



YENİLENEBİLİR ENERJİ OLARAK BİYOGAZ: AKSARAY İLİ ÖRNEĞİ

Hatice ET YAPILCAN¹, Hülya BAKIRTAŞ^{2*}

¹ Ufuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Ankara, Türkiye

² Aksaray Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Aksaray, Türkiye

Anahtar Kelimeler Öz

*Biyogaz,
Enerji,
Isıl Değer.*

Bu çalışmanın amacı, Aksaray ilinde bulunan büyükbaş hayvan atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyelini ortaya çıkarmak ve bu potansiyelin enerji eş değerini belirlemektir. İlgili literatür incelendiğinde Aksaray ilinin biyogaz potansiyelini inceleyen herhangi bir çalışmanın olmaması, nüfusun %70'inin tarım ve hayvancılıktan geçimini sağlaması ve yenilenebilir enerji konusunun giderek önem kazanması bu çalışmanın yapılmasındaki itici güç olmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu ve T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan Aksaray il merkezi ve ilçelerindeki hayvansal üretim miktarlarına ilişkin veriler elde edilmiştir. Araştırma bulgularına göre; en fazla büyükbaş hayvan sayısı bulunan ve dolayısıyla en büyük biyogaz potansiyeline sahip olan ilçenin Merkez ilçe olduğu belirlenmiştir. Veriler il bazında değerlendirildiğinde, yıllık toplam üretilebilecek biyogaz miktarı 62421983 m³/yıldır. Üretilen biyogaz en fazla, elektrik enerjisi açısından ısıl değere sahipken, en az ısıl değer ise gazyağındadır. Elde edilen bulgular, hem literatüre hem de uygulamaya katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda çalışmanın, araştırmacılar ve uygulamacıların farkındalığını arttırması, bu yolla yeni çalışmaların yapılmasına ışık tutacağı düşünülmektedir.

BIOGAS AS RENEWABLE ENERGY: THE CASE OF AKSARAY PROVINCE

Keywords

*Biogas,
Energy,
Heating Value.*

Abstract

The aim of this study is to reveal the biogas potential that can be obtained from cattle waste in Aksaray province and to determine the energy equivalent of this potential. When the relevant literature is examined, the lack of any study examining the biogas potential of Aksaray province, the fact that 70% of the population makes a living from agriculture and animal husbandry, and the increasing importance of renewable energy has been the driving force in this study. Data on the amount of animal production in Aksaray city center and its districts were obtained from the Turkish Statistical Institute and the TR Ministry of Agriculture and Forestry. According to the research findings, it has been determined that the district with the highest number of cattle and therefore the largest biogas potential is the Central district. When the data is evaluated on a provincial basis, the annual total amount of biogas that can be produced is 62421983 m³/year. While the biogas to be produced has the highest thermal value in terms of electrical energy, the least thermal value is in kerosene. The findings will contribute to both the literature and practice. In this context, it is thought that the study will increase the awareness of researchers and practitioners and will shed light on new studies in this way.

Alıntı / Cite

Et Yapılcan, H., Bakirtaş, H., (2023). Yenilenebilir Enerji Olarak Biyogaz: Aksaray İli Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(1), 298-309.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

H. Et Yapılcan, 0000-0002-9062-5260
H. Bakirtaş, 0000-0003-3473-0098

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	28.12.2021
Revizyon Tarihi / Revision Date	02.10.2022
Kabul Tarihi / Accepted Date	02.12.2022
Yayın Tarihi / Published Date	27.03.2023

*İlgili yazar / Corresponding author: hbakirtas@aksaray.edu.tr +90-382-288-2499

BIOGAS AS RENEWABLE ENERGY: THE CASE OF AKSARAY PROVINCE

Hatice ET YAPILCAN¹, Hülya BAKIRTAŞ^{2**}

Ufuk University, Aksaray University

Highlights

- To reveal the biogas potential of Aksaray province,
- To calculate biogas energy potential
- To draw attention to the role of biogas in achieving sustainability objectives

Purpose and Scope

Today, globalization and rapidly changing technology negatively affect exhaustible resources such as energy. Energy resources have become the most important issue of the whole world (Gürdallı, 2009). According to future energy scenarios, it is predicted that renewable energy sources will play an important role in achieving sustainability objectives (IEA, 2018). The share of our country in primary use of renewable energy is 6.5%. The share of renewable electricity generation is 24% (WWF, 2021). In increasing these rates; international, national and local studies and the use of the findings obtained from these studies in practice are of great importance. When evaluated in this context; although a large part of Aksaray's livelihood (70%) consists of agriculture and livestock, it has been determined that there is no study on the biogas potential of Aksaray. The aim of this study is to examine the concept of biogas and to reveal the biogas potential to be obtained from cattle wastes of Aksaray Province and the energy equivalent of this potential.

