



DÜZCE İLİNİN TARIMSAL VE HAYVANSAL KAYNAKLI BİYOGAZ VE KOMPOST ELDE EDİLEBİLİRLİK POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayşe KURT

Düzce Üniversitesi, Çevre ve Sağlık Teknolojilerinde İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, Düzce
kurtayse1987@gmail.com

ÖZET: Son yıllarda dünya genelinde artan petrole bağlı enerji tüketimleri sonucu sera gazı salınımı artışıyla ekosistem tahribatı ve küresel ısınma artışı meydana gelmiştir. Bu durum alternatif olarak yenilenebilir enerji uygulamalarını gündeme getirmiştir. Bu kapsamda çalışmanın amacı Düzce ilindeki tarımsal ve hayvansal atık kaynaklı biyogaz ve kompost gübre potansiyelini belirlemektir. Bu amaçla, Türkiye İstatistik Kurumuna ait veriler incelenmiştir. Düzce İli'nde bir yılda elde edilen ortalama bitkisel ve hayvansal kaynaklı biyokütle miktarı ve biyokütlenin ortalama ısı değerleri hesaplanarak Düzce İli için biyogaz ve kompost gübre üretim potansiyelleri belirlenmiştir. Düzce iline ait bitkisel üretim sonuçlarına göre yıllık bitkisel kaynaklı üretim miktarı 278.626 ton, biyokütle ısı değeri 111.450,4 TEP (ton eşdeğer petrol) ve biyogaz miktarı 107.163.846,2 m³; yıllık hayvan gübresi üretim miktarı 369.421,188 ton, biyokütle ısı değeri 10.266,95 TEP, biyogaz miktarı 10.323.786 m³ olan biyokütle ve biyoenerji potansiyeli öngörülmüştür. Elde edilen sonuçların etkin ve faydalı bir şekilde kullanılması için çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Biyogaz, Kompost, Düzce, Tarım, Hayvancılık

EVALUATION OF BIOGAS AND COMPOST AVAILABILITY POTENTIAL OF AGRICULTURAL AND ANIMAL ORIGIN IN DUZCE PROVINCE

ABSTRACT: In recent years, increased petroleum-related energy consumptions around the world has resulted in increased ecosystem damage and global warming with the increases in greenhouse gas emissions. This situation has brought renewable energy applications to the agenda. In this regard, the aim of this study is to determine the biogas and compost fertilizer potential of Duzce province for agricultural and animal waste sources. For this purpose, the datas of the Turkish Statistical Institute have been examined. In the study, biogas and compost fertilizer production potentials were determined for Duzce province with the calculation of the average plant and animal-based biomass quantity and average biomass calorific value obtained in one year in Duzce. According to the plant production results of Düzce province, annual plant-based production amount is 278,626 ton, biomass calorific value is 111,450,4 TEP (ton of oil equivalent) and biogas amount is 107.163.846,2 m³; biomass and bioenergy potential with annual animal manure production amount is 369.421,188 ton, biomass calorific value is 10.266,95 TEP, biogas amount is 10.323.786 m³. Various proposals have been made for the effective and useful use of the results obtained.

Keywords: Biogas, Compost, Duzce, Agriculture, Farming

1. GİRİŞ

Günümüzde dünyanın sahip olduğu yenilenemeyen enerji kaynakları tükenme riskiyle karşı karşıya oluşu ve çevreye verdiği önemli boyuttaki zarardan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ilgi görmeye başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerjisi, biyokütle enerjisi, hidrojen enerjisi, dalga enerjisi, gelgit enerjisi ve piezoelektrik enerjisi kullanmakta ve alternatif arayışlar sürmektedir [1]. Biyokütle enerjisi, güneş ve bitki kaynaklarının varlığına dayandığı için tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Bitkilerin her bölgede yetiştirilebilirliği nedeniyle özellikle kırsal alanlarda sosyo-ekonomik gelişime katkıda

bulunması nedeniyle de önemli bir enerji kaynağıdır [2]. Biyokütleden enerji eldesi doğrudan yakılarak veya çeşitli proseslerle (anaerobik ayrışma, fermantasyon, hidroliz, biyofotoliz, piroliz, esterleşme) yakıt kalitesi yüksek alternatif yakıt (biyogaz, biyodizel, biyoetanol, sentetik yağ) üretilerek sağlanmaktadır [3]. Biyogaz kavramı tarım endüstrisinden kaynaklanan atıkların anaerobik çürütülmesinde meydana gelen teknolojik gelişmelere bağlı olarak çıkmış olup tarım alanlarının yoğun olduğu bölgelerde üretimi önerilmektedir. Biyogaz uygulamaları ekonomik ve çevresel boyuttaki sağladığı faydalarından dolayı günümüzde dünya genelinde oldukça artan bir şekilde ilgi görmeye başlamıştır [4].

Türkiye’de ilk biyogaz birimi 1980’lerin başında “Köy Hizmetleri Ankara Toprak Su Araştırma Enstitüsü”nde kurulmuştur. O yıllarda dünya genelinde yaşanan petrol krizinin etkisiyle birlikte biyogaz araştırma ve uygulama çalışmaları yaygınlaştırılmıştır [5]. Yapılan araştırma ve uygulamalar oldukça olumlu sonuçlar vermiş, fakat sonrasında yönetimin konuya kayıtsız kalışı, gereken önemi göstermemesi ve gerekli organizasyon ve yapılanmanın sağlanamaması nedeniyle 1980’lerin sonuna doğru tüm çalışmalar durmuştur [6]. Son yıllarda çevreye zarar veren sera gazı emisyonlarının azaltılma ihtiyacı, atıkların ekonomiye kazandırılmak istenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi ihtiyacının karşılanması talebinin artması nedeniyle 18/5/2005 tarih ve 25819 sayılı resmi gazete ile 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” yürürlüğe girmiş ve biyogazla ilgili faaliyetler tekrar hız kazanmaya başlamıştır [7].

