

## HAYVANSAL ATIKLARDAN BİYOGAZ ÜRETİMİ VE KARBON EMİSYONU AZALTIM POTANSİYELİ: NEVŞEHİR İLİ ÖRNEĞİ

Ali Osman KARAÇAM \*<sup>ID</sup>  
Gamze SÖNMEZ \*<sup>ID</sup>

Alınma: 11.11.2025 ; düzeltme: 16.01.2026 ; kabul: 04.02.2026

**Öz:** Dünyadaki artan nüfus ve buna bağlı olarak yükselen enerji talebi, fosil yakıtların sınırlı rezervleri ve çevresel etkileri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda biyokütle enerjisi, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Nevşehir ili ve ilçeleri özelinde hayvansal atıklara dayalı biyogaz potansiyeli, Türkiye İstatistik Kurumu verileri (2024) kullanılarak ilçe bazında ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Elde edilen biyogaz potansiyeli, elektrik enerjisi üretim kapasitesi ve karbon emisyonu azaltımı ile birlikte değerlendirilmiş, sonuçlar yerel ölçekte enerji arzı ve iklim değişikliğiyle mücadele açısından yorumlanmıştır. Çalışmada büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları esas alınmış, her bir hayvan türü için yıllık yaş gübre miktarı, teorik toplanabilir gübre oranı, katı madde ve uçucu katı madde oranları ile metan verimleri literatürde yaygın olarak kullanılan katsayılar yardımıyla hesaplanmıştır. Elde edilen metan miktarlarından biyogazın enerji eşdeğeri ve kojenerasyon sistemi varsayımı altında elektrik üretim potansiyeli belirlenmiştir. Karbon emisyonu azaltım potansiyeli ise biyogazdan üretilen elektriğin ulusal elektrik şebekesini ikame ettiği kabulüyle hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, Nevşehir ilinde yıllık 40.115.635 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> biyogaz ve yaklaşık 140.405 MWh elektrik enerjisi üretim potansiyeli bulunmaktadır. Bu miktar ilin 2023 yılı elektrik tüketiminin yaklaşık %16,6'sına karşılık gelmekte olup, biyogazın kullanılmasıyla yılda yaklaşık 60.936 ton CO<sub>2</sub> emisyonunun önlenebileceği hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyogaz, Hayvansal atık, Yenilenebilir enerji, Karbon Emisyonu, Nevşehir

### Biogas Production from Animal Waste and Carbon Emission Reduction Potential: The Case of Nevşehir Province

**Abstract:** The increasing global population and rising energy demand necessitate a transition toward renewable energy sources due to the limited reserves and environmental impacts of fossil fuels. In this context, biomass energy has emerged as an important alternative in terms of energy efficiency and environmental sustainability. This study analyzes the biogas production potential from animal waste in Nevşehir province and its districts on a district basis using the most recent data from the Turkish Statistical Institute (2024). The estimated biogas potential was evaluated together with its electricity generation capacity and carbon emission reduction potential, and the results were interpreted in terms of local energy supply and climate change mitigation. The analysis considered cattle, small ruminants, and poultry. For each animal type, annual manure generation, theoretical collectable manure ratio, total solids and volatile solids contents, and methane yields were calculated using coefficients widely reported in the literature. Based on the estimated methane production, the energy equivalent of biogas and the electricity generation potential were determined under a cogeneration system assumption. Carbon emission reduction was calculated by assuming that electricity generated from biogas replaces electricity supplied from the national power grid. The results indicate that Nevşehir province has an annual biogas potential of 40.115.635 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> and an electricity generation potential of approximately 140.405 MWh, corresponding to about 16.6% of the province's electricity consumption in 2023. The use of biogas could prevent approximately 60.936 tons of CO<sub>2</sub> emissions per year.

**Keywords:** Biogas, Animal waste, Renewable energy, Carbon emission, Nevşehir

\* Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 68100 Aksaray

İletişim Yazarı: Gamze SÖNMEZ ([gamzesonmez58@gmail.com](mailto:gamzesonmez58@gmail.com) / [gamzesonmez@aksaray.edu.tr](mailto:gamzesonmez@aksaray.edu.tr))

## 1. GİRİŞ

Küresel ölçekte artan nüfus, teknolojik ilerleme ve yaşam standartlarındaki yükselme, enerji talebinde sürekli bir artışa neden olmaktadır (Dey ve diğ., 2022; Koç ve Kaya, 2015). Fosil yakıtların sınırlı rezervlere sahip olması ve çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler, araştırmacıları yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının daha verimli biçimde değerlendirilmesine yöneltmiştir (Mata-Alvarez ve diğ., 2000). Son on yılda küresel enerji karışımında fosil yakıtların payı %82'den %80'e düşerken, enerji talebi %15 artmış ve bu artışın %40'ı yenilenebilir, nükleer ve düşük emisyonlu temiz enerji kaynaklarıyla karşılanmıştır (WEO, 2024). Yenilenebilir enerji kaynakları, çevreye olan etkilerinin düşük olması ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu yapıları nedeniyle günümüzde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Ayrıca, yerli nitelikte olmaları ve hemen her bölgede üretilebilmeleri sayesinde bu enerji kaynakları, enerji arz güvenliğini güçlendirirken dışa bağımlılığın azalmasına ve kaynak çeşitliliğinin artmasına katkı sağlamaktadır (Ergişi, 2019). Yenilenebilir enerji kaynakları içinde önemli bir paya sahip olan biyokütle enerjisi, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımları çerçevesinde hem çevresel faydaları hem de enerji üretimindeki rolü açısından dikkat çekmektedir. Biyokütle, organik kökenli her türlü atığın enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen bir kaynaktır (Çağlayan ve Koçer, 2014). Biyokütle kaynaklarından üretilen yenilenebilir yakıtlardan biri olan biyogaz, hayvansal, bitkisel ve evsel organik atıkların kontrollü biçimde işlenmesiyle elde edilen çevre dostu bir enerji biçimidir. Özellikle hayvan gübresi ve organik kökenli atıklardan biyogaz üretimi, son yıllarda hem uygulamalı hem de akademik araştırmalarda yoğun biçimde ele alınan bir konu hâline gelmiştir (Yılmaz ve diğ., 2017).

Biyogaz, organik maddelerin oksijensiz (anaerobik) ortamda farklı mikroorganizmalar tarafından parçalanması sonucu oluşan yanıcı gaz karışımıdır. Anaerobik sindirime dayalı bu üretim yöntemi, teknolojik açıdan olgunlaşmış ve yaygın olarak kullanılan bir biyoenerji üretim tekniği olarak kabul edilmektedir (Atelge, 2021; Holm-Nielsen ve diğ., 2009). Havadan yaklaşık %20 oranında daha hafif olan biyogaz; renksiz, kokusuz, mavi alevle yanan ve yüksek ısıl değeriyle dikkat çeken bir enerji kaynağıdır. Çeşitli araştırmalar, gazın bileşimindeki değişimlerin kullanılan atık türü, sıcaklık, nem oranı ve ortamın pH seviyesi gibi etkenlerle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Gülen ve Çeşmeli, 2012; Şenol ve diğ., 2017). Ayrıca biyogaz, bileşim olarak yaklaşık %55–75 metan (CH<sub>4</sub>), %24–44 karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve çok düşük oranlarda oksijen (O<sub>2</sub>), hidrojen (H<sub>2</sub>), azot (N<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), amonyak (NH<sub>3</sub>) ve karbon monoksit (CO) içermektedir. (Dağtekin ve diğ., 2019; Tırınk, 2022). Biyogaz, organik atıkların enerjiye dönüştürülmesi yoluyla yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlarken, aynı zamanda atıkların uygun şekilde değerlendirilmesi sayesinde atmosfere salınan zararlı gaz miktarının azalmasına da katkıda bulunmaktadır (Atelge, 2021). Biyogaz üretiminde değerlendirilebilen hayvansal atıklar, uygun şekilde yönetilmediklerinde çevre açısından ciddi tehdit oluşturabilen önemli organik atık gruplarındandır. Bu atıklarda bulunan yabancı maddeler yeraltı su kaynaklarını kirletme riski taşımaktadır (Şenol ve diğ., 2017). Öte yandan, hayvan gübresinin doğrudan toprağa uygulanması yerine anaerobik sindirim süreciyle biyogaza dönüştürülmesi, oluşabilecek metan (CH<sub>4</sub>) ve diazot monoksit (N<sub>2</sub>O) emisyonlarını belirgin ölçüde azaltmaktadır. Bu iki gazın küresel ısınma potansiyeli karbondioksite göre oldukça yüksektir. Metan gazının sera etkisi CO<sub>2</sub>'ye göre yaklaşık 27–30 kat, diazot monoksitin ise yaklaşık 273 kat daha fazladır (EPA, 2023). Bu nedenle, biyogaz sistemleri hem karbon emisyonlarının azaltılmasına hem de tarımsal faaliyetlerin karbon ayak izinin küçülmesine katkı sağlar.

