



Araştırma Makalesi / Research Article
**DESIGN OF FIXED-DOME CHINESE TYPE BIOGAS REACTOR IN
TREATMENT OF MANURE WASTES: A TYPICAL APPLICATION**

Emel ENTÜRK*, Kaan YETİLMEZSOY, Mustafa ÖZTÜRK

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

Geliş/Received: 18.08.2005 Kabul/Accepted: 22.08.2006

ABSTRACT

In this study, feasibility of a small-scale biogas plant in treatment of manure wastes was investigated for a poultry farm selected as a model pilot plant in Corum City. A fixed-dome Chinese type biogas reactor was proposed as an appropriate digestion process in treatment of manure wastes and calculations based on design criteria and literature data were presented.

Keywords: Biogas plant, fixed-dome reactor, manure, animal wastes.

**GÜBRE ATIKLARININ ARITILMASINDA SABİT KUBBELİ ÇİN TİPİ BİYOGAZ REAKTÖRÜ
TASARIMI: BİR ÖRNEK UYGULAMA**

ÖZET

Bu çalışmada, Çorum İli'nde örnek bir pilot tesis olarak seçilen bir tavuk üretim çiftliği için gübre atıklarının arıtılmasında küçük ölçekli bir biyogaz sisteminin uygunluğu araştırılmıştır. Gübre atıklarının bertarafı için sabit kubbeli Çin tipi biyogaz reaktörü uygun bir çürütme prosesi olarak önerilmiş ve tasarım kriterleri ve literatür verileri esas alınarak yapılan hesaplamalar sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Biyogaz tesisi, sabit kubbeli reaktör, gübre, hayvansal atıklar.

1. GİRİŞ

Nüfus artışıyla gelişen tarım ve hayvancılıkla beraber, hayvan atıklarının oluşum potansiyeli de gün geçtikçe artmaktadır. Çeşitli hayvan türlerinden oluşan katı atıklar, çok eski dönemlerden beri gerek gübre amaçlı gerekse ısınma amaçlı olarak kullanılmıştır.

Hayvansal atıkların kontrolsüz bir şekilde uzaklaştırılması neticesinde yüzeysel sular ve yeraltı suları kirlenmekte, koku, sinek ve haşereler oluşmakta ve çeşitli salgın hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Sığır, domuz, tavuk vb. çeşitli hayvan atıklarının, herhangi bir yönetime tabi tutulmadan kontrolsüz bir şekilde bertaraf edilmesi ciddi çevresel problemler doğurmaktadır. Hayvan atıkları, biyogaz teknolojisi kullanılarak daha zararsız nihai ürünlere dönüştürülmektedir.

Artan insan nüfusuyla birlikte büyüyen hayvancılık endüstrisi, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde çevreyi tehdit eden yüksek miktarlarda hayvansal atığın oluşmasına neden olmaktadır. Hayvansal atıkların düzenli bir şekilde kontrol altına alınamaması ve bilinçsizce ekim alanlarına, meralara, açık alanlara ve akarsulara atılması nedeniyle hem bölge

* Sorumlu Yazar/Corresponding Autor: e-mail/e-ileti: ekocak@yildiz.edu.tr, tel: (0212) 259 70 70 / 2968

toprağının biyolojik yapısı tahrip edilmekte hem de özellikle yaz aylarında meydana gelen aşırı derecedeki istenmeyen koku ve sivrisinek oluşumu sonucunda insan ve çevre sağlığı tehdit edilmektedir.

Sularda ve toprakta oluşan azot ve fosfor kirliliğinin yanı sıra atık birikiminden kaynaklanan çeşitli gazlar, bölge havasını kirletmekte ve zararlı mikroorganizmalar ve bakterilerin oluşumu ile bazı hastalıkların yayılmasına sebep olmaktadır. İl merkezinden geçen akarsuların Yeşilirmak kolu ile Karadeniz'i kirletmesi, tehlikenin diğer bir boyutu olarak görülmektedir. Rastgele atılan gübre atıkları, yerleşim birimlerinde içmesuyu, kullanma suyu, sulama suyu olarak faydalanılan yer altı-yerüstü su kaynaklarını süratle kirletmektedir. Söz konusu su kaynaklarında yapılan analizlerin neticeleri, kirlilik parametrelerinin yönetmelikte belirtilen değerlerin oldukça üzerinde olduğunu göstermektedir.