Biyogaz tesislerinde biyogaz eldesi sağlandıktan sonra geriye kalan organik atıklar kompostlaştırma yöntemiyle tarımda değerlendirilebilmektedir. Türkiye’de şu anda halihazırda toplam 79 adet biyogaz, biyokütle, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santralleri mevcuttur. Santrallerin ağırlıklı çoğunluğu büyükşehirlerde yer almakla birlikte yıllık toplamda yaklaşık 1.902 GWh’ını elektrik üretimi gerçekleştirmektedir (kurulu güç: 444 MWe; kurulu güce oranı: % 0,55; üretimin tüketime oranı: % 0,73) [8].

Tarımsal alanlar açısından zengin ve yeni gelişen şehirlerde tarımsal atıkların değerlendirilmesine yönelik olarak kompost ve biyogaz tesislerinin kurulumu çevre ve ekonomi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu konuda Düzce ili büyük öneme sahiptir. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı tarafından koordine edilen ve Kalkınma Bakanlığımızla birlikte eşgüdüm halinde yürütülen "Üniversitelerimizin Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması" temalı proje çalışması kapsamında, 18 Ekim 2016 tarihinde, 2016-2017 Yükseköğretim Akademik Yılı Açılış Töreninde Sayın Cumhurbaşkanımız Recep Tayyip Erdoğan tarafından Düzce Üniversitesi; sağlık ve çevre alanında bölgesel kalkınma odaklı misyon farklılaşması projesinin pilot yükseköğretim kurumu olarak belirlenmiştir. Proje kapsamında Çevre alanında “Tarımsal Atıkların Endüstriye Geri Kazanılması” konusu ele alınmıştır.

2. KOMPOSTLAŞTIRMA

Organik maddelerin biyolojik olarak ayrışmasını sağlayan kompostlaştırma yöntemi, uygun şartlar altında katı atık içerisinde var olan organik bileşiklerin mikroorganizmalar tarafından kontrollü bir şekilde çürütülmesi işlemlerini kapsar. Çürüme işlemlerinden sonra organik maddeler humus adı verilen toprakta kullanımı yararlı bir maddeye dönüşür. Çeşitli mikroorganizmalar aracılığıyla CO₂ ve H₂O oluşumu gerçekleşir [9].

Kompostlaştırma işlemi aerobik ve anaerobik olmak üzere iki yöntemle yapılabilmektedir [10].

Aerobik kompostlaştırma: kokusuz bir proses olup daha yaygın olarak tercih edilmektedir. Fermentasyon süresi kısa olup patojen mikroorganizmaların bertarafı gibi birtakım avantajlara sahiptir. Ancak bunun yanında sürekli olarak oksijen temini ve nem kontrolü ihtiyacı gibi ayrıntılara sahip bir prosestir [11, 12].

Anaerobik kompostlaştırma: uzun sürede tamamlanan bir prosestir, bazı hallerde dışarıdan ısı verilmesini de gerektirebilir. Çevrede kötü kokuların yayılmasına neden olur. Biyogaz, anaerobik dönüşüm esnasında bir yan ürün olarak elde edilebilmektedir [11, 12].

Kompostlaştırma işlemi üç farklı biyokimyasal ayrışma aşamasından meydana gelmektedir:

- Hızlı ayrışan organik maddelerin (şeker, glikoz, nişasta vs.) kısa süre içerisinde parçalanması ve ısı çıkışı
- Zor ayrışan maddelerin (hemiselüloz, yağ, lignin, reçine vs.) uzun sürede parçalanması,
- Mineralizasyon aşaması; son aşamadır. Kompostlaştırmada istenmez. Oluştugu takdirde kompostun humus değeri önemli derecede düşer. Dolayısıyla kompostlaştırma işlemi hijyenik şartlar sağlanıncaya kadar devam ettirilmelidir. Ancak kompost gübre besleyicilik açısından fosforlu, azotlu ve potasyumlu suni gübreler kadar zengin olamaz [13].

Kompostlaştırmanın asıl amacı; organik maddenin stabil maddelere dönüşümünün sağlanması, atıklarda bulunan patojen mikroorganizma ve diğer organizmaların bertaraf edilmesi, yabancı otların gelişiminin engellenmesi, toprağa faydalı ürün (maks. azot ve fosfor içeriği) geliştirilmesidir [4].

Atıkların yaklaşık %70'lik kısmından kompost yapılabilir. Geri kalan %30'luk kısmının nihai ürünlere farklı metotlarla dönüştürülmesi önerilmektedir [14].

2.1. Kompostlaştırma Yöntemleri

Kompostlaştırma yöntemleri açık kompostlaştırma (yığınlar halinde) ve kapalı kompostlaştırma (silo, hücre) adı altında genel olarak ikiye ayrılır. Pasif yığınlar, windrows, havalandırılmalı statik yığınlar ve in – vessel sistemleri olmak üzere dört metot kompostlaştırmada sıkça kullanılan yöntemlerdir [15].

2.1.1. Pasif yığınlar

Bu yöntemde kompost yığınları zaman zaman döndürülmekte, havalandırma yığınların içine doğru olmaktadır. Yığınlar küçüktür ve yükseklikleri azdır. Bu nedenle havalandırma pasif şekilde gerçekleşmektedir. Havalandırma minimum düzeyde gerçekleşmektedir [16].

