları sunan ve maddi/manevi yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa Öztürk'e sonsuz şükranlarımı arz ederim.

Ayrıca, bu güne kadar bana emeği geçen tüm hocalarıma, özellikle değerli hocalarım Prof. Dr. Ferruh Ertürk, Prof. Dr. Ahmet Demir, Prof. Dr. Talha Gönüllü, Yrd. Doç Dr. Eyüp Debik'e

Tecrübelerini benimle paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen sevgili mesai arkadaşlarım Dr. Ömer Apaydın, Arş.Gör. Kaan Yetilmezsoy, Arş.Gör. Sevgi Demirel, Ebru Akkaya ve Zehra Şapçı'ya,

Tez çalışmam süresince yaptığım çalışmalarımnda bana yardımcı olan ve manevi desteğini benden hiç eksik etmeyen değerli ve kadim arkadaşım Berna Bildik'e,

Yaşamımı borçlu olduğum beni yetiştiren sevgi ve şefkatlerini benden eksik etmeyen babam Durmuş Koçak, rahmetli annem Hediye Koçak ve ağabeylerim Ali ve Metin Koçak'a,

Sabır ve ilgisini benden hiç esirgemeyem sevgili eşim İlhan Entürk'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Bu çalışmada, tavuk çiftliklerinden kaynaklanan atıkların bertarafı araştırılmıştır. Bu amaçla, anaerobik çürütme esasına dayanan biyogaz teknolojisi kullanılarak sistemin fizibilitesi değerlendirilmiştir. Türkiye'deki tavuk atıkları potansiyeline göre, üretim kapasitesi ve tavuk atıkları problemi nedeniyle Çorum ili için bir pilot çiftlik tasarlanmıştır.

Birinci bölümde, biyogaz sisteminin Türkiye için önemi, çalışmanın kapsamı ve amacı kısaca açıklanmıştır.

İkinci bölümde, biyogaz teknolojisinin ana kavramları (biyogazın özellikleri ve bileşimi, biyogaz sisteminin avantaj ve dezavantajları, biyogaz sistemi ile kompost teknolojisinin kıyaslanması, biyogaz üretim aşamaları ve biyogaz üretimi etkileyen ana parametreler) detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, dünyadaki ve Türkiye'deki biyogaz tesisleri kısaca izah edilmiştir.

Dördüncü bölümde, küçük ve büyük ölçekli biyo-reaktör tipleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Biyo-reaktör tiplerine göre, küçük ölçekli bir anaerobik çürütücü pilot çiftlik için en uygun çürütücü olarak göz önüne alınmıştır.

Beşinci bölümde, biyogaz tesislerinin işletilmesi ve inşası incelenmiştir. Örneğin; ısıtma ve karıştırma sistemleri, gaz toplama ve çürütücü hacmi hesabı, günlük gaz üretiminin hesaplanması vb. kısaca açıklanmıştır.

Altıncı bölümde, gazın ve gübrenin değeri açıklanmış ve aynı zamanda sulu atığın tarımsal uygulamalar için fizibilitesi değerlendirilmiştir.

Yedinci bölümde, tavuk yetiştiriciliği (kümesler, gerekli ekipmanlar ve inşaat uygulamaları vb.) ve hayvan atıklarının özellikleri kısaca izah edilmiştir.

Sekizinci bölümde, Çorum ilindeki tavuk atıkları incelenmiş ve Ankara yolu üzerindeki bir tavuk yetiştirme çiftliği için söz konusu biyogaz pilot tesisi tasarlanmıştır.

Son bölümde, çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve açıklanmıştır.

Önerilen biyogaz pilot tesisinin plan ve kesit çizimleri, çalışmanın en son kısmına Ek olarak ilave edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Biyogaz, anaerobik çürütme, gübre, tavuk atıkları, biyogaz reaktörü, biyogaz tesisi, biyo-reaktörler.

ABSTRACT

In this study, the disposal of manure wastes using biogas technology based on anaerobic digestion generated in hens farm was investigated. The feasibility of the system was also evaluated. In Turkey, Çorum City has a big production potential for the waste manure from hens farm and works on disposal of this waste. Due to the high potential, a pilot plant for a farm was designed for manure disposal and biogas production together. For this purpose, nine sections were composed as below;

In the first section; the importance of biogas system for Turkey and objective of the study were explained briefly.

In the second section, the main concepts such as properties and composition of biogas, advantages and disadvantages of the system, comparison of biogas system and compost technology, steps of biogas production and main parameters affecting biogas production of biogas technology were explained in detailed.

In the third section, the biogas plants both in the world and Turkey were explained briefly.

In the fourth section, the small and large scale bio-reactor types were evaluated in detailed and a small scale anaerobic digester was considered as the most appropriate digester for the pilot farm according to bio-reactor types.

In the fifth section, the operating and construction features of biogas plants were evaluated such as heating and mixing systems, determination of volume of digester and gas holder, calculation of daily gas production etc.

In the sixth section, the value of gas and fertilizer exposed from the system was explained. The feasibility of the slurry for the agricultural applications was also evaluated.

In the seventh section, poultry-houses, required equipments and construction applications etc. in hens breeding and properties of animal wastes were explained briefly.

In the eighth section, hens manure wastes produced in Çorum City were evaluated and the proposed biogas pilot plant was designed for a hens breeding farm on Ankara highway.

In the last section, the results obtained in this study were evaluated and summarized.

The drawings of plan and section of proposed biogas pilot plant were added as an appendix.

Keywords : Biogas, anaerobic digestion, manure, hens manure wastes, biogas reactor, biogas plant, bio-reactors.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artmaya devam etmesi, sanayileşmenin yeni boyutlar kazanması ve insanoğlunun geleneksel yaşam şartlarından kurtularak yaşama standardını yükseltmek istemesi, enerji ihtiyacını hızlı bir şekilde arttırmaktadır. Bu nedenle, yeni enerji kaynaklarının bulunması, enerji teknolojilerinin geliştirilmesi, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde araştırmaların ve çalışmaların yoğunlaştığı alanlar olmuştur.

Bugün dünyada nükleer enerjinin yanı sıra yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılan jeotermal, güneş, rüzgar ve biyogaz enerjileri son yıllarda üzerinde en çok durulan ve araştırılan konuları oluşturmaktadır. Hayvansal ve bitkisel gıda artıklarının yenilenebilir enerji olarak geri dönüşümü, çevre kirliliği ve enerji kaynaklarının geliştirilmesi açısından önemlidir. Bu yenilenebilir enerji, insan, hayvan dışkıları, tarımsal artıklar ve gıda artıklarının oksijensiz ortamda metan gazına dönüşümü ile elde edilmektedir. Gaza dönüşmeyen yani geriye kalan kısım ise zenginleştirilmiş bir toprak şartlandırıcısı olan gübre kaynağı olmaktadır.

Çeşitli hayvan türlerinden oluşan katı atıklar, çok eski dönemlerden beri gerek ısınma amaçlı gerekse gübre amaçlı olarak kullanılmıştır. Bu atıklar kontrolsüz bir şekilde uzaklaştırıldığında çevresel parametrelerden olan yüzeysel sular, yeraltı suları kirlenerek koku, sinek ve haşereler oluşmaktadır ve çeşitli salgın hastalıklara neden olmaktadır. Nüfus artışıyla gelişen tarım ve hayvancılıkla beraber, hayvan atıklarının oluşum potansiyeli de gün geçtikçe artmaktadır. Bu atıkların herhangi bir yönetime tabi tutulmadan kontrolsüz bir şekilde bertaraf edilmesi ciddi çevresel problemler doğurmaktadır. Hayvan atıkları, biyogaz teknolojisi kullanılarak daha zararsız nihai ürünlere dönüştürülmektedir.

Dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, özellikle Çin, Hindistan, Kuzey Avrupa ülkeleri, A.B.D.'de hayvan atıklarından havasız çürütme yoluyla biyogaz üretimi uygulamaları yapılmakta olup ülke ekonomisine önemli derecede fayda sağlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, biyogaz teknolojisi incelenerek özellikle Türkiye'deki tavuk çiftliklerinden kaynaklanan gübre atıklarının karakterizasyonu, il ve bölgesel açıdan ele alınmış olup bu bölgelerdeki hayvan atıklarının bertarafı için biyogaz teknolojisinin uygunluğu incelenmiştir.

Bu çalışmada pilot bölge olarak Çorum Bölge'si incelenmiştir. Bölgede yoğun üretim nedeniyle çiftliklerden kaynaklanan atıkların doğrudan bir kullanım alanı bulunmadığından bu

atıklar genellikle araziye kontrolsüz olarak boşaltılmakta olup çevresel değerler ve insan sağlığı tehdit edilmektedir. Bu çiftliklerden oluşan atıklarda, koku ve sağlık problemleri oluşturmanın yanında, atıkların nihai uzaklaştırılmaları ile ilgili de sorunlar yaşanmaktadır.

Çorum Çevre İl Müdürlüğü Yetkili'lerinden alınan bilgilere göre, İl'deki yumurta tavukçuluğu sektöründen kaynaklanan gübrelerin çevreye zarar vermesinin engellenmesi için çeşitli teknolojiler geliştirilmiş ancak nihai sonuç alınamamıştır. Bu günlerde ise yatırıma gidilmesi aşamasına gelinmiştir. Düşünülen arıtım sistemlerinden Biyogaz Teknolojisi, kompostlaştırmaya oranla, bu ve buna benzer her türlü organik madde için daha verimli ve uygulanabilir bir sistemdir.



1.1 Çalışmanın amaç ve kapsamı

Bu tez çalışmasının amacı, anaerobik arıtım teknolojisi ile tavuk üretim çiftliklerinden kaynaklanan atıklardan, organik fermante gübre ve enerji elde edilmesinin uygunluğunun incelenmesidir. Biyogaz uygulamaları, yenilenebilir bir enerji kaynağı, çevreye zarar veren maddeleri bertaraf eden bir arıtma tesisi ve işlediği organik atıklara değer kazandıran bir gübre üretim tesisidir.

Elde edilen gübre, kalite olarak giren gübreden daha üstün özelliktedir. Böylece biyogaz teknolojisinin uygulanmasıyla birlikte ülkemizde gittikçe artan kaliteli organik gübre talebi doğrudan karşılanabilecek ve organik atıkların çevreye faydalı ekonomik değerlere döndürülmesi sağlanabilecektir.

Biyogaz teknolojisinin diğer bir getirisi de temiz enerjidir. Bu enerji; yakıt hücrelerinin yanı sıra aydınlanma, ısınma, soğutma ve yemek pişirme amaçlı da kullanılabilir. Ayrıca büyük kapasiteli tesislerde, biyogaz tesisinin kendi ısınması amaçlı olarak bu enerji kullanılıp gerekli enerji maliyetleri azaltılabilmektedir.

Türkiye'deki tavuk üretim çiftliklerinde biyogaz teknolojisinin uygulanabilirliğinin araştırılması, bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda ülkemizdeki hayvan üretim potansiyeli ve oluşan hayvan katı atıklarının miktarı hesaplanmıştır. Hayvan kapasitesinin fazla oluşu ve bu atıkların çevre kirliliği riskinin fazla olmasında dolayı pilot bölge olarak Çorum'da bir çiftlik seçilmiştir.

Bu çiftlikteki hayvan atıklarını, ağırlıklarını, üretim miktarlarını ve mevcut atık uzaklaştırma metodunu belirlemek amacıyla bir anket formu hazırlanmış ve sağlıklı olması amacıyla çiftlik çalışanları ile yapılan bire bir görüşmelerle doldurulup değerlendirilmiştir. Ayrıca Çevre ve Orman Bakanlığı ile temasa geçilerek bölgedeki sığır çiftlikleri, adresleri ve hayvan sayıları hakkında bilgi edinilmiştir. Biyogaz sistemleri ile ilgili literatür araştırması yapılarak pilot çiftliğe uygulanabilirliği araştırılmıştır.

2. BİYOGAZ TEKNOLOJİSİ

Biyokütle, basit bir ifade ile fosil olmayan organik kütle anlamına gelmektedir. Biyokütle, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Biyokütle ve diğer organik atıkların enerji amaçlı kullanılması için çeşitli dönüşüm yöntemleri kullanılmaktadır. Atıklar, ilk olarak ön işlemlerden geçirilir ve daha sonrasında ısı, ışık ve elektrik ihtiyacı olarak kullanılır. Bu durumda uygulanan teknolojiler başlıca üç grupta toplanır. Bunlar; fizikokimyasal dönüşüm, termokimyasal dönüşüm ve biyokimyasal dönüşümdür.

2.1 Biyogaz Teknolojisi, Tanımı ve Özellikleri

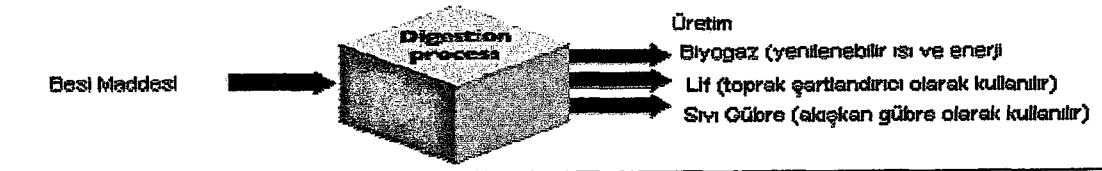
Anaerobik artım diğer bir deyişle biyogaz teknolojisi; hayvansal gübre, bitki artıkları, yemek artıkları, insan atıkları gibi maddelerin oksijensiz ortamda parçalanması sonucu açığa çıkan yanıcı gazın elde edilmesi ve etkin bir şekilde kullanılmasını içermektedir.

Biyogaz, organik atıkların oksijensiz ortamda fermante edilmesi sonucu oluşmaktadır. Bu gazın diğer bir adı da bataklık gazı veya çamur gazıdır. Bu işlemin yapıldığı tepkime tanklarına/reaktörlerine “havasız çürütücü” ya da “havasız sindirici” ya da “fermantatör” adları da verilmektedir. Sistemde esas olarak oluşan olay polimer maddelerin, monomere veya daha küçük ünitelere parçalanmasıdır.

Rehling’e (2001) göre yukarıda adı geçen atıkların anaerobik çürütücülerde uygun bir şekilde parçalanması sonucunda;

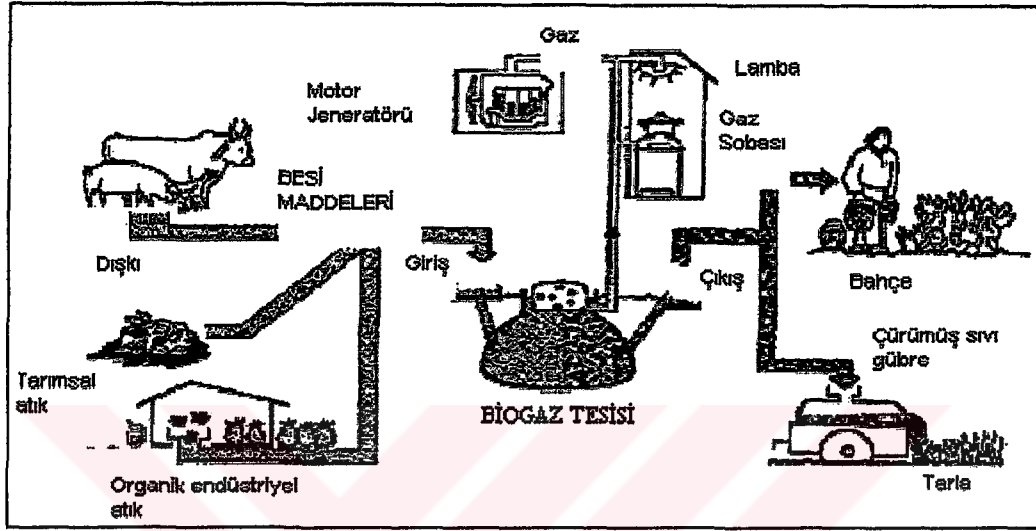
- Isınma, elektrik vb. amaçlarla kullanılan, metan içeriği zengin olan biyogaz
- Toprak şartlandırıcı özelliği zengin-nütrient olarak kullanılan lif ve
- Sıvı gübre olarak kullanılabilen akışkan toprak elde edilebilmektedir.

Yukarıda ifade edilenler, Şekil 2.1’de özetlenecek olursa,



Şekil 2.1 Anaerobik çürütücü girdi çıktıları

Havasız çürütme prosesi birçok koşulda, atık arıtma amacıyla verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Prosesin, havalı arıtma proseslerine göre avantajları bulunmaktadır. Proses sırasında mikroorganizmalar ile karışık halde bulunan atık, metan ve karbondioksit döndürür. Bu döndürüm sırasında yalnız atıktan elde edilen enerjinin %10-12'si yeni hücrelerin üretiminde kullanılmakta olup, biyolojik olarak çözünebilen organik maddelerin %85-99'u metan ve diğer son ürünlere döndürülür (McCarty, 1964).

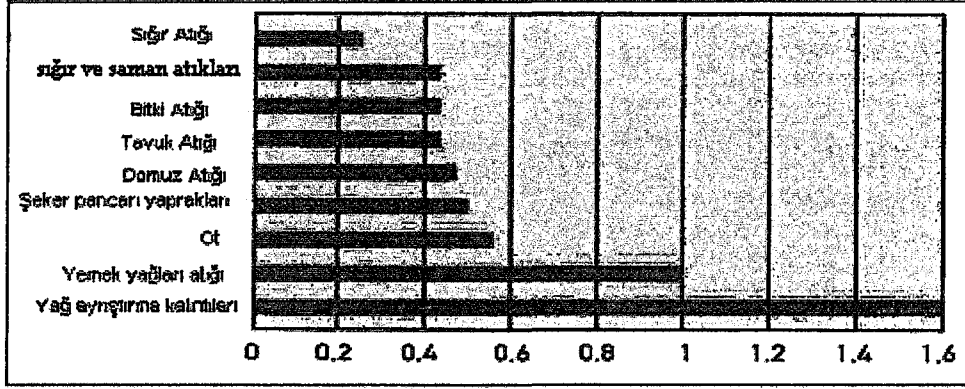


Şekil 2.2 Biyogaz sistemi konfigürasyonu (Rehling, 2001)

Somut ve kolay ölçülebildiği için, oksijenli sistemlere kıyasla, oksijensiz sistemlerin en belirgin yararı, metan gazı üretimidir. Biyogaz esas olarak, CH_4 ve CO_2 den oluşmaktadır. Birim hacmin enerji eşdeğeri ise karbondioksit oranına bağlı olarak değişmekle beraber doğalgaza yakın bir kalori değeri vardır. Fermantasyon sonucunda elde edilen bu yanıcı gaz karışımı, elektrik- ısı üretiminde kullanılmakta ve büyük bir gelir sağlamaktadır (biyogazdan elektrik üretim tesisi fizibilite raporu, Ekim 2000).

Mikroorganizmalar tarafından biyolojik olarak parçalanabilen her türlü organik maddeden, biyogaz üretilebilir. Bu organik hammadde; canlı hayvan atıkları, ekin fazlalıkları veya bitkisel yağ kalıntılarında, konutlardaki organik atık toplama bidonlarına kadar çok değişik kaynaklardan sağlanabilir.

Biyogaz eldesinde kullanılmalari açısından, çeşitli maddelerin, ulaşılabilir potansiyel verimleri Şekil 2.3'de bir grafikte ifade edilmiştir. Buradaki hammaddeleri yukarıdan aşağı doğru sıralarsak; sığır atığı, ortalama bio karışım, bitki artığı, tavuk atığı, domuz atığı, şeker pancarı yaprakları, ot, yamak yağları artığı, yağ ayrıştırma kalıntıları şeklindedir



Şekil 2.3 Kuru organik maddenin kilogramı başına, metreküp biyogaz (Altın, 2003)

Klingler, Kossman, vd., (2000)'ne göre biyogaz teknolojisinden elde edilen faydalar aşağıdaki şekilde kısaca ifade edilebilir:

- Enerji üretimi (ısınma, elektrik, aydınlanma amaçlı)
- Organik atıkların, yüksek kalitedeki gübreye dönüştürülmesi ve böylece de toprağın yapısı iyileştirilerek yüksek kalitede ürün elde edilmesi
- Fermantasyon neticesinde elde edilen gübrenin bitki besi maddesi (nutrient) değerinin yüksek olması (N, K, P içeriği, kimyasal gübreden 8 kat fazladır)
- Patojenlerin azaltılarak, hijyenik şartların sağlanması
- Mikro ekonomik açıdan, enerji ve gübre kazanımına ek olarak hayvansal ve tarımsal ürünlerin artırılması
- Makro ekonomik açıdan, yenilenebilir enerji üretimi ve çevrenin korunması
- Tarım toprağının, %98 oranında yabancı otundan temizlenmesi

1 m³ biyogazın etkili ısı ve yakıt değeri, Çizelge 2.1'de verilen maddelerin sağladığı etkili ısıya ve yakıt değerine eşittir.

Çizelge 2.1 1 m³ biyogaza eşdeğer etkili ısı ve yakıt değerleri

<i>1 m³ biyogaza eşdeğer etkili ısı</i>	1.46 kg odun kömürü	<i>1 m³ biyogaza eşdeğer yakıt</i>	0.85 kg kömür
	3.47 kg odun		0.66 l motorin
	0.43 kg bütan gazı		0.75 l benzin
	12.30 kg tezek		0.25 m ³ propan
	4.70 kWh elektrik		0.2 m ³ bütan
	1.18 m ³ havagazı		
	0.62 l gazyağı		

Çiftlik hayvanları (livestock), toprak, yetiştirilen mahsüller gibi tarımsal yapıyı oluşturan yapılar, havaya gaz ya da partikül vererek katılırlar. Bu gazlar bölgesel ya da tarladan çok uzak noktalarda hava kompozisyonunu değiştirirler. Bu gazlara, endüstriyel ve insan kaynaklı gazlar da eklenerek, atmosferde sera etkisi oluştururlar ve iklim değişikliklerine neden olabilirler. Çeşitli çiftlik yönetim sistemleriyle bu gazların etkileri azaltılabilir. Bu yönetimlere örnek olarak gübre yönetim sistemleri verilebilir. Burada, koku oluşturan hayvan gübreleri etkili arıtım yöntemleriyle (biyogaz teknolojisi) kontrol altına alınarak kokulu gazların atmosfere karışmaları engellenebilir.

Her yıl atmosfere organik maddelerin mikro organizmalar vasıtasıyla anaerobik şartlarda çürütmesi sonucu 590-880 milyon ton metan gazı atmosfere atılmaktadır. Atmosfere atılan metan gazının %90'nun biyojenik kaynaklar oluşturmaktadır. Geriye kalanlar fosil yakıtlardan ileri gelmektedir. Kuzey yarım kürede atmosferdeki metan konsantrasyonu takriben 1.65 ppm dir. Metan gazı karbon dioksite göre 21 kat daha fazla global ısınma potansiyeline sahiptir. Metan gazının yer yüzündeki sera etkisi %15 dir (Kossman, W., Pönitz, U., vd., 2000).

Hacimsel olarak biyogazın içinde yaklaşık %55-70 oranında CH₄, %35-45 oranında CO₂ ve geriye kalan yaklaşık %1-5 oranındaki gazların içerisinde ise hidrojen, azot, amonyak, hidrojen sülfür, su vb. maddeler bulunmaktadır. Çizelge 2.2'de doğal gaz ve biyogaz kompozisyonları incelenmiştir.

Çizelge 2.2 Doğal gaz ve biyogaz kompozisyonu

<i>Parametreler</i>	<i>Birimleri</i>	<i>Doğal gaz</i>	<i>Biyogaz</i>	<i>Kaynaklar</i>
CH ₄	% (hacimce)	92.0	55-70	Kossman
Etan	“	5.1	0	Jensen, 2000
Propan	“	0.37	0	Schomaker, 2000
Bütan	“	0.14	0	
Pentan	“	0.3	0	Jensen, 2000
H ₂	“		5-10	Yadav ve Hesse
CO ₂	“	0.89	30-45	Jensen, 2000
			30-60	Kossman
Azot gazı	“	0.32	0-2	
H ₂ S	ppm	1	500	Jensen, 2000
Amonyak	ppm	0	0-450	
Su çığ noktası	°C	-5	Doygun	Rehling, 2001
Net Kalorifik değer	MJ/m ³	10.89	20-22	Henry, 2000
Yoğunluk	Kg/nm ³	0.809	1.16	Jensen, 2000
Nisbi Yoğunluk	(-)	0.625	0.863	

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

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

Biyogaz içerisindeki saf gazlar; basınç, sıcaklık hatta nem muhtevassından etkilenebilmektedirler (Rehling, U., 2001). Aşağıda, biyogaz ve biyogaz bileşiminde bulunan çeşitli gazların özellikleri genel olarak verilmiştir:

- CH₄ gazı: Çok değerli bir yakıttır, toksik değildir, kokusuz bir gazdır, havadan daha hafiftir ve yandığı zaman CO₂ ve suya dönüşür. Metan gazı %6-16 oranında hava ile karıştığında oldukça patlayıcı bir gaz haline dönüşür. Dolayısıyla bu gazın kullanıldığı yerde yeterli havalandırma olmalıdır (Guidelines, 2000).
- CO₂: İnert, renksiz, kokusuz ve havadan daha ağır bir gazdır. Karbon dioksit hafifçe toksik bir gazdır ve boğucudur. İşyeri maruz kalma sınır değeri 5000 ppm dir. Biogaz içinde CO₂ miktarı arttıkça kalorifik değeri düşer (Rehling, U., 2001).
- NH₃: Havadan daha hafif, kokulu bir gazdır. İş yeri ortamında 10 ppm'den fazla olması istenmez. Yandığında NO_x lere dönüşür Biogaz içinde NH₃ konsantrasyonu oldukça düşüktür (Guidelines, 2000).
- H₂S: Renksiz, son derece toksik, kokulu, korrozif ve havadan daha ağır bir gazdır.
- Biyogaz, malzeme üzerinde son derece korozif etkiye sahip bir gazdır dolayısıyla jeneratör motorları sık sık yağlanarak verimden düşmeleri-aşınmaları engellenmelidir (Henry, C., vd., 2000).
- Biogaz içindeki toz, köpük, hidrojen sülfür ve karbondioksit sırasıyla giderilir (Öztürk, 2003).
- Biyogazın kalorifik değeri yaklaşık olarak 6 kWh/m³ dür. Bu değer motorinin kalorifik değerinin yarısıdır. Bir m³ biogaz yaklaşık olarak 0.7 litre kerosen'e ve 4 kg. oduna eşdeğerdir (Öztürk, 2003).
- Biyogaz kullanılan aletlerde yeterli miktarda ve basınçta gaz temin edilmelidir. Pişirme aletleri için uygun basınç 20 cm H₂O'dır. Lambalar için gerekli basınç 10 cm H₂O'dır (Öztürk, 2003).
- 3-5 sığırdan ya da 8-12 domuzdan kurulmuş, 8-10 m³'lük basit bir biyogaz tesisinden günde 1.5-2 m³ biyogaz elde edilir. Çürümüş sulu gübre elde etmek mümkündür ve bu da 6 kişilik bir ailenin, 2-3 öğünlük yemeği, 60-100 watt lambayı 6 saat yakmak ve jeneratör motorununun 3 kW güçte 1 saat çalışmasına eşdeğerdir (Rehling, U., 2001).
- Bir litre biyogazı yakmak için yaklaşık olarak 5.7 litre havaya ihtiyaç vardır. Biogaz 1:20 oranında hava ile karıştığında patlar bu nedenle sızıntı yapabilecek gaz boruları tehlike arz etmektedir (Kossman, vd., 2000)

2.2 Biyogaz Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Kontrollü anaerobik (havasız) çürütücülü (sindiricili) bir biyogaz tesisi, doğrudan depolama seçeneğine oranla önemli yararlar sağlamaktadır. Ancak bu sistemin olumsuz yanları da yok değildir.

2.2.1 Avantajlar

- a) Biyogazdan elde edilen enerji, yatırım maliyetini karşılamaktadır,
- b) Çürümüş atığın besin içeriği, ham atığına eşittir,
- c) Sıvı oranı düşük organik maddelerin (tavuk gübresi gibi) arıtılması amacıyla dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır,
- d) Biyogaz üretimiyle oluşan fermente gübre %20-25 daha verimlidir,
- e) Organik atıktaki, insan sağlığına zararlı bakteriler, fermantasyon ile %99 azalır,
- f) Doğrudan depolanan sıvı atıktan meydana gelen kokudan, kayda değer derecede daha az koku oluşmaktadır,
- g) Biyolojik açıdan bir denge söz konusudur ve koku sorunu doğurmazsınız, uzun süreler depolanması daha kolaydır,
- h) Daha fazla sıvı içerir ve uzun mesafelere pompalanması ham atığa oranla daha az enerji gerektirmektedir,
- i) Sıvı atık depolama alanındaki metan salgıları azaltılmış olur,
- j) Homojen olarak çürümüş (sindirilmiş) atık, ekin alanlarındaki son kullanım sırasındaki sıvı uygulama sistemlerinde iyi sonuç vermektedir,
- k) Sinek ya da diğer haşerelerin oluşumu engellendiğinden sağlığı tehdit edici bir durum oluşturmamaktadır.

Atık gaz sorunu: Uçucu özelliklere sahip birçok organik kirletici, aerobik arıtım esnasında biyolojik olarak parçalanmadan atmosfere karışabilmektedir. En önemli dezavantaj olarak bu sorun, anaerobik sistemlerde ortadan kalkmaktadır.

İşletim özellikleri bazında anaerobik sistemler aerobik sistemlere göre, 5-10 kat daha yüksek hacimsel yükleme hızlarına sahiptir.

Köpüklenme sorunu: Aerobik sistemlerde, özellikle çözücü içeren atıksularda görülen, havalandırma kaynaklı yüksek türbülans ve/veya kabarcıkların yol açtığı köpüklenme sorunu anaerobik sistemlerde büyük ölçüde azalmaktadır.

Aerobik olarak arıtılmayan kimi kirleticiler (klorlu organikler) ve atıksular (kağıt, ilaç, alkol ve bira üretimi kaynaklı atıksular) anaerobik olarak arıtılabilmektedir.

2.2.2 Dezavantajlar

- a) Depolamada kullanılan metaller, fermantasyonda oluşan asitler ve H₂S nedeniyle korozyona uğradığından kaliteli malzeme seçimi gerekebilir,
- b) Büyük ölçekli tesislerde, çürütücü sistemi için başlangıç yatırımı maliyetlidir ve bu tür sistemler için kredi bulmak zor olabilmektedir
- c) Çürütücü, aynen canlı bir organizma gibi özenli bakım ve besleme gerektirir,
- d) Çürüme süreci hakkında teknik bilgi ve iyi yönetimin yanı sıra, önleyici ve program dışı bakım için kaliteli işçilik gerekmektedir,
- e) Günlük bakım yok denecek kadar azdır ancak haftalık yağ değişimleri, düzenli motor bakımı ve çürütücüde periyodik bakım şarttır, ideal olarak çürütücüden sorumlu bir eleman bulunmalıdır,
- f) Aşırı gübre üreten bir çiftlikte, gübrenin depolanması sorun olabilir,
- g) Ham atıktaki nitrojenin çoğu, organik formundan çıkarılıp, amonyuma dönüşmektedir (gerçi amonyum, amonyak gazına veya nitrata dönüştürülebilir). Fakat amonyak, ekim alanlarına yüzeysel olarak uygulandığında kaybedilir. Nitrat ise topraktan sızarak, zamanla yer altı su tabakasına ulaşabilir. Dolayısıyla nitrojen kayıplarını azaltmaya yönelik alan uygulamaları ve yönetimi, işlenmemiş sıvı atığa oranla, çürütücüden çıkan atık için daha fazla uğraştırıcı olabilir.
- h) Gaz borularında oluşabilecek herhangi bir gaz sızıntısında ya da vs. durumlarda çiftlik güvenliği tehlikeye girebilir,
- i) Besleme, su ile olduğundan su ihtiyacı fazladır.

2.3 Kompost nedir? Biogaz ve Kompost Sistemlerinin Karşılaştırılması

Sıvı oranı düşük, hayvan gübreleri vb. endüstriyel organik atıkların bertarafında kullanılan kompostlaştırma işlemi, oksijenli bir prosestir.

Kompostlaştırmada gerekli olup biyogazda gerekmeyen işlemler: Kompostlaştırma, atıkların sık aralıklarla karıştırılıp havalandırılması esasına dayanmaktadır. Bu karıştırma işlemi, büyük enerji maliyetlerine yol açmaktadır ve işletmeyi zorlaştırmaktadır. Kompostlaştırma işleminde oksijenli ortam oluşturabilmek için atıklar, yaklaşık yarım metre yüksekliğinde serilmektedir. Bu sebeple kompost yığınları için gerekli yüzey alanı ihtiyacı çok büyük boyutlara ulaşmaktadır. Havalı tesislerde koku sorunu ile karşılaşılır. Bu tesislerden çıkan koku problemini çözmek için ise ek yatırım yapmak gerekir. Nem oranı yüksek maddelerin kompostlaştırılması mümkün değildir. Çünkü yüksek su oranı, kompost yığın boşlukları arasında anaerobik ortam oluşturacaktır ve kompostlaştırma işlemini durduracaktır. Kompostlaştırma ve aerobik arıtma sistemleri, iyi bir işletimle etkin olarak çalışan ve dünyada yaygın olarak kabul görmüş sistemlerdir. Ancak bu tesislerin yatırım ve işletim giderlerinin yüksekliğinden dolayı, oksijensiz sistemler dünyada gittikçe ön plana çıkmaktadır. Kompostlaştırma ve biyogaz sistemleri enerji açısından incelendiğinde: kompostlaştırmada ton başına 50-70 kWh enerji harcanırken, biyogazda ton başına 75-150 kWh enerji kazanılmaktadır. Tavuk gübrelerinin su içerikleri düşüktür bu nedenle kompost için uygun görünse de, alan ihtiyacının fazla olması, tavuk gübrelerinin kokulu olması ve azot muhtevalarının yüksek olması nedeniyle biyogaz prosesi ile artırılması daha uygundur çünkü anaerobik giderimle hem daha az alan kullanılmış hem fermente gübre elde edilmiş hem de ısı-elektrik gibi enerjiler elde edilmiş olacaktır, ayrıca koku problemi de ortadan kalkacaktır.

Anaerobik biyoteknoloji, aerobik sistemler için gerekli olan oksijen gereksinimini ortadan kaldırdığı gibi düşük mikrobiyal sentezleme özelliği ile de oluşan atık biokütle miktarını önemli ölçüde azaltır. Sonuçta; atık biokütle tasfiye maliyeti, aerobik sistemlere göre %10 düzeyindedir. Buna ek olarak anaerobik sistemlerin, azot ve fosfor gereksinimi de aerobik sistemlere göre düşüktür. Ayrıca anaerobik sistemlerde çok yüksek organik madde yükleme hızlarına ulaşmak mümkündür.

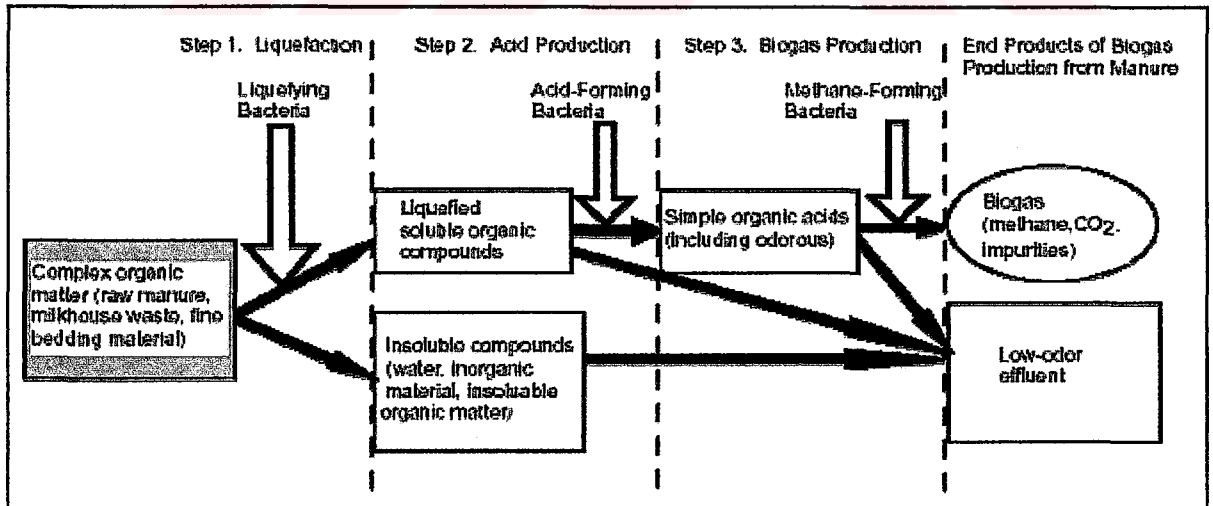
Anaerobik sistemler çalışırken enerji üretirler, aerobik sistemler ise işlem sırasında enerji tüketirler.

2.4 Biyogaz Oluşum Kademeleri

Havyan gübresi içindeki organik maddelerin havasız şartlarda mikroorganizmalar vasıtasıyla sindirilerek metan üretimi 3 kademede gerçekleşmektedir (Şekil 2.4).

Hayvan gübresi, çözünmemiş ve çözülmüş organik maddeler, polisakkaritler, lipid ve proteinler, uçucu yağ asitleri ve çevresel açıdan önemli inorganik bileşiklerden oluşmaktadır. Dolayısıyla, hayvan gübresi kompleks yapıda bir substrat olarak nitelendirilmektedir (Garcia-Ochoa, 1999). Biyolojik atığın metan gazına dönüşümünün sağlandığı havasız çürütme (dönüşüm) prosesi bir dizi biyolojik reaksiyon adımının birleşmesinden oluşmaktadır. Literatürde bazı yazarlar bu sürecin yalnız 2 kademeli (Hobson ve arkadaşları, 1984) olduğunu öne sürmüştür. Bazı yazarlar ise prosesin 3-6 kademe arasında seyrettiğini açıklamışlardır (Bryant, 1979; McCarty, 1979 ve Guyer, 1983). Genelde 3 kademeli bir proses dikkate alındığında bu kademeler sırasıyla,

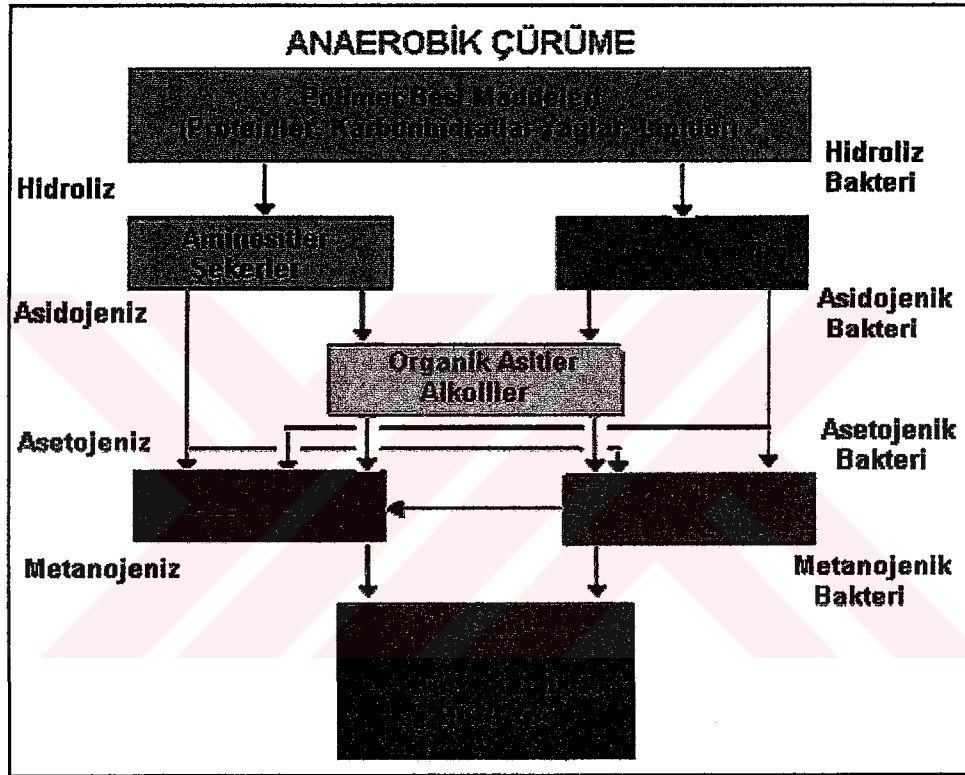
- 1) Kompleks biyopolimerler hidroliz yoluyla düşük molekül ağırlıklı bileşiklere dönüştürülür, bu bileşikler mikroorganizmalar tarafından kullanılabilir
- 2) Hidrolize edilen atık, mikroorganizmalar (acetogenic) tarafından uçucu organik asitlere dönüştürülür
- 3) Uçucu organik asitlerden, mikroorganizmalar (methanogenic) tarafından metan üretilir.



Şekil 2.4 Organik maddelerin havasız şartlarda sindirilmesi (Leggett, J., vd., 1855)

Çizelge 2.3 Bazı organik maddelerden oluşan biogaz miktarı (Öztürk, 2003)

<i>Organik Maddeler</i>	<i>Spesifik Gaz Üretimi</i>	<i>Gaz Oranı</i>
Karbon hidratlar	790 lt/kg	%50 CH ₄ , %50 CO ₂
Lipitler	1250 lt/kg.	%68 CH ₄ , %32 CO ₂
Proteinler	700 lt/kg.	%71 CH ₄ , %29 CO ₂

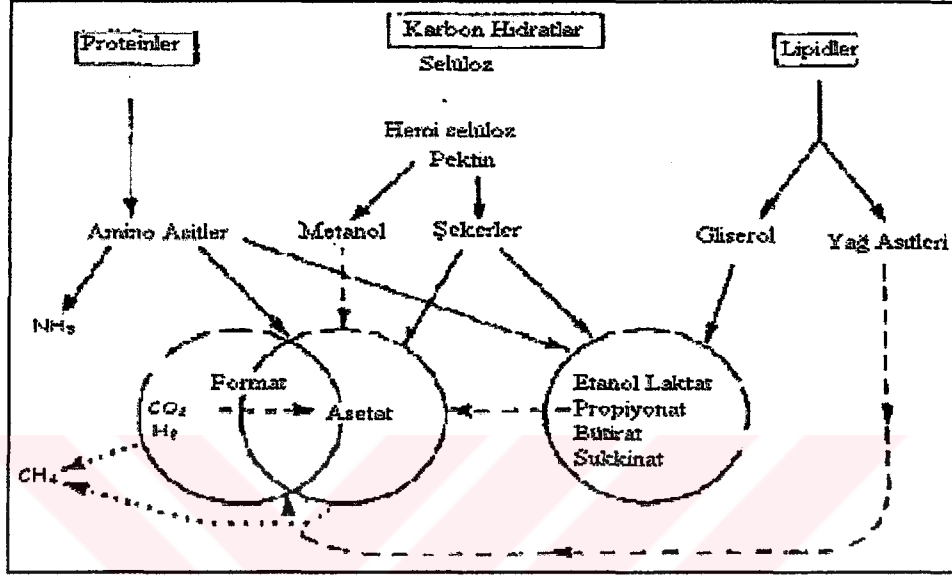


Şekil 2.5 Anaerobik çürüme kademeleri (Öztürk, 2003)

2.4.1 Birinci Kademe: Hidroliz

Birinci kademedede çamur içindeki çözünür olmayan organik maddeler mikroorganizmaların salgıladığı ekstra selular enzimlerle çözünür hale dönüştürürler. Bakteriler uzun zincirli kompleks karbon hidratları, proteinleri, yağları ve lipitleri kısa zincirli yapıya dönüştürürler. Bazı lifli organik maddeler çözünür hale dönüştürülemez. Dolayısıyla bu maddeler bioreaktörde birikebilir veya reaktörden bozunmadan çıkabilir. Su ve inorganik maddeler bioreaktörde değişmeden birikebilir veya reaktörden çıkabilir. Sindirilmemiş organik maddeler koku problemi oluşturur. Uzun zincirli polisakkaritler mono sakkaritlere, proteinler

peptidlere ve amino asitlere dönüşürler. Proteinlerin, karbon hidratların ve lipidlerin daha basit organiklere dönüşümü Şekil 2.6'da verilmiştir. Selülöz ve lignin gibi kompleks maddeler zor hidrolize olurlar veya hiç hidrolize olmazlar. Bu tür maddelerin bozunma reaksiyon hızları çok düşüktür (Öztürk, 2003).



Şekil 2.6 Kompleks organik maddelerin basit organik maddelere dönüşmesi (Öztürk, 2003).

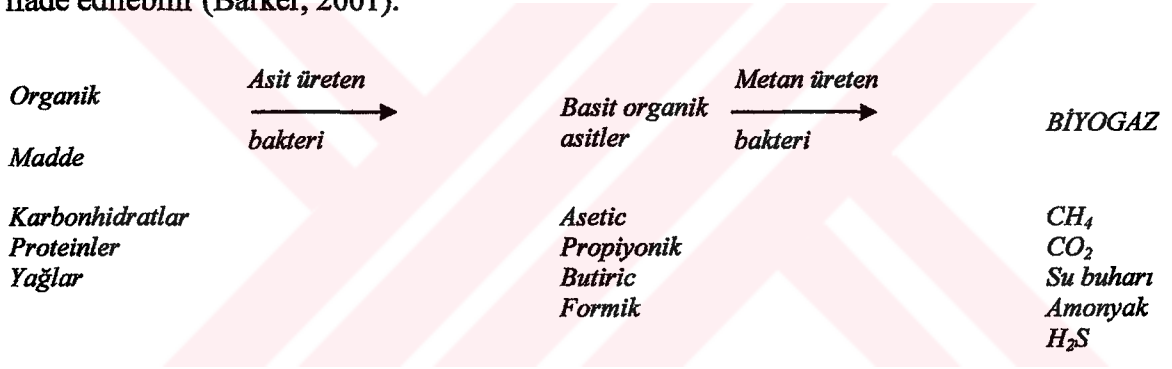
2.4.2 İkinci Kademe : Asit Oluşturma

Asit oluşturuıcı bakteriler, çözünür hale dönüşmüş organik maddeleri asetik asit başta olmak üzere uçucu yağ asitleri, hidrojen ve CO₂ gibi daha küçük yapılı maddelere dönüştürürler. Bu bakteriler anaerobiktir. Asidik şartlarda büyürler. Asetik asit gibi uçucu yağ asit bakterilerinin büyümesi ve çoğalması için oksijene ve karbona ihtiyaçları vardır. Bakteriler, çözültideki bağlı haldeki oksijeni kullanarak bunları sağlarlar. Asit oluşturuıcı bakteriler metan oluşturuıcı bakteriler için anaerobik şartlar oluştururlar. Uçucu yağ asitlerinden başka asit bakterileri, organik bileşikleri daha düşük moleküllü alkollere, organik asitlere, amino asitlere, karbon dioksit, hidrojen sülfüre ve esas miktarda metana dönüştürürler. Havasız reaktörlerin işletmeye alınması safhasında uçucu yağ asidi konsantrasyonununun 1000-1500 mgHAC/l'ten fazla olması istenmez. Asit üretim hızı metan üretim hızına göre daha büyüktür. Organik madde konsantrasyonundaki ani artışlar asit üretiminin artmasına ve pH düşmesine neden olur. Bu da metan bakterileri üzerinde inhibasyon etkisi yapar (Öztürk, 2003).

2.4.3 Üçüncü Kademe : Metan Oluşumu

Metan oluşturuıcı bakteriler, asetik asitlerini parçalayarak ve/veya H_2 ile CO_2 'in sentezi sonucu biogaza dönüştürürler. Havasız şartlarda üretilen metanın yaklaşık %30'u hidrojen gazı ile karbondioksit gazından, %70'i ise asetik asit'in parçalanmasından oluşur. Tüm uçucu organik asitler ve çözünen organik bileşikler biogaza dönüşmez. Bazı organik maddeler arıtılmadan deşarj olur. Metan üretim süreci yavaştır. Havasız arıtmada hız sınırlayıcı safha olarak kabul edilmektedir. Metan oluşturuıcı bakterilerin kullanabilecekleri besin maddeleri oldukça sınırlı olup bunlar; asetik asit, hidrojen ve tek karbonlu bileşiklerdir. Sulu ortamlardaki dip çamurları ve evsel çamur çürütme tesislerindeki CH_4 'in %70'i, asetik asitin metil grubundan, geri kalanı ise $CO_2 + H_2$ 'den üretilmektedir. Metan oluşturuıcı bakteriler asidojenik ve asetojenik bakterilerin aksine çevresel şartlara karşı çok hassastırlar (Öztürk, 2003).

Anaerobik prosesde meydana gelen dönüşümler ve metan oluşumu, aşağıda verildiği gibi ifade edilebilir (Barker, 2001).



2.5 Biogaz Üretimini Etkileyen Temel Kriterler

Biogaz tesislerinde hayvan cinsi, sayısı ve gübre toplama tekniği biogaz tesisinin boyutlandırılmasını etkiler. Biogaz tesislerinde hayvan gübreleri reaktörlere yarı sıvı halde verilir. Besi maddesi içerisindeki katı madde konsantrasyonu %5-12 arasında değişir (Mattocks, 2000).

Islak hayvan gübresi hayvan cinsine bağlı olarak 1:1 veya 1:3 gibi değişik oranlarda su ile karıştırılarak bioreaktöre verilir. Böylece gübrenin reaktör içinde akışkanlığı sağlanır. Tüm sistemi rahatsız etmeden günde en az bir defa besleme yapılması tavsiye edilir. Oluşan biogaz sürekli olarak kullanılacaksa gaz depolama bölümü 24 saat biogazı depolayacak kapasitede olmalıdır (Öztürk, 2003). Hayvan gübresinden anaerobik şartlarda biogaz üretiminde reaktördeki besi maddesinin sıcaklığı, pH, hidrolik bekleme süresi, yükleme hızı, organik

yükleme hızı, C/N oranı ve katı madde konsantrasyonu önemlidir.

Organik katı atıkların havasız ayrıştırılmasında en büyük problem, atığın heterojenliği ve ayrışmanın kademeli olarak gerçekleşmesidir. Metan üreten bakterilerin hassas yapısı ve yavaş üreme hızı nedeniyle havasız çürütme prosesi boyunca bir dizi çevresel koşulu sağlamak gerekir (Tübitak, 2001). Bunlar özetle;

- Oksijensiz koşulların sağlanması
- İki değişik aralıkta sıcaklığın sürdürülmesi (mezofilik ve termofilik)
- Besin elementlerinin ortamda bulunması
- Çok çeşitli sayıda toksik yapı gösteren maddelerin proses ortamında bulunmaması, bu maddelere yüksek konsantrasyonda acetogenic mikroorganizmalar tarafından üretilen uçucu organik asitler de dahildir
- Uygun işletme koşullarının sağlanması

2.5.1 Reaktör Sıcaklığı

Metanojenik bakteriler çok yüksek ve çok düşük sıcaklık şartlarında aktif değildirler. Biokimyasal reaksiyonlar ve mikroorganizmaların büyümeleri sıcaklık artışı ile artar (Öztürk, 2003). Metan oluşturuucu bakteriler sıcaklık değişimine karşı çok hassastırlar. Bio reaktörlerde biyokimyasal reaksiyon esnasında Çizelge 2.4'de verilen sıcaklık aralıkları korunmalıdır.

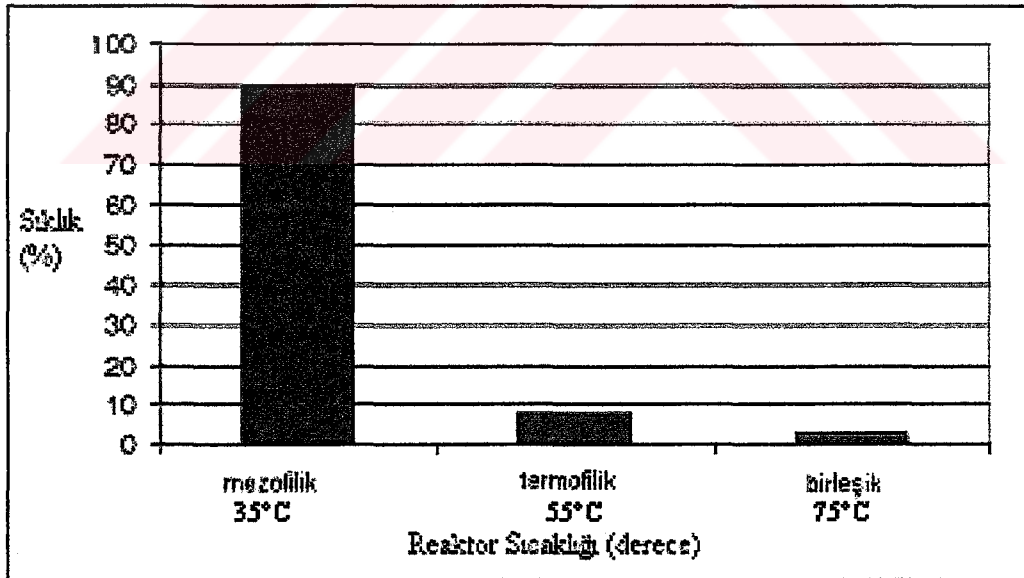
Çizelge 2.4 Biyokimyasal reaksiyonlardaki sıcaklık aralıkları

<i>Sıcaklık fazı</i>	<i>Sıcaklık aralığı (°C)</i>	<i>Kaynaklar</i>
Psikofilik	12-20	Öztürk, 2003
	< 20	Burke, 2001
	10-25	Wellinger, 1999
Mesofilik	29-40	Mattocks, 2000
	20-40 (opt 35-37)	Burke, 2001
	25-35	Wellinger, 1999
Termofilik	55-65	Öztürk,
	49-60	Wellinger, 1999

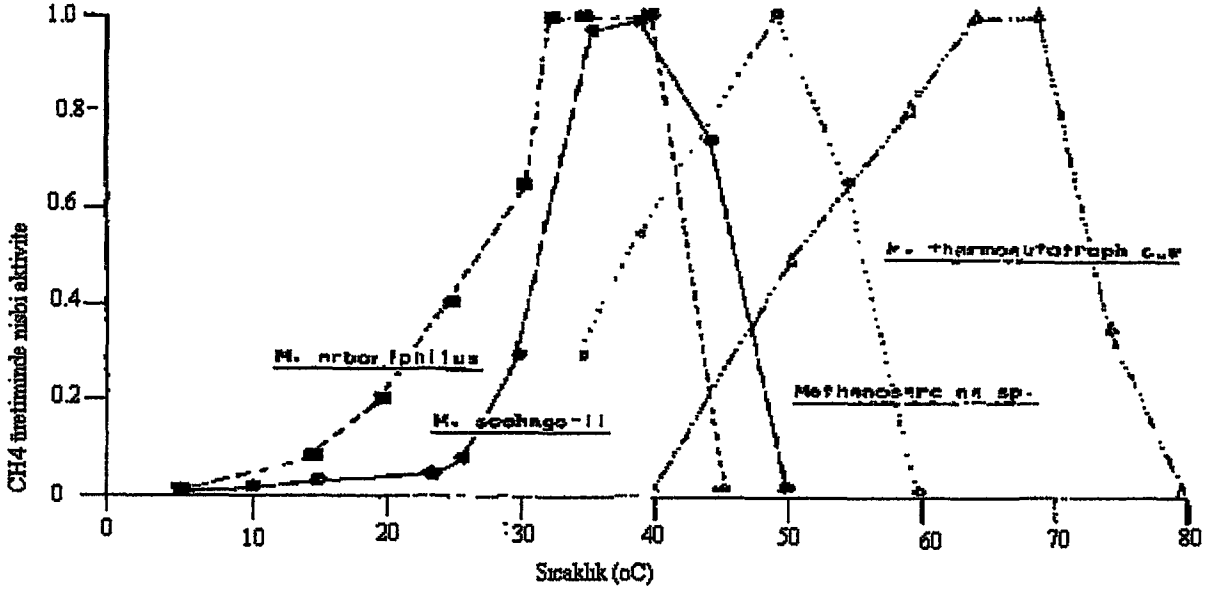
dır. Mikroorganizmalar belli sıcaklık aralığında optimum büyüme sağlarlar. Biyokimyasal reaksiyonla metan üretim hızı, sıcaklık artışı ile artar (Şekil 2.8). Termofilik sıcaklık şartlarında mesofilik sıcaklık şartlarına göre bio kimyasal reaksiyonlar daha hızlı gerçekleşir Termofilik şartlarda metan üretim hızı mezofilik şartlara göre 2 kat daha fazladır, dolayısıyla reaktör hacmi mezofilik şartlara göre yarı yarıya daha küçüktür (Pagilla, 1999).

Termofilik şartlarda mezofilik şartlara göre aynı hidrolik bekleme süresinde daha yüksek organik yükleme yapılabilir. %15.8 katı madde içeren hayvan gübresi termofilik şartlarda çalışan bir reaktörde çürütülürken gerekli hidrolik bekleme süresi 6.3 gün iken mesofilik şartlarda bu süre 10.4 gündür (Öztürk, 2003). Ancak bio reaktörü termofilik şartlarda çalıştırmak için ilave ısıya ihtiyaç vardır. Yüksek sıcaklıkta çalışıldığı zaman serbest amonyak miktarı, sıcaklık artışı ile arttığı unutulmamalıdır, bu da bio reaktör performansını olumsuz yönde etkileyebilir hatta verimi düşürebilir (Hansen,1996).

Almanya'da kurulan modern tipte, büyük ölçekli biyogaz tesislerinde tercih edilen işletme sıcaklıklarının %90'ı mezofilik şartlardadır. Bunu, yaklaşık %10 gibi bir değerle termofilik şartlar izler. Kombine sıcaklık şartları ise pek tercih edilmemektedir. Bu durum Şekil 2.7'de gösterilmiştir (Weiland, vd., 2003).



Şekil 2.7 Modern biyogaz tesislerinde kullanılan proses sıcaklıkları



Şekil 2.8 Sıcaklığa bağlı olarak gaz üretimindeki artışlar (Öztürk, 2003).

Bioreaktör sıcaklığı 22 °C nin üzerinde tutulduğu zaman daha iyi performans sağlanabilir. Bioreaktör sıcaklığı 22 °C nin altına düştüğü zaman biogaz üretimi düşer. Bu sıcaklıkta biogaz tesisinin işletilmesi ekonomik değildir. Çevre sıcaklığı 10 °C'nin altına düştüğünde gaz üretimi durur (Öztürk, 2003). Bioreaktörlerde biyokimyasal reaksiyon esnasında sıcaklık;

Psikofilik şartlarda ± 2 °C /saat

Mesofilik şartlarda ± 1 °C/saat

Termofilik şartlarda ± 0.5 °C/saat

aralığında korunmalıdır (Kossman, vd., 2000). Bio reaktörlerde sıcaklığın ani olarak değişmesi bakterilerin faaliyetlerini olumsuz yönde etkiler. Bu da bio kimyasal reaksiyonu yavaşlatır. Biogaz güç üretim tesisinin ısısından faydalanılarak reaktörün sıcaklığı sabit tutulabilir.

Bio reaktörler yer altında kurulduğu zaman gece ile gündüz arasındaki sıcaklık dalgalanması büyük ölçüde önlenir. Mikroorganizmalar kısa süreli sıcaklık değişikliğine karşı dayanıklıdır. Tesisler mümkünse yerden bir metre derinlikte kurulmalıdır. Çoğu küçük reaktörler mesofilik şartlarda çalıştırılmaktadır. Buradaki optimum sıcaklık 35 °C dir (Öztürk, 2003).

Bio reaktörlerin çevresel şartlardan minimum etkilenmesi ve ısısının korunması için yalıtılmasında yarar vardır. Çoğu Avrupa ve A.B.D'deki tesislerde reaktörler yalıtılır.