Anaerobik çürütücüler; koku ve sinek kontrolü, yenilenebilir enerji ve elektrik üretimi, stabilize gübre eldesi, patojenlerin giderilmesi, sera gazlarının azaltılması ve toplam oksijen ihtiyacı (TOİ) nın düşürülmesi gibi oldukça önemli potansiyel ve çevresel faydalar sağlamaktadır. Anaerobik çürütme sistemlerinin biyogaz üretimine yön veren bir proses olarak değerlendirilmesi, bir çok uygulama alanı için yenilenebilir enerji kaynağı sağlayacağı gibi atık miktarının azaltılmasına ve atık yönetim maliyetinin düşürülmesine de önemli katkılarda bulunacaktır.

Bu çalışmada, Çorum İli'ndeki bir tavuk üretim çiftliği örnek bir pilot tesis olarak seçilmiş ve bu çiftlikten kaynaklanan gübre atıklarının artılmasında küçük ölçekli bir biyogaz sisteminin uygunluğu araştırılmıştır. Söz konusu gübre atıklarının bertarafı için küçük ölçekli tesislerden olan sabit kubbeli Çin tipi biyogaz tesisi uygun bulunmuş ve tesisin boyutlandırılmasında esas alınan tasarım kriterleri ve yapılan hesaplamalar sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

