



Determination of Biogas Energy Potential of Animal Manures in Van Province[#]

Ünal Şirin^{1,a,*}, Sedat Karaman^{2,b}, Fatih Şevki Erkuş^{1,c}, Şefik Tüfenkçi^{1,d}, Koray Tuncay^{1,e}

¹Biosystem Engineering Department, Faculty of Agriculture, Yuzuncu Yil University, Van, Türkiye

²Biosystem Engineering Department, Faculty of Agriculture, Gaziosmanpaşa University, Tokat, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>This study was presented at the 6th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Kütahya, TARGID 2022)</i></p> <p>Research Article</p> <p>Received : 02.11.2022 Accepted : 01.12.2022</p> <p>Keywords: Agricultural structures Animal manure Biogas potential Biosystems Van Province</p>	<p>Researchers have turned to alternative studies in order to benefit more from renewable energy sources due to fossil resources will be insufficient in the near future, environmental pollution as a result of fuel combustion and increasing energy demand. Biogas production, which is used in many areas such as heating, transportation, electricity, natural gas and chemical production, is one of the most attractive alternatives among these studies. Animal manure is also an important material used as a substrate in the production of biogas. For this purpose, the province of Van, which is one of the leading provinces of our country in terms of animal production and where cattle, sheep and poultry are grown intensively, was chosen as the research area. In the research, TUIK (Turkish Statistical Institute) 2021 data were used. It was made evaluations on the animal numbers data of the province of Van for 2021 and the amount of total manure and the biogas potential were determined. As a result of the research; the total amount of usable manure that can be obtained from animal waste in Van province is 1.45 million tons \times year⁻¹ and its conversion potential into biogas energy is calculated as 57.448.729 m³ \times year⁻¹. It has been determined that it is equivalent to 2.700.009.026 kWh of electricity or 47.107.958 m³ of natural gas energy of the total biogas potential. This too; when evaluated with today's prices, it saves approximately 221 to 337 million TL \times year⁻¹, depending on the area of use.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(sp1): 2848-2854, 2022

Van İlinde Hayvan Gübrelerinden Elde Edilecek Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 02.11.2022 Kabul : 01.12.2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Tarımsal yapılar Hayvan gübresi Biyogaz potansiyeli Biyosistem Van ili</p>	<p>Fosil kaynaklarının yakın gelecekte yetersiz durumda kalacak olması, yakıtların çevre kirliliği oluşturması, enerji gereksiniminin gün geçtikçe artması, araştırmacıları, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanabilmek için alternatif çalışmalara yönlendirmiştir. Isınma ve ısıtma, ulaşım, elektrik, doğalgaz ve kimyasal madde üretimi gibi birçok alanda kullanılan biyogaz üretimi bu çalışmalar arasında en cazip alternatiflerden biridir. Hayvan gübreleri de biyogaz üretiminde substrat (enzimlerin tepkimelerinde işlenen madde) olarak kullanılan önemli bir materyaldir. Bu amaçla hayvansal üretim açısından ülkemizin önde gelen illeri arasında bulunan ve yoğun bir şekilde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan yetiştiriciliği yapılan Van ili, araştırma sahası olarak seçilmiştir. Araştırmada TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) 2021 verileri kullanılmıştır. Van ili 2021 yılı hayvan sayıları verilerine ilişkin değerlendirmeler yapılarak gübre miktarları ile biyogaz potansiyeli belirlenmiştir. Araştırma sonucunda; Van ilinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek toplam kullanılabilir gübre miktarı yaklaşık 1,45 milyon ton \times yıl⁻¹ ve bunun biyogaz enerjisine dönüşüm potansiyeli 57.448.729 m³ \times yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Toplam biyogaz potansiyelinin; 2.700.009.026 kWh elektrik ya da 47.107.958 m³ doğalgaz enerjisine eşdeğer olduğu saptanmıştır. Bu da; günümüz fiyatları ile değerlendirildiğinde kullanım alanına göre yaklaşık 221 ve 337 milyon TL \times yıl⁻¹ tasarruf sağlamaktadır.</p>

