



Aksaray ilinde küçükbaş ve kanatlı hayvan gübresi temelinde biyogaz potansiyelinin belirlenmesi

Determination of biogas potential based on ovine and poultry manure in Aksaray province

Hatice Et Yapılcan^{1,*} , Hülya Bakırtaş² 

¹ *Ufuk Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, 06836, Ankara, Türkiye*

² *Aksaray Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, 68100, Aksaray, Türkiye*

Öz

Günümüzde, hem çevreye verdikleri zararlar hem de kaynakların sınırlı olması nedeniyle fosil yakıtların alternatifi olabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılmasına yönelik çabalar gittikçe artmaktadır. Ülkemizde bulunan enerji kaynaklarının daha etkin kullanılması, Türkiye'nin fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılığını azaltarak ve gelecek nesiller için sürdürülebilir ve çevre dostu enerjinin elde edilmesini sağlayacaktır. Sürdürülebilir ve çevre dostu enerji türlerinden biri biyogazdır. Biyogazın üretilmesinde kullanılacak organik atıklar arasında tarımsal ve hayvansal atıklar önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada Aksaray ilinde yer alan küçükbaş hayvan gübresi ve kanatlı hayvan gübresi ile biyogaz üretim potansiyeli araştırılmıştır. Araştırma bulgularına göre; Aksaray ilinde küçükbaş ve kanatlı hayvan gübrelerinden elde edilecek biyogaz potansiyeli toplamda 39 670 717 m³/yıl'dır. Bu miktar 186 452 372 kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir. Elde edilebilecek elektrik enerjisi ile Aksaray ili nüfusunun %12'sinin enerji ihtiyacı karşılanabileceği belirlenmiştir. Araştırma bulgularının hem araştırmacıların hem de politika yapıcıların farkındalığını arttırması ve onlara rehberlik etmesi beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Biyogaz, Yenilenebilir enerji, Yeşil ekonomi

1 Giriş

Dünya nüfusunun giderek artması, üretim kapasitesi artışına ek olarak tarım, hayvancılık ve enerji ihtiyaçlarını da artırmıştır [1]. Küreselleşme ve hızla değişen teknoloji, tükenen kaynakları olumsuz yönde etkilemektedir. Gelecek nesiller için sürdürülebilir enerji üretimi sağlamak amacıyla ülkeler temiz enerji arayışını benimseyerek yenilenebilir enerji üretimi çalışmalarını hızlandırmıştır. Her ne kadar bazı enerji üretim yöntemleri diğerlerine göre daha avantajlı olsa da, genel olarak her birinin olumlu ve olumsuz yönleri vardır. Bazı enerji üretim yöntemleri çevresel açıdan elverişli ancak ekonomik olarak pahalı, bazıları ise ekonomik olarak uygun ancak çevresel bağlamda kısıtlayıcıdır. Günümüzde daha az toplam maliyeti olan seçenekler genel olarak daha fazla tercih edilmektedir. Hangi

Abstract

Today, efforts to expand renewable energy sources, which can be an alternative to fossil fuels, are increasing due to both the damage they cause to the environment and the limited resources. More efficient use of energy resources in our country will reduce Turkey's dependence on fossil energy resources and provide sustainable and environmentally friendly energy for future generations. One of the sustainable and environmentally friendly energy types is biogas. Agricultural and animal wastes have an important place among the organic wastes to be used in the production of biogas. In this study, the biogas production potential with ovine manure and poultry manure in Aksaray province was investigated. According to the research findings, the biogas potential to be obtained from ovine and poultry manure in Aksaray province is 39 670 717 m³/year in total. This amount is equivalent to 186 452 372 kWh electrical energy. It has been determined that the energy needs of 12% of the population of Aksaray can be met with the electrical energy that can be obtained. The research findings are expected to raise awareness and guide both researchers and policy makers.

Keywords: Biogas, Renewable energy, Green economy

enerji türünün çevreye kalıcı zarar vermeden gerekli enerji talebini en iyi şekilde karşılayabileceği henüz net değildir ancak mevcut eğilimler, yenilenebilir enerji ve karma kaynaklardan üretim payını artırmanın, çevresel ve ekonomik riskleri dengeleyeceği düşünülmektedir [2]. Gelecekteki iklim krizine göre; sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir rol oynayacağı öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları; kullandıkça yenilenebilen enerji kaynaklarıdır. Örneğin; güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle kaynaklı enerji üretim teknolojileridir [3]. Yenilenebilir enerji kaynakları atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltma politikasında önemli bir yere sahiptir. Özellikle atıkların geri dönüşüme kazandırılması, atmosfere salınan metan gazı miktarını düşürmektedir [4].

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: haticeett@gmail.com (H. Et Yapılcan)

Geliş / Received: 19.04.2023 Kabul / Accepted: 31.10.2023 Yayınlanma / Published: 15.01.2024

doi: 10.28948/ngumuh.1285746

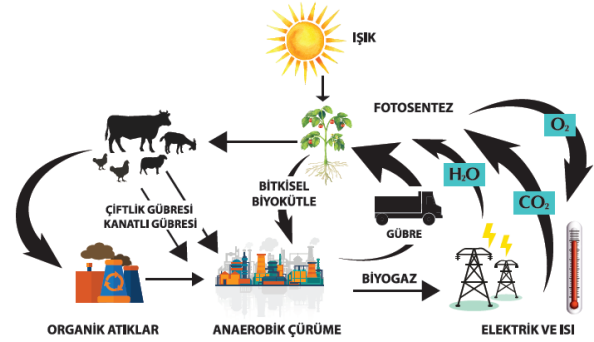
Yeşil enerji üretiminin ülkeler için küresel bir girişime dönüştüğü son yıllarda ekonomilerin Covid-19 karantinalarının altında ezilirken, yenilenebilir enerji pazarında hızlı bir büyüme gözlenmesi ile birlikte yeni yenilenebilir enerji ekonomisi daha verimli, birbirine bağlı ve doğa tabanında gerçekleştirilmiştir. 2021 yılında dünyadaki yenilenebilir enerji oranının %30'a yükseldiği gözlenmiştir. Yeşil enerji dönüşümü kapsamında en büyük orandaki artış; güneş enerjisi, hidro elektrik santralleri ve organik atıklardan elde edilen enerji çeşitlerinde elde edilmiştir [5]. Bu bağlamda oldukça zorlu ancak ulaşılabılır bir yol haritası çizilmiştir ve 2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyonlar Senaryosu (NZE1) ile artan küresel sıcaklıklarda 1.5 °C'lik bir stabilizasyona ulaşılması hedeflenmiştir [6].