Design/methodology/approach

Data on the amount of animal production in Aksaray province and districts were obtained from T.C. Ministry of Agriculture and Forestry and the Turkish Statistical Institute. These are the calculations made using the statistical values in the literature.

In this case, the amount of manure to be obtained per cattle (BHBGM) is determined;

$$BHBGM = Total\ number\ of\ cattle \times Manure\ from\ one\ cattle\ (ton/year) \quad (1)$$

While determining the amount of biogas to be produced (ÜBGM);

$$\dot{U}BGM = BHBGM\ (ton/year) \times Biogas\ from\ bovine\ waste\ per\ ton\ (ton/year) \quad (2)$$

In this case, the conversion of biogas to electrical energy (BGEED) equation;

$$BGEED = \dot{U}BGM \times Electrical\ energy\ obtained\ from\ one\ cubic\ meter\ of\ biogas \quad (3)$$

It has been determined that 1 m³ of biogas has an energy of 5500-6000 kcal, depending on the components in its caloric value (Yılmaz et al., 2018). Compared to other fuels, 1 m³ of Biogas; 4,70 kWh electricity, 3,47 kg wood, 1,18 m³ natural gas, 0,70 L gasoline, 0,65 L diesel oil, 1,46 kg coal (Gümüşçü and Uyanık, 2010).

Findings

In this study, the heat values of the amount of biogas to be produced were revealed by determining the biogas production potential from bovine waste in Aksaray province. Approximately 2% of the cattle raised in our country are raised in Aksaray. The district with the highest number of cattle is Merkez district and therefore, it is the district with the greatest biogas potential. When evaluated on a provincial basis, the annual total amount of obtainable fertilizer is 1 891 575 tons/year. The amount of biogas to be obtained from cattle manure in Aksaray Province is 62 421 983 m³/year. The heating values of the biogas to be obtained from cattle manure are; 293 383 318 kWh electric energy, 38 701 629 L kerosene, 41 198 509 L diesel oil, 46 816 487 L gasoline, 73 657 940 m³ natural gas, 216 604 280 kg wood and 91 136 095 kg coal.

Originality

The study is the first study to reveal the bovine wastes, the biogas potential of these wastes and the heat values of biogas on the basis of Aksaray Province, and it is thought that it will guide both practitioners and researchers.

1. Giriş (Introduction)

Günümüzde enerji, insan hayatının sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir unsurdur. Dünyadaki nüfus artışı, buna bağlı olarak üretim kapasitesinin artışı, sanayileşme ve bilimsel faaliyetlerin gelişmesi ile enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır. Enerjinin bir formdan farklı bir forma dönüştürülebilmesi sonucunda modern

* Corresponding author: hbakirtas@aksaray.edu.tr, +90-382-288-2499

toplum şekillenmiş, insanların iş yapabilme gücü artmıştır (Environmental Impact Assessment [EIA], 2020). Enerjinin birçok biçime girebilmesi nedeniyle kapsamlı bir tanımını yapmak zordur. Fakat kavram, bir sistemin iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanabilir. Dünyada yaşayan her organizma enerjiye ihtiyaç duyar. Bu nedenle enerji, günlük hayatta ve endüstriyel açıdan büyük öneme sahiptir (İşgör, t.y.). Yapmak istenilen her iş için kullanılan bir enerji kaynağı vardır. Enerji elde edilmesini sağlayan kaynaklar; yenilenebilir (güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle kaynaklı üretim teknolojileri) ve yenilenemez (petrol, kömür gibi doğada saf bir şekilde bulunan kaynaklar) enerji olarak iki temel başlıkta sınıflandırılmaktadır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], t.y.; Öçal, 2013).

Küreselleşme ve hızla değişen teknoloji, enerji gibi tükenen kaynakları olumsuz etkilemektedir. Enerji kaynakları tüm dünyanın en önemli konusu haline gelmiştir. Gelecek nesiller için sürdürülebilir enerji üretimi sağlamak amacıyla ülkeler temiz enerji arayışını benimseyerek yenilenebilir enerji üretimi çalışmalarını hızlandırmıştır (Gürdalı, 2009). Örneğin, Danimarka 2050 yılında tamamen yenilenebilir enerji sistemini kullanmayı hedeflemektedir (Korberg vd., 2020). Ülkemizin yenilenebilir enerjinin birincil kullanımındaki payı %6,5'tir. Yenilenebilir elektrik üretiminin payı ise, %24'tür. 2023 yılına kadar Türkiye'nin enerji stratejisi kapsamında yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının %30'a ulaşması hedeflenmektedir (World Wildlife Fund [WWF], 2021). Ayrıca ülkemizde biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8,6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilebilecek biyogaz miktarının ise 1,5-2 MTEP olduğu tahmin edilmektedir (Gürel, 2020). Enerji üretimi bir ülkenin kalkınmasını sağlayan en önemli etkenlerden biridir. Enerji kullanımı ve endüstriyelleşme toplumun refah seviyesinin yükselmesiyle doğrudan bağlantılıdır (Yılmaz, 2012). Enerji ihtiyacının ülkelerin kendi öz kaynakları ile karşılaması, hem ülke ekonomisinin dışa bağımlılığının hem de maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır (Gürel, 2020).