^a sirinunal@yyu.edu.tr

^{id} <http://orcid.org/0000-0001-6232-0067>

^c fatiherkus@yyu.edu.tr

^{id} <http://orcid.org/0000-0001-8541-7048>

^e krytncy@gmail.com

^{id} <http://orcid.org/0000-0002-5851-5985>

^b sedat.karaman@gop.edu.tr

^{id} <http://orcid.org/0000-0003-3986-5944>

^d sefiktufenkci@yyu.edu.tr

^{id} <http://orcid.org/0000-0002-3350-1085>



Giriş

Nüfusun hızlı bir şekilde artış göstermesi, mevcut doğal enerji kaynaklarının sürekli tüketilmesi nedeniyle gereksinimleri karşılayamayacak düzeye yaklaşması alternatif enerji kaynaklarının oluşturulmasını zorunlu hale getirmektedir. Enerji üretim çalışmaları ekonomik olarak yüksek maliyetli iş gücüne ihtiyaç duymaktadır. Alternatif enerji kaynaklarının ortaya çıkarılmasında masrafların azaltılması için çevresel döngüden yararlanarak tasarruf tedbirleri uygulanabilir (Yokuş, 2011).

Teknolojinin her geçen gün gelişmesiyle birlikte insanoğlunun hayat kalitesindeki artış, enerji tüketimine bağlı olarak içinde bulunulan çağa adaptasyon sürecini belirlemektedir. Bu sürecin gelişmiş ülkelerde daha kısa olmasına tüketilen enerjinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu nedenle enerji tüketimi ile insanların refah düzeyi arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır (Hopkins et al., 2020).

Araştırmacılar, insanların güvenliği, sağlığı ve üretkenliği, diğer canlıların yaşamlarının devamı, gıda güvenliği ve temiz su kaynakları üzerindeki baskı, çölleşme, biyolojik çeşitliliğin azalması, ormansızlaşma, ozon tabakasının tahribatı, asit yağmurları, hava, su ve toprak kirliliği, tehlikeli atıklar, doğal kaynakların tükenmesi, deniz ve okyanus kirliliği, okyanusların asitlenmesi gibi küresel çevre sorunlarının ortadan kaldırılmasına yönelik yenilenebilir, sürdürülebilir ve alternatif enerji kaynaklarından daha fazla yararlanma çalışmaları yürütmektedirler (Cakmakçı ve ark., 2016; Kızıloğlu ve ark., 2018; Yerli ve ark., 2019; Yerli ve ark., 2020; Anonim, 2022; Tüfenkçi ve ark., 2022).

En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyogaz üretiminin hidroliz aşamasında anaerobik ortam oluşturan reaktörlerde mikroorganizmaların salgıladıkları enzimler çözünür halde bulunmayan maddeleri çözünür hale getirir ve karbonhidrat, protein, yağ ve lipid gibi uzun zincirli yapıya sahip maddeleri kısa zincirli hale dönüştürür. Anaerobik bakteriler asit oluşturma aşamasında çözünür hale gelen organik maddeleri asetik asit, uçucu yağ asitleri, hidrojen ve karbondioksit gibi maddelere dönüştürür. Hidrojen ve karbondioksitin sentezi ya da bakterilerin asetik asidi parçalamaları sonucu biyogazın ana maddesi metan oluşur (Tuncay, 2021).

Hayvansal atıklar kırsal kesimde küçük ölçekli işletmelerde genel olarak ısınma ve ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Daha büyük yerleşim yerlerinde ise orta ve büyük işletmelerde daha çok bitkisel üretim faaliyetlerinde hayvansal atıkların araziye serilmek üzere gübre özelliğinden yararlanılmaktadır (Atılğan ve ark., 2021). Yakıt olarak kullanılan hayvansal atıklardan arta kalan külün hiçbir ekonomik değerinin olmamasının yanında bitkisel üretimde doğrudan yaş gübre olarak kullanılan hayvansal atıkların bitki ve toprak özelliklerini iyileştirici rolünden yeterince faydalanılmamaktadır. Bitkisel üretimde gübre olarak kullanılacak atıkların etkinliğini artırmak, bitki ve toprak özelliklerini olumsuz etkileyen ağır metal elementlerinden arındırmak için uzun bir süre sıcak bir ortamda bekletilerek yanmış olması gerekmektedir. Bu da üretimin uzun vadede gerçekleşmesine neden olmaktadır (Li et al., 2020).

