

SÜRDÜRÜLEBİLİR VE ÇEVRE DOSTU HAYVANCILIK İŞLETMECİLİĞİ: HAYVANSAL ATIKLARDAN BİYOENERJİ VE BİYOÜRÜN ELDESİ*

Durmuş KAYA

Prof.Dr., Karabük Üniversitesi,
Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimi,
Balıklarkayası Mevkii, 78050 Karabük
dkaya@karabuk.edu.tr

Muharrem EYİDOĞAN**

Öğr.Gör., Karabük Üniversitesi,
Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimi,
Balıklarkayası Mevkii, 78050 Karabük
muhamrem_eyidogan@hotmail.com

Göksel N. DEMİRER

Prof.Dr., ODTÜ,
Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara
goksel@metu.edu.tr

Sinan ZORBA

Ertan Tarım Hayvancılık ve Enerji İşletmeleri
San. Tic. A.Ş., Beyciler Köyü, Silivri / İstanbul
sinan@ertantarim.com

Handan ERTAN ZORBA

Ertan Tarım Hayvancılık ve Enerji İşletmeleri
San. Tic. A.Ş., Beyciler Köyü, Silivri / İstanbul
gundem@ertantarim.com

ÖZET

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması ve sanayileşmenin devam etmesi, enerji ihtiyacını da hızlı bir şekilde artırmaktadır. Artan dünya nüfusu ve sanayileşme ile aynı hızda artmayan enerji kaynakları, insanoğlunu yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışına sevk etmiştir. Diğer yandan, hayvansal gübreler atılmadan doğal alıcı ortamlara verildiklerinde yoğun çevre ve insan sağlığı sorunlarına yol açtıkları bilinen bir gerçektir. Oysa anaerobik biyo-bozundurma yöntemiyle bu atıkların hem çevreye zararsız hâle getirilip, hem de yenilenebilir enerji ve çeşitli biyobazlı ürünlere dönüştürülmesi olasıdır. “Sürdürülebilir ve Çevre Dostu Hayvancılık İşletmeciliği: Hayvansal Atıklardan Biyoenerji ve Biyoürün Eldesi” adlı proje kapsamında hayvansal gübrenin anaerobik bozundurma yöntemiyle biyogaz ve organik gübreye dönüştürülmesine odaklanmıştır. Proje; laboratuvar ölçekli biyogaz sistemi çalışmaları, pilot ölçekli biyogaz üretim sistemi imalatı, organik gübre üretim, güneş destekli kurutma ve paketleme sistemi, içten yanmalı motor ile biyogaz üretim sistemi entegrasyonu ve testleri ana iş paketlerinden oluşmaktadır. Proje tamamlandığında, 120 ton/gün hayvansal atığı işleyerek stabilize edecek ve 2 milyon m³/yıl biyogaz (500 kW elektrik+500 kW ısı), 2260 ton/yıl katı organik gübre ile 27 000 ton/yıl sıvı fermente gübreye dönüştürecek entegre tesis kurulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hayvansal atık, biyogaz, organik gübre, güneş destekli kurutma, sürdürülebilir kalkınma

Sustainable and Environment Friendly Farming: Bio-Energy and Bio-Product Production from Animal Wastes

ABSTRACT

The growing world population and industrialization have led to an increase in energy demand. Energy sources, which do not grow at the same rate with world population and industrialization, resulted in search for new and renewable energy resources. On the other hand, it is known that discharging untreated animal manures into receiving environments result in various problems such as odor, methane and ammonia emissions, and the release of nutrients and pathogens that may affect human health when these wastes are disposed of natural receiving environment as soil supplement. However, it is possible to convert animal manures into renewable energy, profitable by-product as well as to reduce the pollution of water, air, and soil caused by these wastes. The project “Sustainable and Environmentally Friendly Animal Management: Production of Bio-energy and Bio-product from Animal Wastes” has been focused on converting animal manure to biogas and bio-product by anaerobic digestion. Lab-scale biogas system study, pilot-scale biogas production system manufacturing, organic fertilizer production, solar-assisted drying and packaging system, integration of biogas production system with internal combustion engine and its test are the main tasks of this project. When this project is completed, an integrated biogas plant will be established. It will stabilize 120 tons/day animal manure; produce 2 million m³/year biogas (500 kW_e + 500 kW_{th}) 2,260 tons/year dried organic fertilizer and 27,000 tons/year liquid fertilizer.