Türkiye, tarımsal ve hayvansal üretim kapasitesi bakımından biyogaz üretimi için yüksek potansiyele sahip bir ülkedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2024 yılı verilerine göre ülkemizde 16.986.259 büyükbaş ve 54.902.668 küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Bu değerler 2015 yılı verileri ile karşılaştırıldığında büyükbaş hayvan sayısında %16,8, küçükbaş hayvan sayısında ise %23,6 artış görülmektedir (TÜİK, 2024). Ayrıca Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre Türkiye'de yılda yaklaşık 193.878.079 ton hayvansal atık oluşmakta, bu

atıklardan teorik olarak 4,3 milyon TEP/yıl enerji üretim potansiyeli bulunmaktadır (ETKB, 2024).

Son yıllarda literatürde Türkiye genelinde biyogaz potansiyelinin bölgesel ve il ölçeğinde belirlenmesine yönelik çalışmaların sayısı artmıştır. Farklı iller için hayvansal atıklara dayalı biyogaz potansiyelleri ayrıntılı biçimde değerlendirildiği bu çalışmalarda Tırnak (2022), Iğdır ili için hayvansal atıklardan biyogaz üretim potansiyelini incelemiş ve fosil yakıt yerine biyogaz enerjisinin kullanılması durumunda karbondioksit emisyon salınımının ne oranda azaltılabileceğini araştırmıştır. Seyhan ve Badem (2021), Erzincan ili özelinde biyogaz ve enerji üretim kapasitesini ortaya koymuştur. Kılıç ve Topaç (2025) tarafından yapılan çalışmada ise Ağrı ili için biyogaz potansiyeli değerlendirilmiş ve hayvan varlığı ile biyogaz üretimi arasındaki güçlü ilişki vurgulanmıştır. Bu çalışmaların tamamı Türkiye'deki hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesi yoluyla hem ekonomik kazanç sağlanabileceğini hem de çevresel kirliliğin önlenebileceğini göstermektedir. Ayrıca, biyogaz üretimiyle elde edilen fermantasyon kalıntıları, tarımda organik gübre olarak değerlendirilmekte ve bu da döngüsel ekonomi açısından ek bir katkı sunmaktadır. Biyogaz üretiminin bölgesel düzeyde uygulanması, kırsal kalkınmayı desteklemekte, yerel enerji arz güvenliğini güçlendirmekte, atık yönetimi maliyetlerini düşürmekte ve hem enerji üretimi hem de karbon azaltımı açısından önemli avantajlar sağlamaktadır.

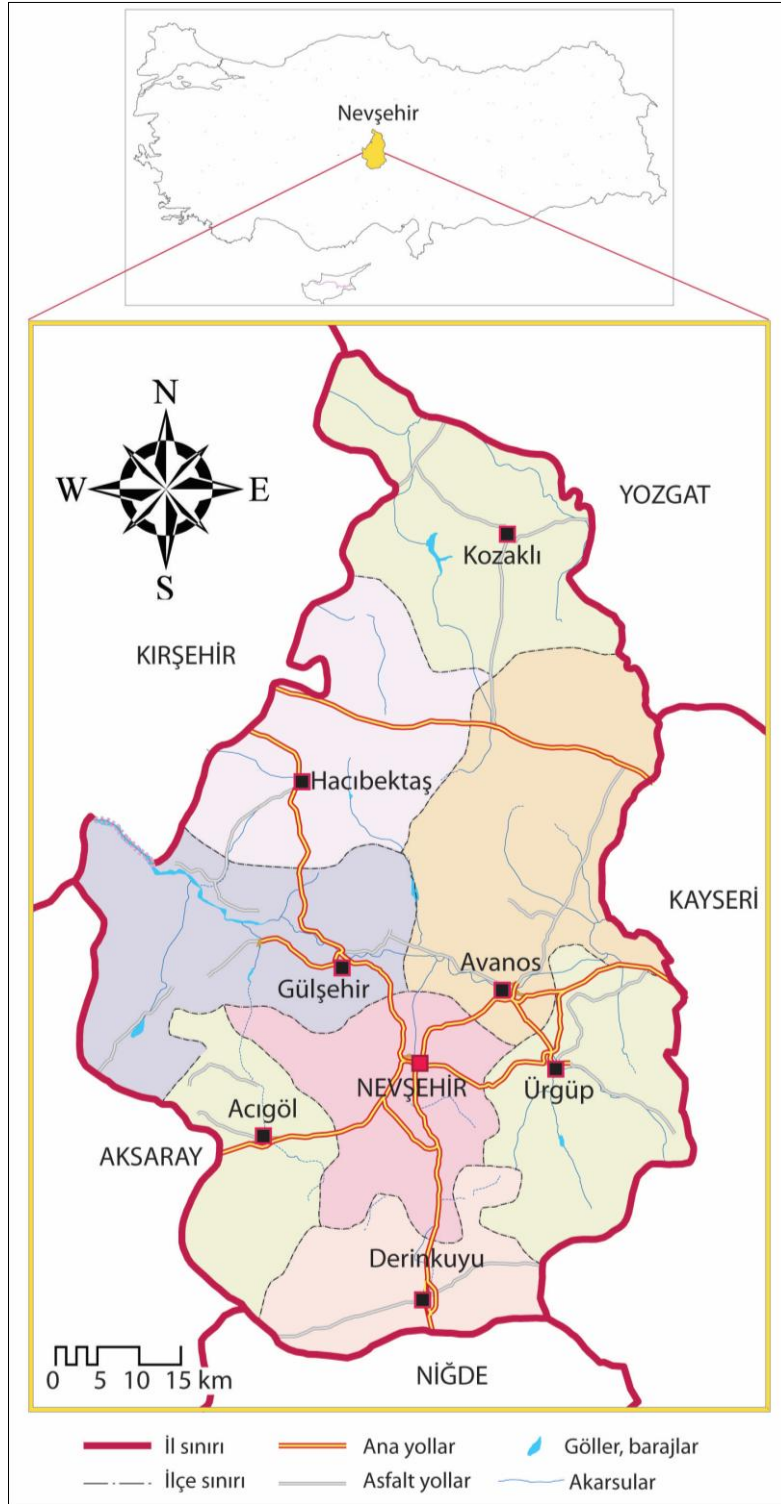
Ulusal ölçekte elde edilen bulgular, uluslararası literatürde rapor edilen sonuçlarla da örtüşmektedir. Özellikle Avrupa'da biyogaz kullanımının yaygın olduğu ve bu durumun sera gazı azaltım hedefleri doğrultusunda daha da yaygınlaştırılmasının beklendiği ortaya konmaktadır. Bu kapsamda Zupančič ve diğ. (2022) tarafından yapılan çalışmada atıktan biyogaz üretim teknolojileri ve bunların seçilen Avrupa ülkelerindeki mevcut uygulamaları araştırılmış, ulusal enerji ve iklim planları değerlendirilmiştir. Benzer şekilde (Pavičić ve diğ., 2022) biyogaz ve biyometan üretiminde uygulanan üretim teknolojilerini ele alarak mevcut durumu, avantajları ve karşılaşılan zorlukları ortaya koymuştur.