2.1.2. Windrow yığınları

Bu metotta yığınlar düzenli şekilde havalandırılmaktadır. Şekil ve büyüklükler iklim, ekipman ve hammaddeye bağlı olarak değişmektedir. Yığınlar 1.8-3 m yükseklik, 4.5- 6.0 m genişlik ve 100 m'ye yakın uzunluğa sahiptir. Yığınlar küçük olduğunda büyük ısı kayıplarına gerçekleşebilmektedir. Büyük olduğunda ise anaerobik tabaka oluşumu ve koku problemleri meydana gelmektedir. Kompostlaştırmanın sona ermesi için gereken zaman uzundur (3-9 hafta) [17].

2.1.3. Havalandırmalı statik yığınlar

Bu yöntemde havalandırma blowerlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Blowerlar havayı çekerek yığınlara vermekte ve pozitif basıncın oluşumunu sağlamaktadır. Blowerların büyüklüğü, boruların tipi, uzunluğu ve çapının bilinmesi havalandırmada gerekli ekipmanların hesaplanması için gereklidir. Bu yöntem kompostların tarımda kullanılması amacıyla yaygın olarak tercih edilmektedir [11].

2.1.4. In-Vessel sistemleri

Bin, sallamalı dikdörtgen yataklar, silo ve döner borular olmak üzere genel olarak dört gruba ayrılır [18].

1. Bin: Tahta kutular, depolama kutuları ve kapalı/açık kutular kullanılmaktadır. Havalandırma blowerlar yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir.

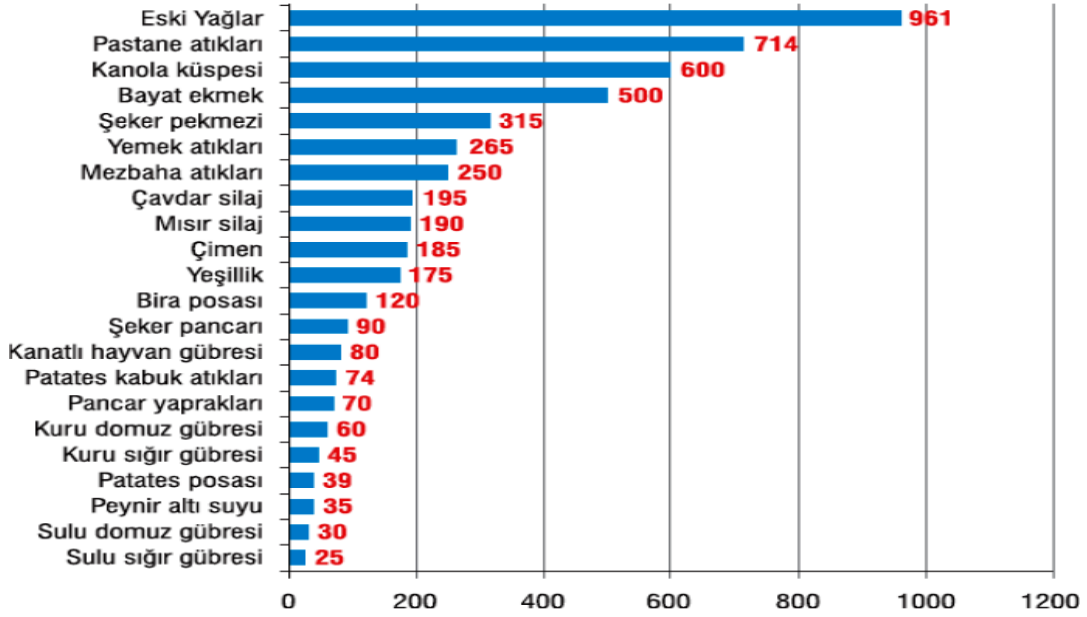
2. Sallamalı dikdörtgen yataklar: Uzun ve dardır. Otomatik veya manuel olarak periyodik şekilde döndürülmektedir. Karıştırıcı ekipmanlar sayesinde dönme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bazı sistemlerde blowerlar kullanılmaktadır.

3. Silo: Kompostlaştırma hızlı, havalandırma ise uzun sürmektedir. Atıklar üst kısımdan verilmekte tabanda bir karıştırıcı vasıtasıyla havalandırılmaktadır. Atık gazlar üstten alınarak biyofiltre gibi sistemlere verilerek arıtılmaktadır.

4. Döner borular: Küçük ebatlı atıklar kompostlaştırılır. Atıklar üst kısımdan yüklenir. Birinci bölmede dinlenir. Birinci bölmeden ikinci bölmeye aktarılırken havalandırma işlemi gerçekleştirilir [18].

3. BİYOGAZ

Fotosentez bitkileri (ayçiçeği, hububat, mısır silajı, kanola vb.) ve organik atıkların (bahçe atıkları, orman endüstrisi atıkları, kağıt endüstrisi atıkları, yemek atıkları, sebze, meyve, tahıl ve yağ endüstrisi atıkları, gıda endüstrisi atıkları: çikolata, maya, süt vb., şeker endüstrisi atıkları, hayvan dışkıları, deri ve tekstil endüstrisi atıkları, evsel organik katı atıklar, atık su arıtma tesisi atıkları vb.) havasız (anaerobik) ortamda fermantasyonu neticesinde ortaya çıkan metan gazına “biyogaz” adı verilmektedir. Renksiz ve kokusuz özelliğe sahip olmakla birlikte havadan daha hafif bir gazdır. Biyogaz içeriği ortalama; % 65 metan gazı (CH₄), % 35 karbondioksit gazı (CO₂), % 0,1-1 azot gazı (N₂), % 0,01-0,2 oksijen gazı (O₂) ve 10-4000 ppm hidrojen sülfür gazından (H₂S) oluşmaktadır [4]. Doğalgazın yerine kullanılabilen alternatif bir gaz olup kısıtlı olan fosil yakıtlara duyulan ihtiyacı azaltmaktadır. Aynı zamanda fosil yakıtların kullanımıyla atmosfere salınan CO₂ gazından daha düşük düzeyde CO₂ gazı salınımına neden olmaktadır. Dolayısıyla sera gazı salınımının azalması, küresel iklim değişikliğinin önüne geçilmesi amacıyla kullanılabilir çevre dostu bir gazdır. Fosil yakıtlardan olan doğal gazın yerini alabilen biyogaz, atmosferdeki sera gazının azalmasına katkı sağlayan çevre dostu bir gazdır [19]. Şekil 1’de hammaddelere göre biyogaz hasılatı eldesi verilmiştir.