Hayvansal, bitkisel ve endüstriyel gibi birçok farklı kaynaktan biyogaz elde edilebilir. Bu nedenle hayvansal atıkların biyogaz üretim teknolojisinde kullanılması,

gerekli enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir kaynak sağlayacaktır. Bununla birlikte biyogaz üretiminde kullanılan hayvansal atıklar, yanma süreleri azalarak bitkisel üretim faaliyetlerinin ürün kalitesi ve verimi açısından kısa vadede etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine ve artırılmasına katkıda bulunacaktır (Koçer ve ark., 2006).

Hayvansal atıklardan biyogaz üretiminin tarihi dünyada (1980'ler) çok eski sayılmamakla birlikte ülkemizde de çalışma kapsamının son yıllarda (2005'den sonra) arttığı görülmektedir (Yetiş ve ark., 2019). Bu nedenle hayvansal atıklardan biyogaz üretiminin yapılabilmesi için hayvan varlığı ve bu hayvanlardan elde edilen gübre miktarları bilinmesi gereken en önemli parametrelerin başında gelmektedir. Bu amaçla dünyada ve ülkemizde biyogaz üretiminin yapıldığı ve yapılması önerilen yörelerde hayvan varlığı, gübre miktarları ve üretilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmesine ilişkin çalışmalar yoğun ilgi görmüştür.

Bu çalışmalara; Brian vd. (2015), Amerika Birleşik Devletlerinde; Kozłowski et al. (2019), Polonya'da; Uddin et al. (2016), Pakistan'da; Khalil et al. (2019), Endonezya'da; Zareei (2018), İran'da yaptıkları çalışmalarla belirledikleri hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelleri dünyadan, Akyürek (2018), Akdeniz Bölgesi'nde; Yağlı ve Koç (2019), Adana'da; Atılğan ve ark. (2021), Antalya'da; Yetiş ve ark. (2019), Bitlis'te yaptıkları araştırmalarla tespit ettikleri hayvansal atıklardan sağlanabilecek biyogaz enerji miktarları ülkemizden örnek olarak gösterilebilir. Bununla birlikte yerli ve yabancı literatürler Amerika, Avrupa, Asya ve Uzak Doğu ülkelerinde ülke çapında yapılan bu çalışmaların il ve daha küçük yerleşim yeri birimlerinde de yapıldığını göstermektedir. Buna karşın ülkemizde bu araştırmalara yönelik sınırlı sayıda çalışmaların olduğu görülmektedir.

Ülkemizde küçük, orta ve büyük işletmeler halinde biyogaz üretim tesislerinin kurulması ve yaygınlaştırılması ile enerji ihtiyacının önemli bir kısmının karşılanması ekonomik değeri oldukça yüksek olan enerjide dışa bağımlılığımızı azaltacaktır. Bununla birlikte insanların yaşam kalitelerinin artması sonucunda ülke olarak rekabet gücümüzü ve gelecek nesillerimizin refahını yükseltecektir.

Bu amaçla yapılan araştırmamızda; Mera varlığı, hayvan yetiştiriciliği ve bitkisel üretim açısından ülkemizin önde gelen illeri arasında yer alan ve bir tarım şehri olan Van ilindeki, TÜİK'in 2021 yılı istatistikleri ile Van İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Van Büyükşehir Belediyesi ve DAKA (Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı) veri envanterleri dikkate alınarak biyogaz üretim kapasitesi ve bunun elektrik ve doğalgaz enerjisi eşdeğerlikleri saptanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmamızda materyal olarak Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Van ili ve ilçeleri seçilmiştir. İl; Edremit, İpekyolu ve Tuşba merkez ilçeler olmak üzere Bahçesaray, Başkale, Çaldıran, Çatak, Erciş, Gevaş, Gürpınar, Muradiye, Özalp ve Saray ilçelerini kapsamaktadır. Doğu Anadolu Bölgesinin en önemli şehirlerinden biri olan Van, doğudan İran, batıdan Van Gölü, kuzeyden Ağrı ve güneyden Hakkâri ve Şırnak ile sınırlanmıştır (Şekil 1).