Günümüz endüstri dünyasında ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlar olarak sınıflandırılan petrol, kömür ve doğalgazdan karşılanmaktadır. Fakat bu enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve doğa üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle yeni enerji teknolojilerinin gerekliliği oldukça büyük önem teşkil etmektedir. Enerji kullanımının yarattığı çevresel etkilerin (sera gazı emisyonları, küresel ısınma, hava kirliliği, su kirliliği ve bunların küresel iklim değişikliklerine olan etkisi vs.) en düşük seviyede olabilmesi için ülkelerin yeni enerji kaynaklarına yatırım yapması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu durum sadece gelişmiş ülkeler açısından değil, gelişmekte olan ülkeler açısından da önemli bir sorundur (Kaya ve Öztürk, 2012:5). Bu nedenle karar vericiler, ekonomik gelişme sağlayan, çevre hassasiyeti olan ve sosyal refahı sağlayan sürdürülebilir çözümler üretmek için farklı yenilenebilir enerjilere odaklanmışlardır (Öztürk vd., 2020).

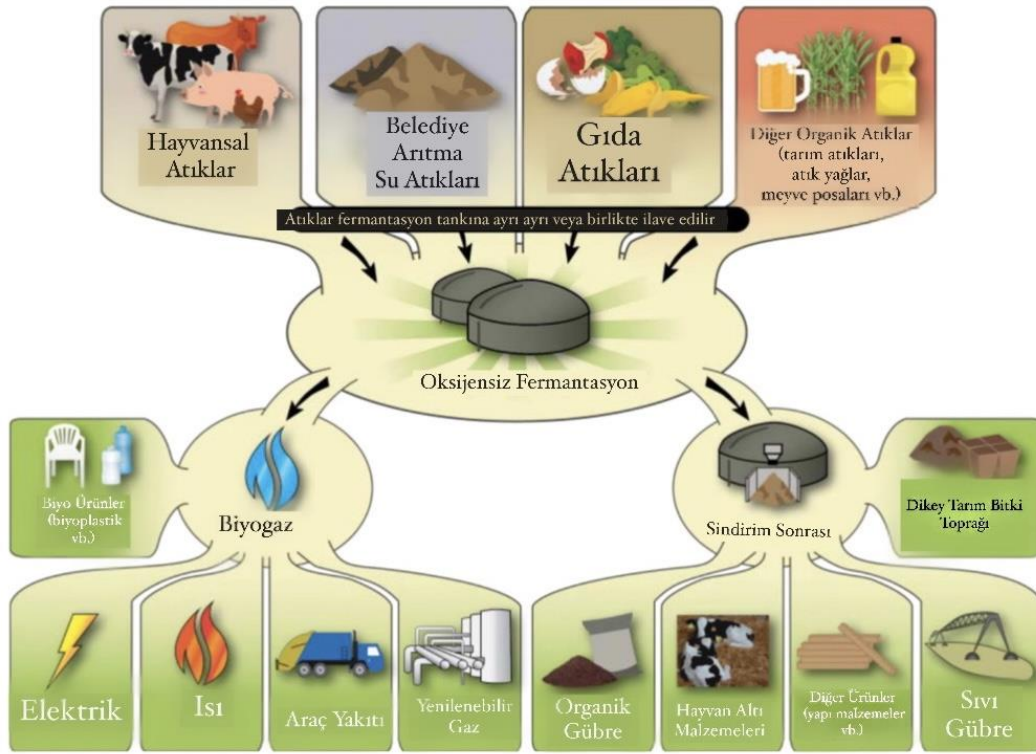
Her geçen gün insanoğlunun artan enerji ihtiyacı, insanoğlunu yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir (Topaloğlu ve İmren, 2011). Dünyada yenilenebilir enerji üretimi 2021 yılı itibarıyla %30'a yükselmiştir, bu oran 2019 yılında %27'den daha azdır. Rüzgâr, 2020'den itibaren yaklaşık %17 büyüyerek yenilenebilir enerji üretimindeki en büyük artışı sağlamıştır (IEA, 2021). Temiz enerji üretimi, ülkeler için küresel bir girişime dönüşmüştür. Bununla birlikte gelişmiş ekonomiler, gelişmekte olan ekonomilere oranla temiz enerji üretiminden daha fazla katma değer elde etmektedir. Gelişmiş ülkelerin temiz bir ekonomi politikası, tüm sektörlerde enerji üretiminin gelişimini, elektrik enerjisini gündelik hayata uygulama ve elektrik sektörünün karbonsuzlaştırılmasına olanak tanımaktadır (Sandor vd., 2020).