Şekil 1. Hammaddelere Göre Biyogaz Hasılatı Eldesi (m³ biyogaz/ton hammadde) [19].

Biyogaz tesisleri kapasite açısından dört sınıfa ayrılmaktadır:

- Aile tipi: 6 - 12 m³,
- Çiftlik tipi: 50 - 150 m³,
- Köy tipi: 100 - 200 m³,
- Sanayi ölçekli tesisler: 1000 - 10000 m³ kapasiteye sahiptir.

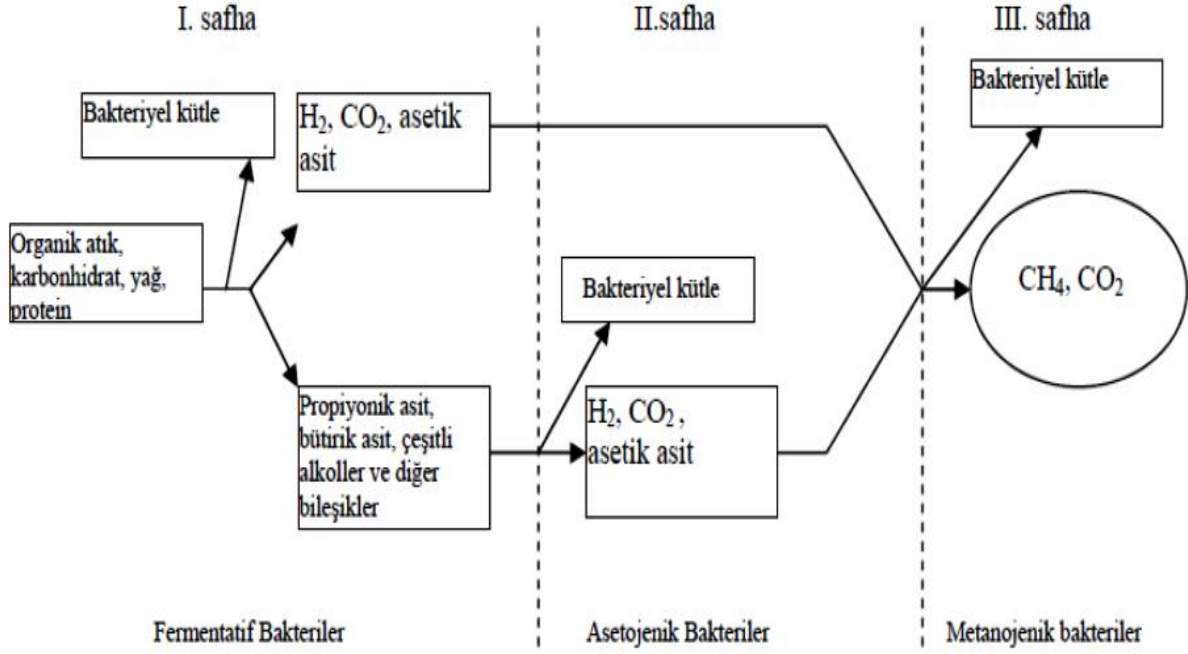
Biyogazın ısı değeri metan içeriğine bağlı olarak 4.700-6.000 kcal/m³ arasında değişmekte olup 1 m³ biyogazın ortalama kalorifik değeri yaklaşık 5500 kcal'dir. Çizelge 1'de diğer yakıt türlerinin biyogaz ile karşılaştırılması [20].

Çizelge 1. Biyogaz ile Diğer Yakıt Türlerinin Karşılaştırılması [20].

Yakıt Türü	Birimi	Enerji Değeri (MJ)	Yanma Verimi (%)	Kullanılabilir Enerji (MJ)	Biyogaz Enerji Eşdeğeri
Biyogaz	m ³	20	60	11,8	1 m ³
Elektrik	kWh	3,6	70	2,5	4,7 kWh
Gazyağı	L	38	50	19	0,62 L
Bütan	L	46	60	27,3	0,43 L
Odun Kömür	kg	29	28	8,1	1,46 kg

3.1. Biyogaz Üretim Aşamaları

Biyogazın oluşum süreci genel olarak üç aşamada gerçekleşir. Şekil 2'de biyogaz üretim aşamaları görülmektedir.