Çizelge 1. Van ili ve ilçelerinin hayvan varlığı potansiyelleri (Haziran 2021)

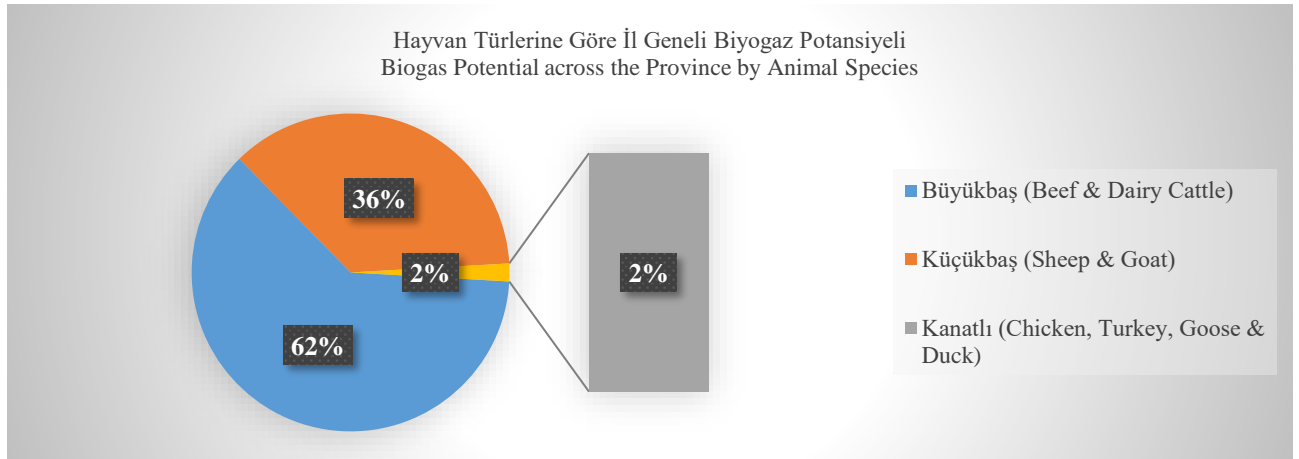
Table 1. Animal potentials of the province and districts of Van (June 2021)

Yer		Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Merkez	Edremit	6.524,0	66.302,0	4.496,0
	İpekyolu	19.992,0	166.061,0	22.330,0
	Tuşba	34.053,0	135.105,0	288.335,0
İlçeler	Bahçesaray	6.147,0	68.259,0	10.221,0
	Başkale	16.358,0	558.248,0	6.551,0
	Çaldıran	3.908,0	239.176,0	17.396,0
	Çatak	2.604,0	234.704,0	5.249,0
	Erciş	39.051,0	391.449,0	49.000,0
	Gevaş	8.131,0	115.960,0	4.380,0
	Gürpınar	5.403,0	676.500,0	9.750,0
	Muradiye	15.146,0	222.335,0	8.220,0
	Özalp	6.824,0	359.624,0	29.175,0
	Saray	2.260,0	150.497,0	6.929,0
Toplam		166.401,00	3.384.220,00	462.032,00