Literatürde Türkiye genelinde biyogaz potansiyelinin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte, ilçe ölçeğinde, hayvan türlerine göre ayrıntılı gübre envanteri oluşturularak biyogaz potansiyelinin değerlendirildiği çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Özellikle Nevşehir ili özelinde, biyogaz potansiyelinin ilçe bazında enerji üretimi ve karbon emisyonu azaltımının birlikte değerlendirildiği kapsamlı bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu çalışmada, Nevşehir ili ve ilçelerinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan kaynaklanan gübre miktarları ilçe bazında değerlendirilerek biyogaz üretim potansiyelini TÜİK verileri (2024) ve literatürde tanımlanan katsayılar yardımıyla belirlenmiştir. Hesaplanan biyogaz potansiyeline bağlı olarak üretilebilecek elektrik enerjisi miktarı hesaplanmış, elde edilen elektrik üretimi fosil yakıt temelli enerji üretimiyle karşılaştırılarak biyogazın karbon emisyonu azaltımına katkısı ortaya konmuştur. Bu yönüyle çalışma, Nevşehir ili özelinde hayvansal atıklara dayalı biyogaz üretiminin yerel ölçekteki potansiyelini bütüncül bir yaklaşımla ele alarak literatüre katkı sunmayı amaçlamaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışma Alanı

Nevşehir ili, İç Anadolu Bölgesi'nde yer almakta olup, 38°12'-39°20' kuzey enlemleri ile 34°11'-35°06' doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Yaklaşık 5.392 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip olan il, Türkiye'nin coğrafi olarak merkezinde bulunmaktadır. Derinkuyu ilçesi Konya Kapalı Havzası sınırları içinde yer alırken, ilin diğer bölümleri Orta Kızılırmak Havzası'na dâhildir. Nevşehir'in kuzeydoğusunda Yozgat, kuzeybatısında Kırşehir, güneyinde Niğde, batısında Aksaray ve doğusunda Kayseri illeri yer almaktadır (Şekil 1).



**Şekil 1:**  
Nevşehir ili ve ilçeleri (Harita genel komutanlığından değiştirilerek alınmıştır)

İl, Acıgöl, Avanos, Derinkuyu, Gülşehir, Hacıbektaş, Kozaklı, Merkez ve Ürgüp olmak üzere sekiz ilçeden oluşmaktadır. İklim bakımından yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı özellikler gösteren tipik bir karasal iklim hâkimdir. Bitki örtüsü çoğunlukla bozkır niteliğindedir. Ormanlık alanlar oldukça sınırlı olup, ilin toplam yüzölçümünün yalnızca yaklaşık %1,3'lük kısmını oluşturmaktadır (NİÖİ, 2024). Nevşehir'de hayvancılık faaliyetleri ağırlıklı olarak mera hayvancılığı ve besi işletmeciliği şeklinde yürütülmektedir. İl yüzölçümünün yaklaşık %27'sini oluşturan mera alanları, çoğunlukla kurakçıl karakterli buğdaygil türlerinin hâkim olduğu otlaklardan meydana gelmektedir. İl genelinde kümes hayvancılığı kapsamında özellikle yumurta tavuğu yetiştiriciliği ön plana çıkmakta ve son yıllarda istikrarlı bir artış göstermektedir. Tarımsal üretim, ilin ekonomik yapısında hayvancılıktan daha büyük bir paya sahip olmakla birlikte, her iki faaliyet alanı da kırsal kalkınmayı destekleyici politikalar kapsamında teşvik edilmekte ve birlikte geliştirilmektedir (Bayar, 2019).

## 2.2. Metot

Bu çalışmada, TÜİK veri portalı Merkezi Dağıtım Sistemi üzerinden temin edilen 2024 yılı Nevşehir ili ve ilçelerine ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve bu biyogazdan üretilebilecek elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Hayvansal atıklardan elde edilen gübre miktarı ve bileşimi; hayvan türü, üretim sistemi, beslenme düzeyi, yem türü ve su tüketimi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Gazigil ve diğ., 2025; Kocabay, 2019). Bu nedenle, hesaplamalarda literatürde yer alan farklı bölgeler için yapılmış çalışmalardan yararlanılarak bazı kabuller kullanılmıştır (Melikoglu, 2013; Tırınk, 2022; Yağlı ve Koç, 2019). Bu kapsamda literatürde öngörülen ve hesaplamalarda kullanılan tüm değerler Tablo 1'de ifade edilmiştir.

**Tablo 1.** Nevşehir ili biyogaz potansiyelinin hesaplanmasında kabul edilen değerler (Yağlı ve Koç, 2019)

Hayvan Türü	Hayvan Başına Ortalama Günlük Yaş Gübre Üretimi (M <sub>YG</sub> ) (kg/gün-hayvan)	Teorik (Mak.) Toplanabilir Faydalı Gübre Oranı(T) (%)	Yaş Gübredeki Katı Madde Oranı (KM) (%)	KM İçerisinde Uçucu Katı Madde Oranı (UKM) (%)	Metan Oranı (MO) (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /kg-UKM)
Süt Sığırtı	43	100	17,27	83,36	0,18
Et Sığırtı	29	100	12,41	84,65	0,33
Yerli Sığırtı	29	50	17,27	83,36	0,33
Buzağı	2,48	100	3,71	44,23	0,33
Koyun	2,4	13	23	83,63	0,30
Keçi	2,05	13	23,17	73,06	0,30
Et Tavuğu	0,19	66	20	77,27	0,35
Yumurta T.	0,13	99	18,75	75	0,35
Hindi	0,38	68	19,36	75,83	0,35
Kaz-Ördek	0,33	68	17,27	61,28	0,35

Nevşehir ilinde her bir hayvan türüne ait yıllık yaş gübre miktarı, Denklem 1 yardımıyla hesaplanmıştır:

$$M_{YYM} = (M_{YG} \times S \times 365)/1000 \quad (1)$$

Burada;  $M_{YYM}$ : yıllık toplam yaş gübre miktarı (ton/yıl),  $M_{YG}$ : hayvan başına günlük yaş gübre üretimi (kg/gün·hayvan),  $S$ : hayvan sayısını (adet) ifade etmektedir. Toplanabilir faydalı yaş gübre miktarı Denklem 2 ile belirlenmiştir:

$$M_{YFYG} = M_{YYM} \times T \quad (2)$$

Burada  $T$ , teorik(maksimum) toplanabilir faydalı gübre oranını (%) göstermektedir. Bu değer hayvan türüne göre farklılık göstermektedir ve Tablo 1'deki değerler dikkate alınmıştır. Toplanabilir yaş gübre içerisindeki katı madde (KM) miktarı Denklem 3 ile hesaplanmıştır:

$$M_{KM} = M_{YFYG} \times KM \quad (3)$$

Katı madde içindeki uçucu katı madde (UKM) miktarı ise Denklem 4 yardımıyla bulunmuştur:

$$M_{UKM} = M_{KM} \times UKM \quad (4)$$

Hayvansal atıklardan elde edilen uçucu katı madde (UKM) miktarına bağlı olarak üretilen toplam metan miktarı  $M_{METAN}$  ( $m^3$  CH<sub>4</sub> /yıl) olarak belirlenmiştir.