Keywords : Animal waste, biogas, organic fertilizer, solar-assisted drying, sustainable development

** İletişim Yazarı

* Geliş tarihi : 20.08.2011
Kabul tarihi : 03.11.2011

GİRİŞ

Hızlı sanayileşmeye ve nüfus artışına paralel olarak, Türkiye dâhil olmak üzere gelişmekte olan pek çok ülkenin enerji ve endüstriyel ham madde ihtiyacında büyük bir artış gözlenmektedir. Bu hızlı sanayileşme sürecinde ana enerji ve endüstriyel ham madde kaynağı olarak petrol ve türevleri başta olmak üzere yenilenemeyen (oluşumu binlerce yıl alan) fosil kökenli doğal kaynakların kullanımı; dışa bağımlılık, yüksek maliyet, çevre kirliliği vb. pek çok önemli soruna yol açmaktadır. Ayrıca enerji ve endüstriyel kimyasal madde eldesi gibi stratejik bir alanda dışa bağımlılığın azaltılması/önlenmesi, yüksek maliyet vb. yanı sıra bu yönelişin önemli bir gerekçesi de fosil kökenli kaynakların güç çevrim santrallerinde ve endüstride kullanımları sırasında açığa çıkan SO_x , NO_x ve CO_2 gibi sera gazlarının ilgili emisyon değerlerini aşması, küresel ölçekte hava kirliliğine yol açması ve çevre kirliliği yaratmasıdır. Bu sorunlarla karşı karşıya olan pek çok ülke enerji ve endüstriyel hammadde üretiminde yenilenebilir kaynaklara yönelmiştir. Ülkemizde de bu alanda bir altyapının biran önce oluşturulup, yenilenebilir kaynaklarımızın enerji ve kimyasal madde eldesinde kullanımının bir an önce başlatılması bir zorunluluktur [1].

Hayvansal atıkların uygun olmayan yönetiminin önemli çevre ve insan sağlığı sorunlarına yol açtığı bilinmektedir. Alıcı yüzey ve yer altı sucul ortamlarda oksijen tüketimi, besiyer madde birikimi, patojen kaynaklı kontaminasyon, metan başta olmak üzere çeşitli sera gazı emisyonları vb. gibi atıkların kontrolsüzce çevreye verilmesiyle ortaya çıkan önemli sorunlar arasındadır. Hayvansal atıkların anaerobik olarak bozundurulması bu atıkların yönetiminde pek çok ülkede yoğun olarak kullanılan etkin bir yöntemdir. Anaerobik bozundurma sürecinde yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak biyogaz ve değerli bir yan ürün olarak da gübre eldesi bu işlemi daha da çekici kılmaktadır [2].

Biyogaz, organik madde/atıkların anaerobik (havasız) ortamda çürütülmesi sonucu elde edilen bir gazdır [3]. Anaerobik çürütme proseslerinde, kompleks organik maddelerin metan gazına dönüştürülmesinde çeşitli tür ve özellikte mikroorganizma grupları yer almaktadır. Bu organik maddelerin anaerobik olarak parçalanıp metan gazına dönüştürülmesi üç aşamada gerçekleşmektedir [4].

a. Hidroliz

Bu aşamada, kompleks organik maddeler (karbonhidratlar, yağlar, proteinler), bakteriler tarafından salgılanan enzimler yardımıyla, basit şekerler, uzun zincirli yağ asitleri, gliserin ve amino asitlere dönüşmektedirler [5].

b. Asit üretimi

Bu aşamada, asetojenik bakteri grupları tarafından birinci aşama hidroliz ürünleri olan uçucu organik maddeler, organik asitlere dönüştürülür [6].

c. Metan üretimi

Son aşamada, diğer iki kademedede oluşan ürünler (CO_2 , CH_3OH , H_2 , $HCOOH$ ve CH_3COOH) metan oluşturan bakteriler tarafından metan gazına dönüştürülmektedir. Anaerobik çürütme sonucu oluşan biyogazın içeriği Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Organik Atıklardan Üretilen Biyogaz İçeriği [7]

İçeriği	Birim	Biyogaz
Metan (CH_4)	Hacim (%)	50-70
Karbondiyoksit (CO_2)	Hacim (%)	30-50
Azot (N_2)	Hacim (%)	< 1
Hidrojen sülfür (H_2S)	ppm	10-4000
Oksijen (O_2)	Hacim (%)	< 0,2
Isıl değeri	MJ/Nm ³	24-33

Ertan Tarım Hayvancılık ve Enerji İşletmeleri Tic. A.Ş.'nin sahip olduğu 2000 adet büyükbaş hayvan kapasiteli çiftlikten günlük 120 ton büyükbaş hayvan atığı oluşmaktadır. Bu atıklar herhangi bir biyolojik süreçten geçirilmeden, mekanik olarak (seperatörlerle) katı ve sıvı kısımlara ayrıştırılmaktadır. Bu katı ve sıvı hayvan atıkları çiftçilere verilerek doğrudan tarım arazilerinde gübre olarak kullanılmaktadır. Ancak hayvansal atıklar doğrudan gübre olarak kullanıldıklarında içerdikleri patojenler, yer altı suyuna sızarak çevredeki yerleşim birimleri için sağlık riski oluşturmaktadır [8]. Ayrıca bu uygulama CH_4 , CO_2 ve N_2O gibi sera gazı emisyonlarının atmosfere karışması ve hayvansal atıklardan üretilebilecek olan enerjinin (biyogaz) üretilmemesi/kaybı anlamına da gelmektedir [9]. Oysa anaerobik bozunma hayvansal atıkların içerdiği patojenleri büyük ölçüde yok ederek daha güvenli bir gübre eldesine yol açmaktadır. Buna ek olarak, anaerobik bozundurma hayvansal atıkların azot ve fosfor içeriğinin yükselmesi ve/veya bitkiler tarafından daha kolay kullanılabilir hâle gelmesiyle gübre kalitesini arttırmakta ve sera gazı emisyonlarında %75'e varan azaltım sağlamaktadır [10]. Ertan Tarım'ın sahip olduğu büyükbaş hayvan çiftliği genel görünüşü Resim 1'de verilmiştir.