Şekil 2. Biyogaz üretim aşamaları (Şenol vd., 2017)

İlk aşama “hidroliz” aşamasıdır. Bu aşamada hidrolitik bakteriler aracılığıyla kompleks organik madde yapıları (karbonhidratlar, albüminler, yağlar) daha basit organik yapılara (aminoasitler, şeker, yağ asitleri) dönüştürülür. Bakteriler, organik maddeyi biyokimyasal olarak parçalayan enzimleri serbest bırakırlar. Oluşan ara ürünler “asetojenez aşaması”nda fermentatif bakteriler tarafından küçük yağ asitlerine (asetik, propiyon ve bütirik asit), karbondioksit ve hidrojene ayrıştırılır. Aynı zamanda düşük miktarlarda laktik asit ve alkoller de meydana gelir [21]. Asetojenez (asit oluşumu) aşamasında oluşan bu ürünler asetojenik bakteriler tarafından asetik asit, hidrojen ve karbondioksit dönüştürülür. Fazla miktarda hidrojen gazı asetojenezin ara ürünlerinin bozunmasını engelleyebilmekte bu nedenle hidrojen basıncı büyük önem taşımaktadır [21]. Son aşama olan metanojeniz aşamasında öncelikle asetik asitler, hidrojen ve karbondioksit oluşmakta metanojenik bakteriler tarafından metan gazına dönüştürülmektedir. Metanojenler hidrojen ve karbondioksitten metan üretirken, asetoklastikler asetik asidi ayrıştırarak metan üretmektedirler. Tarımsal biyogaz tesislerinde metan oluşumu ağırlıklı olarak hidrojen sentezi reaksiyonuyla yüksek ortam basıncında gerçekleşmektedir. Düşük ortam basıncında ise asetik asidin parçalanması yoluyla gerçekleşmektedir [21].

3.2. Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler

3.2.1. Besleme sıklığı

Sıcaklık kontrolünün sağlanması ve organik maddenin parçalanma hızını yükseltmek için çürütücüyü sık aralarla (günde birkaç kez) beslemek gereklidir. Katı madde miktarını sabit tutmak amacıyla günlük besleme miktarlarının hesaplanması gerekmektedir. Bu konuda günlük besleme karışımına katılacak su ve gübre miktarlarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Günlük besleme miktarı seçilen bekletme süresinin üreteç hacmi seçilen bekletme süresine bölünmesiyle bulunmaktadır [22].

3.2.2. Katı madde içeriği

Katı madde içeriğindeki artış, metanojenlerin aktivitesini yavaşlatmaktadır. Biyogaz tesislerinde ideal katı madde oranı: %7-12'dir [22].

3.2.3. Hidrolik bekleme süresi

Organik maddelerin bakteriler tarafından çürütülerek biyogaz eldesine kadar geçen süreye hidrolik bekleme süresi denir (besi maddelerinin %70-80'i biyokimyasal reaksiyona girer). Biyogaz tesislerinde hidrolik bekleme süresi işletme sıcaklığına bağlı olarak 20 ile 120 gün arasında değişmektedir. Bu süre tropikal bölgelerde 40-50 gün, Çin'in soğuk bölgelerinde 100 gün olarak değişmektedir [22]. Mezofilik şartlarda ortalama HBS değerleri Çizelge 2'de verilmiştir [22].

Çizelge 2. Biyogaz ile Diğer Yakıt Türlerinin Karşılaştırılması [23] .

Sıvı Sığır Gübresi	12 - 30 gün
Saman Yataklı Sığır Gübresi	18 - 36 gün
Sıvı Domuz Gübresi	10 - 25 gün
Bitki ile Karıştırılmış Sığır Gübresi	50 - 80 gün
Sıvı Tavuk Gübresi	20 - 40 gün

3.2.4 Organik yükleme hızı

Organik yükleme hızı, reaktöre günlük olarak eklenen organik madde miktarıdır [22]. Yüksek olduğunda biyoreaktör içinde asit birikir ve pH'ın düşmesiyle birlikte metanojenik bakterilerin faaliyetleri olumsuz yönde etkilenerek gaz üretim hızı düşer. Organik besleme hızı düştüğü zaman da gaz üretim hızı düşmektedir [23].

3.2.5. Karıştırma

Karıştırma, mekanik karıştırıcılar ve gaz sirkülasyonu ile yapılabilen mekanik karıştırmanın en verimli yöntem olduğu tespit edilmiştir [22].

Karıştırmanın amaçları özetle,

- Metanojenler tarafından üretilen gazın giderimi,
- Bakteriyel popülasyon ve substratın karışması,
- Çökelme ve köpük oluşumunun önüne geçilmesidir.

3.2.6. Sıcaklık

Biyoreaktör sıcaklığı 22°C'nin üzerinde olduğunda reaksiyon şartları daha olumlu olmaktadır. Sıcaklık 22°C'nin altına düştüğünde biyogaz üretim verimi düşmektedir. Sıcaklık 10°C'nin altına olduğunda ise gaz üretimi tamamen durmaktadır. Biyoreaktörlerdeki reaksiyon sırasında korunması gereken sıcaklık aralıkları şunlardır;

- Psikofilik şartlar: ± 2 °C /sa
- Mezofilik şartlar: ± 1 °C/sa
- Termofilik şartlar: ± 0.5 °C/sa'dır.

Tesisler bir metre derinlikte kurulmalı, küçük reaktörler mezofilik şartlarda işletilmeli ve optimum sıcaklığın 35°C olması sağlanmalıdır [24].

3.2.7. pH

Metanojen bakteriler nötr veya hafif alkali ortamda yaşayabilmektedir. Fermantasyon prosesi boyunca anaerobik şartlardaki ortamın pH'ı reaktördeki VFA (uçucu yağ asidi) birikimine bağlı olarak 5-7,5 arasında değişmektedir [23, 25]. Bu süreçte ideal pH aralığı 6,8-7,8 arasındadır [22].

3.2.8. C/N oranı

C/N oran 20-30 arasında değişiklik göstermektedir [26]. Ancak bu durumda bakteriler üzerinde engelleyici etki yapmamaktadır [22].

