

Türkiye'nin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Ekonomisi

Doç Dr. Durmuş KAYA
TÜBİTAK MAM

Selman ÇAĞMAN
TÜBİTAK MAM

Muharrem EYİDOĞAN
TÜBİTAK MAM

Cihangir AYDONER
TÜBİTAK MAM

Volkan ÇOBAN
TÜBİTAK MAM

Mustafa TIRIS
TÜBİTAK MAM

Özet

Fosil kökenli enerji kaynaklarının tükenecek olması, mevcut kaynakların verimli olarak kullanımının yanısıra yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin ve yaygın bir şekilde kullanımını da gerektirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından bir tanesi de biyogazdır. Biyogaz teknolojisinin yaygın olduğu ülkelerde her türlü organik atık, biyogaz üretim tesislerinde işlenerek enerji üretilmektedir. Enerji üretiminin yanında atık kaynaklı toprak, su ve hava kirliliği oluşumu da en aza indirgenmektedir. Diğer taraftan tesislerden çıkan organik atık ise bitkisel üretimde gübre olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin hayvansal kaynaklı atıkları ve bu atıklardan üretilebilecek biyogazın eşdeğer enerji potansiyeli illere göre tespit edilmiş ve haritalandırılmıştır. Biyogaz sistemlerinin maliyet analizlerini yapmak için farklı atık/hammaddelerin kullanıldığı iki opsiyon seçilmiş ve her bir tesis için yatırım maliyeti, yıllık gelirler, yıllık giderler ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Anahtar kelime: Hayvansal atık potansiyeli, Biyogaz potansiyeli, Tesis ekonomisi

Giriş

Ülkemiz, sınırlı miktarda fosil kökenli yakıt rezervlerine sahiptir ve bu sebeple enerjide dışa bağımlıdır. Mevcut enerji tüketiminin yaklaşık olarak %60'ı ithalatla karşılanmaktadır. Oysa ülkemiz fosil kökenli yakıtlara alternatif olabilecek yenilenebilir enerji (biokütle, hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal vb.) kaynaklarına yüksek oranda sahip olmasına rağmen, bu kaynakların mevcut kullanım oranı oldukça düşüktür. Son yıllarda ülkemizde hidrolik, güneş, jeotermal ve rüzgâr kaynaklı enerji üretimi yaygınlaşmaya başlamış

olup, biokütleden sadece direkt yakma ile enerji üretimi yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna karşın, biokütle kaynaklı yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak nitelendirilen bitkisel ve hayvansal atıklardan oksijensiz (anaerobik) ortamda biyogaz üretimi ise yok denecek kadar azdır.

Türkiye'de, geçtiğimiz yıllarda çiftlik kapasitelerinde ve dolayısıyla gübre miktarlarında büyük artışlar olmuştur. Türkiye'de inek, koyun ve kümes hayvanları sayıları yaklaşık olarak sırasıyla 11, 30 ve 350 milyondur. Toplam atık miktarı ise yaklaşık 150 milyon ton'dur. Günümüzde fosil yakıtların azalması dolayısıyla, yakın gelecekte enerji açığı oluşması kaçınılmazdır. Buna ilaveten, bitkisel ve hayvansal atıklardan kaynaklanan çevre problemleri de göz önüne alındığında, sürdürülebilir kalkınma açısından, bu iki soruna çözüm getirilmesinin büyük önem taşıdığı yapılan çalışmalarla da görülmüştür. Tarımsal ve hayvansal atıklar için çevresel açıdan kabul edilebilir en etkili çözüm yöntemlerinden biri, biokütle-enerji dönüşüm sistemleridir. Bu sistemlerle, atıklardan, hem enerji hem de besin değeri yüksek organik gübre elde edilmektedir [1, 2].