“Sürdürülebilir ve Çevre Dostu Hayvancılık İşletmeciliği: Hayvansal Atıklardan Biyoenerji ve Biyoürün Eldesi” adlı proje biyogazın çevresel ve ekonomik faydaları gözetilerek oluşturulmuş olup çevre ve halk sağlığı üzerindeki risklerin giderilmesi bazlı atık yönetimi boyutuna ek olarak biyogaz üretimi ve elde edilen gazın gaz motorunda kullanılarak elektrik ve ısı enerjisi üretimi gerçekleştirilecektir. Ayrıca fermentasyon sonunda açığa çıkan fermente olmuş ve seperatörden geçirilmiş substratın organik gübre olarak kullanılabilmesi için, 27601 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan “Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler



Resim 1. Ertan Tarım'ın Sahip Olduğu Büyükbaş Hayvan Çiftliği Genel Görünüşü

ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik Ek-3 Madde 8'e göre aerobik hijyenizasyonu gerçekleştirilecektir.

Proje 1 Haziran 2011 tarihinde başlamış olup süresi 30 aydır. TÜBİTAK TEYDEB 1501 Sanayi AR-GE projeleri kapsamında desteklenen projede, proje sahibi Ertan Tarım Hayvancılık ve Enerji İşletmeleri Tic. A.Ş., Yurtiçi Ar-Ge kurumu Karabük Üniversitesi Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimi ve proje danışmanı ODTÜ Çevre Mühendisliği öğretim üyesi Prof. Dr. Gökse N. DEMİRER'dir.

Proje; organik gübre üretme, güneş destekli kurutma ve paketleme teknolojilerinin araştırılması, laboratuvar ölçekli biyogaz sistemi çalışmaları, pilot ölçekli biyogaz üretim sistemi tasarımı, imalatı ve testleri, organik gübre üretim, güneş destekli kurutma ve paketleme sistemi, içten yanmalı motor ile biyogaz üretim sistemi entegrasyonu ve testleri, ölçme ve kontrol sistemi tasarımı, montajı ve testleri, devreye alma (start-up), izleme ve iyileştirme iş paketlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, devam eden iş paketlerinde yapılan ve yapılacak çalışmalar ve izlenecek yöntemler özetle verilmiştir.

Özetle projeye hedeflenenler;

- Çiftlikte üretilen günlük 120 ton büyükbaş hayvan atığı anaerobik fermentasyona tabi tutularak $\approx 5650 \text{ m}^3$ (%58 CH_4) biyogaz elde edilecektir.

- Üretilen biyogazdan 500 kW elektrik ve 500 kW ısı elde edilecektir.
- Türkiye'de ilk defa organik gübre, organik gübre yönetmeliğine göre aerobik hijyenizasyon, olgunlaştırma ve kurutma işlemine tabi tutularak yıllık 2200 ton %90 katılıkla paketlenmiş halde organik gübre üretilmektedir.
- Gaz motorundan elde edilen atık ısı, organik gübre kurutmada kullanılarak pilot biyogaz tesis verimi %75-80'lere ulaşacaktır.
- Türkiye'de ilk defa son depo üzeri gaz örtüsüyle kapatılarak sera gazı salınımı %3-5 oranında azaltılacak, elde edilen biyogaz %5-8 oranında artacaktır.
- Organik gübreyi kurutmak için güneş enerjisinden faydalanılarak, iki farklı alternatif enerji kaynağı birlikte kullanılacaktır.
- Biyogaz içerisindeki H_2S 'i istenilen miktara düşürmek için hem biyolojik H_2S giderme yöntemi hem de aktif karbon yöntemi kullanılacaktır.
- Üniversite-sanayi işbirliği ile teknoloji geliştirme olarak sıralanabilir.

PROJE İŞ PAKETLERİ

Organik Gübre Üretme, Güneş Destekli Kurutma ve Paketleme Teknolojilerinin Araştırılması

İş paketinde kullanılacak yöntemler ve incelenecek parametreler; aerobik hijyenizasyon teknolojilerinin araştırılması, akışkan yataklı kurutucu teknolojilerinin araştırılması, güneş kolektörlerinden ısı üretim teknolojilerinin araştırılması, Türkiye ve Avrupa organik gübre standartları ve paketleme teknolojilerinin araştırılmasıdır. Bu iş paketinde yapılacak literatür taraması sonucunda; organik gübre üretimi, güneş destekli kurutma ve organik gübre paketleme için uygun teknolojiler belirlenecektir.