4. DÜZCE İLİ TARIMSAL ve HAYVANSAL ATIKLARINDAN BİYOGAZ ve KOMPOST ELDE EDİLEBİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Düzce il nüfusu son sayımla birlikte 370.371 kişi olarak belirlenmiştir. Toplam yüzölçümü 2.567.000 da olup toplam tarım alanı 740.315 da'dır. Yüzölçümünün yaklaşık 1/3 gibi önemli bir kısmı tarımsal alanlardan oluşmaktadır. 2017 yılı sonuçlarına göre nüfusun % 63,64'ü şehir merkezlerinde, % 36,36'si ise köylerde yaşamaktadır. İlin genel ekonomik yapısı tarım, ticaret ve kısmen de olsa sanayiye dayanmaktadır. En önemli tarım ürünü fındıktır. Fındığın yanı sıra mısır, buğday ve çeltik önemli geçim kaynaklarıdır. Çizelge 3 ve Çizelge 4'te sırasıyla, Düzce ili genel arazi dağılımı ve büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı bilgisi verilmiştir [27].

Çizelge 3. Düzce İli Genel Arazi Dağılımı [27]

Arazi Cinsi	Düzce (Ha)	Düzce Oranı (%)	Türkiye (Ha)	Türkiye Oranı (%)
Tarım Alanı	74.165	29,76	23.762.572	30,46
Çayır-Mera	1.969	0,79	14.617.000	18,74
Orman	124.390	49,92	21.678.134	27,79
Diğer Alan	48.676	19,53	17.946.594	23,01
Yüzölçümü	249.200	100	78.004.300	100

Çizelge 4. Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Varlığı [27]

İlçe	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Büyükbaş İşletme Varlığı	Küçükbaş Hayvan Sayısı	Küçükbaş İşletme Varlığı
Merkez	23.054	5.267	5.137	89
Akçakoca	3.236	1.104	327	21
Cumayeri	1.450	633	110	2
Çilimli	4.105	964	480	12
Gölyaka	6.866	1.957	3.348	49
Gümüşova	3.695	700	1.610	18
Kaynaşlı	3.206	961	609	9
Yığılca	5.582	1.619	2.323	32
Toplam	51.194	13.205	13.944	232
	Ortalama İşletme Büyüklüğü: 4 Baş		Ortalama İşletme Büyüklüğü: 60 Baş	

Çalışma kapsamında Düzce'de gerçekleştirilecek olan fizibilite çalışmalarına baz oluşturmak amacıyla bölge için veri araştırma çalışmaları yapılmış, Düzce iline ait bitkisel ve hayvansal kaynaklı biyokütle potansiyeli 2017 yılı için Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim ve Hayvansal Gübre Üretim İstatistikleri veri tabanından alınmıştır.

Düzce ili için yapılan bu araştırmada, bölgenin tarım ve hayvancılık üretim kapasitesi ve biyokütle potansiyeli göz önünde bulundurulmuştur. Çizelge 5 ve 6'da Düzce ilinin bitkisel ve hayvansal kaynaklı biyokütle potansiyeli belirlenmiş ve bu biyokütle miktarlarından elde edilebilecek ısı değerleri ve biyogaz miktarları hesaplanarak tablolara eklenmiştir.

Hayvansal gübre ısı değerleri ve biyogaz miktarları hesaplaması

Hayvansal gübre miktarları,

- 1 adet büyükbaş hayvan 3,6 ton/yıl yaş gübre
- 1 adet küçükbaş hayvan 0,7 ton/yıl yaş gübre
- 1 adet kümes hayvanı 0,022 ton/yıl yaş gübre kabul edilerek hesaplanmıştır.

Hayvansal gübre biyogaz eldesi,

- 1 ton sığır gübresi 33 m³/yıl biyogaz
- 1 ton kümes hayvanı gübresi 78 m³/yıl biyogaz
- 1 ton koyun gübresi 58 m³/yıl biyogaz kabulü yapılarak hesaplanmıştır [7].

Çizelge 5. Düzce İlinde Bitki Kaynaklarının Cinsine Göre Yıllık Biyokütle Miktarı ve Isıl Değerleri

Bitki Cinsi	Kaynaklarının Ekilen Alan (hektar)	Toplam Üretim (ton)	Yıllık Biyokütle Üretim miktarı (ton)	Biyokütlenin Yıllık Isıl Değeri, (TEP)	Biyokütleden elde edilebilecek biyogaz miktarı (m ³)
Meyveler İçecek ve Baharat Bitkileri	694	9803	9803	3921,2	3770384,615
Muz-İncir-Avokado-Kivi	40	70	70	28	26923,075
Diğer Sebzeler (Başka Yerde Sınıflandırılmamış)	1944	3244	3244	1297,6	1247692,31
Kök ve Yumru Sebzeler	302	298	298	119,2	114615,385
Meyvesi İçin Yetiştirilen Sebzeler	5958	15,939	15,939	6375,6	6130384,615
Patates-Kuru Baklagiller-Yenilebilir Kök ve Yumrular	662	860	860	344	330769,23
Saman ve Ot	53,006	212,172	212,172	84868,8	81604615,4
Şeker İmalatında Kullanılan Bitkiler	205	945	945	378	363461,54
Tahıllar	57087	35295	35295	14118	13575000
Toplam	119898	278626	278626	111450,4	107163846,2

Kuru biyokütle ortalama ısı değeri = 3.800–4.300 kcal/kg ve 1 kcal = 1.10⁻⁷ TEP (ton eşdeğer petrol) [28, 29]

Bitkisel üretim kaynaklı kuru biyokütlenin ısı değeri 3.800–4.300 kcal/kg değeri arasındadır. Ortalama ısı değeri 4.000 kcal/kg olarak kabul edilerek, bitkisel kaynaklı biyokütlenin ısı değeri ortalamaları TEP cinsinden hesaplanmıştır.