Ülkemizdeki yenilenebilir enerjinin ülkemizdeki payı, diğer ülkelere göre oldukça düşüktür. Ülkemizde, Yenilenebilir enerjinin birincil kullanımdaki oranı %6.5'tir. Elektrikteki üretim payı ise %24'tür. Ülkemizde 2023 yılına kadar elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payının %30'a çıkarılması sağlanması hedeflenmektedir [7]. Yenilenebilir enerji açısından Türkiye güçlü bir potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyele rağmen, yeterli yatırımın ve uygulamanın sağlanmadığı bir gerçektir [8]. Türkiye, tarım ve hayvan yetiştiriciliği uygulamalarının hem ekonomik hem sosyal bağlamda ağırlıkta olduğu gelişmekte olan bir ülke olması sebebiyle biyogaz enerjisi, geleceğin en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir [9-10]. Biyogaz tesisleri aslında bir döngüdür. Diğer bir ifadeyle insanlar çevreye çok ağır tahribatlar vermiş ve vermeye devam ederken biyogaz tesisleri, verilen ağır tahribatı önemli ölçüde azaltabileceği varsayılmaktadır. Biyogaz, sadece çevresel zararın azaltılmasına değil, aynı zamanda organik maddelerin oksijensiz ortamda fermante edilmesi ile yaşam sürdürdüğü müddetçe sınırsız enerji üretebilmektedir [11]. Bu nedenle biyogaz ile enerji üretimi sürdürülebilir yaşam için oldukça büyük önem taşımaktadır ve günümüzde çok daha cazip hale gelmektedir. Bu çalışmada, biyogaz kavramı incelenerek, Aksaray İl'inin küçükbaş hayvan atıkları temelinde elde edilebilecek biyogaz potansiyeli belirlenmek amaçlanmıştır.

2 Literatür

Biyogaz terimi temel olarak organik atıklardan kullanılabilir gaz üretimini ifade etmektedir. Daha ayrıntılı açıklamak gerekirse, anaerobik (oksijensiz) ortamda mikrobiyal floranın etkisiyle organik maddelerin, karbondioksit ve metan gazına dönüştürülmesidir. Biyogazın elde edilmesi temel olarak organik maddelerin ayrışmasına dayanır [12]. Biyogaz, genel olarak yapısı yönüyle doğalgaza benzemektedir. Bu bağlamda doğal gazın kullanıldığı birçok alanda esnek bir şekilde kullanılabilir. Ancak günümüzde öncelikli olarak, enerji üretiminde kullanıldığı görülmektedir [13]. Ayrıca diğer yakıtlara alternatif olarak kullanılması veya ısıtma

olarak biyogazdan yararlanılması, kırsal alanlarda kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır [11]. Biyogaz üretim süreci Şekil 1'de gösterilmektedir [14].



Şekil 1. Biyogaz üretim tesisi

Biyogaz üretimi için kullanılacak farklı hammaddeler bulunmaktadır. Bunlar; gıda atıkları, bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, evsel atıklar ve kanalizasyon atıklarıdır. Bu organik atıklar arasında en temel kullanılan hammadde çeşidi, hayvansal atıklardır. Ülkemizde tarım ve hayvancılık ürünlerinden elde edilebilecek biyogaz potansiyeli oldukça yüksektir [15]. Bu durum doğru bir şekilde yönetildiğinde ülke ekonomisine katkısı daha fazla olacaktır. Fakat aynı durum gıda atıkları için geçerli değildir. Evsel atıkların neredeyse %50'si organik atıklardan oluşmaktadır. Fakat bu atıkların hiçbiri, kaynağında ayrıştırılmaması nedeniyle biyogaz tesislerinde kullanılamamaktadır [1]. Organik atıkların yeşil ekonomi kapsamında değerlendirilerek sıfır atık yaklaşımının¹ benimsenmesi bu duruma katkı sağlayacaktır. Biyogaz üretimi atıkların değerlendirilmesine katkı sağlaması nedeniyle yeşil ekonomi ve sıfır atık politikasını desteklemektedir. Sıfır atık yönetimi ile kaynakları daha verimli kullanmak, atık oluşumunu azaltmak ve israfı önlemek hedeflenmektedir. Atık oluşumu durumunda ise, kaynağında atığın karakterize edilip ayrılması ile geri kazanımı sağlanmaktadır [16]. Yeşil ekonomi, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme/UNEP)'te hem insan refahında artışa neden olan hem de çevresel tehditleri ve problemleri önlemeye çalışan büyüme stratejisi olarak tanımlanmıştır [17]. Biyogazda kullanılabilir bir diğer atık türü ise, kanalizasyon atıklarıdır. Ancak çoğu zaman kanalizasyon atıkları biyogaz üretiminde pek tercih edilmez. Bunun nedeni geleneksel tuvalet sistemlerinde yüksek miktarda deterjan kullanılmasıdır. Kullanılan temizlik malzemeleri biyogaz üretiminde yardımcı olan yararlı bakterilerin yok edilmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, bu sistemlerde biyogaz üretim verimi düşük olmakta ve daha yüksek hacimli reaktörlere gereksinim duyulmaktadır [18].