Laboratuvar Ölçekli Biyogaz Sistemi Çalışmaları

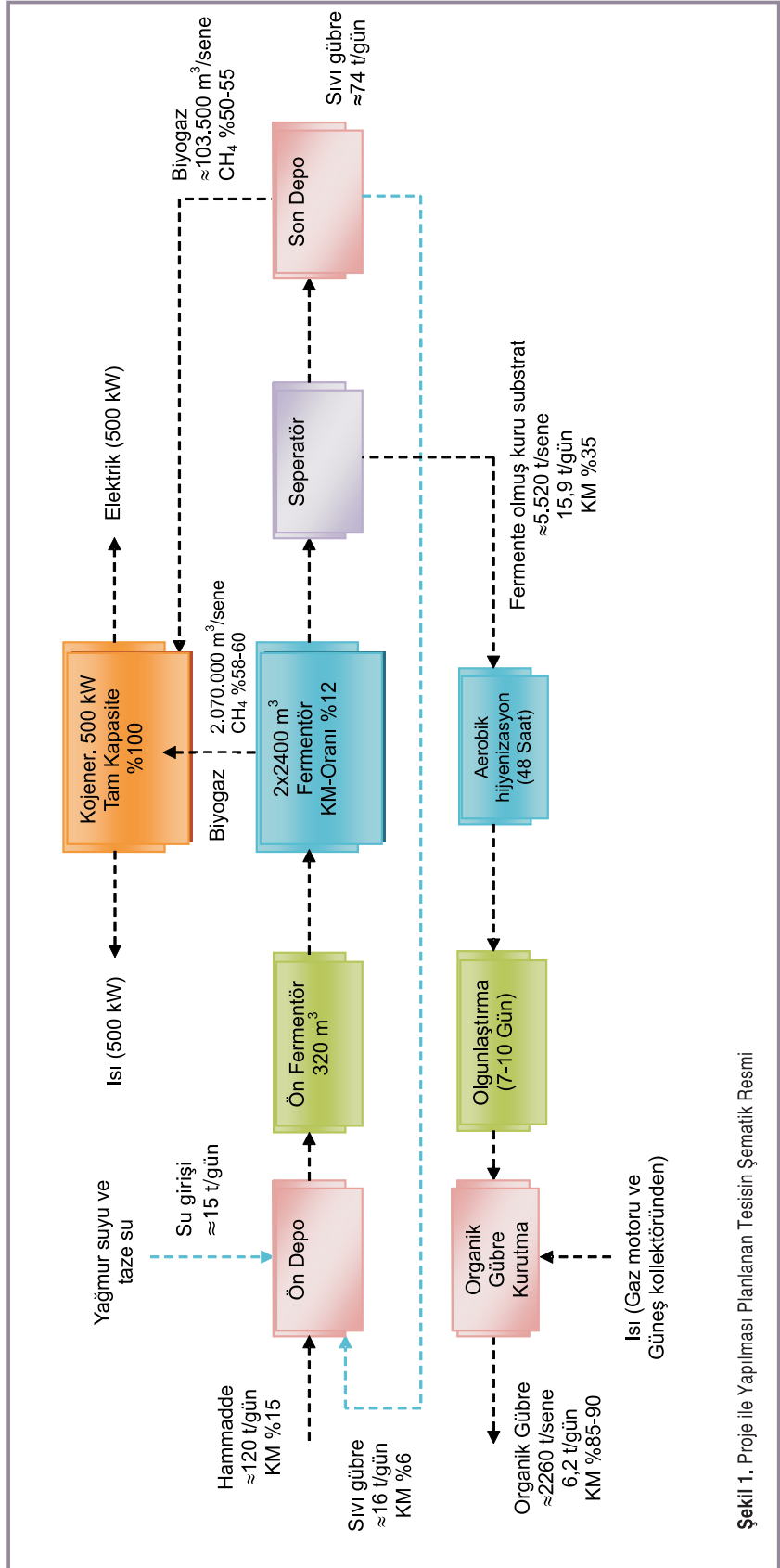
Bu iş paketinde biyogaz tesisinin 1/1000 ölçeğinde bir adet laboratuvar ölçekli sistem kurulacaktır. Laboratuvar ölçekli sistem ön fermentör, iki adet fermentör ve son depodan oluşacaktır. Ayrıca, organik gübre elde etmek için gerekli olan aerobik hijyenizasyon, organik gübre olgunlaştırma ve kurutma ünitelerinin de küçük boyutlarda modeli yapılacaktır. Laboratuvar ölçekli sistem, kullanılacak substratın özellikleri, gaz verimi ve metan içeriği, yükleme oranı ile bekleme süresi konusunda kesin bilgiler edinilmesine yardımcı olacaktır. Farklı hayvansal atıkların deneysel olarak incelenmesi, biyolojik H_2S giderme sistemi veriminin deneysel olarak incelenmesi, fermentasyon sonunda separatörden çıkan substratın karakterizasyonu, tambur ve olgunlaşma prosesi sonunda organik gübrenin karakterizasyonu ile laboratuvar ölçeğinde organik gübre üretim sistemi testleri bu iş paketinde yapılacaktır.