Gelecekteki enerji senaryolarına göre sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmakta yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir rol oynayacağı öngörülmektedir. Bu durum iklim aktivistleri ve çevreciler tarafından dikkatle izlenmektedir. 2035 yılına kadar fosil yakıt kullanımının devam edeceği, 2035 yılından sonra ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artacağı belirtilmektedir (IEA, 2018). Atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltma politikasında yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle biyogazdan elde edilen enerji, gelecekteki en baskın yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak görülmektedir (Appels vd., 2011). Atıklardan biyogaz üretimi yıllardır bilinen ve üzerinde pek çok çalışma yapılmış bir konudur. Yaşam sürdüğü müddetçe, biyogaz farklı kaynaklardan elde edilebileceği için önemli bir enerji kaynağıdır. Diğer yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında 7/24 üretim yapma kapasitesine sahip olması, verimliliğin yüksek olmasına ve daha cazip hale gelmesine sebep olmaktadır (Namlı, Akça ve Çelik, 2020). Bu çalışmada, biyogaz kavramı incelenerek, büyükbaş hayvan atıklarından hareketle Aksaray İl'inin büyük baş hayvansal atıklardan elde edilecek biyogaz potansiyelini belirlemek amaçlanmıştır. İlgili literatür incelendiğinde Aksaray ilinin biyogaz potansiyelinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmaması ve nüfusun %70'inin tarım ve hayvancılıktan geçimini sağlaması bu çalışmanın itici gücü olmuştur. Bu durum, çalışmanın önemini de ortaya koymaktadır. Çalışma, Aksaray İl'i temelinde büyükbaş hayvan atıkları, bu atıkların biyogaz potansiyeli ve biyogazın ısı değerlerinin ortaya çıkarılması açısından yapılan ilk çalışma olup, hem uygulamalara hem de araştırmacılara rehberlik edeceği düşünülmektedir.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Organik maddelerin, oksijensiz ortamda bozunması sonucu oluşan karbondioksit, metan ve az miktarda hidrojen sülfür gaz karışımına biyogaz denir (Yılmaz vd., 2018). Biyogazın içeriğinde çeşitli gazlar bulunmaktadır. Bunlar; %50-%75 oranında metan, %25-%50 oranında karbondioksit, %0-%10 oranında nitrojen, %5-%6 oranında su ve %0-%3 oranlarında hidrojen sülfürdür (Sethi, 2018). Biyogaz, içerisindeki metan fazlalığı nedeniyle doğalgaza benzemektedir. Bu nedenle doğal gazın kullanıldığı birçok alanda (ısıtma, elektrik üretimi ve araçlarda yakıt) kullanılabilme esnekliğine sahiptir (Yılmaz, 2019). Biyogaz üretim süreci incelendiğinde (Şekil 1), üretiminin çeşitli aşamalarında yan ürün elde edildiği gözlenmektedir (Sandor vd., 2020). Namlı, Akça ve Çelik (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, biyogaz fermente atıklarının tarım alanlarında kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Biyogaz üretiminde gıda atıkları, bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, evsel atıklar ve kanalizasyon atıkları gibi birçok atık kullanılmaktadır (Sethi, 2018). Biyogaz tesislerinin oluşturulması ve biyogaz üretiminin yapılması, hem çevre sorunlarına çözüm olurken, hem de bu üretimi yapan insanların gelirlerini arttıracığı için doğal olarak yaşam standartlarının önemli ölçüde iyileşmesine de katkı sağlayacaktır. Ayrıca gübre fiyatlarındaki artış, tarım ile geçimini sağlayan insanların bir darboğaza girmelerine sebep olmuştur. Biyogazın bir çıktısı olan gübre, tarımda toprağın verimliliğine de katkı sağlamaktadır (The Chronicle, 2021). Bu nedenle enerji sektöründe dışa bağımlılığı azaltmak, hayvansal atıkların çevreye zarar vermeden değerlendirilmesini sağlamak için ülke içerisinde biyogaz potansiyelinin olduğu yerlerin belirlenmesi, biyogaz üretimi konusunda yatırım yapacak girişimcilere yol gösterecektir (Aksu, 2019).



Şekil 1. Biyogaz Üretim Tesisi (Biogas Production Plant)

Biyogaz üretiminde en temel hammadde büyükbaş hayvan gübresi olup, bu konuda yapılan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları Tablo 1’de özetlenmiştir. Tablo 1 incelendiğinde; farklı bölgeler ve şehirler temelinde biyogaz üretim potansiyellerinin incelendiği, bu potansiyelin bölge ve ülke ekonomisine katkısının değerlendirildiği görülmektedir.