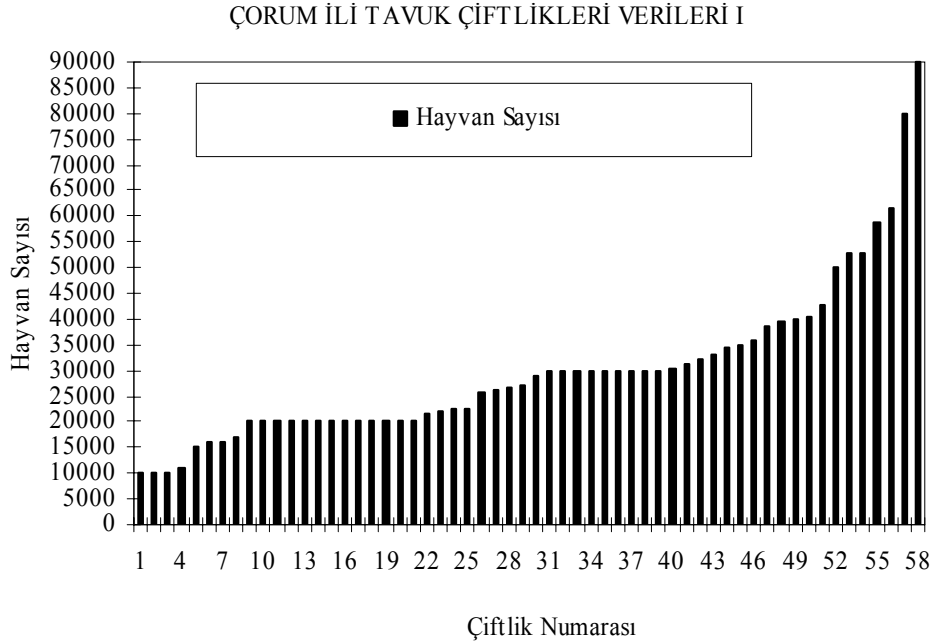
Waddell, yumurta tavukçuluğundan elde edilen gübrelerden biyogaz üretimini incelemiş ve yumurta üretim yerinde işletilen anaerobik çürütücüden sağlanan biyogazın yakıt ve ısıtma imkânlarını araştırmıştır. Biyogazın tesis içinde faydalandığı çalışmada, iki yıl içerisinde aylık elektrik üretiminin ve elektrik talebinin yaklaşık yarı yarıya azaldığı belirtilmiştir [1]. Lusk, hayvan gübreleri için gerekli arıtmanın sadece aerobik ve anaerobik proseslerle yapılabileceğini belirtmiş ve gübre yönetimi için anaerobik çürütücülerin gerçek ve ekonomik bir çözüm olduğu vurgulanmıştır [2]. Pechan vd., mezofilik sıcaklıklardaki (35°C) laboratuvar ölçeğinde kümes hayvancılığında kaynaklanan gübrelerin metanojenik fermentasyonunu araştırmış ve giriş için ortalama toplam katı madde muhtevasını % 11.3 ve % 14.1 (uçucu katılar % 7.8 ve % 9.7) ve bekletme süresini 27-58 gün olarak belirlenmişlerdir. Yapılan çalışmada, çıkıştaki ortalama amonyak konsantrasyonunun yüksek olmasına rağmen biyogaz üretimi üzerinde olumsuz bir etki görülmemiştir [3]. Adderley vd., yaptıkları çalışmada tavuk gübrelerinin anaerobik olarak fermentasyonunda optimum sıcaklık ve katı madde muhtevasını sırasıyla 25°C ve ağırlık olarak % 2.5 (toplam katı,TS) olarak belirlemişlerdir. Çalışmada, 25 ve 35 °C'lik sıcaklık kademeleri için metan bakterilerinin hassasiyeti göz önüne alınarak metan üretiminin ve atık stabilizasyonunun geliştirilebileceği ortaya konmuştur [4]. Kalyuzhnyi vd., seyreltilmiş gübrenin arıtımı ve bundan faydalanılması amacıyla uygulanan biyolojik metodların geliştirilmesini araştırmışlardır. Çalışmada, tavuk ve domuz gübresi için maksimum organik yükleme oranı (OLR) yaklaşık olarak 12 g KOİ/1/gün, sığır gübresi için de bu oran 1 günlük hidrolik bekletme süresi (HRT) için 6 g KOİ/1/gün olarak alınmıştır. Bu şartlar altında tavuk ve domuz atıkları için KOİ giderimi yaklaşık % 75, sığır gübresi için de yaklaşık % 42 olarak belirlenmiştir. Sistemden elde edilen çıkışın mümkün olduğu takdirde sıvı besleyici olarak kullanılabilirdiği ya da deşarj edilecekse standartları sağlayacak şekilde arıtılması gerektiği vurgulanmıştır. Araştırmacılar, tavuk gübresinin katı kısmının (turba toprağı, saman, talaş) pilot ölçekte kompost üretimi amacıyla kullanılabilirdiğini de tespit etmişlerdir [5]. Welsh vd., yaptıkları çalışmada anaerobik çürütmenin hayvan gübresi kokusu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, söz konusu

etkinin belirlenmesi amacıyla koku panel serileri kurulmuştur. Çürütücülerden alınan numuneler farklı katı bekleme süreleri, karıştırma hızları ve işletme sıcaklıkları için test edilmiştir. Yapılan çalışmada, anaerobik olarak çürütülmüş gübre farklı periyotlarda depolanmış, aynı zamanda çürütülmemiş gübre numuneleri de analiz edilmiştir. Sonuçlar, anaerobik çürütmenin koku bertarafında etkili olduğunu göstermiştir. 35°C'deki anaerobik çürütmenin, 25°C'deki anaerobik çürütmeye göre koku bertarafında çok daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Araştırma neticesi, bazı durumlarda katı bekleme sürelerinde ve karıştırma hızlarındaki artışın anaerobik çürütme sisteminin koku giderme performansını geliştirdiğini göstermiştir [6].

3. BÖLGESEL VERİLER

Çorum Çevre ve Orman İl Müdürlüğü'nün izni ve Müdürlük yetkililerinin yardımıyla, Çorum bölgesindeki tavuk çiftlikleri incelenmiş ve çiftliklerdeki üretim kapasiteleri hakkında bilgi edinilmiştir.