Biyogaz üretim verimliliğini etkileyen pek çok etken bulunmaktadır; sıcaklığın, basıncın ve pH'nın optimal seviyede olması, atığın kompozisyonu, C/N oranı, organik

¹Türkiye'de 12 Temmuz 2019 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanan Sıfır Atık Yönetmeliği'nde "Sıfır Atık Yaklaşımı, üretim, tüketim ve hizmet aşamalarının tamamında atığın ortaya çıkmasının önüne geçilmesi veya azaltılması, yeniden kullanıma odaklanması, ortaya çıkan atıkların kaynağında biriktirilmesi, geri dönüşümü ya da yeniden kazanımı

sağlayarak bertarafı gidecek atıkların en aza indirilmesi ile çevrenin, toplumun ve tükenen kaynakların korunmasını hedef edinen yaklaşım" şeklinde tanımlanmıştır [16].

bekletme süresi, organik yükleme hızı, karıştırma hızı, kullanılan inhibitör maddeler, aşılama vb. pek çok değişken biyogaz verimliliğini direkt ve dolaylı yoldan etkilemektedir [15]. Biyogaz üretiminin gerçekleştirilmesi, yalnızca çevre sorunlarına çözüm olmakla kalmaz aynı zamanda insanların yaşam standartlarının önemli ölçüde iyileşmesine katkıda bulunur. Biyogaz üretiminde kullanılan hayvan gübresinin biyogaza dönüştürülmesi sürecinde fermente olmaları sonucu daha faydalı hale gelmekte ve tarımda kullanılmaktadır. Özellikle son zamanlarda gübre fiyatlarındaki artış, geçim kaynağı tarım olan insanları ekonomik açıdan zorlamaktadır. Biyogazın bir ürünü olan gübre, tarım alanında toprak verimliliğini olumlu yönde etkilemektedir [19]. Örneğin; tavuk gübresinden çok verimli biyogaz üretimi sağlanabilmektedir. Tavuk gübresi kullanımı tarım arazileri için de önemlidir ancak direkt olarak uygulandığında toprakta tuzluluğa neden olmaktadır.

Fakat biyogaz üretiminde fermente olmuş tavuk gübresi çok daha verimli hale gelerek sürdürülebilir hayata katkı sağlamaktadır [12].

Biyogazın bilinen pek çok faydasından bahsetmek mümkündür. Örneğin 1MW'lık bir üretim santralinde en az 15-20 kişi çalıştığı göz önünde bulundurulursa, kırsal kesimde istihdamı artırmada biyogazın katkısı oldukça fazladır [11]. Bu bağlamda enerji sektöründe dışa bağımlılığı azaltmak, kırsal kalkınmayı desteklemek, hayvansal atıkların değerlendirilmesi ve daha birçok problemin çözümünü sağlamak için il temelinde mevcut potansiyelin belirlenmesi, belirlenen potansiyeller ışığında yatırım planlamaları oluşturularak biyogaz tesislerin kurulumu gerçekleştirilmelidir [20]. Biyogaz üzerine yapılmış birçok araştırma vardır. Kanatlı hayvan ve küçükbaş hayvan atıklarından biyogaz üretimi üzerine yapılan çalışmalar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Biyogaz üzerine yapılan çalışmalar

Yazarlar / Yıl	Araştırma Amacı	Veri Toplama Tekniği	Örneklem	Analiz Teknikleri	Bulgu
Gül (2006) [21].	Tavuk gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin araştırılması amaçlanmıştır.	Bu çalışmada veri toplama tekniği gözlem ve ikincil verilerdir.	Afyon ili Başmakçı ilçesinde bulunan tavukçuluk kooperatifi.	Reaktördeki gaz çıkışları 90 gün gözlenmiş ve sonuçlar betimleyici istatistikler üzerinden değerlendirme yapılmıştır.	Farklı katı madde oranlarının biyogaz üretimine etkisi üzerinde durulmuş olup katı madde oranının artışı ile birlikte biyogaz üretim miktarının da arttığı fakat birim katı madde başına düşen üretimin azaldığı belirtilmiştir
Şenol vd. (2017) [22].	Ankara'nın organik atık kaynaklarının, biyogaz üretimi için ortaya çıkarılmasıdır.	TÜİK verileri (ikincil veriler) kullanılmıştır.	Ankara ilinin organik atıkları	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Ankara'nın hayvansal atıkları temel alındığında; günlük 277 384 m ³ biyogaz potansiyeli bulunmaktadır. Atık su arıtma çamuru ile günlük 515 220 m ³ biyogaz potansiyeli bulunurken, tarımsal atıklar için ise, 38 493 m ³ biyogaz potansiyeli vardır. Mutfak atıkları açısından ise, 160 380 m ³ biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değer, 1 397 930 TL'ye karşılık gelmektedir. Şehrin günlük enerjisi ihtiyacı 211 496 MWh'tir. Günlük elektrik miktarı ise 4 657 MWh'dir. Bu değer, şehrin günlük enerji tüketiminin %2.20'sine karşılık gelmektedir.
Aksu (2019) [20].	Amasya ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	TÜİK verileri (ikincil veriler) kullanılmıştır.	Amasya ili ve ilçelerindeki toplam hayvansal atık miktarı	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Amasya'nın 2018 yılı verilerine göre hayvansal atık potansiyeli, 90 474 MWh/yıl toplam elektrik enerjisine karşılık gelmektedir.
Ergişi (2019) [23].	Çok kriterli karar verme yöntemleri ile Türkiye'deki hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelini hesaplamayı ve tesis yerini belirlemeyi amaçlamaktadır.	TÜİK'ten ikincil veriler alınmıştır.	Türkiye genelindeki 81 ile göre büyükbaş, küçükbaş ve tavuk gübreleri.	TOPSIS, AHS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır.	Diyarbakır, Şanlıurfa, Erzurum, Kars, Ağrı ve Van illerinin hayvan gübresinden elde edilen biyogazın büyük enerji potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.
Öztürk (2019) [24].	Aydın ili biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	TÜİK verileri (ikincil veriler) kullanılmıştır.	Aydın ilinde bulunan bitkisel ve hayvansal atıklar	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Aydın'daki bitkisel ve hayvansal atıkların kullanımı ile biyogaz üretimi hesaplamalara göre yıllık olarak hayvansal ve bitkisel atıklardan 13.74 PJ (Petajoule)'lük enerji potansiyelinin olduğu gözlenmektedir.
Sorgulu (2020) [25].	Çalışmanın amacı metan gazı ve hidrojen gazının organik atıklardan elde edilmesi ve enerji yoğunluklarının teorik olarak hesaplanması, daha temiz bir enerji taşıyıcısı olan hidrojenin metan gazı ile karıştırıldığında enerji verimini nasıl etkilediğinin belirlenmesidir.	İkincil veriler kullanılmıştır.	Enerji üretiminde kullanılan organik atıkların kimyasal içerikleri örnekleme oluşturmaktadır.	Matematiksel hesaplama (denklem çözümleri)	Metan gazının saf halde kullanılması yerine, başta atıklar olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan elde edilen hidrojen ile karıştırılıp hıtan gazı olarak kullanıldığında enerjinin daha yüksek olduğu hesaplamalar ile ortaya konmuştur.