Tablo 1. Biyogaz Üzerine Yapılan Çalışmalar (Studies on Biogas)

Yazarlar / Yıl	Araştırma Amacı	Veri Toplama Tekniği	Örneklem	Analiz Teknikleri	Bulgu
Gümüşçü ve Uyanık (2010)	Güneydoğu Anadolu Bölgesinde büyükbaş hayvancılık ile üretim sağlayan tesislerde ortaya çıkan atıklardan biyogaz ve biyogübre elde edilmesinin bölge ve ülke ekonomisine katkısı araştırılmıştır.	İkincil veriler kullanılmıştır.	Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan büyükbaş hayvan ile üretim gerçekleştiren tesisler.	Biyogaz enerji eşdeğeri hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Bu çalışmada 1000 ve üzeri büyükbaş hayvan kapasitesine sahip tesislerin yatırımlarının amorti etme süresinin yaklaşık 5 yıl olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 1500 büyükbaş hayvandan yılda ortalama 6 124 000 m ³ biyogaz elde edilmektedir. Hayvan sayısı ortalama 100 000 olduğunda ise yılda 40 824 000 m ³ biyogaz üretilmektedir.
Öçal (2013)	Eskişehir ilindeki biyogaz enerji potansiyeli araştırılmıştır.	Eskişehir Tarım İl Müdürlüğünden veriler alınmıştır.	Eskişehir ilindeki büyükbaş hayvanlar	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Eskişehir ilindeki büyükbaş hayvanların gübreleri ile biyogaz üretimiyle günlük 276 454,23 kWh enerji üretimi olduğu bulunmuştur.
Şenol vd. (2017)	Biyogaz üretimi için Ankara'nın başlıca organik atık kaynaklarının belirlenmesidir.	TÜİK verileri kullanılmıştır.	Ankara ilinin hayvansal atıkları, mutfak atıkları, atık su arıtma tesisi ve tarımsal atıkları	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Ankara ilinde hayvansal atıklar ile günlük 277 384 m ³ , atık su arıtma çamuru ile günlük 515 220 m ³ , tarımsal atıklar ile 38 493 m ³ , mutfak atıkları ile 160 380 m ³ biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değer 1 397 930 TL'ye karşılık geldiği vurgulanmış ve Ankara ilinin günlük enerji tüketiminin 211 496 MWh olduğu ve hesaplamaların sonucunda elde edilen günlük elektrik miktarının 4 657 MWh olduğu belirtilmiştir. Bu değer ise, Ankara ilinin günlük enerji tüketiminin %2,20'sine karşılık gelmektedir.
Aksu (2019)	Amasya ilindeki hayvansal atıkların biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	TÜİK verileri kullanılmıştır.	Amasya ili ve ilçelerindeki toplam hayvansal atık miktarı	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Amasya ilinin hayvansal atık potansiyelinden 2018 yılı verileri baz alınarak elde edilebilecek toplam elektrik enerjisi miktarı 90 474 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır.
Ergişi (2019)	Türkiye'de hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelinin hesaplanması ve tesis yerinin çok kriterli karar verme yöntemleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır.	TÜİK'ten veriler alınmıştır.	Türkiye genelindeki 81 ile göre büyükbaş, küçükbaş ve tavuk gübreleri.	TOPSIS, AHS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılmıştır.	Türkiye'de hayvansal gübre kaynaklı biyogaz enerji potansiyeli en yüksek illerin Diyarbakır, Şanlıurfa, Erzurum, Kars, Ağrı ve Van olduğu sonucuna varılmıştır.
Yağlı ve Koç (2019)	Adana İli için biyogaz üretimi ve üretilen bu biyogazın kullanımı ile elde edilebilecek güç miktarının	2015-2018 yıllarına ait TÜİK verileri	Adana ilinde bulunan tüm hayvan sayıları (kanatlı, büyük ve küçük baş)	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Hayvanlardan elde edilen gübrenin oksijensiz ortamda çürütülmesi ile yıllık ortalama biyogaz üretimi 88.367,417 m ³ -CH ₄ /yıl olarak bulunmuştur. Bu biyogazın kullanımı ile yıllık yaklaşık