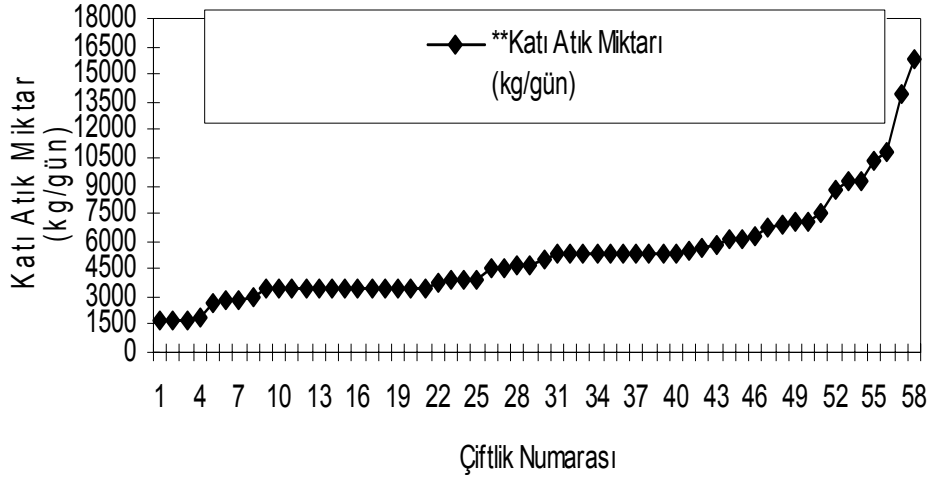
Çorum İli'nin en önemli çevre sorunlarından birisini hayvansal atıklar teşkil etmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE)'nden alınan verilere göre, 1999 yılında yaklaşık 3.000.000 olan tavuk sayısı sürekli değişim göstermektedir. 2001'deki tavuk sayısı 2.800.000 iken 2003 yılında bu değer 1.700.000'lerde seyretmektedir. İncelemelere göre, Çorum'da bulunan 156 civarındaki tavuk çiftliğinin 58'i faal olarak üretim yapmaktadır. Söz konusu 58 adet tavuk çiftliğine ait üretim kapasiteleri ve oluşan atık miktarları, çiftlik kapasitelerine göre küçükten büyüğe doğru Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çorum İli'nde aktif üretim yapan tavuk çiftliklerinin kapasiteleri

Bölgedeki toplam günlük tavuk gübresi miktarı, yaklaşık 300 ton civarında (175 g/tavuk için) olup, normal sistemde çalışan bir kümeden çıkan gübrenin yaklaşık %75'i nemlidir. Bu atıkların bertarafında düşünülen sistemin seçimi ve tasarımı aşamasında, Alman bilgi-teknoloji geliştirme merkezleri (ISAT-GTZ) yayınlarının metodları kullanılmıştır.

ÇORUM İLİ TAVUK ÇİFTLİKLERİ VERİLERİ II



Şekil 2. Çorum İli'nde aktif üretim yapan tavuk çiftliklerinde oluşan atık miktarları

Yukarıda kısaca ifade edilen literatür özetlerinden yola çıkıldığında, Çorum bölgesinde tasarlanması düşünülen örnek bir biyogaz tesisi için kabul edilen dizayn kriterleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek biyogaz tesisi için kabul edilen tasarım kriterleri

Parametre	Kriter
Çiftlikte günlük meydana gelen çamur miktarı	*15-111 ton/gün
Ortalama besleme katı madde konsantrasyonu	% 11.3
Çürütücüde hidrolik bekleme zamanı	20-40 gün
Gaz üretimi	60 L/kg [7]
Çürütücü sıcaklığı	35 °C
Taşıma mesafesi	40 km
Seyreltme	1:3 [7]
Enerji üretimi	1 m ³ metan ≈ 10kWh [8]
KOİ giderimi	% 75
Taze gübrenin nem içeriği	% 75
Bir tavuktan kaynaklanan atık miktarı	*0.175 kg/tavuk-gün