Pilot Ölçekli Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı, İmalatı ve Testleri

Pilot ölçekli biyogaz üretim tesisinin tasarımı, proje ekibinin daha önce çalıştığı projelerden edindiği deneyimlerden, laboratuvar ölçekli sistemle yapılan deneysel çalışmalar sonucu elde edilen verilerden ve yurt dışı teknik gezilerden elde edilen bilgi birikiminden faydalanılarak gerçekleştirilecektir [11-14]. Pilot ölçekli tesis kurulumu Ertan Tarım Hayvancılık ve Enerji İşletmeleri Tic. A.Ş'nin Silivri büyükbaş hayvan çiftliğinde Kasım 2011 tarihinde başlayacak olup, 18 ayda tamamlanması hedeflenmektedir.

Pilot tesis bir adet ön depo, bir adet ön fermentör, iki adet fermentör ve bir adet son depo, kojenerasyon ünitesi, organik gübre üretim ve paketleme ünitelerinden ibarettir. Çiftlikten gelen %15 katılıktaki büyükbaş hayvan atığı ön depoda toplanacaktır. Ön depo hacminin yaklaşık 600 m³ olması planlanmaktadır. Ön depoda su (15 t/gün) ve seperatörden çıkan sıvı gübre (16 t/gün, KM≈ %6) ilavesi yapılarak katı madde içeriğinin %12'ye düşürülmesi sağlanacaktır. Yağmur suları çiftlikte mevcut bulunan su depolarından birinde toplanarak, ön fermentörde kullanılacaktır. Ayrıca, son depodaki sıvı gübrenin bir kısmı tekrar kullanılarak gereksinim duyulan taze su miktarı azaltılacaktır. Ön depodan pompa vasıtasıyla %12 katılıktaki atık ön fermentöre gönderilerek biyogaz üretim fazlarından biri olan hidroliz fazının burada tamamlanması sağlanacaktır. Ön fermentörde atığın bekleme süresi iki gün olarak öngörülmüştür. Ön fermentör hacminin 320 m³ olması planlanmaktadır.

Ön fermentasyon fazını tamamlayan atık sırasıyla önce 1. fermentöre daha sonrada 2. fermentöre merkezi pompa vasıtasıyla gönderilecektir. Sistemde merkezi pompa kullanılması birinci ve ikinci fermentör arasında hidrolik karıştırmaya olanak sağlamaktadır. Fermentörlerin her birinin hacminin 2400 m³ olması planlanmaktadır (Şekil 1). Bu hacmin %12,5'i gaz depolama hacmi olarak kullanılacaktır. Fermentör içerisindeki atığın iyi bir şekilde fermente olabilmesi için, her bir fermentör içine iki adet karıştırıcı yerleştirilecektir. Ayrıca fermentör iç sıcaklığını 35-40 °C'de tutmak için



Şekil 1. Proje ile Yapılması Planlanan Tesisin Şematik Resmi

fermentör içerisine sıcak su boruları yerleştirilecek ve fermentör izolasyon malzemesiyle kaplanacaktır. İki fermentör üzerine ayrı ayrı olmak üzere 700 m³ hacminde tek katlı membran şeklinde gaz depolama üniteleri öngörülmüştür. Üretilen biyogaz elektrik üretiminde kullanılacağı için daha büyük bir depolama kapasitesine gerek duyulmayacaktır. Projede yapılması planlanan pilot tesisin şematik resmi Şekil 1'de verilmiştir. Fermentörlerde hidrolik bekleme süresi (14 + 14 = 28 gün) kadar bekletildikten sonra, fermente olmuş nihai ürün pompa vasıtasıyla seperatöre gönderilecektir. Burada fermente olmuş substrat katı ve sıvı kısımlara ayrılacaktır. Sıvı kısmı yaklaşık %6 katılıkla olup, seperatörden son depoya gönderilecektir. Sıvı gübrenin son depoda bekleme süresi; coğrafi bölgeye, uygulanacak toprak tipine, kış yağışlarının durumuna ve ulusal düzenlemelere göre değişiklik göstermektedir. Türkiye'de bu konuyla ilgili herhangi bir düzenleme olmadığı için Avrupa ülkelerinde en kısa bekleme süresi olan 90 gün tercih edilecektir [15]. Fermentörler ve son depo birbirleriyle bağlantılı şekilde inşa edilecek ve aralarındaki iletim borular (substrat ve biyogaz boruları) aracılığıyla sağlanacaktır. Tesis sürekli yüklemeli sistem prensibiyle çalıştırılacağı için yüklenen materyal hacmi kadar fermente olmuş materyal son depoya aradaki boru bağlantısı yardımıyla aktarılacaktır. Son deponun üzerinde fermentörlerde olduğu gibi gaz örtüsüyle kapatılacaktır. Bunun nedeni fermentasyonun son depoda da devam etmesidir. Son depoda açığa çıkacak metanın atmosfere atılması çevreye zarar vermekte ve enerjinin kullanılmadan atılması anlamına gelmektedir.

Sistem tümüyle bir PLC aracılığıyla kontrol edilecektir. Bu amaçla geliştirilen bir program kullanılacaktır. Tüm ölçüm değerleri, fermentörlerin doluluk durumları, üreteçler ve iletim hatlarındaki basınç değerleri, tüm noktalardaki (üreteçler, gaz, motor ısıtma ve ısıtma suyu geri dönüş) sıcaklık değerleri, gaz üretimi miktarı, biyogaz içeriği (CH₄, CO₂, H₂S, H₂) oranı sürekli kontrol edilecek ve bu veriler kaydedilecektir.