$$M_{METAN} = M_{UKM} \times MO \quad (5)$$

Biyogazın alt ısıl değeri, içerdiği metan (CH<sub>4</sub>) oranına bağlı olarak değişmekte olup genellikle 20–27 MJ/m<sup>3</sup> aralığında değerler göstermektedir (Ayhan, 2015; Tırınk, 2022). Bu araştırmada, biyogazın metan oranı %60 olarak varsayılmış ve buna karşılık gelen alt ısıl değer 23,5 MJ/m<sup>3</sup> olarak dikkate alınmıştır. Elde edilen metan miktarına bağlı olarak biyogazdan üretilebilecek elektrik enerjisi potansiyeli ise, kojenerasyon sistemlerinin ortalama %35'lik elektriksel verimi esas alınarak değerlendirilmiştir.

$$E = M_{METAN} * \eta_e * W \quad (6)$$

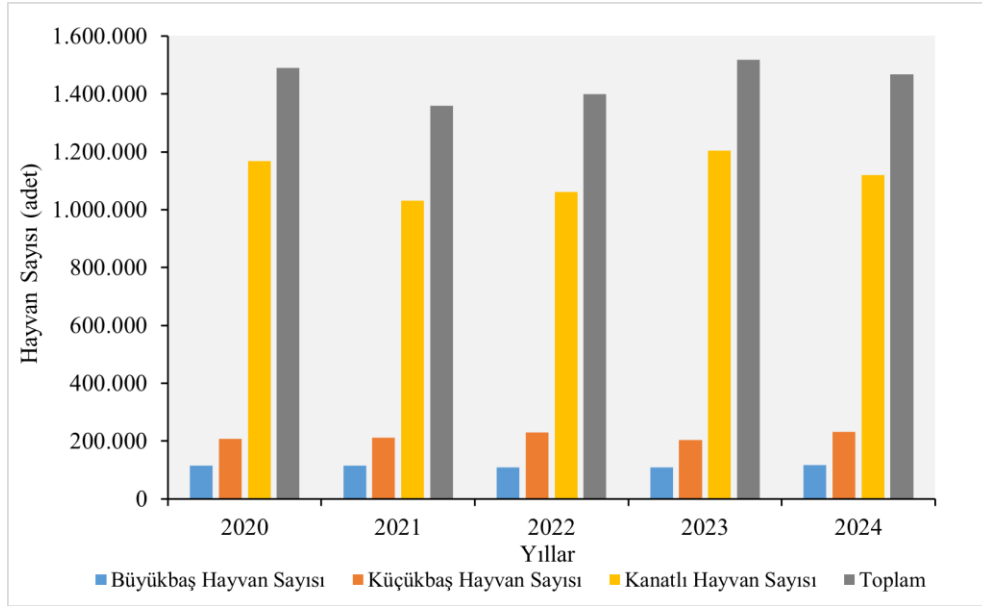
Burada;  $E$  kojenerasyon ünitesinin elektrik üretim miktarını (MWh/yıl),  $\eta_e$  kojenerasyon ünitesinin verimini (%35 olarak kabul edilmiştir) ve  $W$  metan gazının kWh olarak enerji eşdeğeridir (10 kWh/m<sup>3</sup>)(Yağlı ve Koç, 2019).

Çalışmanın son aşamasında, hayvansal atıklardan elde edilen biyogazdan üretilebilecek elektrik enerjisinin, şebekeden temin edilmesi durumunda oluşacak karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları ile karşılaştırılması yapılarak emisyon azaltım potansiyeli hesaplanmıştır. Elektrik üretimine bağlı CO<sub>2</sub> emisyonları, kullanılan yakıt türüne ve ulusal elektrik üretim karmasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle emisyon hesaplamalarında, Türkiye elektrik şebekesini temsil eden güncel ve resmî emisyon faktörlerinin kullanılması tercih edilmiştir. Bu kapsamda, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yayımlanan 2023 Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri raporunda belirtilen değerler esas alınmıştır. Söz konusu rapora göre, Türkiye genelinde 1 kWh brüt elektrik üretimi başına ortalama 434 g CO<sub>2</sub> emisyonu oluşmaktadır (ETKB, 2023). Bu çalışmada, biyogazdan üretilecek elektrik enerjisinin şebeke elektriğini ikame ettiği varsayımı altında, önlenebilecek CO<sub>2</sub> emisyonu miktarı bu emisyon faktörü kullanılarak hesaplanmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Hayvan Sayıları ve Atık Miktarları

Nevşehir ili, hayvancılık potansiyeli açısından değerlendirildiğinde; Aksaray ve Kırşehir gibi komşu illere kıyasla hem büyükbaş hem de küçükbaş hayvan varlığı bakımından daha sınırlı bir kapasiteye sahiptir. Bununla birlikte, son yıllarda özellikle kümes hayvancılığı alanında belirgin bir gelişme yaşanmakta olup, yumurta tavuğu yetiştiriciliği Nevşehir genelinde hızla artış göstermektedir. Bu durum, ilde hayvansal üretim yapısının giderek kümes hayvancılığı ağırlıklı bir modele doğru evrildiğini ve biyogaz üretimi açısından potansiyel kaynak çeşitliliğinin arttığını göstermektedir. Nevşehir ili için hayvansal atıklardan kaynaklanan biyogaz potansiyelinin hesaplanması amacıyla ilk olarak son 5 yıla ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları TÜİK'in erişime açık olan sitesinden elde edilmiştir. Elde edilen veriler Şekil 2'de verilmiştir. Son beş yıl genelinde bakıldığında toplam hayvan sayısında önemli bir değişiklik olmadığı ve değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir.



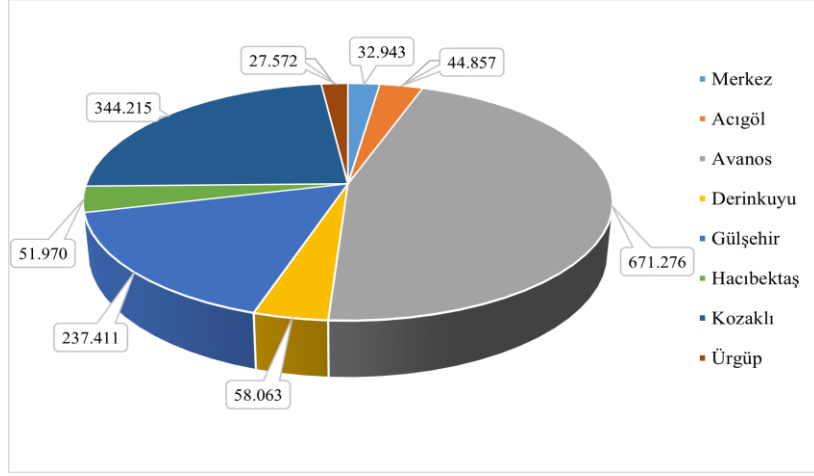
**Şekil 2:**

*Nevşehir ilindeki hayvan sayılarının yıllara göre dağılımı (TÜİK, 2024)*

Bu veriler kapsamında çalışmaya esas teşkil etmek üzere 2024 yılı verileri dikkate alınmıştır. Bununla birlikte oluşan gübre özellikleri ve miktarı, hayvan türünün yanı sıra hayvanların üretim sistemine bağlı olduğundan 2024 yılı verileri hayvan türleri dikkate alınarak detaylandırılmıştır (Tablo 2). Tablodaki değerler incelendiğinde il genelinde toplam 1.468.307 adet hayvan bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sayının 117.295 adeti büyükbaş (süt sığırı, et sığırı, yerli sığır, genç yavru), 232.116 adeti küçükbaş (koyun, keçi) ve 1.118.896 adedi ise kanatlı hayvanlardan (et tavuğu, yumurta tavuğu, hindi, ördek ve kaz) oluşmaktadır. Büyükbaş hayvan sayılarına ilçeler bazında bakıldığı zaman ise; en çok büyükbaş hayvan sayısı 20.875 adet ile Avanos ve 19.631 adet hayvan ile Gülşehir ilçelerine aittir. En az büyükbaş hayvan sayısı ise 5.378 adet ile Ürgüp ilçesinde bulunmaktadır. En yüksek küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları ise sırasıyla 59.396 ve 591.005 adet olmak üzere yine Avanos ilçesine aittir (Tablo 2).