	belirlenmesi amaçlanmıştır.				309,286 MWhe/yıl elektrik enerjisi üretimi yapılabileceği bulgusuna ulaşılmıştır.
Ay (2020)	Kahramanmaraş ilinin biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır	İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü verileri kullanılmıştır.	Kahramanmaraş ilindeki hayvansal (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan) atıklar	Literatürde yer alan 5 farklı biyogaz eşdeğer hesaplama yöntemi kullanılarak belirlenmiş, her birinin sonuçları mukayese edilmiştir.	Kahramanmaraş ili için hayvansal atıklar kullanarak üretilebilecek teorik biyogaz potansiyeli ve elektrik enerjisi üretimi 37,5 milyon m ³ ile 137,2 milyon m ³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Biyogaz potansiyeli ile yıllık elde edilebilir elektrik enerjisi 94,8 GWh ile 264,8 GWh aralığında hesaplanmıştır.
Saz (2021)	Muğla ilinin biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	Muğla Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Muğla Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı ve Muğla Su ve Kanalizasyon İdaresi'nden verileri kullanılmıştır.	Muğla iline ait bitkisel, hayvansal ve evsel arıtma çamuru atıkları baz alınmıştır.	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır.	Muğla ili genelinde toplamda 5598874,15 GJ enerji potansiyeli hesaplanmıştır. Bu değer 1555242819,54 kWh elektriğe eşdeğer olmakla birlikte 512271 hanenin bir yıllık enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir.
Tırnak, S. (2022)	Iğdır ili ve ilçelerindeki hayvan işletmelerinden kaynaklanan atık miktarlarından biyogaz enerji potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.	TÜİK, 2020 yılı verileri kullanılmıştır.	Iğdır ili ve ilçelerinin hayvansal atıkları	Biyogaz enerji eşdeğer hesaplama diyagramı kullanılmıştır	Yıllık üretilebilecek biyogaz potansiyeli 43 952 304 m ³ , ısı enerji miktarı 1 032 879 GJ ve elektrik enerji miktarı 114 716 MWh olarak hesaplanmıştır. Yıllık en yüksek elektrik üretim potansiyeline sahip olduğu Merkez ilçesinde 55 367 MWh ve en düşük elektrik üretim potansiyeline sahip olduğu Karakoyunlu ilçesinde 15 366 MWh elektrik enerjisi üretilebileceği bulgusuna ulaşılmıştır. Ayrıca biyogaz enerjisinin kullanılması ile yıllık 78 465 ton karbondioksit emisyon salınımı engelleneceği belirlenmiştir.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Aksaray ili ve ilçelerindeki (Merkez, Eski, Ağaören, Sarıyahşi, Sultanhanı, Ortaköy, Gülağaç, Güzelyurt) hayvansal üretim miktarlarına ilişkin veriler, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı ve Türkiye İstatistik Kurumundan alınmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2020 yılı itibarıyla, Türkiye'de bulunan toplam büyükbaş hayvan sayısı 18 milyon 615 bindir (TÜİK, 2021a). Türkiye'nin bölgeleri açısından genel bir değerlendirme yapılacak olursa, ahır hayvancılığının en çok yapıldığı bölgeler, Marmara ve Ege iken, mera hayvancılığının en yoğun yapıldığı bölgeler ise; İç Anadolu ve Doğu Anadolu'dur (Milliyet, 2021). Karadeniz illerinde genel olarak hayvan sayısının az olduğu söylenebilir (Ordu Ticaret Borsası, 2020). Ülkemizde büyükbaş hayvan sayısı 2002 yılında toplam 9.924.575'ken, 2021 yılında bu sayı 18.036.117'dir. Büyük baş hayvancılığının en çok yapıldığı ilk üç il sırasıyla, Konya, Erzurum ve İzmir'ken, en az ise Rize, Yalova ve Kilis'te gerçekleştirilmektedir (Veri Bankası, 2021). Küçükbaş hayvan sayısı ise, 2002 yılında 31.953.800'ken, bu sayı 2021 yılında 57.519.204'tür (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022). Küçükbaş hayvancılığının en çok yapıldığı ilk üç il sırasıyla, Van, Konya ve Şanlıurfa'yken, en az yapıldığı iller, Rize, Düzce ve Bartın'dır (Veri Bankası, 2021). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan alınan verilere göre; Aksaray'daki büyükbaş hayvan sayısı 345 809'dur (Tablo 2). Türkiye'deki büyükbaş hayvanların %1,92'si Aksaray ilinde yetiştirilmektedir.

Tablo 2. Aksaray İli Büyükbaş Hayvan Sayısının İlçelere Göre Dağılımı (Distribution of the Number of Cattle in Aksaray according to Counties)

İl	İlçe Adı	Sığır Sayısı	Manda Sayısı	Büyükbaş Toplam
A	Ağaçören	6 354	27	6 381
K	Eskil	90 502	0	90 502
S	Gülağaç	10 453	1	10 454
A	Güzelyurt	8 868	0	8 868
R	Merkez	183 669	1 266	184 935
A	Ortaköy	21 774	0	21 774
Y	Sarıyahşi	2 435	5	2 440
	Sultanhanı	20 450	5	20 455
	Toplam	344 505	1304	345 809

Literatürdeki istatistiksel değerler kullanılarak çeşitli hesaplamalar yapılmıştır. Bunlar; i) Büyükbaş hayvanlardan 5,47 ton/yıl yaş gübre elde edilmesi (Öçal, 2013), ii) hayvan gübresinin kullanılabilirlik oranının %50 kabul edilmiş olup kuru madde oranının ise %15 olarak kabul edilmesi (Öztürk, 2019), iii) 1 ton büyükbaş hayvan atığından 33 m³ biyogaz elde edilmesi (Ergişi, 2019), iv) 1 m³ biyogazdan 4,7 kWh elektrik enerjisi elde edilmesidir (Öçal, 2013).