Tablo 1 (Devam). Biyogaz üzerine yapılan çalışmalar

Kaynarca vd. (2021) [26].	Eskişehir'deki organik atık kaynaklarının, biyogaz potansiyeli araştırılmıştır.	İkincil veriler kullanılmıştır	Eskişehir iline ait hayvansal atıklar	Biyogaz enerji eşdeğeri hesaplama diyagramı	Toplamda 553 794 524.82 m ³ /yıl'dır
Yürük ve Erdoğmuş (2015) [27].	Düzce ilindeki hayvansal atıklardan biyogaz potansiyelini hesaplamak ve k-means algoritması ile bu tesisleri kümelere ayırmaktır	TÜİK verileri (ikincil veriler) kullanılmıştır.	Düzce ilinde bulunan hayvansal atıklar	K-means kümeleme algoritması ve biyogaz enerji eşdeğeri hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	K-means kümeleme algoritması ile elde edilen sonuçlar ışığında dört farklı sınıflama yaklaşık olarak aynı konumu göstermesi sonucunda, Düzce'de biyogaz santrali kurulumu için bir bölge belirlenmiştir. Kanatlı hayvanlardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli 16 122 222 m ³ /yıl'dır. Bu miktar toplam potansiyelin %66'sını oluşturmaktadır. Küçükbaş hayvanlardan elde edilebilir miktar ise %2'lik oranla 472 543 m ³ /yıl'dır.
Yağlı ve Koç (2019) [28].	Adana ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	TÜİK verileri (ikincil veriler) kullanılmıştır	Adana ilinde bulunan bitkisel ve hayvansal atıklar	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Toplamda yıllık ortalama biyogaz üretimi 88 367 417 metreküp olarak bulunmuştur. Bu miktarın 4 611.26 metreküpü küçükbaş hayvanlardan, 4 786.38 metreküpü kanatlı hayvanlardan üretilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Aksaray ilinde yetiştirilen küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklarından sağlanabilecek biyogaz potansiyelini araştırmak ve elde edilebilecek olan potansiyelin diğer enerji türleri açısından eşdeğerini belirlemektir. İlgili literatür incelendiğinde, Aksaray ilinin biyogaz potansiyelinin araştırılmamış olması, bölgede nüfusun %70'lik kısmının geçimini hayvancılıktan sağlıyor olması ve enerji fiyatlarındaki artış nedeniyle alternatif yenilenebilir enerjiye yönelim bu çalışmanın yapılmasını etkileyen önemli unsurlardır.

3 Materyal ve metot

Bu çalışmada Aksaray'da küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklarından üretilebilecek biyogaz potansiyelinin miktarı belirlenmek amaçlanmıştır. 2018 yılında TÜİK verilerine göre Aksaray ilinin sekiz ilçesi vardır. Bunlar; Eski, Ağaçören, Sarıyahşi, Sultanhanı, Ortaköy, Gülağaç, Güzelyurt'tur [29]. Aksaray'a ait gerekli olan veriler, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ve Türkiye İstatistik Kurumundan (TÜİK) elde edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda, Aksaray ili ve ilçelerinde küçükbaş ve kanatlı hayvan sayısı ilçelere göre farklılık göstermektedir. Kanatlı ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde en aktif ilçe Merkez ilçe olduğu belirlenmiştir [30].

Türkiye'de bulunan toplam küçükbaş hayvan sayısı 55 milyon 63 bin baştır [31]. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığında elde edilen veriler doğrultusunda Aksaray'daki küçükbaş hayvan sayısı 964 490 baş olduğuna göre, Türkiye'deki küçükbaş hayvanların %1.75'i Aksaray'da yetiştirilmektedir. Aksaray iline ait küçükbaş hayvan sayıları **Tablo 2**'de verilmiştir [30].

Tablo 2. İlçelere göre küçükbaş hayvan sayısı

İlçe Adı	Küçükbaş Hayvan Miktarı
Ağaçören	32 144
Eski	185 745
Gülağaç	33 484
Güzelyurt	30 169
Merkez	525 974
Ortaköy	72 153
Sarıyahşi	10 637
Sultanhanı	74 184
Toplam	964 490

Aynı şekilde küçükbaş hayvan atıkları ile ilgili istatistikler;

- Küçükbaş hayvanlardan 0.7 ton/yıl gübre elde edilmektedir [32].
- 1 ton küçükbaş hayvan atığından 58 m³ biyogaz elde edilmektedir [33].
- 1 m³ biyogazdan 4.7 kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir [34].
- 1 dakikada üretilen elektrik enerjisi için 17 L biyogaz gereklidir [35].

Yukarıdaki parametreler ile hesaplama yapıldığında, küçükbaş hayvan başına elde edilecek gübre miktarı **Denklem (1)**;

$$\text{Toplam küçükbaş sayısı} \times 1 \text{ küçükbaş hayvandan elde edilecek gübre ton/yıl} \quad (1)$$

Üretilen biyogaz miktarı belirlenirken **Denklem (2)**;

$$\text{Küçükbaş hayvan başına elde edilen gübre (ton/yıl)} \times 1 \text{ ton küçükbaş hayvan atığından elde edilen biyogaz} \quad (2)$$

Biyogaz elektrik enerjisine dönüştürülürse **Denklem (3)**;

$$\text{Üretilen biyogaz miktarı} \times 1 \text{ m}^3 \text{ biyogazdan elde edilen elektrik enerjisi} \quad (3)$$

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının verileri baz alındığında, 2020 yılında Türkiye'de bulunan toplam kanatlı hayvan 229 milyon 500 bin adet olarak belirtilmiştir [36]. Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan veriler doğrultusunda Aksaray'daki kanatlı hayvan sayısı 298 615 adet olduğu belirtilmiştir. Kanatlı hayvan sayıları **Tablo 3**'te verilmiştir [31].