2024 yılı verileri ilçeler ölçeğinde değerlendirildiğinde toplam hayvan sayıları sırasıyla Avanos 671.276 adet (%45,72), Kozaklı 344.215 (%23,4) ve Gülşehir ilçesi 237.411 (%16,17)

adet hayvan varlığı ile öne çıktığı görülmektedir. Nevşehir ilinde en az hayvan sayısı ise 27.572 (%1,88) adet hayvan ile Ürgüp ilçesine aittir (Şekil 3).



**Şekil 3:**  
Nevşehir ilindeki hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımı (TÜİK, 2024)

**Tablo 2.** Nevşehir ili ve ilçelerindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları (TÜİK, 2024)

İlçeler	Büyükbaş Hayvan Sayısı (adet)				Toplam
	Süt Sığırı	Et Sığırı	Yerli Sığır	Genç Yavru	
Merkez	10.711	1.794	28	3.724	16.257
Acıgöl	9.343	1.610	10	3.922	14.885
Avanos	13.410	3.422	28	4.015	20.875
Derinkuyu	13.420	687	-	4.549	18.656
Gülşehir	14.184	898	-	4.549	19.631
Hacıbektas	6.600	3.217	-	3.344	13.161
Kozaklı	4.705	1.365	-	2.228	8.298
Ürgüp	3.320	787	2	1.269	5.378
<b>Toplam</b>	<b>75.693</b>	<b>13.780</b>	<b>68</b>	<b>27.754</b>	<b>117.295</b>
İlçeler	Küçükbaş Hayvan Sayısı (adet)			Toplam	
	Koyun	Keçi			
Merkez	11.469	728		12.197	
Acıgöl	17.983	525		18.508	
Avanos	57.400	1.996		59.396	
Derinkuyu	23.159	1.336		24.495	
Gülşehir	48.291	3.534		51.825	
Hacıbektas	26.377	1.040		27.417	
Kozaklı	22.718	64		22.782	
Ürgüp	13.961	1.535		15.496	
<b>Toplam</b>	<b>221.358</b>	<b>10.758</b>		<b>232.116</b>	
İlçeler	Kanatlı Hayvan Sayısı (adet)				Toplam
	Et Tavuğu	Yumurta Tavuğu	Hindi	Ördek ve Kaz	
Merkez	-	3.961	194	334	4.489
Acıgöl	-	10.835	280	349	11.464
Avanos	38.295	551.800	530	380	591.005
Derinkuyu	-	13.600	670	488	14.758
Gülşehir	-	163.270	810	1.875	165.955
Hacıbektas	-	9.850	712	830	11.392
Kozaklı	37.353	274.295	649	838	313.135
Ürgüp	-	6.500	125	73	6.698
<b>Toplam</b>	<b>75.648</b>	<b>1.034.111</b>	<b>3.970</b>	<b>5.167</b>	<b>1.118.896</b>

### 3.2. Nevşehir İli ve İlçelerinin Biyogaz Potansiyeli

2024 yılı için Nevşehir ilindeki hayvan türleri ve sayıları ile Tablo 1'deki katsayılar dikkate alınarak her bir ilçe için toplam gübre miktarları ve teorik olarak toplanabilir faydalı gübre miktarları hesaplanmıştır. Toplam gübre miktarı 1.628.022 ton/yıl ve toplanabilir faydalı gübre miktarı 1.438.439 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Toplanabilir faydalı gübre miktarı esas alınarak hayvansal atıklardan elde edilebilecek toplam biyogaz potansiyeli ise 40.115.635 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl olarak hesaplanmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3.** Nevşehir ili ve ilçelerindeki BBH, KBH ve KH atıklarından elde edilecek gübre ve biyogaz potansiyeli.

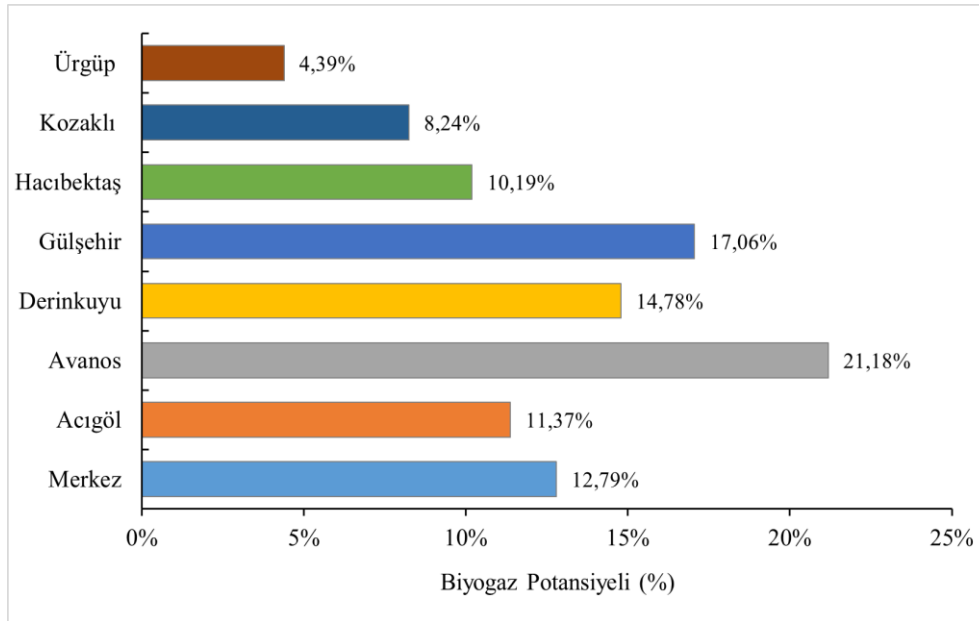
İlçeler	Hayvan Cinsi	Miktar (adet)	Toplam Gübre (ton/yıl)	Teorik Toplanabilir Faydalı Gübre Miktarı (ton/yıl)	Toplam (ton/yıl)	Metan Üretimi (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)	Toplam (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /yıl)
Merkez	BBH	16.257	190.766	190.618	192.227	5.039.858	5.129.933
	KBH	12.197	10.592	1.377		78.964	
	KH	4.489	255	232		11.111	
Acıgöl	BBH	14.885	167.336	167.283	169.946	4.412.407	4.560.641
	KBH	18.508	16.146	2.099		120.767	
	KH	11.464	11.464	564		27.467	
Avanos	BBH	20.875	250.623	250.475	284.960	6.736.382	8.497.782
	KBH	59.396	51.776	6.731		387.059	
	KH	591.005	28.958	27.755		1.374.341	
Derinkuyu	BBH	18.810	222.156	222.156	225.665	5.733.181	5.928.140
	KBH	24.495	21.287	2.767		158.787	
	KH	14.758	797	742		36.172	
Gülşehir	BBH	19.631	236.241	236.241	249.984	6.120.579	6.842.483
	KBH	51.825	44.947	5.843		334.798	
	KH	165.955	8.085	7.900		387.106	
Hacıbektaş	BBH	13.161	140.666	140.666	144.369	3.881.140	4.088.353
	KBH	27.417	23.885	3.105		178.471	
	KH	11.392	666	598		28.742	
Kozaklı	BBH	8.298	90.310	90.310	107.628	2.425.370	3.307.338
	KBH	22.782	19.949	2.593		149.605	
	KH	313.135	15.797	14.725		732.363	
Ürgüp	BBH	5.378	61.608	61.597	63.659	1.645.784	1.760.965
	KBH	15.496	13.378	1.739		99.326	
	KH	6.698	335	323		15.855	
<b>Toplam</b>		<b>1.468.307</b>	<b>1.628.022</b>		<b>1.438.439</b>		<b>40.115.635</b>