Fermentörlerde üretilen biyogazın içeriğinde %55-65 CH₄, %35-45 CO₂, 3500-4000 ppm H₂S, çok az miktarda diğer gazlar ve nem bulunacağı öngörülmektedir. Biyogazın içerisindeki H₂S, nemle birleşerek gaz motoru, boru hatları vb. mekanik parçalarda korozyona neden olmaktadır. Biyogaz gaz motorunda kullanılmadan önce içeriğindeki H₂S ve nem ayrıştırılacaktır. Bu projede iki aşamalı H₂S giderme ünitesi kullanılacaktır. Birinci aşamada biyolojik hidrojen sülfür ayrıştırma ünitesi ikinci aşamada ise aktif karbon kullanılarak biyogazın H₂S miktarı 300 ppm'in altına düşürülecektir. Biyolojik H₂S ayrıştırma sisteminde, fermentörlerin üst kısmına çam ağacından mertekler yerleştirilecektir. Bu merteklerin üzerinde bulunan delikli PVC hortum vasıtasıyla her iki fermentöre max 180 mbar

basınçta ve üretilen biyogazın %2-6'sı kadar hava gönderilecektir. Mertekler üzerine ise keçe yerleştirilecek ve keçenin altında H₂S tüketen bakterilerin kendiliğinden yetişmesi sağlanacaktır. Biyogaz içerisindeki nem fermentörlere yakın bir yerde gaz hatlarından uzaklaştırılacaktır. Bu projede kondensat hattı ve kondensat kuyusu tasarlanarak nemin sistemin çalışmasına engel olmaması sağlanacaktır. Proje ile yapılması planlanan örnek bir fermentör Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Proje ile Yapılması Planlanan Örnek Bir Fermentör Resmi

H₂S ve nemi ayrıştırılan biyogaz, gaz motorunda kullanılarak elektrik ve ısı (500 kW elektrik + 500 kW ısı) elde edilecektir. Üretilen elektriğin %20'si tesisteki ekipmanları çalıştırmak, %18'i çiftliğin elektrik ihtiyacını karşılamak için kullanılacaktır. Geriye kalan elektriğin %62'si şebekeye verilerek satılacaktır. Üretilen ısının %15-25'i (mevsime göre değişiklik göstermekte) fermentör içerisindeki materyallerin ısıtılmasında geriye kalan kısmı ise organik gübrenin kurutulmasında kullanılacaktır.

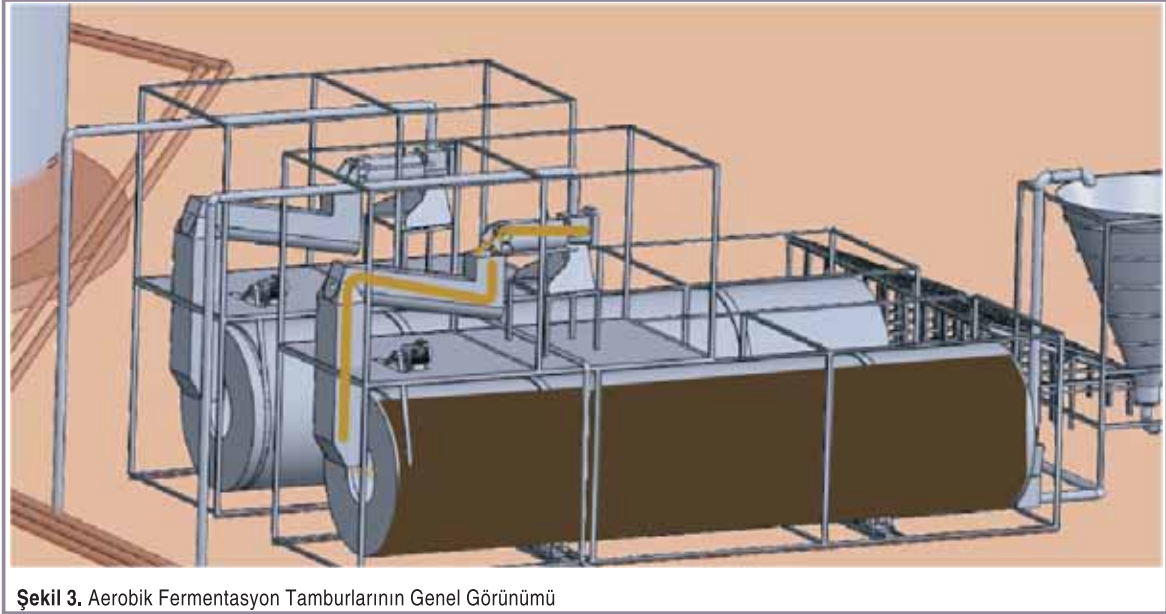
Organik Gübre Üretim, Güneş Enerji Destekli Kurutma ve Paketleme Sistemi

Bu proje ile Türkiye'de ilk defa anaerobik bozundurma (fermentasyon) sonucu açığa çıkan fermente olmuş substratı