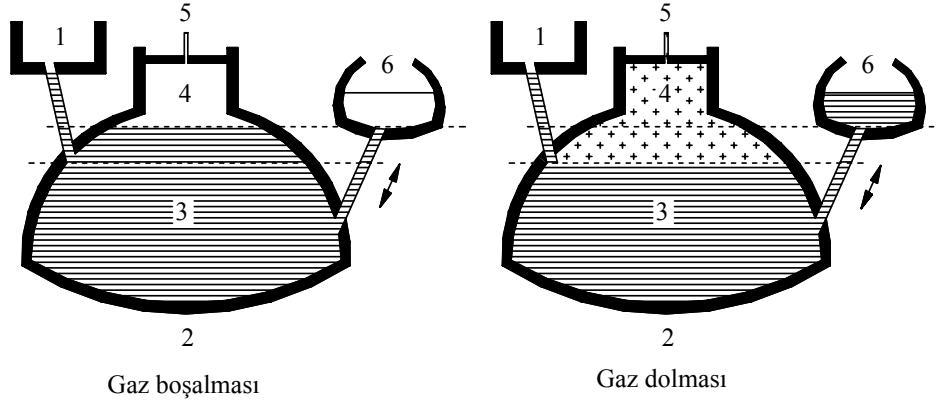
*Çorum Çevre-Orman İl Müdürlüğü Yetkili'lerinden alınmıştır.

3. SABİT KUBBELİ REAKTÖR MODELİ VE TASARIM KRİTERLERİ

Bu çalışmada tasarlanan sabit kubbeli reaktör, Çin orijinli olup basit ve ekonomiktirler. Bu reaktörler briket, taş veya betondan yapılmış olan gaz sızdırmaz bir odadan ibarettir. Reaktörler; dik dörtgen, silindirik, küresel ve elips şekilde inşa edilebilir. Reaktörlerin tepesi, kubbe şeklinde tasarlanır. Kubbe (çatı), alt kısmında yükselen basınçla gazın birikmesi sağlanacak şekilde düzenlenir ve gaz sızdırmazlığı temin edilir. Sıvı gübre giriş borusunun iç çapı 10 cm, çıkış borusunun iç çapı ise 15 cm olarak tasarlanabilir. Çıkış borusu, daima girişi borusundan daha geniş olacak şekilde projelendirilir. Çamur toplama tankının taban seviyesi, çürüme tankının dolu haldeki seviyesinde olacak şekilde temin edilir. Tasarımda çamur toplama tankının hacmi gaz

depolama hacmine eşit olacak şekilde dizayn edilir. Çürüme tankının dolu olduğu seviye ile biyogazın deşarj kısmı arasındaki mesafe yaklaşık olarak 25 cm olmalıdır. Dolayısıyla çamur toplama tankının yüksekliği doğru olarak seçilmelidir [9].

Bu tür reaktörlere; domuz, büyükbaş veya küçükbaş hayvan gübresinin yanında besi maddeleri, su sümbülü, insan dışkısı ve tarımsal atıklar da beslenebilmektedir. Karışımda Karbon/Azot oranı (C/N) istenen limitleri sağlamalıdır. Şekil 3’de, sabit kubbeli reaktörlerde gaz dolması ve boşalması şematize edilmiştir (Kossmann vd., 1999).



Şekil 3. Sabit kubbeli reaktörlerde gaz dolması ve boşalması [10]

- 1: Karıştırma tankı, 2: Biyogaz reaktörü, 3: Çürüme bölümü, 4: Gaz toplama bölümü,
5: Gaz çıkış borusu, 6: Çamur toplama tankı

25°C sıcaklıkta ve 60 günlük hidrolik bekleme süresinde birim hacim reaktörden günde 0.1-0.2 hacim biyogaz üretilir. Reaktördeki gaz basıncı 120 cm H₂O’ya eşit veya bu değer altındadır. Reaktör çapının silindirin yüksekliğine oranının 2:1 olması oldukça fazla inşaat malzemesi gerektirmektedir. Bu nedenle, reaktörün tabanı ve tepesi yarı silindirik olarak tasarlanır. Biyogazın sabit hızda gelmesi isteniyorsa gaz basıncı regülatörü veya yüzebilir gaz haznesi kullanılmalıdır. Gaz depolama bölümünün ve bağlantı elamanlarının gaz sızdırmazlığı temin edilmelidir [11]. Çizelge 2’de çeşitli V_G:V_D oranları (gaz toplama bölümü hacmi / çürütücü hacmi) için sabit kubbeli reaktör dizaynında kullanılan tasarım boyutları verilmiştir. Şekil 4’te ise V_G:V_D = 1.5 oranı için dikkate alınan tasarım boyutları reaktör kesiti üzerinde gösterilmiştir (Enturk, 2004).