\*BBH: Büyükbaş Hayvan, KBH: Küçükbaş Hayvan, KH: Kanatlı Hayvan

Toplam biyogaz potansiyelinin %89,73'i büyükbaş hayvan kaynaklı, %3,76 küçükbaş hayvan kaynaklı ve %6,51'nin ise kanatlı hayvan kaynaklı olduğu hesaplanmıştır. Nevşehir iline bağlı ilçelerin yıllık biyogaz üretim potansiyellerinin karşılaştırmalı olarak sunulduğu Tablo 3 incelendiğinde, 8.497.783 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl'lık biyogaz potansiyeli ile Avanos ilçesi dikkat çekmektedir. Avanos ilçesinin sahip olduğu potansiyel ile Nevşehir ilinin sahip olduğu toplam biyogaz potansiyelinin %21,18'lik kısmına karşılık gelmektedir. Gülşehir ilçesi ise 6.84.2482 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl biyogaz potansiyeli ile toplamın %17,06'lik kısmını karşılamaktadır. En düşük biyogaz potansiyeli ise 1.760.967 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl ve %4,39'lik oran ile Ürgüp ilçesine aittir. İlçelere göre biyogaz potansiyelinin yüzdelik olarak dağılımı Şekil 4'de verilmiştir.

Bu sonuçlar, Avanos ve Gülşehir ilçelerinin Nevşehir ili genelinde biyogaz üretim potansiyeli açısından öne çıktığını göstermektedir. Bu ilçelerde hayvansal atık üretiminin mekânsal olarak yoğunlaşması, merkezi biyogaz tesisi kurulumu açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Merkezi bir tesis yaklaşımı, atık toplama ve işletme maliyetlerini azaltırken, ölçek ekonomisi

sayesinde enerji üretim verimliliğini artırabilir. Öte yandan, Nevşehir ilinin önemli bir turizm merkezi olması, özellikle Avanos ve çevresinde otel, restoran ve turizm faaliyetlerinden kaynaklanan yüksek miktarda organik atığın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Hayvansal atıkların bu tür gıda ve turizm kaynaklı organik atıklarla birlikte değerlendirilmesi, kofermantasyon uygulamaları yoluyla biyogaz üretiminde metan veriminin artırılması açısından önemli bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Önceki çalışmalar, hayvansal atıkların organik mutfak atıklarıyla birlikte anaerobik sindirime tabi tutulmasının C/N oranını dengelediğini, proses kararlılığını artırdığını ve metan üretimini %20–40 oranında yükseltebildiğini ortaya koymaktadır (Holm-Nielsen ve diğ., 2009; Mata-Alvarez ve diğ., 2000). Bu bağlamda, Avanos ve Gülşehir ilçeleri için hayvansal atıklara dayalı biyogaz tesislerinin, turizm kaynaklı organik atıklarla entegre biçimde planlanması hem enerji üretim verimliliğinin artırılması hem de bölgesel ölçekte sürdürülebilir atık yönetimi ve karbon emisyonlarının azaltılması açısından uygulanabilir ve bütüncül bir çözüm olarak değerlendirilebilir.



**Şekil 4:**

*Nevşehir ilindeki toplam biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımı*

Yıllık toplam biyogaz potansiyeli belirlendikten sonra, Tablo 4'te Nevşehir ili ve ilçeleri için belirlenen biyogaz potansiyellerine karşılık gelen enerji değeri ve elektrik üretim potansiyelleri sunulmuştur. Buna göre 40.115.635 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl'lık biyogaz potansiyelinin enerji eşdeğeri 942.717.423 MJ/yıl ve elektrik eşdeğeri ise 140.405 MWh/yıl'dır. TÜİK'den elde edilen verilere göre Nevşehir ilinin son yıllara ait elektrik enerjisi tüketim miktarları incelendiğinde genel olarak elektrik enerjisine olan talebin her geçen yıl arttığı belirlenmiştir. 2019 yılında 734.996 MWh olan elektrik enerjisi tüketiminin 2023 yılında 844.225 MWh olarak belirlendiği tespit edilmiştir (TÜİK, 2024). Son beş yılda yaklaşık %15'lik bir artış görülmüştür. Bu değer dikkate alındığında Nevşehir ilinde 2023 yılında tüketilen elektrik enerjisi miktarının %16,6'sının biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisine karşılık geldiği görülmektedir. İlçeler ölçeğinde incelendiğinde ise Avanos ilçesi için elektrik enerjisi üretim potansiyeli 29.742 MWh/yıl olarak bulunmuştur. Avanos ilçesi hayvan sayısı en yüksek il olduğundan diğer ilçelere göre öne çıkmaktadır. Ürgüp ilçesi ise elektrik enerjisi üretim potansiyeli bakımından 6.163 MWh/yıl değeri ile en düşük potansiyele sahip ilçedir.

Türkiye’de, hayvansal ve tarımsal atıklardan biyogaz potansiyelinin il bazında değerlendirilmesine ilişkin çeşitli çalışmalar literatürde rapor edilmiştir. Bu çalışmaya benzer şekilde hayvansal atıklara dayalı biyogaz potansiyelinin değerlendirildiği, Tokat ili ve ilçeleri ölçeğinde yapılan çalışma sonucunda yılda yaklaşık 30 milyon m<sup>3</sup> metan gazı, bu gazdan ise yılda yaklaşık 117 milyon MWh elektrik enerjisi elde edilebileceği belirlenmiştir (Aksüt ve diğ., 2022). Nevşehir ile benzer nüfus büyüklüğü ve tarımsal üretim yapısına sahip olan Aksaray ili için yapılan bir çalışmada ise biyogaz üretim potansiyellerinin, hayvan varlığı ve yetiştiricilik yapısına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Sadece Aksaray ili ve ilçeleri için 345.809 adet büyükbaş hayvan için yapılan hesaplamalarda 62.421.983 m<sup>3</sup> biyogaz potansiyeli belirlenmiştir. Bu değer hayvan sayıları dikkate alınarak, Nevşehir için elde edilen sonuçları ile karşılaştırıldığında genel olarak uyumlu sonuçlar vermektedir (Yapılcan ve Bakırtaş, 2023). Van ili ve ilçeleri için yapılan bir çalışmada ise yine büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan atıkları için değerlendirme yapılmış olup, Van ilinin toplam biyogaz potansiyelinin 50.004.441 m<sup>3</sup> olduğu tespit edilmiştir. Bu değer geleneksel enerji kaynaklarına güçlü bir alternatif sunabileceği ve çevresel sürdürülebilirlik hedefleri için önemli bir değer olduğu belirtilmiştir (Gazigil ve diğ., 2025). Bu tür çalışmalar, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve yenilenebilir enerji üretiminin teşvik edilmesi açısından önemli katkılar sunmaktadır.