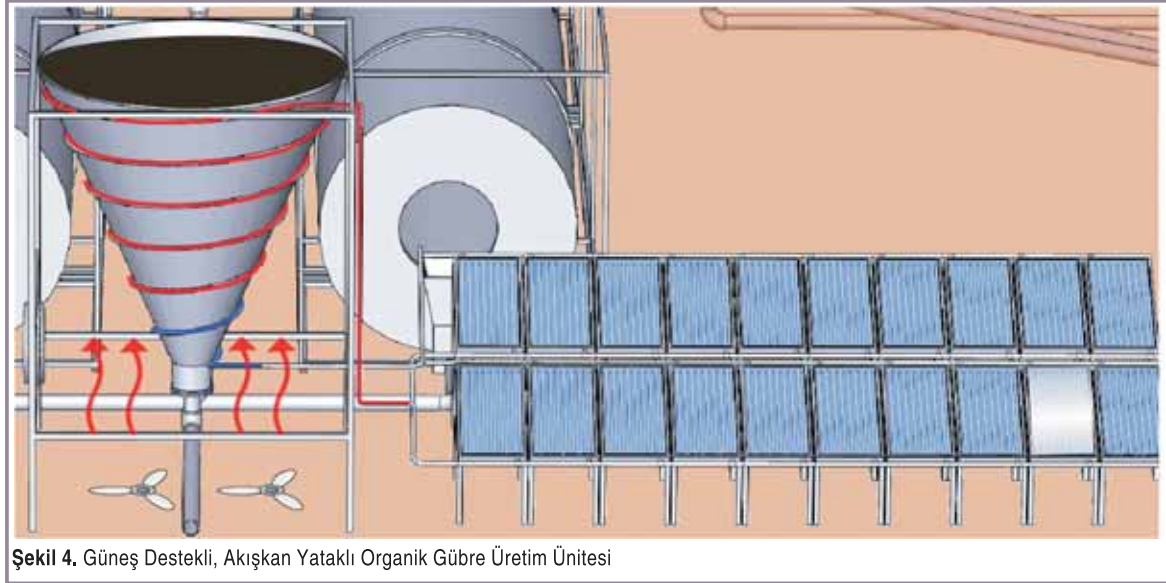
“Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelikçe göre düzenleyip, organik gübre haline getirip, paketleyerek kullanıma hazır hâle getiren modern teknolojiye sahip entegre bir tesis inşa edilecektir.

Bu Yönetmelik'e göre fermente olmuş hayvansal atıkların organik gübre olarak kullanılabilmesi için aerobik hijyenizasyon ve kurutulması gerekmektedir. Separatörle ayrıştırılan fermente olmuş substrat aerobik, hijyenizasyon için bir 40 m³ lük tambura giriş ağzından helezonlarla beslenecektir. Fermente olmuş substratın aerobik fermentasyona tabi tutulduğu tamburların genel görünümü

Şekil 3'te verilmiştir. Tambur içerisinde ortalama 48 saat kalan fermente olmuş substrat içerisinde barındırdıkları aerobik bakterilerin aktivasyonu sonucu, dışarıdan herhangi bir enerji takviyesi söz konusu olmadan 60 °C sıcaklığa ulaşacaktır. Bu sıcaklıkta 48 saat kalan substrat içerisindeki patojenler elimine edilmiş ve aerobik hijyenizasyon süreci büyük ölçüde tamamlanmış olacaktır. Tamburdan çıkan substrat yaklaşık 7-10 günlük bir süreyle olgunlaştırılması organik gübrenin daha nitelikli olmasını sağlamaktadır. Bu süre sonunda organik gübrenin aerobik hijyenizasyonu tamamlanmış, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) azalmış, katılığı %60'lara ulaşmıştır. Katılığı %60 olan ve aerobik hijyenizasyonu tamamlanan organik gübrenin paketlenmesi için katılık oranının %85-90'lara getirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3. Aerobik Fermentasyon Tamburlarının Genel Görünümü



Şekil 4. Güneş Destekli, Akışkan Yataklı Organik Gübre Üretim Ünitesi

Organik gübrenin %85-90 katılığa getirilmesi için akışkan yataklı kurutucudan faydalanılacaktır. Akışkan yatakta, gaz motoru soğutma suyu, egzoz gazı ve güneş kolektörlerinden elde edilecek ısı kullanılacaktır. Bu teknoloji vasıtasıyla günümüzde biyogaz kullanım verimi %40-45'lerde (üretilen biyogazdan elde edilen enerji verimi) olan biyogaz sistemlerinin veriminin %75-80'e ulaşması beklenmektedir. Çünkü birçok biyogaz tesisinde üretilen ısının çok küçük bir miktarı sadece fermentörleri ısıtmak için kullanılmakta, geriye kalan ısı atmosfere atılmaktadır. Üretilen biyogaz, gaz motorunda kullanıldığında tam yük şartlarında gaz motorunun elektrik verimi %38-39 ve ısı verimi %45-47'dir [16]. Fermentörleri ısıtmak için üretilen ısının %10-20'si (biyogazın kullanılmasıyla elde edilen enerjinin %5-10'u) kullanılmakta, geriye kalan ısı atmosfere atılmaktadır. Organik gübre kurutma teknolojisi elde edilen ısının %80-90'ı kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle toplam verimin (elektrik+kullanılan ısı) %75-80'e ulaşması beklenmektedir. Akışkan yatakta kurutulmuş organik gübre paketleme ünitesinden geçirilerek paketlenmiş hâlde organik gübre elde edilecektir. Güneş destekli organik gübre kurutma ünitesi Şekil 4'te gösterilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Biyogaz uygulamaları kırsal kesimin kalkınması açısından da önemli bir işleve sahiptir. Çiftçilerin ek gelirlerle desteklenmesi ihtiyacından sürekli söz edilmektedir. Hem bitkisel üretim hem de hayvansal üretim yapan çiftçilerin, belirli organizasyonlar içerisinde biyogaz tesisleri kurmaları ve işletmeleri bu eksiği giderecek bir uygulama olarak değerlendirilmelidir. Çiftçiler tesislere ortak olarak sanayici konumuna gelebileceklerdir. Gelişmiş batı ülkelerinde bu tür uygulamaların çok sayıda örnekleri bulunmaktadır.