Çizelge 2. Van ili ve ilçelerinde üretilebilecek biyogaz potansiyelleri

Table 2. Biogas potentials of Van province and its districts

Yer		Büyükbaş hayvan gübrelerinden	Küçükbaş hayvan gübrelerinden	Kanatlı hayvan gübrelerinden
Merkez	Edremit	1.391.007,909	410.009,6	10.137,69
	İpekyolu	4.262.573,592	1.026.916,2	50.350,22
	Tuşba	7.260.575,157	835.485,2	650.144,69
İlçeler	Bahçesaray	1.310.626,244	422.111,5	23.046,56
	Başkale	3.487.754,045	3.452.188,0	14.771,35
	Çaldıran	833.240,1762	1.479.057,0	39.224,92
	Çatak	555.209,1656	1.451.402,0	11.835,57
	Erciş	8.326.218,556	2.420.708,0	110.486,4
	Gevaş	1.733.642,751	717.093,0	9.876,126
	Gürpınar	1.151.995,054	4.183.455,0	21.984,53
	Muradiye	3.229.338,718	1.374.913,0	18.534,66
	Özalp	1.454.972,099	2.223.904,0	65.784,49
	Saray	481.863,5616	930.668,8	15.623,67
Toplam		35.479.017,03	20.927.911,00	1.041.800,88



Şekil 2. Van il genelinde üretilebilecek biyogaz potansiyelinin hayvan türlerine göre dağılımı ($m^3 \times yıl^{-1}$)
Figure 2. Distribution of biogas potential that can be produced in Van province by animal species ($m^3 \times yıl^{-1}$)

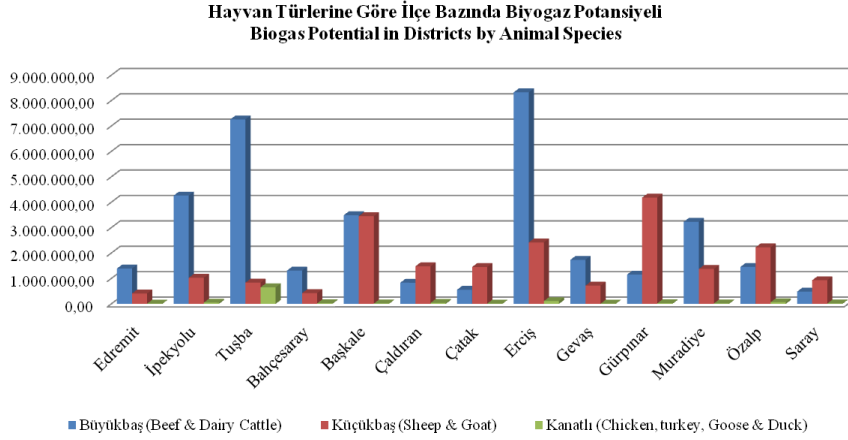
Küçükbaş hayvan gübrelerinden elde edilebilecek yıllık en yüksek biyogaz potansiyeli Gürpınar ilçesinde sağlanmış olup en düşük merkez ilçelerden Edremit ilçesinde üretilebileceği belirlenmiştir. Kanatlı hayvanlardan elde edilen gübrelerden en fazla biyogaz yıllık bazda merkez ilçelerden Tuşba ilçesinde

üretilebilirken en az Gevaş ilçesinde biyogaz üretiminin gerçekleştirilebileceği saptanmıştır (Şekil 3).

Üretilebilecek toplam biyogaz enerji miktarlarının doğalgaz ve elektrik enerjilerine karşılık gelen eşdeğerlikleri Çizelge 3’de belirtilmiştir.

Van il merkezi ve ilçelerine 2021 yılında dağıtılan toplam elektrik enerjisi miktarı verileri Van Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (VEDAŞ)'dan, doğalgaz miktarı verileri ise Aksa Doğalgaz Anonim Şirketinin Van ili şubesinden elde edilmiştir. Van ilinin Bahçesaray, Başkale, Çatak, Gevaş, Gürpınar, Özalp ve Saray ilçelerine gerekli altyapı hizmetinin

henüz götürülmemiş olması nedeniyle bu ilçeler doğalgaz kullanım hizmetinden yararlanamamaktadır. Bu nedenle bu ilçelerde gereksinim duyulan yıllık doğalgaz miktarları, doğalgazın ulaşılmış olduğu ilçeler baz alınarak hesaplanmış olup Aksa Doğalgaz Anonim Şirketinin Van ili şubesi envanterlerinden temin edilmiştir (Çizelge 4).