Reaktörler zemin altına yapılırsa reaktör atmosferik sıcaklık değişiminden minimum etkilenir. Mesofilik şartlarda çürüme sonucu oluşan katı madde miktarı termofilik şartlara göre daha fazladır, termofilik prosesler mezofilik proseslere nazaran 1.5 - 2 kat daha verimlidir (Boyd, 2000).

2.5.2 Hidrolik Bekleme Süresi (HBS)

HBS, gübre içindeki organik maddelerin bakteriler tarafından çürütülmesi sonucu biogaz üretmesi için gerekli olan süre (organik maddelerin, reaktörde kalma süresi) olarak tanımlanabilir ve matematiksel ifadesi şu şekilde gösterilebilir;

$$HBS = \text{reaktör hacmi (m}^3\text{)} / \text{günlük debi (m}^3\text{/gün)}$$

Reaktör içindeki bazı organik maddeler tam olarak biokimyasal reaksiyona girdiğinde, zamanla gaz üretimi azalmaya başlar. Seçilen hidrolik bekleme süresi içinde besi maddelerinin %70-80 oranında biokimyasal reaksiyona girerek bertaraf olduğu kabul edilir (Öztürk, 2003).

Biogaz tesislerinde işletme sıcaklığına bağlı olarak hidrolik bekleme süresi HBS 20 ile 120 gün arasında değişir. Tropikal bölgelerde H.B.S. 40-50 gündür. Çin'in soğuk bölgelerinde bu süre takriben 100 gündür (Kossmann, vd., 2000).

Sürekli beslemeli sistemlerde, bakterilerin reaktörlerden kaçmasını önlemek ve bakterilerin iki katına çıkmasını temin için HBS süresi daha uzun seçilebilir. HBS süresinin düşürülmesi, çürütülecek malzemeye bağlı olarak değişir. Hayvan atıklarında HBS'ni etkileyen en önemli basamak hidroliz kademesidir. Hayvan gübresinde bulunan organik maddelerin çürümesi sırasıyla; karbonhidratlar, yağlar, proteinler, hemi selüloz, selüloz şeklinde hızlanır. Karbonhidratlar ve yağlar daha kolay hidrolize olurken selülozlar daha zor hidrolize olurlar (Wellinger, 1999).

Sonuç olarak domuz gübresi daha fazla yağ içerdiği için sığır gübresine göre daha kısa sürede çürür. Sığır gübresi daha fazla miktarda selüloz ve hemi selüloz içerir. Çeşitli atıklar için, mesofilik şartlarda ortalama HBS, Çizelge 2.5'de verilmektedir.

Çizelge 2.5 Çeşitli atıklar için mezofilik şartlarda HBS.

<i>Hayvan Atıkları</i>	<i>HBS</i>	<i>Kaynak</i>
Sıvı sığır gübresi	12-30 gün	Wellinger, 1999
	20-30 gün	Rehling, 2001
Saman yataklı sığır gübresi	18 – 36 gün	Wellinger, 1999
Sıvı domuz gübresi	15-25 gün	Rehling, 2001
	10 – 25 gün	Wellinger, 1999
Bitki ile karıştırılmış sığır gübresi	50 - 80 gün	Wellinger, 1999
Sıvı tavuk gübresi	20 - 40 gün	Rehling, 2001 and Wellinger, 1999

Hidrolik bekleme süresi yeterli olmazsa reaktörden bakteriler daha hızlı kaçar ve uçucu yağ asidi konsantrasyonu artar. Bu da biogaz üretiminin düşmesine neden olur. Fermantasyon tam olarak gerçekleşmez. Bu problem, tarımsal biogaz tesislerinde nadiren gerçekleşir.

Reaktör sıcaklığı arttıkça hidrolik bekleme süresi düşer. Yüksek sıcaklıkta bio kimyasal reaksiyonlar daha kısa sürede gerçekleşir. Dolayısıyla hidrolik bekleme süresini uygulanacak sıcaklığa göre seçmek gerekir (Öztürk, 2003).

2.5.3 Ortamdaki su miktarı

Fermantasyon sırasında, verimin yüksek olması için ortamdaki su muhtevasına dikkat edilmelidir. Su fazla olduğunda çürütücü (fermantör) hacmine düşen verim azalır. Suyun artması ise, asetik asidin aşırı miktarda oluşmasına ve yüzeyde bir köpük tabakası halinde birikmesine neden olur.

2.5.4 Organik Yükleme Hızı

Organik yükleme hızı, birim hacim (m³) bio reaktörlere günlük olarak beslenen organik madde miktarı olarak tarif edilir.

O.M.M = (TKM (g) - Külün ağırlığı (g) / TKM (g)) * 100 şeklinde bulunur.

Anaerobik arıtmada bakteriler organik yükleme hızına karşı oldukça hassastırlar. Anaerobik arıtma için organik yükleme hızı aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir;

$$OYH = \text{Günlük Debi} \cdot \text{UMK} / \text{Sıvı Hacmi} = \text{Gübredeki UMK} / \text{HBS} = (1/\text{HBS}) * C_1 \text{ (kg/m}^3/\text{gün)}$$

Çizelge 2.6' da çeşitli atıklar için, organik yükleme hızları verilmektedir (Öztürk, 2003 ve Werner, 1989).

Çizelge 2.6 Mesofilik şartlarda optimum OYH

Sığır Gübresi	2.5-3.5 kgUM/m ³ .gün
İlave Besi Maddeli Sığır Gübresi	5.0-7.0 kgUM/m ³ .gün
Domuz Gübresi	3.0-3.5 kgUM/m ³ .gün
Tavuk gübresi	0.6-3.6 kgUM/m ³ .gün

Anaerobik arıtma esnasında mümkünse optimum organik yükleme hızı korunmalıdır. Organik yükleme hızı yüksek olduğunda bio reaktör içinde asit birikmesi olur ve pH düşer. pH'ın düşmesi metanojenik bakterilerin faaliyetlerini olumsuz yönde etkiler. Bu da gaz üretim hızını düşürür. Hatta durdurur. Benzer şekilde organik besleme hızı düştüğü zaman DA gaz üretim hızı düşer.

Almanya'da yeni kurulan büyük bio reaktörlerde OYH, 1 kg UM/m³.gün'ün altındadır. HBS ise yaklaşık olarak 50 günden büyüktür. Danimarka'daki bioreaktörler için 12-35 günlük HBS için OYH'ı 1.7-8 kg UM/m³ dür (Öztürk, 2003).

2.5.5 pH

Metan oluşturucu bakteriler nötr veya hafif alkali ortamda yaşarlar (Burke, 2001). Fermantasyon işlemi anaerobik şartlarda kararlı olarak devam ederken ortamın pH'sı normal olarak 7-7.5 arasında değişir. CO₂, HCO₃⁻ ve NH₃, NH₄⁺ un tamponlama etkisinden dolayı pH seviyesi nadiren değişir. Bikarbonatlar pH'ın düşerek metanojenik mikroorganizmalar üzerine ters etki yapmasını önler. Çünkü bikarbonatlar çürüme esnasında oluşan uçucu yağ asitlerini serbest yağ asitleri halinde değil de bağlı halde tutacağı için pH'nın düşürme etkisini önler (Öztürk, 2003).

Eğer bio-reaktörün pH'sı 6.7'nin altına düşerse, bu durum metan oluşturucu bakteriler üzerinde toksik etki yapar. Anaerobik arıtma için ideal pH aralığı 6.8-7.8 dir. pH 6.5 altına düştüğü zaman gaz üretimi tamamen düşer. pH düştüğünde bu durumdan metan oluşturucu bakteriler olumsuz etkilenir. Dolayısıyla ortamda asit oluşturucu bakteri konsantrasyonunda artma olur. Reaktörde yağ asidi konsantrasyonu belli değer üzerine çıktığında metan oluşumu tamamen durur. Bu durum özellikler aşırı organik yükleme ve sıcaklığın şok olarak

düşmesinden dolayı meydana gelir. Bio reaktörlerde pH düştüğü zaman iki yaklaşım uygulanır. Birinci yaklaşımda organik madde beslemesi kesilmelidir. Böylece ortamda metanojenik mikroorganizmaların konsantrasyonu artırılarak yağ asidi konsantrasyonu azaltılabilir. pH kabul edilebilir seviyeye yükseldikten sonra (pH=6.8 gibi) çamur beslenmesine tekrar devam edilir. İkinci yaklaşım olarak pH'yı yükseltmek ve tamponlama kapasitesini artırmak için ortama kimyasal maddeler ilave edilir. Kimyasal madde ilave etmenin en önemli avantajı pH derhal kararlı hale gelebilir. Dengesiz populasyonlar hızlı şekilde kendisini düzeltmeye çalışırlar. Kimyasal madde olarak sönmüş kireç (kalsiyum hidroksit) ve soda (sodyum bikarbonat) çözeltileri ilave edilebilir. Her iki madde de Türkiye'de bol olarak bulunmaktadır. Sodyum bikarbonat biraz pahalıdır. Fakat kalsiyum karbonat gibi ilave bir katı madde oluşturmaz (Öztürk, 2003).

2.5.6 Karıştırma

Biyogaz üretiminde, yüksek verim elde edilmesi için karıştırma gerekir. Karıştırma ile homojen madde ve sıcaklık dağılımı sağlanır. Yerel pH değişimleri engellenir. Yüzeydeki köpük tabakası asgari düzeye indirgenir. Mikroorganizmaların, fermantöre homojen olarak dağılmaları sağlanır. Karıştırma ile homojen bir ortam oluşturulur ve katı maddelerin askıda kalmaları sağlanır. Küçük ölçekli tesislerde, karıştırma işlemi elle yapılır (sert bir malzeme kullanılarak) ve özellikle giriş-çıkış borularının tıkanmasını önlemek amacıyla, bu borulardan itilen bir cisim ile, ileri geri karıştırma hareketleri yaptırılır.

2.5.7 C/N Oranı

Tüm besi maddeleri, hayvan gübrelere, insan atıkları, mutfak atıkları v.b. atıklar belli oranlarda karbon, azot ve oksijen içerirler. Organik maddelerdeki karbon, anaerobik bakterilerin enerji ihtiyacı için gereklidir. Karbondan başka en önemli besi maddeleri azot ve fosfordur. Azot bakterilerin büyümesi ve çoğalması için gereklidir. Besi maddesinde azot bulunmasının iki faydası var. Birincisi, amino asitlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin sentezi için gerekli elementi sağlar. İkincisi, amonyağa dönüşen azotun uçucu yağ asitlerini tamponlayarak pH'ın düşmesini önler. Böylece metan oluşturucu bakterilerin büyümesi için uygun pH şartlarının sağlanması oldukça önemlidir.

Besi maddesindeki bileşikler, bio reaktörde mevcut farklı bakteriler tarafından kullanılırlar. Metabolik işlemler için gerekli C/N oranı bakteriler için uygun olmalıdır. Bu değer 15-30 aralığında olabileceği gibi atığın ve işletmenin özelliğine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Barker, J, 2001).

C/N oranı 23/1 den büyük olduğunda optimum çürütme için uygun değildir ve C/N oranı 10/1'den küçük olduğunda bakteriler üzerinde engelleyici etki yapmaktadır. Ayrıca substratların parçalanması için mikroorganizmalar yaklaşık olarak 20-30 değerinde C/N oranına ihtiyaç duyarlarken, kümes hayvanları atıklarıyla işletilen çürütücülerde bu oran 5-7 olarak karşımıza çıkmaktadır (Mattocks, 2000).

Çalışmalar göstermiştir ki hayvan gübresinde azot (N) kaynağı idrardır. Deneysel çalışmalardan görülmüştür ki hayvan atığı içinde 5000 mg/lt. azotun bulunması, bio kimyasal reaksiyon üzerine olumsuz etki yapmadığı gözlenmiştir. Bu engelleyici etkide en önemli rolü amonyum iyonu yerine serbest amonyak azotu oynamaktadır. Serbest amonyak azotu özellikle hidrojen ile karbon dioksit gazlarından metan üretimi üzerinde engelleyici etki yapmaktadır. Asetattan metan oluşumu üzerine amonyak minimum etki yapmaktadır. Hidrojen tüketiminin engellenmesi, propiyonik asitin parçalanmasını zorlaştırır. Bu da metanojenik bakterilerin tükettiği asetatların engellenmesi gibi hareket eder (Öztürk, 2003).

Hayvan gübresinden biyogaz üreten atıklarda C/N oranı 15 ila 30 arasında değişir. Çoğu taze hayvan gübreleri bu oranı sağlar. C/N oranı 15 ila 30' u sağlıyorsa hayvan gübresini ayrıca bir ayarlamaya gerek yoktur.

Çeşitli hayvan gübrelerine ve evsel/tarımsal atıklara ait kuru bazda C, N, C/N oranı ve nem miktarları Çizelge 2.7, Çizelge 2.8 ve Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Çizelge 2.7 Organik maddelerin C/N oranı (Rehling, 2001)

<i>Gübre</i>	<i>C</i> <i>%Kuru</i>	<i>N</i> <i>%Kuru</i>	<i>C/N</i> <i>Oranı</i>	<i>Taze Gübredeki</i> <i>Nem Oranı (%)</i>
Sığır Gübresi	30	1.66	18	80-85
10-20 (Werner, 1989)				
Koyun gübresi	83.6	3.80	22	75-80
Kümes hav. gübresi	87.5	6.55	14	70-80
5-8 (Werner, 1989)				
10 (approach to biogas tech., 1997)				

Çizelge 2.8 Organik maddelerin C/N oranı (devam 1)

<i>Gübre</i>	<i>C</i> <i>%Kuru</i>	<i>N</i> <i>%Kuru</i>	<i>C/N</i> <i>Oranı</i>	<i>Taze Gübredeki</i> <i>Nem Oranı (%)</i>
Domuz gübresi	76	3.8	20	75-80
			9-13 (Werner, 1989)	
			18 (approach to biogas tech., 1997)	
At gübresi	33.4	2.3	15	80-85
Kaz	54	2	27	70-80
Güvercin gübresi	50	2	25	70-80
İdrar	15	15	1	90-95
			0,8 (Werner, 1989)	
Kan	36	12	3	90-95
Balık atığı	56	7	8	55-75
Kesimhane atığı	64	8	8	55-75
Çiftlik gübresi	42	3	14	75-80
Evsel ve tarımsal atıklar				
İnsan dışkısı	48	6.0	8	50-70
İdrarlı insan dışkısı	70	7.0	10	50-70
Patates kabuğu	37.5	1.5	25	50-60
Mutfak atığı	62.5	2.5	25	5-15
Ekmek	50	2	25	50-60
Gazete	40	0.05	800	5-15
Taze çim	48	4	12	40-60
Yer fıstığı kabuğu	40	2.0	20	25-40
Yapraklar	55	1.0	55	25-40
Soya fasulyesi sapı	64	2.0	32	25-40
Ağaç yaprakları	75	1.5	50	40-60
Şeker kamışı	45	0.3	150	25-40

Çizelge 2.9 Organik maddelerin C/N oranı (devam 2)

<i>Gübre</i>	<i>C</i> <i>%Kuru</i>	<i>N</i> <i>%Kuru</i>	<i>C/N</i> <i>Oranı</i>	<i>Taze Gübredeki</i> <i>Nem Oranı (%)</i>
Pirinç samanı	18	0.3	60	20-40
Soya fasulyesi	17.5	3.5	5	10-15
Pamuk tohumu	12.5	2.5	5	10-15
Hardal	39.0	1.5	26	10-15
Su sümbülü	30.4	1.9	16	85-90
Yulaf samanı	50.4	1.05	120	20-40

C/N hesaplamalarında devamlı kuru madde esas alınır. Enerji üretimi için su katkıda bulunmaz. Organik madde bakteri besi maddesi olarak kullanılır. Optimum C/N oranı farklı organik maddelerin karıştırılması ile elde edilebilir. Sabit karışım sürekli gaz üretimini garanti etmek için gereklidir (Öztürk, 2003).

2.5.8 Toksisite

Mineral iyonları, ağır metaller, antibiyotikler, pestisitler, herbisitler, deterjanlar gibi pek çok madde, anaerobik arıtmada mikro organizmaların büyümelerini engelleyerek toksik etki yaparlar (Mattocks, 2000).

Az miktarda mineral iyonları (sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, amonyum ve kükürt) bakterilerin büyümelerini geliştirirken ağır metaller toksik etki yaparlar. 50-200 mg/lt. amonyum, bakterilerin büyümesini ilerletirken 1500 mg/lt. amonyum bakteriler üzerinde toksik etki yapar. Benzer şekilde bakır, nikel, krom, çinko, kurşun gibi ağır metaller çok düşük konsantrasyonlarda bakterilerin gelişmesinde olumlu etki yaparken yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yaparlar (Öztürk, 2003).

Sabun gibi deterjanlar, antibiyotikler, dezenfektanlar, organik solventler bakterilerin metan üretim kapasitelerini düşürürler (Mattocks, 2000). Bu maddelerin hayvan gübresine karışması önlenmelidir. Bakterilerin büyümesinde toksik etki yapan bazı maddelerin konsantrasyonları Çizelge 2.10'da verilmiştir. Anaerobik arıtmada metan üretimi üzerine amonyak konsantrasyonunun olumlu ve olumsuz etkisi Çizelge 2.11'de verilmiştir.

Çizelge 2.10 Anaerobik arıtmada çeşitli engelleyicilerin engelleme seviyesi (a system approach to biogas tech., 1997)

<i>Engelleyiciler</i>	<i>Engelleme Seviyesi (mg/l)</i>
Sülfat (SO ₄)	5.000
Sodyum klorür ve genel tuzlar	40.000
Nitrat (N olarak hesaplanmış)	0.05
Bakır (Cu ⁺²)	100 10-250 (Kossman, vd., 2000)
Krom (Cr ⁺³)	200
Nikel (Ni ⁺²)	200-500 100-1000 (Kossman, vd., 2000)
Sodyum (Na ⁺¹)	3.500-5.500 8000 (Kossman, vd., 2000)
Potasyum (K ⁺¹)	2.500-4.500
Kalsiyum (Ca ⁺²)	2.500-4.500 8000 (Kossman, vd., 2000)
Magnezyum (Mg ⁺²)	1.000-1.500 3000 (Kossman, vd., 2000)
Mangan (Mn ⁺²)	1.500 üzeri
Siyanür (CN ⁻¹)	2 (Kossman, vd., 2000)
Sülfür	200 (Kossman, vd., 2000)

Çizelge 2.11 Amonyakın metan üretimi üzerine etkisi (Jones, vd., 2000)

<i>Konsantrasyon (mg NH₃/lt)</i>	<i>Etkisi</i>
5-200	Faydalı
200-1000	Ters etkisi yok
1500-3000	Yüksek pH değerlerinde muhtemelen engelleyici
>3000	Toksik

3. DÜNYADA ve TÜRKİYE'DE BİYOGAZ TESİSLERİ

3.1 Dünyada Biyogaz Tesisleri

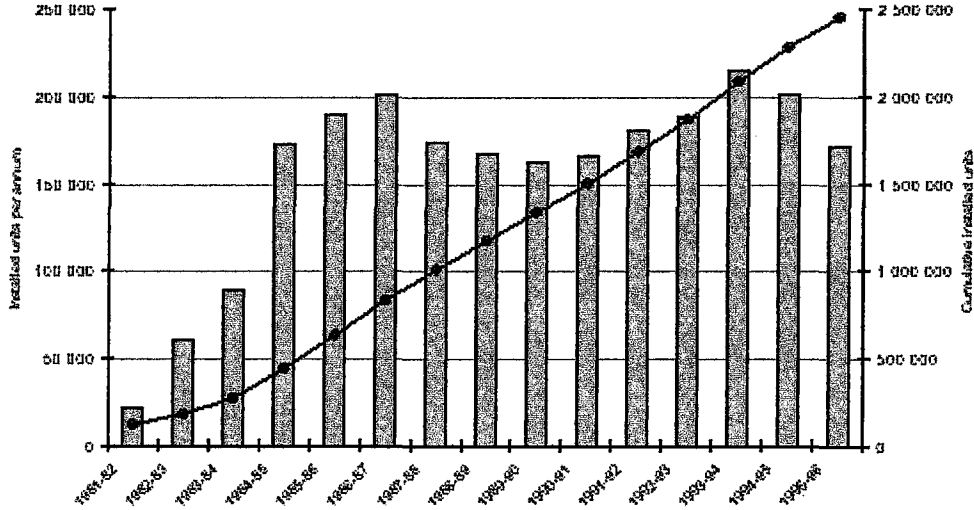
Organik maddelerden oksijensiz ortamda metan üretimi VOLTA tarafından on sekizinci yüzyılda tanımlanmıştır. İlk biyogaz üretimi, kayıtlara 1895 yılında İngiltere'de geçmiştir. II. Dünya Savaşı sırasında küçük çaplı üreteçler Almanya ve Fransa'da kullanılmaya başlanmıştır. Bu enerji sistemlerine III. Dünya ülkeleri büyük bir önem vermiş ve ilk üretim 1939 yılında Hindistan tarafından yapılmıştır. Halen Hindistan'da 80.000'in üzerinde biyogaz üretim ünitesi bulunmaktadır. Dünyada en çok biyogaz üreticisine sahip ülke ise Çin'dir.

Asya'da biogaz tesisleri: Biyogaz üretimi ve teknolojisinin yaygınlaşmasında, Çin ve Hindistan öncü ülkelerdir. Çin'de milyonlarca biyogaz tesisi bulunmaktadır. Kesin olmamakla birlikte bu sayı 7-8 milyon arasındadır. Bu tesislerin ne kadarının hala işletilmekte olduğu da bilinmemektedir (Fischer, Krieg, 2004). Hindistan'da ise 1 milyon civarlarında biyogaz tesisi bulunmaktadır. Bu tesisler el yapımıdır, yeraltına inşa edilmiştir ve izole edilmemiş tesislerdir. Tasarımlar son derece basittir. Ucuz olmalarının yanı sıra son derece etkili tesislerdir. Hayvan dışkı ve evsel organik atıklarla sürekli (fed-batch) beslemeli sistemlerdir. Çürütülmüş substrat, stabil gübre olarak tarlaya verilir. Biogaz ise toplanır ve enerji olarak aydınlanma/pişirme amaçlı kullanılır.

Dünya'da birincil enerji tüketim kaynağı %15 lik oranla biokütledir. Bu miktar gelişmekte olan ülkelerde %38 mertebesine çıkmaktadır. Özellikle bio enerji, gelişmekte olan ülkelerde ve kırsal bölgelerde enerji temin amacıyla kullanılmaktadır. Hindistan'da kırsal bölgelerde yemek pişirme enerjisi toplam enerjinin %80'nini oluşturmaktadır.

Çin'de konut tipi bio reaktörlerde yılda 2 milyar m³ biogaz üretilmektedir. Yani bir aile yılda 200-300 m³ bio gaz üretmektedir. Yine Çin'de 25 milyon insan biogaz tesislerinden elde edilen gazları 8-10 ay yemek pişirme amacı ile kullanmaktadırlar. İyileştirilmiş ucuz biogaz sobalar ve lambalar geliştirilmiştir. Bunlar her eve dağıtılmıştır. Lambalar ve yakıcılar 2 cm su basıncı gibi düşük basınçta çalışabilme özelliğine sahiptir. 800 biogaz tesisinde 7800 kWatt saat kapasiteli elektrik enerjisi üretim tesisi bulunmaktadır. Bu enerji 17000 aile tarafından kullanılmaktadır.

Hindistan'da ulusal bazda biogaz tesisleri 1981 yılında gelişmeye başladı. Bugünlerde büyük çiftçiler de biogaz tesisi kurmaktadırlar. Hindistan'daki biogaz tesisindeki gelişmeler Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Hindistan'da yıllarla göre biyogaz tesisi sayısındaki gelişmeler (Öztürk, 2001)

Ayrıca Vietnam, Tayland vs. gibi diğer pek çok Asya ülkesinde biyogaz tesisleri işletilmektedir. Asyahılar düşük maliyetli pek çok biyogaz tesisine sahiptirler. Çoğu üniversite ve enstitülerinde, biogaz sistemlerine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Asyahıların, atıklardan biyogaz üretimi kimyası ve biyolojisi hakkında pek çok bilgiye sahip oldukları görülmektedir. Ülkeler için, katı atıklardan yenilenebilir enerji üretimi maliyetlerinin az olması önemli bir konudur ve Asya ülkelerindeki tesisler düşük maliyetli olduğundan tercih edilmektedir. Asya ülkelerinden Japonya ve Kore, son 3-4 yılda biyogaz tesislerinin tasarımıyla ilgili olarak bir biyogaz pazarı geliştirmiştir. Bu bağlamda pek çok Alman, Danimarka, Avusturya Şirketleri; Japon pazarına girmiş ve çeşitli Japon müteahhitlerine lisans vermişlerdir. Bio atık arıtımı için inşa edilen bu tesislerde, organik atıkların kaynakta arıtımı ve gübre atıklarının arıtımı söz konusudur. Benzer durumda Danimarka ve Almanya'da bazı, büyük ölçekli merkezi biyogaz tesisleri ile küçük ölçekli tesisler de inşa edilmiştir.

Biyogaz teknolojisiyle ilgilenen diğer ülkeler: Cezayir, Pakistan, Bangladeş, Endonezya, Singapur, Filipinler, Güney Kore, Sri Lanka, Tayland, İran, Nepal gibi Güney Asya ülkeleridir.

Dünyada kurulu hayvan gübresinden biyogaz tesislerinin %80'i Çin'de, %10'u Hindistan, Nepal ve Tayvan'da ve geri kalanı diğer ülkelerde kuruludur. Çeşitli ülkelerde kurulu biyogaz tesisi dağılımı Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Gelişmekte olan ülkelerde biyogaz tesisi sayısı

Ülkeler	Tesis sayısı
Çin	8.000.000
Hindistan	1.900.000
Kore	29.000
Brezilya	2300
Bangladeş	566*
Nepal	49500

*yarısı çalışmıyor

Bangladeş'te kurulu çoğu tesisin çalışmamasının sebebi; dizayn, inşaat ve bakım problemleridir.

Avusturya-Yeni Zelanda Biyogaz Tesisleri: Her iki ülkede de, kaynak atıklarının arıtılması amacıyla, henüz pilot ölçekli birkaç biyogaz tesisi bulunmaktadır. Üniversiteler bu konularda araştırmalar yapmaktadırlar. Avusturya'da, kaynaktan ayrılmış atıkların arıtımını amacıyla büyük ölçekli bir biyogaz tesisi inşa edilmiştir. Bu tesisin lisansı, Almanya'dan alınmıştır.

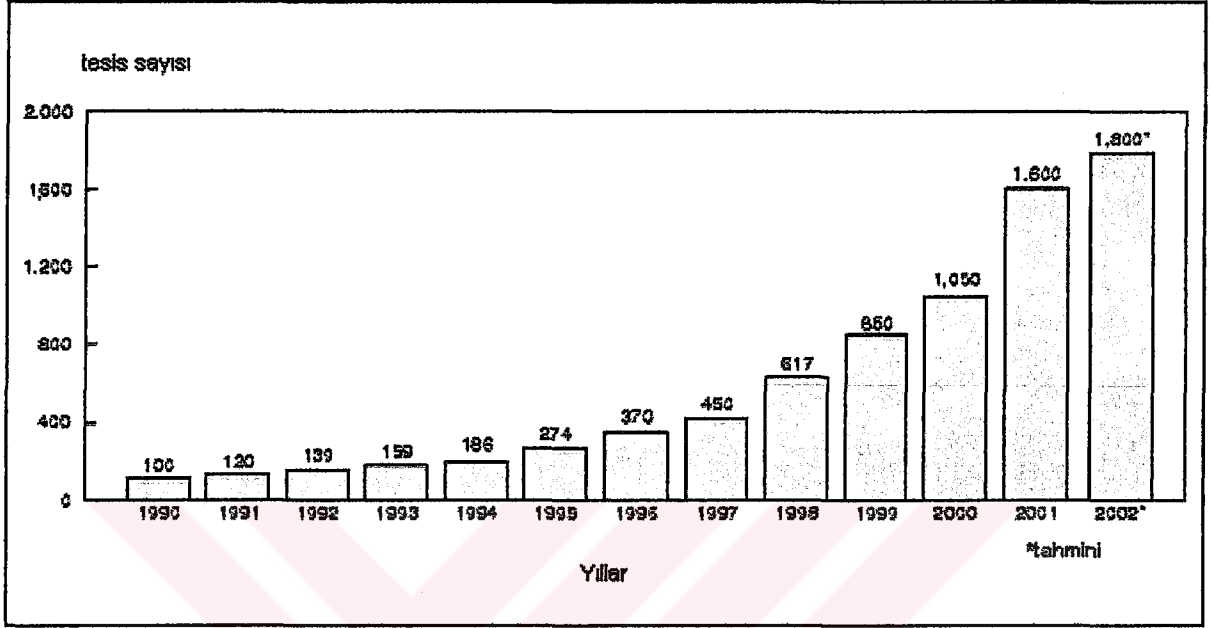
Kuzey ve Güney Amerika'da Biyogaz Tesisleri: Güney Amerika'da pek çok anaerobik atıksu arıtma tesisi işletilmektedir fakat, anaerobik katı atık arıtma tesisi ile ilgili az bir bilgi mevcuttur. Tesislerin uygulamaya konulmasında, bugüne kadar yapılan çalışmaların yanı sıra ekonomik yetersizliklerden dolayı istenilen başarı sağlanamamıştır.

USA, Kyoto Anlaşmasını imzalamamasına rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili önemli hareketlenmelere sahiptir. Kanada'da da benzer gelişmeler söz konusudur. Kuzey Amerika'daki üniversitelerde, 60'lı-70'li yıllardan beri, katı atıkların anaerobik olarak arıtılmasıyla ilgili çalışmalar mevcuttur. Ancak 60'lı yılların ortalarında Florida'da inşa edilen bir biyogaz tesisinde yaşanmış olan ciddi boyuttaki bir başarısızlık diğer gelişmeleri de olumsuz etkilemiştir.

Bugünlerde Kuzey Amerika'da biyogaz tesislerinin planlanması ve inşa edilmelerine yönelik ilgi büyüktür. İlk kontak, deneyimli Avrupa şirketleri ile kurulmuş olup şu anda işletilmekte olan herhangi bir biyogaz tesisi bulunmamaktadır.

Avrupa'da Biyogaz Tesisleri: 80'li yılların ortalarında ilk adım, Danimarka ve eski Doğu Almanya'da kurulan büyük ölçekli merkezi bir biyogaz tesisi ile atılmıştır. Aynı zamanlarda,

eski Doğu Almanya'da esas ilgi, tarımsal tesislerin geliştirilmesiyle ilgili olmuştur. Bugünlerde her iki ülkede de –Danimarka ve Almanya- çok çeşitli büyüklüklerde –küçük, orta ve büyük ölçekli- biyogaz tesisleri işletilmektedir. Ve dünya tesislerinin en yüksek gelişmişliğine sahip tesislerdir bunlar.



Şekil 3.2 Almanya'da yıllara göre gelişmiş biyogaz tesisi sayısı (German Biyogas Association)

İsviçre ve Avusturya yukarıda bahsedilen gelişmişliğin çok az da olsa gerisindedir. Bunun sebebi her iki ülkede de esasında küçük, çok küçük çiftliklerin bulunmasıdır. İsveç'de ise hala birkaç büyük tesis bulunmaktadır.

Diğer pek çok Avrupa ülkesinde örneğin; İspanya, İtalya, Belçika ve Hollanda'da ilk biyogaz tesisleri, yeraltına inşa edilmiştir. Özellikle İspanya ve Hollanda, biogaz tesislerinin yapılarıyla ilgili spesifik gelişmeler göstermiştir. Almanya ve Danimarka'nın bugünkü gelişmişliğine benzer bir ilerleme kaydetmektedir.

Avrupa topluluğu ülkelerinde hayvan gübresi kullanılarak inşa edilen biyogaz tesisi sayısı ve biyogaz üretim miktarı Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Avrupa topluluğu ülkelerinde biyogaz tesisi ve biyogaz üretimi (Öztürk, 1999)

Ülkeler	Biyogaz tesisi sayısı	Biyogaz üretimi	
		TWh/yıl	PJ*
Avusturya	23	1410	32900
Danimarka	39	45150	1.052.090
Almanya	500	-	-
Yunanistan	2	0.001	33
Hollanda	3	1.960	45.630
İtalya	70	6.880	160.250
Norveç	4	0.620	14.450
Portekiz	16	1.520	35.300
İspanya	6	0.026	625
İsveç	12	19.430	452.700
İsviçre	59	1.790	41.700
İngiltere	31	-	-
Avusturya	46	-	-

*1.052.090 J = 1.05 PJ

Çizelge 3.2 incelendiğinde en fazla biyogaz tesisi sayısı Almanya'da görülmektedir. Bunu, İtalya (70) izlemektedir.

Avrupa'da kurulu güç gelişimi: OECD ve Avrupa ülkelerinde kurulu güç ve kişi başına düşen elektrik enerjisi miktarı Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 OECD ve Avrupa ülkelerinde kurulu güç ve kişi başına düşen enerjisi miktarı

(Öztürk, 2001)

<i>Ülkeler</i>	<i>Kurulu Güç (GW)</i>	<i>Kişi Başına(kWh/kişi)</i>
A.B.D	784.78	14.405
Almanya	113.63	6382
Avusturya	17.45	7231
Belçika	15.40	8397
Danimarka	12.54	6842
Fransa	112.59	7779
Hollanda	20.21	6677
İngiltere	72.65	5517
İspanya	50.02	5434
İsveç	33.03	15964
İtalya	72.51	5398
Japonya	222.39	8373
Kanada	109.95	17900
Portekiz	9.78	4240
Türkiye	23.35	1811
Yunanistan	10.02	4682
Avrupa Birliği	561.64	-

Çizelge 3.3 incelendiği zaman kişi başına elektrik enerjisi tüketimi en düşük olan ülkenin Türkiye olduğu görülmektedir. Türkiye'nin sadece iki enerji üretim kaynağı söz konusudur. Bunlar hidrolik ve termik santrallerdir. Türkiye'de alternatif enerji kaynağı yok denecek mertebededir.

Orijinal atık içerisinde bulunan azot-fosfor, standart biyogaz tesislerinde elde edilen çürütülmüş gübrede de aynı kalacağından yani değişmeyeceğinden dolayı, bu maddelerin niceliklerinin azaltılması için, diğer çürütülmüş çamur arıtımlarına ihtiyaç duyulabilmektedir. Bunları üç madde halinde yazabiliriz:

- Bir biogaz tesisi + membran teknoloji

- Bir biyogaz tesisi + buharlaştırma
- Bir biyogaz tesisi + MAP (magnezyum-amonyum-fosfat giderimi)

Her yöntemde, nütrient konsantrasyonu olacaktır. Gübrenin asıl önemli bir bölümü sudur ve bu su direk olarak nehir ya da göle dökülebilecek mertebede arıtılacaktır. Prosese bağlı olarak gübreden; çok ya da az içilebilirlik derecesinde su elde edilecektir.

İspanya'da durum farklıdır. İspanya'da yasal sınırlamalar şu şekildedir: Burada büyük boyutta doğalgaz güç istasyonları inşa edilir ve buradan elde edilen termal enerji, sulu çıkış çamurunu buharlaştırmak için kullanırlar. Bu günlerde pek çok projenin temelinde yılda 15 MW civarında doğalgazdan elektriksel güç üretmek vardır. Buna ek olarak, 100.000 m³ gübreden yılda 1 veya 2 MW enerji üretilebilecektir. Doğalgaz ve biyogazdan üretilen elektrik enerjisinden elde edilen termal enerji, çürütülmüş sulu çamurun buharlaştırılması için kullanılacaktır. Bunun sonucunda İspanya'daki biyogaz tesislerinde oluşan yıllık, 100.000 ya da daha fazla m³'lük gübrenin buharlaştırılması işleminde oluşan kötü koku sonucunda, hiç kimse bu tesislerin yakınında ikamet etmek istememektedir.

Avrupa'da Polonya, Macaristan, Litvanya, İngiltere, İrlanda gibi diğer ülkeler de biyogaz sistemlerinin gelişimiyle ilgilenmektedirler.

Burada görülen şu ki; uygar/gelişmiş ülkelerde tüketilen/ihtiyaç duyulan et miktarı, diğer gelişmekte ya da az gelişmiş ülkelere oranla çok daha fazladır. Bu da çevreye bir etki vermektedir. Bu etkiyi azaltmak için, az ya da çok gelişmiş teknolojileri uygulamaya koymak zorunluluğu vardır. Ülkeler, hayvan atıklarının arıtılmasında gerekli çözüm yollarını bir kural olarak bilmek zorundadırlar.

3.2 Türkiye'de Biyogaz Tesisleri

Tarım ve hayvancılığın gelişmiş olduğu ülkemizde, biyogaz hammaddesi olarak kullanılacak olan büyük bir potansiyel vardır. Kırsal artıkların yanı sıra büyük kentlerde oluşan kentsel artıklar da biyogaz teknolojisi ile değerlendirilebilir. Batı Avrupa ve Kuzey Amerika ülkelerindeki gibi şehirlerin atık sularının yeniden kazanılması için gerekli tesislerin enerji gereksinimi, bu sulardan üretilen biyogazla karşılanabilir. 1980 yılı araştırmalarına göre Türkiye'de 80 milyon hayvan ve 25 milyon hektar ekilebilir arazi bulunmaktadır. Bunlardan elde edilen organik, bitkisel ve hayvansal atıklarla biyogaz üretiminde büyük bir kaynak oluşturmaktadır. Ülkemizde 135 milyon ton taze çiftlik gübresinin %12'si tarımsal amaçlarla, %30'u evlerde yakıt olarak kullanılıp, artan kısmı da meralarda kalmaktadır. Türkiye, biyogaz

üretimi için büyük bir potansiyele sahip olmakla birlikte özellikle hayvancılığın geliştiği bölgelerde ısınma amaçlı katı yakıtların örneğin kömür gibi, az bulunması nedeniyle hayvansal artıkların büyük bir bölümünün samanla karıştırılarak yakılmasına neden olmaktadır. Diğer yandan, hayvan yetiştiricilerinin büyük çoğunluğunun sadece kendi gereksinimini karşılayacak sayıda hayvana sahip olmasıdır. Biyogaz üretimi için yeterli sayıda hayvana sahip üretici sayısı fazla değildir. Bunun çözümü; aile tipi tesis ya da birkaç hayvan yetiştiricisinin ortaklaşa kuracakları biyogaz tesisleri olabilir. Ülkemizdeki tavuk çiftliklerinden kaynakların gübre atıklarının değerlendirilmesinde, her çiftlik kendi başına bir tesis oluşturup, proses neticesinde oluşacak gazı, ortak bir hatta toplayarak elektrik enerjisi elde edilebilir ancak şu an itibarıyla, bu konuda herhangi bir proje geliştirilmemiştir.

Türkiye’de biyogaz ile ilgili olarak özellikle 1980’lerin ilk yarısında çeşitli kamu kuruluşlarınca çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar halk tarafından da ilgi ile karşılanmış ve biyogaz sistemi oldukça popüler bir konum kazanmıştır. Ancak tesis tipinin, teknik olarak ülkemiz şartlarına uygun olmaması nedeniyle bu tesislerin verimli ve sürekli işletilmesi mümkün olmamıştır. Çin ve Hindistan’da milyonlarca bulunan ve az gelişmiş bir çok ülkede uluslar arası yardım örgütlerince yaygınlaştırmak için bugün de çalışılan bu ilkel tip tesisler, çok kısıtlı yerel imkanlarla yapılmaktadır.

Türkiye’de olduğu gibi, yapılan teknik hatalardan dolayı bu tesislerden milyonlarcası çalışmamaktadır. Birçok çeşidi olmasına rağmen temelde sabit kubbeli Çin Tipi ve hareketli olan kubbeyi gaz deposu olarak kullanan Hint Tipi tesisler olarak sınıflandırılabilir bu tip küçük ölçekli tesisler uygun sıcaklık koşullarından yararlanmak amacıyla toprak altına inşa edilmektedir. Maliyetleri arttırıcı ısıtma, yalıtım mekanizasyon ve otomasyon gibi giderlerden kaçınılmaktadır. İşletimi yoğun olarak beden gücüne dayalı olan bu tesis tipleriyle sadece, sıcaklık ortalamasının yıl boyunca yüksek olduğu ülkelerde, yeterli sayılabilecek miktarda gaz üretimi sağlamak mümkün olabilmektedir. Toprak altına gömülen ve tuğla-beton bir yapıdan oluşan bu ilkel tip tesisler, Anadolu’nun soğuk iklim koşullarında yetersiz kalmıştır. Sağlanan sıcaklığın sabit tutulabilmesi için de yeterli bir ısı yalıtımı şarttır. Yoğun iş gücü istemesine karşın, elde edilecek cüzi gaz üretimi nedeni ile, deneme niteliğinde kamu kuruluşları tarafından yapılan bu, ilk ilkel tipteki tesislere şahıslarca talep olmamıştır. Konu ile ilgili çalışmalar, zaman içerisinde yapılan bireysel denemelerden öteye gidememiştir.

Ekonomik ve sosyal açıdan gelişmemiş ülkelerden çok farklı bir toplum yapısında olan ülkemizde, yabancı kaynaklardan alınan bir tesis tipinin, Türkiye şartlarını düşünmeden aynen kopya edilmesi yöntemi başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Bu çalışmaların sonucu olarak biyogaz

ile ilgili büyük bir olumsuz kanı ve önyargı hakim olmuştur. Hatta konu hakkında en çok bilgi sahibi olması gereken ve ilgili politikaları oluşturmak konumunda olan kamu kurumlarında dahi “Türkiye’de biyogaz sistemi olmaz” görüşü yerleşmiştir. Tamamı ile önceki denemelerden kalan ön yargıya dayalı olan ve herhangi bir teknik nedene dayanmayan bu görüş, bugün de biyogazla yapılacak işlerin önünü tıkamaya devam etmektedir. İklim olarak çok daha elverişsiz olan bir çok Avrupa ülkesinde çalışan küçük/büyük binlerce biyogaz tesisi, Anadolu’da bu tesislerin çalışmaması için bir neden olmadığını açıkça göz önüne sermektedir.

Türkiye’de kurulu güç gelişimi: 2000 yılı başı itibariyle Türkiye’nin enerji kurulu gücü 26116.8 MW ulaşmıştır. Bunun %59.6’sı termik, %40.3’ü hidolik ve %0.1’i jeotermal ve rüzgar santralleridir. Türkiye’de kurulu gücün yıllar itibariyle gelişim Çizelge 3.4’de verilmektedir.

Çizelge 3.4 Türkiye’de kurulu gücün yıllar itibariyle gelişimi, MW (Öztürk, 1999)

Yıllar	Termik	Hidrolik	Jeotermal+Rüzgar	Toplam	Yıllık Artış(%)
1965	985.4	505.1	-	1490.5	3.8
1970	1509.5	725.4	-	2234.9	8.4
1975	2407.0	1779.6	-	4186.6	13.4
1980	2987.9	2130.8	-	5118.7	4.1
1985	5229.3	3874.8	15	9119.1	12.2
1990	9535.8	6764.3	15	16315.1	12.3
1995	11074.0	9862.8	15	20951.8	5.1
1999	15555.9	10537.2	23.7	26116.8	22.9

Çizelge 3.4 incelendiği zaman özellikle 1970-1975, 1985-1990 ve 1995-1999 yılları arasında enerji üretiminde ciddi artışlar söz konusudur. Bu artışların ana kaynağı özellikle termik santrallerdir. 1965 yılında termik santrallerden enerji üretimi 985.4 MW iken bu değer 1999 yılında 15 555.9 MW çıkmıştır. Artış oranı %1500 seviyelerindedir.

4. BİO REAKTÖR TİPLERİ

Bio reaktör modellerini iki grup altında toplanabilir, bunlar;

- Küçük hacimli reaktörler: Az sayıda hayvan besleyen yerleşimlerde kurulan bio reaktörler, küçük kapasiteli ve basit tesislerdir. Daha az işçilik gerektirir.
- İkinci grup: Çok sayıda hayvan yetiştiriciliği yapılan çiftliklerde ise daha büyük ve teknolojik bio reaktör tesisleri kurulmaktadır.

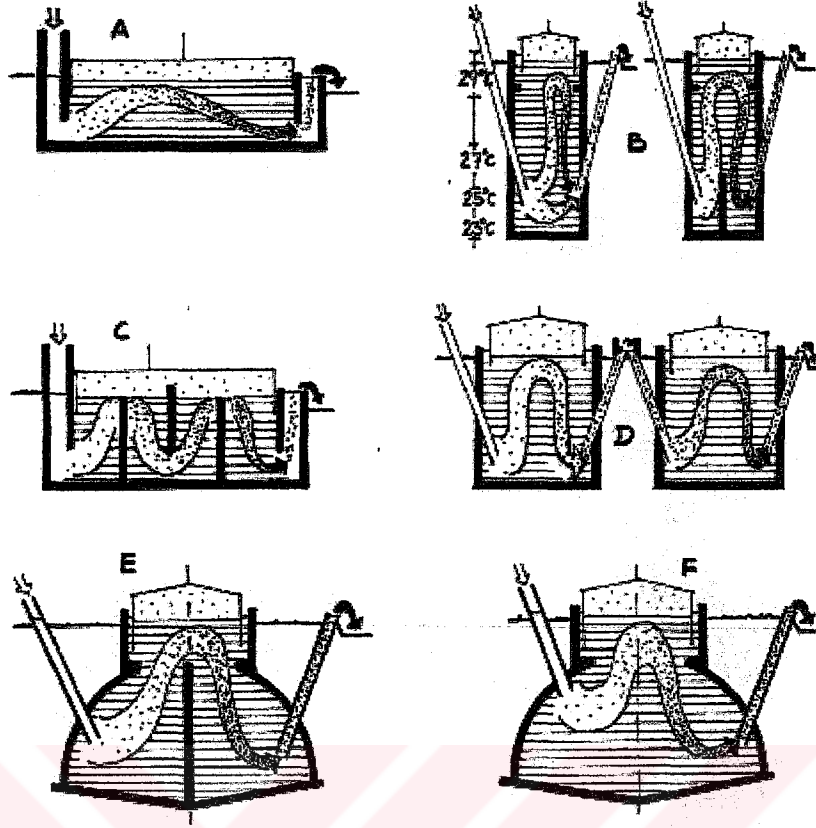
4.1 Küçük Hacimli Reaktörler

Dünyada yoğun olarak kullanılan dört tip bio reaktör vardır. Bunlar;

- Yüzer çatılı Hindistan tipi (KVIC),
- Sabit çatılı Çin tipi,
- Yüzer çatı tipi,
- Torba tipi (Tayvan-Çin tipi) bio reaktörler.

Çin ve Hindistan tipi modeller en yoğun kullanılan türlerdir. Son zamanlarda maliyetinin düşüklüğünden dolayı bazı ülkelerde Torba Tipi (Tayvan, Çin) reaktörlerin de popülaritesi hızla artmaktadır.

Bio kimyasal reaksiyon sonucu gaz üremeye başladıktan sonra gaz odasında gazlar toplanır. Gazların toplandığı bölümde gaz basıncı yükselir. Su ile günlük olarak seyreltilen taze gübre günlük olarak reaktöre beslenir. Besleme borusunda bekleme süresi esnasında organik maddeler fermente olabilir. Fermente olmuş organik maddeler çıkış borusu arasından gaz basıncı ile çamur tankına itilir (Öztürk, 2003). Bio reaktörlerde besi maddelerinin hareketi Şekil 4.1’de görüldüğü gibi gerçekleşmektedir



Şekil 4.1 Bio reaktörlerde besi maddesi hareketi (Kossman, vd., 2000)

Küçük çaplı bio reaktörler inşa edilirken aşağıdaki durumlara dikkat edilmelidir. Hayvan gübresinin kolay taşınacağı,

- Seyreltme suyuna yakın,
- İçme suyu kaynağından 15-20 metre uzak,
- Bina temelinden ise en az 2-3 metre uzaklıktaki yerlere kurulmalıdır.
- Sabit çatılı ve yüzebilir çatılı reaktörlerde çürümüş çamurun çıkış borusu, tabandan itibaren 30-40 cm yukardan olmalıdır.
- Yüzebilir çatılı reaktörlerde çürümüş çamur çıkışı, reaktör duvarından en az 8 cm aşağıda olmalıdır. Aksi durumda reaktör etrafından çamur sızıntısı meydana gelir.

4.1.1 Yüzer Çatılı Hindistan Tipi Bio Reaktörler

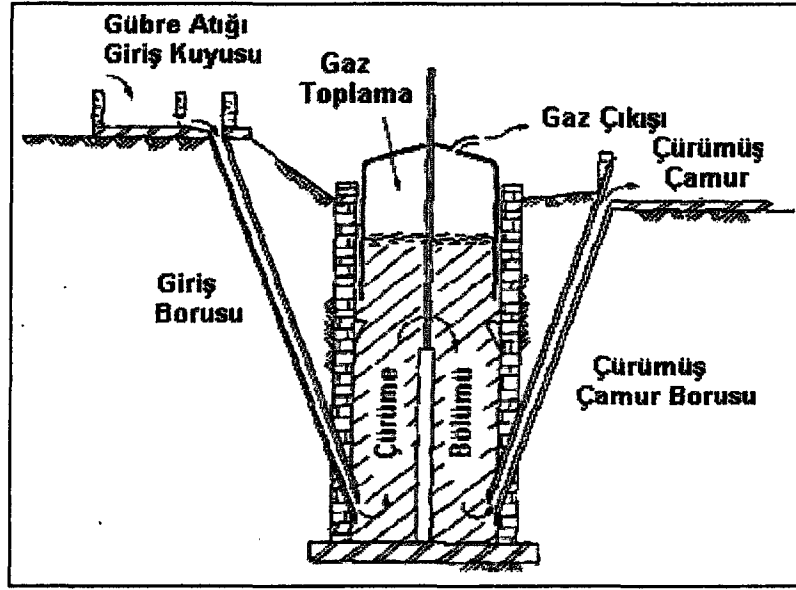
KVIC tipi reaktörler esas olarak çürüme ve gaz toplama bölümü olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil 4.2). Reaktör yer altına yerleştirilir, amaç; reaktördeki ısı değişiminin

meteorolojik şartlardan minimum etkilenmesi sağlamaktır. Reaktörün tabanı ve duvarları briket veya betonarme malzemelerden yapılabilir. Besleme atığının yapısına bağlı olarak derinliği 3.5 metre ile 6 metre, çapı ise 1.3 m. ile 6 m. arasında olup, çoğu reaktörlerde gaz üretim kapasitesi 6 ila 8 m³/gün ve gaz üretim hızı ise 0.32-0.34 m³/m³ reaktör olarak değişir. Reaktöre gelen çamuru giden çamurdan ayıran merkezi bir duvar vardır. Besleme yarı sürekli olarak yapılmaktadır. Gelen kısmın hacmi çıkan kısmın hacmine eşittir.

Gaz toplama bölümünün malzemesi genelde yumuşak demirdir. Korozyon probleminden dolayı bu bölümde son zamanlarda polietilen ve fiber glastan kullanılmaktadır. Gaz toplama bölümünün hacmi, reaktörde günlük olarak oluşacak gaz miktarının en az %50 ni depolayacak kapasitede olmalıdır. Reaktörde günlük olarak oluşan gaz, gaz toplama bölümünde toplanır. Gaz basıncı, çatı ağırlığı ile eşdeğer olmalıdır. Çatılar korozyona dayanıklı demir destekli fiberglas veya plastik destekli ham demirden yapılabilir. Genelde çatılar demir destekli fiber glas plastikten yapılmaktadır. Gaz toplayıcı ağırlığı toplama alanında 90 kg/m² basınç verecek şekilde dizayn edilmelidir. Gaz depolama bölümü basıncı 4-8 cm H₂O arasında değişir. Bu basınç, gazın ev aletlerine girmesini sağlaması için yeterlidir. Ham demir inşaat maliyetinin %40-50'sini oluştururken demir destekli fiber glas plastikler, %5-10'unu oluşturmaktadır.

Genelde sıgır gübresi besi maddesi olarak kullanılır. Su sümülü gibi maddelerde gübre içine karıştırılarak kullanılabilir. Sulandırılmış gübrenin girişi çıkıştan daha yüksek olmalıdır. Böylece çürütülmüş çamur üzerine hidrostatik basınç oluşturulabilir. Reaktör iki bölüme ayrılarak taze gübre ile sindirilmiş gübrenin kısa devre yapması önlenir. Reaktör ortamında akışkanlık sağlanır. Çürümüş çamur yükselerek diğer bölüme geçer. Bu modelin benzeri Hindistan'da 80.000 adet kuruludur. Şekil 4.2' de yüzer çatılı bio reaktöre bir örnek verilmiştir.

Bu tür reaktörlerde hidrolik bekleme süresi bölgenin meteorolojik şartlarına ve reaktörün yalıtılmasına bağlı olarak 30-50 gün arasında değişir. Sıcak iklim bölgelerinde bu süre kısalabilir.



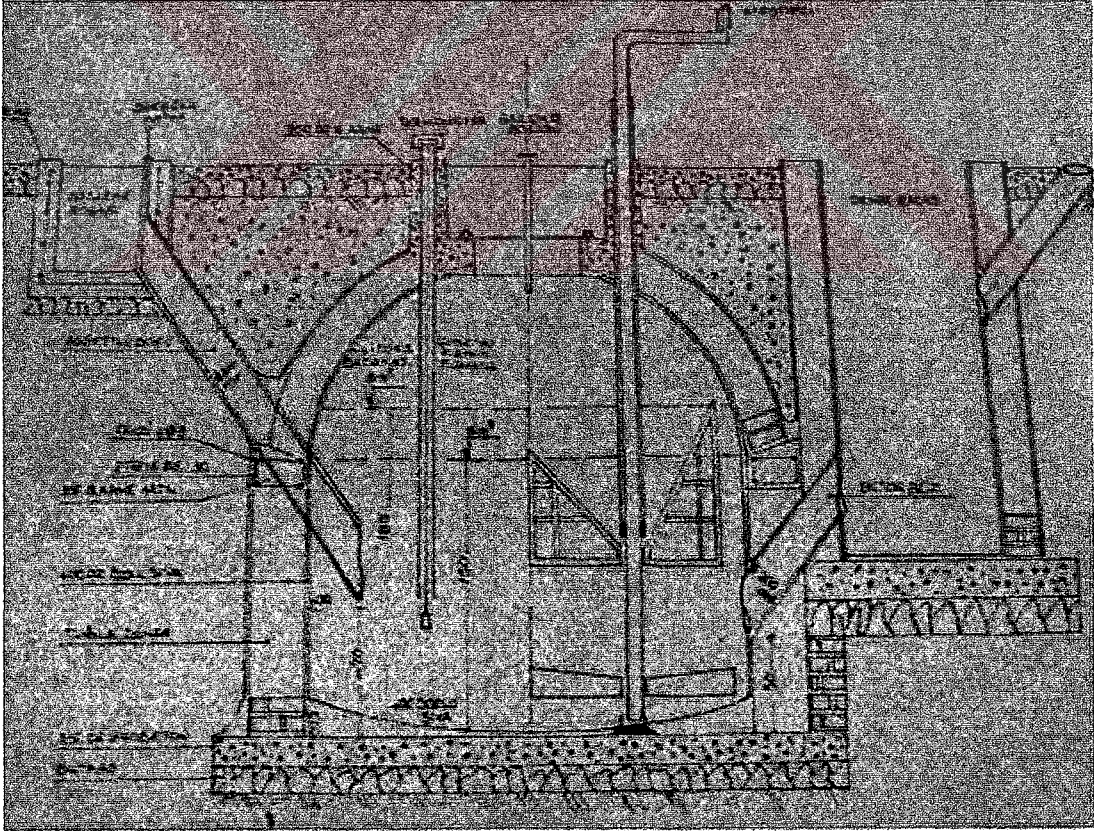
Şekil 4.2 Yüzer çatılı bio-reaktör

4.1.2 Sabit Çatılı Çin Tipi Reaktörler

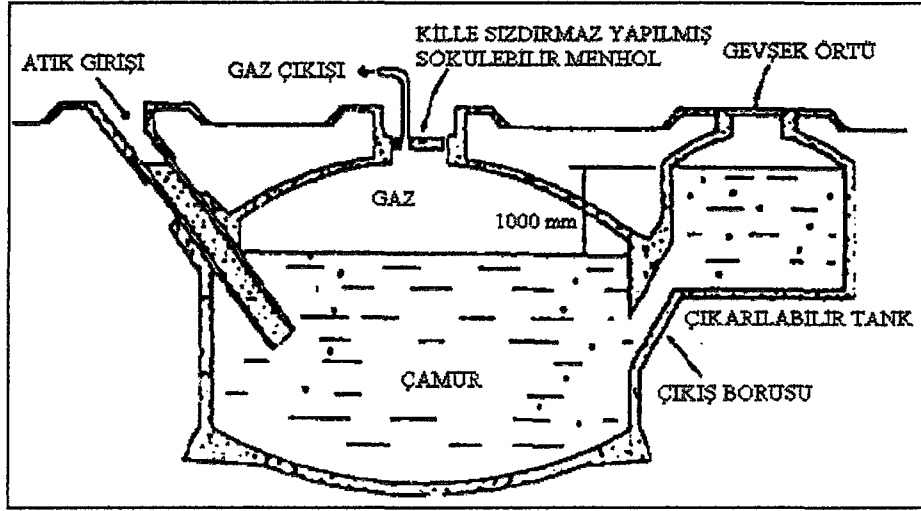
Sabit çatılı Çin modeli reaktörler, Çin orijinlidir. Basit ve ekonomiktirler (Pönitz, vd., 2000). Reaktörler briket, taş veya betondan yapılmış gaz sızdırmaz odadan ibarettir. Reaktörler, dik dörtgen, silindirik, küresel ve elips şekilde inşa edilir. Reaktörlerin tepesi, kubbe şeklindedir. Çatı (kubbe) altında gazın birikmesi için yükselen basınçla gazın birikmesi sağlanacak şekilde düzenlenir. Çatı hava sızdırmaz olmalıdır. Bu işlemde gaz sızıntısı önemli bir problemdir. Aşağıdaki şekillerde eğik tabanlı bio reaktörler ve detay projeleri verilmiştir.

Sıvı gübre giriş borusunun iç çapı 10 cm, çıkış borusunun iç çapı ise 15 cm. olmalıdır. Çıkış borusu daima girişi borusundan daha geniş olmalıdır.