Biyokütleden elde edilebilecek biyogaz miktarı (m^3) şu şekilde hesaplanmıştır:

$1 m^3$ biyogazın sağladığı ısı miktarı = 4700-5700 kcal/ m^3 (4,70 kWh elektrik enerjisi, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek, 3,47 kg odun, 1,46 kg odun kömürünün vereceği enerji) [7]

Bu çalışmada $1 m^3$ biyogazın sağladığı ısı miktarı ortalama 5200 kcal/ m^3 baz alınmıştır. Bitkisel üretim kaynaklı biyokütlenin biyogaz değerleri toplam ısı değerinin 5200 kcal/ m^3 'ye bölünmesiyle ve ardından 0,5 ile çarpılmasıyla (genel toplanabilirlik katsayısı) hesaplanmıştır[30]. Birim dönüştürme sisteminden yola çıkılarak 1 kcal = 10^{-7} TEP olduğu kabul edilen birim çevirme sisteminden; bitkisel kaynaklı biyokütlenin ısı değeri sonuçları TEP cinsinden tabloya eklenmiştir (Çizelge 5.).

Çizelge 6. Düzce İlinde Hayvan Cinsine Göre Yıllık Biyokütle Miktarı ve Isıl Değerleri

Hayvan Cinsi	Hayvan Adı	Hayvan Sayısı (baş)	Ortalama Gübre Miktarı (ton/yıl)	Biyokütlenin Yıllık Isıl Değeri, (TEP)	Biyokütleden elde edilebilecek biyogaz miktarı (m^3)
Büyükbaş Hayvan	Manda	3,099	11156,4	191,443824	184080,6
	Sığır(Melez)	18,975	68310	1172,1996	1127115
	Sığır(Yerli)	18,549	66776,4	1145,883024	1101811
	Sığır (Kültür)	13,670	49212	844,47792	811998
Küçükbaş Hayvan	Keçi(Kıl)	761	532,7	16,066232	15448,3
	Koyun (Yerli)	12,686	8880,2	267,826832	257525,8
	Koyun(Merinos)	497	347,9	10,492664	10089,1
Kümes	Et Tavuğu	7,042,93	154944,65	6284,555328	6042842
	Hindi	9	8	0,47025264	452166
	Kaz	527	11,594	0,67459392	648,65
	Ördek	756	16,632	2,05322832	1974,26
	Yumurta Tavuğu	2,301	50,622	300,2933419	288743,6
Tek Tırnaklılar	At	316	1137,6	19,521216	18770,4
	Eşek	126	453,6	7,783776	7484,4
	Katır	52	187,2	3,212352	3088,8
Toplam		7451,785	369421,19	10266,95419	10323786

$1 m^3$ biyogazın sağladığı ısı miktarı = 4700-5700 kcal/ m^3 (4,70 kWh elektrik enerjisi, 0,43 kg bütan gazı, 12,3 kg tezek, 3,47 kg odun, 1,46 kg odun kömürünün vereceği enerji) [7]

Çalışmada $1 m^3$ biyogazın sağladığı ısı miktarı ortalama 5200 kcal/ m^3 baz alınarak hayvansal gübre ısı değerleri hesaplanmıştır. Birim dönüştürme sisteminden yola çıkılarak 1 kcal = 10^{-7} TEP olduğu kabul edilen birim çevirme sisteminden; hayvansal gübre biyokütlesinin ısı değeri sonuçları TEP cinsinden tabloya eklenmiştir (Çizelge 6.).

Düzce ili bitkisel üretim sonuçlarına göre yıllık bitkisel kaynaklı üretim miktarı 278.626 ton, biyokütle ısıl değeri 111.450,4 TEP (ton eşdeğer petrol) ve biyogaz miktarı 214.327.692,3 m³ olarak hesaplanmıştır. Hayvansal gübre üretim sonuçlarına göre yıllık hayvan gübresi üretim miktarı 369.421,188 ton, biyokütle ısıl değeri 10.266,95 TEP (ton eşdeğer petrol), biyogaz miktarı 19.744.142,66 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ışığında, sürdürülebilir çevre yönetimi hususunda yenilenebilir enerji kaynakları açısından Düzce'deki bitki ve hayvan kaynaklı atıkların değerlendirilebilirliği ve biyogaz ve kompost tesisleri gibi uygun modern uygulamaların yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Temiz enerji kaynağı arz etmesi ve ekonomik oluşundan dolayı mevcut biyokütle potansiyelinden biyoenerji elde edilmesi çalışmalarına yaygınlık ve hız kazandırılması gereği vurgulanmıştır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmadaki asıl amaç, uygun maliyetle, çevre dostu çözümler üretebilmektir. Ülkemiz ayrıca tarımsal açıdan zengin bir ülke olup biyogaz üretiminden elde edilen kompostun gübre olarak kullanımı ekonomik ve çevre dostu bir avantaj sağlamaktadır. Tüm bu uygulamalarla birlikte tarım ve hayvancılıktaki üretim gelişmiş olacak kırsal bölgelerin ekonomisinde gelişme sağlanacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, Düzce ili bitkisel üretim sonuçlarına göre yıllık bitkisel kaynaklı üretim miktarı 278.626 ton, biyokütle ısıl değeri 111.450,4 TEP (ton eşdeğer petrol) ve biyogaz miktarı 107.163.846,2 m³; hayvansal gübre üretim sonuçlarına göre yıllık hayvan gübresi üretim miktarı 369.421,188 ton, biyokütle ısıl değeri 10.266,95 TEP (ton eşdeğer petrol), biyogaz miktarı 10.323.786 m³ olan biyokütle ve biyoenerji potansiyeli görülmektedir. Bu çalışmalar doğrultusunda;