**Tablo 4.** Nevşehir ili ve ilçelerine ait BBH, KBH ve KH atıklarından elde edilecek enerji potansiyelleri

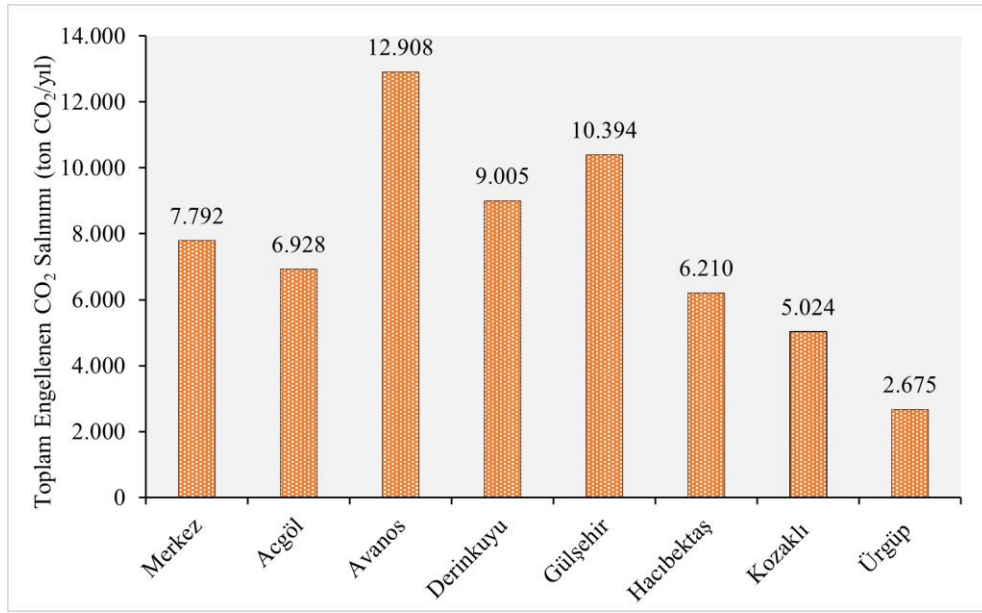
İlçeler	Hayvan Cinsi	Enerji Değeri (MJ/yıl)	Toplam Enerji Değeri (MJ/yıl)	Elektrik Enerjisi Değeri (MWh/yıl)	Toplam Elektrik Enerjisi Değeri (MWh/yıl)
Merkez	BBH	118.436.663	120.553.426	17.640	17.955
	KBH	1.855.654		276	
	KH	261.109		39	
Acıgöl	BBH	103.691.565	107.175.064	15.443	15.962
	KBH	2.838.025		423	
	KH	645.475		96	
Avanos	BBH	158.304.977	199.697.877	23.577	29.742
	KBH	9.095.887		1.355	
	KH	32.297.014		4.810	
Derinkuyu	BBH	134.729.754	139.311.314	20.066	20.749
	KBH	3.731.495		556	
	KH	850.042		127	
Gülşehir	BBH	143.833.607	160.798.351	21.422	23.949
	KBH	7.867.753		1.172	
	KH	9.096.991		1.355	
Hacıbektaş	BBH	91.206.790	96.076.296	13.584	14.309
	KBH	4.194.069		625	
	KH	675.437		101	
Kozaklı	BBH	56.996.195	77.722.443	8.489	11.576
	KBH	3.515.718		524	
	KH	17.210.531		2.563	
Ürgüp	BBH	38.675.924	41.382.678	5.760	6.163
	KBH	2.334.161		348	
	KH	372.593		55	
<b>Toplam</b>			<b>942.717.423</b>		<b>140.405</b>

### 3.3. Biyogazın Çevresel Katkısı ve CO<sub>2</sub> Azaltım Potansiyeli

Elde edilen veriler doğrultusunda, Nevşehir ilinde hayvansal atıklardan üretilen biyogazın çevresel faydaları, karbon emisyonu azaltımı açısından değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, biyogaz üretiminin elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle önlenebilecek CO<sub>2</sub> salınımı miktarları

hesaplanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, il genelinde tasarruf edilecek her 1 kWh elektrik enerjisinin, yaklaşık olarak 434 g CO<sub>2</sub> salınımını engelleyebileceği belirlenmiştir. Bu çerçevede, Nevşehir ili için hayvansal atıkların değerlendirilmesiyle biyogaz üretimi sayesinde yılda toplam 60.936 ton CO<sub>2</sub> salınımının önlenebileceği ortaya konmuştur. Bu durum, küresel ısınmanın temel etkenlerinden biri olan karbondioksit salınımının azaltılması açısından biyogazın önemli bir alternatif enerji kaynağı olduğunu açıkça göstermektedir.

İlçeler bazında yapılan değerlendirmelerde, biyogaz üretimiyle engellenebilecek CO<sub>2</sub> emisyon miktarlarının farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu bağlamda en yüksek katkının Avanos ilçesi tarafından sağlandığı belirlenmiş olup, Avanos'un yıllık 12.908 ton CO<sub>2</sub> salınımının önlenmesine katkı sunduğu ve toplam emisyon azaltımının %21,2'sini karşıladığı hesaplanmıştır. Bu sonuç, ilçenin biyogaz potansiyeli ve hayvansal atık miktarının bölgesel düzeyde oldukça yüksek olduğunu göstermektedir (Şekil 5).



**Şekil 5:**

*Nevşehir ili ilçelerine göre biyogaz üretimiyle engellenen yıllık CO<sub>2</sub> salınım miktarları*

Genel olarak, hayvansal atıkların enerji üretiminde kullanılması, yalnızca yenilenebilir enerji elde edilmesine değil, aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılmasına da önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması yoluyla iklim değişikliğiyle mücadelede biyogaz üretimi, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji çözümü olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca kurulacak bir biyogaz tesisinin, çevresel kazanımların yanı sıra ekonomik fayda ve istihdam olanakları sağlayarak bölgesel kalkınmaya katkıda bulunabileceği öngörülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Nevşehir ili ve ilçelerinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz üretim potansiyeli, bu potansiyelden üretilebilecek elektrik enerjisi miktarı ve buna bağlı olarak önlenebilecek karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu miktarları belirlenmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu'nun Nevşehir iline ait 2024 yılı verileri dikkate alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda teorik olarak toplanabilir faydalı gübre miktarı için 40.115.635 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/yıl biyogaz üretim potansiyeli olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen biyogaz potansiyelinin enerji eşdeğeri 942.717.423 MJ/yıl, elektrik enerjisi potansiyeli ise yaklaşık 140.405 MWh/yıl olarak belirlenmiştir. Bu miktar, Nevşehir ilinin 2023 yılı toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %16,6'sına karşılık gelmektedir. Ayrıca biyogazın elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle yılda yaklaşık 60.936 ton CO<sub>2</sub> salınımının önlenebileceği hesaplanmıştır. Bu sonuç, biyogazın kömür temelli enerji üretimine oranla hem çevresel açıdan çok daha avantajlı olduğunu hem de sera gazı azaltımında etkin bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

İlçe bazında yapılan değerlendirmeler ise, Avanos, Gülşehir ve Derinkuyu ilçelerinin biyogaz yatırımları açısından öncelikli bölgeler olarak ele alınabileceğini ortaya koymaktadır. Bu ilçelerde hayvansal atık miktarının diğer ilçelere kıyasla yüksek olması, merkezi biyogaz tesislerinin kurulması açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Yerel yönetimler açısından bakıldığında, biyogaz tesislerinin yaygınlaştırılması için çiftçiler, kooperatifler ve özel sektör arasında iş birliğini teşvik eden bütüncül bir planlama yaklaşımı benimsenmelidir. Hayvansal atıkların düzenli toplanması ve tesise ulaştırılması için altyapının geliştirilmesi, yatırımın sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca Nevşehir ilinin sahip olduğu turizm potansiyeli de dikkate alınır, bu tür faaliyetlerden elde edilebilecek organik atıkların hayvansal atıklar ile birlikte değerlendirilmesi de elde edilecek bu alternatif enerji kaynağı için önemli bir avantaj sağlayabilir.