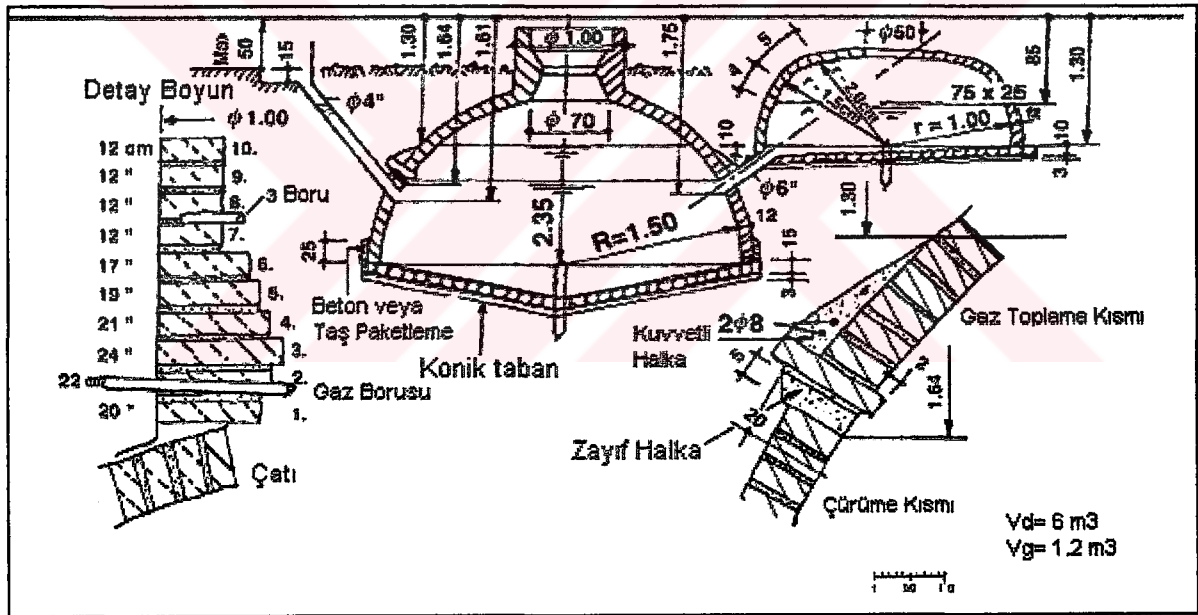
Sabit çatılı reaktörlere ait birkaç şekil, bunların detay projeleri ve çatı detayları Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.3 Sabit kubbeli reaktör ve detay projesi

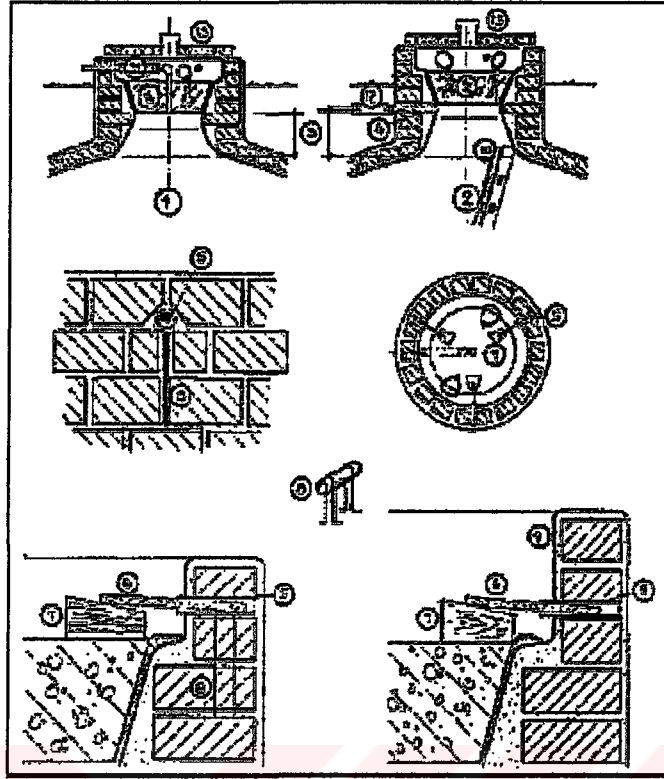


Şekil 4.4 Sabit çatılı Çin tipi reaktörler



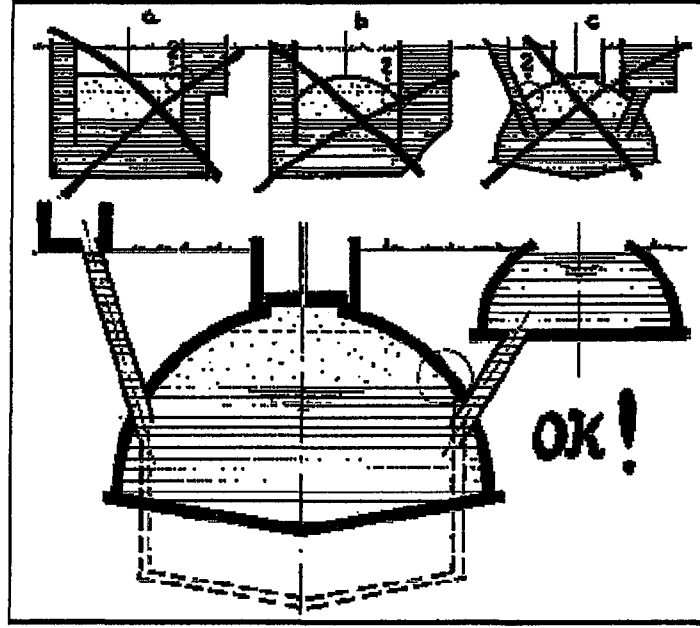
Şekil 4.5 7.2 m³'lük reaktörün detay projesi

Bu tür reaktörlere besi maddesi beslenmesi, domuz veya büyükbaş/küçükbaş hayvan gübresi, su sümbülü, insan dışkısı ve tarımsal atıklar verilebilir. Karışımda C/N oranı istenen limitleri sağlamalıdır.



Şekil 4.6 Sabit çatılı reaktörlerde çatı detayı (Sasse, 1991)

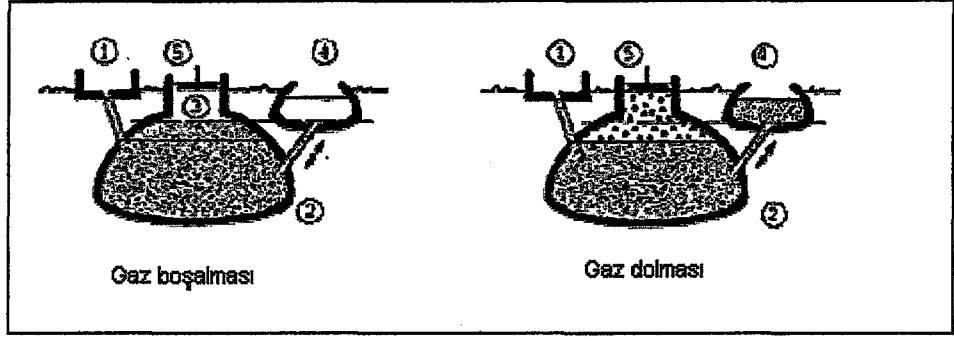
Sıkıştırma tankının taban seviyesi çürüme tankının dolu haldeki seviyesinde olmalıdır. Sıkıştırma tankı hacmi gaz depolama hacmine eşit olmalıdır. Çürüme tankının dolu olduğu seviye ile biogazın deşarj kısmı arasındaki mesafe yaklaşık olarak 25 cm olmalıdır. Dolayısıyla sıkıştırma tankı yüksekliği doğru olarak seçilmelidir. Şekil 4.7’de çamur giriş ve çıkış yüksekliklerinin seçimi ile ilgili doğru bir şekil verilmiştir.



Şekil 4.7 Sıkıştırma tankı yüksekliğinin doğru seçilmesi (Sasse, 1988)

Gaz üretim hızı, 25 °C sıcaklıkta 60 gün hidrolik bekleme süresinde günde birim hacim reaktörden 0.1-0.2 hacim biogaz üretilir. Reaktörde gaz basıncı 120 cm.H₂O eşit veya altındadır. Burada anahtar nokta reaktör çapının silindirin yüksekliğine oranı 2:1 olmalıdır. Bu oldukça yüksek yapı malzemesi gerektirir. Bu yüzden reaktörün tabanının ve tepesinin yarı silindirik olması bu yüzdendir. Biogazın sabit hızda gelmesi isteniyorsa gaz basıncı regülatörü veya yüzebilir gaz haznesi kullanılmalıdır. Gaz depolama bölümü ve bağlantı elamanları gaz sızdırmaz olmalıdır (Sasse, L., 1988).

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi oluşan biogaz, reaktörün üst kısmında birikir. Gaz birikmeye başladıkça tanktaki çamurla yer değiştirir, şekilde görüldüğü gibi çamur, 4 bölgesinden itilerek çıkar. Gaz basıncı, iki çamur tankı seviyesindeki artışla orantılı olarak biogaz miktarı artar (Kossman, vd., 2000).



Şekil 4.8 Sabit çatılı reaktörlerde gaz dolması ve boşalması (Werner, 1989)

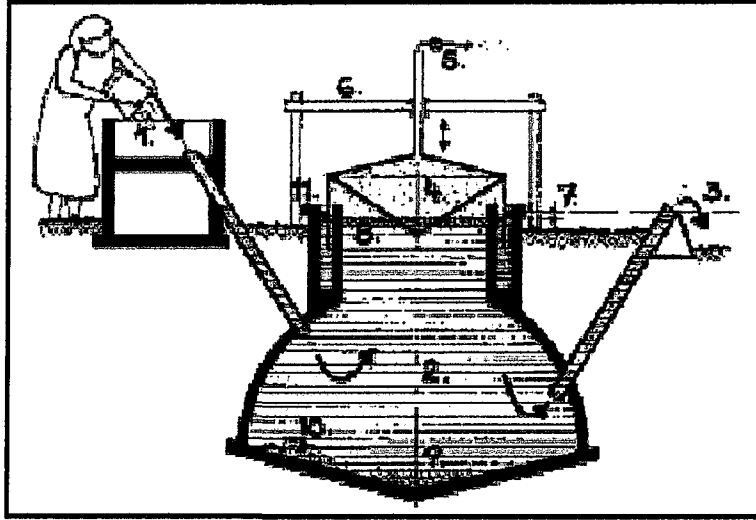
(1. Karıştırma havuzu, 2. Reaktör, 3. Gaz toplama bölümü, 4. Yer değiştirme havuzu, 5. Gaz borusu)

Çinde 5 milyon adet 6, 8, 10 m³ lük sabit kubbe modeli reaktörler bulunmaktadır. En küçük boyutlu olan 5 m³ dür. 200 m³ kapasiteli tesisler de yapılabilir. Bu tür reaktörler yarı sürekli olarak beslenir. Günde bir defa besleme yeterlidir. Sığır veya domuz gübreleri için hidrolik bekleme süresi 35-40 gündür. Toplam katı madde konsantrasyonu %5-8'dir (Öztürk, 2003).

Sabit çatılı reaktörlerin boyutlandırılmasında kullanılan oranlar, bir şekil üzerinde ve bir çizelge yardımıyla Şekil 4.9 ve Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Sabit çatılı reaktör dizaynında kullanılan oranlar (Sasse, 1988)

$V_G:V_D$	1:5	1:6	1:8
R	$\sqrt[3]{0.42V_D}$	$\sqrt[3]{0.42V_D}$	$\sqrt[3]{0.42V_D}$
r	0.70R	0.66R	0.60R
H	0.16R	0.15R	0.14R
H	0.33R	0.31R	0.28R
p	0.64R	0.60R	0.53R



Şekil 4.10 Hareketli kubbe tipi bir reaktör (Sasse, 1988)

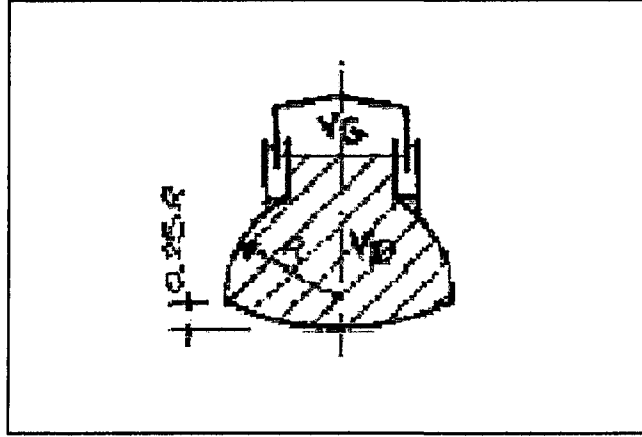
(1. Çamur karıştırma ve çamur girişi, 2.Reaktör, 3. Çürümüş çamur çıkışı, 4. Gaz depolama bölümü, 5. Vanalı gaz çıkış borusu, 6. Gaz hücresi destek yapısı, 7. Gaz basıncındaki fark, 8. Yüzebilir atıklar, 9. Çamur birikintisi, 10. Taş, kum birikintisi, 11. Yağ filmli su ceketi)

Yüzebilir çatı su ceketi içinde kolayca yukarı aşağı hareket edebilmelidir. Su ceketi yüzeye kadar su ile doldurulmalıdır. Dış kısma suyun buharlaşmasını önlemek için kullanılmış yağ konmalıdır. Ceket içi sürekli kontrol edilerek su ile dolu tutulmalıdır. Aksi durumda gaz toplama yüzeyi azalır. Su ceketinin içinin kolayca temizlenebilmesi için yeterli ölçüde geniş olmalıdır. Yağmur suyunun uzaklaştırılmasına yardım etmelidir (Öztürk, 2003).

Gaz toplama boruları çelik, bakır, lastik veya set PVC olabilir. Lastik ve PVC'ler güneş ışığından etkilenerek çabuk bozunabilirler. Yüzer çatılı reaktörlerin boyutlandırılması Çizelge 4.2 ve Şekil 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Hareketli çatılı bir reaktör dizaynında kullanılan oranlar (Sasse, 1988)

$V_G : V_D$	1:4	1:5	1:6
R	$\sqrt[3]{0.38V_D}$	$\sqrt[3]{0.39V_D}$	$\sqrt[3]{0.40V_D}$



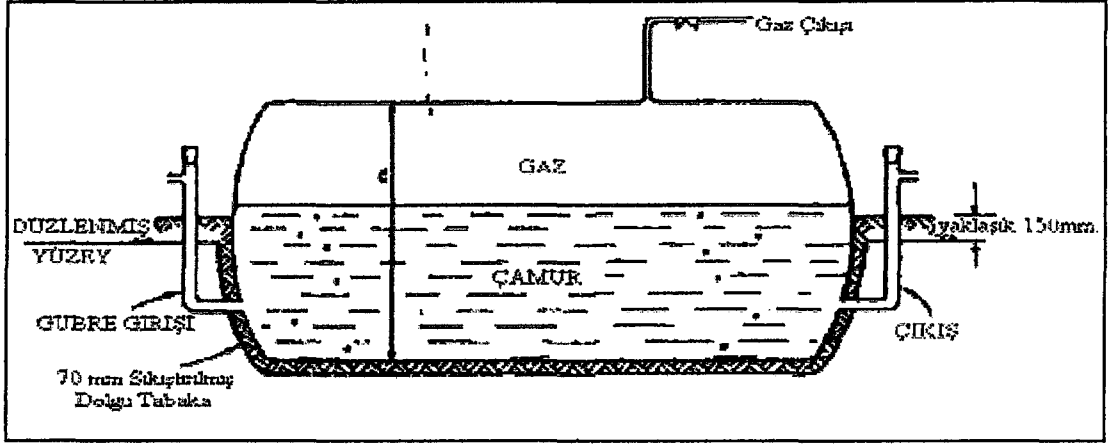
Şekil 4.11 Hareketli çatılı bir reaktör dizaynında kullanılan oranların bir şekil üzerinde gösterilmesi

4.1.4 Torba Tipi (Tayvan Çin) Reaktörler

Bu tür reaktörler PVC veya kuvvetli naylon kumaş kaplı neoprenden yapılmış uzunluk/çap oranı 3/14 olan silindirlerdir. Reaktörler oldukça hafiftir. 50 m³ torba reaktörlerin ağırlığı 270 kg'dır (Şekil 4.12). Hayvan ahırına yakın yere kolayca inşa edilebilir. Yere belli derinlikte inşa edilmesi gereklidir. Besleme girişi, reaktörde yaklaşık 40 cm. H₂O basıncını muhafaza edecek şekilde düzenlenir. Bu tür reaktörler, biogazın ayrı olarak depolandığı, piston akımlı bir reaktör (karıştırmasız) gibi hareket eder. Kolay inşa edilebilmesinden dolayı Çin'de torba tipi reaktörlerin birim m³ bedeli 25 ila 30 dolardır. Torba tipi reaktörler çok rekabet edebilir görünüyor. Ekonomik, dayanıklı ve kolay inşa edilebilir özelliğinden dolayı Çin'de bu reaktörler hızlı şekilde gelişmeye başlamıştır. Torba tipi reaktörler Kore, Tayvan ve Fiji'de yaygın olarak kullanılan reaktörlerden biridir.

Domuz atıkları için bu tür reaktörlerde bekleme süresi, sıcak iklim bölgeleri için 20 gün (30-35 °C sıcaklıkta). Soğuk iklim bölgelerinde ise 60 gün (15-20 °C sıcaklıkta)'dür. Reaktör duvarı ince olduğundan dolayı havaya açık kısmı güneş ışığı ile kolayca ısınabilir. Böylece bekleme süresi kısaltılabilir. Dolayısıyla gaz üretimi %50-300 artırılabilir (0.24-0.6 m³gaz /m³-gün)

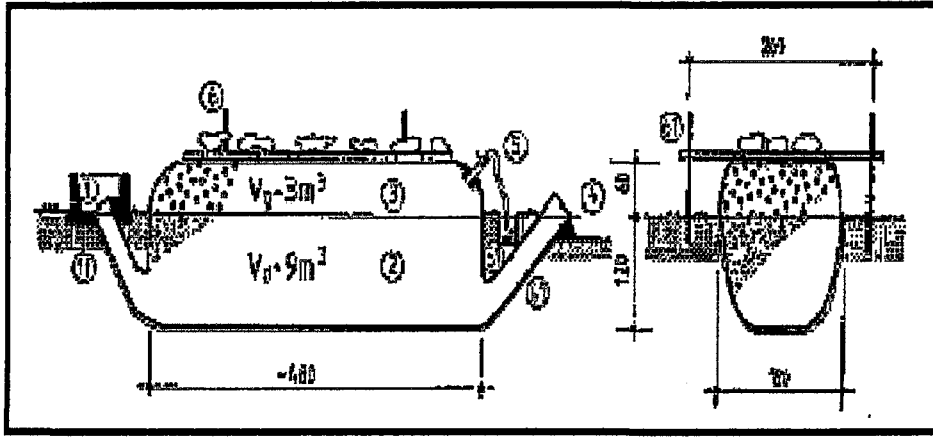
Yazın Kore'de gaz üretim hızı 0.7 m³ gaz/m³-gün iken kışın bu değer 0.14 m³ gaz/m³-gün'e düşmektedir (Kossmann, vd., 2000).



Şekil 4.12 Torba tipi (Tayvan-Çin) reaktörler

4.1.5 Balon Tipi Reaktörler

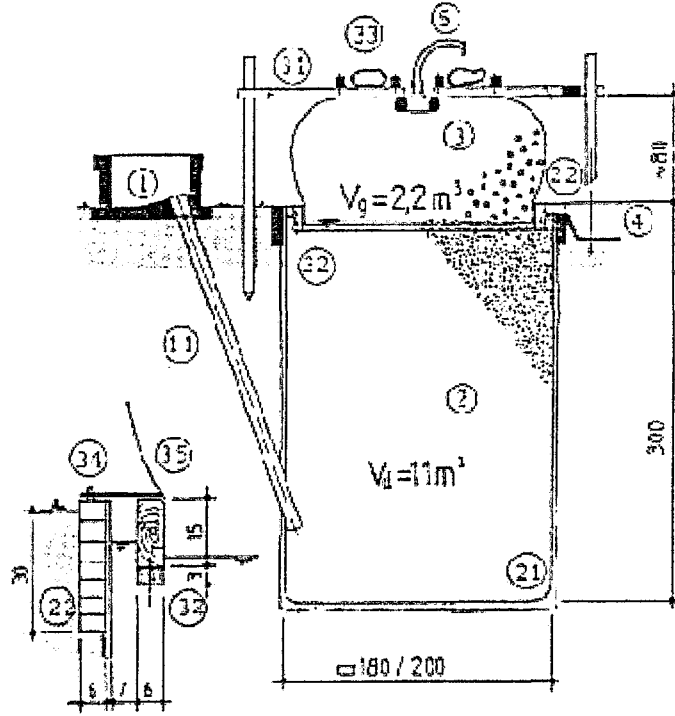
Balon tipi reaktörler plastik, lastik veya karışımı malzemelerden yapılmaktadır. Gaz reaktörün üst kısmında depolanır. Giriş ve çıkış balonunun yüzeyine direk bağlıdır. Gaz balon yüzeyinde biriktiği zaman yerleşmeye başlar ve gaz basıncı artar. Reaktörde gaz dolduğu zaman tesis sabit çatılı reaktör gibi çalışır. Gaz depolama bölümünde yeterli basınç ağırlık esasına göre sağlanır. Reaktörde aşırı basınç oluşumu önlenmelidir. Aksi durumda bu olay reaktör malzemesine zarar verebilir. Bunun için emniyet vanası kullanılmalıdır. Fermantasyon çamuru balon yüzeyinin hareketi ile hafifçe sallanabilir. Bu işlem çürüme için çok uygundur (Şekil 4.13). Balon malzemesi güneş ışığına karşı dayanıklı olmalıdır. Faydalı kullanım ömrü 2-5 yıldır. Plastik balonların ömrü, mekanik araçlardan hasar görebileceği için, nispeten daha kısadır. Maliyeti oldukça düşüktür (Sasse, 1988 ve Kossman, vd., 2000).



Şekil 4.13 Yatay balon tipi reaktör (Werner, 1989)

(1. Karıştırma haznesi, 11. Doldurma Borusu, 2.Reaktör, 3. Gaz Depolayıcı, 4. Çamur Depolama, 41. Çıkış Borusu 5.Gaz Borusu, 51. Su Tutucu, 6. Ağır Yük, 61. Destek Çerçeve)

Balon tipi reaktörler, stabil topraklarda (kırmızı kil) gerekli değildir (Şekil 4.14). Sıvama işleminden kaçınmak için ince çimento tabakası ile çukur astarlamak yeterlidir. Çukurun uçlarını beton halkaları ile güçlendirmek gerekir. Böylece halkalar gaz toplayıcı için kızak gibi hizmet verir. Gaz toplama bölümü demir veya plastik levhalar olabilir. Eğer plastik levha kullanılacaksa plastik levha çamur içinde aşağı doğru uzanan ve sınırları belirlenmiş dairesel tahta çerçeveye bağlanır. Gaz toplama bölümünde yeterli gaz basıncı sağlanabilmelidir. Yeterli gaz basıncı gaz haznesi üzerine yeterli ağırlık konarak başarılabilir. Dairesel duvardaki oluklar çürümüş çamur çıkışı olarak kullanılabilir. Tesisin su tabakası üzerindeki geçirimsiz tabaka üzerinde inşa edilmesi tavsiye edilir. Yüzer çatılı reaktörlere göre inşaat maliyeti 1/5 oranında daha düşüktür. Faydalı kullanım ömrü kısadır (Öztürk, 2003).



Şekil 4.14 Balon tipi bioreaktör (Werner, 1989)

(1.Karıştırma haznesi, 11. Doldurma borusu, 2.Reaktör, 21. Rendering, 22. Çevresel duvar, 3. Plastik levha gaz toplayıcı, 31.Cuide çerçeve, 32. Tahta çerçeve, 33. Ağırlık, 34. Çerçeve sabitleme yeri, 35. Plastik levhalama, 4. Çamur depolama, 41. Aşırı debi, 5. Gaz borusu)

4.2 Büyük Kapasiteli Reaktörler

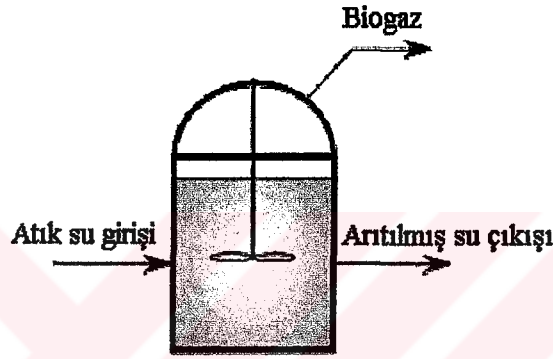
Büyük kapasiteli işletmelerdeki hayvan gübrelarının arıtılmasında genel olarak üç tip reaktör kullanılmaktadır. Bunlar tam karışimli reaktörler, piston akımlı reaktörler ve lagün tipi reaktörlerdir.

4.2.1 Tam Karışimli Reaktörler

Tam karışimli reaktörlerde çamur ısıtılarak reaktöre verilmektedir. Bu tür reaktörlerde katı madde konsantrasyonu %3-10 arasında değişmektedir (Katers, 2003). Reaktörler geniş, dikey ve sadece betonarme veya çelik silindirlere yapılmış konteynerlerdir. Reaktör tavanı düz veya konik olabilir. Reaktöre bir karıştırıcı konarak bakterilerin besi maddeleri ile homojen teması sağlanır. Çamur, karıştırma havuzunda toplanır. Burada gerekirse seyretme yapılır. Çamur reaktöre verilmeden önce gübre içindeki yabancı ve istenmeyen maddelerin çökmesi sağlanır ve ısıtılır. Çamur reaktöre ya bir pompa veya cazibe ile akacak şekilde verilir. Reaktöre verilen çamur reaktörde karıştırılır (Öztürk, 2003).

Karıştırma ile homojen bir ortam oluşturulur ve katı maddelerin askıda kalmaları sağlanır. Karıştırma, ısıtma verimliliğini artırır. Tam karışimli reaktörler ya mesofilik veya termofilik şartlarda çalıştırılır. Hidrolik bekleme süresi 15 ila 20 gün arasında değişir (Katers, 2003).

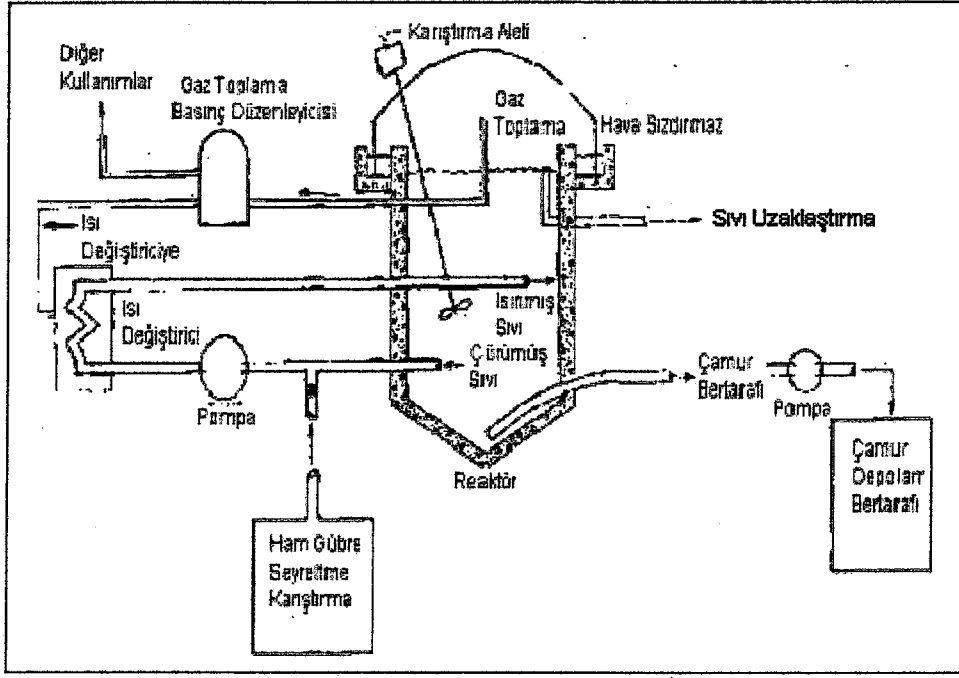
Anaerobik şartları muhafaza etmek için reaktör üzeri sabit olarak kapatılır. Biogaz reaktörden alınır, arıtılır ve kullanıma sevk edilir. Çoğu tam karışimli reaktörlerden elde edilen biogazdan elektrik enerjisi üretilmektedir. Hem reaktör hem de karıştırma ünitesi motor soğutma sisteminden alınan atık ısı ile ısıtılmaktadır. Tam karışimli reaktörlerin hacmi 100- 2000 m³ arasında değişmektedir. Daha büyük hacimli çamurlar için birden fazla reaktör kullanılabilir (Öztürk, 2003 ve Burke, 2001).



Şekil 4.15 Tam karışimli reaktör (Burke, 2001)

Tam karışimli reaktörlerde, gaz üretimi ve patojen giderim verimi yüksektir. Tam karışimli anaerobik reaktörler ile ilgili özellikleri kısaca aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz:

- % 3-10 oranında katı madde içerikli, gübre atıklarında kullanılmaktadırlar
- Reaktörler, yer altına yahut yer üstüne inşa edilebilmektedir
- Karıştırma ile sıcaklık kontrolü yapılmaktadır,
- Bekletme süresi 15-20 gün arasında değişmektedir
- Mezofilik yahut termofilik şartlarda işletilebilmektedirler
- Sermayesi yüksek olabilmektedir.



Şekil 4.16 Tam karışımli reaktörler (Öztürk, 2003)

4.2.2 Lagun Tipi Reaktörler

Anaerobik lagunların üstü örtülmü havuzlardır. Gübre bir uçtan girer ve çürümeye işleminden sonra diğer uçtan çıkar. Lagunlar genellikle psikofilik veya toprak sıcaklığına yakın sıcaklık şartlarında çalıştırılır. Dolayısıyla reaksiyon hızı, mevsimsel sıcaklık değişiminden etkilenir. Yazın, kış aylarına göre %35 daha fazla biogaz elde edilmektedir. Bu tür reaktörlerde katı madde konsantrasyonu %2 gibi çok düşük değerdedir (Katers, 2003).

Lagun tipi reaktörlerde katı madde konsantrasyonu düşük atık sularla çalışıldığı için domuz gübresi ile mandıra atıksularının bu tür sistemlerle arıtılması daha verimli sonuçlar vermektedir (Öztürk, 2003). Hayvan gübresi bu tür tesislerde arıtılacaksa katı maddeler önceden arıtılmalıdır. Bu ise enerji potansiyelini önemli ölçüde azaltır (Şekil 4.17). Isıtmasız lagun tipi reaktörlerde HBS 60 günü aşmaktadır (Katers, 2003). Reaktör sıcaklığı düşük olduğu zaman organik maddelerin biogaza dönüşümü de düşük olmaktadır.

Çamur içindeki kum ve kil gibi çökebilir katı maddeler reaktöre verilmeden önce karıştırma ünitesinde bertaraf edilmelidir. Aynı büyük baş hayvan atıklarında bol miktarda bulunan lignin ve seluloz gibi malzemelerin anaerobik şartlarda bozunması zor olduğu için önceden giderilmesinde fayda vardır. Böylece lagun içinde katı madde birikmesi daha az olur (Öztürk, 2003).

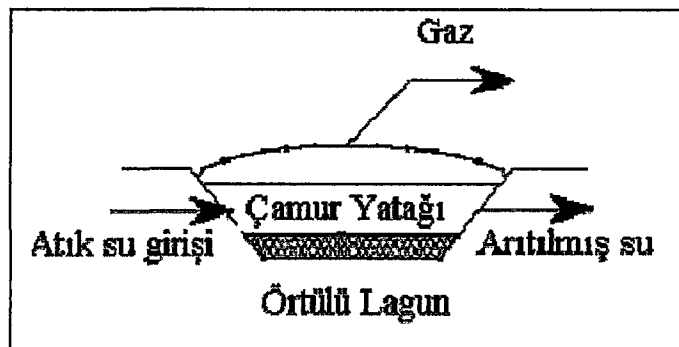
Lagunlar, dairesel, kare, dikdörtgen ve başka şekillerde olabilir. Dikdörtgen lagunlarda uzunluk/genişlik oranı 4/1'i aşmamalıdır. Lagunlarda anaerobik şartların sağlanması için reaktör derinliği en az 2 metre olmalıdır. Maksimum derinlik ise toprak özelliğine ve yer altı su seviyesine bağlı olarak 6 metre olabilir. Böylece daha az yüzey alanı gerekir (Öztürk, 2003).

Lagunların üzerinde kullanılan yüzer çatı örtüsü malzemeler geçirimsiz plastik membranlardır. Yüzer çatı örtü altında oluşan gaz toplanır. Yüzer çatı örtüsü olarak kullanılan membran malzemesi genellikle HDPE veya poli propilendir. Yüzer çatı örtüsü altında toplanan biogaz gaz pompası ile kullanıma gönderilir.

Katers'e (2003) göre, anaerobik lagunların en büyük avantajı düşük maliyetli olmasıdır. Düşük maliyet, düşük enerji üretimi ve daha az verimle artırılmış su kalitesi ile dengelenir. Lagunlar sık aralıklarla temizlenmedirler. Temizleme esnasında koku şikayeti olur.

Lagün tipi anaerobik reaktörler ile ilgili özellikleri, maddeler halinde kısaca şu şekilde özetleyebiliriz;

- Esas olarak, düşük katı madde konsantrasyonlu (%2) atıkların arıtılmasında uygundur,
- Geçirimsiz bir örtü ile gaz ürünü toplanır,
- Karıştırma ve sıcaklık kontrolü yapılmamaktadır, iklime duyarlıdır,
- Bekletme süreleri uzundur (>60 gün),
- Çok düşük maliyetli sistemlerdir,
- Koku kontrolü ve asgari enerji geri kazanımı sağlanabilmektedir.



Şekil 4.17 Örtülü lagun

4.2.3 Piston Akımlı Reaktörler

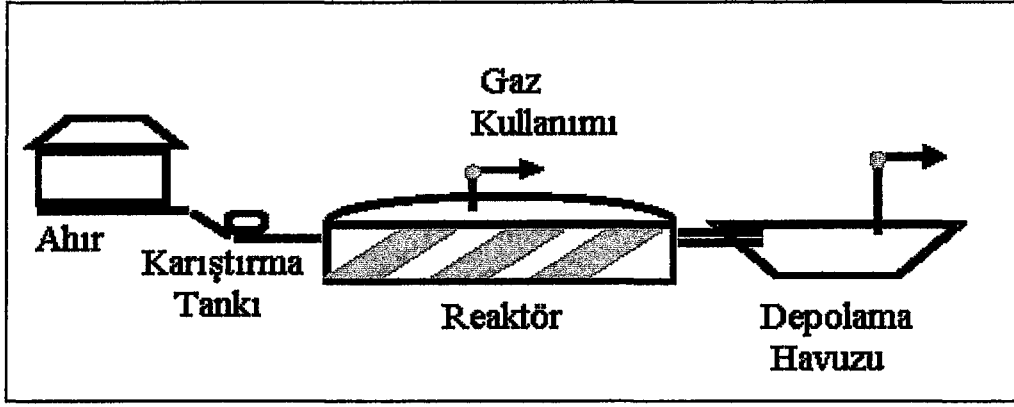
Piston akımlı reaktörler anaerobik çürümenin en basit şekli ve en ucuz olanıdır. Piston akımlı reaktörler yatay veya dikey şekilde olabilir. Çoğunlukla yatay dikdörtgen modeller kullanılmaktadır. Gübre ahırdan sıyırma sistemi ile toplanır. Atık su reaktörün bir tarafından girer ve çürüme işleminden sonra diğer taraftan çıkar. Girişler korozyona, tıkanmaya,, donma hasarına ve gaz kaybına dayanıklı olarak dizayn edilmelidir. Giriş reaktördeki hakim su seviyesinin altında olmalıdır. Organik maddelerin bir kısmı bakteriyel kütleyle dönüşür. Bu tür reaktörlerde katı madde konsantrasyonu %11-13 gibi yüksek değerlerde olabilmektedir (Katers, 2003). Yüksek konsantrasyonda katı madde ile çalışılabileceği için geniş getiren hayvan gübresi artırılabilir. Domuz ve mandıra atıklarını arıtmak için uygun değildir (Şekil 4.18).

Dikdörtgen tipi olan reaktörlerde uzunluk, genişlik ve derinlikten daha büyük olmalıdır. Reaktör uzunluğunun genişliğe oranı 3.5/1 ila 5/1 arasında değişir. Derinlik ise en az 2.5 metre olmalıdır. Genişliğin derinliğe oranı ise 2.5/1'den küçük olmalıdır. Taban ve duvarlar beton veya geçirimsiz membran olabilir. Özellikle zemin düz olmalıdır. Reaktör yüzeyi, duvarları ve tabanı ısı kaybını minimize etmek için yalıtılmalıdır (Öztürk, 2003).

Piston akımlı reaktörler genellikle mesofilik şartlarda çalıştırılır. Katı madde bekleme süresi 25-30 gündür. Hidrolik bekleme süreleri ise genelde 15-30 gündür (Katers, 2003).

Piston akımlı reaktörlerde kum ve kil gibi maddeler reaktör tabanına çökelebileceğinden önceden giderilmelidir. Fiberler ise reaktör yüzeyinde yüzebilir (Katers, 2003). Reaktörde oluşan katı maddeler zaman zaman alınmalıdır. Temizleme işlemi kolay bir olay değildir.

Piston akımlı reaktörlerde yüzer çatı örtüsü malzemeler olarak esnek HDPE ve poli propilen kullanılır. Sabit çatı malzemesi olarak ise beton veya galvanize sac kullanılmaktadır. Bu tür reaktörlerde reaktör içinden geçen sıcak su boruları, siyah demir, çelik, bakır veya alüminyumdan yapılmış ısı değiştiricilerle ısıtılır. Isı değiştirici olarak galvanize boru kullanılmamalıdır. Böylece yıl boyunca sabit sıcaklık elde edilebilir. Temizleme işlemi esnasında ısıtıcıların da temizlenmesi ve tamir edilmesi gereklidir (Öztürk, 2003 ve Burke, 2001).

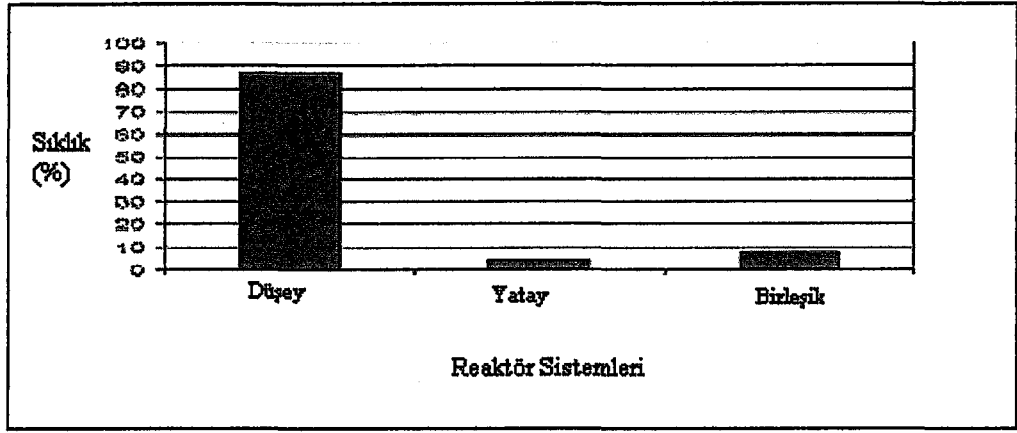


Şekil 4.18 Piston akımlı reaktör

Piston akımlı anaerobik reaktörler ile ilgili özellikleri, maddeler halinde kısaca şu şekilde özetleyebiliriz;

- Katı içeriği oldukça yüksek (%11-13) değerlerde olan hayvan atıklarında kullanılmaktadır,
- Atıklar piston ile hareket ettirilmektedir,
- Sabit veya rijit bir örtü ile gaz toplanmaktadır,
- Karıştırma olmadan sıcaklık kontrolü sağlanmaktadır,
- Bekletme süresi 15-30 gün arasında değişmektedir,
- Mezofilik sıcaklık şartlarında işletilmektedir,
- Tortu problemi olabilmektedir.

Batı ülkelerinden Almanya'da işletilen bio reaktörler büyük tiptedirler ve %90'a yakını düşey reaktörlerdir. Yatay ve birleşik tank sistemleri ise toplam olarak, kullanılan sistemlerin yaklaşık %10'u civarındadır. Bu durumu bir grafikte ifade edebiliriz (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 Almanya'da farklı reaktör sistemlerine ait uygulama sıklıkları (German Biogas Association)



5. BİO-REAKTÖR TESİSİ TASARIMINDA VE İŞLETİLMESİNDE DİKKATE ALINACAK KONULAR

5.1 Besleme Yöntemi

Gübre gazı; hayvan atıkları ile insan atıkları ve tarımsal artıkların, havasız bir ortamda mikroorganizmalar tarafından parçalanmaları sonucunda elde edilen temiz bir enerjidir. Biyogaz üretiminde kullanılan çeşitli besleme yöntemleri vardır. Kesikli, sürekli, yarı sürekli besleme yöntemleri olarak ifade edilen bu yöntemlerden aşağıda özetlenmiştir.

- a) *Kesikli besleme yöntemi:* Fermantasyon tankına taze çiftlik gübresi doldurularak, tank hava almayacak şekilde kapatılır. Gübrenin, havasız ortamda fermantasyonu sonucu meydana gelen biyogaz, gaz borularıyla gazometre kabında toplanır. Toplanan gaz, ihtiyaç yerinde kurulan tesis yardımıyla amaca uygun bir şekilde kullanılır. Bu metodla üretimde, fermantasyon tankı taze çiftlik gübresiyle doldurulup havasız ortamda çalışan bakterilerin faaliyeti sonucu 15 gün gibi belli bir süre sonunda gaz çıkışı başlar ve gaz sürekliliği 60 gün sonunda düşer. Bu durumda fermantasyon tankı boşaltılır ve yeniden gübre ile doldurulur. Üretimin kesikliği buradan gelir. Diğer bir ifade ile tesis; hayvansal ve/veya bitkisel atıklarla doldurulmakta ve alıkoyma bekleme süresi kadar beklenmektedir. Bu süre sonunda tesis tamamen boşaltılmakta ve işlem sürekli tekrarlanarak gaz üretimi sağlanmaktadır. Bu sebeple, yüksek iş gücüne ihtiyaç duyulmakla birlikte, gaz çıkışı düzenli olmamaktadır (Kossman, 2000).
- b) *Sürekli besleme yöntemi:* Tesis, hayvansal ve/veya bitkisel atıklarla doldurulmakta ve alıkoyma süresi kadar beklenmektedir. Sürekli olarak beslenen ve boşaltılan sistemlerdir. Boşalma olduğunda, yeni besi maddeleri otomatik olarak dolar bu sebeple besi maddeleri, akışkan ve homojen olmalıdır. Biyogaz üretim tankının (fermantör) sıcaklığına bağlı olarak günlük beslemeler yapılır ve sürekli gaz üretimi sağlanır. Gaz üretimi sabittir ve kesikli sistemlerden daha yüksektir. Dünyada neredeyse tüm tesisler sürekli beslemeyle çalıştırılmaktadır (Pönitz, 2000). Kesikli besleme metodunun olumsuzluklarını gidermek amacıyla geliştirilmiştir. Amaç; evlerin ve çiftliklerin biyogaz ihtiyaçlarını sürekli olarak karşılamaktır. Çin, Hindistan, Nepal, Kore patentli tesis projeleri geliştirilmiştir. Güney Kore'deki çalışmalarda 137 m³'lük beton tank içerisine yerleştirilen ısıtma ve karıştırma sistemlerine sahip üreteçlerde (çürütücülerde), günde ortalama 229 m³ gaz üretildiği ve üretilen gazın 73,2 m³'lük kısmının üreticinin ısıtılmasında kullanılıp günde net 156 m³ biyogaz

üretilecek 156 evin kış süresince yemek pişirmek için gerekli enerjiyi sağladığı belirtilmektedir.

- c) *Yarı kesikli besleme yöntemi*: Dışkı + samanlı besi maddelerinin çürütülmesinde yarı sürekli besleme yöntemi kullanılır. Saman tipi maddeler yavaş parçalanma özelliğine sahip olduklarından, bu tip tesislerde besleme işlemi senede yaklaşık 2 defa yapılmaktadır (Kossman, 2000).

5.2 Biyogaz Tesisi Kapasitesi ve Dizaynı

Birçok ülkede biyogaz tesisleri planlanan amaca göre farklı teknolojiler kullanılarak inşa edilmektedir. Biyogaz tesisleri; aile tipi (6-12 m³ kapasiteli), çiftlik tipi (50-100-150 m³ kapasiteli), köy tipi (100-200 m³ kapasiteli) tesisler olarak ele alınabileceği gibi başta Almanya olmak üzere Amerika, Danimarka, İsviçre gibi pek çok ülkede 1000-10.000 m³ gibi büyük kapasiteli biyogaz tesisleri de işletilmektedir (Bilgin, 2003).

Biyogaz tesisleri projelendirilirken öncelikle kapasitenin tesbiti gerekmektedir. Bunun için tesiste, sadece hayvan gübresi kullanılacaksa; günlük oluşan gübre miktarı, hayvanların beslenme şekilleri ve gübrelerin katı madde muhtevaları bilinmelidir.

5.2.1 Günlük oluşan gübre miktarı ve yoğunlukları

Hayvanların gübre verimleri, türlerine göre değişik miktarlarda olabilmektedir. Çeşitli hayvan türlerine ait, oluşan günlük bazda gübre miktarları aşağıda yaklaşık olarak verilmiştir (Öztürk, 2003).

- 1000 kg ağırlığındaki hayvan ve/veya hayvanlardan, günde ıslak bazda 60-80 kg gübre oluşmaktadır
- 630 kg ağırlığındaki bir sığırdan günde yaklaşık olarak 50 kg gübre oluşur
- 450 kg ağırlığındaki bir inekten yaklaşık olarak 36 kg,
- 45 kg ağırlığındaki bir koyundan yaklaşık 1.8 kg,
- 90 kg ağırlığındaki bir domuzdan yaklaşık 4.5. kg,
- 450 kg ağırlığındaki bir attan yaklaşık 20 kg,
- 1.8 kg ağırlığındaki bir tavuktan yaklaşık 0.09 kg günlük gübre oluşmaktadır.

Aşağıdaki çizelgede, daha kapsamlı olarak çeşitli hayvan türlerine ait ağırlık değerleri ile oluşan gübre miktarları ve bu atıkların yoğunlukları verilmiştir (Çizelge 5.1). Bu yoğunluk değerleri, biyogaz tesisi için gerekli reaktör hacmi hesaplarında kullanılacaktır.

Çizelge 5.1 Çeşitli hayvan ağırlıkları, gübre miktarları, bu atıkların nem muhtevaları ve yoğunlukları (Rynk, 1992 ve Bildik, 2004)

<i>Hayvan cinsi</i>	<i>Hayvan ağırlığı (kg)</i>	<i>Bir günde üretilen toplam gübre miktarı</i>			<i>Su (%)</i>	<i>Yoğunluk (kg/m³)</i>	
		<i>kg</i>	<i>m³</i>	<i>litre</i>			
<i>Kümes hayvanları</i>	<i>Yumurta pilici</i>	2	0,1	0,000099	0,1	74,8	961
	<i>Et pilici</i>	1	0,1	0,000068	0,1	74,8	961
<i>İnek</i>	-	28,6	0,03	29,9	88,4	961	
<i>Et sığırları</i>	230	13,6	0,0141	14,4	88,4	961	
<i>Et sığırları</i>	340	20,4	0,021	21,2	88,4	961	
<i>Et sığırları</i>	455	27,2	0,034	35,6	88,4	961	
<i>Et sığırları</i>	570	34,0	0,03	29,9	88,4	961	
<i>Süt sığırları</i>	70	5,4	0,0053	5,7	87,3	993	
<i>Süt sığırları</i>	115	9,1	0,009	9,1	87,3	993	
<i>Süt sığırları</i>	230	18,6	0,018	18,9	87,3	993	
<i>Süt sığırları</i>	455	37,2	0,037	37,5	87,3	993	
<i>Süt sığırları</i>	635	52,2	0,0523	52,6	87,3	993	
<i>Buzağı</i>	109	6,8	0,0068	6,8	97,5	993	
<i>At</i>	454	20,4	0,0212	21,3	79,5	961	
<i>Koyun</i>	45	1,8	0,0017	1,7	75	1041	
<i>Domuz</i>	<i>Yavru</i>	16	1,0	0,00107	1,0	90,8	961
	<i>Yetişkin</i>	29	1,9	0,00198	1,8	90,8	961
	<i>Dişi domuz ve althık</i>	170	15,0	0,0153	15,1	90,8	961
	<i>Yaban domuzu</i>	159	5,0	0,0054	5,3	90,8	961

Hayvanların beslenme şekilleri: Hayvanların merada veya ahırda beslenmeleri günlük gübre üretimini etkilemektedir.

5.2.2 Gübrelerin katı madde oranları ve seyreltme

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

Hayvan gübresi miktarı, reaktör boyutlandırmasını belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Hayvan türüne, büyüklüğüne bağlı olarak günlük üretilen gübre miktarı, gübredeki su muhtevası, biyolojik işlem sonucu oluşan biyogaz miktarı, reaktöre besleme yapılırken gerekli seyreltme oranları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Biyogaz tesisi dizaynında ve de işletilmesinde ayrıca, seçilen sıcaklık (mezofilik veya termofilik şartlar) yanında, bu sıcaklığa bağlı olarak seçilen hidrolik beketleme süresi de son derece önem arz etmektedir (Rehling, 2001). Bölge ve çiftlik şartlarına göre yetiştirilen tavuklardan vs. elde edilen gübrelerin seyreltme oranları, çizelgede belirtilen değerlerden farklı olabilmektedir.

Çizelge 5.2 Birim gübre ağırlığı başına biogaz oluşumu ve seyreltme oranı (Rehling, 2001)

<i>Hayvan Türü</i>	<i>Günlük gübre miktarı (kg)</i>	<i>Nem Miktarı (% Islak bazda)</i>	<i>Fermentasyon sonu gaz üretimi (lt/kg)</i>	<i>Seyreltme Oranı (gübre/su)</i>
Sığır	8-15	80-85	40	1/1
Domuz	1-2	75-80	70	1/2
Kümes hay.	0.05-0.15	70-80	60	1/3
Keçi	1-5	75-80	60	2/3
At	15	80-85	40	2/3
Koyun	1-5	75-80	50	2/3
Yetişkin İnsan(çocuk)	0.20-0.40	75-80	70	3/7

Yapılan bir çalışma sonucunda tavuk gübresindeki katı maddenin sudaki çözünürlüğünün, asidik kimyasal ve asidik termokimyasal önışlemlerle arttığı, sudaki maksimum

çözünürlüğün, katı maddeye göre kütlece %20 oranında H₂SO₄ eklenip, iki saat termokimyasal önişlem ile elde edildiği belirlenmiş ve sudaki çözünürlüğün kütlece %40,93 olduğu saptanmıştır. Buradan, daha fazla asit kullanarak çözünürlüğün artırılması mümkün görünmektedir. Ancak biyogaz üretim amacıyla hammaddenin suda çözülmüş formda kullanılması düşünüldüğünde %20'nin üzerine asit eklenmesi durumunda anaerobik sistemde sülfat iyonu derişimi artacaktır. Bu durum ise anaerobik ortamda sülfür iyonu derişimini arttıracığından, asidik önişlemlerdeki asit miktarının katı maddeye göre % 20 oranında kullanılmasının daha uygun olacağı bildirilmektedir (Ardıç ve Taner, 2004).

5.2.3 Bio-reaktör hacmi hesabında dikkate alınacak parametreler

Anaerobik çürütücü reaktörünün hacmi bulunurken, hidrolik bekletme süresi ile günlük beslenen çamur miktarı esas alınmaktadır. Bu durumu aşağıdaki formülle ifade edersek;

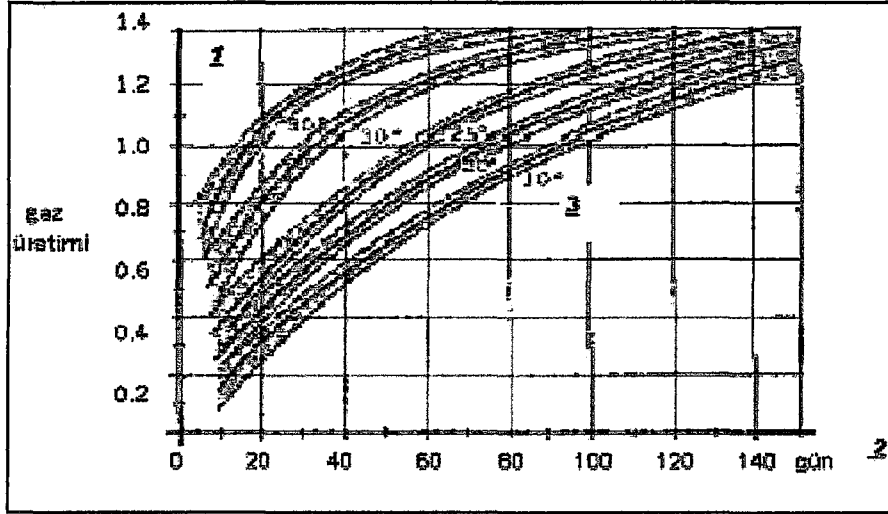
$$V_D = C_m * HBS$$

HBS, seçilen çürütme sıcaklığı ile tespit edilir. Isıtmasız biyogaz tesislerinde reaktör içerisindeki sıcaklık, toprak içerisindeki sıcaklığın 1-2 derece üzerinde alınır. Sıcaklık şartlarına göre, HBS süreleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Çeşitli sıcaklık şartlarında hidrolik bekletme süreleri (Kossman, vd., 2000)

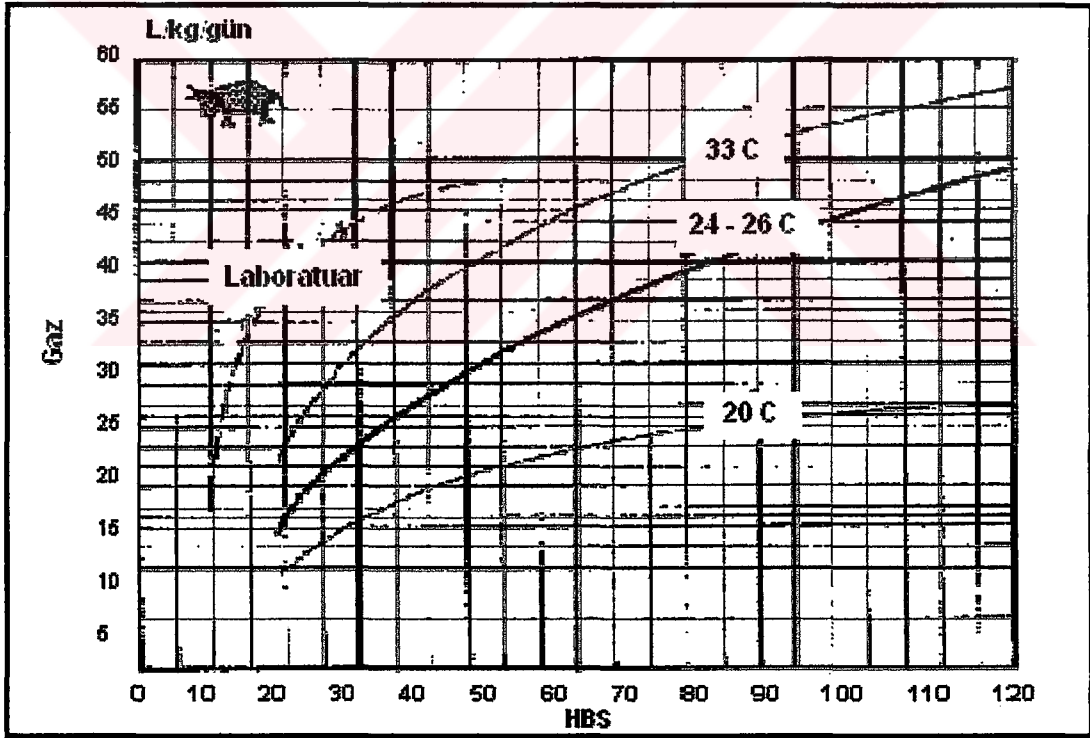
Sıcaklık	HBS
Psikofilik sıcaklık şartlarında	>100 gün
Mezofilik şartlarda	>20 gün
Termofilik şartlarda	>8 gün

Mezofilik şartlarda çalışan basit bio-reaktörler için HBS en az 20 gün alınır. Pratik uygulamalar göstermiştir ki bu süreler 20-100 gün arasında değişmektedir. Reaktör sıcaklığı ile HBS arasındaki ilişki Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 Sıcaklığa ve HBS'ye bağlı olarak gaz üretimi (Werner, 1989)

(1. Nisbi gaz üretimi (çeşitli hayvan gübreleri için Çizelge 11), 2. Hidrolitik bekleme süresi, 3. Reaktör sıcaklığı)



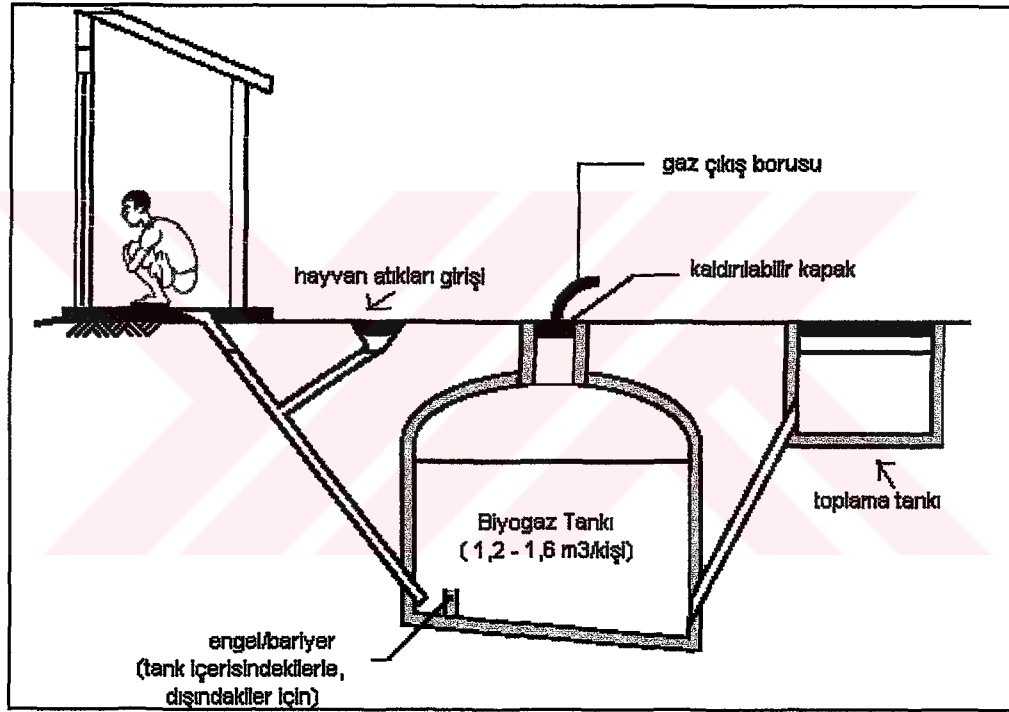
Şekil 5.2 Çürütücü sıcaklığı ve HBS'ye bağlı olarak, taze sığır gübresinden gaz üretimi

Gübre içerisine ne kadar su ilave edileceği oldukça önemlidir. Çamur içinde katı madde konsantrasyonunun %7-9 arasında olması istenir. Bu konsantrasyonun altında ve üstünde fermantasyon süresi uzar. Hayvan gübrelerine ilave edilmesi gerekli su miktarları

Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çoğu kırsal bölgelerde hayvan gübresi ile birlikte tuvalet atık suları karıştırılarak reaktöre verilir (Şekil 5.3), çamur içindeki katı madde konsantrasyonu %7-9 arasında tutulmaktadır. Dolayısıyla reaktöre ilave edilecek madde miktarı aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\text{Çamur miktarı} = \text{Bio kütle} + \text{Su}$$

Bio-kütle reaktöre verilmeden önce belli oranda su ile seyreltilir. Buna göre çürümenin gerçekleştiği reaktör hacmi tespit edilir. Reaktör hacmi, reaktörde çürüme bölümü hacmi ve gaz toplama bölümü hacminden meydana gelmektedir. $V_D/V_g = 3:1$ ile $10:1$ veya $5:1$ ile $6:1$ oranları arasında değişmektedir (Öztürk, 2003).



Şekil 5.3 Biyogaz sisteminde girdi olarak insan atıklarının kullanılması

Çizelge 5.4’de çeşitli hayvan gübresi ve atıklar için bio-reaktörde oluşan gaz miktarları verilmiştir. Burada çizelge incelenirse, en yüksek gaz üretimi, kümes hayvanlarından sağlanmaktadır ve domuz atıkları ise ikinci sırayı almaktadır.