Şekil 3. İlçeler düzeyinde üretilebilecek biyogaz potansiyelinin hayvan türlerine göre dağılımı (m³ × yıl⁻¹)
Figure 3. Distribution of biogas potential that can be produced in districts by animal species (m³ × yıl⁻¹)

Çizelge 3. Van ili ve ilçelerinde üretilebilecek toplam biyogaz potansiyellerinin enerji eşdeğerlikleri

Table 3. Energy equivalents of total biogas potentials that can be produced in Van province and its districts

Yer	Toplam biyogaz potansiyeli (m ³ × yıl ⁻¹)	Doğalgaz (m ³ × yıl ⁻¹)	Elektrik enerjisi kWh × yıl ⁻¹
Merkez			
Edremit	1.811.155,0	1.485.148,0	8.512.429,0
İpekyolu	5.339.840,0	4.378.668,0	25.097.248,0
Tuşba	8.746.205,0	7.171.888,0	41.107.164,0
İlçeler			
Bahçesaray	1.755.784,0	1.439.743,0	8.252.186,0
Başkale	6.954.713,0	5.702.865,0	32.687.153,0
Çaldıran	2.351.522,0	1.928.248,0	11.052.154,0
Çatak	2.018.447,0	1.655.126,0	9.486.700,0
Erciş	10.857.413,0	8.903.079,0	51.029.841,0
Gevaş	2.460.612,0	2.017.702,0	11.564.876,0
Gürpınar	5.357.435,0	4.393.096,0	25.179.943,0
Muradiye	4.622.786,0	3.790.685,0	21.727.096,0
Özalp	3.744.661,0	3.070.622,0	17.599.905,0
Saray	1.428.156,0	1.171.088,0	6.712.333,0
Toplam	57.448.729,00	47.107.958,00	2.700.009.026,00

Çizelge 4. Van ili ve ilçelerinde üretilebilecek toplam biyogaz potansiyellerinin enerji eşdeğerlikleri

Table 4. Energy equivalents of total biogas potentials that can be produced in Van province and districts

Yer	Üretilebilecek doğalgaz (m ³ × yıl ⁻¹)	Gerekli doğalgaz (m ³ × yıl ⁻¹)	Üretilebilecek Elektrik enerjisi kWh × yıl ⁻¹	Gerekli elektrik enerjisi MWh × yıl ⁻¹
Merkez				
Edremit	1.485.148,0	31.131.315,0	8.512.429,0	221.567,0
İpekyolu	4.378.668,0	82.323.930,0	25.097.248,0	585.912,0
Tuşba	7.171.888,0	39.550.126,0	41.107.164,0	281.485,0
İlçeler				
Bahçesaray	1.439.743,0	220.000,0 ^T	8.252.186,0	9.211,0
Başkale	5.702.865,0	400.000,0 ^T	32.687.153,0	107.277,0
Çaldıran	1.928.248,0	625.483,0	11.052.154,0	66.490,0
Çatak	1.655.126,0	300.000,0 ^T	9.486.700,0	21.192,0
Erciş	8.903.079,0	5.406.715,0	51.029.841,0	188.353,0
Gevaş	2.017.702,0	188.000,0 ^T	11.564.876,0	27.783,0
Gürpınar	4.393.096,0	313.000,0 ^T	25.179.943,0	43.263,0
Muradiye	3.790.685,0	551.995,0	21.727.096,0	37.243,0
Özalp	3.070.622,0	600.000,0 ^T	17.599.905,0	42.115,0
Saray	1.171.088,0	350.000,0 ^T	6.712.333,0	17.272,0
Toplam	47.107.958,00	161.960.564,00	270.009.028,00	1.649.163,00

^T=Doğalgaz olmayan ilçelerde tahmin edilen gerekli doğalgaz miktarı.