Türkiye'deki Hayvansal Atık Potansiyeli

Hayvansal atık potansiyelini belirlemek için, Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2006 yılı hayvan sayıları referans olarak alınıp, Agro-Waste projesi kapsamında her bir hayvan için belirlenen değerler (Büyükbaş hayvan için 9,94 ton/yıl, küçükbaş hayvan için 0,82 ton/yıl, kümes hayvanları için 0,029 ton/yıl) üzerinden hesaplamalar yapılmıştır [3, 4]. Kullanılabilir atık miktarı ise Agro-Waste Projesi'nde kullanılan



Şekil 1. Türkiye'deki hayvansal kaynaklı kullanılabilir atıkların illere göre dağılımı (milyon ton atık)

oranlar (büyükbaş %65, küçükbaş %13 ve kümes %99) baz alınarak hesaplanmıştır. Bir ton atıktan çıkan biyogaz miktarı büyükbaş için 33 m³, küçükbaş için 58 m³, kümes hayvanları için 78 m³ olarak kabul edilmiştir [5]. Yapılan hesaplamalar sonucu, Türkiye'deki kullanılabilir hayvansal atık miktarı yaklaşık olarak 84 milyon ton olup, bu atıklar 1,8 milyon ton eşdeğer petrol (TEP) enerji potansiyeline sahiptir.

Türkiye'de hayvansal kaynaklı atıkların illere göre dağılımını Şekil 1'de verilmiştir. İllere göre atık potansiyeli incelendiğinde, iki milyon ton ve üzeri atık bulunduran iller büyükten küçüğe doğru sırasıyla Bolu, Erzurum, Balıkesir, İzmir, Konya, Kars, Samsun ve Ağrı şeklindedir. Türkiye'de

hayvansal kaynaklı atıkların illere göre TEP cinsinden enerji dağılımı ise Şekil 2'de verilmiştir. 45 bin ton TEP ve daha fazla enerji potansiyeline sahip iller Bolu, Balıkesir, Erzurum, Konya, Kocaeli ve İzmir'dir.

Biyogaz tesisi bileşenleri

Genel olarak bir biyogaz tesisi bileşenleri aşağıda verilmiştir.

- Atık hazırlama ünitesi
- Fermantör
- Son depo
- Kojenerasyon ünitesi
- Separatör
- Gaz boruları/valfleri ve bağlantı ekipmanları



Şekil 2. Türkiye'de hayvansal kaynaklı atıkların enerji potansiyellerinin illere göre dağılımı (TEP)

- Isıtma sistemleri
- Pompalar
- Karıştırıcılar
- Isı transfer elemanları

Biyogaz sistemlerinde maliyet analizi

Biyogaz sistemi maliyetini oluşturan başlıca faktörler proje tasarım giderleri, ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleri olarak ifade edilebilir. Biyogaz sistemlerinden beklenen gelirler ise üretilen elektrik ve proses sonunda elde edilen organik gübrenin satılması ve kojenerasyon sisteminde elde edilen atık ısının ısıtma amaçlı kullanımı olarak özetlenebilmektedir. Tesis maliyeti hesaplanırken, benzer kapasitedeki uluslararası tesisler için yapılan çalışmalardan faydalanılmış ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar Türkiye koşullarına uyarlanmıştır.

İlk yatırım maliyeti

Biyogaz tesisi kurulacak sahanın hazırlanması, zemin kazı ve dolgu, inşaat, mekanik ve enstrümantasyon projelendirme çalışmaları, maliyet unsuru olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca proje geliştirme giderleri olarak teknik, yasal ve planlama için alınacak izinler, finansal faaliyetler (finans sağlamak amacıyla yapılacak araştırmalar), üretilen elektriğin satışı için yapılacak bağlantılar gösterilebilir.

İşletme giderleri

Bir biyogaz tesisinin işletme giderleri tesis kapasitesine, tasarım kriterlerine ve yerel koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İşletme giderleri genel olarak aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Personel giderleri
- Sigorta

- Taşıma giderleri
- Bakım masrafları

İşletme gelirleri

Çürütme sisteminin işletme sürecindeki en önemli gelir kaynakları ise üretilen elektrik, ısı, organik gübrenin satışı ve yeşil sertifikadan beklenen gelirlerdir. Ayrıca prosessten oluşan sıvı gübre, tarım alanlarında kullanılmak üzere satılarak gelir elde edilebilir. Biyogaz sistemlerinde ilk kurulum ve işletme maliyetlerinin kullanılan atık/hammadde cinsine göre değişimini incelemek için iki farklı opsiyon seçilmiştir.