Çizelge 5.4 Çeşitli türdeki atıklar için üretilen gaz ürünü

<i>Besi Maddesi</i>	<i>Gaz Üretim Aralığı (lt/kgUM)</i>	<i>Ortalama Gaz Üretim Değeri (lt/kgUM)</i>
Domuz Gübresi	340-550	450
Sığır Gübresi	150-350	250
Kümes Hayvanları Gübresi	310-620	460
At Gübresi	200-350	250
Koyun Gübresi	100-310	200
Ahır Gübresi	175-320	225
Tahıl Atığı	180-320	250
Mısır Samanı	350-480	410
Pirinç Samanı	170-280	220
Fil Çimeni	330-560	445
Bitkisel Atıklar	300-400	350
Su Sümbülü	300-350	325
Alg	380-550	460
Kanalizasyon Çamuru	310-640	450
Çim	280-550	410

5.2.4 Biyogaz Miktarının Hesaplanması

Anaerobik arıtmada biyogaz miktarının hesaplanması; hayvan türüne, günlük olarak oluşan gübre miktarına ve gübre içerisindeki katı madde miktarına bağlı olarak değişmektedir. Gübre içerisinde bulunan organik madde türü, biyogaz oluşumunu etkiler. Yaklaşık olarak %50 organik maddenin biyogaza dönüşeceği kabul edilmektedir. Bio reaktörünün gaz toplama bölümü hacmi, en az bir günlük gazı depolayacak kapasitede olmalıdır (Öztürk, 2003).

Anaerobik bio reaktörlerde gaz bölümü hacmi, çürüme bölümü hacmine göre belirlenebilir, diğer bir ifade ile V_D/V_g oranı 3:1 ile 10:1 arasında alınabilir. Fiili uygulamalar da ise bu oran, 5:1 ile 6:1 arasında alınmaktadır. Daha pratik bir ifade ile bio reaktör hacmi, günlük oluşan gazın %40-60' ını depolama kapasitesine sahip olmalıdır (Öztürk, 2003).

5.2.5 Bio-reaktöre ait çürütme ve gaz depolama bölümü hacimlerinin hesaplanması

Biyogaz tesisi tasarımında, gaz üretimi kapasitesi ve buna bağlı olarak da gaz depolama bölümü hacminin bilinmesi önem arz etmektedir. Tavuk ve sığır atıkları baz alınarak örnek bir hesaplama yapılmıştır ve kaynak olarak Balsam, (2002) ve Sasse, (1988)'den faydalanılmıştır,

Hesaplama

2000 adet tavuk besleyen bir yerleşim bölgesi için hesaplama yapılırsa;

besi maddesi: 0.09 kg tavuk güb./gün

Çizelge 7.1

seyreltme oranı: 1:3 -gübre:su-

Çizelge 5.2

gübre miktarı: $2000 * 0.09 = 180 \text{ kg / gün}$

fermante olacak, seyreltilmiş gübre miktarı: $180 + 180 * 3 = 720 \text{ litre / gün}$

çürütücü sıcaklığı: 30°C

Çizelge 2.4

HBS: 30 gün

Çizelge 2.5

buna göre gerekli olan çürütücü hacmi:

$$V_D = 720 \text{ litre / gün} * 30 \text{ gün} = 21600 \text{ litre} = 22 \text{ m}^3$$

spesifik gaz üretimi: 60 litre/kg

Çizelge 5.2

$$\text{günlük gaz üretimi: } 60 \text{ litre / kg} * 180 \text{ kg / gün} = 10800 \text{ litre / gün} = 11 \text{ m}^3$$

gaz bölümü kapasitesi %50 kabul edildi

Bölüm 5.2.4

$$\text{gerekli gaz bölümü hacmi: } V_g = 10800 * 0.50 = 5400 \text{ litre}$$

$$\text{çürütücü/gaz bölümü oranı: } V_D : V_g = 21600 : 5400 = 4 : 1 \text{ -uygun-}$$

Bölüm 5.2.3

Aynı işlemler sığır gübresi için yapılırsa (Sasse, 1988):

30 kg/gün sığır gübresi için gerekli reaktör ve gaz toplama bölümü hacimlerini hesaplayalım;

besi maddesi: 30 kg/gün

seyreltme oranı: 1:1

fermante olacak, seyreltilmiş gübre miktarı: $30 + 30 = 600 \text{ litre / gün}$

çürütücü sıcaklığı: $26-28 \text{ }^{\circ}\text{C}$

HBS: 80 gün

buna göre gerekli olan çürütücü hacmi: $V_D = 60 \text{ litre / gün} * 80 \text{ gün} = 4800 \text{ litre}$

spesifik gaz üretimi: 40 litre / kg ise;

günlük gaz üretimi: $40 \text{ litre / gün} * 30 \text{ kg / gün} = 1200 \text{ litre / gün}$

gaz bölümü kapasitesi %60 kabul edildi (%40-%60)

gerekli gaz bölümü hacmi: $V_g = 1200 * 0.60 = 720 \text{ litre}$ olur. Buna göre;

çürütücü/gaz bölümü oranı: $V_D : V_g = 4800 : 720 = 6.67 : 1$ uygundur

5.3 Biyogaz Tesisi Bölümleri

Besi maddesi reaktöre verilmeden önce, girişe yerleştirilen toplama tankında, uygun seyreltme oranında, su ile karıştırılır. Oluşan fermantasyon çamuru, çürütücü girişine verilir. Bakteriler, biyogaz oluşturmak üzere substratı parçalamaya başlarlar bunun için yeterli bekletme süresine ihtiyaç vardır. Fermantasyon çamurunun mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılmasında karıştırıcı, pompa ve parçalayıcı gibi ekipmanları gerekmektedir. Karıştırma prosesi esnasında giriş borusu kapatılmalıdır. Belli süre sonunda elde edilen kimyasal değeri yüksek çürümüş çamur, çıkıştaki çamur toplama tankına gönderilir.

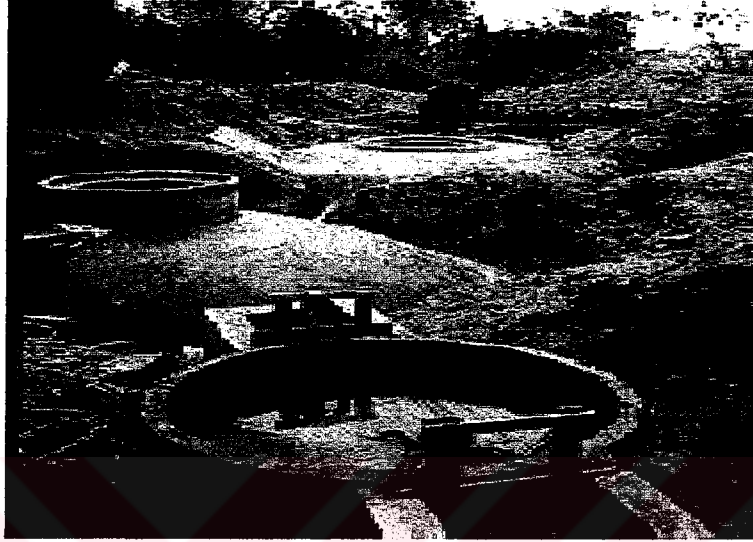
Gaz depolama bölümünde, çürüme süresince biogaz toplanır ve depolanır. Biyogaz, gaz borularıyla, gazın kullanılacağı cihazlara kadar taşınır. Gaz borusunda yoğunlaşan gaz, su musluğu aracılığıyla uzaklaştırılır. Tesis tipine göre kullanılan ekipmanlar farklılık gösterebilir.

Biyogaz, uygulama ve üretim bilgi servisleri olan ISAT/GTZ yayınlarından alınan ve değerlendirilen bilgiler ışığında, biyogaz tesislerinin etkili bir şekilde işletilmeleri için, gerekli ekipmanların seçiminde ve tasarımında yeterli derecede bilgi ve beceriye sahip olmak gerekmektedir. Aşağıda işletme ekipmanlarından bazılarına yer verilmiştir.

5.3.1 Giriş tankı

Taze gübre, genelde sistemin girişindeki toplama tankında (Şekil 5.4) toplanıp, gerekli

seyreltmeler yapıldıktan sonra çürütücüye verilir. Sistemin tipine bağlı olarak, besi maddesi birkaç gün tankta bekletilir. Burada besi maddeleri homojen olmalıdır ve suyla seyreltilen bu maddeler, bir karıştırıcı ile karıştırılıp gerekirse saman, ot gibi malzemeler de ilave edilerek biomass miktarı artırılır. Bu işlemler yapılırken, reaktöre giriş borusu bir musluk yardımıyla kapatılır.



Şekil 5.4 Tayland'da kurulan sabit kubbeli bir tesis yerleşimi

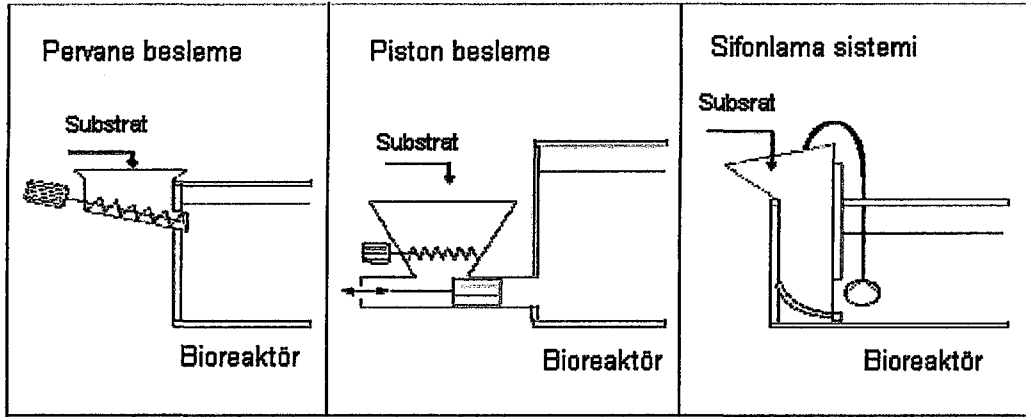
(Fotoğrafın ön kısmı girişteki besi maddesinin seyreltiildiği toplama tankı, ortada çürütücü reaktörü ve arka kısımda kimyasal gübre değerindeki çürütmüş çamur çıkış tankı.)

5.3.1.1 Giriş-çıkış yapıları

Besin giriş ve çıkışını sağlayan giriş çıkış boruları, dik açıyla çürütücü içerisine düz bir şekilde uzatılır. Sıvı besi maddesi için boru çapı 10-15 cm olmalıdır. Lifli substratlar için boru çapı değeri, 20-30 cm civarındadır. Giriş çıkış boruları çoğunlukla plastik yahut beton malzemelerden yapılmaktadır. Pozisyonları serbest, erişilebilir konumda ve düzlükte olmalıdır. Borular, çürütücü duvarında en düşük çamur seviyesinin altında bir noktada olmalıdırlar, gaz deposuna doğru olmamalıdırlar. Bu bağlantı noktaları harç ile kuvvetlendirilmeli ve çatlaklar/sızmalar engellenmelidir. Giriş borusu, çıkış borusundan daha yüksek bir noktada tanka temas etmelidir. Burada amaç, substrat akımının daha uniform ilerlemesini sağlamaktır.

Aşağıda, Şekil 5.5'de katı malzemelerin, çeşitli besleme şekilleri gösterilmiştir. Burada ilk sırada, katı maddeler, çürütücü girişinde tertip edilen bir pervane yardımıyla tanka alınırken diğer ortadaki şekilde bir piston kullanılarak malzemeler çürütücüye kabul edilirler, son şekil

de ise sifon sistemi mevcuttur (Weiland, vd., 2003). Bu tip giriş yapıları büyük kapasiteli işletmelerde kullanılmaktadır.



Şekil 5.5 Büyük kapasiteli tesislerde katı madde besleme tipleri

5.3.2 Anaerobik Çürütücü (fermantasyon tankı)

Seçilen herhangi bir fermentasyon tankı dizaynında, aşağıda ifade edilen durumların sağlanması gerekmektedir:

Su/gaz sızdırmazlık

Yer altı suyu ve toprak kalitesini tehdit edebileceği için sistemin su sızıntısı engellenmelidir. Gaz sızıntısı ise çürütücüye hava girişini engelleyerek patlama riskini ortadan kaldırmak için engellenmelidir.

İzolasyon

Proses sıcaklığına bağlı olarak gereklidir. İklim nedeniyle dış bölgenin sıcaklığı düşük ise çürütücüdeki ısı kaybını minimuma indirmek gerekecektir. Bunun için reaktörün yalıtılmasına ihtiyaç duyulur veya reaktör yeraltına inşa edilerek iklim değişimlerinden minimum ölçüde etkilenmesi sağlanabilir.

Minimum yüzey alanı

Yapı maliyetinin düşük, ısı kaybının az olması için minimum yüzey alanı sağlanmalıdır. Yumurta tipi, küresel yapılar en iyi yüzey alanına sahiptirler. Uygulamalarda yarım küre şeklindeki yapılar, konik zeminlerle kapatılmaktadırlar.

Giriş-çıkış kuvvetleri

Çürütücü üzerinde iki engelleyici kuvvet mevcuttur. Bunlardan dış kuvvetler, duvarın iç kısmında basınç kuvvetine sebep olurlarken, içten gelen hidrostatik ve basınç kuvvetleri yine duvar içinde gerilime yol açmaktadırlar. Bu nedenle tüm noktalarda dış basınç, iç basınçtan daha büyük olmak zorundadır. Yuvarlak ve küresel şekiller en büyük kuvvetleri karşılayabilmekte ve bunları uniform olarak dağıtabilmektedirler. Köşe ve kenar duvarlarda, çatlamalara neden olan zayıf basınçlar oluşmaktadır ve oluşan bu zayıf basınç kuvvetleri, çatlaklara ve dolayısıyla sızmalara neden olabilir.

5.4 Anaerobik Çürütücü Malzemeleri

Çürütücü tankları çelik, beton yahut plastik malzemelerden yapılmaktadırlar. Yumurta şekilli tanklar en iyi sonucu verirler ancak bu tankların maliyetleri oldukça yüksek olduğundan daha ziyade büyük kapasiteli tesislerde kullanılmaktadırlar. Çin tipi sabit kubbeli tesisler daha basit ve ucuzdur. Silindirik yapılı tankların inşası ise daha kolaydır.

Çelik tanklar: Gaz sızdırmaz olan bu tanklar, düzgün ve uygun basınçta uygun bağlantılar yapılarak kolay inşa edilebilirler. Dış ortamdaki atmosferik nem yahut içerideki agresif maddeler korozyon problemi oluşturabilirler bu nedenle antikorozyf giydirme yapılması uygundur. Tren ya da kamyon tankları kullanılarak ikinci el malzemeden yapılabilir.

Beton tanklar: Son yıllarda yaygınca kullanılmaktadırlar. Gaz sızıntılarını engellemek için gerekli giydirme, astar, kapama gibi yapılar sağlanmalıdır. Tepe ve kenar eklem bölgelerde çatlakların oluşması yaygın rastlanan bir durumdur. Sınırlayıcı özellikleri az ve uygun maliyetli olmaları bir avantajdır. Uzun ömürlüdürler. Tüm bu özelliklerinden dolayı büyük ölçekli tesislerde kullanımları uygundur.

Plastik tanklar: Biogaz mühendisliğinde uzun yıllardan beri yaygın olarak kullanılmaktadırlar. PE, GRP gibi rijit (sert) ve esnek malzemelerden yapılmaktadırlar. Balon gaz toplama bölümü ya da gaz sızdırmaz örtü gibi yapılardan oluşur. Plastik malzemenin dayanıklılığı; agresif çamurun durumu, mekanik basınç, UV radyasyonu, gaz permeabilitesi vs.'ye bağlı olarak değişim göstermektedir. GRP çürütücüler gaz sızdırmaz, korrozyona dayanıklı, tamirleri kolay, uzun ömürlü oldukları için oldukça uygun tank malzemeleridir. Sandwich tipi GRP tesislerin izolasyon iççiliği ve taşıma-yapım maliyetleri de oldukça düşüktür. Bu malzemelerin dışında, odun ve taştan yapılan çürütücüler de bulunmaktadır.

5.5 Gaz tutucu bölme

4 tip gaz bölmesi mevcuttur (yüzer çatı gaz tutucu, sabit kubbe gaz tutucu, plastik ve ayrı gaz tutucular).

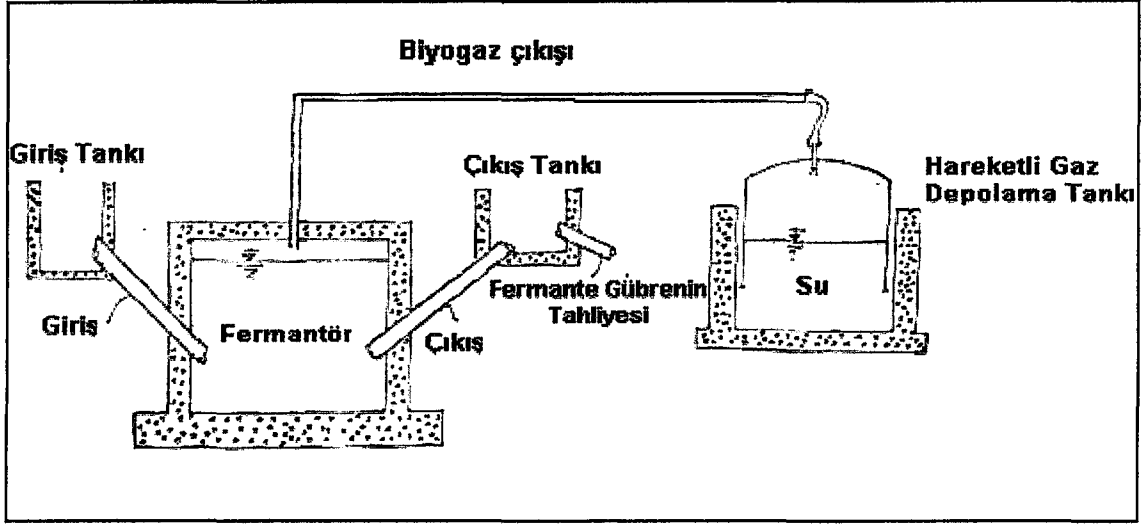
5.5.1 Yüzer çatı gaz tutucular

Pek çoğu 2-4 mm kalınlıkta çelik tabakadan yapılmaktadır. Önemli ölçüde korrozif etkilere karşı koymak için kenar kısımları, tepe bölgesinden daha kalın inşa edilmektedir. Yüzer çatı döndüğü zaman, yüzeyde oluşan köpüğü dağıtmaya yarayan L şeklinde çubuk desteği, aynı zamanda yapının stabilitesini de sağlamaktadır. Bir çatı kılavuzu ile gaz bölümü dengede tutulur ve bu kılavuz eğilmelere karşı da kararlı bir yapı sağlar. Sıkça kullanılan iki tip çatı kılavuzu vardır: 1) Beton gömmeli bir çarpaz direk ile sabitlenmiş boru kılavuzu ve giriş kolu 2) Odundan yahut çelikten yapılmış üç adet bacakla desteklenmiş dış çatı kılavuzu. Her iki tasarımda da çatının dönebilmesi için çok büyük kuvvet gerekmektedir. Özellikle yüzer köpükten oluşan ve ağır olan tabaka içine saplanma söz konusu olduğunda, hacmi 5 m³'ü geçen herhangi bir gaz tutucu, iç ve dış olmak üzere iki çatı kılavuzuyla desteklenmelidir.

Tüm çelik yapılarda, içte ve dışta neme duyarlı bu nedenle de paslanmaya açık bir durum söz konusudur. Bu sebeple uzun ömürlü olması istenen yapılarda şu yüzey koruma özellikleri sağlanmalıdır:

- a) Tam olarak paslanmaz ve kirlenmez bir yapı
- b) En az iki tabaka astar giydirme
- c) Ziftli boya (bitumin) ya da plastikten 2-3 örtü tabaka

Örtü tabakalar her yıl uygulanabilir olmalıdır. Metalden yapılmış bir gaz tutucu bölme, nemli bölgelerde 3-5 yıl, kuru iklimlerde ise 8-12 yıl süreyle kullanılabilirler. Herhangi bir gaz sızdırmaz malzeme seçiminde, standartlara uygun alternatif çelik, galvanize, metal, plastik vs. yapılar dikkate alınmalıdır. Su ceketli (su üzerine dökülmüş yağ filmi kullanıldığında) gaz tutuculardan oluşan tesisler, uzun ömürlüdür.



Şekil 5.6 Hareketli gaz depolama tankı

5.5.2 Sabit kubbeli gaz tutucular

Silindirik çürütücünün konik tepesi ya da yarımküre şeklindeki çürütücünün en üst kısmı, sabit kubbeli gaz bölmesinden oluşmaktadır. Çürümüş çamur hacmi ile gaz toplama bölümü hacmi, bekletme süresi içerisinde yer değiştirir. İşletme ve tasarım aşamalarında aşağıdaki konular göz önünde bulundurulmalıdır:

- Tesisin taşmasını engellemek için, dengeleme tankının içte ve dışta taşma boruları olmalıdır.
- Gaz borusunun tıkanmaması için gaz çıkışı taşma seviyesinden yaklaşık 10 cm daha yüksekte olmalıdır.
- Yeterli ölçüde ters basınç sağlamak için tesis, kafi derecede toprakla örtülmelidir.

Taş, beton yapılar harç katkısıyla ya da katkısız, gaz sızdırma özelliğine sahiptirler. Gaz sızdırmazlık sadece iyi giydirme yapılarıyla ve dikkatli işçilikle sağlanabilir. Denenmiş bazı giydirme malzemeleri aşağıda verilmiştir:

- Çok katlı bitümen (zift):* Soğuk uygulanır. Sıcak uygulandığında yanma, zehirlenme, patlayıcı buhar oluşumu, çözücülerin zararı gibi tehlikelere sahiptir. İki ya da dört kat giydirme yapılabilir.
- Alüminyum folyolu zift:* Hala yapışkan haldeki zifte, ince tabaka halinde alüminyum folyo uygulanır bunu, ziftin ikinci giydirmesi takip eder.

- c) *Plastikler*: Epoksi, reçine ya da akri boyama bunlara örnektirler. Çok etkilidirler fakat pahalıdırlar.
- d) *Parafin (gaz yağı)*: %2-5 kerosen ile seyreltilmiş 100 °C'ye ısıtılmış ön sıcaklıktaki taşa uygulanır.
- e) Su geçirmez elementlerle desteklenmiş çok katlı sıvalı yapılardır.

Giydirme işlemleri yapıldıktan sonra ve tesis çalıştırılmadan önce, bir basınç testine tabi tutulur.

5.5.3 Plastik gaz tutucular

Plastik tabakadan yapılan gaz tutucular, diğer gaz tutucuların yaptığı işi yapmaktadır. Gaz bölümüne transfer olan elementler, balondan ya da torbadan yapılan gaz depolama bölümünde tutulurlar.

Ayrı gaz tutucular

- a) Düşük basınçlı, ıslak-kuru gaz tutucular (10-50 mbar), pahalı ve uzun mesafelerde (en az 50-100 m) kullanılırlar. Plastik gaz tutucularla özdeşirler.
- b) Orta ve yüksek basınçlı gaz tutucular (8-10 bar/200 bar), küçük ölçekli tesislerde kullanılmaktadırlar. Yüksek basınçlı gaz deposu çelik silindirler içindedir (taşıtların yakıt depoları gibi).

5.6 Biyogaz Tesisi Ekipmanları

Akım hızı, çürütücü ile gaz cihazları arasındaki mesafeye bağlı olarak değişiklik arz eder. Uzun mesafelerde ve yüksek akışlı-yüklemeli akımlarda gaz basıncı bir düşüş göstermektedir. Daha uzun ve daha yüklü akımlar da ise sürtünmeye bağlı olarak basınç düşmesi daha da fazla olur. Bentler, basınç kaybını artırır.

5.6.1 Biyogaz boruları

Biyogaz tesislerinin işlevsizliğinde %60'lık pay, boru sistemlerindeki eksikliklerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle tam bir boru tesisatı yapılmalıdır. Biyogaz, %100 su buharına doygun ve H₂S içeren bir gazdır. Bu nedenle borular, demir metali içermemelidir. Aksi takdirde çok kısa zamanda korozyona uğrayıp parçalanabilirler. Standart gaz boru hattında, çelik (galvanize edilmiş), ucuz plastik malzemedan yapılan PVC, PE rijit borular kullanılabilir. Ayrıca borular açıkta döşeneceklerse UV'ye karşı dirençli olmaları

gerekmektedir. Gaz boruları çapları, 1.2-10 cm arasında değişmektedir. Kaliteleri iyi olmalıdır. Tesis giriş sulu substrat borusu, genelde HDEP ya da asbest malzemeli borulardır.

5.6.2 Çelik ve PVC borular

Galvanize edilmiş çelik su boruları sıkça kullanılmaktadır. Küçük ve orta ölçekli tesislerde, 1.5-1.9 cm (İngiliz standartlarında tüm boyutlar inç cinsindedir) çaplı ve 30 m'den uzun borular kullanılmaktadır. Büyük tesisler için ise daha uzun gaz boruları kullanılmaktadır. Gaz borusu inşasında şunlara dikkat edilir:

- Gaz sızdırmaz ek yerleri yapımı
- Eğimli drenaj hattı (su birikmesinin olmaması için) yapımı
- Mekanik etkilere karşı koruma

PVC borular: PVC boruların yerleştirilmeleri kolay ve ucuzdur. UV'ye karşı dirençli değildir. PVC, her durumda yeraltına inşa edilmelidir çünkü çocukların temas etme riski vardır.

5.6.3 PE boruları

Biyogaz giriş ve çıkış yapılarında PE boruların kullanımı uygundur. İlgili firmadan alınan, PE borularına ait genel özellikler şu şekildedir (Dizayn boru, 2004):

- a) Basınç altında ek yerlerinden çıkma ve kopma olmaz, kesin sızdırmazlık sağlar ve birden fazla bağlantı şekline sahiptir
- b) Boru malzemesinin kimyasal direnci yüksektir, korozyondan etkilenmez, çürümez, aşınmaz ve kanal dışında birleştirilebilir
- c) Şantiye dışında daha az dolgu getirme ihtiyacı, daha az kazı, rahatlıkla deniz, dere, nehir, göl ve bozuk zeminlerde, maden alanları gibi toprak hareketleri olabilecek yerlerde kullanılabilir
- d) Toprak hareketlerinden etkilenmez, iç yüzeyi hidrolik pürüzsüzdür
- e) Daha az dirsek gerektirir çünkü boru çapının 20-35 katı radüsle dönüş yapılabilir ve sağlamdır (firesiz döşeme ve taşıma).
- f) Üretim tesisleri mobil hale getirilebilir. Önemli projelerde yerinde üretim ile nakliyeden önemli miktarda tasarruf edilebilir

- g) Asgari ömrü 50 yıldır, doğada ancak 1000 yılda bozular. Bakım gerektirmediğinden işletme giderleri çok düşüktür
- h) PE boruları döşemede dirsek, T gibi yerlerde beton kütle ihtiyacı yoktur. Hafiftir, kolay ve çabuk döşenir. İnşaat sezonu kısa olan bölgelerde, yoğun trafikli yollarda büyük avantaj sağlar
- i) İyi kaynak özelliklerine sahiptir, esnektir, çatlama direnci, darbe direnci vardır, arazi şekline uyumludur
- j) Bütünyesinde karbon siyahı (carbon black) bulunması nedeniyle, güneş ışınlarından etkilenmez (UV dayanımlıdır)
- k) Basınç sınıfında çeşitlilikleri vardır. PN2,5'dan PN32 ye kadar 12 farklı basınç sınıfında üretilebilir, toprak içindeki aşındırıcı maddelerden etkilenmediği için katodik koruma gibi döşeme esnasında tedbir almak gerekmez.

Boru sistemlerinin yerleşimi: Çocuklardan ve güneş ışınlarından kaçınmak için borular yer altına inşa edilebilirler. Galvanize çelik borular ise yer üstüne kurulmalıdırlar. Ana borusu 2.5 cm çapında olan PVC boru yer altına inşa edilir. Diğer bağlantı boruları 1.3 cm çapında olacak şekilde çelikten ya da PVC den yapılabilir. PVC borular en azından 25 cm derinlikte yeraltına döşenmek zorundadır. Kum yatak serilmeli ve üzeri ise yine kumla ya da iyi toprakla örtülmelidir. Öncelikle hendekte bulunması muhtemel taş vs yapıların, boruya direk teması engellenmelidir. Hendek temizlendikten sonra boru yerleştirilir ve gaz sızıntısı olup olmadığı test edilir. Bu işlem, hava pompalarıyla yapılır. Şayet basınç kaybı oluyorsa, borudaki her nokta-bağlantı, sabunlu suyla kontrol edilir. Sabun kabarcıkları oluşması, herhangi bir gaz sızıntısının olacağını gösterir.

Çizelge 5.5'e göre PVC borularda 100 m'den fazla mesafelerde ve 1.5 m³/saat akım hızlarında 1.9 cm'lik boru çapı uygun verilmiştir. Diğer yandan ana gaz borusu 2.5 cm ve gaz cihazlarına dağıtılacak tüm borular 1.3 cm olacak şekilde seçilirler. Sınıflandırılan akım hızları ve uzunluklara göre verilen bu çaplar kullanılırsa, basınç kaybı 5 mbar'ı geçmeyecektir (Kossman, vd., 2000).

Çizelge 5.5 Farklı boru uzunlukları ve akım hızları için, uygun boru çapları (maksimum basınç kaybı<5mbar)

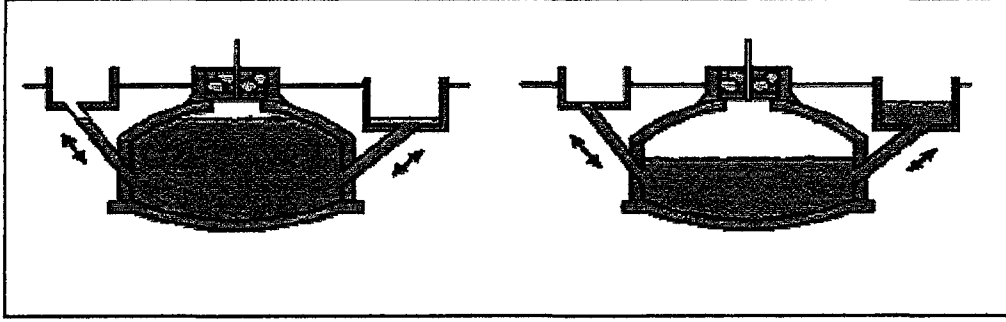
<i>Uzunluk (m)</i>	<i>Galvanize çelik boru</i>			<i>PVC boru</i>		
	20	60	100	20	60	100
<i>Akım hızı (m³/s)</i>						
0.1	1.3 cm	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
0.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
0.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
0.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
0.5	1.3	1.3	1.9	1.3	1.3	1.3
1.0	1.9	1.9	1.9	1.3	1.9	1.9
1.5	1.9	1.9	2.5	1.3	1.9	1.9
2.0	1.9	2.5	2.5	1.9	1.9	2.5

5.7 Karıştırma sistemleri

Optimum karıştırma ile bekleme zamanı, önemli ölçüde azaltılabilir. Karıştırma işleminin gerekenden fazla olması durumunda, bakterilerin substratı parçalamak için yeterli zamanları olmaz ve tesis verimi düşer. İdeal olan; her saat, hafif ve yoğun karıştırmayı sağlamaktır. Karıştırma ile yüzeyde oluşması muhtemel köpük, parçalanacak ve optimum çürüme devamlılığı korunmuş olacaktır.

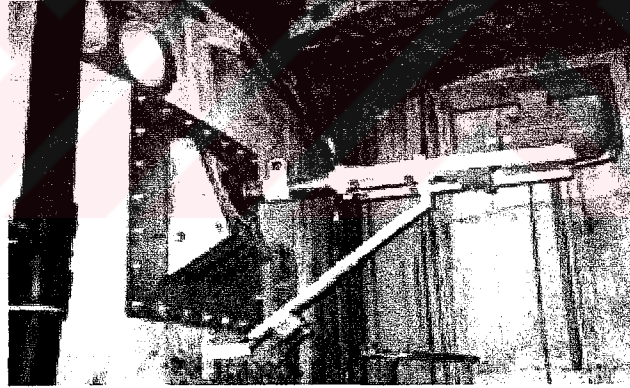
Sabit kubbeli tesislerde karıştırma işlemi, gaz birikmesiyle birlikte oluşan basınç altında, toplama tankına substratın itilmesiyle gerçekleşmektedir. Buradaki “akım içerisinde kendine özgü karışım (yani herhangi bir karıştırma aparatı kullanmadan)” kısaca ifade edilecek olursa; biyogazın meydana getirdiği basınç altında, çürütücü tanktan yan taraftaki toplama tankına substratı iter ve iki tank arası seviye farkı meydana gelir. Bu fark tam olarak belirginleştiğinde, gaz valfi (kapağı), iki tank arası yükseklik eşitleninceye kadar açılır. Gaz valfi açıldığında, çürütücü tank içerisindeki basınç düşeceğinden yan tanktaki besi maddesi

geriye doğru akacaktır ve bu şekilde batık maddeler ve yüzen köpük maddeler parçalanacak bir nevi karıştırma işlemi gerçekleştirilmiş olacaktır (Kossman, vd., 2000).



Şekil 5.7 Sabit kubbeli tesislerde kendi akımı altında substrat karışımı (Ref. 3)

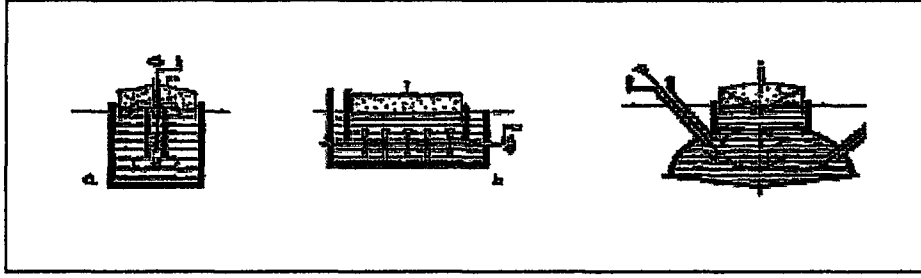
Büyük tesislerde karıştırma işlemi, küçük tesislerdekinden daha çok önem arz etmektedir. Karıştırıcılar, yatay ve düşey mekanizmalı olabilmektedirler. Düşey olanlarının performansı iyidir ancak pahalıdırlar. Galvanize olmamış olan mekanizmaların ömrü 2-10 yıl arasına değişmektedir.



Şekil 5.8 Avrupa'ya ait bir bio-çürütücüdeki karıştırma cihazı (Ref. 3)

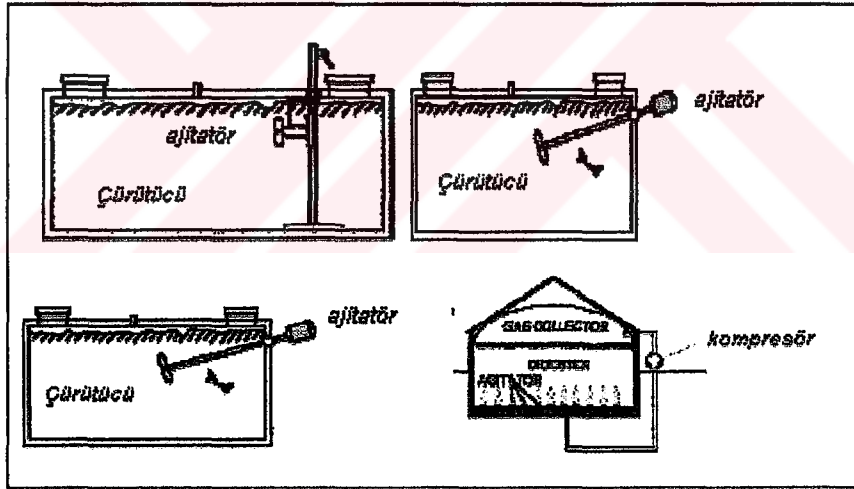
Üç tip karıştırıcı vardır. Bunlardan kısaca bahsedilecek olursa;

- İtmeli karıştırıcılar**, özellikle foseptik arıtma tesislerinde iyi sonuç verir.
- Yatay milli karıştırıcılar**, karıştırma işlemi bir fermantasyon kanalı boyunca olur ve büyük ölçekli tesislerde kullanılan bir tipi Şekil 5.9'da verilmiştir.
- Dikey-yavaşça batırılan karıştırıcılar**, küçük ölçekli-basit aile tipi, güvenli karıştırma metodudur.



Şekil 5.9 Çürütücülerde karıştırma sistemleri (Ref. 3)

Substratın, çürütücü içerisinde homojenliğini sağlamak için kullanılan yöntemlerden biri de ajitasyondur (çalkalama-karıştırma) ya da su ile yardımcı substratın karıştırılmasıdır. Karıştırma odasında substrat, homojenize edilir ve karıştırılır. Ajitasyon, çürütücünün iç kısmında olur. Bakterilerin aktivasyonunu artırıp biyogaz çıkışı üzerinde performans sağlar. Ayrıca sıcaklığın çürütücüde dağıtılmasına da yardımcı olan bir sistemdir. Aşağıda çeşitli ajitator mekanizmaları verilmiştir.



Şekil 5.10 Çeşitli ajitatorlar (Ref. 3)

5.8 Isıtma sistemleri

Isıtma sistemlerinin maliyetleri yüksek olduğundan küçük ölçekli tesisler, ısıtma sistemi olmadan inşa edilirler. Küçük tesisler de bile, substrat çürütücüye verilmeden önce sıcaklığın istenen seviyeye ayarlanması bio-metanejen faz için bir gereklidir. En iyi sonuç, substrat tanka verilmeden önce ön ısıtmaya tabi tutulmasıyla sağlanabilir (Jones, 2000). Çürütücü reaktörler mümkünse soğuk bölgelerde kurulmamalı sıcak iklimlerde kurulmalıdırlar. İki tip

ısıtma sistemi vardır:

- *Direk ısıtma*, sıcak su ya da buharla yapılır
- *Dolaylı ısıtma*, ısı değiştirici (eşanjör vs.) kullanılarak sıcak suyun sistemden geçirilmesidir (burada su ile substrat temas etmez).

5.8.1 Direk ısıtma

Buharla direk ısıtma sistemleri ciddi anlamda dezavantaja sahiptir. Suyun, tuz ve buhar içermesinden dolayı ön arıtılması, lokal ölçekte aşırı ısınmalara sebep olabilmektedir. Yüksek maliyetli bir sistem olmasından dolayı sadece büyük ölçekli arıtma tesislerinde kullanılmaktadır.

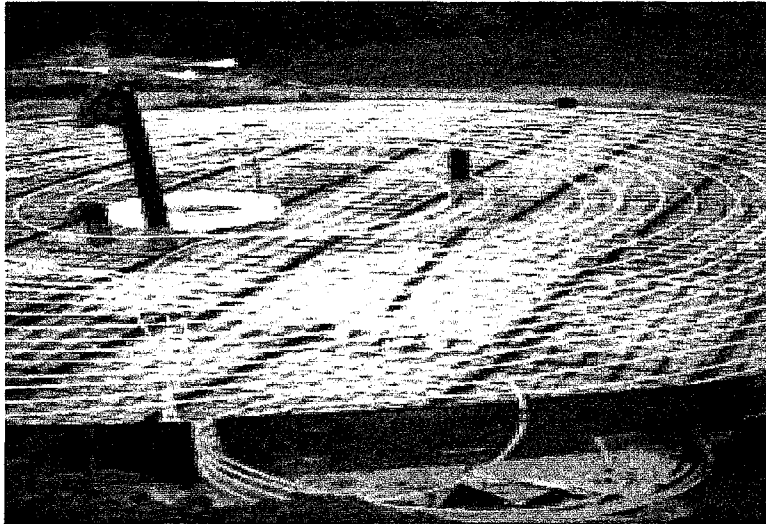
Sıcak su injekte edilmesi, besi maddesi içerisindeki su muhtevasını arttıracakđ için sadece seyreltmenin gerekli olduğu durumlarda kullanılması uygundur.

5.8.2 Dolaylı ısıtma

ürütücünün i ve dış kısımlarına yerleştirilen ısı değiştiriciler ile istenilen ısıtma verimi sağlanabilmektedir. Eşanjörün yerleşimi, tankın şekline, kullanılan substrat tipine ve işletme tarzına bağlı olarak değişmektedir.

5.8.2.1 Zeminin ısıtılması

Bu sistemlerde çökelen maddelerden dolayı tortu birikimleri nedeniyle, ısı transferi gittikçe zorlaştığı için yapılan uygulamalarda pek başarı sağlanamamıştır.

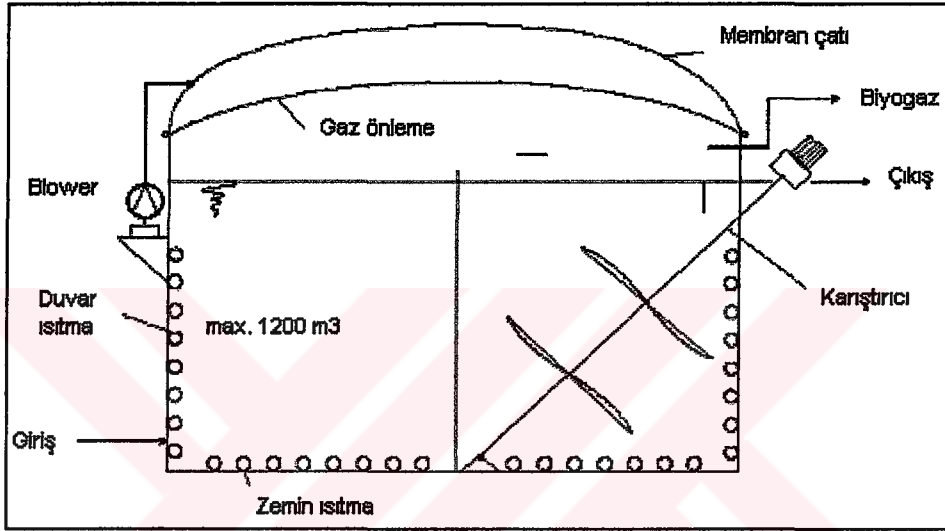


şekil 5.11 Bio-ürütücü alttan ısıtma sistemi (Kossman, vd. 2000)

Şekil 5.11’de bir alttan ısıtma sistemi verilmiştir. Burada ısıtıcı ekipmanlar reaktör duvarlarına ve reaktör zeminine yerleştirilmiştir.

5.8.2.2 Tankın iç kısmının ısıtılması

Isı transferinin uzun süre olması açısından uygundur. Sirkülasyon pompası, mikser gibi mekanizmaların gerilimlerine dayanıklı olan, ısı değiştircilerdir. Daha geniş eőanjör yüzeyi kullanılarak, sıcaklığın daha uniform dağıtılması ve dolayısıyla biyolojik prosesin daha verimli olması sağlanır.



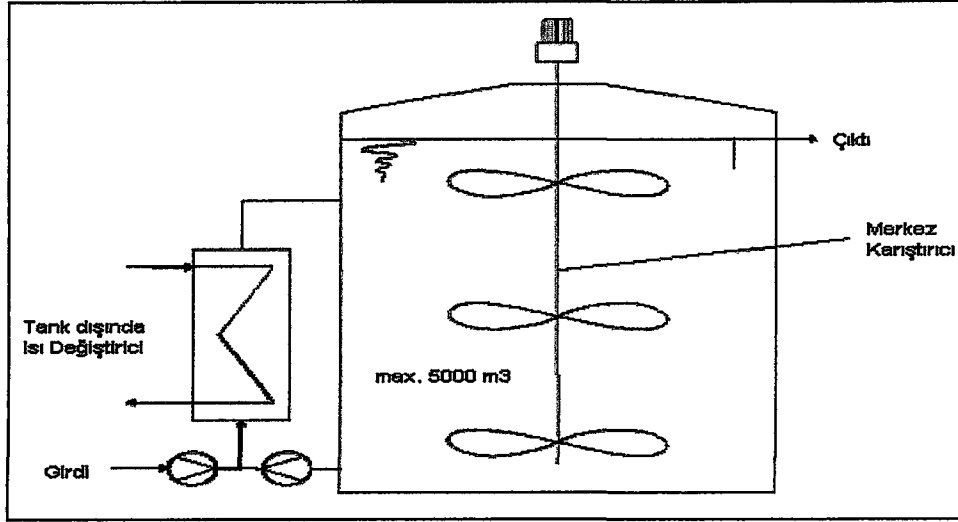
Şekil 5.12 Çift membran çatılı çürütücüde zemin ve tank içi duvarların ısıtılması (Kossman, vd. 2000)

5.8.2.3 Tank üzerindeki ısı değiştirciler

Isı ileticileri, tank duvarı üzerine ya da içine yerleştirilirler. Bu durumdaki ısı transfer veriminin, tank içi ısıtma verimine göre daha düşük olduğu bilinmektedir. Çünkü çok fazla ısı kaybı olmaktadır. Diğer yönden ise, tankın giriş duvar bölgesi, ısı transfer alanı olarak kullanılmakta ve bu da çamur akımını engelleyecek bir etkiye neden olmamaktadır.

5.8.2.4 Tank dışındaki ısı değiştirciler

Bakım ve temizleme açısından giriş kolaylığı sağlayan sistemlerdir. Şekil 5.13’de dikey olarak tasarlanmış büyük ölçekli bir çürütücünün dıştan ısıtılmasına bir örnek verilmiştir. Burada sisteme alttan verilen substrat, önce eőanjörden geçirilerek ısıtılır ve çürütücüye uygun sıcaklıkta verilir.



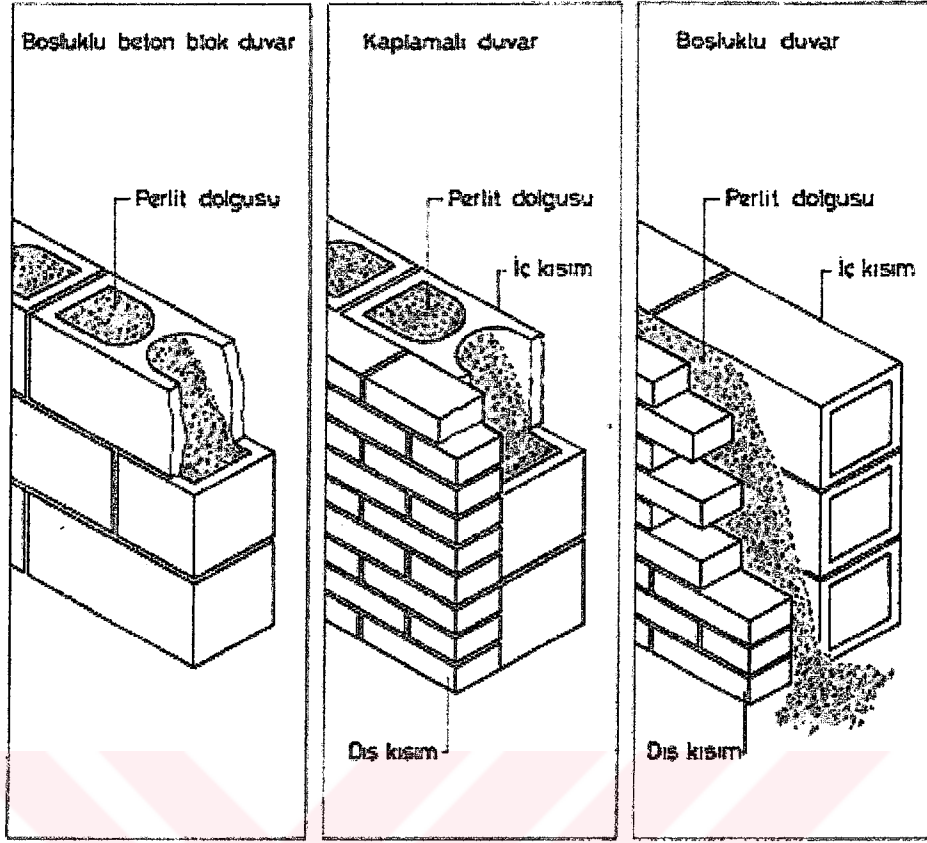
Şekil 5.13 Dikey-büyük ölçekli çürütücü dıştan ısıtma (Kossman, vd., 2000)

Bazı kuzey ülkelerde, üretilen biyogazın önemli bir bölümü sistemin kendi enerjisi için kullanılmaktadır. Sıcaklığı yüksek, güneşli saatleri uzun olan ülkelerde, solar (güneş) enerjisi ile ısıtılan su kullanılarak, sistemin ısınmasına mali açıdan önemli ölçüde bir çözüm getirilmiştir. Bu sıcak bölgelerde tesis, güneş alan bir yere kurulur ve ağaç gölgesi gibi engellerden kaçınılır. Tankın ısıtılması için en ekonomik ve en basit yöntem budur.

5.9 Isı yalıtımı

Soğuk iklimlerde vs. kurulacak olan bio-reaktörde, işletme sırasında sıcaklığın istenilen seviyede tutulması için çeşitli yalıtım malzemelerinden faydalanılabilir. Yalıtım amaçlı giydirme yapıları ve perlit gibi izolasyon-dolgu malzemeleri kullanılabilir. Perlitin özellikleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Per-taş, 2004):

- Perlit; anorganik bir madde olup yüksek ısıda, özelliğini kaybetmez, yangının sıçramasını ve dağılmasını önler, kararlı kimyasal yapısı nedeniyle kimyasal reaksiyona girmez,
- Nötr bir malzeme olup, suda erimez, çürümez, bozuşmaz
- Hafifliği nedeniyle demir ve çimento kullanımını % 10 azaltır, maliyetleri düşürür,
- Yine hafif olması nedeniyle deprem sigortasıdır, yapının ölü yükünü azaltır, 150 m² lik yapı, 15 ton kum yerine 0,5 ton (500kg) perlit kullanarak sıvanabilir,
- Perlit maliyeti, aynı yıl içinde yakıt tasarrufundan geri kazanılabilir.



Şekil 5.14 Perlitin duvarlarda gevşek dolgu malzemesi olarak kullanılması (Per-taş, 2004)

5.10 Pompalar

Substrat özelliğinden ve topoğrafik sebeplerden dolayı, yerçekimi hareketinden fayda sağlanamayan biyogaz tesislerinde, substrat hareketini sağlayabilmek için pompalar kullanılmaktadır. Pompalar, substratı tüm fermantasyon basamaklarına dağıtır. Bu nedenle çeşitli pompa tiplerine ihtiyaç duyulmaktadır. Pompalar genelde büyük ölçekli biyogaz tesislerinde kurulmaktadır.

Taze besi maddesi için yaygın olarak kullanılan iki tip pompa vardır.

5.10.1 Santrifüj pompalar

Çalışma prensiplerine göre sıvı akım, döner kuvvetle itilir burada yüksek dağıtma oranı ve büyük güç söz konusudur. İç kısımlarda çok az mekanik basınç oluşur. Bununla birlikte serbest akıma ihtiyaç duyulmaktadır. Santrifüj pompalar özellikleri itibariyle sulu akımlarda verimlidirler. Substratın katı madde içeriği % 8'den az olmalıdır. Sulu çamurlu malzemelerde sirküle verimi, sulu sistemlere göre daha düşüktür. Substratın aşırı viskos olduğu durumlarda, santrifüj pompalar uzun süre çalıştırılmazlar.

5.10.2 Pozitif deplasmanlı pompalar

Bu pompaların avantajları çok yönlüdür. Yüksek viskoziteli substratlarda (katı madde içeriği yüksek) dahi, düşük güç tüketimine rağmen yüksek dağıtım ve yüksek verim sağlamaktadırlar. Sulu malzemede bu dağıtım daha yüksektir. Sonuçta, pompaların dağıtım hızlarının fonksiyonlarına bağlı olarak, bir dağıtım oranı göstermektedirler.

Pompaların dağıtım hatları: Pompa dağıtım hatları çelik, PVC (rijit), PE (rijit ya da esnek) gibi malzemelerden yapılmakta olup bunlar plastik yahut kauçuk malzemelerle desteklenmiş borular kadar esnek ve de uygun basınca sahiptirler. Dışkı gibi katı substratlar için, konveyör bant (kıvrımlı ve sürmeli yapısıyla madde, üzerinde ilerler) kullanılırken, sıvı gübre için kullanılamamaktadır. Sıvı gübre, açık oluklardan ilerlediğinde, cürufun parçalanması için gerekli bent aralığı 20-30 cm yapılmalıdır. Her bir bariyerden geçen cüruf, en az 20-30 m boyunca aşağıya akmalı ve tüm yön değişimlerinde açı, 90⁰ olmalıdır. Dikdörtgen kanal ve yuvarlak boru arasındaki geçiş, aşama aşama olmalıdır. Optimum akım şartlarında eğim %14'tür. Kanalin dip kısmı, zamanından önce sıvı gübre kaçımasını önlemek için düz olmalıdır ve tüm yüzey olabildiğince pürüzsüz olmalıdır.

Özet olarak şu söylenebilir; gübre, düz kanaldan pompa ile itilip, eğimli yerleştirilen boru sistemine verilerek buradan da çürütücü tankına sevk edilir.

Zayıf halka: Sabit kubbeli biogaz tankında gaz sıkışması, zayıf-kuvvetli halka noktalarıyla düzeltilir. İlk kez Tanzanya'da tanıtılmıştır. Zayıf halka; yarımküre çürütücünün, çürüyecek besi maddesiyle dolu kısmı olan en alt noktasını, gazın depolandığı en üst noktadan ayırır. Düşey yönde meydana gelen çatlaklar, çürütücünün dip bölgesinden yukarı doğru hareket eder ve yatayda oluşan çatlaklıkların üzerine dayanır. Bu kırılmalar, çamur bölgesinde kalır ve gaz bölümüne zarar vermez. Kuvvetli halka, gaz bölümünün dip kısmından betonarme bir yapıyla desteklenen kısımdır ve ayrıca gaz bölümünün temelini teşkil etmektedir.

5.11 Biyogaz Tesisinin Kurulma ve İşletme Aşamaları

Havasız çürütme prosesi için gerekli olan atıklar çok çeşitlidir. Bu atıklar, çiftlik ve gıda endüstrisinden kaynaklanmaktadır. Mevcut atıklar yeterli olmadığı takdirde sistemin çalışabilmesi için diğer başka atıklar da kullanılmalıdır. Bunlar; tekstil, kağıt, balıkçılık endüstrisinden kaynaklanan çeşitli atıklardır. Kullanılması sakıncalı maddeler arasında; yüksek amonyaklı atıklar, pestisit atıkları, ağır metaller, antibiyotikler, dezenfektanlar sayılabilir.

Havasız çürütme sistemindeki ana amaç, çıktı ürünlerin kalite ve miktarlarını olabildiğince arttırmak ve bunun sonucunda ekonomik ve çevresel performansı yükseltmektir. Gaz ürününün arttırılması için %5-12.5 KM içeren ve organik içeriği optimum olan atıklar kullanılmalıdır

5.11.1 Yer seçimi

Biyogaz tesisi iklim özelliklerine göre ahır, samanlık veya işletme binasının ahıra en yakın yerinde, toprağa gömülü yahut zemin üzerinde kurulabilir. Yer seçimi sırasında ekolojik etkiler incelenmelidir. Çevredeki flora/fauna hayatını olumsuz etkilenmemelidir. Su kaynakları ile olan ilişkisi saptanmalıdır. Bunun yanı sıra aşağıda belirtilen durumlar dikkate alınmalıdır.

- Tesis, gazın kullanılacağı yere yakın olmalıdır çünkü gaz boruları pahalıdır (Devkota, 2003).
- Tesis, giriş maddelerinin (gübre, su vs) kabul edildiği, giriş tankına yakın olmalıdır, böylece zaman ve iş gücü kazancı da sağlanmış olur)
- Tesis, atıksu ve atık maddenin depolanacağı yere yakın olmalıdır
- Tesis, herhangi bir yüzeysel su kaynağından (içme suyu vs.), 10-15 m uzakta bir yere kurulmalıdır
- Tesis, sazlıkların ya da büyük ağaç köklerinin çevrelediği yasak bölgelerden bağımsız olan bir yere kurulmalıdır
- Tesis, güneş altında olmalıdır
- Tesis, temel atma şartlarına uygun bir yerde kurulmalıdır.

5.11.2 Hammadde girdisi

Havasız çürütme prosesinde, hammadde girdisinde şu kriterler göz önüne alınmaktadır (Tübitak, 2002).

- Ürün olarak biyogaz, gübre veya likit atık ürünlerinden hangisine öncelik verilirse verilsin diğerleri de etkilenecektir. Yeterli gelir elde edilmesi için tüm ürünlerin denge içinde üretilmesi gerekmektedir.
- Atık üretiminin mevsimsel dağılımı göz önüne alınıp atık çeşitlerine göre depolama

yapılabilir. Tesis beslenmediği zaman yavaş yavaş iptal edilme durumuna geçeceği kesindir. Bu nedenle dikkat edilmelidir

- Farklı atıklar, farklı yükleme sistemi gerektirecektir. Örneğin bazı atıklar uzun lif, briket içerebileceğinden elek gerekebilir
- Atığın çeşidine göre su eklenebilir veya alınabilir. Doğal olarak su eklenmesi proses için daha fazla enerji ihtiyacını doğuracaktır. Ancak atık beslemesinde homojenliği sağlamak için başta bir miktar su eklenmesi gerekebilir
- Atığın karıştırılması

Atığın taze olması, gaz veriminin yüksek olması açısından oldukça önemlidir. Buna ek olarak atık, depoda beklediği sürece asitlik derecesi artacağından, proses esnasında sistemdeki bakterilerin yok olmasına neden olacaktır. pH değerinin genel olarak 6.8-8 arasında olması istenir.

Üretim prosesinin kalite kontrole ihtiyacı vardır. Atıkların kontamine olması, sistemi olumsuz yönde etkileyecektir. Büyük havasız çürütme sistemleri için öncelikle laboratuvar ölçekli sistemlerin kurulup girdilerin burada değerlendirilmesi gerekebilir.

Beslenen atıklar, bitki ve hayvan patojenleri ve parazitler içerdiğinden insan ve hayvan sağlığı açısından tehlike yaratabilir. Pasterizasyon işlemi sırasında patojenler tamamı ile yok edilir ancak bu da sisteme ek bir enerji maliyeti getirecektir. Bu konu ile ilgili proses için detaylı inceleme yapılmalıdır.

Sistemin beslenmesi için devamlı atık bulunmalıdır. Bu nedenle *atık depolama* kriterlerinin çok dikkatli seçilip depolama işleminin standartlara uygun yapılması gerekmektedir. Depolanacak atıklar için ideal durum, çürütücü reaktöre yakın bir şekilde depolanmalarıdır. Bu durumun mevcut olması çoğu zaman imkansızdır. Çevre sağlığına uygun yönetmelik ve standartların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Depolama tankında metan üretimi devam edecektir. Kullanılacak gazın %15'i stoktan elde edilebilir. Bu nedenle depolama tanklarındaki gaz toplanıp, yakma prosesleri için gerekli enerji ihtiyacında kullanılabilir.

5.11.3 Atıkların taşınması

Atıkların taşınması konusunda çevresel ve ekonomik etkiler incelenmelidir. Ayrıca trafiği ters yönde etkileyecek durumlardan kaçınılmalıdır. Bu nedenle atık depolama tanklarının yerleri dikkatli seçilmelidir. Depolama tankı, çürütme reaktörü, atık üretim merkezleri arasındaki

mesafelerin optimum şekilde ayarlanması gerekmektedir. Tesis olarak, organize sanayi bölgeleri veya endüstriyel üretim yapan merkezlerin seçilmesi, hem atık toplama açısından hem de yerleşim merkezlerinden uzak olma açısından avantaj sağlayacaktır. Atık taşıma yolları uygun olmadığı takdirde tesis sahibi/sorumlusundan yolların düzeltilmesi, uygun şekilde inşası beklenir. Taşıma vasıtaları açısından incelenirse; tavuk atıkları için tepeden açılıp kapanan kamyonlar tercih edilir. Atıkların su içeriğine göre 20-40 km arasındaki mesafelere kamyonlarla taşıma yapılabilir. Taşıma işlemi, biyolojik atıklar kapsamında çok önemlidir. Sistemin ekonomik yönden başarılı veya başarısız olmasında çok fazla rolü vardır.