Kırsal kesimde kurulacak biyogaz tesislerinin buldukları yörede istihdam olanağı yaratacak, sosyal ve kültürel gelişmeyi hızlandıracak, kırsal kesimdeki çevre kirlenmesini ve bunlardan kaynaklanan hastalıkların azalmasını sağlayacak olması da projenin getirileri arasındadır.

Biyogaz teknolojisi tüm dünyada çevre bilincinin artmasıyla gündemdeki yerini sürekli artan bir popüleriteyle koruyacaktır. Bu bağlamda yakın gelecekte bu teknolojinin ihraç şansı da olabilecektir. Gelişmiş batı ülkelerine göre daha ucuza mal edebileceğimiz tesislerle bu sektörde rekabet gücümüz, o ülkelere göre daha fazla olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK TEYDEB 1501 Sanayi Ar-Ge Projeleri kapsamında devam eden 3110117 nolu projeden üretilmiştir. TÜBİTAK'a bu projeye verdiği finansal destekten dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. **Kaya, D.** 2006. Renewable Energy Policies in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10:152-163.
2. **Tamminga, S.** 2003. Pollution Due to Nutrient Losses and its Control in European Animal Production, Livest. Prod. Sci. 84(2), 101-111.
3. **Güngör-Demirci G., Demirer, G.N.** 2004. "Effect of Initial COD Concentration, Nutrient Addition, Temperature and Microbial Acclimation on Anaerobic Treatability of Broiler and Cattle Manure," Bioresource Technology, vol.93, no:2, 109-117.
4. **Kaya, D., Çağman, S., Eyidoğan, M., Aydoğan, C., Çoban, V., Tiris, M.** 2009. "Türkiye'nin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Ekonomisi," Atık Teknolojileri Dergisi, sayı: 1, s. 48-51.
5. **Braun, R.** 1982. Biogaz-Methangaerung Organischer Abfallstoffe, Springer Verlag Wien, Newyork.
6. **Yıldız, Ş., Saltabaş, F., Sezer, K., Balahorli, V.** 2009. "Farklı Tip Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi-İstanbul Örneği," 15. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı (ICCI 2009), 13-15 Mayıs, İstanbul, 228-231.
7. **Dirkse, E.H.M.** 2007. "Biogas Upgrading Using the DMT TS-PWS Technology Report," DMT Environmental Technology, p2-12.
8. **Sahlström, L.** 2003. "A Review of Survival of Pathogenic Bacteria in Organic Waste Used in Biogas Plants, Bioresource Technology," cilt: 87, no: 2, s. 61-166.
9. **Wilkie, A.C.** 2005. "Anaerobic Digestion: Biology and Benefits, Dairy Manure Management: Treatment, Handling and Community Relations," NRAES-176, Cornell University, p. 63-72.
10. **Klingler, B.** 2006. Environmental Aspects of Biogas Technology, German Biogas Association.
11. www.biyogaz.org.tr. son erişim tarihi: 2011.
12. **Demirer, G.N., Uludağ-Demirer, S.** 2007. "Organik Atıklardan Yenilenebilir Enerji ve Biyobazlı Endüstriyel Kimyasal Madde Eldesi," Devlet Planlama Teşkilatı Projesi Sonuç Raporu, BAP-03-11-DPT.2003(05) K120540-1, ODTÜ ve Çankaya Üniversitesi, Ankara.
13. Application of Anaerobic Technologies for the Management of Industrial Wastewaters State Planning Organization of Turkey, 1998-2001. AFP-03-11DPT.98K122800, ODTÜ, Ankara.
14. Enhanced Anaerobic Digestion of Farm Animal Manure, 2003. Washington Technology Center, WSU-Andgar Corporation, WSU, Pullman, USA.
15. **Birkmose, T.** 2009. "Nitrogen Recovery From Organic Manures: Improved Slurry Application Techniques and Treatment – the Danish Scenario," International Fertiliser Society Proceedings, 656.
16. GE's Jenbacher Gas Engines Type 2 Technical Data, 2010. GE Jenbacher GmbH & Co OHG.