Tablo 2. Büyükbaş hayvan gübresi ile çalışan bir tesisin maliyet analizi

Tesis Bileşeni	Hesaplama Yöntemi	Örnek	Fiyat	Birim
Kurulum maliyeti	Yerleşik kapasite (kW) x yatırım gideri (€/kW)	500 kW x 4.000€	2.000.000	Euro (€)
Giderler				
Fermenterin kullanım ve bakımı	(Toplam yatırım giderleri - Kojenerasyon ünitesi yatırım giderleri) x % 3	(2.000.000 € - 400.000€) x 3%	48.000	€/yıl
Kojenerasyon ünitesinin kullanım ve bakımı	Çalışma saati/yıl x (0,8 - 1,1) €/h	8.000 h/yıl x 0,95 €/h	7.600	€/yıl
Sigorta ve vergiler	Toplam yatırım giderleri x % 0,05-0,10	2.000.000 € x 0,05	100.000	€/yıl
İş gücü	Kişi x 12 ay x 1.500 €	3 x 12 x 1500 €	54.000	€/yıl
Hammadde giderleri	Satın alma ve taşıma giderleri	3 €/t/yıl x 40000 t	120.000	€/yıl
Yıllık toplam giderler			329.600	€
Gelirler				
Elektrik satışı	Yerleşik kapasite (kW) x (-20%) Çalışma saati x Elektrik fiyatı	500 kW x (-20%) x 8.000 h x 0,07 €/kWh	224.000	€/yıl
Karbon ticareti	Yerleşik kapasite (kW) x Çalışma saati x (-5%) x Yeşil sertifika ücreti	500 kW x 8.000 h x (-5%) x 0,02 €/kWh	76.000	€/yıl
Kullanılan ısı	Kojenerasyon ısı (kW) x Çalışma saatix0,03 €/kWh	500 x 8.000 x 0,03 €/kWh	120.000	€/yıl
Organik gübre satışı	Organik gübre miktarı x Gübre fiyatı	10.000 t/yıl x 30 €/t	300.000	€/yıl
Yıllık toplam gelirler			720.000	€
Yıllık kar	(Gelir-Gider)/yıl	(720.000-329.600) €/yıl	390.400	€
Geri ödeme süresi (yıl)	Toplam yatırım gideri / Yıllık kar	2.000.000 / 390.400	5,12	Yıl

Tablo 1. Büyükbaş hayvan gübresi kullanılan bir biyogaz tesisinin teknik özellikleri

Atık / Hammadde Cinsi	Büyükbaş Gübresi
Atık / hammadde miktarı (ton/yıl)	40.000
Kuru madde oranı (%)	20
Uçucu organik madde oranı (%)	80
Biyogaz üretimi (m ³ /yıl) (% 55 CH ₄)	2.000.000
Başlıca biyogaz sistemi ekipmanları	
Ön depo (m ³)	1x600
Fermenter(ler) (m ³)	2x2500
Hidrolik bekleme süresi (gün)	<38
Nihai gübre deposu (m ³)	1.000
Net elektrik üretimi (kW)	500
Net ısı üretimi (kW)	500
Organik kuru gübre (ton/yıl)	≈ 10.000
Organik sıvı gübre (ton/yıl)	≈ 18.500

Opsiyon 1:

Hammadde olarak büyükbaş gübresi kullanarak 500 kW elektrik ve 500 kW ısı üreten bir biyogaz tesisinin maliyet analizi yapılmıştır. Tesiste yıllık yaklaşık olarak 40 bin ton büyükbaş gübresine ihtiyaç duyulmaktadır. Maliyet hesabı yapılırken, büyükbaş gübresinin biyogaz tesisine yakın bir bölgede olduğu ve taşıma giderinin 3 €/ton olduğu kabul edilmiştir. Büyükbaş hayvan gübresi ile çalışan bir biyogaz tesisinin bazı özellikleri **Tablo 1**'de, tesisin maliyet analizi ise **Tablo 2**'de verilmiştir.

Opsiyon 2:

Hammadde olarak büyükbaş gübresi (B.B.), tavuk gübresi (T.G.), mısır silajı (M.S.) ve patates atığı (P.) kullanarak 500 kW elektrik ve 500 kW ısı üreten bir biyogaz tesisinin maliyet analizi yapılmıştır.