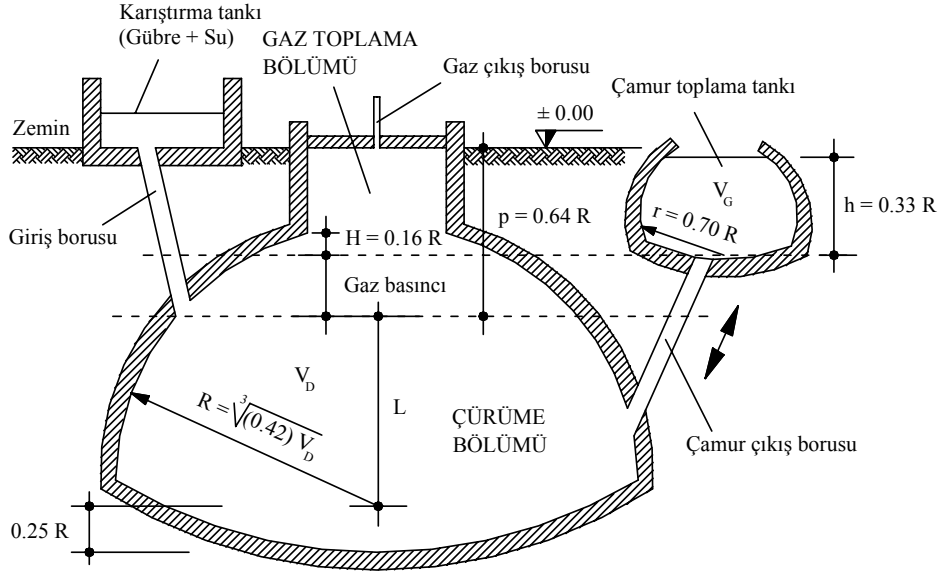
Çizelge 2. Çeşitli V_G:V_D oranları için sabit kubbeli reaktör dizaynındaki tasarım boyutları [11]

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

4. HESAPLAMALAR

Biyogaz tesisi tasarımında, Ankara yolu 13. km’deki (Çorum Bölgesi) tavuk üretim çiftlikleri seçilmiştir. Tesisin hesaplanması işleminde Sasse [11] yöntemi esas alınmıştır. Çizelge 1’de

verilen literatür kabulleri ve diğer veriler kullanılarak, sabit kubbeli Çin tipi biyogaz reaktörü örneği için gerekli hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4. Sabit kubbeli reaktör dizaynında $V_G:V_D = 1:5$ oranı için dikkate alınan tasarım boyutları

Çorum Çevre ve Orman İl Müdürlüğü yetkililerinin [12] verdiği bilgiler doğrultusunda söz konusu çiftlikteki tavuk sayısının 10000 adet olduğu belirlenmiştir. Hesaplamalarda, besi maddesi miktarı ve seyreltme oranı sırasıyla 0.175 kg tavuk gübresi/tavuk.gün ve 1:3 (gübre:su) olarak alınmıştır. Buna göre bir günde oluşan gübre miktarı;

$$(10000)(0.175) = 1750 \text{ kg/gün} \quad (1)$$

olarak belirlenmiştir. Seyreltme oranı dikkate alındığında fermente olacak seyreltilmiş gübre miktarı ise;

$$1750 + (1750)(3) = 7000 \text{ L/gün} \approx 0.3 \text{ m}^3/\text{saat} \quad (2)$$

olarak elde edilmiştir. Tasarımda, çürütücü sıcaklığı ve hidrolik bekleme süresi (HBS) sırasıyla 30°C ve 40 gün olarak kabul edilmiştir. Buna göre gerekli çürütücü hacmi;

$$V_D = (7000 \text{ L/gün})(40 \text{ gün}) = 280000 \text{ L} = 280 \text{ m}^3 \quad (3)$$

bulunmuştur. Spesifik gaz üretimi 60 L/kg gübre olarak kabul edilirse günlük gaz üretimi;