Sonuç ve Öneriler

Bu araştırmada Van ili merkezinde ve ilçelerinde mevcut olan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlıkları çıkarılarak bu hayvanlardan elde edilen gübrelerden üretilebilecek biyogaz potansiyelleri belirlenmiştir. Buna göre ilde biyogaz tesisleri inşa edilip sürdürülebilir verim alınması durumunda yalnızca büyükbaş hayvan gübrelerinden ilde toplam $35.479.017,02 \text{ m}^3 \times \text{yıl}^{-1}$, küçükbaş hayvan gübrelerinden $20.927.911,00 \text{ m}^3 \times \text{yıl}^{-1}$, kanatlı hayvan gübrelerinden $1.041.801,00 \text{ m}^3 \times \text{yıl}^{-1}$, toplamda ise $57.448.729,02 \text{ m}^3 \times \text{yıl}^{-1}$ biyogaz üretilebilecektir. Üretilen bu biyogazdan $47.107.958,00 \text{ m}^3 \times \text{yıl}^{-1}$ doğalgaz, $270.009.028,00 \text{ kWh} \times \text{yıl}^{-1}$ elektrik enerjisi elde edilebilecektir. Bu da, ilde toplam gereksinim duyulan doğalgazın %29,08'inin ya da elektrik enerjisinin %16,37'sinin hayvan gübrelerinin değerlendirilmesi ile karşılanması anlamına gelmektedir. Biyogaz üretim tesislerinin kurulması ve hayvan atıklarının bu tesislerde değerlendirilmesinin ülke ekonomisine katkısı yalnızca enerji ihtiyaçlarının belli bir kısmının karşılanması ile kalmayacaktır. Tesislerde işlenen gübrelerin bitkisel üretim faaliyetlerinde kullanılması ile de hem ürünlerin kalitesinin ve veriminin artmasına hem de çevre kirliliğinin hayvansal üretime düşen payının ortadan kaldırılmasına olanak sağlayacaktır.

Teşekkür

Öncelikle VI. International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress- TARGID 2022'yi organize ederek bizlere çalışmamızı sunma olanağı sağladığı için başta TURJAF olmak üzere kongrenin düzenlenmesinde emeği geçen herkese şükranlarımızı sunarız. Van ili ve ilçelerinde hayvan varlıklarının temininde envanterlerinden yararlandığımız Van İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Van Büyükşehir Belediyesi, TKDK (Tarımsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu), DAKA (Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı) ve VATSO (Van Ticaret ve Sanayi Odası) yetkililerine teşekkür ederiz. Ayrıca Van ili ve ilçelerinin doğalgaz gereksinimlerinin elde edilmesinde kayıtlarını bizlere sunan Aksa Doğalgaz A.Ş. Van Şubesi, elektrik enerjisi ihtiyaçlarını tarafımıza ileten VEDAŞ (Van Elektrik Dağıtım A.Ş.) yetkililerine ve bunların doküman haline getirilmesinde bizlere yardımcı olan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Büşra KABAY arkadaşımıza çok teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akyürek Z. 2018. Potential of Biogas Energy from Animal Waste in the Mediterranean Region of Turkey. *Journal of Energy Systems*, 2(4): 160-167. doi: 10.30521/jes.455325

Anonim 2021. Van Tarımsal Yatırım Rehberi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı Tarımsal Yatırımcı Danışma Ofisi.

Anonim 2022. Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı. https://www.mfa.gov.tr/i_-temel-cevre-sorunlari.tr [Erişim 15 Eylül 2022]

Atılğan A, Saltuk B, Ertop H, Aksoy E. 2021. Determination of the Potential Biogas Energy Value of Animal Wastes: Case of Antalya. *European Journal of Science and Technology*, 22: 263-272. doi: 10.31590/ejosat844631

Baran MF, Lüle F, Gökdoğan O. 2017. Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3), 245-249.