Tavuk gübresinin C/N oranı düşük olduğundan, tek başına tavuk gübresi kullanarak biyogaz üretmek mümkün

Tablo 3. Değişik atık/hammaddeleri kullanılan bir biyogaz tesisinin teknik özellikleri

Atık / hammadde cinsi	Büyükbaş, Tavuk gübresi,
Mısır silajı, Patates atığı	
Atık / hammadde miktarı (ton/yıl)	7.500 (B.B.) + 2.700 (T.G.) + 3.750 (M.S.) + 2.700 (P)
Biyogaz üretimi (m ³ /yıl) (% 55 CH ₄)	2.000.000
Başlıca biyogaz sistemi ekipmanları	
Ön depo (m ³)	(1×600)
Fermenter(ler) (m ³)	(2×2.500)
Hidrolik bekleme süresi (gün)	45
Nihai gübre deposu (m ³)	1.000
Net elektrik üretimi (kW)	500
Net ısı üretimi (kW)	500
Organik kuru gübre (ton)	≈7.500
Organik sıvı gübre (ton)	≈11.000

Tablo 4. Büyükbaş hayvan gübresi, tavuk gübresi, mısır silajı ve patates atığı kullanılan bir biyogaz tesisinin maliyet analizi

Tesis Bileşeni	Hesaplama Yöntemi	Örnek	Fiyat	Birim
Kurulum maliyeti	Yerleşik kapasite (kWh) yatırım gideri (€/kWh)	500 kWh×4.000€	2.000.000	Euro (€)
Yıllık toplam giderler			409.400	€
Yıllık toplam gelirler			645.000	€
Yıllık kar	(Gelir-Gider)/ yıl	(645.000-409.400) €/yıl	235.600	€
Geri ödeme süresi (yıl)	Toplam yatırım gideri / Yıllık kar	2.000.000 / 235.600	8,48	Yıl

olmamaktadır. Tavuk gübresinden biyogaz üretebilmek için C/N oranı daha yüksek olan büyükbaş gübresi, mısır silajı ve patates atığı tesiste hammadde olarak kullanıldığı varsayılmıştır.

Tesis maliyet hesabında hammadde giderleri olarak sadece mısır silajının satın alındığı, diğer atıkların ücretsiz temin edildiği kabul edilmiştir (taşıma giderleri tüm hammaddeler için hesaba katılmıştır). Büyükbaş hayvan gübresi, tavuk gübresi, mısır silajı ve patates atıkları ile çalışan bir biyogaz tesisinin bazı özellikleri **Tablo 3**'de, tesisin maliyet analizi ise **Tablo 4**'de verilmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye'deki hayvansal atıklar ve bu atıklardan üretilen biyogazın eşdeğer enerji potansiyeli belirlenerek haritalandırılmıştır. Böylece, tesis kurulabilecek potansiyeli olan şehirler belirlenmiştir. Potansiyeli olan ve pilot bölge olarak seçilecek şehir(ler) için, farklı tesis senaryoları üzerinden tesis ekonomisi analiz edilmiştir.

Örnek iller arasında Bolu, Balıkesir, Erzurum, Konya, Kocaeli ve İzmir gösterilebilir.

- Türkiye'deki kullanılabilir hayvansal atık miktarı yaklaşık olarak 84 milyon ton olup, bu atıklar 1,8 milyon TEP enerji potansiyeline sahiptir.
- Hammadde olarak büyükbaş gübresi kullanılarak 500 kW elektrik ve 500 kW ısı üreten bir biyogaz sistemi maliyet analizi yapıldığında, geri ödeme süresi yaklaşık 5,12 yıldır (61 ay). Bu tür bir biyogaz tesisinin ekonomik ömrü ise yaklaşık 20-25 yıldır.
- Büyükbaş hayvan gübresi, tavuk gübresi, mısır silajı ve patates atığı kullanılan 500 kW elektrik ve 500 kW ısı kapasiteli bir biyogaz tesisinin geri ödeme süresi 8,48 yıldır.

Kaynaklar

1. Baban, A., Timur, H., Cılız, N., Olgun, H ve Akgün, F. Kümes ve Ahır Gübrelerinin Geri Kazanılması ve Bertarafı Projesi Final Raporu, TÜBİTAK-MAM, 2001.
2. Olgun, H., Doğru, M., Howarth, C.R., "Katı atıkların enerji dönüşümünde kullanılması ve gazlaştırıcılar", IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 1999.
3. <http://www.tuik.gov.tr/hayvancilikapp/hayvancilik.zul>
4. Kaya D., Çankakılıç F., Dikeç S., Baban A., Güneş K., Türkiye'de tarımsal atıkların değerlendirilmesi rehberi, LIFE 03 TCY/ TR /000061 proje raporu, TÜBİTAK MAM, 2005.
5. <http://www.enerji.gov.tr/biyogaz.htm>