$$(60 \text{ L/kg})(1750 \text{ kg/gün}) = 105000 \text{ L/gün} = 105 \text{ m}^3 \quad (4)$$

olarak elde edilmiştir. Gaz bölümü kapasitesi günlük gaz üretiminin % 50'si [13] olarak alınarak gerekli gaz bölümü hacmi;

$$V_G = (105000)(0.50) = 52500 \text{ L} = 52.5 \text{ m}^3 \quad (5)$$

olarak hesaplanmıştır. Buradan gaz bölümü hacminin (V_G) çürütücü hacmine (V_D) oranı;

$$V_G : V_D = (52500)/(280000) = 1 : 5 \quad (6)$$

olarak sağlanmıştır (Bkz. Çizelge 2).

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Çorum İli'nde örnek bir pilot tesis olarak seçilen bir tavuk üretim çiftliği için gübre atıklarının arıtılmasında küçük ölçekli bir biyogaz sisteminin uygunluğu araştırılmıştır. Söz konusu gübre atıklarının bertarafı için uygun bulunan sabit kubbeli Çin tipi biyogaz tesisinin boyutlandırılmasında esas alınan tasarım kriterleri ve literatür kabulleri doğrultusunda yapılan hesaplamalar sunulmuştur.

Çin tipi biyogaz sistemlerinden elde edilen gaz, enerji kaynağı olarak değerlendirildiğinde, küçük ölçekli birer tesis olmalarına rağmen günlük gaz üretimiyle, yaklaşık 2 kW'lık bir jeneratör 250 dakika çalıştırılabilmektedir. Bu da senede yaklaşık 63 gün kesintisiz elektrik üretimine karşılık gelmektedir [12].

Kossman vd.'ne göre biyogaz sisteminden elde edilecek enerji, çeşitli amaçlarla kullanılabilir [13]. Bu durum aşağıda kısaca şu şekilde ifade edilmiştir:

- 1) Bir biyogaz lambası, bir günde yaklaşık 120-150 litre biyogaz tüketmektedir.
- 2) Soğutma amaçlı kullanılan 100 litre hacimli bir soğutucu için yaklaşık 2000 litre biyogaz yeterlidir.
- 3) Biyogazın pişirme amaçlı kullanımında 300-900 litre biyogaz/gün gerekli iken sıcak su sağlama amaçlı kullanımında (1 m³ su için) 30-40 litre biyogaz/gün yeterli olmaktadır.
- 4) Biyogazın ısınma amaçlı kullanımında ise 1 kg kömüre eşdeğer biyogaz miktarı, 500 litreye karşılık gelmektedir.

Bu durumda, 5 kişilik bir ailenin yukarıda belirtilen ısınma, pişirme, soğutma, sıcak su gibi ihtiyaçlarını karşılamak için yaklaşık olarak toplam 26 m³ biyogaz/gün yeterli olacaktır. Çalışmada esas alınan örnek çiftlik için tasarlanan biyogaz tesisinden bir günde üretilecek olan 52 m³ biyogaz ile 5 kişilik toplam iki ailenin ısınma, pişirme, soğutma, sıcak su gibi ihtiyaçları rahatlıkla karşılanabilmektedir.

Diğer bir yaklaşımla, Çorum İl'inde faaliyet halinde bulunan çiftliklerde (58 adet çiftlikte) kurulacak olan bireysel biyogaz tesislerinden üretilecek biyogaz miktarı yaklaşık 7625 m³/gün seviyelerindedir. Çorum nüfusu 161.000 kişi olduğundan elde edilen tüm biyogaz, Çorum'da ısınma, pişirme, soğutma ve aydınlanma amaçlı kullanılacak olsa, 7625 m³/gün gaz ile yaklaşık 305 ailenin (her bir ailenin 5 kişiden oluştuğu kabul edilmiştir) ya da diğer bir ifadeyle 1525 kişinin günlük enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Bu da neredeyse tüm İl nüfusunun 1/100'üne tekabül etmektedir [12].