Tablo 3. İlçelere göre tavuk sayısı dağılımı.

İlçe Adı	Tavuk Miktarı
Ağaçören	n/a
Eskil	3 500
Gülağaç	18 125
Güzelyurt	6 930
Merkez	252 100
Ortaköy	15 960
Sarıyahşi	n/a
Sultanhanı	2 000
Toplam	298 615

Kanatlı hayvanların 280 000'i beş büyük işletmede bulunmaktadır. Geri kalan kısmının ise köylerde ve kasabalarda yetiştirildiği ve kayıtlı olmayan kanatlı hayvan sayısının büyük bir çoğunlukta olduğu bilinmektedir. Ayrıca kayıtlı olmayan kanatlı hayvan sayısının büyük bir çoğunlukta olduğu da bilinmektedir. Aksaray'daki kayıtlı kanatlı hayvan sayısı dikkate alınarak hesaplama yapıldığında, Türkiye'deki kanatlı hayvanların %0.13'ü Aksaray ilinde yetiştirilmektedir. Bu rakam diğer iller ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür.

Son olarak kanatlı hayvan yetiştiriciliğinin önemli kısmını tavuk yetiştiriciliği alması sebebi ile bu çalışmada yalnızca tavuklara ait istatistikler kullanılmıştır. İlgili istatistikler;

- Kanatlı hayvanlardan 0.022 ton/yıl gübre elde edilmektedir.
- 1 ton kanatlı hayvan atığından 78 m³ biyogaz elde edilmektedir [37].
- 1 m³ biyogazdan 4.7 kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir [33].
- 1 dakikada üretilen elektrik enerjisi için 17 L biyogaz gereklidir [34].

Bu parametreler ile hesaplama yapıldığında, kanatlı hayvan başına elde edilecek gübre miktarı **Denklem (4)**;

$$\text{Toplam kanatlı hayvan sayısı} \times 1 \text{ kanatlı hayvandan elde edilecek gübre ton/yıl} \quad (4)$$

Üretilen biyogaz miktarı belirlenirken **Denklem (5)**;

$$\text{Kanatlı hayvan başına elde edilen gübre (ton/yıl)} \times 1 \text{ ton kanatlı hayvan atığından elde edilen biyogaz} \quad (5)$$

Biyogaz elektrik enerjisine dönüştürülürse **Denklem (6)**;

$$\text{Üretilen biyogaz miktarı} \times 1 \text{ m}^3 \text{ biyogazdan elde edilen elektrik enerjisi} \quad (6)$$

1 m³ biyogaz, 5500-6000 kcal enerjiye sahiptir [38]. 1 m³ Biyogaz; 4.70 kWh elektrik'e karşılık gelirken, 3.47 kg oduna karşılık gelmektedir. Ayrıca, 1.18 m³ doğalgaza, 0.70 L benzine, 0.65 L motorine, 1.46 kg kömüre karşılık gelmektedir [39].

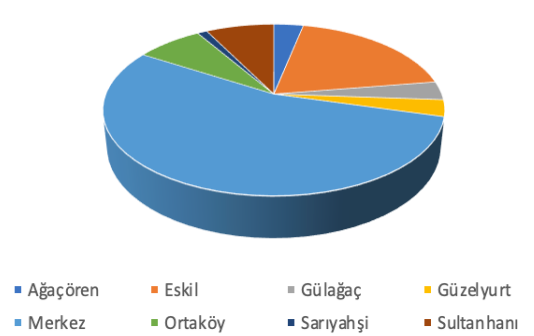
4 Bulgular

Aksaray ilindeki toplam küçükbaş hayvan sayısı 964 490'dır [30]. Küçükbaş hayvanlardan 0.7 ton/yıl gübre elde edildiği varsayımı yapılarak, Aksaray ili için yıllık toplam elde edilebilir gübre miktarı $(964\,490 \times 0.7) = 675\,143$ ton/yıl olarak bulunmuştur. Yine, 1 ton küçükbaş hayvan gübresinden 58 m³ biyogaz elde edildiği varsayımını kullanarak Aksaray İli'nde üretilebilecek olan biyogaz miktarının **Denklem (7)**;

$$(675\,143 \times 58) = 39\,158\,294 \text{ m}^3/\text{yıl} \quad (7)$$

olacağı hesaplanmıştır. Bu miktarın ilçelere göre dağılımı **Şekil 2**'de gösterilmiştir.

Küçükbaş Hayvancılıktan Üretilen Biyogaz Miktarı m³/yıl



Şekil 2. İlçelere göre küçükbaş hayvan gübresinden üretilen biyogazın dağılımı.

Elde edilen biyogazın tamamı elektrik enerjisine dönüştürülecek olursa üretilen elektrik enerjisi ise **Denklem (8)**;

$$(39\,158\,294 \times 4.7) = 184\,043\,981.80 \approx 184\,043\,982 \text{ kWh/yıl} \quad (8)$$

olacaktır.

Kişi başı ortalama elektrik tüketimi 3 709 kWh/yıl'dır [40]. Toplam küçükbaş hayvan gübresi ile elde edilebilir elektrik enerjisi 184 043 982 kWh/yıl'dır. Dolayısıyla Aksaray'a ait küçükbaş hayvan atığı kaynaklı biyogaz potansiyeli ile $(184\,043\,982 / 3\,709) = 49\,620.902 \approx 49\,621$ kişinin elektrik tüketimi karşılanabilmektedir. Bu rakam nüfusun yaklaşık %12'sine karşılık gelmektedir.