Tesisten çıkan ürünlerin kullanım yerlerine (özellikle biyogazdan elektrik kullanılacaksa) yakın olması istenir. Uygun bir yerin seçimi ekonomik açıdan çok fazla avantaj getirebilir. Tesis, ulaşım ve atıksu problemine çözüm bulunmasından başka ayrıca aşağıdaki sorunlar da çözümleri ile birlikte ele alınmalıdır. Örneğin; koku problemi konusunda özellikle atıkların depolandığı kısımda özel havalandırma tesislerinin mevcut olması gerekmektedir. Gürültü kirliliği konusundaki standartlara uyulmalıdır. Makine ve pompalardan meydana gelebilecek gürültü önceden tespit edilmelidir. Görüntü kirliliği açısından çürütme tankı, tarım alanı ve hayvan üretim çiftliklerinden biraz uzakta kurulmalıdır. Tesiste otomasyona önem verilmelidir. Tesisin risk değerlendirilmesi raporu olmalıdır. Tesisin işçi sağlığı ve güvenliği açısından tatmin edici olması, standartlara uyması gerekir.

5.11.4 Çürütücünün doldurulması ve sürekli besleme yöntemi

Fermantasyon tankı, dolum borusuna bağlı rogar yardımıyla 1:3 oranında (tavuk atıkları için seyreltme oranı) gübre ve su karışımıyla, ağzına kadar doldurulur. İlk doldurmada, hayvan idrarından faydalanarak fermantasyon hızlandırılır ve gaz oluşumu arttırılır. Karışımda C/N oranının optimum 7:1 (tavuk atıkları için) olmasına ve H₂, K, P, S elementlerinin ortamda bulunmasına dikkat edilir. HBS süresinin gerektirdiği kadar substrat ile oldurulan tank, en az 20-25 gün (bu süre HBS süresi kadar da olabilir çünkü mikroorganizmaların adaptasyon hızlarına bağlıdır) süreyle biyolojik fermantasyona bırakılır. Bu sürenin sonunda fermantasyon tankında oluşan gaz, gazometreye dolar. Gazometrede ilk gazın birikimi gözlenip kullanıma başlanıldığı günden itibaren çiftlikte, günlük taze gübre 1:3 oranında suyla karıştırılarak hergün dolum rogarıyla fermantasyon tankına verilir. Bir süre sonra boşaltma borusundan, tanka verilen gübre ile aynı miktarda gübre kazanılır. Tesis yıl boyunca gübreyle beslendiğinden sürekli bir üretim gerçekleştirilmiş olur.

Fermentasyon tankıyla, gazometrenin aynı yerde bulunmasından dolayı oluşan gaz, tankın üst yüzeyinde toplanır. Toplanan gaz miktarının (küçük tesislerde 1-5 mss yeterli olmaktadır) artmasıyla tank, içerisindeki sıvıya basınç yapar. Hammadde, gazın elde edildiği maksimum seviyeye, yan taraftaki tank içerisinde yükselir. Gaz borusuna bağlı gaz musluğu açıldığında, tank üzerindeki gaz basıncı düşeceğinden yan tanktaki hammadde ana tanka dolar. Sonuçta, gaz kullanımıyla olay, otomatikman tekrar eder ve sabit basınçta, gazla birlikte fermente gübre elde edilir.

5.11.5 Diğer dikkate alınması gereken konular

Anaerobik biyogaz tesisi tasarımında kullanılacak donanımlar, gereçler ve teknik tasarımda şu konular göz önünde bulundurulmalıdır: Mekanik ve teknik gereçler minimum olmalı, yalıtım ve korozyona dayanıklı malzeme seçimi, basit tasarım ve otomatik kontrol, ekipmanların bozulması vs. durumlarda gerekli müdahale ve çevre güvenliğinin sağlanması, çürütücü tank boyutlarının, projede belirtilen ölçülerde (belirtilen sıcaklık ve zamana bağlı kalınması) olması ve depolama, taşıma için yeterli alanın bulunması, karıştırma mekanizmaları ile valf vs. ek parçaların seçimi, gaz bölümü, elektrik üretim ekipmanları, güç sistemleri (metan gazını elektriğe dönüştürecek ateşleme motorları), gaz türbinleri, elektrik jeneratörleri, çürütücü için gerekli sıcaklığı sağlamada kullanılan donanımlar ve buhar kazanları, ham ya da çürütülmüş gübre için uygun depo alanları, kontrol ve bilgisayar sistemleri, koku kontrol sistemleri (havalandırıcılar).

Guidelines, (2000)'den alınan bilgilere göre herhangi bir biyogaz tesisi tasarlanırken, bazı konular dikkate alınmalıdır.

Olması muhtemel koku, gürültü ve trafik gibi etkilere karşı, tesis civarında oturan sakinlerin durumu düşünülmeli ve gerekli tedbirler ilgili yönetmeliklerde belirtilen ölçülerde alınmalıdır.

Tesiste olabilecek herhangi bir sızma ya da tam olmayan yanma sonucunda, bir sera gazı olan metan gazı oluşabilir. Ya da yine insan sağlığını tehdit eden karbondioksit ve asit yağmurlarına neden olan azot oksit emisyonları oluşabilir. Ayrıca uçucu organik bileşikler dediğimiz VOCs oluşabilir. Tüm bunlar biyogazın tam yanmaması neticesinde istenmeyen seviyelerde açığa çıkabilmektedirler. Biyogaz tesislerinde bakım ve onarımda çalışan işçiler, yetkililer için gerekli yasal önlemler alınmalıdır.

Ulaşım maliyetleri ile inşa ya da üretimin nakliyesi, ithalat ya da ihracatı yahut besi maddesinin taşınması vs. işlemlerde kullanılacak anayolların ve yol bağlantılarının açık (çalı

çırpı olmamalı) ve geniş olması hatta köprülerin yeterli uzunlukta ve ağırlıkta olması gerekmektedir.

İnşa ve işletme sırasında gürültü ve trafik problemlerinin yanı sıra toz, toprak oluşumu da karşımıza çıkabilir bu durumlarda, su ile bastırma yapılır (ancak fazla su kullanılmamalı aksi takdirde oluşan çamur, dren ve su kaynaklarına akabilir. Yapı süresi, tesisin tipine göre 3-6 ay arasında değişebilir.

Tübitak (2002)'ın yapmış olduğu çalışmada belirtildiği üzere, havasız çürütme sistemi inşaatı sırasında şunlara dikkat edilmelidir:

- Elektrik bağlantısı işleminde tesisin, gerekli elektriği sağlayıp sağlayamama durumuna göre elektrik bağlantısı yapılmalı veya yapılmamalıdır
- Tüm ekipman konusunda çalışanların yüksek seviyede eğitim almış olması gerekmektedir, eğitim sırasında işçi sağlığı ve güvenliği konularında da yeterli eğitim sağlanmış olmalıdır.

Girdi malzemesi olarak kullanılan çeşitli atıklarda; patojenler ve parazitler, gaz patlaması ve tutuşma, sisteme bilinmeyen maddelerin girdisi gibi hususlar göz önünde tutulmalıdır.

Bu gibi olası tehlikelerin önlenmesi için şu önlemler alınmalıdır: Güvenilir ve özellikleri bilinen atık girdilerinin yapılması, girdilerdeki kalite kontrol ve analiz işlemlerinin tam olarak yapılması, hayvanların neden olduğu ve atık içerisinde oluşan hastalıkların önlenmesi ve izlenmesinin gerçekleştirilmesi, çalışanlarda hijyene çok fazla önem verilmesi gibi önlemler alınmalıdır. Çalışanların giysilerine ve kullandıkları araçlara özen gösterilmeli ve giysiler tesiste bırakılmamalıdır. Araçların ve taşıma kamyonlarının yıkanmasına çok dikkat edilmeli ve temizlik suyunun uzaklaştırılmasında, yine kontamine atık muamelesi yapılmalıdır

İşletme sırasında riskin azaltılması için öncelikle işletme yönetimi ile ürünlerin enerji üretiminin dengeli ve uyumlu olması gerekir.

Ayrıca, çevresel etkiler göz önüne alınmalıdır. Oluşan metanın sera etkisi meydana getirmesinden dolayı, bu gazın tesisten dışarıya sızması sırasında birçok olumsuz etkiye yol açacaktır. Ayrıca CO, NO gazlarının yine uçucu organik bileşiklerin uygun olmayan biyogaz yakma şartlarında kabul edilen değerlerin üzerinde olması muhtemeldir. Böyle durumların meydana gelmemesi için uygun teknolojilerin seçilmesi gerekmektedir.

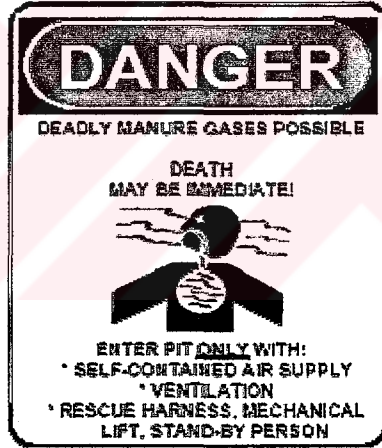
Sağlık ve güvenlik açısından ele alındığında biyogaz üretiminden metan, CO₂, amonyak ve

hidrojen sülfür meydana gelmektedir. Amonyak ve hidrojen sülfür depolanan atıklardan ve karışma sırasında oluşan gazlarda bulunmaktadır. Bu gazlara maruz kalınması, hastalıklara ve hatta miktarına bağlı olarak ölümlere neden olabilir. CO₂, amonyak ve hidrojen sülfür toksik gazlardır. Uygun ve etkili yönetim ile bu gazların oluşumunun önlenmesi gerekmektedir.

Aynı zamanda su ve toprak ortamında oluşabilecek emisyonlar da ele alınmalıdır. Yetersiz depolama koşulları, etrafa atıkların yayılması/dökülmesi, kazalar vs. bu çeşit emisyonlara neden olmaktadır.

5.11.6 Güvenlik

Biyogaz tehlike potansiyeli taşıyan bir gaz karışımıdır. İçeriğindeki metan gazı, havayla %5-15 oranında karıştığı takdirde patlayıcıdır ve gaz hattındaki bir kaçak, yangın tehlikesi yaratır. Dolayısıyla atık depolamanın, biyogaz üretim ve kullanımının olası zararlarını kontrol altında tutup, en aza indirmek için, bazı güvenlik donanımının bulundurulması ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınıp uygulanması gerekir.



Şekil 5.15 Anaerobik çürütücü uyarı işareti

Bu amaçla gaz kaçağı belirleyicileri, alev tuzakları, fiziksel engeller ve Şekil 5.15’de örneği verilen uyarı işaretleri gibi güvenlik araçları kullanılmalıdır. Güvenlik açısından en önemli bileşen, anaerobik çürütücünün varlığı yanında bakım ve onarımıdır. Çünkü havasız çürütücüler, insan hayatına yönelik ciddi potansiyel tehdit oluşturabilecek kapalı hacimlere hapsedilmişlerdir ve daha fazla değilse bile en azından atık çukurları kadar tehlikelidirler. İçlerinde hidrojen sülfür ve amonyak gibi zehirli gazlar birikir. Oksijen girişine karşı yalıtılmış olduklarından, girişten sonra saniyeler içerisinde, havasızlıktan boğulma sonucu ölüme yol açabilirler.

Doğal havalandırma tek başına, zehirli gazların çürütücüden çıkarılması veya solunabilir hava sağlanması açlarından yeterli değildir. Çünkü, yoğun hidrojen sülfür gazı tankın dibine çökerken daha hafif olan amonyak, tankın üst kısmında dolacaktır ve bu gazlardan hiçbiri mekanik havalandırma olmadan uzaklaşmayacaktır. Bu nedenle boş bir çürütücüye mekanik vantilatörlerle kapsamlı havalandırma sağlanmaksızın ve gaz dedektörleriyle zehirli gaz kontrolü yapılmaksızın ve güvenli giriş talimatlarına uyulmaksızın girilmemelidir.



6. BİOGAZ VE BİO-ÇAMUR

6.1 Biyogaz Değeri

Elde edilen biogaz; yaklaşık %40-75 metan, %25-60 karbondioksit ve %2 kadar hidrojen, hidrojen sülfür ve karbonmonoksit gibi diğer gazların karışımından oluşmaktadır. Burada enerji üretimi için kullanılabilir olan bileşen metandır ve söz konusu karışım tutuşan özellikte olmayıp çok amaçlı kullanıma yatkın bir enerji kaynağıdır. Ancak enerji yoğunluğu düşüktür ve çoğunlukla metandan oluşan doğalgazınkinin %60'ı yani m^3 başına yaklaşık 5400 kilokalori kadardır. Sıvı yakıtlar gibi düşük özgül hacme sahip olmadığından, taşıt yakıtı olarak kullanılmaya uygun değildir. Çünkü örneğin; 1 litre fuel oil'in enerji içeriği 1800 litre biyogazınkine eşdeğerdir. Bu düşük enerji yoğunluğu nedeniyle de hacminin sıvılaştırılarak küçültülmesi ekonomik açıdan anlamsızdır (Altın, 2003).

Biyogaz, LPG gibi kullanılabilir. LPG ile biyogazı karşılaştırsak, biyogazın yanması için m^3 başına daha az havaya ihtiyaç vardır. 1 litre biyogazın yanması için 5.7 litre hava gerekirken butan için bu değer 30.9 litre ve propan için ise 23.8 litredir. Biyogazın sıcaklığı, dizelden yüksektir ve bu nedenle biyogaz, motorlarda kullanıldığında ek yakıt gerekir (çift yakıtlı).

Biyogaz kullanımı ısı-güç sistemlerinde %88 verimli iken sobalarda bu değer % 55, motorlarda %24 ve lambalarda kullanımı ise %3 verimlidir. Bu sebeple çiftliklerde öncelikle sobalarda ısınma amaçlı kullanımları daha verimlidir (Sasse, 1991).

Biyogazın kalori değeri, içindeki bileşenlerine bağlı olmakla birlikte $1 m^3$ gaz 5500-6000 kcal enerjiye sahiptir. Bu miktar yaklaşık olarak aşağıdaki değerlere eşittir:

- $0.60 m^3$ doğal gaz
- $0.70 m^3$ benzin
- $0.65 m^3$ litre motorin
- 0.80 kg kok kömürü
- 0.60 litre fuel-oil

elektrik üretiminde kullanıldığı takdirde, $1 m^3$ biyogazdan, kullanılan sisteme bağlı olarak 1.25 kWh veya daha fazla elektrik üretilebilir. Elektrik çevriminin açığa çıkan ısıyı da kullanabilecek halde veren kojenerasyon ünitelerinde yapılması durumunda üretilen elektriğin yanı sıra ısının da kullanılması mümkündür (Çorum Belediyesi, 2000).

Biyogaz, donanımında yapılacak ufak tefek uyarlamalarla LPG, propan veya doğal gazın kullanıldığı tüm işlerde kullanılabilir. Ancak, içerdiği H_2S 'e, yanma sırasında SO_2 'ye, bu da daha sonra, su buharlarının varlığında H_2SO_4 'e dönüşür. Sülfürik asit ise güçlü bir korozif olup, pahalı motorları ve kazanları çürütebilir. Dolayısıyla biyogazın her türlü kullanım donanımı korozyonu önlemek amacıyla, çürütücüden ayrı bir odaya yerleştirilmelidir. Gücünü biyogazdan alan donanımın sürekli çalışma halinde olması, su yoğunlaşması ve sülfürik asit oluşumunu engelleyecek kadar yüksek sıcaklıkta kalmalarını sağlayarak paslanmayı geciktirir (Altın, 2003).

Birim ağırlıktan elde edilen gaz miktarı; çürütücü tipi, sıcaklık ve besleme aralığı gibi etkenlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Kullanılacak atığa bağlı olarak elde edilecek gaz miktarı da değişmektedir. $30\text{ }^{\circ}C$ 'de işletilen bir tesise beslenen her ton gübreden, tavuk gübresi için yaklaşık $70-100\text{ m}^3$ biyogaz elde edilebilir. Soğuk iklimlerde ise gazın bir bölümünün çürütücü tankının ve giren gübrenin ısıtılması amacıyla kullanılması gereklidir. Bu değer, ısı yalıtımı iyi yapılmış tesislerde %10-15 civarındadır (Çorum belediyesi, 2000).

Biyogazı, bir gaz kazanında yakıt olarak kullanmak, biyogazı değerlendirmenin ucuz ve verimli bir yöntemidir (Altın, 2003). Bunun için, gaz yakıtlı bir kazan ve ilgili tesisat yeterlidir. Üretilen ısı doğrudan iç hacimlerin ısıtılmasında veya ılık su hazırlamada, sindirme (çürütme) tankının ısı gereksinimini karşılamada kullanılır. Hatta bazı durumlarda, kısa veya uzun mesafeli ısıtma ağlarına da yönlendirilebilir. Fakat özellikle yaz aylarında, üretilen ısı için kullanım alanı bulmak zorlaşabilir. Halbuki düşük enerji yoğunluğu, içerdiği bazı safsızlıkların paslandırıcı niteliği ve sabit üretim hacmi nedeniyle biyogaz en çok belli bir hızda sürekli tüketim gerektiren işler için uygundur. Isı ile çalışan havalandırma sistemleri, fazla ısıyı kullanabilmek açısından ümit veren bir teknoloji olmakla birlikte, başlangıç maliyetleri şimdilik yüksektir. Dolayısıyla biyogaz içten patlırlı bir motorda yakılarak, mekanik enerji elde edilebilir ve bu enerji, hidrolik veya hava pompalarının çalıştırılmasında kullanılabilir. Ayrıca motor, biri jeneratöre bağlanarak elektrik de üretilebilir. Sürekli işletimi başarabilmek için, motor girişindeki düzenleyici vana biyogaz kullanımını, üretimiyle dengeleyecek şekilde ayarlanır. Motordan çıkan atık ısı, çürütücüyü ısıtıp doğal taşınım ile karıştırmak veya çiftliğin diğer ısı gereksinimlerini karşılamak için kullanılabilir.

Böyle bir tesisin toplam enerji verimi %80-90 arasındadır. Çoğu sistem, 650 kg'lık inek başına, günde yaklaşık olarak 2 kWh elektrik üretir. Elektrik, tesislerin güç ihtiyacını karşılamak için kullanılır ve fazlası, güç şebekesine verilir. Ancak, elektrik üretim şirketleri, böyle küçük miktarlar için birim başına, kendi satış fiyatlarının bir hayli altında ödeme

yaparlar. Dolayısıyla çiftlikte elektrik üretimi açısından en ekonomik yaklaşım, üretilen elektriğin, şebekeden sağlanan elektriğin olabildiğince büyük bir kısmının yerini almasıdır.

Bir diğer seçenek, biyogazı; karbondioksit ve hidrojen sülfür içeriğinden arındırıp, doğal gaz olarak satmaktır. Biyogazın temizlenmesi, içerdiği H_2S 'in aşırı korozif (paslandırıcı) etkisi nedeniyle gereklidir. Bunun için ilke olarak iki temel yöntem vardır:

- Hidrojen sülfürün, demir oksit tarafından emilmesi
- Sülfürün, hava ilavesiyle uygun bakteri türleri tarafından ayrıştırılması

İkinci yöntemde, biyogaza bir hava pompasıyla yaklaşık %4 oranında hava karıştırılır ve bakteriler bu havayı kullanarak, hidrojen sülfürü, kükürt elementine indirger. Kükürt daha sonra çökeltiliye dönüşür. Ancak gazı ayrıştırıp temizlemek, bir pazar bulmak, alıcıya güvenli olarak gaz sağlamak, dağıtım ağının bakımı parasal kaynak, bakım, zaman ve yönetim hizmetleri gerektirir. Ayrıca doğal gaz elektrikten çok düşük miktarda satılabilecektir. Dolayısıyla, biyogazı değerlendirmek için çeşitli seçenekler var olmakla beraber, elektrik; biyogazdan elde edilen en kullanışlı ve en değerli üründür (Altın, 2003).

6.2 Biyogaz Cihazları

Biyogaz, güvenilir bir gazdır, diğer gaz yakıtlar gibi evde ve endüstri proseslerinde kullanılabilir. Biyogazın kullanıldığı cihazlar aşağıda verilmektedir (Kosman, vd., 2002):

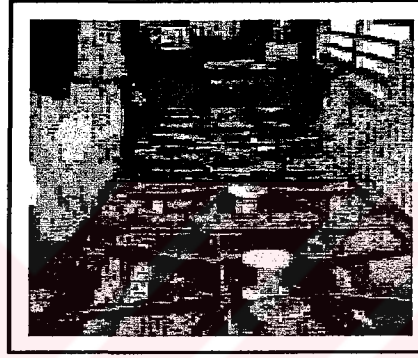
- Gaz ocakları/sobaları
- Biyogaz lambaları
- Radyant ısıtıcılar
- Buzdolapları
- Motorlar

6.2.1 Gaz ocakları/sobaları

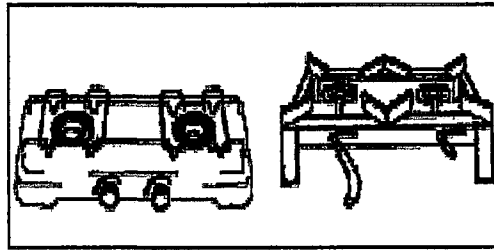
Biyogazla çalışan ocaklar ve sobalar, basit ve kolay işletmenin yanı sıra pişirme ve kaynatma amaçlı çok çeşitli boyutlarda cihazlara uygunluk sağlamaktadırlar. Fiyatları uygun, bakım ve temizlikleri kolay olan bu cihazlar, iyi yanma özelliğine sahip olup yanma/alev verimi yüksektir.



Şekil 6.1 Çin’de bir biyogaz sobası (Grosch gtz/GATE)



Şekil 6.2 Kamu mutfağına ait endüstriyel brülörler (Kramer TBW)



Şekil 6. 3 Hafif ve güvenilir özellikte olan 2 gözlü biyogaz brülörler (OEKOTOP)

Çizelge 6.1 Bazı yakıt ve yiyecekler için eşdeğer biyogaz ihtiyacı (Kossman, tarih yok).

Kıyaslanan yakıt&yiyecek türü	1 kg odun	1 kg kurutulmuş inek gübresi	1 kg mangal kömürü	Yemek pişirme (1 kişi için)	½ kg pirinç pişirme
Biyogaz değeri (lt. biyogaz)	200 lt.	100 lt.	500 lt.	150-300 lt.	120-140 lt.

6.3 Biyogaz lambaları

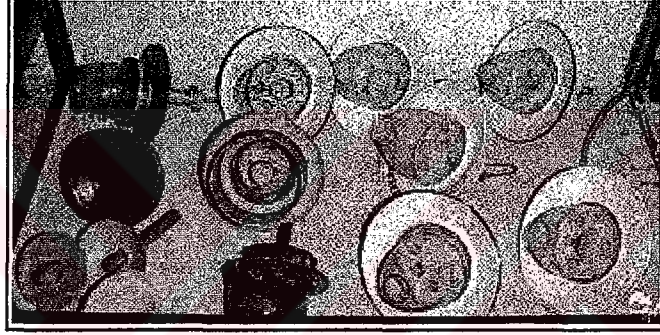
Biyogaz lambaları, elektriksiz ve aydınlatmanın olmadığı köylerde bir kullanım sembolü halini almıştır. Bu lambaların enerji verimliliği çok fazla değildir. Biyogaz lambaları toryum, seryum, vs. gibi özel metallerin 1000-2000 °C ısı altında akkorlaşma noktasına gelmesiyle aydınlık yayarlar ve bu lambalar direk olarak bir çatının altına asılırlarsa yanma tehlikesiyle karşılaşılabilir.

Aydınlanma ürünü, lm olarak ölçülür ve 400-500 lm. max. aydınlanma akışı değeridir. Biyogaz lambaları diğerleriyle karşılaştırıldığında, 25-75 W elektrik ampulü değerindedir. Biyogaz lambalarının aydınlık verme verimleri 1,2-2 lm/W'dir. Ampullerde bu değer ise, 3-5 lm/W iken florasanlarda bu değer 10-15 lm/W arasındadır. Bir biyogaz lambası, bir günde yaklaşık 120-150 lt. biyogaz tüketmektedir (Kossmann, vd., 2000).

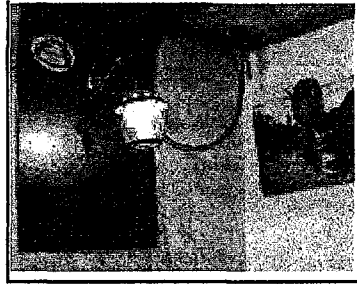
Biyogaz lambalarının daha aydın ve güvenilir bir şekilde kullanılmaları için bu lambaların hava ve gaz desteğine uygunlukları kontrol edilir. Bunun için lamba, camın altına yerleştirilir ve 2-5 dk. (lamba normal işletme sıcaklığına gelinceye kadar) bekletilir, böylece gerekli kontrol yapılmış olur. Pek çok lamba, 5-15 WC gaz basıncında işletilmektedir. Şayet basınç az olursa, mentelde parlama (aydınlık) olmayacaktır ve basınç yüksek olursa (sabit kubbeli tesisler) da mentel yırtılabilir.



Şekil 6.4 Tayland'da bir biyogaz lambası



Şekil 6.5 Çin'deki bir sergiden farklı tipte biyogaz lambaları



Şekil 6.6 Birundi'de bir biyogaz lambası

6.4 Kullanım alanlarına göre gerekli biyogaz miktarları

Kullanım alanlarına göre gerekli biyogaz değerleri aşağıda, 5 kişilik bir aile için ortalama olarak belirtilmiştir.

Piştirme amaçlı

Kişi başı yemek piştirme için, günlük 300-900 litre arasında biogaza ihtiyaç duyulur. Buna göre, 5 kişilik bir ailenin 2 öğün yemek piştirme için gerekli biogaz miktarı, 1500-2400 litre biogaz/gün'dür.

Sıcak su amaçlı

1 litre su, 30-40 litre biyogaz kullanılarak ısıtılır. Banyo yapma amacıyla veya farklı amaçlarla bir kişinin, günde kullanacağı sıcak su miktarı ortalama 400-500 litre kabul edilirse, 5 kişilik bir ailenin günlük sıcak su gereksinimi için 2000-2500 litre biyogaz gerekmektedir.

Isınma amaçlı

1 kg kömür, 500 litre biyogaza eşdeğerdir. 5 kişilik bir ailenin ısınması için gerekli kömür miktarı yaklaşık, 5 kg kömür/gün'dür. Buna göre 5 kişilik bir ailenin ısınması için gerekli biyogaz miktarı, 2500-3000 litre biyogaz/gün arasındadır.

Soğutma amaçlı

100 litre soğutucu hacmi için yaklaşık 2000 litre biogaz/gün gereklidir. Dış ortamın sıcaklığına bağlı olarak, büyük evlerde bu değer 3000 litre biyogaz/gün'dür.

Yakıt sistemlerinde

Günde, en az 10 m³ biyogaz kullanılır. (Örneğin; jeneratörde 1 kW'lık elektrik üretmek için 1 m³ biyogaz gereklidir)

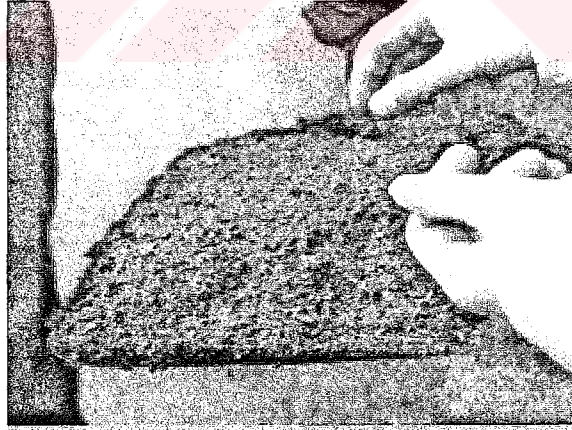
Kossman vd. (tarih bilinmiyor)'ye göre yukarıda ifade edilen biyogaz kullanımları ve miktarlarından çıkarılacak sonuç şu şekilde ifade edilebilir: **5 kişilik bir ailenin piştirme, ısınma, soğutma, sıcak su elde etme v.s. ihtiyaçları için günlük olarak yaklaşık 26 m³ biogaz yeterlidir.**



Şekil 6.7 Taylant'da, domuz büyütmeye kullanılan biyogazlı bir radyant ısıtıcı

6.5 Bio-Gübre Değeri

Hayvan gübresi kararlı (stabilize) hale getirilmeden geçici olarak depolandığında, gübre içerisinde bulunan azot bileşikleri, kontrolsüz şartlarda bozunarak yaklaşık % 50-70 oranında kaybolur. Bu ise bitkiler için önemli miktarda besi maddesi kaybı demektir. Ayrıca, normal gübre tarlaya verilmeden önceki ilk altı aylık depolama esnasında, içeriğindeki organik maddesinin %33'ünü yitirmektedir. Burada organik maddeden başka, bitki besinleri de kaybolmaktadır. Biyogaz prosesiyle, bu kaybın önemli bir kısmı kullanıldığı için biyogaz tesislerinde ahır ve kümes gübresinin organik gübre kaybı, %7'ye düşmektedir. Ayrıca biyogaz üretiminden sonra kalan gübre, değerli maddelerini de yitirmediği için kaliteli gübre olarak kullanılmaktadır.



Şekil 6.8 Çürütülmüş çamur (kompost değerinde)

Biometanojen prosesinde substrat içerisinde bulunan oksijen, hidrojen, karbon gibi maddeler anaerobik çürüme ile giderilir ve bitkilerin büyümeleri için gerekli olan N, P, K gibi besi maddeleri ise çamur içerisinde kalır. Fermantasyon prosesinde, uçucu maddelerin miktarının %50'ye düşmesi ve buna ek olarak uzun karbon zincirlerinin (selüloz, alkol ve organik asitler)

kısa karbon zincirleriyle yardeşiştirmesi, çamurun viskozitesini önemli derecede azaltır. Çürümüş çamurda karbon az olacağından C/N oranı da azdır. Anaerobik arıtım esnasında küçük moleküllü organik maddelerin çoğu bozunur. Lignin gibi bozunmayan maddeler, toprağın humus yapısına katkıda bulunur ve toprağın humus yapısını dengeler. Böylece fermante olmuş gübre, humus yapıcı maddelerle toprağın gübrenmesine yardımcı olur.

Anaerobik çürümeden sonra elde edilen gübrede organik maddelerin önemli miktarı kararlı hale dönüşmüştür. Anaerobik işlemden sonra gübre içerisinde bulunan organik maddelerin %40-50'si metan ve karbon dioksite dönüşerek karbon miktarında önemli derecede azalma olur. Bu sonuca göre, C/N oranının da azot lehinde bir artış olur. Bir gübre örneğinde başlangıçtaki gübrede amonyak azotu 2.9 g/lit iken anaerobik çürüme işleminden sonra bu miktar 3.7 g/lit çıkmıştır. C/N oranı da 8 den 4 inmiştir. Gübre kalitesi artmıştır, kokuya sebep olan maddeler bozunmuş, bitki tohumları ve haşereler azalmış, reaktörden çıkan gübre, kokusuz ve kahve renkli bir görünüm almıştır (Öztürk, 2003).

ıkış amurunun gübre etkisi, çürümüş çamur bitki yetiştirme zamanından önce boş tarlaya verildiğinde oldukça etkilidir yani tohum ekmeden önce, çürümüş çamur tarlaya enjekte edilip üzeri toprakla örtüldüğu zaman etkisi daha da artar. Ayrıca, bitki tarlada büyüme fazındayken de çürümüş çamur periyodik dozlamalarla tarlaya verilebilmektedir. Çürümüş amur kullanıldığında ürün verimliliği %3-5 oranında artar. Anaerobik amur, yıllık meyve ürününü arttırır. Yılda 1-2 ton yerbıstığu ve sorgum bitkisi (sorgum pekmezi yapılır) ürünü elde etmek için her bir hektar başına yaklaşık olarak 33 kg N, 11 kg P₂O₅ ve 48 kg K₂O dozlaması yapılır. Anaerobik arıtma çamuru, arazide sürekli olarak kullanılabilir (Kossman, 2001).

Azot içeriği: Anaerobik ürüme esnasında, besi maddesi içerisindeki azot bileşikleri değişime maruz kalmaktadır. Taze gübrede bulunan azotun %75'i organik mikro moleküllere parçalanırlar ve %25'i ise mineral formdadır (örneğin: amonyak). Gübre içerisindeki nitrat türündeki azot, denitrifikasyon sonucu amonyak azotuna dönüşür. ıkış amuru kabaca %50 organik azot, %50 de mineral azotu içerir (bu oranlar hayvan türüne bağlı olarak değişebilir). Organik azot bileşikleri, önce toprak içerisindeki mikroorganizmalar tarafından mineralize edilirler. Mineral azotu (amonyak) ise, bitkilerce kez asimile edilirler. Diğer bir ifadeyle, çürüme sonucu amonyak konsantrasyonu artar ve arıtılmış gübre, mineral gübre gibi hareket eder. Azot, bitkiler tarafından daha bol kullanılabilir çünkü bitkiler, arıtılmış çamurdaki azotu daha iyi bir şekilde kullanırlar. Bitkiler nitrattan ziyade amonyak azotunu tercih eder. Bu da bitkilerin büyümesini hızlandırır. şayet amonyak, bitkiler tarafından daha hızlı amonyum halinde absorbe edilirse, amonyumun nitrata dönüşmesi ve azotun yer altı suyuna karışması

önlenir. Böylece yer altı sularının nitrat bakımından kirlenmesi önlenir (Öztürk, 2003).

Anaerobik indirgenmiş çamurdan elde edilen kalıcı humus, işlenmemiş gübreden elde edilenin iki katı değerindedir. Bu, toprak erozyon hızının azaltılmasında çok önemli bir unsurdur. Bu maddeler aynı zamanda toprak kalitesinin değerlendirilmesi standartlarında, giderek önem kazanan özelliklerden olan gözeneklilik, gözenek dağılımı, toprak bileşenlerinin kararlılığı ve su tutma kapasitesi üzerinde olumlu etki yapmaktadır. Bu maddelerin toprakta bulunması erozyonu azaltmakta ve toprağın tarım değerini arttırmaktadır. Aynı zamanda toprağın tamponlama kapasitesi artar ve sıcaklık farklarının zararlı etkileri azaltılmış olur. Fermente edilen çamur, ayrıca toprak kurtlarının çalışma hızlarını da artırır. Bu sıvı aynı zamanda, toprakta organik maddeleri parçalayan mikroorganizmalar ve fermentasyon sisteminden gelen indirgen mikroorganizmaların üremesi için de bol miktarda besi maddesi içermektedir (Pönitz, 2001).

Fermente gübre, yüksek miktarda protein içerir. Bu sebeple, hayvan yemine karıştırılarak ya da tarımsal amaçlarla kullanılabilir. Fermentasyon artıkları gübre şeklinde kullanıldığında, toprak sıcaklığı 2-4 °C daha yüksek korunabilir. Toprak nemi ortalama %8-9 artar. Ekilen bitkilerde ileri kök gelişimi görülür (Çakır, 1999).

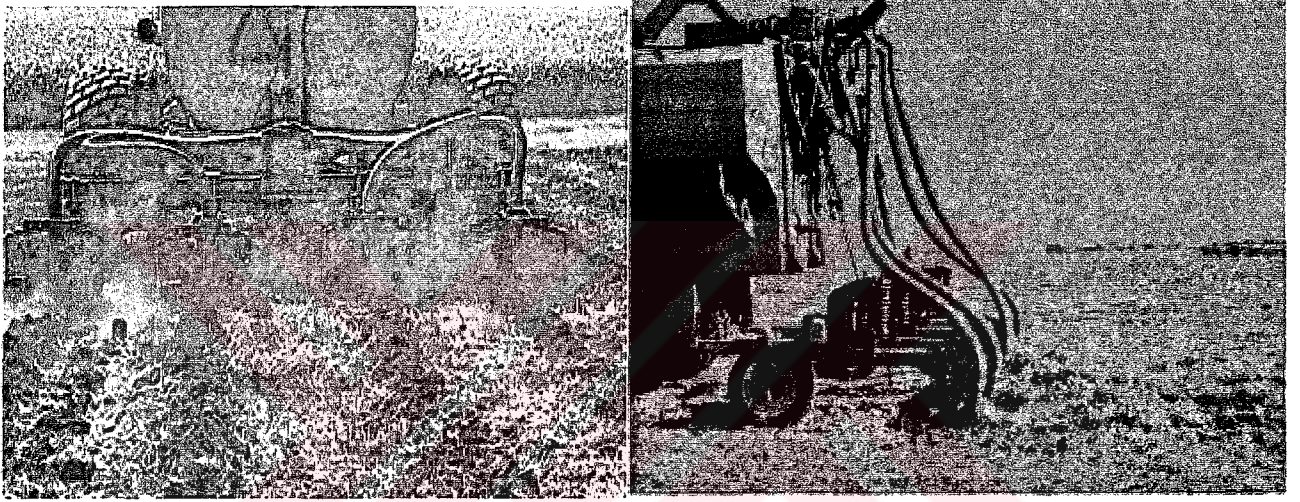
Biyogaz üretimi sırasında büyük organik moleküller parçalandığından, besinsiz kalan insan sağlığına zararlı mikroorganizmaların ölmesi nedeniyle, zararlı bakterilerce fermente olmamış gübreden %99 daha az zararlı bakteri vardır. Gübreler, yaban otu tohumu ve hastalığa sebep olan mikroorganizmalar içerirler. Anaerobik arıtma sonucu elde edilen gübrede, yaban otu tohumlarının çimlenme kabiliyeti düşer. Anaerobik çürütülmüş gübrede, tüm tohumlar tahrip olduğu için çamur, minimum riskli kullanılır böylece yaban otuyla mücadele bedeli de minimize edilmiş olur. Ayrıca fermente olmuş gübre, daha az böcek içerir ve daha az kokar (Öztürk, 2003).

Kompostla kıyaslama; Anaerobik çürüme sonucu elde edilen çamurdan, aerobik şartlar sonucu elde edilen kompostta göre, daha fazla ürün elde edilir. Bunun sebebi, anaerobik şartlarda azot, amonyak azotuna dönüşür. Bitkiler nitrattan ziyade amonyak azotunu tercih ederler bu da bitkilerin büyümesini hızlandırır.

6.6 Arıtma Çamurunun Kullanılışı

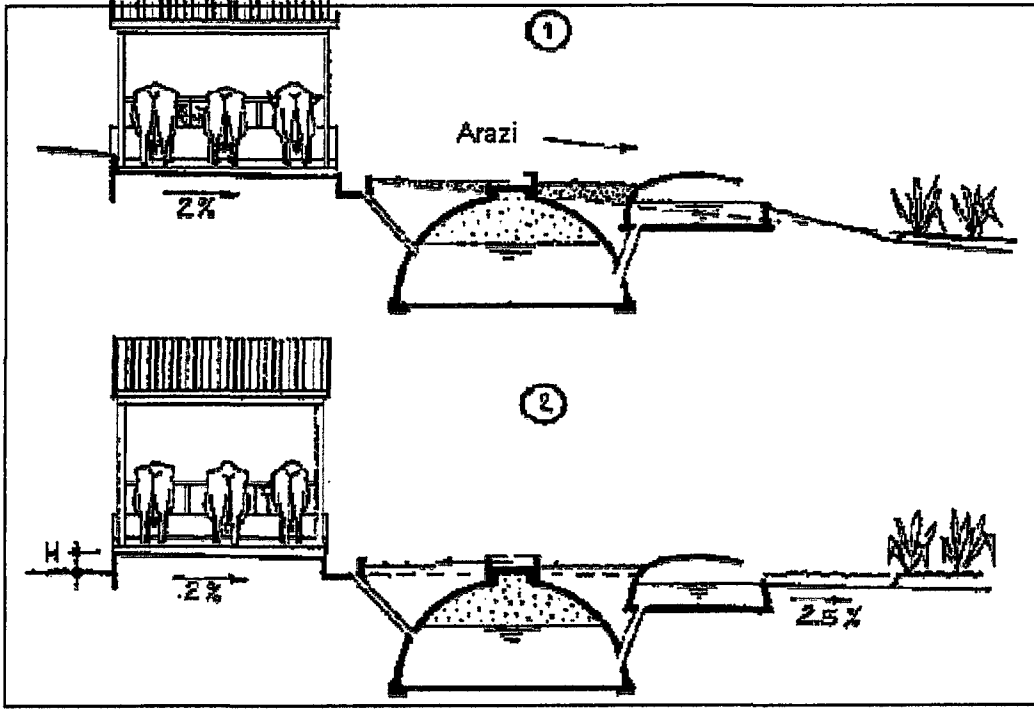
Anaerobik çürüme sonucu amonyak konsantrasyonu artar. Arıtılmış gübre, mineral gübre gibi hareket eder. Bitki kökleri tarafından daha bol olarak kullanılır. Bitkiler arıtılmış çamurda

çözünür haldeki azotu daha iyi bir şekilde kullanırlar. Çürümüş çamur kullanıldığından ürün verimliliği %3-5 oranında artar. Sıvı gübre ekim yapmadan önce kullanıldığında ve toprağa enjekte edilip üzeri toprakla örtüldüğü zaman etkisi daha da fazla artar. Aşırı uygulama, bitkilerin yanmasına sebep olabilir. Depolanan sıvı çürümüş çamur, az miktarda metan gazı üretebilir. Depolandığı yerde çökelen maddeler çökecektir. Uygulama yapmadan önce karıştırma yapmak gerekir. Anaerobik olarak çürütülmüş sıvı gübre toprağa 20 cm. derinlikte verilerek toprağın azotlu maddeleri tam olarak besi maddesi gibi kullanması sağlanır (Öztürk, 199). Şekil 6.9, 6.11 ve 6.12’de gösterilen İnjektasyon veya iz başlıklı aletlerle bu başarılabılır.



Şekil 6.9 Çürümüş sıvı hayvan gübresinin toprağa enjeksiyonlanması (Kossman, tarih yok)

Küçük ölçekli tesislerde, basit ama etkili araçlar kullanılarak çürütülmüş çamurun toprağa enjeksiyonu yapılır. Bu araçların başında; kova, büyük kepçe (traktöre bağlı), kayışlı konteyner, kapaklı tahta el arabaları vs. gelmektedir. Bu araçlar çamurun araziye uygulanmasında kullanılmaktadır. Araziye uygulamalarda, saban kullanımı ya da sulama yapılması ekonomik yöntemlerdendir. Bunun dışında yerçekimi ile yapılan çamur uygulamaları da son derece ekonomik olmaktadır. Burada, suyun toprağa verilmesinde kullanılacak eğim %1 ve artırılmış sulu çamurum toprağa dağıtılması için ise gerekli eğim %2 civarındadır (Şekil 6.10). Endüstriyel boyutlu büyük tesislerde ise borulama sistemleriyle çamur uygulamaları yapılmaktadır.

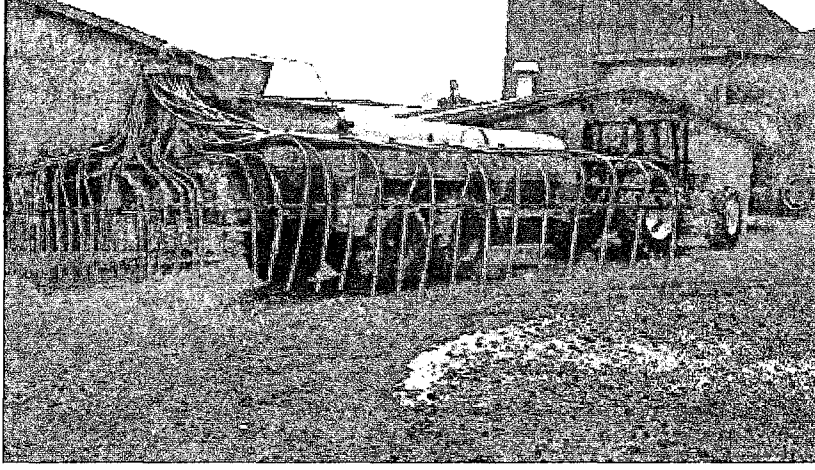


(1)ideal pozisyon, (2)yatay zemin üzerinde durum, burada H yüksekliği önemlidir

Şekil 6.10 Biyogaz tesisinin arazideki pozisyonu



Şekil 6.11 Enjektörlü gübre vagonu



Şekil 6.12 Çürümüş sıvı hayvan gübresinin toprağa enjeksiyonlanması

Anaerobik arıtma çamuru arazide sürekli olarak kullanılabilir. 1-1.2 ton yer fıstığı veya süpürge darısı üretmek için hektar başına 33 kg N, 11 kg P_2O_5 ve 48 kg K_2O kullanmak gerekir. Çürütülmüş sıvı gübre sulu olduğu için hektar başına 30-60 ton gübre kullanmak gerekir (Kossman, 2001).



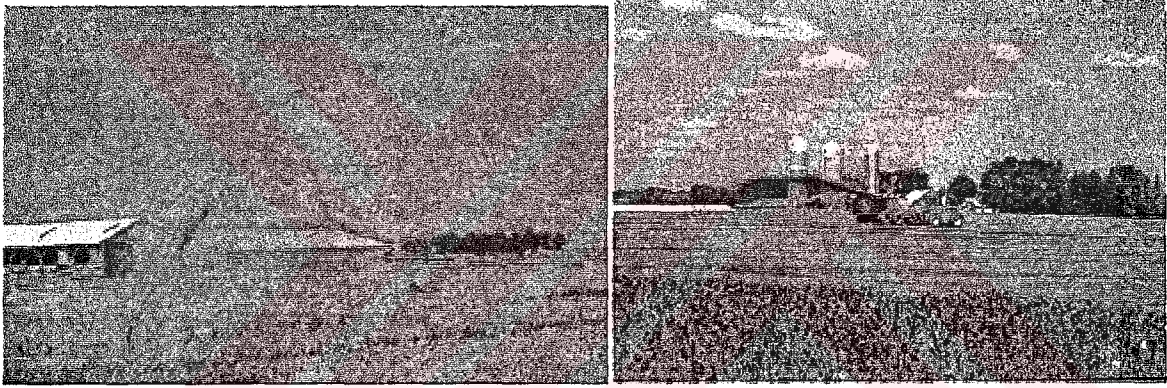
Şekil 6.13 Taylan'da çürümüş çamur uygulanan arazi denemeleri (Kossman, tarih yok)

Çeşitli hayvan gübresi toplam katı maddeleri içerisinde bulunan besi maddeleri miktarları Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Hayvan gübresi içinde bulunan besi maddesi miktarı (Öztürk, 2003)

<i>Hayvan Cinsi</i>	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>
Sığır Gübresi	2.3-4.7	0.9-2.1	4.2-7.6	1.0-4.2	0.6-1.1
Domuz Gübresi	4.1-8.4	2.6-6.9	1.6-5.1	2.5-5.7	0.8-1.1
Tavuk Gübresi	4.3-9.5	2.8-8.1	2.1-5.3	7.3-13.2	1.1-1.6

Anaerobik arıtma tesislerinde oluşan çürütülmüş sıvı gübre içindeki amonyak azotu kaybını minimize etmek için sıvı gübre depolama tankı kapasitesi, çürütme tankı hacminin %50'i büyüklüğünde olmalıdır. Anaerobik arıtma sonucu oluşan sıvı gübre yılda 2-4 defa kullanılabilir. Sıvı gübrenin arazide püskürtülerek kullanımı şekli Şekil 6.14'de verilmiştir.



Şekil 6.14 Sıvı hayvan gübresinin tarım arazisine yüzeyden verilışı

7. HAYVAN ATIKLARININ ÖZELLİKLERİ VE TAVUK YETİŞTİRİCİLİĞİ

Türkiye’de hayvancılığın geliştirilmesi, halkın dengeli ve sağlıklı beslenmesi açısından önem arz etmektedir. Bir insan dengeli beslenebilmek için her gün belirli miktarda hayvansal ürün tüketmek zorundadır. Ancak hem dünya hem de Türkiye genelinde, gereken miktarın altında ürün üretilmektedir. Bir insanın hayvansal protein ihtiyacı 35 g kadardır. Gelişmiş ülkelerde tüketim miktarı 44 g’dır. Dünya ortalaması ise 27 g civarındadır. Ülkemizde kişi başına, 20-25 g/gün olan hayvansal protein tüketimi, yaklaşık 17 g seviyelerindedir ve 35-40 g/gün düzeyine çıkarılması gereği bulunmaktadır (Bayaner, 1999 ve Çakır, 2000).

7.1 Hayvan Atıklarının Özellikleri

Hayvan katı atıklarının özellikleri hayvan cinsi, ağırlığı, beslenme alışkanlıkları, mevsim, çürüme oranı, protein içeriği ve lif içeriği gibi özelliklere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çeşitli kaynaklardan alınan hayvan atıklarının özellikleri Çizelge 7.1, 7.2 ve 7.3’de özet olarak verilmiştir.

Çizelge 7.1 Hayvan atıklarının fiziksel özellikleri (Hart, 1960 ve Steffen, 1998).

<i>Parametre</i>	<i>Sığır (süt üretimi)</i>	<i>Sığır (et üretimi)</i>	<i>Tavuk (et ve yumurta üretimi)</i>	<i>Domuz</i>	<i>Koyun</i>
Hayvan ağırlığı, kg	636	431	2.3-2.0	70-125	45
	500	500	0.9-1.8		
Katı atık üretimi, l/gün	36.8	28.3	0.095-0.160	4.6-4.0	3.1
	55	45	0.9-0.1		
Atık yoğunluğu, t/m ³	0.99	0.96	0.96		1.04
Katı madde miktarı, %	15	15	15-85	5.6-9.5	23
	11-12	11-12	10-30		

Çizelge 7.2 Çeşitli atıkların özellikleri ve işletme parametreleri (Steffen, 1998 ve Schomaker, 2000)

<i>Besi maddesi</i>	<i>Toplam katı (TS)</i>	<i>Uçucu katı (VS) %TS</i>	<i>Biyogaz ürünü m³/kg VS dahil</i>	<i>Metan içeriği (% hacimsel)</i>	<i>Bekletme zamanı (gün)</i>
Domuz gübresi	3-8	70-80	0.25-0.50	70-80	20-40
İnek gübresi	5-12	75-85	0.20-0.30	55-75	20-30
Tavuk gübresi	10-30	70-80	0.35-0.60	60-80	>30

Çizelge 7.3 Hayvan atıklarının organik ve besin elementleri açısından özellikleri (Tübitak, 2001)

<i>Hayvan</i>	<i>BOI (g/gün)</i>	<i>KOI (g/gün)</i>	<i>NH₃-N (g/gün)</i>	<i>Toplam N (g/gün)</i>	<i>Toplam P (g/gün)</i>	<i>K (g/gün)</i>	<i>Kaynak</i>
İnek	-	3,26	0,11	0,26	-	-	Loehr vd, 1967
(eti için beslenen)	1,87	-	-	0,29	-	-	Hart, 1960
	1,02	-	-	0,26	-	-	Witzel, 1966
	1,84	10,0	-	0,36	0,115	0,29	Moore, 1969
Ortalama	1,59	13,26	0,11	0,29	0,11	0,29	
İnek	-	0,95	5,7	-	0,16	0,11	Townshend, 1969
(sütü için beslenen)	-	1,32	5,8	0,23	0,37	-	Witzel, 1966
	-	1,53	8,4	-	0,38	0,12	Hart vd, 1965
Ortalama	0,31	1,26	6,63	0,23	0,30	0,11	
Koyun	-	-	-	0,34	0,25	-	Vollenweider, 1968
	-	-	-	0,86	-	-	Hart, 1960
Ortalama				0,6	0,25		
Tavuk	-	-	-	0,52	0,12	2,36	Ohio State Univ., 1993

7.1.1 Kümes hayvanları gübrelerinin anaerobik arıtımında amonyağın etkisi

Kümes hayvanları gübreleri (dışkı, idrar, yumurta kırıkları vs. içerikli), anaerobik ur me sonucunda yüksek enerjili ürünlere dönüşen atıklardır. Amerika'da 280 milyon yumurta tavuğu üretilmekte ve günlük olarak bir tavuktan 130-150 g gübre oluşmaktadırdır. Bu gübrelerde karşılaşılan ciddi boyuttaki engel, gübredeki amonyak konsantrasyonudur ve değereri 5000-12000 m/l arasında değişmektedir (Ripley, vd., 1985).

Biyogaz ve metan üretimi, 2-10 g NH₄Cl/l konsantrasyonlarında (0.5-2.6 g N-NH₄/l) zararlı bir etkisi yoktur. Amonyaağın 10-30 g/l (2-8 g N-NH₄/l) gibi yüksek değerlerinde ise biyogaz üretimini %50-60 ve metan üretimini de %80-90 oranında azalttığı gözlenmiştir. Fermantasyon tankına, 30 g NH₄Cl/l ya da 7,8 g N-NH₄/l değerinden fazla madde katılmasıyla, tank içerisindeki fiziksel grublu bakterilerin tümü önemli derecede azalma göstermiştir (Krylova, vd., 1997).

Anaerobik fermantasyonda, yüksek katılıktaki kümes hayvanı gübrelerinin kullanımı mantıklı gibi görünse de uygun bir işletim yapılmazsa potansiyel bir probleme sahiptir. Gübredeki yüksek N içeriği, arıtım prosesinde amonyağın toksik etkisine sebep olur. Gübrenin içerisine tarım artıkları katılarak -ki bu atıklar karbonlu atıklar olmalıdır- gübredeki azot konsantrasyonu düşürülebilmektedir (Jantrania, vd., 1985).

30 g/l'nin üzerinde NH₄Cl konsantrasyonu olan bir anaerobik sistemde, reaktöre %10'luk (ağırlık/hacim) posfor katılarak, biyogaz ve metan üretimi arttırılabilir. Ancak 50 g/l'den fazla NH₄Cl konsantrasyonlarında, metanojenler inhibe olurlar ve bu durumu, sisteme fosfor ilave ederek bile geri d zeltemeyiz (Krylova, vd., 1997).

1977'de yapılan bir çalışmada şu sonuclara ulaşılmıştır: 96,5 m³ hacimli bir anaerobik ur t c de, kümes hayvanları gübresi 35  C (95  F) sıcaklıkta 30-52 gün aralığında tutulmuştur. ur t c ye 1,6-2,0 kg VS/m³-gün aralığında beslemeler yapılmış ve gaz çıkışı gözlenmiştir. Buna göre üretilen gaz 55-74 m³/gün iken üretilen metan %55-63 değerinde bulunmuştur. Bu oldukça iyi bir değerdir. Ayrıca, ur t c deki amonyak konsantrasyonu 6,200-8,000 mg/l ve alkalinite ise (pH 7,7-8,0 aralığında) 23,000-30,000 mg/l olarak bulunmuştur (Converse, vd., 1977).

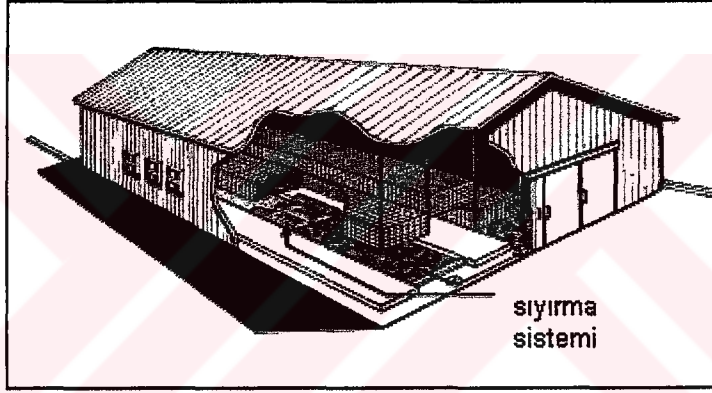
7.1.1.1 Amonyak kayıplarının en fazla olduğu durumlar

Kümes hayvanı yönetim sistemlerinde, en fazla amonyak kayıpları; alana yayma ve barındırma işlemleri sırasında oluşmaktadır.

3 tip yumurta tavuğu barındırma sistemi vardır. Bunlar, ticari tip olan derin çukur sistemleri ve hızlı kazıma ya da sundurma tipi olan sistemler. Bu sistemlerde tavukların barındırılması ve gübrelerin toplanması Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de gösterilmiştir. Bu barındırma sistemlerinde gübreler toplanarak koku, sinek vs. problemlerin oluşması engellenir.

Sıyırma tipi sistemler:

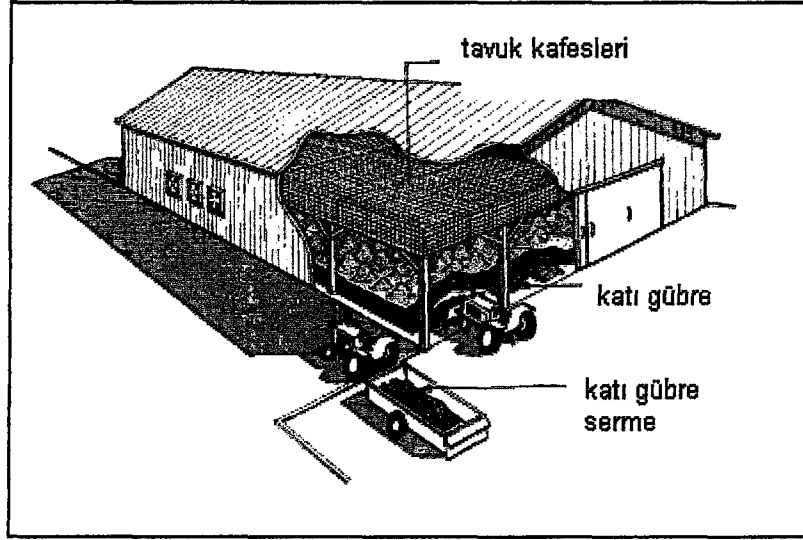
Gübrelerin sıyırma ile toplandığı bu sistemlerde gübrenin katı madde oranı %15-25 arasında değişir ve bu gübreler günlük olarak toplanırlar. Bu tip sistemlerde sinek, koku, vs. problemlerle karşılaşmaktadır.



Şekil 7.1 Tavuk barındırma sistemlerinden gübrelerin hızlı kazınma sistemi

Sundurma tipi sistemler:

Tavuk kafesleri yerden 4,5-9 m. yüksekliktedir. Gübreler bu yükseklikten aşağıya doğru, betondan yapılmış bir zemine düşerler ve büyük fanlarla ortama verilen hava ile kuru yığınlar oluşur. Şayet açık havada doğal havalandırma yapılırsa kalın yığınlar oluşur.

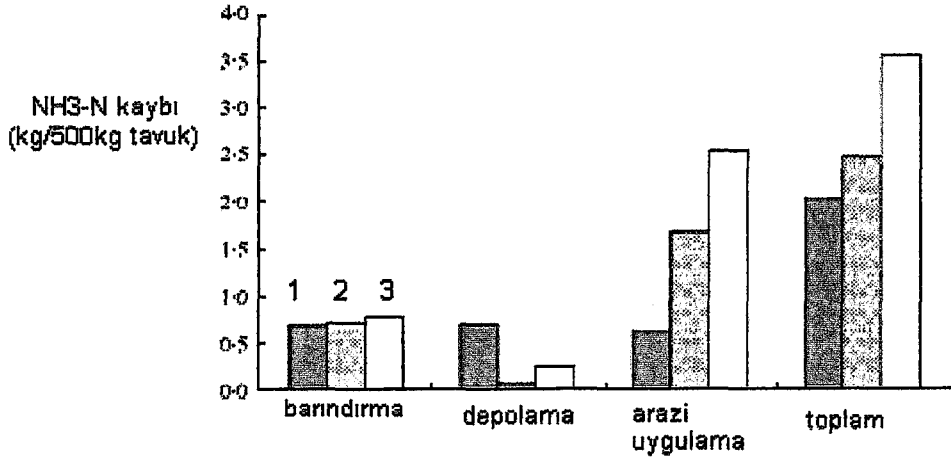


Şekil 7.2 Tavuk barındırma sistemlerinden sundurma tipi bir sistem

Amonyak, normalde havada iz konsantrasyonlarda bulunur ve bu sebeple ölçümü zordur ve oldukça yüksek reaktif bir gazdır.