Brian CM, Christopher SG, Tibor V. 2015. Biogas in the United States: Estimating Future Production and Learning from International Experiences. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 22: 485-501. doi: 10.1007/s11027-015-9683-7

Çakmakçı T, Şahin Ü, Kuşlu Y, Kızıloğlu FM, Tüfenkçi Ş, Okuroğlu M. 2016. Van ili Tarım Alanlarında Temiz ve Atık su Kaynaklarının Yönetimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 662-667.

Hesar L, Gürdil G, Demirel B. 2021. Türkiye'de Çiftlik Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyeli. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 4(1), 27-32.

Hopkins JM, Steinberger JK, Rao ND, Oswald Y. 2020. Providing Decent Living With Minimum Energy: A Global Scenario. *Global Environmental Change*, 65(102168). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102168>

Kaya D, Çağman S, Eyidoğan M, Aydoner C, Çoban V, Tırıs M. 2009. Türkiye'nin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Ekonomisi. *Atık Teknolojileri Dergisi*, 1: 48-51.

Khalila M, Berawib MA, Heryantoc R, Rizalied A. 2019. Waste to Energy Technology: the Potential of Sustainable Biogas Production from Animal Waste in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105: 323-331. doi: 10.1016/j.rser.2019.02.011

Kızıloğlu FM, Şahin Ü, Diler S, Çakmakçı T, Öztaşkın S. 2018. Aşağı Pasinler Ovası Sulama Şebekesinin Performansının (2012-2016) değerlendirilmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(4), 466-472.

Koçer NN, Cengiz Ö, Sugözü İ. 2006. Türkiye'de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz Üretimi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 17-20.

Kozłowski K, Dach J, Lewicki A, Malińska K, Carmo IEP, Czekała W. 2019. Potential of Biogas Production from Animal Manure in Poland. *Archives of Environmental Protection*, 45(3): 99-108. doi: 10.24425/aep.2019.128646

Li S, Zou D, Li L, Wu L, Liu F, Zeng X, Wong H, Zhu Y, Xiao Z. 2020. Evolution of Heavy Metals During Thermal Treatment of Manure: A Critical Review and Outlooks. *Chemosphere*, 247(125962). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125962>

Tuncay K. 2022. Büyükbaş Hayvan Gübresinin Anaerobik Sindirimi Başlangıcında Rumen İçeriğinin Kosubstrat ve İnokulum Olarak Kullanılması. *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.*

Tüfenkçi Ş, Şahin Ü, Çakmakçı T, Yerli C. 2022. Biyoçar (biyokömür) ve Kuraklık. In: Yılmaz A, Soysal S (Editörler). *Modern Tarım Uygulamaları*. Iksad Publications. ISBN: 978-625-8405-14-9. pp: 101-120.

Uddin W, Khan B, Shaukat N, Majid M, Mujtaba G, Mehmood A, Ali SM, Younas U, Anwar M, Almeshal AM. 2016. Biogas Potential for Electric Power Generation in Pakistan: A Survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54: 25-33. doi: 10.1016/j.rser.2015.09.083

Yağlı H, Koç Y. 2019. Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Adana İli Örnek Hesaplama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3): 35-48. doi: 10.21605/cukurovaummfd.637603

Yerli C, Şahin Ü, Çakmakçı T, Tüfenkçi Ş. 2019. Effects of Agricultural Applications on CO2 Emission and ways to Reduce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9), 1446-1456. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i9.1446-1456.2750>

Yerli C, Çakmakçı T, Sahin U, Tüfenkçi Ş. 2020. The Effects of Heavy Metals on Soil, Plant, Water and Human Health. *Turkish Journal of Nature and Science*, 9, 103-114.

- Yetiş AD, Gazigil Y, Yetiş R, Çelikezen B. 2019. Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli: Bitlis Örneği. Academic Platform Journal of Engineering and Science, 7(1): 74-78. doi: 10.21541/apjes.405308
- Yokuş İ. 2011. Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Yokuş İ. 2019. Sivas İli Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi için Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Zareei S. 2018. Evaluation of Biogas Potential from Livestock Manures and Rural Wastes Using GIS in Iran. Renewable Energy, 118: 351-356. doi: 10.1016/j.renene.2017.11.026