Elde edilen enerji değerlerinin yenilenemez enerji türleri ile eşdeğer hesaplaması araştırılmıştır. Küçükbaş hayvan gübresi kullanılarak üretilen biyogaz enerji değerinin diğer yakıtlara göre ısı değerleri **Tablo 4**'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Küçükbaş hayvancılıktan elde edilecek biyogaz ısı değerleri

İlçe Adı	Üretilen Biyogaz (m ³)	Elektrik Enerjisi Üretimi (kWh)	Gazyağı Üretimi (L)	Motorin Üretimi (L)	Benzin Üretimi (L)	Doğalgaz Üretimi (m ³)	Odun Üretimi (kg)	Kömür Üretimi (kg)
Ağaçören	1 305 046.40	6 133 718.08	809 128.77	861 330.62	978 784.80	1 539 954.75	4 528 511.01	1 905 367.74
Eskil	7 541 247	35 443 860.90	4 675 573.14	4 977 223.02	5 655 935.25	8 898 671.46	26 168 127.09	11 010 220.62
Gülağaç	1 359 450.40	6 389 416.88	842 859.25	897 237.26	1 019 587.80	1 604 151.47	4 717 292.89	1 984 797.58
Güzelyurt	1 224 861.40	5 756 848.58	759 414.07	808 408.52	918 646.05	1 445 336.45	4 250 269.06	1 788 297.64
Merkez	21 354 544	100 366 358.68	13 239 817.53	14 093 999.30	16 015 908.30	25 198 362.39	74 100 269.07	31 177 634.82
Ortaköy	2 929 411.80	13 768 235.46	1 816 235.32	1 933 411.79	2 197 058.85	3 456 705.92	10 165 058.95	4 276 941.29
Sarıyahşi	431 862.20	2 029 752.34	267 754.56	285 029.05	323 896.65	509 597.40	1 498 561.83	630 518.81
Sultanhanı	3 011 870.40	14 155 790.88	1 867 359.65	1 987 834.46	2 258 902.80	3 554 007.07	10 451 190.29	4 397 330.78
Toplam	39 158 294	184 043 981.80	24 278 142.29	25 844 474.02	29 368 720.50	46 206 786.91	135 879 280.28	57 171 109.28

Aksaray ilindeki toplam kanatlı hayvan sayısı 298 615'tir [31]. Kanatlı hayvanlardan 0.022 ton/yıl gübre elde edildiği varsayımı yapılarak, Aksaray ili için yıllık toplam elde edilebilir gübre miktarı **Denklem (9)**;

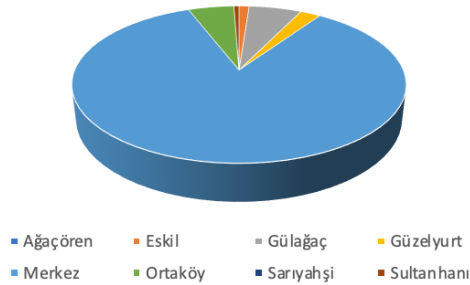
$$(298\ 615 \times 0.022) = 6\ 569.53 \cong 6\ 570 \text{ ton/yıl} \quad (9)$$

olarak bulunmuştur. Yine, 1 ton kanatlı hayvan gübresinden 78 m³ biyogaz elde edildiği varsayımını kullanarak Aksaray İli'nde üretilebilecek olan biyogaz miktarının **Denklem (10)**;

$$(6569 \times 78) = 512\ 423 \text{ m}^3/\text{yıl} \quad (10)$$

olacağı hesaplanmıştır. Bu miktarın ilçelere göre dağılımı **Şekil 3**'te gösterilmiştir.

Kanatlı Hayvancılıktan Üretilen Biyogaz Miktarı
m³/yıl



Şekil 3. İlçelere göre küçükbaş hayvan gübresinden üretilen biyogazın dağılımı

Elde edilen biyogazın tamamı elektrik enerjisine dönüştürülecek olursa üretilecek elektrik enerjisi ise **Denklem (11)**;

$$(512\ 423 \times 4.70) = 2\ 408\ 389.70 \cong 2\ 408\ 390 \text{ kWh/yıl} \quad (11)$$

olacaktır.

Kişi başı ortalama elektrik tüketimi 3 709 kWh/yıl'dır [40]. Toplam tavuk gübresi ile elde edilebilir elektrik enerjisi 2 408 390 kWh/yıl'dır. Aksaray'a ait tavuk gübresi kaynaklı biyogaz potansiyeli **Denklem (12)**;

$$(2\ 408\ 390 / 3\ 709) = 649.33 \cong 649 \quad (12)$$

kişinin elektrik tüketimi karşılanabilmektedir. Bu rakam nüfusun %0.15'ine karşılık gelmektedir. Bu veriler ışığında yapılan hesaplamalar sonucunda kanatlı hayvan gübresi için ulaşılabilecek biyogazın ısı değer hesaplanması **Tablo 5**'te gösterilmiştir.

Aksaray ilinde kanatlı hayvan ve küçükbaş hayvancılıktan elde edilecek **toplam potansiyel biyogaz miktarı** **Denklem (13)**;

$$512\ 423.34 \text{ (kanatlı hayvan biyogaz miktarı)} + 39\ 158\ 294 \text{ (küçükbaş hayvan biyogaz miktarı)} \cong 39\ 670\ 717 \text{ m}^3/\text{yıl} \quad (13)$$

Aksaray ilinde kanatlı hayvan sayısı ve küçükbaş hayvancılıktan elde edilecek potansiyel biyogaz miktarının tamamının elektrik enerjisine dönüştürülecek olursa üretilecek toplam elektrik enerjisi ise **Denklem (14)**;

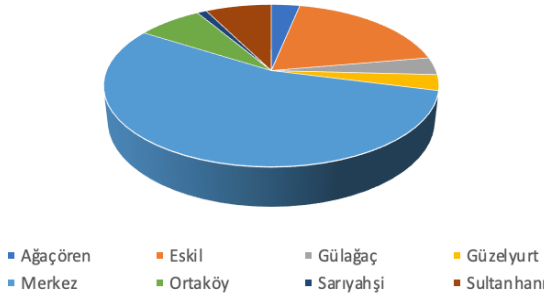
$$2\ 408\ 389.70 \text{ (kanatlı hayvan elektrik enerji miktarı)} + 184\ 043\ 981.80 \text{ (küçükbaş hayvan elektrik enerji miktarı)} \cong 186\ 452\ 372 \text{ kWh'tir.} \quad (14)$$