Yumurta ve et tavukçuluğu yönetim sistemlerinden olan hayvan barındırma sistemlerinde, gübrenin işlenmesi, depolanması ve araziye yayılması işlemlerinden kaynaklanan amonyak kayıpları ölçülmüş ve odun kırıntıları üzerinde barındırılan (kışın) etlik tavuklarda meydana gelen amonyak kaybının (1,0 g NH₃-N/saat 500 kg), saman üzerinde barındırılanlarda (2,0 NH₃-N/saat 500 kg) daha fazla olduğu tespit edilmiştir fakat bu barındırma sistemlerinde, gübrelerin depolanması ve ardından da araziye yayılması açısından aralarında herhangi bir fark yoktur. Şekil 7.3'te et tavukçuluğu sistemlerine ait amonyak kayıpları gösterilmiştir (Nicholson, F.A. vd., 2004).

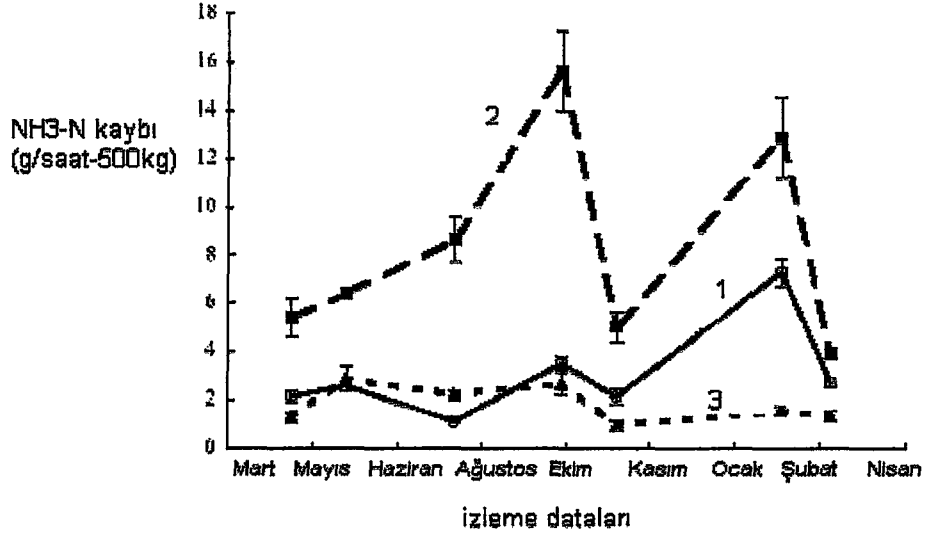
Yumurta tavukçuluğu hızlı kazımalı barındırma sistemlerindeki çalışmalarında, haftalık kazılar (3,3 g NH₃-N/saat 500 kg) günlük kazıların (1,3 g NH₃-N/saat 500 kg) neredeyse iki katı civarındadır. Derin çukur barındırma sistemlerindeki gübrelerden oluşan amonyak kayıpları (8,2 g NH₃-N/saat 500 kg), hızlı kazıma (2,7 g NH₃-N/saat 500 kg) ya da sundurma tipi (1,4 g NH₃-N/saat 500 kg) barındırma sistemlerinden oluşan amonyak kayıplarından daha yüksektir fakat bu barındırma sistemlerinin, gübrelerin depolanması ve ardından da araziye yayılması açısından aralarında herhangi bir fark yoktur. Şekil 7.3 ve 7.4'te yumurta tavukçuluğu yönetim sistemlerine ait amonyak emisyonları gösterilmiştir (Nicholson, F.A. vd., 2004).



(1-kışın barındırma, 2-yazın barındırma, 3-sulanan tip)

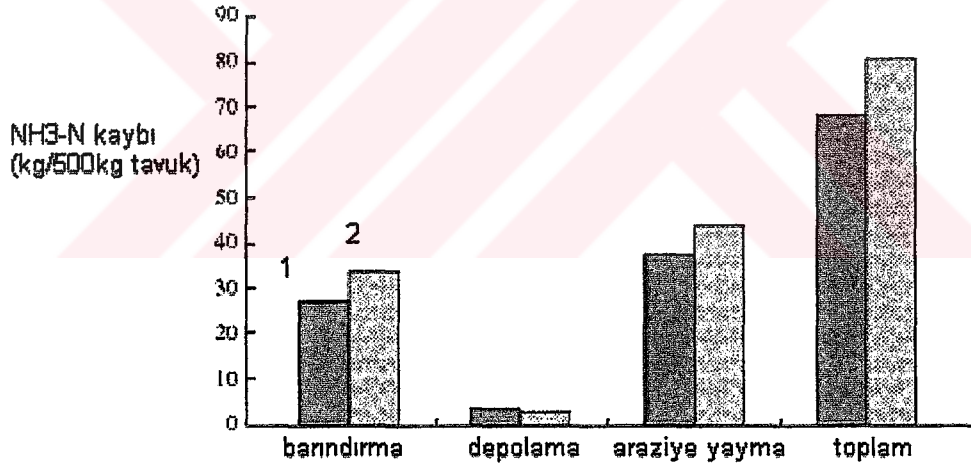
Şekil 7.3 Et tavukçuluğundan kaynaklanan amonyak emisyonları (Nicholson, F.A. vd., 2004)

Gübre, direk olarak tarım arazisine uygulandığında, amonyak uçar ve önemli derece azot kaybı olur. Bunun yanı sıra amonyak, direk olarak bitkilere toksik etki yapar ve doğal ekosistem içerisindeki bitki türlerini değiştirir. Bu sebeple çevrenin korunması amacıyla, kirliliğin azaltılmasıyla ilgili yasalar yürürlüğe konmaktadır. 1999 yılı itibariyle UK'da 4 milyon ton kümes hayvanı üretilmiş ve meydana gelen amonyak azotu kayıpları 39 kt civarında çıkmıştır. Et tavukçuluğu kaynaklı barındırma sistemlerinden, tahmini 4g NH₃-N/saat.500 kg ve yumurta tavukçuluğu kaynaklı barındırma sistemlerinden ise tahmini 4,5g NH₃-N/saat.500 kg amonyak kayıpları oluşmuştur.



Şekil 7.4 Yumurta tavukçuluğundan kaynaklanan amonyak emisyonları

(1-hızlı kazıma, 2-derin çukur, 3-sundurma tipi barındırma sistemlerinden kaynaklanan amonyak emisyonları)



Şekil 7.5 Yumurta tavukçuluğu yönetim sistemlerinden kaynaklanan amonyak azotu kaybı

(1- ticari olmayan, 2-ticari sistemler)

Çizelge 7.4 Çeşitli hayvan gübrelerine ait metan emisyonları (EPA, 1999)

<i>Çiftlik gübre yönetiminden kaynaklanan metan emisyonları</i>								
<i>Hayvan tipi</i>	<i>1990</i>	<i>1991</i>	<i>1992</i>	<i>1993</i>	<i>1994</i>	<i>1995</i>	<i>1996</i>	<i>1997</i>
Mandıra sığırları	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,5	4,6
Sığırlar	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3
Domuzlar	7,8	8,2	8,6	8,6	9,1	9,2	8,9	9,3
Koyunlar	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Keçiler	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kümes hayvanları	15	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8
Atlar	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Toplam	14,9	15,4	16,0	16,1	16,7	16,9	16,6	17,0

7.1.2 Hayvan Miktarları

Devlet İstatistik Enstitüsü'nden alınan verilere göre 2001 yılında ülkemiz genelinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları, il ve ilçe bazında belirlenmiştir ve Çizelge 7.5'de gösterilmiştir. Buna göre ülkemizdeki toplam hayvan sayıları, yaklaşık 250 milyon kanatlı hayvan, 10 milyon sığır, 30 milyon koyun bulunmaktadır. Toplam büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayısı ise (at, eşek, manda ve keçi dahil) yaklaşık 50 milyondur. Sığır ve koyun toplamı, büyükbaş hayvan toplamının %80'ini oluşturmaktadır. Çizelge 7.5 incelendiğinde, büyükbaş ve küçükbaş hayvancılıkta başı çeken illerimiz: Diyarbakır, Ağrı, Van, Kayseri, Balıkesir ve Konya'dır.

Türkiye'de tavukçuluk; Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgelerinde yaygınlaşmıştır. Özellikle piliç tavukçuluğu açısından önemli illerimiz; Ankara, Bolu, Balıkesir, Bursa, Elazığ, Eskişehir İstanbul, Kayseri, İzmir, Kocaeli, Manisa, Sakarya, Yozgat, Çukurova ve yumurta tavukçuluğu açısından başı çeken illerimiz ise; Afyon, Balıkesir, Bursa, Çorum, İzmir, Konya ve Manisa'dır. 1997 yılı itibariyle Tarım Bakanlığı verilerine göre ülkemizde, 9987 adet ticari tavuk işletmesi bulunmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü'nden alınan en son verilere göre genel olarak yurdumuzdaki ve özellikle Çorum İl'indeki toplam tavuk sayıları ile et tavuğu (broiler) ve yumurta tavuğu (laying hens) sayıları, 1995-2002 yılları itibariyle Çizelge 7.5, Çizelge 7.6, Çizelge 7.7 ve Çizelge 7.8'de verilmiştir.

Çizelge 7.5 Ülkemizdeki hayvan sayıları (DİE, 2004)

İLLER	KOYUN (x1000)	SIĞIR (x1000)	ET	YUMURTA	HİNDİ,	KANATLI
			TAVUĞU (Broiler) (x1000)	TAVUĞU (Laying Hens) (x1000)	ÖRDEK, KAZ (x1000)	HAYVANLAR TOPLAMI (x1000)
Ankara	659.5	250.0	7674.5	1190.9	283.5	9149.0
Bilecik	69.0	37.6	507.5	274.2	23.3	805.1
Bolu	145.5	199.1	57558	1205.0	76.0	58839.0
Çankırı	161.5	128.4	325.7	216.6	33.4	575.7
Çorum	212.5	225.4	337.8	2957.7	120.4	3415.9
Eskişehir	447.6	99.7	1721.6	346.8	81.7	2150.2
Kırşehir	119.5	54.1	120.0	319.0	88.0	527.0
Kütahya	341.5	151.1	129.4	997.2	101.7	1228.3
Uşak	264.8	65.0	956.0	277.0	21.1	1254.1
Yozgat	375.1	184.8	274.0	1273.8	219.0	1766.8
Kırıkkale	116.5	38.8	23.2	157.0	57.6	237.8
Aydın	179.5	244.2	661.5	923.8	17.3	1602.6
Balıkesir	732.8	241.0	11469.0	4959.3	37.2	16465.5
Burdur	161.2	103.5	46.8	566.5	12.3	625.6
Çanakkale	442.7	105.3	494.1	400.2	47.4	941.7
Denizli	253.2	77.8	257.0	994.0	9.9	1260.9
Isparta	178.6	72.1	80.3	121.9	17.6	219.8
İzmir	483.8	252.6	3283.2	3845.1	373.9	7502.2
Manisa	567.3	136.9	7952.0	2524.5	72.7	10549.2
Muğla	98.5	129.1	127.4	809.6	14.2	951.2
Bursa	332.9	154.0	1530.9	2580.4	22.7	4134.1

Çizelge 7.6 Ülkemizdeki hayvan sayıları (devam 1)

İLLER	KOYUN (x1000)	SIĞIR (x1000)	ET TAVUĞU (Broiler) (x1000)	YUMURTA		KANATLI HAYVANLAR TOPLAMI (x1000)
				TAVUĞU (Laying Hens) (x1000)	HİNDİ, ÖRDEK, KAZ (x1000)	
Edirne	204.6	112.0	39.7	282.7	77.2	399.6
İstanbul	77.6	77.1	314.2	517.9	24.3	856.4
Kırlareli	190.4	81.3	33.1	285.3	34.8	353.2
Kocaeli	105.0	90.0	13469.0	6151.0	69.9	19716.9
Sakarya	41.0	165.2	12675.4	646.0	573.4	13894.8
Tekirdağ	132.0	96.2	347.2	418.2	57.5	822.9
Yalova	15.2	13.5	25.0	102.3	80.4	135.7
Adana	230.6	176.4	1820.0	566.0	17.5	2403.5
Antalya	249.8	146.9	74.9	595.0	24.1	649.0
Gaziantep	346.9	38.6	87.0	464.0	79.0	630.0
Hatay	108.0	102.2	246.5	233.9	24.9	505.3
İçel	301.2	102.4	20022.5	844.0	6.8	20873.3
K.Maraş	571.4	124.0	3016.0	552.1	168.1	3736.2
Kilis	65.0	3.0	100.0	8.0	11.2	119.2
Osmaniye	57.6	63.1	7.5	283.0	13.5	304.0
Ağrı	1773.1	289.2	0	294.0	152.0	446.0
Artvin	94.8	70.7	8.0	77.9	0.5	86.4
Erzincan	430.5	108.4	858.7	285.3	61.4	1205.4
Erzurum	960.4	555.3	1656.7	338.9	114.3	2109.9
Kars	602.5	318.0	8.0	184.4	174.8	367.2
Ardahan	110.6	255.6	40.0	87.8	179.1	306.9

Çizelge 7.7 Ülkemizdeki hayvan sayıları (devam 2)

İLLER	KOYUN (x1000)	SIĞIR (x1000)	ET TAVUĞU (Broiler) (x1000)	YUMURTA		KANATLI HAYVANLAR TOPLAMI (x1000)
				TAVUĞU (Laying Hens) (x1000)	HİNDİ, ÖRDEK, KAZ (x1000)	
Iğdır	409.3	54.7	0	92.6	21.1	113.7
Bingöl	583.0	72.5	0.9	67.6	37.8	106.4
Bitlis	586.8	77.1	29.8	132.1	75.5	237.4
Diyarbakır	909.2	256.9	302.0	546.0	310.7	1158.7
Hakkari	506.5	67.0	7.6	22.5	6.5	36.7
Mardin	342.8	55.5	5.5	373.1	271.2	649.8
Muş	1368.7	186.9	1.4	746.0	501.6	1249
Siirt	175.6	20.1	0	273.0	45.3	318.3
Şanlıurfa	1583.0	144.0	0	1096.3	264.3	1360.5
Van	2255.5	199.3	0	383.0	85.2	468.2
Batman	171.1	35.6	0	177.0	77.2	254.2
Şırnak	82.6	20.6	8.0	45.9	20.9	74.8
Giresun	176.1	140.3	1.4	276.8	3.3	281.8
Gümüşhane	92.3	87.0	9.0	181.1	3.6	193.7
Kastamonu	103.6	309.8	27.0	1852.2	245.9	2125.2
Ordu	156.6	233.6	40.8	761.2	49.7	851.7
Rize	8.1	61.0	0	65.9	0	65.9
Samsun	293.7	354.2	1745.4	1433.3	192.7	3371.4
Sinop	121.9	113.7	20.3	325.0	17.7	363.0
Trabzon	122.8	193.2	2.5	205.6	0.6	208.6
Zonguldak	17.7	119.1	798.0	229.5	9.4	1036.9

Çizelge 7.8 Ülkemizdeki hayvan sayıları (devam 3)

İLLER	KOYUN (x1000)	SIĞIR (x1000)	ET TAVUĞU (Broiler) (x1000)	YUMURTA		KANATLI HAYVANLAR TOPLAMI (x1000)
				TAVUĞU (Laying Hens) (x1000)	HİNDİ, ÖRDEK, KAZ (x1000)	
Bayburt	159.9	67.8	0.6	157.1	7.8	165.4
Bartın	6.1	72.9	90.0	224.5	14.3	328.8
Karabük	23.1	59.4	206.0	212.0	31.9	449.9
Adıyaman	307.9	90.2	58.8	334.5	67.7	661.0
Amasya	160.0	128.6	40.0	434.7	62.1	536.8
Elazığ	311.3	126.8	6569.0	446.3	36.8	7052.1
Malatya	204.8	119.6	39.8	176.6	15.9	232.3
Sivas	777.4	358.5	78.2	777.3	147.6	1003.2
Tokat	337.5	305.2	61.7	438.9	82.1	582.7
Tunceli	192.0	42.5	0	76.4	10.9	87.3
Afyon	717.9	214.5	248.5	3400.2	1001.1	4649.8
Kayseri	631.7	173.0	5368.5	1699.0	44.0	7129.5
Konya	1743.6	350.9	364.7	9517.4	213.1	10095.1
Nevşehir	103.8	49.3	5.4	750.2	55.8	811.4
Niğde	466.1	64.9	902.4	354.9	17.9	1275.3
Aksaray	417.0	67.8	58.3	414.0	61.6	533.9
Karaman	381.4	20.4	88.0	1990.3	109.2	2187.5
Toplam	30 019.2	11 054.0	167 559.0	70 848.0	7 823.6	246 476.4

7.1.3 Tavuk Çiftliği Atıklarının Genel Özellikleri

Tavuk atıklarının miktar ve bileşimi hayvanın türü, ağırlığı, yediği yemin bileşimi ve miktarı ile birlikte kümeste kullanılan yatak malzemesinin (saman, talaş, vb.) türü ve miktarına da bağlı olarak değişim göstermektedir.

Tavuk atıklarının su ve katı madde içerikleri; hayvanın türüne, çevre şartlarına, kullanılan yemin kimyasal içeriğine, mineral maddelere (Mg, K, Na, Ca gibi) ve kurutma tekniğine bağlı olarak büyük bir değişim gösterebilmektedir. Tavuk atıklarının TS muhtevası % 20 seviyelerindedir ve NH₄-N değeri ise 8 g/l olup, oldukça yüksektir (Steffen, vd., 1998).

Çizelge 7.3'de Çorum Belediye'si kaynaklarından alınmış, kurutulmuş tavuk atıklarının besin maddesi ve iz element içerikleri verilmiştir ve görüldüğü gibi tavuk atıklarının organik madde, besi maddesi (azot, fosfor ve potasyum) ve iz element (demir, kalsiyum, magnezyum, bakır, çinko vb.) içeriği oldukça yüksek olduğundan, biyogaz ve gübre üretimi için kullanılmaları uygundur (Hobson vd., 1990).

Tavuk, dışkısını idrarı ile birlikte dışarıya atmaktadır, bu sebeple tavuk atıklarının azot içeriği oldukça yüksektir. Tavuk çiftliklerinde yere dökülen yemler, kırılmış yumurtalar ve yumurta kabukları, tüy, toprak gibi atıkların, tavuk atıklarına karışması olasıdır. Ayrıca tavuk atıkları, sindirim sonucunda oluşan metabolizma atıklarının (ürik asit, amonyak, ve amonyak tuzları, üre, keratin, hormonlar, vitaminler, vb.) yanı sıra, kümeslerde kullanılan yataklık maddesi (saman, talaş, vb.) amacıyla kullanılan karışımları da içerebilmektedir.

Filibeli vd., yurdumuzda varolan yaklaşık 50 milyon tavuktan yılda ortalama 3 milyon ton yaş atık üretildiğini belirtmiştir. O halde tavuk gübreleri, yüksek oranda azot, fosfor gibi besi maddeleri içermeleri nedeniyle, uygun şartlar altında anaerobik parçalanma ile ve diğer işlemler sonrasında, biyogaz ve tarımsal gübreye dönüştürülebilmektedir.

Hayvansal protein açığının kapatılması için de özellikle tavukçuluk sektörü önemli bir alternatiftir. Tavuk eti ve tavuk yumurtasının besin değeri yüksektir ve üretimi kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir. *Tavuklar en geç 2 ay sonra kesilip satışa sunulabilirler veya 4-5 ay sonra yumurta vermeye başlarlar.* Yem, en iyi şekilde değerlendirilmekte ve ürünler düşük maliyette üretilebilmektedir. Bu nedenle tavukçuluk, hayvansal üretim ve tavukçuluğun geliştirilmesi açısından ayı ve önemli bir yere sahiptir.

1960'lı ve 1970'li yıllarda sağlanan yapısal değişiklikler ile geleneksel köy tavukçuluğunun yerini, ticari ve endüstriyel tavukçuluk işletmeleri almıştır. Bugün yurdumuzda tavukçuluk

alanında hızlı gelişmeler verilmekte ve özellikle devletin sağladığı desteklerle, bu üretim kolu önemli ölçüde büyüme göstermektedir. Türkiye’de özellikle son 30-40 yılda tavukçuluk alanında sağlanan gelişmeler, tarımsal faaliyetin diğer dallarına oranla daha yüksek düzeydedir. Üretim artışı ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler yanında, verimlilik, üretim ve pazarlama örgütlenmesi açılarından da önemli gelişmeler sağlanmıştır.

Tavukçuluk sektöründeki gelişmeler, büyük oranda et ve yumurta işletmelerinin sayılarının artması şeklinde olmaktadır. Yem üreten fabrikalar, hastalıklara karşı aşı ya da kümes araç-gereçlerini üreten tesisler de tavukçuluk sektörü kapsamına girmektedir ancak bunlardaki gelişmeler daha yavaş olmaktadır.

İşletmelerin sayıca önemli bir kısmı küçük kapasiteli olup, modern işletmelerle rekabet edebilecek düzeyde değildir. Ayrıca küçük işletmelerin sayıca önemli bir kısmının, bağımsız veya hiçbir entegrasyon modeli içine girmeden üretim faaliyetlerini yürüttükleri bilinmektedir (Çakır, 2000).

Çizelge 7.9 1995-2002 yıllarında Türkiye genelinde ve Çorum İl’inde tavuk sayıları

	<i>Türkiye geneli</i>			<i>Çorum İl’i</i>		
	<i>Tavuk</i>	<i>Et tavuğu (broiler)</i>	<i>Yumurta tavuğu (laying hens-hens for egg)</i>	<i>Tavuk</i>	<i>Et tavuğu (broiler)</i>	<i>Yumurta tavuğu (laying hens)</i>
1995	129.014.427	71.689.773	57.324.654	2.375.035	82.100	2.292.935
1996	152.956.970	99.073.900	53.883.070	2.279.650	60.950	2.218.700
1997	166.272.480	104.870.700	61.401.780	3.444.350	113.650	3.330.700
1998	236.997.651	167.275.380	69.722.271	3.399.600	115.500	3.284.100
1999	239.747.937	167.862.730	71.885.207	3.295.500	337.800	2.957.700
2000	258.168.320	193.459.280	64.709.040	2.705.700	214.000	2.491.700
2001	217.575.192	161.899.442	55.675.750	3.144.850	78.250	3.066.600
2002	245.776.323	188.637.066	57.139.257	2.818.250	94.850	2.723.400

Çizelge 7.9’da görüldüğü gibi 1995 yılından itibaren 2000 yılına kadar Türkiye genelindeki tavuk sayılarında bir artış meydana gelmiş ancak 2001 yılında, yaklaşık 41 milyon adetlik bir düşüşün ardından 2002 yılında tekrar yükselişe geçmiştir. Çorum’da ise yine zaman zaman meydana gelen ekonomik sebeplerden dolayı neredeyse her yıl tavuk sayılarında azalma ve

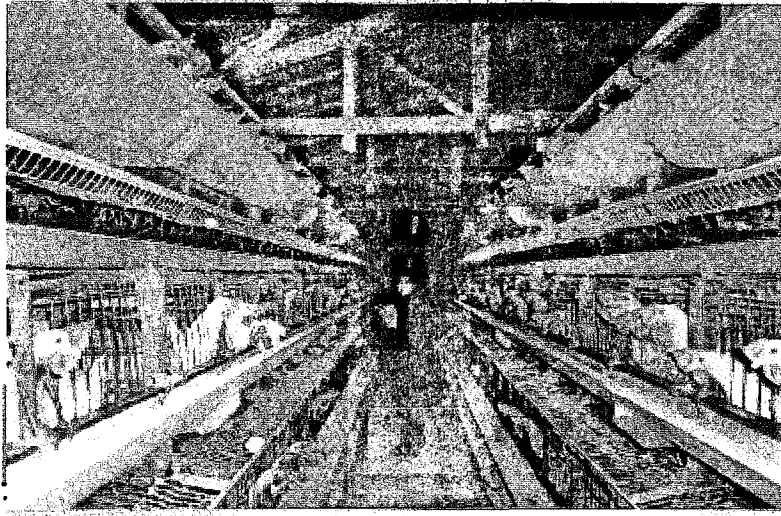
yükselme göze çarpmaktadır.

Tavuk gübrelerinin biyogaz teknolojisi ile işlenmesi halinde kazanılacak faydalar: Biyogaz teknolojisinden genel olarak sağlanabilecek faydalardan daha önce bahsedilmiştir. Çorum Belediyesi'nde tavuk çiftliği atıklarının değerlendirilmesi amacıyla, geçmişte kurulan ancak işletilemeyen pilot ölçekli bir biyogaz tesisinden beklenen olumlu sonuçlardan bahsedilecektir:

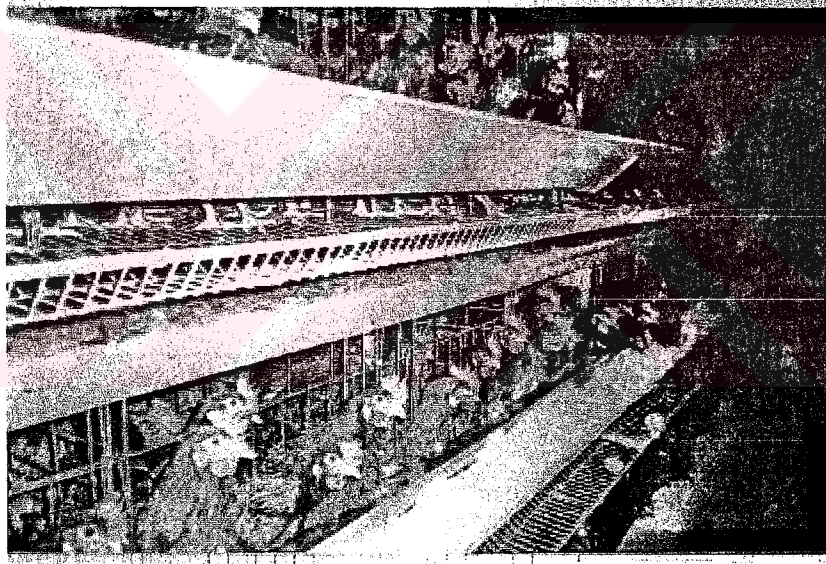
- Atıklardan oluşan kokunun ve bu atıklarda üreyen hastalık yapıcı organizmaların yok edilmesi
- Gübre yığınlarının kalkması ile karasinek gibi hastalık taşıyıcı canlıların üremesinin önlenmesi
- Enerji üretimi
- Gübrelerin işlenmesi sonucunda daha değerli bir gübre üretilmesi
- Gübrenin açıkta depolanmasının neden olduğu, başta azot kaybı olmak üzere bitki besleyici madde kaybını azaltılması
- Organik gübre kullanılması sonucunda, ekim alanlarından elde edilecek ürün kalitesinin artması
- Kimyasal gübre üretiminin azaltılması
- Organik gübre kullanılması sonucunda toprak kalitesinin artması ve toprak erozyonunun azaltılması
- Yer altı su kaynaklarının kirlenmesinin engellenmesi

7.2 Tavuk Yetiştiriciliği

Çorum İl'ine ait bazı tavuk üretim çiftlikleri Şekil 7.6 ve Şekil 7.7'de gösterilmiştir. Burada kümesler 2-3 katlıdır.



Şekil 7.6 Çorum İl'ine ait tavuk üretim çiftlikleri



Şekil 7.7 Çorum İl'ine ait tavuk üretim çiftlikleri (devam)

7.2.1 Piliç Büyütme Kümesleri

Yumurta tavukçuluğunda civcivler, doğrudan yumurta alınacak kümeslere konmazlar. Önce belirli bir yaşa kadar piliç büyütme kümeslerinde tutulurlar. Bu süre 16 haftadır.

7.2.1.1 Tünektsiz kümesler

Bu kümes tipine, altlıklı kümes de denir. Yer sisteminde kümesin tabanı düzdür. Yere 5-10 cm yükseklikte altlık serilidir. Altlık; odun talaşı, kuru ot, saman gibi malzemelerin en ucuz

olanından yapılır. Tavuklar, yere serilen altlık üzerinde yaşarlar. Bu kümeslerde daha çok etlik tavuklar yetiştirilir. Yer sisteminde istenilen faydanın sağlanabilmesi, yere kaliteli altlık serilmesi ve altlığın temiz tutulabilmesine bağlıdır. Altlık; bozulmuş, ıslanmış, küflenmiş olmamalıdır. Yer sisteminde yemlik ve suluklardan dökülen yem ve su, altlığın kirlenmesine sebep olur. Özellikle su, altlığın kalitesini kısa zamanda bozar. Yemlik ve sulukları sık sık kontrol etmek ve bakımlarını yapmak gerekir. Yer sisteminde kümes her boşaltıldığında, yeni tavuklar kesime gönderildiğinde altlık değiştirilir. Bu arada kümeslerin dezenfeksiyonu da yapılır (Boyaner, 1999 ve Çakır, 2000).

7.2.1.2 Yumurta tavuğu kümesleri

Piliç büyüme kümeslerinde, yeterli büyüklüğe ulaşıncaya kadar hayvanlar, yumurta tavukları kümeslerine alınırlar. Burada bakılan tavuklar yumurtlama çağına gelince, yumurta vermeye başlarlar. Yumurta tavukları, ömürlerinin kalanını bu kümeslerde geçirirler. Yumurta tavuğu kümesleri, 2/3 ızgara veya kafes sistemine göre hazırlanır.

7.2.1.3 Izgara sistemi (tünekli kümesler)

Kümesin 1/3 veya genelde 2/3'ü ızgaralıdır. Izgaralar yerden 40-50 cm yukarıdadır. Geri kalan kısım, yer sistemi gibidir. Buraya altlık serilir. Suluk ve yemlikler çoğunlukla ızgara üzerine yerleştirilir. Izgara sistemi kümesler, yumurta tavukçuluğu için uygundur. Yumurtacı ve etçi tavukların çıktığı yumurtaları üreten damızlık işletmeleri de bu kümes sistemini kullanır. Izgara sisteminde, kümesler boşalınca yapılan temizlik çok önemlidir. Izgaraların aralarının çok iyi temizlenip dezenfekte edilmesi gerekir aksi takdirde, bir sonraki dönem gelen tavuklarda hastalık yapabilir.

7.2.1.4 Kafes sistemi

Bu kümes tipinde tavuklar, kafesler içerisinde durur ve serbest gezinmelerine izin verilmez. Bu tür kümesler, yumurta üretimi yapan çiftlikler için uygundur. Kafes sisteminde yem kaybı azdır. Yumurtalar kendiliğinden yumurta kanallarına birikir. Fazla iş gücü gerektirmeyen bir sistemdir. Yumurta kalitesi diğer kümes sistemlerinden daha düşüktür, diğer kümeslere oranla daha fazla yumurta kırılır. Tavuklar çok sıkışık olduğundan iyi bir havalandırma sistemine ihtiyaç duyulur. Tavuklar, kafesin içerisinde tek başlarındadır ya da birkaçı bir arada bulunur. Yem ve su, önlerinde sürekli olarak hazırır. Kafes sistemi, ticari yumurta üretiminde en iyi kümes tiplerinden biridir (Altinel, 1999).

Besi pilici büyütme kümesleri: Etlik tavuklar daha civcivken bu kümeslere alınır ve yetiştiricilik şekline göre 40-50 gün süren besi dönemi sonunda kesime gönderilir. Besi pilici büyüten kümesler, yer sistemine göre yapılmış kümeslerdir.

Açık (pencereli) kümesler: Bu kümeslerde dört duvar ve çatı kapalıdır. Ancak duvarlarda çok sayıda pencere vardır. Pencerelerde havalandırma yapay olarak sağlanır. Eğer pencereler aydınlatmaya ve havalandırmaya yetmiyorsa ilave aydınlatma ve havalandırma sistemleri kurulur. Bu tip kümesler yurdumuzda son derece yaygındır. Yapıldığı bölgenin iklim koşullarına göre bazı değişiklikler yapılabilir. Ancak hepsinde de sistem aynıdır.

Kapalı (penceresiz) kümesler: Bu kümes tipinde kümes içerisindeki sıcaklık, nem, ışık ve havalandırma, yapay olarak sağlanır. Dışarıda hava nasıl olursa olsun kümeste sıcaklık, nem aynıdır. Çok modern bir sistem olmasına rağmen, sürekli olarak elektrik enerjisine ihtiyaç duyar ve ayrıca pahalıya mal olur. Ülkemizde kullanılmayan bir kümes tipidir. Bu iki kümes tipinin dışında çok sıcak ülkelerde kullanılan bir kümes tipi daha vardır. Bu kümeslerde, yan duvarlardan biri veya ikisi yoktur. Duvar yerine tel örgüler bulunur. Böylece tavukların sıcaktan rahatsız olmaları önlenir.

Kümes yerinin seçimi

Kümeslere, özellikle etlik kümeslere sık sık malzeme getirilir, yumurta ve tavuk götürülür. Bu nedenle kümes yeri, ulaşımı kolay bir bölgede olmalıdır. Yola, pazara ve malzeme alınan yerlere çok uzak olan kümeslerde taşıma masrafı yükselir. Tavuklar ışığa ve suya çok ihtiyaç duyarlar. Bu sebeple elektrik ve su ile ilgili bir problem bulunmamalıdır. Kümesler birbirlerine ve diğer komşu kümeslere ne kadar yakın olursa hastalıklar o derece hızlı yayılabilir. Bu sebeple kümes, diğer çiftlik kümeslerine uzak noktada yapılmalıdır.

Kümesler, elektrik enerjisine az ihtiyaç duyulacak yerlere yapılmalıdır. Örn: Bir tepenin dibine kümes yapıldığında hem güneşten az yararlanır hem de doğal havalandırma yapılamaz. Böyle bir kümeste, akşam üzerleri daha erken saatte elektrikle aydınlatma başlatılır. Ayrıca havalandırma elektrik enerjisiyle olur çünkü tepe dipleri daha az rüzgar alır. Tepe diplerinin diğer bir olumsuz yanı da su basma tehlikesinin bulunmasıdır.

Kümes yapımına en uygun yerler, çukur olmayan ve hafif eğimi bulunan yerlerdir. Böyle yerler rüzgarı daha iyi alır, koku daha kolay dağılır ve havalandırma daha kolay olur. Ayrıca eğimli arazilerin tabanına su birikmez. Tarıma uygun yerleri, kümes yapımında kullanmak doğru değildir. Kümesleri, mümkün olduğunca tarıma elverişli olmayan arazilerde kurmak

gerekir.

Bazı uzak doğu ÷lkelerinde örn: Singapur, tavuk gübreleri altları ızgara olacak şekilde göller üzerine kurulmakta ve tavuk gübreleri doğrudan göle düşmekte, burada ise balık beslenmektedir. Bu yöntemde balıkların başlıca yemi, tavuk gübresidir.

7.2.2 Kümes içi ekipmanlar

Tavuk yetiştirmede toplam iş gücünün %70 gibi büyük bir bölümü yemleme, sulama, yumurta toplama, suluk ve follukların temizlenmesi için harcanır. Sayılan işlemlerin ne kadarı otomatik olarak yapılırsa, işletmenin iş gücü gereksinimi de o derece azalır.

Yemlik: Cıvciv büyütme kümeslerinde; derinliği az, özel yemlikler kullanılır. Bu tür yemliklerin sayısı, cıvciv başına 2-3 cm yemlik kenarı düşecek şekilde hesaplanır. İlk 3 haftadan sonra, askılı veya otomatik yemliklere geçilir. Asma yemlikler kullanılıyorsa, 100 piliç için 4 adet yemlik hesaplanır. Asma yemlikler, yetiştirme süresince tavukların sırt yüksekliğinde tutulur. Palet sistemiyle çalışan otomatik yemlikler kullanıldığında, 9-10 m enindeki kümesler için iki sıra hesaplanır. Yemlikler, yemin dökülmesini en aza indirecek şekilde yapılmalı ve hiçbir zaman doluluk oranı 2/3'den fazla olmamalıdır. Ayrıca;

- Kümeslerde kullanılan yemlikler, otomatik ve helezonlu boru tipi olmalıdır
- Her 50 adet pilice bir yem kabı, 75 cm aralıkla konulmalıdır. 12 m eninde bir kümese 3 sıra yemlik konurken, duvar kenarına yakın olanlar duvardan 2 m uzaklıkta ve ortadaki hat ise bu iki hatta 4 m uzaklıkta yerleştirilmelidir.
- Yem hattına, yem nakil helezonu bağlanmalı ve mutlaka en az 16 tonluk 2 silo konulmalıdır (en az 7-10 günlük stok için)

7.2.2.1 Folluk

Folluklar, tavukların içine yumurtladığı bölümlerdir. Ticari yumurtacılık yapılan kümeslerde 4-5 tavuk için 1 folluk bulunur. Follukların kolay temizlenebilen malzemelerden yapılmasına dikkat edilmelidir. Metal ve plastik folluklar uygundur. Follukların içerisine talaş ve/veya saman konulur. Tavuklar yumurtlamak için folluğa girer ve yumurtalar folluk içerisinde toplanır. Follukların üzerleri eğimli olmalıdır aksi taktirde tavuklar, follukların üzerine çıkarlar ve oraya yumurtlarlar.

Follukların yeterli sayıda olmaması ve uygun yerleştirilmemesi, kırık yumurta oranını arttırır. Folluklarda genişlik, derinlik ve yükseklik 30-35 cm boyutlarında olmalıdır. 2-3 katlı, kapanlı

ve grup follukları olmak üzere değişik şekillerde folluklar kullanılabilir. Basit folluklar 6 tavuğa bir adet, kapanlı folluklar ise 4 tavuğa bir adet olarak hesaplanır. Folluklar, tavuklar yumurtaya girmeden en az 15 gün önce duvar kenarları gibi loş yerlere yerleştirilir.

7.2.2.2 Suluk

Sulukların basit, kullanışlı ve kolay temizlenebilir olması tercih edilir. Cıvciv büyüme kümelerinde 3 lt'lik küçük kenarlı suluklar kullanılır. İlk 4 haftalık dönem için 100 cıvcive, 2 suluk hesaplanır. 4. haftadan itibaren her 100 piliç için 10 lt'lik 4 suluk veya piliç başına 3 cm suluk kenarı hesaplanır.

Piliçler, günde 100-150 ml, tavuklar ise günde 300 ml kadar su tüketirler. Su tüketiminin değişmesinde; kümes içi ısısının, yemin içeriğinin ve günlük tüketilen yem miktarının etkileri vardır. Kümes içi ısı 35 °C'ye çıktığında su tüketimi; etlik piliçlerde 2 kat, yumurta tavuklarında 3 kat artar. İçme suyundaki en ideal sıcaklık ise 10-14 °C'dir. Bu konuda dikkat edilecek noktalardan biri de tazyikli su kullanılmamasıdır. Suyun filtre edilerek kullanılması ise faydalı bir işlemdir. Bunların yanı sıra;

- Suluk hattı, 12 m enindeki bir kümeste 4 sıra olmalıdır ve kalın nipeller tercih edilmelidir.
- Sulukların duvardan uzaklığı 1 m olmalı, ortadaki suluklar birbirinden 4 m aralıkla yerleştirilmelidir. Bu durumda ilk iki sıra arasında 3 m bırakılmıştır.
- Suluk hattı, plastik bir depoya bağlı olmalı ve depo çıkışına da, tüketilen suyu ölçen bir saat bağlanmalıdır.

7.2.3 Kümes içi çevre koşullarının değerlendirilmesi

Isıtma; kümes içi ısısının, yetiştirilenin değişik dönemleri için Çizelge 7.10'da verilen değerlerin dışında olması, verimi olumsuz yönde etkiler. Olası en az yem tüketimi ile en yüksek verim, ancak ideal ısı derecelerinde yetiştirilen tavuklardan sağlanır.

Tavuklar ter bezlerinden yoksun oldukları için, aşırı sıcakta serinlemeleri, solunum yollarındaki buharlaşma ile sağlanır. Özellikle yaz aylarında tavukların ağızlarını açarak sık sık solunum yapmaları, sıcaktan etkilenmeme çabalarıdır. Bu ortamlarda bulunan tavuklarda metabolizmanın hızı düşer, dolayısıyla yem tüketimi azalır. Soğuk ortamlarda yetiştirilen tavuklarda ise bu olayın tersi gözlenir. Artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için yem tüketimi artar.

Yumurta tavuğu kümeslerinde ideal ısının sağlanabilmesi için, tavukların kümes içerisine yaydığı ısı miktarının, yapı elemanları ve havalandırma ile kaybedilen ısı miktarına eşit olması gerekir. Tavukların yaydığı ısı, kaybedilen ısıdan fazla ise kümes izolasyonu veya yerleşimdeki sıklık, normalden fazla demektir. Bunun tersi durumunda ise izolasyon veya sıklık yetersiz demektir. Bu durumda ek ısıtma yapılması gerekir.

Civcivlerde vücut ısısını düzenleyen sistem, yeterince gelişmemiştir. Ana tüyleri de gereği kadar izolasyon yapamaz. Bu nedenle civciv ve piliç büyütme kümeslerinde, izolasyon ve sıklık yeterli olsa dahi ek ısıtmaya gereksinme vardır. Civcivlere ısıtma, ana makinalarında veya civciv büyütme kümeslerinde uygulanır. Isıtma aracı olarak ana makinalarında elektrik lambaları veya çubuk şeklindeki enfraruj radyasyon cihazları, civciv büyüme kümeslerinde ise radyan (bütan gazı), elektrik ve soba kullanılabilir. Bunlar içinde en yaygın olarak radyan kullanılır. Radyanla yapılan ısıtmada, her radyan altına, büyüklüğüne bağlı olarak 500-1000 adet civciv konur. Her radyan çapı 3-5 m olacak şekilde, 40-50 m yükseklikte kontrplak bir daire ile çevrilidir. Bu şekildeki ısıtma, piliçlerin kalıcı tüyelerinin oluşmasına kadar devam eder. Yetiştirmenin ileri dönemlerinde kümes içerisinde oluşturulması gereken ısı miktarları, Çizelge 7.10'da verilmiştir (Altınel, 1999).

Kümesine civciv gelmeden 12 saat önce kümes ısıtılır. Böylece kümesin her bölgesi, ekipmanlar ve sular ısıtılmış olur. Kümes içi sıcaklık 32 °C olmalıdır. Civcivler büyüdükçe sıcaklık değişimi olur (ilgili sıcaklık değeri, yerden 1 m yükseklikte ve radyandan 3 m uzaklıktaki bir noktanın sıcaklığıdır).

7.2.3.1 Nem

Havada bulunan su buharı miktarı, rutubet (nem) olarak bilinir. Havanın 1 m³'ünde bulunan su buharının ağırlığı, o havanın mutlak rutubetini verir. Kümeste önemli olan, mutlak nem'den çok nisbi nemdir. Nisbi nem: 1 m³ havanın mutlak rutubetinin, aynı hacim ve koşullardaki havanın doymuş halde bulundurabileceği su buharı ağırlığına olan oranıdır ve bu değer % olarak ifade edilir (Altınel, 1999).

Tavuk yetiştiriciliğinde kümes içi nisbi nem oranı, hiçbir şekilde %80'in üzerine çıkmamalı, %40'ın altına düşmemelidir. Nisbi rutubet yükseldikçe, soğuk yüzeylere temas eden kısımlardaki su buharı tamamen suya dönüşür ve bu durum, yapı elemanlarından kaybedilen ısı kaybını yükseltir. Bu tür kümeslerde kümes içi ısı miktarının istenilen düzeyde tutulması çok zordur. Diğer yönden, bu kümesler özellikle mantar enfeksiyonları için uygun bir ortam oluştururlar.

Her tavuk, 1 kg canlı ağırlığı karşılığında, saatte 3 g kadar su buharını kümes içine verir. Bu nedenle kümes içi, açık havaya göre daima yüksek neme sahiptir. Kümes içinde nemin anormal derecede yükselmesine yol açan faktörler şunlardır (Altınel, 1999);

- Sindirim artıklarının uzun süre temizlenmemesi
- Sulukların düzenlenmesindeki hatalar
- Zemin izolasyonunun iyi yapılmaması
- Altlığın yeter kalınlıkta serilmemesi
- Sürüde, ishale yol açan bir hastalığın olması
- Su tüketiminin artması sonucu dışkının fazla nemli olması

Kümes içerisinde nemin anormal derecede yükselmesi durumunda hava değişim hızı ve kümes ısısı yükseltilecek rutubetin düşürülmesi sağlanır. Gerekirse altlık ve suluklar değiştirilir. İshale yol açabilecek bir hastalığın varlığı araştırılır. Tüm bu önlemlere karşın kümes içi rutubet düşürülemezse, hatanın kümes arazisinde (taban suyu, yüzeye çok yakın olabilir) ve zeminin izolasyonunda aranması gerekir.

Kümesine gelen 35-40 gramlık etlik piliçin %90'ı sudan oluşmaktadır. Cıvcivlerin ilk günlerde koruyucu asıl tüyleri olmadığından sıcak tutulması gerekir, ancak kümes içi ısıtıldığında, rutubetin de düşeceği unutulmamalıdır. Düşük rutubet, ilk günlerde cıvcivlerin su kaybetmesine neden olduğundan verim düşebilir. Kümeslerde ilk günlerde %50-70 arası rutubet olması gerekirken, yapılan ölçümler rutubetin, %30 seviyelerine düştüğünü göstermektedir. Bu sebeple ilk 3 gün kümeste, rutubet sağlayıcı önlemler alınmalıdır (Altınel, 1999). Örneğin; duvarları ıslatmak, duvarlara ıslak bezler asmak, radyan altına su kabı asmak veya içeride su kaynatmak gibi yöntemler denenebilir (gelecekte, bu işlemi otomatik olarak yapan ekipmanlar üretilene kadar).

Tavuk, piliç ve cıvciv büyütme kümeslerinde nem, kümes içi sıcaklık ve havalandırma ile bir arada düzenlenir. Yetiştirmede ideal kabul edilen kümes içi rutubet ve sıcaklık değerleri Çizelge 7.10'da verilmiştir.

Çizelge 7.10 Yetiştirme kümeslerinde rutubet ve sıcaklık değerleri (Altınel, 1999).

<i>Yetiştirme yönü</i>	<i>Nisbi nem (%)</i>	<i>Sıcaklık</i>
Damızlık tavuklar	60-70	12-20
Yumurtacı civciv ve piliçler		
1. hafta	50-70	31-32
2. hafta	50-70	29-30
3. hafta	55-70	27-28
4. hafta	55-80	22-27
5. hafta	60-70	20-25
6. hafta	60-70	16-24
7. hafta	60-70	16-24
8. hafta	60-70	14-24
9. hafta	60-70	14-20
10. hafta	60-70	14-20
22. hafta	60-70	14-20
Etlik civciv ve piliçler		
1. hafta	50-70	31-32
2. hafta	50-70	29-30
3. hafta	50-70	27-28
4. hafta	50-70	22-27
5. hafta	60-70	21-26
6. hafta	60-70	20-24
7. hafta	60-70	16-24
8. hafta	60-70	16-24

7.2.3.2 Havalandırma

Tavuklar, alınan yemlerin değerlendirilmesi ve artık maddelerin dışarı atılması gibi fizyolojik faaliyetleri için oksijene dolayısıyla yeteri kadar temiz havaya ihtiyaç duyarlar. Oksijen gereksinimi sindirilen yem miktarına, çevrenin sıcaklık ve rutubet oranına göre azalır

çoğalabilir. Havalandırmanın birinci amacı, tavuklara ihtiyaç duydukları oksijeni sağlamak, ikinci amacı ise kümes içerisindeki karbondioksit, amonyak, toz ve kokuları dışarı atmak ve kümes içi rutubeti istenilen düzeyde tutmaktır.

Kümes içerisinde kg canlı ağırlık için saatte 0.4 m³ temiz havaya gereksinim vardır. Tavukların solunumda ihtiyaç duydukları hava miktarı ise kg canlı ağırlık için saatte 0.02 m³'tür. Bu değerler kümese giren temiz havanın büyük bir kısmının, rutubeti düşürmek, kirli havayı ve zararlı gazları dışarı atmak için kullanıldığını ifade etmektedir. Havalandırma sistemi kümesin kapasitesi, bölgenin iklim koşulları ve yetiştirilenin yönü gibi faktörler göz önüne alınarak doğal ve yapay olarak düzenlenir.

Doğal havalandırmanın yeterli bir şekilde çalışması kümes iç ve dış havasının sıcaklık farkı, rüzgarın yönü ve hızı gibi faktörlere bağlıdır. Doğal havalandırma sadece pencereler aracılığıyla yapılabilir. Bu amaç için en uygun olanı perdeli kümeslerdir. Bu kümeslerde pencere ile baca havalandırması bir arada yapılır.

Yapay havalandırma, doğal havalandırmanın yeterli olmadığı büyük kapasiteli kümeslerde uygulanır. Kümes projesinde öngörülen yerlere konan aspiratörlerle pis havanın dışarı atılması ve kümes içinde oluşan alçak basınç sonucu temiz havanın giriş deliklerinden içeriye alınması şeklinde düzenlenebilir (emici sistem). Diğer taraftan havalandırma cihazları ile kümes içine temiz havanın basılması ve kümes içinde oluşacak yüksek basınç sonucu kirli havanın dışarıya atılması şeklinde çalışan basınçlı sistem de uygulanabilir. Yetiştirmede, ilk bildirilen sistem daha çok tercih edilmektedir.

Havalandırma cihazları, kümesin konumuna göre yan duvarlara veya çatıya yerleştirilebilir. Aspiratörler, kümes eni 11 m'den az olan kümeslerde tek duvara, eni 11 m'den büyük kümeslerde ise her iki duvara da yerleştirilir. İyi havalandırma için kümeslerde, düz tavanlardan kaçınmak gerekir. Hacmi genişleyen sıcak ve kirli havanın dışarıya atmaya hazır duruma getirilmesi için tavanlar, çatı meyiline uyumlu yapılmalıdır. Havalandırma ile, sıcak bölgelerde yaz aylarında, kümes içini soğutma başarılmaz. Kümese havalandırma ile giren sıcak havaya, tavukların ürettiği ısı da eklenince kümes içinde oluşan sıcak ve kuru hava sorun yaratır. Bu soruna en ekonomik çözüm, hava girişlerine nem örtülerinin konulması ile getirilir. Kümese giren hava, gözeneklerden geçerken bir miktar suyu buharlaştırır ve ısı kaybeder. Böylece hem sıcak hava soğutulmuş hem de kümes içi nisbi nem miktarı biraz yükseltilmiş olur. Havalandırmada dikkat edilmesi gereken bir konu da kümes içindeki hava hızıdır. Bu konudaki çalışmalarda, kümes içerisindeki hava hızının 0.3-0.6 m/s değerleri

arasında değişiminin en uygun olacağı ifade edilmektedir (Altınel, 1999).

7.2.3.3 Aydınlatma

Tavukçulukta verimlilik, kümes aydınlatılması ile son derece ilgilidir. Aydınlatmada iki konu göz önünde tutulur. İlki, aydınlatma sisteminin ve gereken ışık yoğunluğunun düzenlenmesi, diğeri ise yetiştirme şekline ve zamanına uygun bir ışıklandırma programının uygulanmasıdır.

Kümeslerde aydınlık şiddetinin 15 lüks civarında olması istenir. Bu değerdeki bir aydınlık şiddetini sağlamak için, duvar yüksekliği 2.5 m olan bir. Kümeste sarı ışık veren normal elektrik ampulüyle 2 watt/m², floresans lamba ile aydınlatmada 0.75 watt/m² değerleri yeterlidir. Ancak birçok araştırmacı, floresans lambaların, tavukların döl verimine, yaşama gücüne ve yumurta verimine olumsuz etkileri bulunduğunu bildirmekte ve kümeslerde 40 watt'lık elektrik ampullerinin kullanılmasını önermektedir. Ampuller kümes içine eşit aralıklarla ve simetrik olarak yerleştirilir. İki ampul arasındaki mesafe en fazla 4 m, ampullerin yan duvarlarla olan uzaklığı ise en fazla 2 m olmalıdır (Altınel, 1999).

Etlik piliç yetiştiriciliği 24 saat ışık altında yapılır. Gün ışığının dışında kalan dönemlerde aydınlatma uygulanır. Ancak civciv büyütme döneminde, günde 1 saat kontrollü olarak ışık kesilir. Bununla, ani elektrik kesilmelerinde civcivlerin paniğe kapılıp yığılmaların önlenmesi amaçlanır. Yumurta tavuklarında ise aydınlatma, bir program dahilinde yürütülür. Civciv büyütme döneminde uygulanan günlük 16-18 saatlik ışık miktarı, 3 aylık yaşla 5.5 aylık yaş arasında tercihen azaltılarak günlük 12 saat civarına düşürülür. Böylece tavukların gelişmelerini tamamlamadan yumurtaya girmesi önlenir.

Yumurta üretim döneminde ise günlük aydınlatmanın 16 saat civarında olması istenir. Gün ışığına ek olarak uygulanan aydınlatma süresinin tercihen yarısı sabah, yarısı akşam saatlerinde uygulanır.

7.2.4 Civciv kümese geldiğinde yapılacaklar

Civcivler, bundan 10 yıl önce, 50 günde 2000 g (2 kg) gelirken günümüzde, 40 günde 2000 g canlı ağırlığa ulaşmaktadır. Bu genetik değişim nedeniyle civcivler, artık daha hassas hale gelmişlerdir. Bu sebeple kümesteki sıcaklık, hava, ışık ve bakım şartlarındaki değişiklikler verimi etkilemektedirler

Yemlerde, eskiden protein seviyesi hesaplanırken, günümüzde bilgisayar teknolojisi ve en son programlar sayesinde aminoasit yüzdeleri ve hatta bunların sindirilebilme oranları dahi dikkate alınmaktadır

Mevcut teknoloji sayesinde piliçlerin ihtiyacı olan vitamin, mineral, koruyucu yem katkıları hem daha kaliteli üretilmekte hem de miligram seviyelerinde hesaplanabilmektedir

Diğer yapılacak işlemler: civciv taşıma, civciv sayımı, civcivlerin kutularından boşaltılıp kümese yerleştirilmeleri ve civcivlerin hareketlerinin gözlenmesidir. Bunların yanı sıra tavuk yetiştiriciliğinde aşağıda belirtilen başlıklara da dikkat edilmesi gerekmektedir.

Üretim Başlarken, 1 civciv için yaklaşık 2 \$ teminat alınır (kümes sahibinden başka ücret alınmaz). Civcivler, özel araçlarla kümese getirilirler. Tüm aşular yapılır (ücretsiz). Civcivlerin ihtiyacı olan yem, 3 gün önceden silolarla kümese getirilir ve dört çeşit yem kullanılır. Kümes boşaltıldığında, kaba temizlik yapıldıktan sonra sulu dezenfeksiyon işlemi yapılır. Kesim ağırlığına ulaşan piliçler, tavuk kamyonları ile taşınırlar. Piliçler kesildikten sonra -18 °C'de büyük depoda saklanırlar. Yıl içerisinde 6 dönem üretim yapılabilir (optimum).

7.2.4.1 Altlık

Civciv gelmeden önce kümesin zeminine bir altlık malzemesi serilir. Bu malzeme yazın 5, kışın 10 cm yükseklikte olmalıdır. Altlık malzemesi olarak pulanya talaşı kullanılabilir. Talaş; tozsuz, kuru (%15 nemli) olmalı ve yabancı madde içermemelidir. Altlık, civcivlerin üşümemesi ve yumuşak bir zemin oluşturma amacıyla kullanılır. Civcivler, dışkı ve idrar yaptıkça fermantasyon olur ve dönem sonunda altlıklar, toz halini alırlar. Altlık, her yerde aynı kalınlıkta olmalıdır. Civciv kümese girmeden önce, bir dönem boyunca kullanılacak olan altlığın tamamı kümese serili olmalıdır. Çubuk şeklinde iri kıyım balya samanı gibi malzemeler kullanılmamalı, talaş kullanılmalıdır.

Kış; kümes içi sıcaklığı 32 °C iken kümes dışından gelen soğuk (+10) hava birleşmesi kontrollü olmalıdır. Çünkü kümes içinde ısınmış olan hava kütlesi yükselerek, çatıya yakın bir yerde durur. Ancak dışarıdan gelen soğuk hava aşağıya çökme eğilimindedir. Bu durumda civcivlerin üzerine soğuk hava hızlı bir şekilde çarpar ve civcivi strese sokar. Aynı zamanda ısındığı için yüksekte bulunan hava, gereken faydayı ve yakıt tasarrufunu sağlamaz. Çünkü fanlar çalışınca kümes tavanına paralel olan ve 80 cm uzunluktaki PVC borular, dışarıdan gelen havayı çatının doğrultusunda üfleyecek ve böylece sıcak hava ile karışacaktır. Bunun devamında da sıcak-soğuk hava birleşmesi aşağıya çökecek, yakıt tasarrufu ile birlikte civciv seviyesine ulaştığında zararsız hale gelecektir. Buna "minimum havalandırma" denir. Bu şartların oluşması için fanlar çalıştığında, havanın PVC borular dışında kapı, pencere, bölme perdesi gibi yerlerden girişine engel olunması şarttır.

Yaz; gündüzleri dışarının sıcaklığı 40 °C'ye ulaştığı durumlarda, kümes içerisinde istenen 25 °C sıcaklığı yakalamak zor olacaktır. Bu dönemde piliç büyümüş olacak ve daha fazla havaya ihtiyaç duyacaktır. Bunun için PVC boruları kapatılarak dışarıdan gelen sıcak havanın soğutma PAD'lerinden girmesi sağlanacaktır. Buna "Maksimum havalandırma" denir. PAD'lerin ne zaman devreye gireceği ve ne kadar çalışacağı da kontrol panosu tarafından yönetilir. Bazı dönemler PAD'lerin ilk günden çalışması gerekebilir.

Değer işlemler; ilk 7 gün boyunca yüksek yoğunluklu ışık uygulanmalıdır (20 lux'den fazla, sonra aşamalı olarak ışık yoğunluğu azaltılmalıdır. Tüm kümesteki ışık yoğunluğu eşit olmalıdır.

Kesim günü, yakalama başlamadan önce sindirim sisteminin boşalması, taşıma sırasında ve kesim anında dışkıyla bulaşmanın engellenmesi açısından son derece önemlidir. Yakalama öncesi ışık şiddeti azaltılarak stres önlenebilir.

Kümesine giren kişiler, koruyucu kıyafet giymeliler, eller yıkanmalı, çizmeler ve araç tekerlekleri dezenfekte edilmelidir. İki dönem arası boşluk süresi (ekonomik açıdan uygun ise) 15-20 gün gibi mümkün olduğunca uzun olmalıdır (Altinel, 1999).

Yaz aylarında günün en serin saatinde yemleme yapılır. Saçaklar en az 1 m yapılarak güneş ışınlarının kümes içerisine girmesi engellenir.

7.2.4.2 Dezenfeksiyon

Piliçlerin tamamı kesime gittiği gün gübre, derhal kümesten çıkarılır ve uzaklaştırılır (traktör kepçesi kullanılarak). Dışarı taşınabilen tüm ekipmanlar çıkartılır ve kümesin içerisinde kuru temizlik denilen süpürme işlemi yapılır. Su deposu yarım doldurulur içerisine dezenfektan atılır ve tüm suluk sisteminde 24 saat bekletilir. Tüm duvar ve tavanlar yıkanır. Yemlik-suluk dışarı çıkarılarak kümesin içi havalandırılır. Kümes hazırlandıktan sonra alınması gerekli tüm ekipmanlar dezenfekte edilerek kümes içerisine yerleştirilir (civciv gelmeden 5 gün önce), sonra kümesin her tarafı kapatılır, 250 °C'de ısıtılıp içeriye tütsü şeklinde dezenfektan atılır ve 1 gün kapalı bekletilir. Bu duman suyu, en küçük deliğe bile girerek dezenfekte edecektir.