Bu durumda büyükbaş hayvan başına elde edilecek gübre miktarı (BHBGM) belirlenirken;

$$BHBGM = \text{Toplam büyükbaş sayısı} \times \text{Bir büyükbaş hayvandan elde edilen gübre (ton/yıl)} \quad (1)$$

Üretilen biyogaz miktarı (ÜBGM) belirlenirken;

$$ÜBGM = BHBGM \text{ (ton/yıl)} \times \text{Tonbaşına büyükbaş hayvan atığından elde edilen biyogaz (ton/yıl)} \quad (2)$$

Bu durumda biyogazı elektrik enerjisine dönüştürme (BGEED) eşitliği;

$$BGEED = ÜBGM \times \text{Bir metreküp biyogazdan elde edilen elektrik enerjisi} \quad (3)$$

Kalori değeri içindeki bileşenlere bağlı olarak 1 m³ biyogazın 5500-6000 kcal enerjiye sahip olduğu belirlenmiştir (Yılmaz vd., 2018). Biyogazın diğer yakıtlar ile karşılaştırıldığında 1 m³ Biyogaz; 4,70 kWh elektrik, 3,47 kg odun, 1,18 m³ doğalgaz, 0,70 L benzin, 0,65 L motorin, 1,46 kg kömür değerindedir (Gümüüşçü ve Uyanık, 2010).

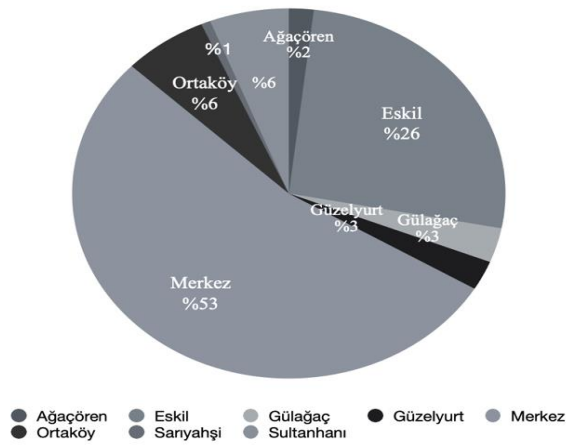
4. Bulgular (Findings)

Aksaray iline ve ilçelerine ait büyükbaş hayvan sayısı, bu hayvanlardan elde edilecek gübre ve elde edilecek biyogaz miktarı Tablo 3'te gösterilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde, en fazla büyükbaş hayvan sayısının bulunduğu ilçe, Merkez ilçedir ve dolayısıyla en büyük biyogaz potansiyelinin olduğu ilçedir. Merkez ilçeyi sırasıyla; Eskil, Ortaköy ve Sultanhanı takip etmektedir (Şekil 2). İl bazında değerlendirildiğinde, yıllık toplam elde edilebilir gübre miktarı $(345\,809 \times 5.47) = 1\,891\,575$ ton/yıldır. Üretilen biyogaz miktarı ise; $(1\,891\,575.23 \times 33) = 62\,421\,982.59 \cong 62\,421\,983$ m³/yıldır. Büyükbaş hayvan gübresi kullanılarak üretilen biyogazın ısı değerleri Tablo 4'te gösterilmiştir.

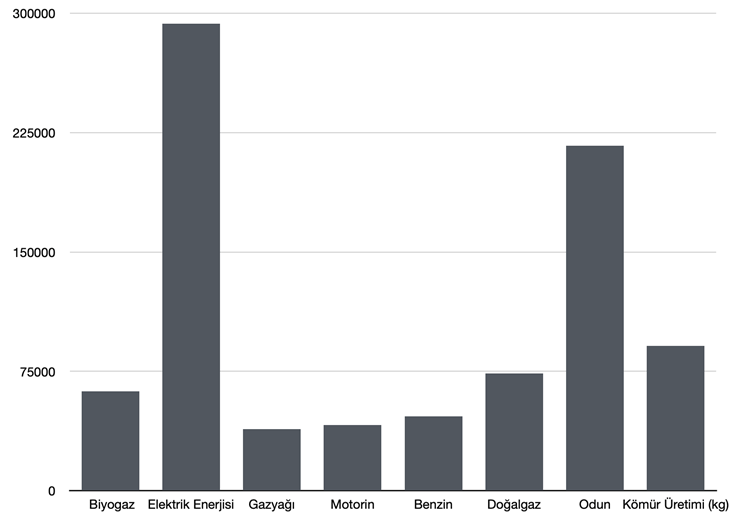
Tablo 3. Büyükbaş Hayvan Gübresinden Elde Edilecek Biyogaz Miktarı (Amount of Biogas to be Obtained from Cattle Manure)