Tablo 5. Kanatlı hayvancılıktan elde edilecek biyogaz ısı değerleri

İlçe Adı	Üretilen Biyogaz (m ³)	Elektrik Enerjisi (kWh)	Gazyağı (L)	Motorin (L)	Benzin (L)	Doğalgaz (m ³)	Odun (kg)	Kömür (kg)
Ağaçören	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Eskil	6 006	28 228.20	3 723.72	3 963.96	4 504.50	7 087.08	20 840.82	8 768.76
Gülağaç	31 102.50	146 181.75	19 283.55	20 527.65	23 326.88	36 700.95	107 925.68	45 409.65
Güzelyurt	11 891.88	55 891.84	7 372.97	7 848.64	8 918.91	14 032.42	41 264.82	17 362.15
Merkez	432 603.60	2 033 236.92	268 214.23	285 518.38	324 452.70	510 472.25	1 501 134.49	631 601.26
Ortaköy	27 387.36	128 720.59	16 980.16	18 075.66	20 540.52	32 317.09	95 034.14	39 985.55
Sarıyahşi	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Sultanhanı	3 432	16 130.40	2 127.84	2 265.12	2 574	4 049.76	11 909.04	5 010.72
Toplam	512 423.34	2 408 389.70	317 702.47	338 199.41	384 317.51	604 659.55	1 778 108.99	748 138.09

Aksaray ilinde bulunan küçükbaş ve kanatlı hayvan gübrelerinden elde edilecek toplam biyogaz miktarı 39 670 717.34 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın ilçelere göre dağılımı Şekil 4'te gösterilmiştir.

Küçükbaş ve Kanatlı Hayvan Gübrelerinden Elde Edilen Toplam Biyogaz Miktarı m³/yıl



Şekil 4. Küçükbaş ve kanatlı hayvandan elde edilecek biyogaz miktarının ilçelere göre dağılımı

5 Sonuçlar

Dünyadaki atık miktarının teknolojik gelişmeler ile nüfusun hızla artışına bağlı olarak atmosfere salınan karbondioksit ve metan miktarının artmasına sebep olması, küresel ısınma ve iklim değişikliğini hızlandırmaktadır. Bu bağlamda, atıkların geri dönüşüme kazandırılması atmosfere salınan metan gazı miktarını düşürmektedir [4]. Ülkemizde bulunan enerji kaynaklarının daha etkin kullanılması, Türkiye'nin fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılığını azaltarak ve gelecek nesiller için sürdürülebilir ve çevre dostu enerji sağlayacaktır [41]. Üretimi bu açıdan oldukça kritik bir rol oynamaktadır. Çünkü üretim esnasında metan gazı yararlı bir şekilde kullanılarak enerji üretimi gerçekleştirilir. Bu durum sadece çevresel açıdan değil ekonomik açıdan da oldukça büyük önem taşır. Kırsal bölgelerde istihdamı artırmasından enerji üretimi ile ülke

ekonomisine fayda sağlaması biyogazın değerini artırmaktadır. Ayrıca *hemen* her yerde bulunabilmesi, sürdürülebilir modern tarımın gelişimine katkı sağlaması, sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması, her ölçekte enerji verimi için uygun olması, depolanabilir olması, çevre kirliliği oluşturmaması ve asit yağmurlarının oluşumunu engellemesi bakımından biyogaz diğer enerji türlerinden farklılaşmaktadır.

Bu çalışmada Aksaray ilinin, küçükbaş ve kanatlı hayvan atıkları kaynaklı biyogaz üretimi potansiyeli belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile üretilecek biyogazın ısı değerleri belirlenmiştir. Aksaray nüfusunun %70'i, geçimini tarım ve hayvancılıktan sağlamaktadır. Hayvan atıklarından elde edilecek biyogaz potansiyelinin belirlenmesini önemli kılmaktadır.

Araştırma bulgularına göre; Aksaray ilinde küçükbaş ve kanatlı hayvan gübrelerinden elde edilecek biyogaz potansiyeli toplamda 39 670 717 m³/yıl'dır. Bu miktar 186 452 372 kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir. Elde edilebilecek elektrik enerjisi ile Aksaray ili nüfusunun %12'sinin enerji ihtiyacı karşılanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmanın bazı kısıtları bulunmaktadır. Bunlardan ilki, çalışmanın Aksaray ilinde gerçekleştirilmesidir. Gelecekteki araştırmalar, farklı illerin biyogaz potansiyelini inceleyebilir. Bu çalışmada, biyogaz potansiyeli incelenmiş olup, bu potansiyel küçükbaş ve kanatlı hayvanların atıkları üzerine gerçekleştirilmiştir. Gelecek çalışmalar biyogaz kavramını farklı açılardan (teknik sorunlar, personel, mekanik ekipman, biyogazın yan ürünlerin kullanımını, biyogaz kavramı ve hammadde verimliliklerini) inceleyebilir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): % 11