7.2.4.3 Yemleme

Civcivlerin hayatının ilk birkaç günlük dönemindeki gelişmeleri önemlidir. Büyümenin en uygun olması amaçlanırken, hayvan sağlığı da buna uygun olmalıdır. Kuluçkadan hemen sonra meydana gelen bütün değişiklikler civcivler için önemlidir. Civcivler yumurtadan çıktığında, vücut ağırlıklarının yaklaşık %20'si yumurta sarısından oluşur. Üstelik sarı kese,

ilk birkaç günlük yeterli besinleri sağlar. Bundan başka civciv yaşamının birinci safhasında, sindirim organları ve karaciğer gelişir. Sonuç olarak artan canlı ağırlığına göre sindirim organları ve karaciğerin gelişimini, iskelet ve kas (et) gelişimi ile mukayese edersek, iskelet ve kas dokularının değişimi ve büyümesi, yaşamın ilk haftasından sonra artar.

Son olarak kuluçkada, civcivler yumurtadan çıktıktan sonra, kendi mikroflorasını (bağırsaktaki mikrop potansiyeli) ve bağışıklık sistemini geliştirmek zorundadır. Bu nedenle ilk hafta boyunca yemleme, sadece tek başına önemli değildir ama yemin içeriği özel olmalıdır. Aşağıdaki tabloda 7. ve 21. gün büyüme oranları verilmiştir. Araştırmalar göstermiştir ki; kuluçkadan sonra civcivlere, kesinlikle 30 saati geçirmeden mümkün olduğunca erkenden yem verilmesi gerekmektedir. Böylece büyüme artmaktadır.

Çizelge 7.11 Yemleme zamanının kuluçkadan sonra civcivlerin büyümesindeki etkileri

<i>Kuluçkadan sonra yem verme süresi</i>	<i>7. günde canlı ağırlık (g)</i>	<i>21. günde canlı ağırlık (g)</i>
6 saat sonra	150	830
18 saat sonra	149	832
30 saat sonra	135	807
42 saat sonra	116	762
54 saat sonra	106	734
66 saat sonra	92	682

Kümes yapımı ve kümes içi çevre koşullarının düzenlenmesi: Tavuk yetiştirme, kümes adı verilen barınaklarda yapılır. Randımanlı bir tavukçuluk için yetiştirmede, genetik kabiliyetleri yüksek tavukların kullanılması ve bu tavukların bakım ve beslenmelerinin iyi olmasının yanı sıra uygun çevre koşullarının da bulunması gerekmektedir. Tavuk yetiştiriciliği dünyanın her yerinde yapılabilir. Önemli olan kümes içi çevre koşullarını istenilen düzeyde tutabilmektir.

7.2.5 Arazi ve inşaat aşamaları

Kümes yapımına geçmeden önce ilgili makamlara başvurulmalı ve gerekli şartlar ve belgeler sağlanmalıdır (Kanatlı tavukçuluk, 2004).

Kümes inşasına başlanmadan önce inşaat ruhsatı alınması gerekmektedir. Bunun için başvurulacak ilgili makam; kümesin yapılacağı arazi, belediyenin mücavir alanı içinde kalıyorsa belediye, köy sınırları içerisinde bulunuyorsa muhtarlıktır. Bu iki makamın

sorumluluk alanı dışındaki yerlerde ise, bayındırlık makamına başvurulması gerekmektedir. Belediye ve bayındırlık yetkililerinin isteyeceği belgeler şunlardır:

- Arazi tapusu
- Arazi çapı ve yerleşim planı
- Arazinin jeolojik etüt raporu
- Betonarme projesi ve statik hesaplar
- Mimari proje
- Su ve elektrik projeleri (şayet istenirse)

7.2.5.1 Arazi

Tavuk yetiştiriciliği için en uygun iklim, ılıman iklimdir. Kümes arazisinin seçiminde, ekonomik olması açısından tarıma elverişli olmayan hafif meyilli ve kumsal araziler düşünülür. Arazinin su, elektrik ve ulaşım gibi altyapı durumları değerlendirilir.

- Arazi, yerleşim merkezleri ile ana yollardan uzak olmalıdır (araç ve insan trafiğinin yoğun olduğu yollara yakın kümeslerde, hastalık bulaşma riski daha yüksektir) ve ana yollarla tali yollara bağlanmalıdır (yaz-kış yem ve civciv nakline uygun olmalıdır). Gürültü ve far ışıkları, tavuklarda stres yaratır ve verimi düşürür.
- Arazi meyilli veya engebeli olmamalıdır (harfiyat gerektirdiğinde inşaat-temel maliyetini arttırmaktadır). Tarıma elverişli olmayan hafif meyilli ve kumsal araziler düşünülebilir.
- Hijyen ve bio-güvenlik için mümkünse üç tarafı ormanla çevrili veya bir tepeye yaslanmış olan araziler tercih edilir
- Arazi, dikdörtgen biçiminde en az 10000 m² (1 hektar) olmalı ve daha sonra yapılması muhtemel ilave kümeslere de yer bırakılmalıdır
- Şekil 7.8'de görüldüğü gibi kümesin önü ile yol arasında 10 m, arkası ile komşu arazi arasında 5 m boş alan bırakılması zorunludur
- Bu özellikleri taşıyan arazi, köy/mahalle gibi yerleşim birimlerine 1 km kadar uzak olmalıdır (komşular, kokudan rahatsız edilmemelidir)

- Bu amaçla bir arazi satın almadan önce, Tarım İl Müdürlüğü Yetkili'lerinden (ayrıca ruhsat almak için de) görüş istenmelidir
- Tarım İl Müdürlüğü, 1. sınıf ekilebilir ve sulanabilir tarım arazilerine, kümes yapımına izin vermemektedir. 2. ve 3. sınıf araziler daha uygundur (ayrıca m² fiyatları daha ekonomiktir)
- Arazi yakınından elektrik hattı geçmeli ve su bulunmalıdır
- Araziye giden yol, tapuda kayıtlı olmalıdır. Aksi takdirde ilerde yol geçiş hakkı isteme ve bunun için de ilave ödeme yapılması gerekebilir
- Arazi yakınından (300-500 m), üç faz sanayi cereyanı geçmesi gerekir (kümes ekipmanları 3 faz elektrikle çalışır). Böyle bir hattan elektrik alınması için Elektrik İdaresi'nden izin alınmalıdır. Kullanılacak trafo, her bir kümes için 20 kVA'lık olmak üzere 2500'lük olmalıdır
- Şayet su yok ise, DSİ'ye başvurup su sondaj izni alınmalıdır (Kanatlı tavukçuluk, 2004).

7.2.5.2 İnşaat Aşamaları

Kümes yapımında kullanılacak inşaat malzemeleri, kümes içi çevre koşullarının istenilen düzeyde tutulmasına yardımcı olacak nitelikte olmalıdır. Taban suyunun yüzeye yakınlığı tespit edilir. Arazi üzerinde kümes yapım yerleri belirlenir ve kümes tabanı hazırlanır. Bunun için zemin düzlenir. Toprak silindirlenerek sıkıştırılır ve üzerine yanlardan akıntı verecek şekilde şaplı beton dökülür. Kümes zemini toprak seviyesinden 40-50 cm yukarıda olmalıdır.

Duvar yapımında en uygun inşaat malzemeleri; briket, tuğla ve delikli tuğladır. Duvar iç yüzeyinde plastik ve hazır badana malzemeleri kullanılmaz. Bu tür malzemeler, kümes içinde rutubetin emilmesine ve yüzeyde su damlacıklarının oluşmasına yani kondansasyona neden olur.

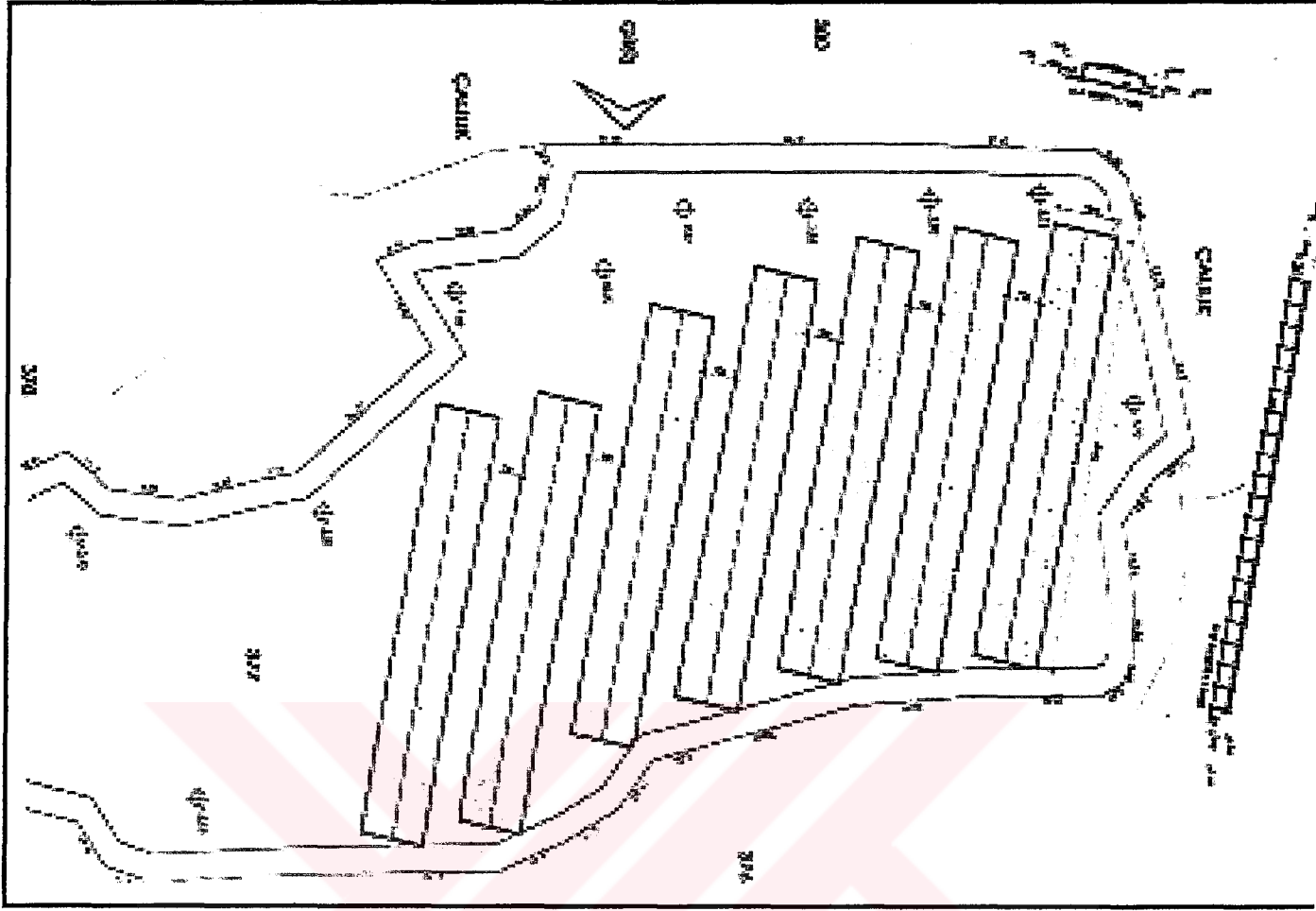
Duvar yüksekliği en az 220 cm olarak hesaplanır. Pencerelerin toplam alanı, kümes zemin yüzölçümünün en az 1/6'sı kadar, pencere alt kenarlarının zeminden yüksekliği de 150 cm civarında olmalıdır.

Çatı, tercihen %15 eğimli beşik çatı şeklinde yapılır. Beşik çatı, kirli havanın kümes içinden atılmasına yardımcı olur. Çatı malzemesi olarak kiremit, çinko ve eternit kullanılabilir. Bunlardan en fazla tercih edilen, eternittir. Çatıda dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta ise

izolasyonun çok iyi yapılmasıdır. Bu amaç için çatı, en az 4 cm kalınlığında izoteknik bir madde ile çatı meyiline uygun şekilde kaplanmalıdır. Çatıya her 6 m.'de bir, 40-50 cm çapında ve çatı üst seviyesinde 60 cm yükseklikte olacak şekilde havalandırma bacaları yerleştirilir (Altınel, 1999).

Tüm yukarıda yazdığımız konuların dışında, kümes yapımı inşaatı aşamalarında, aşağıda belirtilen durumlara da dikkat edilmelidir (Kanatlı tavukçuluk, 1999).

- Yapılacak kümes bir adet olsa dahi, gelecek yıllarda eklenmesi muhtemel kümesler de dikkate alınarak yerleşim planı yapılmalıdır
- Yem ve diğer araçların kümes içerisinde dolaşması gerekmeyecek şekilde kümesin önü ve arkası planlanmalıdır (örneğin; yem siloları arazinin girişine ve kümeslerin ön yanına konur, böylece hijyen kontrolü sağlanabilir)
- Kümeslerin kirli havaları yerleşim yerlerine ve birbirine ulaşmaması için rüzgar yönü dikkate alınmalıdır. Bu sebeple fanların yönü önemlidir (fanlar, rüzgara karşı üflememelidir). Kuzey/güney gibi güneş yönüne uyulması zorunlu değildir. Ancak, araziye en fazla güneş nasıl sığıyorsa, planlamanın o şekilde yapılması uygundur.
- Kümeslerin yerleşim planı, birbirlerine paralel ve aralarında en az 10 m boş alan kalacak şekilde yapılmalıdır (bu boş alanın bir kısmı yol olarak kullanılacaktır)
- Bir çiftlik kapasitesi olarak en az 100.000'lik ve en çok 250.000'lik çiftlik düşünülmeli, artan kapasite için 2-5 km uzakta başka bir arazide 2. bir çiftlik planlanmalıdır (Şekil 7.8)
- Kümes yapımında her aşamada denetim şarttır. Aksi takdirde kümes bittikten sonra yapılan denetimde görülen noksanlıkları düzeltmek hem zor hem de maliyetli olacaktır. Hatta gerekirse işletmeye alınmaları yasaklanabilmektedir.



Şekil 7.8 Kümeslerin yan yana görüntüleri

8. ÇORUM İL'İ TAVUK ÇİFTLİĞİ ATIKLARININ İNCELENMESİ VE BİYOGAZ TESİSİ TASARIMI ÖRNEĞİ

8.1 Çorum İl'i Tavuk Çiftliği Atıklarının İncelenmesi

Çorum Bölgesi'ne yapılan kısa ziyaret neticesinde, Çorum Çevre-Orman İl Müdürü izniyle ve Müdürlük Yetkilileri yardımıyla, bölgedeki tavuk çiftlikleri ziyaret edildi ve genel bilgi alındı. İl'in önemli bir çevre sorunu hayvansal atıklardır. İl genelinde 156 adet tavuk çiftliği bulunmakta olup bunlardan 58 tanesi faaliyettedir. Çorum'da yıllar itibariyle ortalama 2 milyon tavuk mevcuttur ve günlük 300 ton civarında yaş gübre oluşmaktadır (175 g/tavuk). Besi ahırlarından kaynaklanan atık miktarı ise yılda, 135.415 tondur. Bu atıkların kontrol altına alınamaması ve bilinçsizce ekim alanlarına, meralara, açık alanlara, akarsulara atılması nedeniyle hem bölge toprağının biyolojik yapısı tahrip edilmekte hem de özellikle yaz aylarında aşırı derecede istenmeyen koku, sivrisinek oluşumu ile insan ve çevre sağlığı tehdit edilmektedir. Sularda ve toprakta oluşan azot ve fosfor kirliliğinin yanı sıra atık birikiminden oluşan çeşitli gazlar, bölge havasını kirletmekte ve zararlı mikroorganizmalar ve bakterilerin oluşumu ile bazı hastalıkların yayılmasına sebep olmaktadır.

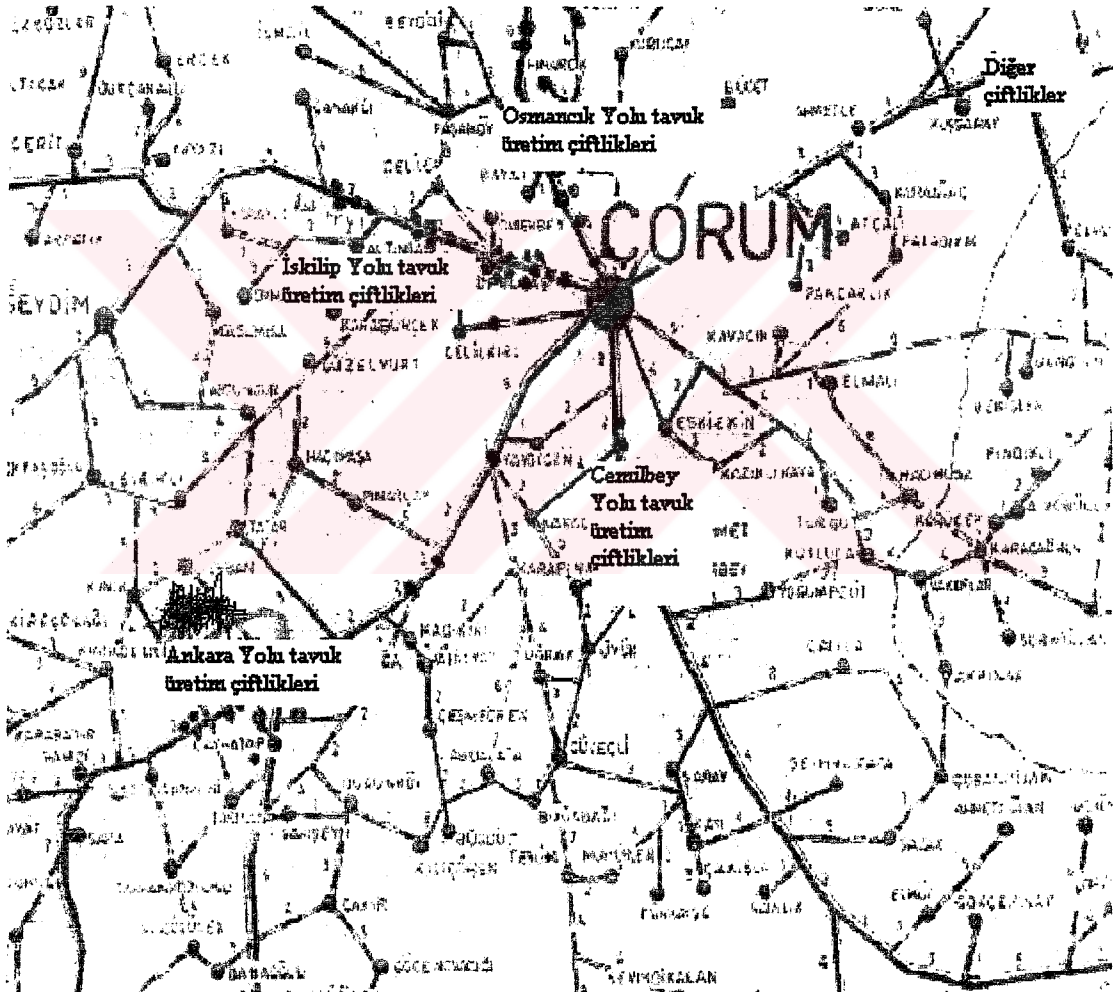
İl merkezinden geçen akarsuların Yeşilırmak kolu ile Karadeniz'i kirletmesi tehlikenin diğer bir boyutudur. Rastgele atılan gübre atıkları, yer altı-yerüstü su kaynaklarını süratle kirletmekte ve yerleşim birimlerinde bu sular kullanılmaktadır (içmesuyu, kullanma suyu, sulama suyu olarak). Su kaynaklarında yapılan analizler neticesinde elde edilen değerler, Yönetmelikte istenilen değerlerin çok üzerinde çıkmıştır.

Çorum nüfusu 161.400 kişidir. Çorum'da tarımsal üretim yapılmaktadır ve yumurta tavukçuluğu üretimi oldukça yaygındır. 220 adet ruhsatlı ve ruhsatsız pek çok sanayi atık suları ile çiftlik atık suları, Derin Çay'a boşaltılmaktadır. Derin Çay Deresi son derece kirlenmiş olup Bakanlık, bu kirliliği kontrol edemediği için dolaylı olarak Yeşilırmak ve oradan da Karadeniz kirlenmektedir (Bkz. Derin Çay/Çorum Su Analiz Raporu).

Bu atıkların değerlendirilmesi için İl'de; Tabiatı Koruma Derneği, Valilik, Belediye Başkanlığı, Yumurta Üretim ve Pazarlama A.Ş. tarafından yurt içi ve yurt dışı çalışmalar araştırılmış ancak mali imkansızlıklar nedeniyle başarı sağlanamamıştır. Bu konuda, ayrıca sözkonusu atıkları değerlendirmek için bir tesis oluşturmak üzere, Yumurta Üretim ve Pazarlama A.Ş. tarafından bir şirket dahi kurulmuştur. Yatırım için arazi tedariki yapılmış ve mahalli idareden, yatırım alanı olarak tescili yapılmıştır. Her ne şekilde olursa olsun, tarımsal üretimin yapıldığı ülkemizde, böyle değerlendirilebilir nitelikteki atıkların, ülkemiz şartları

göz önünde tutularak kontrol altına alınması ve ithal edilen organik gübre yerine bu atıkların stabil hale getirilip gübre olarak kullanılması çalışmalarının bir an önce başlatılması, hem ülke ekonomisi hem de çevre kirliliğinin önlenmesi açısından ciddi önem arz etmektedir.

Çorum'da bulunan tavuk çiftlikleri 4-5 bölgede toplanmaktadır ve bu bölgeleri gösteren Çorum Harita'sı, Çorum Çevre-Orman İl Müdürlüğü Yetkili'lerinden elde edilmiştir ve Şekil 8.1'de verilmektedir. Bu harita üzerinde gösterilen işaretli bölge, bu çalışmada tavuk gübrelerinin temiz enerjiye dönüştürülmesi amaçlı, hesaplanması ve tasarlanması düşünülen örnek anaerobik çürütme tesisinin kurulacağı bölge olan Ankara Yolu Tavuk Üretim Çiftliği'dir.



Şekil 8.1 Çorum İl'i tavuk üretim çiftliği üretim bölgeleri ve pilot tesis Ankara Yolu

8.1.1 Bölgede Üretim Yapan Tavuk Çiftlikleri ve Kapasiteleri

Çorum'da son yıllarda yaşanan en büyük çevre problemi, İl'deki tavuk üretim çiftliklerinde oluşan gübrelere kaynaklanmaktadır. Çevre-Orman İl Müdürlüğü Yetkili'leri, çiftliklerden ortaya çıkan atıkların bir kısmının tarımda gübre olarak kullanıldığını, geri kalan kısmının ise gelişigüzel dökülmek suretiyle yöredeki su kaynaklarını kirlettiğini ifade etmiştir. İl'de, büyük ölçüde, yumurta üretimi amacıyla tavukçuluk yapılmaktadır. Yaşanan ekonomik olumsuzluklar, yöredeki tavuk çiftliklerini de etkilemiştir. DİE'den alınan verilere göre, 1999 yılında yaklaşık 3.000.000 olan tavuk sayısı sürekli değişmekte ve 2001'de 2.800.000 iken 2003 yılında 1.700.000'lerde seyretmektedir. Çorum'da bulunan 156 civarında tavuk çiftliğinin 58'i faal olarak üretim yapmaktadır. Toplam günlük tavuk gübresi miktarı, yaklaşık 300 ton civarında (175 g/tavuk) olup, normal sistemde çalışan bir kümesten çıkan gübrenin yaklaşık %75'i nemlidir. Çorum Bölgesi'nde halen faaliyette olan ve Şekil 1'de gösterilen önemli tavukçuluk işletmeleri yerleri ve tavuk sayıları Çizelge 8.1, Çizelge 8.2 ve Çizelge 8.3'de verilmiştir.

Çizelge 8.1 Çorum İl'inde mevcut tavukçuluk işletmeleri, tavuk sayıları ve katı atık bilgileri (Çorum Çevre-Orman İl Müdürlüğü, 2003)

<i>Tavukçuluk İşletmesinin Adı</i>	<i>Adresi</i>	<i>Hayvan Sayısı</i>	<i>*Katı Atık Miktarı (kg/gün)</i>
Dörtler Tavukçuluk	Ankara Yolu 13. km	10000	1750
Umut Eke Tavukçuluk	Ankara Yolu 21. km	10000	1750
Servet Tavukçuluk	A.Yolu Bozboğa Mevkii	10000	1750
Alibaba Tarım Tic. San.	İskilip Yolu 13. km	11000	1925
Pınar Tavukçuluk	Ankara Yolu 16. km	15300	2678
Ortadoğu Tavukçuluk	Ankara Yolu 15. km	16000	2800
Diker Tavukçuluk	Osmancık Yolu 1.km	16000	2800
Zirve Tavukçuluk	Samsun Yolu 15.km	17000	2975
Başoğlu Tavukçuluk	Ankara Yolu 20. km	20000	3500
Halk Tavukçuluk	Ankara Yolu 10. km	20000	3500
Yenes Tavukçuluk	Ankara Yolu 20. km	20000	3500
Karsa Tavukçuluk	Ankara Yolu 19. km	20000	3500
Beyazgül Tavukçuluk	Cemilbey Yolu 5. km	20000	3500
Huzur Tavukçuluk	Cemilbey Yolu 4. km	20000	3500

Çizelge 8.2 Çorum İl'inde mevcut tavukçuluk işletmeleri, tavuk sayıları ve katı atık bilgileri
(devam 1)

<i>Tavukçuluk İşletmesinin Adı</i>	<i>Adresi</i>	<i>Hayvan Sayısı</i>	<i>*Katı Atık Miktarı (kg/gün)</i>
Çelik Tavukçuluk	Cemilbey Yolu 5. km	20000	3500
Aze Tar. Ürün.	Cemilbey Yolu 9. km	20000	3500
Bozlar Tavukçuluk	Cemilbey Yolu 5. km	20000	
Kral Tavukçuluk	Çatak Yolu 1.km	20000	3500
Reyhan Tavukçuluk	Osmancık Yolu 7.km	20000	3500
İsmet Tavukçuluk	Alaca Yolu 23. km	20000	3500
Güney Tavukçuluk	Samsun Yolu 13.km	20000	3500
Aral Tavukçuluk	Osmancık Yolu 4.km	21600	3780
Çetinkayalar Tavukçuluk	Ankara Yolu 15. km	22000	3850
Yamanlar Tavukçuluk	Cemilbey Yolu 4. km	22500	3938
Şifa Tavukçuluk	Serpin Yolu Pınarcık Mev.	22500	3938
İkipmar Tavukçuluk	İskilip Yolu 13. km	25760	4508
Emin Tavukçuluk	Organize Sanayi Bölgesi	26000	4550
Beşel Tavukçuluk	Ankara Yolu 14. km	26740	4680
Yarımcı Tavukçuluk	Çevre Yolu Üzeri	27000	4725
Yeni Fatih Tavukçuluk	İskilip Yolu 6. km	29000	5075
Aker Tavukçuluk	İskilip Yolu 8. km	30000	5250
Bayramoğlu Tavukçuluk	İskilip Yolu 12. km	30000	5250
Sercan Tavukçuluk	İskilip Yolu 7. km	30000	5250
Yıldırım Tavukçuluk	Ankara Yolu 17. km	30000	5250
Uğur Tavukçuluk	Ankara Yolu 20. km	30000	5250
Arkadaş Tavukçuluk	Cemilbey Yolu 10. km	30000	5250
Gökar Tavukçuluk	Osmancık Yolu 3.km	30000	5250
Hacıoğlu Tavukçuluk	Osmancık Yolu 5.km	30000	5250
Seçkin Tavukçuluk	Osmancık Yolu 5.km	30000	5250
Kip Tavukçuluk	İskilip Yolu 10. km	30240	5292
İdeal Tavukçuluk	Ankara Yolu 20. km	31000	5425
Ekmekçioğlu Tavukçuluk	İskilip Yolu 12. km	32000	5600

Çizelge 8.3 Çorum İl'inde mevcut tavukçuluk işletmeleri, tavuk sayıları ve katı atık bilgileri (devam 2)

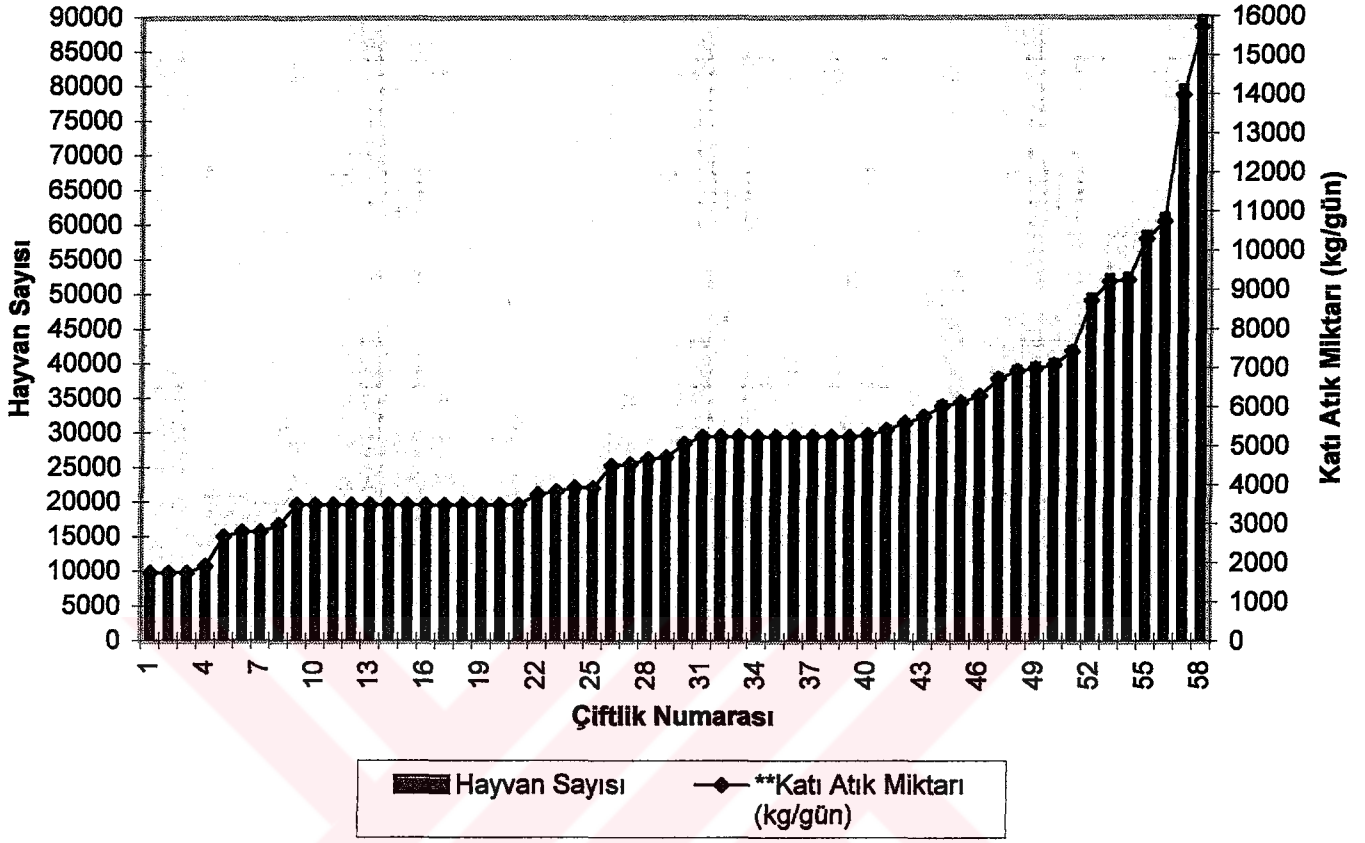
<i>Tavukçuluk İşletmesinin Adı</i>	<i>Adresi</i>	<i>Hayvan Sayısı</i>	<i>*Katı Atık Miktarı (kg/gün)</i>
Özücan Tavukçuluk	İskilip Yolu 7. km	36000	6300
Ceritoğlu Tvukçuluk	İskilip Yolu 6. km	38500	6738
An Tavukçuluk	İskilip Yolu 9. km	39600	6930
Yeniğin Tavukçuluk	Ankara Yolu 7. km	40000	7000
Kısmet Tavukçuluk	İskilip Yolu 7. km	40500	7088
Ender Tavukçuluk	Osmancık Yolu 3.km	42500	7438
Lider Tavukçuluk	Cemilbey Yolu 8. km	50000	8750
Şimşekler Tavukçuluk	İskilip Yolu 9. km	52800	9240
Cengizler Tavukçuluk	Ankara Yolu 3. km	53000	9275
Saraçoğlu Tavukçuluk	İskilip Yolu 5. km	59000	10325
Kubatoğlu Tavukçuluk	İskilip Yolu 7. km	61500	10763
Özslu Tavukçuluk	İskilip Yolu 9. km	80000	14000
Yılmazlar Tavukçuluk	Ankara Yolu 15. km	90000	15750
TOPLAM		1.737.540	304.070

**Üreticilerden alınan bilgi çerçevesinde, bir tavuktan kaynaklanan atık miktarı, 175 g/tavuk-gün olarak alınmıştır.*

Bu veriler çerçevesinde, mevcut koşullarda bölgede yaklaşık, 304 t/gün tavuk atığı olduğu görülmektedir. Ekonomik durumdaki değişmeler, üretim koşullarını etkilemektedir. 1999 yılında 3.000.000 olan tavuk sayısında bugün itibariyle %56'lık bir düşüş görülmektedir. Dolayısıyla oluşan gübre miktarında da (1999 yılında 350-400 ton iken bugün yaklaşık 300 ton), %15-25 değerinde azalma olmuştur.

Şekil 8.2'de, bu dört bölgede üretilen tavuk sayıları ve çiftlik kapasiteleri bir grafikte gösterilmiştir.

ÇORUM İL'İ TAVUK ÇİFTLİKLERİ VERİLERİ



Şekil 8.2 Çorum İl'i tavuk üretim çiftlikleri kapasiteleri ve oluşan atık miktarları

8.1.2 Çorum İl'i Tavuk Atıkları Özellikleri

Çorum Çevre-Orman İl Müdürlüğü Yetkililerinden alınan bilgilere göre, Çorum Belediye'si tarafından kurulmuş olan biyogaz deneme tesisi birkaç ay çalıştırılarak biyogaz üretilmiş, gübre içerisinde bulunan ve yumurta kabuğunun sağlamlaşması için yeme ilave edilen mermer tozu sebebiyle reaktör içerisinde oluşan tortu sonucunda sistem çalışamaz hale gelmiştir. Biyogaz deneme tesisinin çeşitli alternatifler denenerek çalıştırılması, gübreden elde edilecek biyogaz miktarı, biyogaz alternatifinin faydaları ve olumsuz yönlerinin önceden tahmin edilmesi açısından önemli bir konudur. Tesiste oluşan tortunun sebebi, sistemin aşağı akışlı beslenmesi olarak gözükmektedir. Sistemin yukarı akışlı olarak değişken hidrolik yükleme hızlarında beslenmesi, biyokütlenin askıda kalmasını temin edeceği için tortu probleminin önlenmesi mümkün olacaktır.

Literatürde önerilen hidrolik yükleme hızı, kuvvetli atıklar için ($KOI=20000$ mg/l), 3 m³/m²-saat'tir (Tilche ve Viera, 1991). Ayrıca tavuk gübresi ile çalışan biyogaz üretme sistemlerinde organik yükleme hızı, 11-15 g KOI/m³-gün olarak verilmektedir (Young, 1991).

Çorum İl'i Yetkililerinden alınan tavuk atıkları örneklerinin analiz değerleri Çizelge 8.4'de verilmiştir. Çizelge'de ayrıca Çorum'da kurulmuş olan biyogaz deneme tesisi çıkış gübresinin analiz sonuçları da verilmektedir. Biyogaz tesisi çıkış gübresinin, besin elementleri ve karbon içeriği açısından diğer gübrelere oranla oldukça düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca fermantasyon sonucu, gübrenin ısı değeri de yaklaşık %50 azalmıştır.

Toplam 156 adet çiftliğin %70'i normal, %20'si çift katlı, %10'u ise bantlı sistem olarak işletilmektedir ve en kaliteli gübre, nem içeriğinin düşüklüğü açısından çift katlı kümeslerden çıkmaktadır. Çorum'da tavuk atıklarının bertarafı için en uzak çiftliğe 25 km mesafede 700 hektarlık bir arazinin bulunduğu, ancak bertaraf tesisi kurulması için finansmana gereksinim duyulduğu belirtilmiştir.

Çizelge 8.4 Çorum bölgesi tavuk atıkları analiz sonuçları (Tübitak, 2001)

<i>Parametre</i>	<i>Örn.</i>	<i>Nem (%)</i>	<i>Kül (%)</i>	<i>Uçucu mad. (%)</i>	<i>Sabit C (%)</i>	<i>Top. S (%)</i>	<i>C (%)</i>	<i>H (%)</i>	<i>N (%)</i>	<i>P (%)</i>	<i>Isıl değer (kJ/kg)</i>
Özgül tavukçuluk (tek katlı kümes)	orij.	74.38	8.0	15.61	2.01	0.08	0.08	-	-	-	-
	kuru	-	31.21	60.93	7.86	0.32	36.25	4.71	3.56	16.7	14108
Zengin tavukçuluk (iki katlı kümes)	orij.	8.11	53.14	36.18	2.57	0.29	-	-	-	-	-
	kuru	-	57.83	39.37	2.8	0.32	32.45	4.36	3.72	21.9	10543
Biyogaz ıkiş übresi Çorum Belediyesi	orij.	1.95	22.75	64.23	11.07	0.14	-	-	-	-	-
	kuru	-	23.21	65.50	11.29	0.14	18.64	2.32	0.97	15.6	6232

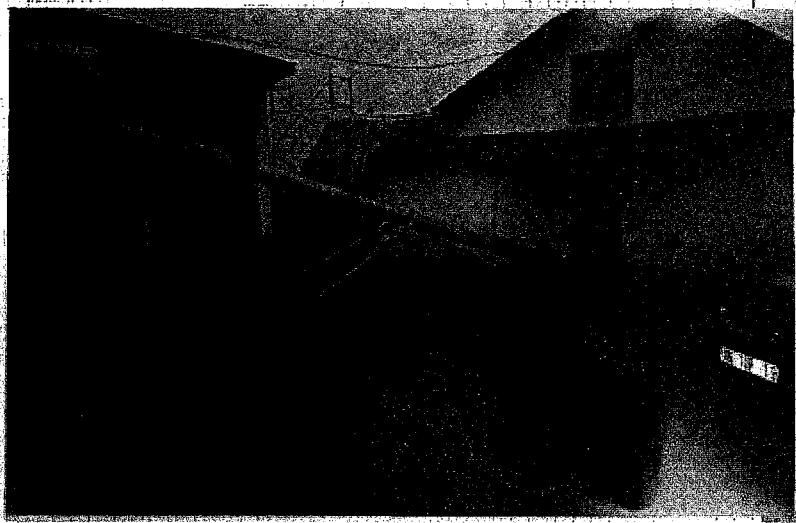
8.1.3 Hayvan Atıklarının Nakliyesi

Hayvan gübrelerinin ekonomik açıdan kabul edilebilen en fazla taşıma uzaklıkları Çizelge 8.5’de verilmiştir.

Çizelge 8.5 Çeşitli grup hayvan gübrelerine ait KM miktarları ve önerilen taşıma mesafeleri

<i>Hayvan grupları</i>	<i>Kuru madde miktarı (%)</i>	<i>Taşıma mesafesi (km)</i>
Sığır ve koyun	8-15	10
Yumurta üretimi ve kümes hayvanı yetiştirme (sadece dışkı)	30(70)	40
Hindi ve diğer kümes hayvanları (çöp niteliğindeki atıklar ve dışkı)	70	40

Çiftlik hayvanı gübrelerinin kuru madde miktarı %70 civarında ise kaynaktan 40 km mesafeye, kuru madde miktarı %10 ise kaynaktan 10 km mesafeye taşınmasının ekonomik olduğu bildirilmektedir (Tafdrup, 1994). Çiftlik hayvanı gübrelerinin ekonomik olarak merkezi ünitelere ulaştırılabilmesi, bu hayvan atıklarının bertaraflarında karşılaşılabilecek önemli problemlerden biridir. Bu sebeple çiftlik hayvanı gübreleri için Kaynak Haritası çıkartılması önerilmiştir. Kaynak haritaları yöntem seçiminde, bertaraf yöntemi için kapasite belirlenmesinde ve toplanabilir çiftlik gübrelerinin kaynaklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 8.3 Gübrelerin geçici olarak betonarme depoya taşınması (Çorum)

8.1.4 Hayvan atıklarının atık özelliklerine göre değerlendirilmesi

Katı atığın, biyolojik prosesler sırasında davranışını belirlemekte kullanılan önemli bir parametre olan karbon/azot (C/N) oranı, Türkiye'nin bazı yörelerinde bulunan et ve yumurta tavuğu üretimi yapan çiftliklerde yapılan analizler neticesinde, 9-15 arasında bulunmuştur (Tübitak, 2001).

Genel olarak kompostlama için C/N oranı 30:1 olarak literatürde verilmektedir. C/N oranının düşük olması durumunda N değeri artacak ve amonyak gazı formunda (istenmeyen kokuya sebep olarak) ortamdan ayrılacaktır. C/N oranının yüksek olması durumunda ise, ortamdaki mikrobiyolojik popülasyonun optimum koşullarda büyümesi için yeterli azot bulunmayacağından, kompost göreceli olarak daha soğuk kalır ve parçalanma daha düşük hızda devam eder. Kompostlama prosesi ilerledikçe C/N oranı, son ürün için 10-15 aralığına düşmektedir. Bunun sebebi, organik bileşiklerin mikroorganizmalar tarafından parçalanması sırasında kullanılan karbonun, yaklaşık 2/3'ünün karbondioksit olarak atmosfere verilmesidir. Geri kalan 1/3 oranındaki karbon ise azot ile birlikte yeni hücre yapılarının oluşturulmasında kullanılır, bunlar hücrelerin ölmesi ile serbest bırakılırlar. Hayvan gübrelerinin kompostlanması sonucu elde edilen kompostun bileşenleri için C/N oranı 5-24 aralığında olarak literatürde verilmektedir (Topkaya, 2001).

Hayvan atıklarının havasız koşullarda çürütülmesi prosesinde optimum C/N oranı 20-30 arasında verilmektedir (Hammad ve diğerleri, 1999). Bazı kaynaklar ise minimum C/N oranını 16:1 olarak tanımlamıştır (Sanders vd., 1965). İnek gübresi için C/N oranı literatürde 18:1 olarak verilmiştir (Gootas, 1956; Fry and Merrill, 1973; NAS, 1977). Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar büyükbaş hayvan gübreleri için bu oranın sağlandığı ancak tavuk gübreleri için gerek kompostlama gerekse havasız koşullarda çürütme prosesleri için C/N oranının yaklaşık %50 düşük olduğunu göstermektedir. Bu durumda proses yönetiminde tavuk gübrelerinin kompostlama ve havasız çürütme süreçlerinde dışarıdan organik madde eklenmesi gerekecektir. Bu amaçla endüstriyel, evsel organik atıklar, atıksu arıtma sistemlerinden kaynaklanan çamurlar ve tarım sektöründen kaynaklanan atıklar kullanılabilir.

8.2 Çorum İl'i Biyogaz Tesisi

Çorum'da tavuk çiftliklerinden kaynaklanan atıklara çözüm bulma çalışmaları, İl yetkililerinden alınan bilgilere göre, uzun süredir devam etmektedir. Yerli-yabancı pek çok kuruluşun konu ile ilgili önerileri değerlendirilmiştir. Anaerobik arıtım yapan kuruluşlarla temasa geçilmediği için, gelen önerilen daha çok kompostlaştırma üzerinde yoğunlaşmaktadır.

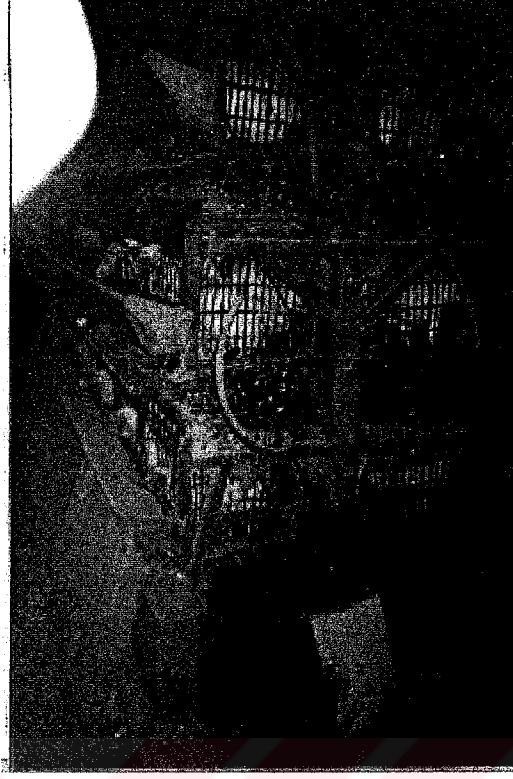
Ancak Çorum Bölgesi'nde gübrenin, sıvı olarak toplanması kompostlaştırmanın yapılmasını imkansızlaştırmaktadır. Dünyada tavukçuluk sektöründe gübre, katı olarak toplandığı için mevcut sistemler, katı gübre işlenmesi esasına göre yapılmaktadır. Gelen yabancı teklifler, soruna çözüm sağlamakdan çok ezbere önerilerden oluşmaktadır.

Tavukçuluk sektörü, gübrenin etkin bir şekilde toplanabilmesi ve birim ağırlığından elde edilen gaz verimi açısından, biyogaz teknolojisinin uygulanması için çok uygun bir kaynak oluşturmaktadır.

Çorum İl'indeki yumurta tavuğu üretim çiftliklerine ait bazı fotoğraflar Şekil 8.4 ve Şekil 8.5'de verilmiştir. Burada kümesler 2-3 katlı olup; oluşan gübreler, her kümesin alt katında toplanmaktadır ve yeterli doluluğa ulaşıldığında bu gübreler bir konveyör yardımıyla toplanıp betonarmeden yapılmış olan bir depoda geçici olarak depolanmaktadır (Şekil 8.3).



Şekil 8.4 Çorum İl'i tavuk üretim çiftlikleri fotoğrafları



Şekil 8.5 Çorum İl'i tavuk üretim çiftlikleri fotoğrafları (devam)

8.2.1 Çorum'da Kurulan Biyogaz Tesisi

Çorum Belediyesi'nin sağladığı olanaklarla, tavuk atıklarının çözümünde biyogaz teknolojisinin sağladığı avantajları göstermek amacıyla, bir örnek tesis kurulmuştur. Reaktör hacmi 30 m³ olan tesise, günde 1 ton tavuk gübresi beslenmiştir. Reaktörün ve ön işlem birimlerinin ısı kontrolü sağlanmış ve ısı yalıtımı yapılmış, böylelikle fermantasyon için gerekli olan ısının temin ve muhafazası sağlanmıştır. Gübre ile ilgili bütün işlemler mekanize edilerek gereken işgücü en aza indirilmiştir. Kullanılan tavuk gübresinin kullanımında karşılaşılan tüy, mozaik, yabancı maddeler gibi problemlere uygun çözümler üretilmiştir. Isıtma amacı ile kullanımının dışında gösteri amacıyla bir elektrik jeneratörü ile elektrik üretilmiş, ayrıca benzinli bir taşıt çalıştırılmıştır.

Edinilen bilgilere göre, biyogaz tesisi Çorum Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü'nde inşa edilmiştir. Günlük olarak 1 ton tavuk gübresi yüklenmekte ve aynı miktarda gübre, sistem çıkışından tahliye olmaktadır. Yapılan örnek tesis ile Türkiye'de daha önce yapılan çalışmaların eksikleri net bir şekilde ortaya konulmuş, biyogazla ilgili olumsuz kanının sadece bir ön yargıdan ibaret olduğu, hiçbir teknik nedene dayanmadığı açıkça gösterilmiştir. Biyogaz sistemlerinin yatırımının diğer sistemlere kıyasla ekonomik avantajları göz önüne

serilmiştir. Organik kaynaklı çevre sorunlarının çözümünde, biyogaz teknolojisinin sağladığı ekonomik ve teknik avantajlar fiili olarak gösterilmiştir. Yerel imkanlarla ve düşük maliyetle yapılan tesis, çevre sorunlarının çözümünde ekonomik ve teknolojik açıdan Çorum İl'i için olduğu kadar Türkiye için de önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Tesisin düzenli beslenmesi halinde, beslenen 1 ton tavuk gübresinden günde 50 m³ civarında biyogaz üretilmektedir. Bu miktar, 35 litre mazotun enerji eşdeğerine karşılık gelmektedir. Üretilen biyogazın sera ısıtmasında kullanılması sonucu yakıt tüketimi önemli ölçüde azaltılmıştır. Tavuk gübresinden beklenen biyogaz, ton başına 70-110 m³ civarındadır. Toplama sisteminden kaynaklanan sebeplerle aşırı derecede sulu gübre kullanıldığı göz önüne alındığında çürütücü sisteminin iyi bir performansla çalıştığı görülmektedir.

8.2.2 Çorum'da Bulunan Tavuk Üretim Çiftliklerine Ait Katı Atık Hesapları

Çorum genelindeki tavukçuluk sektöründeki bütün atık sorununa çözüm bulunması planlanmaktadır. Bu amaçla bu bölümde, genel bir fikir vermesi açısından Çorum'da bulunan 4 bölgedeki tavuk çiftlikleri kapasitelerine göre elde edilen günlük atık miktarları 2004 ve 2020 yılları için hesaplanarak ve literatürde kullanılan hesaplama yöntemleri baz alınarak, hesaplamalar yapılmıştır.

Çorum İl'i için düşünülen örnek biogaz tesisi dizaynında dikkate alınması gereken parametreler ve kriter değerler Çizelge 8.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 8.6 Çorum Bölgesi havasız çürütme prosesi tasarım kriterleri

<i>Parametre</i>	<i>*Kriter</i>
Tavuk çiftliklerinde günlük meydana gelen çamur miktarı (S_d)	15-111ton/gün (Çorum'daki 4 bölgede üretilen çiftlik atıklarına göre değişmektedir)
Ortalama besleme katı madde kons.	%8.3 (Tübitak, 2001)
Çürütücüde hidrolik bekletme zamanı	20-40 gün (Wellinger, 1999 ve Vlugt, 1984) 40 gün olarak kabul edilmiştir (Çizelge 2.5)
Gaz üretimi	60 lt/kg (Rehling, 2001)
Çürütücü sıcaklığı	30 °C (Çizelge 2.4)
Taşıma mesafesi	40 km
Seyreltme	1:3 (Çizelge 5.2)
Enerji üretimi	1 m ³ metan \approx 10kWh (Dagnall vd., 2000)
Taze gübrenin nem içeriği	(%) 70-80
Bir tavuktan kaynaklanan atık miktarı	0,175 kg/tavuk-gün*

*Çorum Çevre-Orman İl Müdürlüğü Yetkili'lerinden alınmıştır.

1. Bölge: Ankara Yolu

Çizelge 8.7 Ankara Yolu üzerindeki tavuk üretim çiftliklerine ait veriler

<i>Yıl</i>	<i>Hayvan Sayısı (adet)</i>	<i>Atık Miktarı (ton/gün)</i>
2004	552040	96
2020	921907*	162

* 2020 yılına kadar %67'lik artış kabul edildi

2004 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

96 ton/gün tavuk yaş gübresi + 288 m³/gün su (1:3 oranında seyreltme)

Giriş Hacmi: 96 ton tavuk gübresi 288 m³ su

Toplam Beslenen Madde

$S_{\phi} = 96 + 288 = 384 \text{ m}^3/\text{gün}$ (tavuk gübresi-su karışımı)

Çürütücü Hacmi

$$RT = 20 \text{ gün}$$

$$V_{\text{Ç}} = S_{\text{Ç}} * RT = 384 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 7680 \text{ m}^3$$

2020 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

162 ton/gün tavuk yaş gübresi + 486 m³/gün su (1:3 oranında seyreltme)

Giriş Hacmi: 162 ton tavuk gübresi 486 m³ su

Toplam Beslenen Madde

$$S_{\text{Ç}} = 162 + 486 = 648 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ (tavuk gübresi-su karışımı)}$$

Çürütücü Hacmi

$$RT = 20 \text{ gün}$$

$$V_{\text{Ç}} = S_{\text{Ç}} * RT = 648 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 12960 \text{ m}^3$$

Biogaz üretimi

2004 yılı: 96000 kg/gün * 60 lt/kg = 5760 m³/gün biogaz,

2020 yılı: 162000 kg/gün * 60 lt/kg = 9720 m³/gün biogaz üretilebilir.

2. Bölge: İskilip Yolu

Çizelge 8.8 İskilip Yolu üzerindeki tavuk çiftliklerine ait veriler

<i>Yıl</i>	<i>Hayvan Sayısı (adet)</i>	<i>Atık Miktarı (ton/gün)</i>
2004	625900	111
2020	1045253*	183

* 2020 yılına kadar %67'lik artış kabul edildi

2004 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

111 ton/gün tavuk yaş gübresi + 333 m³/gün su (1:3 oranında seyreltme)

Giriş Hacmi: 111 ton tavuk gübresi 333 m³ su

Toplam Beslenen Madde

$$S_{\text{ç}} = 111 + 333 = 444 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ (tavuk gübresi-su karışımı)}$$

Çürütücü Hacmi

$$\text{HBS} = 20 \text{ gün}$$

$$V_{\text{ç}} = S_{\text{ç}} * \text{HBS} = 444 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 8880 \text{ m}^3$$

2020 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

$$183 \text{ ton/gün tavuk yaş gübresi} + 549 \text{ m}^3/\text{gün su (1:3 oranında seyreltme)}$$

$$\text{Giriş Hacmi: } 183 \text{ ton tavuk gübresi} \quad 549 \text{ m}^3 \text{ su}$$

Toplam Beslenen Madde

$$S_{\text{ç}} = 183 + 549 = 732 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ (tavuk gübresi-su karışımı)}$$

Çürütücü Hacmi

$$\text{RT} = 20 \text{ gün}$$

$$V_{\text{ç}} = S_{\text{ç}} * \text{RT} = 732 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 14640 \text{ m}^3$$

Biogaz üretimi

$$2004 \text{ yılı: } 111000 \text{ kg/gün} * 60 \text{ lt/kg} = 6660 \text{ m}^3/\text{gün biogaz,}$$

$$2020 \text{ yılı: } 183000 \text{ kg/gün} * 60 \text{ lt/kg} = 10980 \text{ m}^3/\text{gün biogaz üretilebilir.}$$

3. Bölge: Cemilbey Yolu

Çizelge 8.9 Cemilbey Yolu üzerindeki tavuk çiftliklerine ait veriler

Yıl	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton/gün)
2004	270000	48
2020	450900*	78

* 2020 yılına kadar %67'lik artış kabul edildi

2004 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

$$48 \text{ ton/gün tavuk yaş gübresi} + 144 \text{ m}^3/\text{gün su (1:3 oranında seyreltme)}$$

$$\text{Giriş Hacmi: } 48 \text{ ton tavuk gübresi} \quad 144 \text{ m}^3 \text{ su}$$

Toplam Beslenen Madde

$$S_{\text{ç}} = 48 + 144 = 192 \text{ m}^3/\text{gün} \quad (\text{tavuk gübresi-su karışımı})$$

Çürütücü Hacmi

$$\text{HBS} = 20 \text{ gün}$$

$$V_{\text{ç}} = S_{\text{ç}} * \text{RT} = 192 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 3840 \text{ m}^3$$

2020 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

78 ton/gün tavuk yaş gübresi + 234 m³/gün su (1:3 oranında seyreltme)

Giriş Hacmi: 78 ton tavuk gübresi 234 m³ su

Toplam Beslenen Madde

$$S_{\text{ç}} = 78 + 234 = 312 \text{ m}^3/\text{gün} \quad (\text{tavuk gübresi-su karışımı})$$

Çürütücü Hacmi

$$\text{HBS} = 20 \text{ gün}$$

$$V_{\text{ç}} = S_{\text{ç}} * \text{HBS} = 312 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 6240 \text{ m}^3$$

Biogaz üretimi

$$2004 \text{ yılı: } 48000 \text{ kg/gün} * 60 \text{ lt/kg} = 2880 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ biogaz,}$$

$$2020 \text{ yılı: } 78000 \text{ kg/gün} * 60 \text{ lt/kg} = 4680 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ biogaz üretilir.}$$

4. Bölge: Osmancık Yolu

Çizelge 8.10 Osmancık Yolu üzerindeki tavuk çiftliklerine ait veriler

Yıl	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton/gün)
2004	210100	39
2020	350867*	60

* 2020 yılına kadar %67'lik artış kabul edildi

2004 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

39 ton/gün tavuk yaş gübresi + 117 m³/gün su (1:3 oranında seyreltme)

Giriş Hacmi: 39 ton tavuk gübresi 117 m³ su

Toplam Beslenen Madde

$$S_d = 39 + 117 = 156 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ (tavuk gübresi-su karışımı)}$$

Çürütücü Hacmi

$$\text{HBS} = 20 \text{ gün}$$

$$V_{\text{Ç}} = S_{\text{Ç}} * \text{RT} = 156 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 3120 \text{ m}^3$$

2020 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

60 ton/gün tavuk yaş gübresi + 180 m³/gün su (1:3 oranında seyreltme)

Giriş Hacmi: 60 ton tavuk gübresi 180 m³ su

Toplam Beslenen Madde

$$S_{\text{Ç}} = 60 + 180 = 240 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ (tavuk gübresi-su karışımı)}$$

Çürütücü Hacmi

$$\text{RT} = 20 \text{ gün}$$

$$V_{\text{Ç}} = S_{\text{Ç}} * \text{RT} = 240 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 4800 \text{ m}^3$$

Biogaz üretimi

2004 yılı: 39000 kg/gün * 60 lt/kg = 2340 m³/gün biogaz,

2020 yılı: 60000 kg/gün * 60 lt/kg = 3600 m³/gün biogaz üretilebilir.

Diğer güzergahlarda bulunan tavuk çiftlikleri

Çizelge 8.11 Diğer güzergahlarda bulunan tavuk çiftliklerine ait veriler

<i>Yıl</i>	<i>Hayvan Sayısı (adet)</i>	<i>Atık Miktarı (ton/gün)</i>
2004	79500	15
2020	132765*	24

* 2020 yılına kadar %67'lik artış kabul edildi

2004 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

15 ton/gün tavuk yaş gübresi + 45 m³/gün su (1:3 oranında seyreltme)

Giriş Hacmi: 15 ton tavuk gübresi 45 m³ su

Toplam Beslenen Madde

$S_{\text{ç}} = 15 + 45 = 60 \text{ m}^3/\text{gün}$ (tavuk gübresi-su karışımı)

Çürütücü Hacmi

RT = 20 gün

$V_{\text{ç}} = S_{\text{ç}} * RT = 60 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 1200 \text{ m}^3$

2020 yılı için Çürütücü Hacmi Hesabı

24 ton/gün tavuk yaş gübresi + 72 m³/gün su (1:3 oranında seyreltme)

Giriş Hacmi: 24 ton tavuk gübresi 72 m³ su

Toplam Beslenen Madde

$S_{\text{ç}} = 24 + 72 = 96 \text{ m}^3/\text{gün}$ (tavuk gübresi-su karışımı)

Çürütücü Hacmi

RT = 20 gün

$V_{\text{ç}} = S_{\text{ç}} * RT = 96 \text{ m}^3/\text{gün} * 20 \text{ gün} = 1920 \text{ m}^3$

Biogaz üretimi

2004 yılı: 15000 kg/gün * 60 = 900 m³/gün biogaz,

2020 yılı: 24000 kg/gün * 60 = 1440 m³/gün biogaz üretilebilir.

Çorum'da, havasız çürütme sisteminin kullanılması neticesinde, tavuk çiftliği bulunan bölgelerden elde dileyebilecek toplam biyogaz miktarı, 2004 ve 2020 yılları için sırasıyla; 18540 m³/gün ve 30420 m³/gün'dür.

8.2.3 Çorum Ankara yolu tavuk üretim çiftliğine ait pilot biyogaz reaktörü tasarımı

Ankara Yolu 13. km'deki çiftliklerden kaynaklanan tavuk atıkları 1750 kg/gün'dür. Bu atıklar, tasarlanacak olan bir havasız çürütme reaktöründe değerlendirilecek, gaz ve fermante gübre elde edilecektir. Tasarımda dikkate alınacak kriterler Çizelge 8.6'da verilmiştir.