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

Küçük ölçekli biyogaz tesisleri tam randımanlı işletildiklerinde yaklaşık 8-10 ay içerisinde kendisini amorti edebileceği tahmin edilmektedir [12]. Ancak ilk etapta tesisin kurulması için bir finansmana ihtiyaç vardır. Bu finansman, hükümet destekli yabancı kredi ile sağlanabilir ya da kullanıcı olan özel şahıslarca karşılanabilir. Bazı ülkelerde mali destek, devlet tarafından sağlanmakla beraber şahıslarca ya da kredi alınarak da karşılanabilmektedir. Çin tipi küçük ölçekli tesisler, gerek alan ihtiyacı gerekse yatırım maliyetleri açısından son derece ekonomik ve basit tipteki tesislerdir [13].

Anaerobik çürütme sisteminin biyogaz üretimine yön veren bir proses olarak değerlendirilmesi, bir çok uygulama alanı için yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlayacağı gibi atık miktarının azaltılmasına ve atık yönetim maliyetinin düşürülmesine de katkıda bulunacaktır. Bu amaçla, iyi bir şekilde dizayn edilmiş biyogaz tesisleri sayesinde söz konusu hayvansal atıkların kontrolü sağlanacak ve başta yüzeysel ve yer altı sularının kontaminasyonu gibi ciddi çevresel problemler de minimize edilmiş olacaktır.

TEŞEKKÜR

Çorum Çevre Orman İl Müdürü Sayın Ziya Çopur'a ve personeline bölgedeki tavuk çiftlikleri ile ilgili yardımlarından dolayı teşekkür ederiz. Bu bölgesel çalışmada, bize tavuk istatistiklerini temin eden Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) yetkililerine teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca Çorum'daki incelemelerin yapıldığı Dörtler Çiftliği sahibi Sayın Cemal Nefgiz'e ilgilerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Waddell E.L.Jr., "Biogas Production from Caged Layer Wastes", *BioCycle*, 29, 8, 1988, 58-59.
- [2] Lusk P., "Anaerobic Digesters in Manure Management", *BioCycle*, 44, 11, 2003, 55-56.
- [3] Pechan Z., Knappova O., Petrocicova B., Adamec O., "Anaerobic Digestion of Poultry Manure at High Ammonium Nitrogen Concentrations", *Biological Wastes*, 20, 2, 1987, 117-131.
- [4] Adderley A.E., Smith I.E., Probert S.D., "Anaerobic Fermentation of Poultry Manure", *Applied Energy*, 2, 3, 1976, 163-173.
- [5] Kalyuzhnyi S., Sklyar V., Fedorovich V., Kovalev A., Nozhevnikova A., Klapwiljk A., "Development of Biological Methods for Utilisation and Treatment of Diluted Manure Streams", *Water Science and Technology*, 40, 1, 1999, 223-229.
- [6] Welsh F.W., Schulte D.D., Kroeker E.J., Lapp H.M., "Effect of Anaerobic Digestion upon Swine Manure Odors", *Canadian Agricultural Engineering*, 19, 2, 1977, 122-126.
- [7] Rehling, U., "Small Biogas Plants, Biogas Plant for Rural Household", *Design & Construction*, 2000.
- [8] Dagnall S., Hill J., Pegg D., "Resource Mapping and Analysis of Farm Livestock Manures-Assessing The Opportunities for Biomass-to-Energy Schemes", 71, 3, 2000, 225-234.
- [9] Öztürk M., "Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi", Yüksek Lisans Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2003.
- [10] Werner U., Stöhr U., Hees N., "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.
- [11] Sasse L., "Biogas Plants, A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien-GATE in: Deutsche, Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1988.
- [12] Entürk E., "Tavuk Çiftliklerinden Kaynaklanan Gübre Atıklarının İncelenmesi ve Uygun Aritma Sisteminin Önerilmesi" Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.T.Ü., 2004.
- [13] Kossman, W., Pönitz, U., Habermehl, S., Hoerz, T., Kramer, P., Klingler, B., Kellner, C., Wittur, T., Klopotek, F.v., Krieg, A., Euler, H., "Information and Advisory Service on Appropriate Technology (ISAT)", GATE in Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Volume I, Germany, 1999.