Kaynaklar

- [1] Environmental Impact Assessment, What is energy? 2020. www.eia.gov/energyexplained/what-is-energy/, Erişim tarihi: 08 Ocak 2022.
- [2] R., Sharda, D. Delen, and E. Turban, Analytics, Data Science & Artificial Intelligence, Systems for Decision Support, Malaysia: Pearson Education, 2021.
- [3] Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Enerji ve enerji kaynakları (t.y.). <https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=enerjikaynaklari>, Erişim Tarihi: 16 Haziran 2021.
- [4] İ.R. Uçar, Z. Özer ve O.Y. Sarıbyık, Biyogaz üretiminde atıkların verim üzerine araştırılması, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi 36(3), 581-589, 2021. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1004337>
- [5] International Energy Agency (IEA), Global energy review. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/renewables/>, Erişim Tarihi: 03 Ekim 2021.
- [6] International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021/executive-summary>, Erişim Tarihi: 04 Şubat 2022.
- [7] World Wildlife Fund (WWF), Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği. (t.y.). https://www.wwf.org.tr/ne-yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/yenilenebilirnerji_ve_enerjiverimliliği/, Erişim Tarihi: 20 Haziran 2021.
- [8] N. Bekar, Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin enerji jeopolitiği, Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi, 3(1), 37-54, 2020. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1021680>
- [9] L. Appels, J. Lauwers, J. Degreve, L. Helsen, B. Lievens, K. Willems, JW. Impe, R. Dewil, Anaerobic digestion in global bioenergy production: Potential and research challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(9), 4295-4301, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.121>, Erişim Tarihi: 01 Mayıs 2020.
- [10] M. Polat, Hayvancılık sektörünün TRA2 Bölgesinin ekonomik kalkınması üzerinde etkileri, International Journal of Social Sciences and Education Research (IJSSER), 3(2), 631-643, 2017. [10.24289/ijsser.272720](https://doi.org/10.24289/ijsser.272720)
- [11] A., Namlı, M.O., Akça, Y. Çelik, Biyogaz santrallerinden çıkan sıvı fermente ürünlerin tarımsal kullanım potansiyellerinin araştırılması sonuç raporu, Ankara, Ostim Enerjik, 2020.
- [12] BiyogazDer, Biyogaz enerjisi. <https://biyogazder.org/biyogaz-enerjisi/>, Erişim Tarihi: 17 Şubat 2022.
- [13] A. Yılmaz, Türkiye'de biyogaz üretimi ve kurulu santrallerin ürettiği elektrik enerjisi, Ecological Life Sciences, 14(1), 1-28, 2019. [10.12739/NWSA.2019.14.1.5A0112](https://doi.org/10.12739/NWSA.2019.14.1.5A0112)
- [14] BESYIAD, Yenilenebilir enerji'de çözüm: Biyogaz. 2019. <http://www.besyiad.org.tr/index.php/tr/bultenler/19-biyogaz-tesisi>, Erişim Tarihi: 18 Şubat 2022.
- [15] S. Çakal, Türkiye'de bitkisel atıklardan elde edilen biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2019.
- [16] T.C. Resmi Gazete, Sıfır Atık Yönetmeliği, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190712-9.htm>, Erişim Tarihi: 06 Temmuz 2021.
- [17] L. Baştan Töke, Kompost ve biyogaz tesislerinde veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, 2020.
- [18] D. Kaya ve H. Öztürk, Biyogaz teknolojisi, Kocaeli: Umuttepe Yayınları, 2012.
- [19] The Chronicle, Turning an environmental problem into a solution, <https://www.chronicle.co.zw/turning-an-environmental-problem-into-a-solution/>, Erişim Tarihi: 03 Ekim 2021.
- [20] Y. Aksu, Amasya ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin belirlenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 2019.
- [21] N. Gül, Tavuk gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin araştırılması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 2016
- [22] H. Şenol, E. Elibol, Ü. Açıklık ve M. Şenol, Biyogaz üretimi için Ankara'nın başlıca organik atık kaynakları, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 6(2):15-28, 2017. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.339261>
- [23] B. Ergişi, Türkiye'de hayvansal atıklardan biyogaz potansiyelinin hesaplanması ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak tesis yerinin belirlenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 2019.
- [24] B. Öztürk, Aydın ili biyogaz potansiyelinin belirlenmesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2019.
- [25] K. Sorgulu, Anaerobik sistemlerde biyogaz içeriğinin enerji üretim sistemlerine etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2020.
- [26] H. Kaynarca, T. Kılıç, E. Açıklık ve S. Yerel Kandemir, Eskişehir biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi, Journal Of Geography 42:271-282, 2021. <https://dergipark.org.tr/en/pub/iucografya/issue/63677/881905>
- [27] F. Yürük ve P. Erdoğan, Düzce ilinin hayvansal atıklarından üretilebilecek biyogaz potansiyeli ve K-means kümeleme ile optimum tesis konumunun belirlenmesi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi 4(1):47-56, 2015. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/56477>
- [28] H. Yağlı, ve Y. Koç, Hayvan gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Adana ili örnek hesaplama, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(3):35-48, 2019. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.637603>
- [29] Aksaray Belediyesi, Coğrafi özellikleri. (t.y.). <http://aksaray.bel.tr/cografik-ozellikleri-121>, Erişim Tarihi: 14 Temmuz 2021.

- [30] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Hayvan sayısı raporu. <https://www.tarimorman.gov.tr>, Erişim Tarihi: 28 Mayıs 2021.
- [31] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Aksaray tavuk sayısı. <https://cip.tuik.gov.tr/#>, Erişim Tarihi: 23 Haziran 2021.
- [32] M. Taşova, Yerel bir küçükbaş hayvancılık işletmesinin biyogaz potansiyelinin belirlenmesi, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 5(3):268-272, 2018. <https://doi.org/10.30910/turkjans.448350>
- [33] N. K. Salıhoğlu, A. Teksoy ve K. Altan, Büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıklarından biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Balıkesir ili örneği. ÖHÜ Müh. Bilim Dergisi 8(1), 31-47, 2018. doi: [10.28948/ngumuh.516798](https://doi.org/10.28948/ngumuh.516798)
- [34] F. Öçal, Biyogaz enerjisi üretimi ve Eskişehir ili için Uygulama, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 2013.
- [35] A. A. Kadam, Generation of biogas and its utilization as a source of energy, International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science, 03(01), 2021. https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/volume3/issue_1_january_2021/5988/1628083246.pdf.
- [36] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarim%20Urunleri%20Piyasaları/2020Ocak%20Tarim%20Urunleri%20Raporu/Tavuk%20Eti%20Tarim%20Urunleri%20Piyasa%20Raporu%202020%20ocak.pdf>, Erişim Tarihi: 28 Mayıs 2021.
- [37] Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2021a. Hayvansal üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Animal-Production-Statistics-December-2020-37207>, Erişim Tarihi: 23 Haziran 2021.
- [38] A. Yılmaz, S. Ünvar, T. Koca ve A. Koçer, Türkiye’de biyogaz üretimi ve biyogaz üretimi istatistik bilgileri. Enerji ve Çevre Dünyası Dergisi, 143(1), 28-44, 2018. [10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0129](https://doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.4.2A0129)
- [39] M. Gümüşçü ve S. Uyanık, Güneydoğu Anadolu Bölgesi hayvansal atıklardan biyogaz ve biyogübre eldesi, Makine Mühendisleri Odası, 9(27), 59-65, 2010. doi: [10.332027/comuagri.435371](https://doi.org/10.332027/comuagri.435371)
- [40] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf, Erişim Tarihi: 12 Ağustos 2021.
- [41] Breuer, T. 2012, Animal waste based biogas potential in Turkey, Turkish-German Biogas Project. www.biyogaz.web.tr, Erişim Tarihi: 03 Ocak 2021.