- Kırsal bölgelerde biyokütle potansiyelinin yıllık düzeyde saptanması, elde edilecek biyoenerji verim eldesine göre üretimi yapılacak bitki ve hayvan türlerinin önceden belirlenmesi gerekmektedir.
- Biyokütleden enerji üretilmesi hususunda araştırma-geliştirme çalışmalarının yaygınlaştırılması ve teknolojik tasarımlar yapılmalıdır.
- Hammadde ve çevre koşullarının etkisi belirlenmeli ekonomik ve yüksek verimde enerji üretmeyi sağlayacak ekipman tasarımı yapılmalıdır (üreteç).
- Maliyet analizleri yapılmalı, uygun hukuki altyapının oluşumu sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Uyar, F. (2016). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Nelerdir? . <http://www.enerjibes.com/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-nelerdir/>,
- [2] TÜGİAD (2004). Türkiye' nin enerji sorunları ve çözüm önerileri. *Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş.* Batıkent, Ankara
- [3] Sen, H.M. (2006). Global energy perspective of Turkey; Tuerkiye nin genel enerji durumu.
- [4] Şenol, H., et al. (2017). 2016'da Türkiye'de Kanatlı Hayvanlardan Üretililecek Biyogaz ve Elektrik Enerji Potansiyeli. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 6(1), 1-11.
- [5] K, N., C. Öner, and İ. Sugözü (2006). Türkiye'de hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi, Doğu Anadolu Bölgesi araştırmaları. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye*, 17-20.
- [6] Deniz, Y. (1987). Türkiye'de biyogaz potansiyeli ve biyogazın sağlayacağı yararlar. *Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü, Ankara*,

- [7] Bakanlığı, E.v.T.K. (2017). <https://www.enerji.gov.tr/>.
- [8] KAYIŞOĞLU, B. and B. DİKEN Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kullanımının Mevcut Durumu ve Sorunları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*. 15(2), 61-65.
- [9] Epstein, E. (1997). The Science of composting. Technomic Publishing Co. Inc, USA, 383-415.
- [10] Daskalopoulos, E., O. Badr, and S. Probert (1998). An integrated approach to municipal solid waste management. *Resources, conservation and recycling*. 24(1), 33-50.
- [11] Dudu, Ü. and G.E. NAZİLLİ (2018). Organik Katı Atıkların Aerobik Şartlarda Biyoteknolojik Yöntemlerle Kompostlaştırılması. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. 11(2), 47-50.
- [12] Ogejo, J.A. (2018). Compost Bedded Pack Dairy Barns.
- [13] Baştürk, A., *Katı Atıklar Üzerine Bir Araştırma Modeli ve İstanbul için Uygulanması*, 1979, İstanbul.
- [14] Kaplan, Ö. (2019). Biyobozunur atıkların kuru fermentasyon yöntemi ile bertarafının ve biyometan üretiminin deneysel olarak incelenmesi.
- [15] Varank, G. (2006). Aerobik olarak stabilize edilmiş katı atıklar ile kompost ürününün karşılaştırılması.
- [16] Öztürk, M. (2017). HAYVAN GÜBRESİNDEN VE ATIKLARDAN KOMPOST ÜRETİMİ.
- [17] Durmuş, M. and R. KIZILKAYA (2018). Domates üretim atık ve artıklarından kompost eldesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 6(2), 95-100.
- [18] Karaaslan, Y. (2003). İstanbul katı atık kompost tesisinde kompostlaştırma sürecinin izlenmesi ve ürün kalitesinin belirlenmesi.
- [19] Gürel, A. and Z. Senel (2010). Organik atıklardan biyogaz üretimi. *Uluslararası II. Trakya Bölgesi Kalkınma-Girişimcilik Sempozyumu*. 1, 123-133.
- [20] Demir, İ. (1993). Hayvan atıklarından biyogaz eldesi. *Türk Devletleri Arasında*. 2, 179-186.
- [21] Gülzow, O.T. (2010). Biyogaz Kılavuzu-Üretimden Kullanıma, Yenilebilir Hammaddeler İhtisas Ajansı(Fachagentur Nachweisende Rohstoffe- FNR). *Türk-Alman Biyogaz Projesi (Türkisch-Deutsches Biogasprojekt)*. 5th Edition
- [22] Gül, N., *Tavuk gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin araştırılması*, 2006, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.
- [23] Öztürk, M. (2005). Hayvan gübresinden biyogaz üretimi. *Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara*. 5, 8-18.
- [24] Altikat, A., Z. Ceylan, and A. Gulbe (2020). Forecasting of chlorophenols removing with advanced oxidation processes: an artificial neural networks application. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*. 19(8)
- [25] Şenol, H. (2020). Anaerobic digestion of hazelnut (Corylus colurna) husks after alkaline pretreatment and determination of new important points in Logistic model curves. *Bioresource technology*. 300, 122660.
- [26] Şenol, H. (2020). Identification of new critical points for logistics model in cumulative methane yield curves after co-digestion of apple pulp and chicken manure with sulphuric acid pretreatment and a new modelling study. *International Journal of Energy Research*. 44(7), 6078-6087.
- [27] TÜİK (2016). Düzce İl Müdürlüğü Faaliyet Raporu. *Düzce*,
- [28] Koçer, N.N. and A. Ünlü (2007). Doğu anadolu bölgesinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 175-181.

[29] TTGV, T. (1998). Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu. *Ankara*,

[30] Ali, M.M., et al. (2020). Mapping of biogas production potential from livestock manures and slaughterhouse waste: A case study for African countries. *Journal of Cleaner Production*. 256, 120499.