Bu tür sistemlerin uygulanmasıyla, hayvansal atıkların kontrollü biçimde işlenmesi sayesinde çevreye yayılabilecek koku, kirlilik yükü ve benzeri olumsuz etkiler önemli ölçüde azaltılabileceği mümkün olacaktır. Bununla birlikte biyogaz üretimi sonrasında ortaya çıkan fermantasyon kalıntılarının organik gübre olarak değerlendirilmesi, tarımsal üretimde döngüsel ekonomi yaklaşımını destekleyecektir. Sonuç olarak, bu tür tesislerin yaygın bir şekilde uygulama alanı bulması ile geleneksel enerji kaynaklarının neden olduğu emisyonların azaltılması mümkün olacak ve aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sağlanacaktır.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

#### YAZAR KATKISI

Ali Osman KARAÇAM çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesinde ve yönetiminde, çalışmanın veri toplama, veri analizi ve yorumlamada, fikrinsel içeriğin eleştirel incelemesi aşamasında, son onay ve tam sorumlulukta; Gamze SÖNMEZ çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesinde ve yönetiminde, veri analizi ve yorumlamada, fikrinsel içeriğin eleştirel incelemesi, makale taslağının oluşturulmasında, son onay ve sorumlulukta; katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Aksüt, B., Dursun, S. K., ve Ergüneş, G. (2022) Determination of biogas potential from animal waste in Tokat province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(5). <https://doi.org/DOI:10.24925/turjaf.v10i5.958-963.5217>
2. Atelge, M. R. (2021) The potential of biogas production as a biofuel from cattle manure in turkey and projected impact on the reduction of carbon emissions for 2030 and 2053. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 5(1), 56-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.46460/ijiea.923792>
3. Ayhan, A. (2015) Biogas production potential from animal manure of Bursa province. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2).
4. Bayar, R., (2019) *Memleket Pusulası Nevşehir*, Eski Babil Yayınları.
5. Çağlayan, G., ve Koçer, N. (2014) Muş İlinde Hayvan Potansiyelinin Değerlendirilerek Biyogaz Üretimini Araştırılması. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 215-220.
6. Dağtekin, M., Aybek, A., ve Bilgili, M. E. (2019) Adana ve Mersin’de bulunan etlik piliç kümeslerinde oluşan gübrenin biyogaz ve elektrik üretim potansiyelinin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(2), 9-22. <https://doi.org/https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.608919>
7. Dey, S., Sreenivasulu, A., Veerendra, G., Rao, K. V., ve Babu, P. A. (2022) Renewable energy present status and future potentials in India: An overview. *Innovation and Green Development*, 1(1), 100006. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.igd.2022.100006>
8. EPA, (2023) United States Environmental Protection Agency, Understanding Global Warming Potentials. Erişim adresi: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials> Erişim tarihi: 04.11.2025
9. Ergişi, B. (2019). Türkiye’de hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelinin hesaplanması ve tesis yerinin çok kriterli karar verme yöntemleriyle belirlenmesi *Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
10. ETKB, (2023) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Erişim adresi: <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri> Erişim tarihi: 12.01.2026
11. ETKB, (2024) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Erişim adresi: <https://bepa.enerji.gov.tr/> Erişim tarihi: 15.10.2025
12. Gazigil, L., Yetiş, R., ve Yetiş, A. D. (2025) Sürdürülebilir Enerji Geleceği: Hayvancılık Atıklarıyla Biyogaz Üretimi ve Enerji Potansiyelinin Araştırılması. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 30(1), 107-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.17482/uumfd.1610402>
13. Gülen, J., ve Çeşmeli, Ç. (2012) Biyogaz Hakkında Genel Bilgi ve Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 5(1), 65-84.
14. Holm-Nielsen, J. B., Al Seadi, T., ve Oleskowicz-Popiel, P. (2009) The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource technology*, 100(22), 5478-5484. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.12.046>
15. Kılıç, M. Y., ve Topaç, F. O. (2025) Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi: Ağrı İli Örneği. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 30(2), 407-418. <https://doi.org/https://doi.org/10.17482/uumfd.1696095>

16. Kocabey, S. (2019) Balıkesir ili için hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(17), 234-243. <https://doi.org/https://doi.org/10.31590/ejosat.619058>
17. Koç, E., ve Kaya, K. (2015) Enerji kaynakları–yenilenebilir enerji durumu. *Mühendis ve Makina*, 56(668), 36-47.
18. Mata-Alvarez, J., Macé, S., ve Llabrés, P. (2000) Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource technology*, 74(1), 3-16. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00023-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00023-7)
19. Melikoglu, M. (2013) Vision 2023: Feasibility analysis of Turkey's renewable energy projection. *Renewable Energy*, 50, 570-575. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.07.032>
20. NİÖİ, (2024) Nevşehir İl Özel İdaresi. Erişim adresi: <http://www.nevsehirozeliidare.gov.tr/yoremizi-taniyalim> Erişim tarihi: 11.04.2025
21. Pavičić, J., Novak Mavar, K., Brkić, V., ve Simon, K. (2022) Biogas and biomethane production and usage: technology development, advantages and challenges in Europe. *Energies*, 15(8), 2940. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/en15082940>
22. Seyhan, A. K., ve Badem, A. (2021) Erzincan ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik biyogaz tesisi senaryoları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 245-256. <https://doi.org/DOI:10.17714/gumusfenbil.743724>
23. Şenol, H., Elibol, E. A., Açikel, Ü., ve Şenol, M. (2017) Türkiye’de biyogaz üretimi için başlıca biyokütle kaynakları. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 81-92. <https://doi.org/https://doi.org/10.17798/bitlisfen.315118>
24. Tırınk, S. (2022) Hayvansal atıkların biyogaz üretim potansiyelinin hesaplanması: Iğdır ili örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(1), 152-163. <https://doi.org/https://doi.org/10.21597/jist.1026987>
25. TÜİK, (2024) Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim adresi: <https://www.tuik.gov.tr/> Erişim tarihi: 15.10.2025
26. WEO (2024) *World Energy Outlook I*. E. Agency. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
27. Yağlı, H., ve Koç, Y. (2019) Hayvan gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Adana ili örnek hesaplama. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3), 35-48. <https://doi.org/https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.637603>
28. Yapılcan, H. E., ve Bakırtaş, H. (2023) Yenilenebilir Enerji Olarak Biyogaz: Aksaray İli Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(1), 298-309. <https://doi.org/https://doi.org/10.21923/jesd.1049878>
29. Yılmaz, A., Ünvar, S., Koca, T., ve Koçer, A. (2017) Türkiye’de biyogaz üretimi ve biyogaz üretimi istatistik bilgileri. *Technological Applied Sciences*, 12(4), 218-232. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0129>
30. Zupančič, M., Možic, V., Može, M., Cimerman, F., ve Golobič, I. (2022) Current status and review of waste-to-biogas conversion for selected European countries and worldwide. *Sustainability*, 14(3), 1823. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14031823>