8.2.3.1 Pilot Biyogaz Tesisi -Hesap-

Seçilen yerleşim bölgesi: Ankara Yolu 13. km'deki çiftlikler

Hayvan sayısı: 10000 adet tavuk

Besi maddesi: 0.175 kg tavuk güb./gün (Çorum yetkililerinden alındı)

Seyreltme oranı: 1:3 -gübre:su- Çizelge 5.2

Gübre miktarı: $10000 * 0.175 = 1750 \text{ kg / gün}$

Fermante olacak, seyreltilmiş gübre miktarı: $1750 + 1750 * 3 = 7000 \text{ litre / gün} = 0.3m^3 / saat$

Çürütücü sıcaklığı: 30 °C Çizelge 2.4

HBS: 40 gün Çizelge 2.5

Buna göre gerekli olan çürütücü hacmi:

$$V_D = 7000 \text{ litre / gün} * 40 \text{ gün} = 280000 \text{ litre} = 280m^3$$

Spesifik gaz üretimi: 60 litre/kg kabulü ile, Çizelge 5.1

$$\text{Günlük gaz üretimi: } 60 \text{ litre / kg} * 1750 \text{ kg / gün} = 105000 \text{ litre / gün} = 105m^3$$

Gaz bölümü kapasitesi %50 kabul edildi Bölüm 5.2.4

$$\text{Gerekli gaz bölümü hacmi: } V_g = 105000 * 0.50 = 52500 \text{ litre}$$

$$\text{Çürütücü/gaz bölümü oranı: } V_D : V_G = 280000 / 52500 = 5 : 1 \quad \text{Bölüm 5.2.3}$$

Şekil 4.9 ve Çizelge 4.1'den yola çıkarak 280 m³ hacimli örnek reaktörün boyutlarını aşağıdaki şekilde hesaplayabiliriz:

$$R = \sqrt[3]{0.42 * 280} \cong 4.90m$$

$$r = 0.70 * 4.90 = 3.43m$$

$$H = 0.16 * 4.90 = 0.78m$$

$$h = 0.33 * 4.90 = 1.62m$$

$$p = 0.64 * 4.90 = 3.14m$$

$$0.25R = 0.25 * 4.90 = 1.22m$$

yapılması düşünülen 280 m³'lük reaktörün çapı, yüksekliği ve diğer bilinmesi gereken boyutları hesaplanmıştır. Bunları bir çizelge yardımıyla gösterebiliriz:

Çizelge 8.12 Hesaplanan örnek biyogaz reaktörü boyutları

V_G/V_D	R	r	H	h	p
1:5	4,90*	3,43*	0,78*	1,62*	3,14*

*birimler metre cinsindedir.

Ankara Yolu 13. km.'deki tavuk çiftliklerinden kaynaklanan atıkların enerjiye dönüştürülmesi amacıyla düşünülen havasız çürütme reaktörü boyutları hesaplanmış ve Çizelge 8.13'de verilmiştir. Buradan yola çıkarak bu tez çalışması kapsamında, küçük ölçekli "ÇinTipi Biyogaz Reaktörü" dizaynı yapılmış olup, tesisin düşey kesiti ve planı sırasıyla, Ek 1 ve Ek 2'de verilmiştir.

8.2.3.2 Reaktördeki Sistemler ve Madde Dengesi Akım Şeması

Çürütme tankları içine hava girişini önlemek ve oluşan biyogazın akışını sağlamak amacıyla çürütme tankları, pozitif basınç altında tutulur. Pilot bölge olan Çorum'da yapılması düşünülen örnek bir biyogaz tesisinde aşağıda belirtilen sistemler öngörülmüştür.

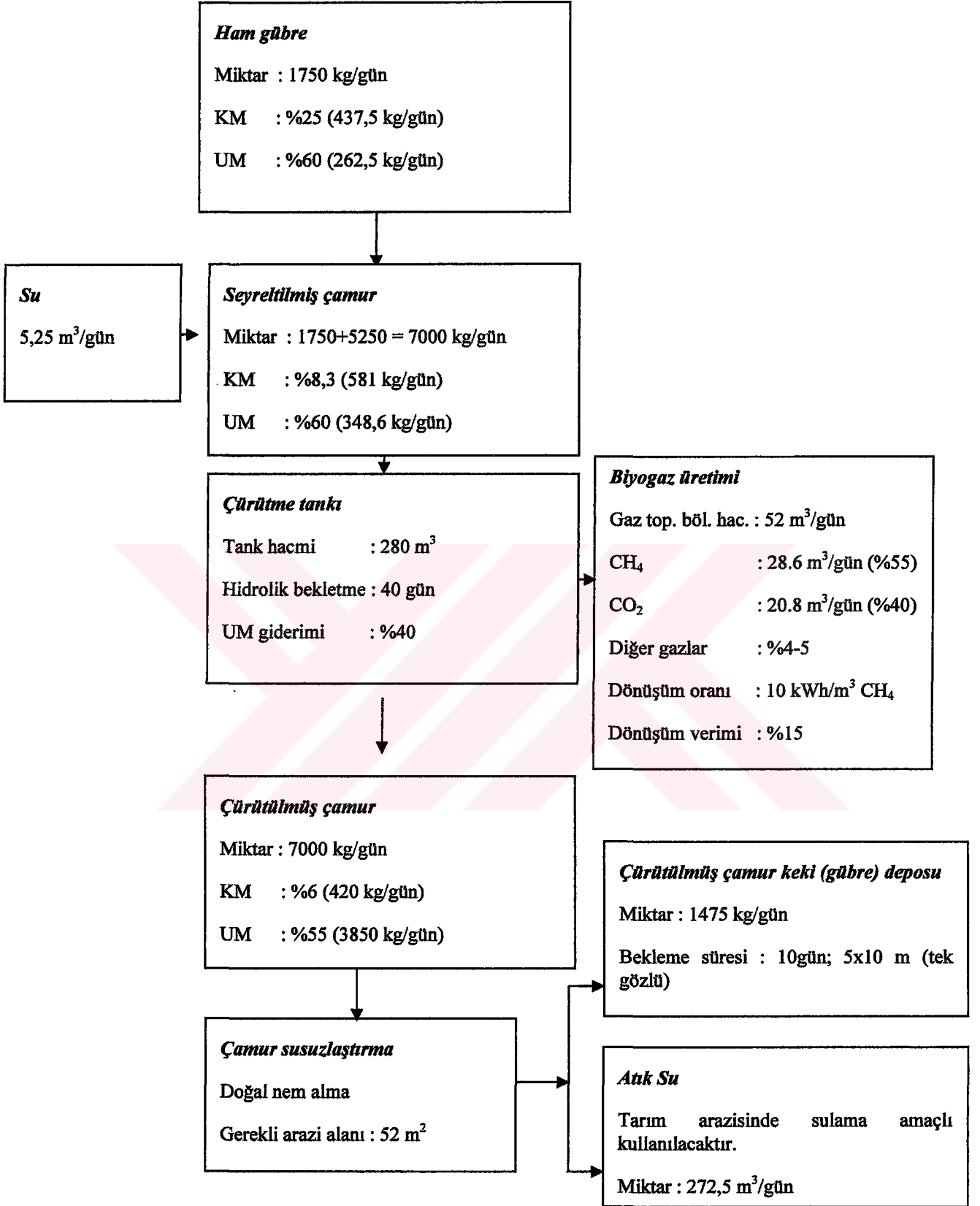
Karıştırma sistemi: Çürütme tankı içerisinde homojen bir ortam sağlama ve çürütme prosesi neticesinde oluşan gaz çıkışını optimum koşullarda sürdürme amacıyla "akım içerisinde, gaz basıncının etkisiyle oluşan yer değiştirme ve geri akım hareketleri" yardımıyla gerekli karışım sağlanacaktır. Herhangi bir karıştırma aparatı kullanımı gerekmemektedir.

Isıtma sistemi: Çürütme tankı içerisinde, sıcaklığın 30-35 °C'de tutulması ve iklimsel soğuklardan etkilenmemesi amacıyla tank, yeraltına yerleştirilecektir. Herhangi bir ısıtıcı ekipman kullanılmayacaktır. Ayrıca betonarme tank (biogaz reaktörü) yüzeyine yapılacak olan giydirme yapılarıyla da, iç basınç sebebiyle oluşabilecek çatlamalara/sızmalara karşı ısı yalıtımına karşı önlem alınmış olacaktır.

Gaz toplama sistemi: Havasız çürütme tanklarında üretilen biyogaz toplanarak, bir jeneratör ünitesinde yakılıp elektrik enerjisi üretilebilir. Bu enerji, yakın bölgedeki köylülerin evlerine çekilecek bir enerji hattı ile de kullanıma sunulabilir. Yahut yapılan hesaplar neticesinde örnek biyogaz tesisinden elde edilen günlük biyogaz miktarı yine günlük olarak kullanılacak olursa her biri 5 kişiden oluşan toplam 2 ailenin yemek pişirme, ısınma, soğutma, aydınlanma (biyogaz lambalarında) kullanılacaktır.

Çürütülmüş çamur tasfiyesi: Çürütme tanklarından çıkan, anaerobik olarak stabilize edilmiş çamur, son olarak doğal nem alma işlemine tabi tutulacaktır. Bu işlemde, kum ve çakıl yatak üzerine ortalama 20 cm'lik sulu çamur serilir ve kum tabakada drenajla ve kısmen de buharlaşarak (stabil çamur kokusuzdur) suyunu kaybeder. Su alma işlemi 20-30 günde tamamlanır ve bu süre sonunda oluşan çamur keki, kürekle kürenerek uzaklaştırılır (ihtiyaca göre ya arazide kullanılacaktır ya da depolanıp satışa sunulacaktır). Aynı alan, yeniden kullanılacaktır. Doğal nem alma yataklarında iklim ve mevsim şartlarına göre çamur yükü, 130-400 kg KM/m²-yıl arasında değişmektedir (Demir, vd., 2000).

Çorum Ankara Yolu tavuk üretim çiftliği örnek havasız çürütme sistemi madde dengesi Şekil 8.6'da bir şema ile ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 8.6 Çorum Ankara Yolu tavuk çiftliği örnek havasız çürütme sistemi madde dengesi

Çorum'da bulunan tavuk çiftliği atıklarının enerji olarak değerlendirilmesi amacıyla yapılması düşünülen örnek tesis, sabit kubbeli olup beton malzemedan yapılacaktır. Bu durumda maliyet düşürülmüş olacaktır. Paslanmaz malzeme kullanıldığında, sabit kubbeli tesislerin ömürleri en az 20 yıldır. Tesis yeraltına inşa edilerek hem soğuktan etkilenmemesi sağlanabilir hem de alan ihtiyacına gereksinim duyulmaz.

Tüm yukarıda belirtilen avantajların yanı sıra, sabit kubbeli tesislerin bazı olumsuz yanları da yok değildir. Tesiste, genellikle porozite yahut çatlaklardan dolayı gaz sızması olabilir. Bu nedenle iyi giydirmeye yapılmalıdır. Gaz basıncı sabit değildir, değişkendir ve düşük sıcaklıklarda bile, genelde yüksek olabilmektedir.

8.2.3.3 Ankara Yolu Örnek Havasız Çürütme Sistemi Üniteleri Özellikleri

Çorum İl'inde bulunan Ankara Yolu 13. km'deki tavuk çiftliği için düşünülen havasız çürütme prosesi örnek çalışmasına ait arıtma üniteleri ile ilgili özellikler Çizelge 8.13, Çizelge 8.14 ve Çizelge 8.15'de özetlenmiştir.

Çizelge 8.13 Ankara yolu örnek havasız çürütme prosesi ünitelerinin özellikleri

Birim	Ham gübre hazırlama/karıştırma haznesi
Tanım	Ham gübrenin toplanması, su ile karıştırılması ve havasız çürütme için hazırlık
Adet	1
Malzeme	Betonarme
Hacim	7,5 m ³
Boyutlar	2,5x3x1m (yükseklik), 0.4 m hava payı
Ekipman	Gübre aktarma konveyörü (helezon), 1.750 kg/gün, 1 adet, Çürütme tankı besleme pompası 1 asıl, 1 yedek, Q = 0.73 m ³ /saat, Hm = 4.00 m, 1.1 kW, PE boru, 3.50 m. Hız ve seviye kontrol cihazları

Çizelge 8.14 Ankara Yolu havasız çürütme prosesi birimlerinin özellikleri (devam 1)

<i>Birim</i>	<i>Havasız çürütme tankı</i>
Tanım	Gübrenin havasız koşullarda, mikroorganizma faaliyeti sonucu stabilizasyonu ve biogaz elde edilesi
Adet	1
Malzeme	Betonarme, ısı izolasyonlu (perlit)
Hacim	280 m ³
Boyutlar	R = 4.9 m, p = 3.14, H = 0.78 m
Ekipman	Tank, yeraltına inşa edileceğinden ısıtma eşanjörü kullanılmayacaktır ayrıca tankiçerisinde oluşacak gaz basıncı etkisiyle, uygun eğimde yerleştirilen çamur toplama tankına çamur yerdeğişimi olacak ve akım içerisinde kendiliğinden karışım sağlanacaktır dolayısıyla herhangi bir karıştırma aparatı kullanılmasına gerek yoktur.
<i>Birim</i>	<i>Gazometre</i>
Tanım	Havasız çürütme tankında üretilen gazın toplanması ve jeneratöre gönderilmesi
Adet	1
Malzeme	Çelik
<i>Birim</i>	<i>Gaz jeneratörü</i>
Tanım	Enerji üretimi
Adet	1
Kapasite	2 kW + 4 kW (sıcak su)
<i>Birim</i>	<i>Çürütülmüş gübre toplama tankı</i>
Tanım	Çürütülmüş (stabil olmuş)gübrenin toplanması
Adet	1
Malzeme	Betonarme
Kapasite	52.5 m ³
Boyutlar	r = 3.43, h = 1.62
Ekipman	PE boru, 5.00 m

Çizelge 8.15 Ankara Yolu havasız çürütme prosesi birimlerinin özellikleri (devam 2)

Birim	<i>Doğal ortamda kurutma</i>
Tanım	Çamur toplama tankından elde edilen çürütülmüş çamurun, susuzlaştırılarak gübre (kek) haline getirilmesi
Alan	52 m ²
Boyutlar	1025x510 cm
Ekipman	Sızdırmaz kum-çakıl yatak tabakası, 0.3 m drenaj tabakası, Kepçe, 1 adet
Birim	<i>Çürütülmüş çamur keki deposu ve paketleme odası</i>
Tanım	Çürümüş, suyu alınmış çamur (gübre) için bekletme alanı ve paketleme
Adet	1
Malzeme	Betonarme
Alan	65 m ²
Boyutlar	10x5m (tek gözlü) 5x3m paketleme holü
Birim	<i>Genel enstrümantasyon</i>
	1 adet çamur debimetresi, 1 adet gaz debimetresi, 2 adet vana, 1 adet basınç vanası, Alarm ünitesi
Birim	<i>Laboratuar ve idare binası</i>
Özellikler	10x30m yerleşim alanı, tek katlı, içinde 1 adet laboratuar ve 1 adet atölye bulunan betonarme bina

Çizelge 8.16'da, tasarlanan örnek tesise ait enerji dengesi verilmektedir.

Çizelge 8.16 Ankara Yolu tavuk gübreleri örnek havasız çürütme tesisi enerji dengesi

<i>Proseste kullanılan enerji</i>		<i>Üretilen enerji</i>
Gübre kabul-aktarma	: 1.1 kW	2 kW
Laboratuvar, aydınlatma vs.	: 0.5 kW	4 kW
1.6 kW kullanılan güç		net üretim : 0.4 kW
		≈4 kW sıcak su

8.2.3.4 Maliyet analizleri

Çürütme sistemi *maliyetini* oluşturan ana faktörler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- İlk yatırım maliyeti,
- İşletme giderleridir.

Projenin *gelir* getirmesi beklenen kalemleri ise şunlardır:

- Üretilen elektriğin satışından beklenen gelir,
- Jeneratör kullanılacaksa, jeneratörden oluşacak sıcak suyun ekonomik olarak değerlendirilmesi,
- Biyogaz lambası ya da ocakları kullanılarak ekonomik gelir sağlanması,
- Havasız çürütme prosesi sonucu çürütülmüş çamur kekinin, gübre veya toprak şartlandırıcısı olarak kullanılmasından elde edilebilecek gelir,
- Tesisten çıkan atık suyun, sulama amaçlı değerlendirilmesinden kazanılan gelir.

İlk yatırım maliyeti: Bir havasız çürütme sisteminin ilk yatırım maliyeti çok çeşitli değişkenlere bağlıdır. Bunları şu şekilde özetleyebiliriz:

- Alan ihtiyacı, saha hazırlanması, zemin ıslahı ve çürütücülerin kurulacağı alanın peyzaj özelliklerinin iyileştirilmesi,
- Sistemde kullanılacak cihazların korozyona dayanıklı, yüksek kalitede ve uzun kullanım süresine sahip olması,

- Proje geliştirme giderleri arasında teknik, yasal ve planlama alanlarında alınacak danışmanlık hizmetleri, gerekli izinler, finansal faaliyetler (finans sağlamak amacıyla yapılacak araştırmalar),
- Üretilecek elektriğin satışı için yapılacak bağlantılar.

Havasız çürütme sistemi çalışmalarında görev alacak kişilerin, projenin büyüklüğüne bakılmaksızın eğitilmeleri gerekmektedir. Eğitim sisteminin emniyet unsurları; yanıcı gaz, basınç, sağlık ve çevre konularını içermelidir. Eğitim, bu konudaki yeni gelişmeleri takip etmek ve uygulamak amacıyla sürekli ve güncel olmalıdır.

Ankara Yolu'nda kurulacak tesisin ilk yatırım maliyetinin hesaplanmasında, uluslar arası benzer kapasite ve bertaraf yöntemi çerçevesindeki örnek çalışmalardan faydalanılmıştır. Bu çalışmalardan alınan sonuçlar, Türkiye koşulları doğrultusunda baz alınan kriterler neticesinde bazı havasız çürütme sistemleri ilk yatırım giderlerine ait örnek çalışmalar Çizelge 8.17'de verilmiştir.

Çizelge 8.17 Havasız çürütme sistemi ilk yatırım gideri-örnek çalışmalar (Tübitak, 2001)

<i>Tanım/Örnek</i>	<i>*Yatırım gideri/Referans</i>
1 MW havasız çürütücü, Walford	İlk yatırım gideri = 6.3 MUSD, (Walford/ İngiltere, 2000)
0.04 MW havasız çürütücü, Craven/USA	İlk yatırım gideri = 0.32 MUSD, (Craven/USA, 1999)
0.16 MW havasız çürütücü, Kemer/Antalya	İlk yatırım gideri = 0.8 MUSD, (Kemer/Antalya öngörülen bedel 2001)

*MUSD: milyon Amerikan Doları

İşletme giderleri ve gelirler: Bir havasız çürütme sisteminin işletme giderleri; tesis kapasitesine, tasarım kriterlerine ve yerel koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

1 m³ biyogaz = 2kWh (elektrik enerjisi + 4kWh(ısı enerjisi))

Elde edilen biyogazın içerisindeki H₂S temizlenerek, bu biogaz, bir dizel jeneratöre verilebilir. Jeneratörde yakıt olarak kullanılan bu gazdan elektrik elde edilir aynı zamanda gazı alınmış olan atık maddeler de (tavuk gübresi vs.) susuzlaştırma ünitesi neticesinde, suları

alınarak organik fermante gübre haline dönüşür ve paketleme ünitesinde paketlenerek satışa sunulur.

Çizelge 8.18'de hesaplanan örnek tesise ait *gider gelir* kalemleri verilmiştir. Buna göre, örnek biyogaz tesisi doğru işletilmesi durumunda, yaklaşık 8-10 ay içerisinde kendisini amorti edebilecek duruma gelecektir.

Burada kullanılan tesis arazisi, mevcut çiftlik arazisinin alanı dahilinde olduğun için maliyete dahil edilmemiştir.

Gelir hesaplanırken (özellikle gaz oluşumu açısından), günlük oluşan gaz miktarı dikkate alınmıştır ve küçük ölçekli örnek bir tesis tasarlandığı için oluşan günlük gaz miktarı ile jeneratör ancak 25 dk. çalışabilmektedir.

Şayet bu gaz, diğer çiftliklerde kurulacak biyogaz tesislerinden elde edilecek gazlar ile birleştirilip değerlendirilirse, hem enerji açısından hem de maliyet açısından getirisi artacaktır. Bu durumu hesaplama ile kısaca kavrayacak olursak şu sonuca ulaşırız:

*Hesaplama:

58 adet çiftlikten toplam 305 ton/gün tavuk atığı oluşmaktadır. Seçilen pilot çiftlikte yaklaşık 2 ton atıktan, yaklaşık 50 m³ biyogaz oluşmaktadır. Buna göre;

$$(305*50)/2 = 7625 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Çorum nüfusu : 161.000 kişi = 3200 tane 5 kişik aile

50 m³ gazı 2 aile kullanabiliyorsa,

7625 m³ gaz 305 aile (her biri 5 kişilik) tarafından kullanılabilir.

Ya da diğer bir ifadeyle 305*5 = 1525 kişi tarafından kullanılabilir.

Sonuçta tüm Çorum İl'i nüfusunun 1/10'unun enerji ihtiyacı rahatlıkla karşılanabilir.

Yahut bu gaz; ısınma, soğutma, pişirme, aydınlanma, sıcak su elde etme gibi amaçlarla kullanılıp önemli derecede gelir getirilmesi yoluna gidilebilir.

Çizelge 8.18 Ankara Yolu havasız çürütme sistemi için öngörülen işletme giderleri ve gelirler

İşletme ve İnşaat Giderleri, EURO/yıl	Gelirler, EURO/yıl
<p>Su sarfiyatı</p> <p>1 m³ su maliyeti = 1.05 EURO/m³ 5.25m³/günx1.05EURO/m³=5.5EURO/gün 5.5 EURO/günx360=1 985 EURO/yıl</p> <p>Personel</p> <p>1 kişix400EURO/ayx12ay=4800EURO/yıl (1 kişi yetkili olmakla birlikte diğer elemanlar, çiftliğin kendi çalışanlarından olacaktır)</p> <p>İnşaat işleri</p> <p>Betonarme inşaatı :</p> <p>Tesis hacmi 280+52 =332 m³ ve 1 m³ beton üretimi 13.5 EURO/m³ varsayımı ile; 332 m³x13.5 EURO/m³ = 4 482 EURO</p> <p>Borulama işleri :</p> <p>1 m. PE boru maliyeti 2.4 EURO+KDV ve10 m PE boru kullanılırsa, 2.4 EURO x 10 = 24 EURO</p> <p>Yalıtım malzemesi: 1 ton perlit (280 m² alan için) kullanılacaktır (maliyeti bilinmiyor)</p> <p>Besleme pompası:</p> <p>1.1 kW 900 devir fiyatı: 61.5 EURO</p> <p>Seviye ölçer: 42 EURO</p> <p>Jeneratör (2 kW): 322 EURO</p> <p>Diğer: 5 000 EURO</p>	<p>Gübre (toprak şartlandırıcısı)</p> <p>1475 kg/gün üretim için, 0.029 EURO/kg (satış bedeli ve yıllık üretimin %75 'inin satılması varsayımıyla; 0.029EURO/kgx1475kg/günx360x0.75 = 15 550 EURO/yıl</p> <p>Elektrik</p> <p>0.4 kW net üretim, 0.03 EURO/kWh elektrik satış bedeli ve günde 250 dk üretim yapılırsa, senede 1500 saat üretim yapılır. Buna göre; 0.03EURO/kWhx0.4kWx1500=18 EURO/gün 18 EURO/gün x 360 = 6480 EURO/yıl</p> <p>Sıcak su</p> <p>4 kW net üretim, 0.024 EURO/kWh satış bedeli ve senede 150 saat üretim varsayımıyla; 0.024 EURO/kWh x 4kW x150h x 360 = 5 184 EURO/yıl</p>
≈17 000 EURO/yıl	≈27 000 EURO/yıl

Çizelge 8.18 incelendiğinde örnek biyogaz tesisi için giderler yaklaşık 17 000 EURO/yıl iken gelirler 27 000 EURO/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu da gösteriyor ki, küçük ölçekli biyogaz tesisi doğru işletildiğinde, 1 yıl içerisinde yaklaşık 10 000 EURO kâra geçilebilir.

9. SONUÇLAR

Bu çalışma, ülkemizdeki tavuk çiftliklerinden özellikle yumurta tavukçuluğu üretim çiftliklerinden kaynaklanan gübre atıklarının neden olduğu toprak, hava, su gibi çevresel parametrelerin kirliliğine çözüm üretmek amacıyla yapılmıştır. Nüfusun gittikçe arttığı, temiz enerjinin çok kıymet kazandığı çağımızda, uygulanan yenilenebilir enerji teknolojileriyle, hayvan atıklarının çevreye olumsuz etkileri önlenmekle beraber bu atıkların miktarları da azaltılabilmektedir.

Bu çalışmada, temiz enerji kaynağı ve gübre bertaraf yöntemi olarak biyogaz teknolojisi tercih edilmiştir. Bunun nedeni, biyogaz sistemlerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin ve gerekli tesis alanı ihtiyacının özellikle kompost gibi aerobik sistemlerle karşılaştırıldığında çok daha az olmasındandır ve sistemin kendi içinde ürettiği enerjinin yine sistem için kullanılabilirliğinin olmasıdır böylece gerekli enerji maliyetleri bir hayli azaltılmış olacaktır.

Ayrıca tavuk atıkları, özellikleri itibarıyla biyogaz sistemleri için uygun bir hammadde kaynağı oluşturmaktadır.

Bu amaçla literatür araştırması yapılarak biyogaz teknolojisi etraflıca araştırılmıştır. Daha sonra Türkiye’de mevcut tavuk sayıları ve atık potansiyeli belirlenmiş ve biyogaz sistemiyle tavuk atıklarının bertarafı için pilot bir bölge seçilmiştir. Bu pilot bölgede seçilen çiftliğe ait datalar, anket yöntemiyle -pilot bölge bizzat ziyaret edilerek- toplanmış ve elde edilen veriler bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir ve küçük ölçekli bir biogaz reaktörü tasarlanmıştır.

Bu tez çalışması sonucunda, yapılan araştırma ve hesaplamalarla ortaya çıkarılan Çorum Bölgesi Ankara Yolu tavuk üretim çiftliği için düşünülen küçük ölçekli pilot biyogaz tesisi (280 m³ kapasiteli), yerel imkanlarla ve düşük maliyetle hesaplanmış olup işletilmesi son derece basit bir tesistir. Bu tip temiz teknolojilerle, ekonomik ve teknik açıdan hem Çorum’da hem de ülkemizde çevre problemlerinin çözümünde kalıcı çözümler getirilebilir.

Yapılan literatür araştırmaları sonucu arazi ihtiyacının en fazla sıralı yığın ve havalandırılmalı kompostlama metotlarında olduğu belirlenmiştir. Biyogaz sistemlerin de ise reaktörler yeraltına inşa edilerek gerekli alan ihtiyacı azaltılabilmektedir. Bu sistemlerin ilk yatırım maliyetleri düşük olmaktadır. Ülkemizde gübre kaynaklı biyogaz tesisleri ile ilgili çalışmalar denenmiş olsa da henüz faaliyet gösteren bir tesis bulunmamaktadır. Bu sebeple ülkemizin şartlarını da göz önünde bulundurarak, bu çalışmada küçük ölçekli tesisler hakkında ayrıntılı bilgi verilirken, gelişmiş ülkelerdeki (özellikle Almanya’da kurulan) büyük tipteki tesislerden

çok az bahsedilmiştir. Bu tez çalışmasında örnek olarak alınan, Çin tipi küçük ölçekli/basit tipteki tesisler, gerek alan ihtiyacı gerekse yatırım maliyetleri açısından son derece ekonomik, basit tipteki tesislerdir.

Pilot tesisin maliyet analizi yapıldığında, örnek biyogaz sisteminde bir yıllık gübrenin satışından elde edilen gelirin yine tesisin bir yıllık işletme giderine yakın değerde olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda tesis 8-10 ayda kendini amorti edebilmektedir. Yatırım maliyetinin uygun olmasındaki bazı faktörler şu şekilde sıralanabilir: İhtiyaç duyulan tesis alanı, mevcut çiftlik alanı olarak kullanılmıştır ayrıca gerekli araç ve gereçler (örneğin; gübre taşıma konveyörü, el arabası, kürek, traktör vs.) yine ilgili çiftlikte mevcuttur ve maliyet giderlerine dahil edilmemiştir.

Bu sistemlerde elde edilen enerjiden biri olan temiz enerji; çiftlikte aydınlatma, ısınma, pişirme amaçlı kullanılabilir. Pilot tesis kazanılan enerji açısından değerlendirilirse, bu sistem küçük ölçekli bir tesis olmasına rağmen günlük gaz üretimiyle, 2 kW'lik bir jeneratörü 250 dk. çalıştırılabilmektedir. Bu da senede yaklaşık 63 gün kesintisiz elektrik üretimine karşılık gelmektedir.

Yapılan literatür çalışmalarına göre biogazın diğer durumlardaki, günlük gerekli kullanım miktarına bir göz atılırsa;

- Bir biyogaz lambası, bir günde yaklaşık 120-150 lt. biyogaz tüketir.
- Soğutma amaçlı kullanılan 100 litre hacimli bir soğutucu için yaklaşık 2000 litre biyogaz yeterlidir.
- Biyogazın pişirme amaçlı kullanımında 300-900 litre biyogaz/gün gerekli iken
- Sıcak su sağlamak amaçlı kullanımında (1 m³ su için) 30-40 litre biyogaz/gün yeterlidir.
- Isınma amaçlı kullanımında ise 1 kg kömüre eşdeğer biyogaz miktarı, 500 litre'dir.

Bu durumda, 5 kişilik bir ailenin yukarıda sayılan ısınma, pişirme, soğutma, sıcak su vs. ihtiyaçlarını karşılamak için yaklaşık olarak toplam 26 m³ biyogaz/gün yeterli olacaktır.

Ankara Yolu'ndaki pilot çiftlik için hesaplanan tesisten üretilen günlük 52 m³ gaz ile 5 kişilik toplam iki ailenin ısınma, pişirme, soğutma, sıcak su vs. ihtiyaçları rahatlıkla karşılanabilir.

Diğer bir yaklaşımla; Çorum İl'i çiftliklerinde (58 adet) kurulacak olan bireysel biyogaz tesislerinden üretilecek biogaz miktarı yaklaşık 7625 m³/gün seviyelerindedir. Çorum nüfusu 161.000 kişidir. Bu durumda tüm elde edilen biogaz, Çorum'da ısınma, pişirme, soğutma, aydınlanma, ısıtma amaçlı kullanılacak olsa, 7625 m³/gün gaz ile yaklaşık 305 ailenin (her bir aile 5 kişiden oluştuğu varsayımıyla), ya da diğer bir ifadeyle 1525 kişinin günlük enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bu da neredeyse tüm İl nüfusunun 1/100'üne tekabül etmektedir.

Bu tez çalışması neticesinde, biyogaz sistemlerinin doğru işletilmesi ile elde edilecek olan temiz enerjinin, tüm tavuk üretim çiftliklerinde ya da tüm Çorum İl'inde enerji amaçlı kullanılması uygun gibi görünmektedir. Bunun için gerekli yer altı veya yer üstü enerji nakil hatları ilgili kurumlarca kurulabilir. Ancak bu çalışmada bu konuyla ilgili herhangi bir araştırma yapılmamış olup sadece bireysel bir çiftlikte kurulan biogaz sisteminin arıtma ve enerji verimliliği incelenmiştir.

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

Biyogaz prosesinden elde edilen diğer bir enerji değeri ise organik gübredir. Biyogaz tesisi çıkışından elde edilen, organik madde içerikli bu gübre, patojenlerinden arındırılmış olup bahçelerde, tarımda, bitki hastalıklarını önlemede kullanılabilir. Dünyada bununla ilgili örneklere oldukça fazla rastlamaktayız.

Bu çalışmadaki pilot tesisten elde edilen gübrenin paketlenip satılmasıyla ≈15 500 EURO/yıl kar elde edilecektir ve bununla neredeyse tesisin yatırım maliyeti karşılanabilmektedir. Sonuç olarak baktığımızda sistem, 8-10 ay içerisinde kendisini amorti edebilmektedir. Ancak ilk etapta tesisin kurulması için bir finansmana ihtiyaç vardır. Bu finansman, hükümet destekli yabancı kredi ile sağlanabilir. Yahut, kullanıcısı olan özel şahıslarca sağlanabilir. Bazı ülkelerde mali destek, devlet tarafından sağlanmakla beraber şahıslarca ya da kredi alınarak da karşılanabilmektedir.

İlgili standartlar açısından biyogaz sistemini inceleyecek olursak, sistem kapalı alanda inşa edilip devreye alınacağından çevrede herhangi bir koku problemi oluşmayacaktır. Giriş ünitesinde kağıt, plastik gibi çiftliğe ait bir atık söz konusu olursa bunlar ızgaralarda toplanıp suyu alınarak bölgedeki çöp depolama alanına transfer edilecektir. Sistemden sağlanacak gübre, belli oranda su içereceğinden doğal ortamda kurutma yapılacak ve çıkan atık suların drenlerle toplanıp bir kanalda birleştirilecek ve atık su özellikleri uygun görülmesi halinde içerisinde bulunan organik maddelerin değerlendirilmesi amaçlı çiftlikte veya bölgede mevcut ya da kurulacak olan seralarda sulama suyu olarak kullanılacaktır. Aksi durumda ise bu su laboratuarda incelenecek ve şayet uygun ise, anaerobik reaktör girişinde gübrenin sulandırıldığı karıştırma haznesinde değerlendirilecektir. Artılabilirlik deneyleri sonucunda elde edilecek çıkış suyu parametreleri neticesinde kanala deşarj standartlarının sağlanamayacağı ortaya çıkarsa ikinci bir anaerobik veya aerobik arıtmadan geçirilecektir.

Bu çerçevede tesis, hava, toprak, su kirliliği yaratmayacağından dikkate alınması gereken tek standart kanala deşarj standardı olacaktır.

KAYNAKLAR

A System Approach To Biogas Technology, June 1997.

Alam, Myitkyina, Myanmar Biogas Installation And Training, Organized By Metta Development Foundation, The Burma Sustainable, Development Project (Bsep), Grassroots Leadership Training (Glt), 2003.

Altın, V., (2003), Biyogaz, Bilim Teknik Dergisi, Sayı 428, Temmuz 2003.

Altınel, A., 1999, Özel Zootečni Tavuk Yetiştirme, İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayını, Ders Notu No:103

Ardıç, İ., ve Taner, F., (2004), "Tavuk Gübresindeki Katı Maddenin Sudaki Çözünürlüğüne Asidik Ön İşlemlerin Etkileri", Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 33343 Çiftlikköy/Mersin, 2004.

Balsam, J., Agricultural Energy Specialist, Anaerobic Digestion of Animal Wastes: Factors to Consider, October 2002.

Barker, J. C., Professor And Extension Specialist, Methane Fuel Gas From Livestock Wastes A Summary, Biological And Agricultural Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC, Mart 2001.

Barker, J.C., (2001), Methane Fuel Gas from Livestock Wastes A Summary, North Carolina State University, Raleigh, 2001.

Bayaner A., (1999), Çorum İl'inde Yumurta Tavukçuluğunun Ekonomik Analizi, Ankara, 1999.

Bildik, B. (2004), Büyükbaş Hayvan Çiftliklerinden Kaynaklanan Gübre Atıklarının İncelenmesi ve Uygun Arıtma Sisteminin Önerilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, 2004.

Bilgin, N., Biyogaz Nedir, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara, 2003.

Boyd, R., Internalising Environmental Benefits of Anaerobic Digestion of Pig Slurry in Norfolk, University of East Anglia, 2000.

Braynt, M.P., Microbial Methane Production-Theoretical Aspects, J. Animal Science, 48, 193-201, 1979.

Burke, A. D., (2001), Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook Options for Recovering Beneficial Products From Dairy Manure, June 2001.

Converse, J. C., Evans, G. W., Verhoeven, C. R., Gibbon, W., Gibbon, M. "Performance Of A Large Size Anaerobic Digester For Poultry Manure", Source: Paper - American Society Of Agricultural Engineers, 77-4051, 15p, 1977.

Çakır, T.A., Biyogaz, Bitirme Tezi, 1999.

Demir, A., Kanat, G., and Debik, E., (2000), Atıksu Arıtımında Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Metodlar, İstanbul, 2000.

Devkota, G., P., Biogas Installation And Training, Organized by METTA Development Foundation-The Burma Sustainable Development Project (BSEP)-Grassroots Leadership Training (GLT), Nepal, 2003.

Emission Control Strategies for Land Application.

Facilities for Farm Wastes in the Province of Ontario, Proc. of Cornell University Conference on Agricultural Waste Management, Syracuse, N.Y., 1969.

Fischer, T. And Krieg, A. (2004), Agricultural Biogas Plants - Worldwide, Krieg&Fischer Ingenieure GmbH, Germany, 2004.

Fry, L.J. and Merrill, R. (1973) Methane digesters for fuel gas and fertilizer, New Alchemy, Institute; Santa Cruz, California.

Gotaas, H. B. (1956) Composting, World Health Organisation, Geneva, Switzerland.

Guyer, W. ve Zehnder, A., J., B., Conversion Processes in Anaerobic Digestion, Wat. Sci. Technol., 15, 127-67, 1983.

H.R. Bird, Understanding Poultry Meat And Egg Production, Technical Reviewers Leonard Z. Eggleton Ralph Ernst Herman Pinkston, Vita1600 Wilson Boulevard, Suite 500 Arlington, Virginia 22209 USA, Tel: 703/276-1800 . Fax: 703/243-1865, Internet:pr-info@vita.org

Hammad, M., Badarneh, D. ve Tahboub, K. (1999) Evaluating variable organic waste to produce methane, Energy Conversion and Management, 40, 1463-1475.

Hansen, H. K., Angelidaki, I., and Ahring, K. B., (1997), "Anaerobic Digestion of Swine Manure: Inhibition by Ammonia" Department of Environmental Science and Engineering Technical University of Denmark, Denmark, 1997.

Hart, S. A., The Management of Livestock Wastes, Journal of the Water Pollution Control Federation 3(2), 78-80, 1960.

Henry, C., Koelsch, R., (2000), Manure Matters, Volume 7, Number 10, Livestock Bioenvironmental Engineer University of Nebraska-Lincoln.

Hobson, P.N., Reid, W.G., Sharma, V.K., Anaerobic Conversion of Agricultural Wastes to Chemicals or Gases, Aberdeen, Scotland: Rowett Research Institute, Bucksburn, 1984.

Jantrania, A. R. (Ohio State Univ, Columbus, Oh, Usa), White, R. K., "High-Solids Anaerobic Fermentation Of Poultry Manure" Source: Asae Publication, P 73-80, 1985.

Jensen, J. K., Jensen, A.B., Biogas And Natural Gas Fuel Mixture for The Future, 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry, Danish Bioenergy for The World, Exhibition Centre, Sevilla, 2000.

Jones, D. D., Nye, J. C., Dale, A. C., Department of Agricultural Engineering Purdue University, Methane Generation From Livestock Waste, AE-105 Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN 47907, 2000.

Katers, F. J., Biogas Science and Technology Overview, University of Wisconsin-Green Bay, March 27, 2003.

Klingler, B., Environmental Aspects of Biogas Technology, German Biogas Association, 2000.

Kossman, W., Pönitz, U., Habermehl, S., Hoerz, T., Kramer, P., Klingler, B., Kellner, C., Wittur, T., Klopotek, F.v., Krieg, A., Euler, H., (2000), Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), GATE in Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Volume I, Germany.

Kossman, W., Pönitz, U., Habermehl, S., Hoerz, T., Kramer, P., Klingler, B., Kellner, C., Wittur, T., Klopotek, F.v., Krieg, A., Euler, H., (2000), Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), GATE in Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Volume II, Germany.

Kossman, W., Pönitz, U., Habermehl, S., Hoerz, T., Kramer, P., Klingler, B., Kellner, C., Wittur, T., Klopotek, F.v., Krieg, A., Euler, H., (2000), Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT), GATE in Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Volume III, Germany.

Krylova, Nailia I. (Kazan State Univ); Khabibouline, Roustem E., Naumova, Rimma P., Nagel, Mark A., "Influence Of Ammonium And Methods For Removal During The Anaerobic Treatment Of Poultry Manure" Source: Journal Of Chemical Technology And Biotechnology, V 70, N 1, Sep, P 99-105, 1997.

Leggett, J., Graves, R., Lanyon, L., Anaerobic Digestion: Biogas Production and Loehr, R.C. ve Agnew, R.W., Cattle Wastes-Pollution and Potential Treatment, ASCE Journal of the Sanitary Engineering Division, 93(SA4), 55-72, 1967.

McCarty, P.L., Anaerobic Waste Treatment Fundamentals, Public Works, 95, 9-12, 1964.

McCarty, P.L., Bioassay for Monitoring Biochemical Methane Potential Anaerobic Toxicity, Wat. Res., 13, 485-92, 1979.

Moore, J. A., Managing Livestock to Control Pollution, Effects and Control, Water Resources Research Center, University of Minnesota Bulletin, 13 Minn., 1969.

Nicholson, F.A., Chambers, B.J. and Walker, A.W. (2000), "Ammonia Emissions from Broiler Litter and Laying Hen Manure Management Systems" Anaerobic Digestion of Farm and Food Processing Residues, Good Practice Guidelines, 2000. Biosystems Engineering, Volume 89, Issue 2, October 2004, Pages 175-185, 2000.

Odor Reduction from Manure College of Agricultural Sciences, U.S. Department of Agriculture, and Pennsylvania Counties Cooperating, 1855.

Öztürk, M., (1999), Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi Yüksek Lisans Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1999.

Öztürk, M., (2003), Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi Yüksek Lisans Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2003.

P. Weiland, Ch. Rieger, Th. Ehrmann, 2003, Evaluation Of The Newest Biogas Plants In Germany With Respect To Renewable Energy Production, Greenhouse Gas Reduction And Nutrient Management, Institute Of Technology And Biosystems Engineering Federal Agricultural Research Centre (Fal), Future Of Biogas In Europe II, Esbjerg 2-4 Ekim 2003

P., Rieger, Ch., Ehrmann, Th., (2003), Evaluation of The Newest Biogas Plants in Germany With Respect to Renewable Energy Production, Greenhouse Gas Reduction And Nutrient Management Weiland, Institute of Technology and Biosystems Engineering Federal Agricultural Research Centre (FAL), 2003.

Pagilla, R. K., KIM, H., and Cheunbarn, T., (1999), "Aerobik Thermophilic and Anaerobic Mesophilic Treatment of Swine Waste", Department of Chemical and Environmental Engineering, Illinois Institute of Technology, Chicago, ThailandNovember, 1999.

Rehling, U., Small Biogas Plants, Biogas Plant for Rural Household; Design & Construction, Ripley, Leonard E. (Univ Of Wisconsin-Madison, Civil & Environmental Engineering Dep, Madison, W1, Usa), Kmet, Nancy Mohr, Boyle, William C., Converse, James C. "Effects Of Ammonia Nitrogen On The Anaerobic Digestion Of Poultry Manure" Source: Proceedings Of The Industrial Waste Conference, P 73-80, 1985.

Rynk, R. vd., (1992), Natural Resource Agriculture and Engineering Service (NRAES), Ithace, Newyork, 1992.

Sasse, L., Biogas Plants, A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien - GATE in: Deutsche, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH - 1988.

Sasse, L., Kellner, C., ve Kimaro,A., (1991), Improved Biogas Unit for Developing Countries, A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien - GATE in: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH-1991.

Schomaker, ir. A.H.H.M., Boerboom, Ing. A.A.M., Visser, Dr. ir. A., Pfeifer, ing. A.E., Anaerobic Digestion Of Agro-Industrial, Wastes: Information Networks, Technical Summary on Gas Treatment, 25 January 2000.

Steffen, R.; Szolar, O. and Braun, R. (1998), Feedstocks for Anaerobic Digestion, Institute for Agrobiotechnology Tulln, University of Agricultural Sciences Vienna, 1998.

Systems And Markets Overview Of Anaerobic Digestion,Biogas And More,Temmuz, 2001.

Townshend, A.R., Reichart, K.A. ve Nodwell, J.H., Status Report on Water Pollution Control

Tübitak, (2001), "Kümes ve Ahr Gübrelerinin Geri Kazanılması ve Bertarafı", Tübitak-MAM ESÇAE, Kasım 2001, Gebze/Kocaeli.

Universty of Flensburg, Sesam / International Institute for Management Studies, Flensburg/Germany 10.04.2001

Vollenweider, R.A., Scientific Fundemetals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication, Report to the Organization of Economic Cooperation and Development, Paris France, DAS/CSI/68, 1968.

Wellinger, A., (1999), Process Design Of Agricultural Digesters, Ettenhausen, 01.11.1999

Werner, U., Stöhr, U., Hees, N., (1989), Biogas Plants in Animal Husbandry, A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien _ GATE , a Division of the Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH , 1989.

Witzel, S.A., Physical, Chemical and Bacteriological Properties of Farm Wastes (Bovine Animals), Proc. of National Symposium on Animal Waste Management, SP-0366, 1966.

İNTERNET KAYNAKLARI

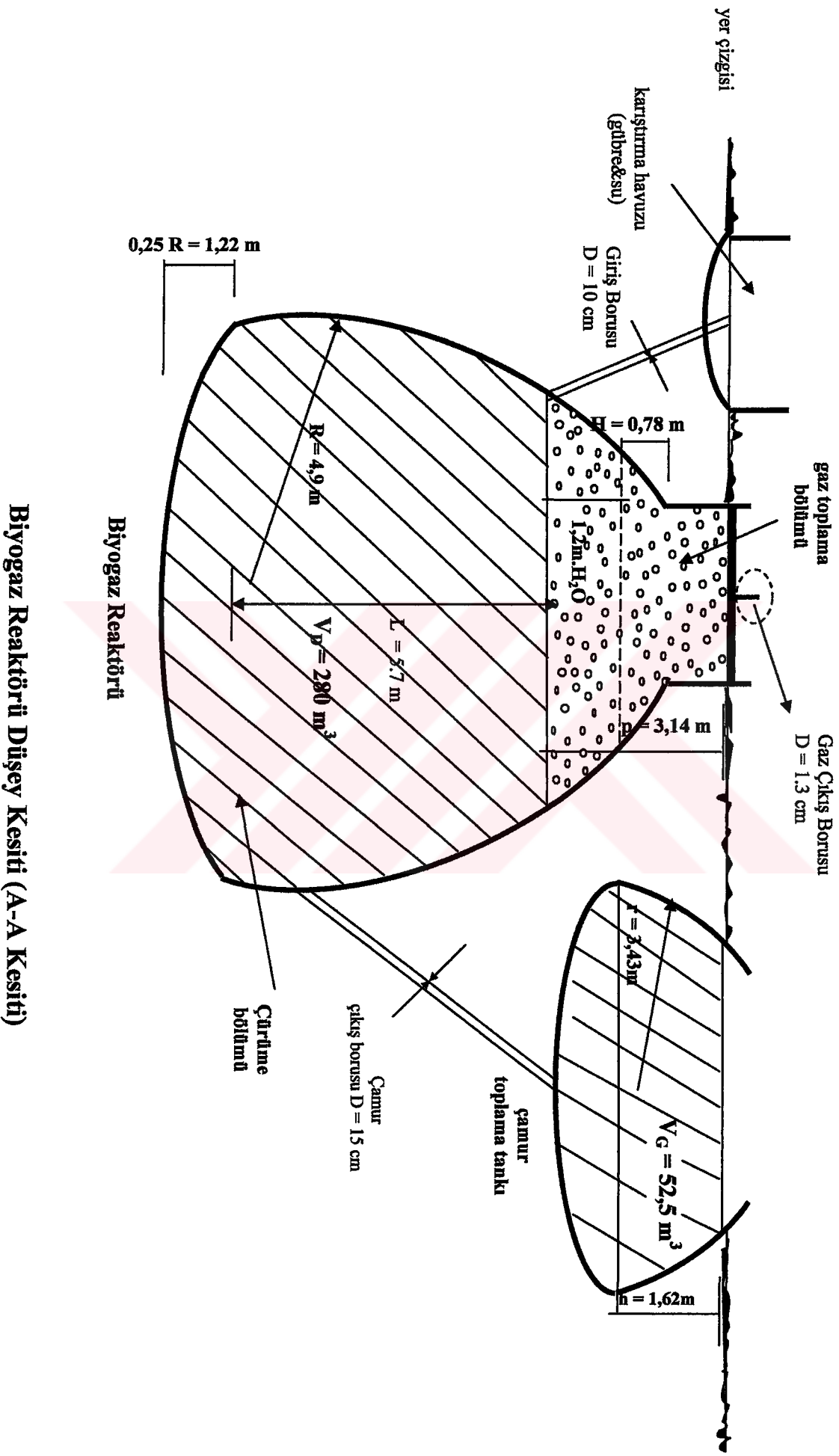
- [1] www.dizayngrup.com
- [2] www.KriegFischer.de
- [3] <http://www5.gtz.de/gate/techinfo/biogas/appldev/construct/agitation.html>
- [4] http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/HTML/MP385/management.asp
- [5] http://www.agr.gc.ca/policy/environment/home_e.phtml
- [6] www.kanatli.net/asp/tavuk
- [7] www.mertveterinerlik.com.tr/fayda
- [8] www.pertas.net
- [9] <http://www.iski.gov.tr>
- [10] <http://servis.alarko-carrier.com.tr/yildir.html>
- [11] <http://www.tedas.gov.tr/tarife.html>
- [12] <http://www.tcmb.gov.tr/kurlar>
- [13] <http://www1.gantep.edu.tr/~dalgic/biogas.htm>
- [14] <http://www.epa.gov/agriculture/ag101/poultrymanure.html>

EKLER

- Ek 1 Tasarlanan örnek biyogaz reaktörü düşey kesiti
- Ek 2 Tasarlanan örnek biyogaz tesisi planı
- Ek 3 Hazırlanan yumurta tavukçuluğu çiftliği anket formu örneği
- Ek 4 Anket formunun Çorum'daki İskilip Yolu 6. km. çiftliğinde uygulanişı

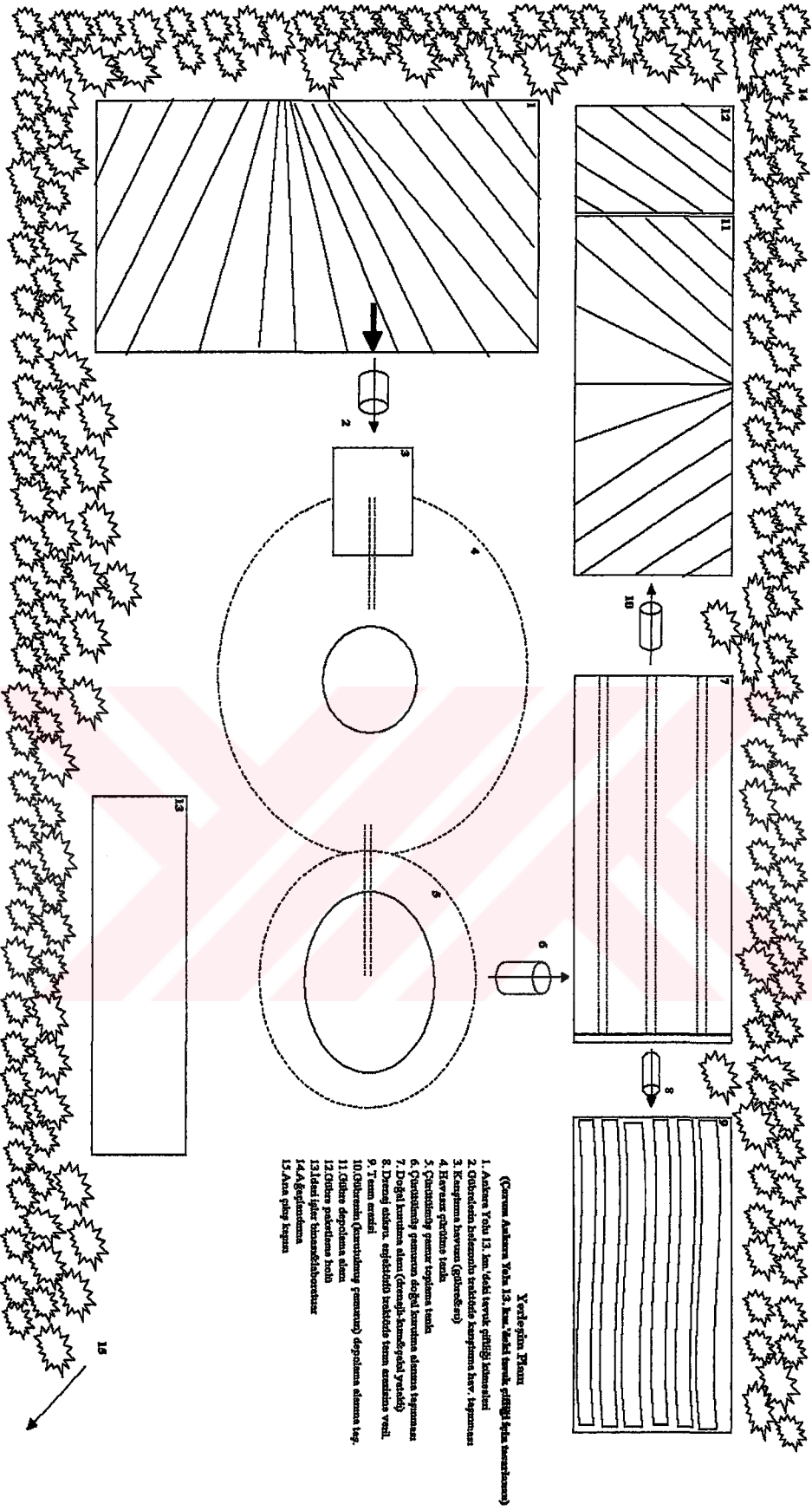


Ek 1 Tasarlanan örnek havasız çürütme reaktörü düşey kesiti



Biyogaz Reaktörü Düşey Kesiti (A-A Kesiti)

Ek 2 Tasarlanan örnek biyogaz tesisi planı



Biyogaz Tesisi Planı

Ek 3 Hazırlanan yumurta tavukçuluğu çiftliği anket formu örneği

.... YUMURTA TAVUKÇULUĞU ÇİFTLİĞİ	
ÇİFTLİK SAHİBİNİN ADI ve SOYADI:	
Tel:	e-mail:
TESİS SORUMLUSUNUN ADI ve SOYADI.....:	
Tel:	e-mail:
ÇİFTLİĞİN ADRESİ	
İrtibat Telefonu:	Fax:
e-mail:	
ÇİFTLİK YERLEŞİM PLANI VE İŞLETME PROSESİ&AKIM ŞEMASI EKTE VERİLMELİDİR	
ÇİFTLİĞE AİT FOTOĞRAFLAR EKTE VERİLMELİDİR	
KURULUŞ TARİHİ	
KAPASİTESİ (tavuk sayısı/yıl)	
ÇALIŞAN SAYISI	
YERLEŞİM ALANI (m2)	
ÇİFTLİĞİN YERLEŞİM MERKEZİNE UZAKLIĞI (km)	
DİĞER ÇİFTLİKLERE OLAN MESAFESİ (m)	
ÇİFTLİK ARAZİSİNİN YAPISI (tepelik,vadi, vs.)	
ÇİFTLİK ARAZİSİNİN SU KAYNAKLARINA OLAN MESAFESİ (m)	
1 YIL BOYUNCA KAÇ DÖNEM TAVUK YETİŞTİRİLİYOR (dönem/yıl)	
HER DÖNEM SONU (18 AY) ÜRETİLEN TOPLAM TAVUK AĞIRLIĞI (kg/dönem)	
BİR TAVUĞUN ORTALAMA AĞIRLIĞI (g)	
18 AY (1 DÖNEM) SONUNDA TAVUKLARDAN ÜRETİLEN GÜBRE MİKTARI (kg/dönem)	
KULLANILAN ALT MALZEME (YONGA, SAMAN, VB..) CİNSİ ve MİKTARI (kg saman/dönem)	
ELEKTRİK TÜKETİMİ (kwh/yıl)	
KULLANILAN SU MİKTARI (m3/yıl)	
KULLANILAN YEM TÜRÜ VE MİKTARI (kg madde/dönem)	
GÜBRELER GEÇİCİ OLARAK NEREDE DEPOLANIYOR	
GÜBRELERİN DEĞERLENDİRME ŞEKLİ	
YAŞANAN ÇEVRESEL PROBLEMLER	

Ek 4 Anket formunun Çorum'daki İskilip Yolu 6. km. çiftliğinde uygulaması

<u>..... YUMURTA TAVUKCULUĞU ÇİFTLİĞİ</u>	
ÇİFTLİK SAHİBİNİN ADI ve SOYADI:	Saadettin ÖLMEZ
Tel:	e-mail:
TESİS SORUMLUSUNUN ADI ve SOYADI.....:	Cengiz YILMAZ
Tel:	e-mail:
ÇİFTLİĞİN ADRESİ	İskilip Yolu 6. km.
İrtibat Telefonu:0537 664 20 61	Fax:
e-mail:	
ÇİFTLİK YERLEŞİM PLANI VE İŞLETME PROSESİ&AKIM ŞEMASI EKTE VERİLMELİDİR	
ÇİFTLİĞE AİT FOTOĞRAFLAR EKTE VERİLMELİDİR	
KURULUŞ TARİHİ: 1986	
KAPASİTESİ (tavuk sayısı/yıl): 20000/2yıl	
ÇALIŞAN SAYISI: 3	
YERLEŞİM ALANI (m²): 10 dönüm (=10 000 m²)	
ÇİFTLİĞİN YERLEŞİM MERKEZİNE UZAKLIĞI (km): 500 m	
DİĞER ÇİFTLİKLERE OLAN MESAFESİ (m): 300 m	
ÇİFTLİK ARAZİSİNİN YAPISI (tepelik,vadi, vs.): Düz	
ÇİFTLİK ARAZİSİNİN SU KAYNAKLARINA OLAN MESAFESİ (m): -	
1 YIL BOYUNCA KAÇ DÖNEM TAVUK YETİŞTİRİLİYOR (dönem/yıl):	
HER DÖNEM SONU (18 AY) ÜRETİLEN TOPLAM TAVUK AĞIRLIĞI (kg/dönem)	
BİR TAVUĞUN ORTALAMA AĞIRLIĞI (g): 2 kg	
18 AY (1 DÖNEM) SONUNDA TAVUKLARDAN ÜRETİLEN GÜBRE MİKTARI (kg/dönem): 50 ton/hafta (helezonlu konveyörle çekiliyor)	
KULLANILAN ALT MALZEME (YONGA, SAMAN, VB..) CİNSİ ve MİKTARI (kg saman/dönem): -	
ELEKTRİK TÜKETİMİ (kwh/yıl)	
KULLANILAN SU MİKTARI (m3/yıl)	
KULLANILAN YEM TÜRÜ VE MİKTARI (kg madde/dönem): 1250 kg/gün (fenni yem/kafes yemi)	
GÜBRELER GEÇİCİ OLARAK NEREDE DEPOLANIYOR: Betonarmeden yapılmış, üstü kapalı depolarda depolanıyor.	
GÜBRELERİN DEĞERLENDİRME ŞEKLİ: Tarım arazisinde gübre amaçlı kullanılıyor, direk toprağa veriliyor, çöplüğe gönderiliyor, köyülere veriliyor.	
YAŞANAN ÇEVRESEL PROBLEMLER: Koku, sinek problemleri ile su ve toprak kirliliği	

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	21.06.1978	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1992-1995	Üsküdar Halide Edip Adıvar lisesi
Lisans	1997-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

15.10.2002 - devam ediyor	Y.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi
---------------------------	--