İlçe Adı	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Elde Edilecek Yaş Gübre (ton/yıl)	Elde edilecek Biyogaz Miktarı (m ³)
Ağaçören	6 381	34 904,07	1 151 834,31
Eskil	90 502	495 045,94	16 336 516,02
Gülağaç	10 454	57 183,38	1 887 051,54
Güzelyurt	8 868	48 507,96	1 600 762,68
Merkez	184 935	1 011 594,45	33 382 616,85
Ortaköy	21 774	119 103,78	3 930 424,74
Sarıyahşi	2 440	13 346,80	440 444,40
Sultanhanı	20 455	111 888,85	3 692 332,05
Toplam	345 809	1 891 575,23	62 421 982,59

Elde edilecek Biyogaz Miktarı (m³)



Şekil 2. Büyükbaş Hayvan Gübresinden Elde Edilecek Biyogaz (Biogas to be Obtained from Cattle Manure)



Şekil 3. Büyükbaş Hayvancılıktan Elde Edilecek Biyogaz Isıl Değerler (Biogas Heating Value to be Obtained from Cattle)

Tablo 4. Büyükbaş Hayvancılıktan Elde Edilecek Biyogaz Isıl Değerleri (Table 4. Heating Values of Biogas to be Obtained from Cattle)

İlçe Adı	Üretilen Biyogaz m ³ /yıl	Elektrik Enerjisi Üretimi (kWh)	Gazyağı Üretimi (L)	Motorin Üretimi (L)	Benzin Üretimi (L)	Doğalgaz Üretimi (m ³)	Odun Üretimi (kg)	Kömür Üretimi (kg)
Ağaçören	1 151 834,31	5 413 621,26	714 137,27	760 210,65	863 875,73	1 359 164,49	3 996 865,06	1 681 678,09
Eskil	16 336 516,02	76 781 625,29	10 128 639,93	10 782 100,57	12 252 387,02	19 277 088,90	56 687 710,59	23 851 313,39
Gülağaç	1 887 051,54	8 869 142,24	1 169 971,96	1 245 454,02	1 415 288,66	2 226 720,82	6 548 068,84	2 755 095,25
Güzelyurt	1 600 762,68	7 523 584,60	992 472,86	1 056 503,37	1 200 572,01	1 888 899,96	5 554 646,50	2 337 113,51
Merkez	33 382 616,85	156 898 299,20	20 697 222,45	22 032 527,12	25 036 962,64	39 391 487,88	115 837 680,47	48 738 620,60
Ortaköy	3 930 424,74	18 472 996,28	2 436 863,34	2 594 080,33	2 947 818,65	4 637 901,19	13 638 573,85	5 738 420,12
Sarıyahşi	440 444,40	2 070 088,68	273 075,53	290 693,30	330 333,30	519 724,39	1 528 342,07	643 048,82
Sultanhanı	3 692 332,05	17 353 960,64	2289 245,87	2 436 939,15	2 769 249,04	4 356 951,82	12 812 392,21	5 390 804,79
Toplam	62 421 982,59	293 383 318,19	38 701 629,21	41 198 508,51	46 816 486,96	73 657 939,45	216 604 279,59	91 136 094,57

Tablo 4 incelendiğinde büyükbaş hayvan atıklarından üretilecek biyogazın ısı değerleri, elektrik, gazyağı, motorin, benzin, doğalgaz, odun ve kömür açısından değerlendirilmiştir. Üretilecek biyogazın en fazla, elektrik enerjisi açısından ısı değerinin olduğu görülmektedir. En az ısı değer ise, gazyağındadır.

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Günümüzde bütün enerji kaynaklarının ticari bir boyutu bulunmaktadır. Enerji üretimi düşük ülkeler dışı bağımlı hale gelmektedir. Bu nedenle enerji kaynaklarının kullanımında karşılaşılabilecek sorunların tahmin edilmesi ve teknolojik gereksinimlerin planlanması bütün ülkelerin refah düzeyi için oldukça önemlidir. Mevcut enerji kaynakları tüketiminde ABD, AB ülkeleri, Çin ve Rusya gibi ülkeler ilk sıradadır (Akbulut, 2008; International Energy Agency [IEA], 2018). Dünya çapında en çok kullanılan enerji türü doğalgazdır. Özellikle ABD tarafından önemli miktarda doğalgaz tüketimi mevcuttur. En çok kullanılan enerji türünün ikinci sırasında ise yenilenebilir enerji kaynakları vardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının petrol ve kömür gibi yenilenemez enerji kaynakları tüketiminden fazla olması sürdürülebilir geleceği inşa etmek açısından oldukça önem taşımaktadır.

Günümüzde dünyada tüketilen enerjinin yalnızca %18,1'i yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilmektedir (Ergişi, 2019, 12). Kullanılan fosil yakıtlar başta olmak üzere pek çok sonu düşünülmemeyen tüketim alışkanlığı sonucu atmosferdeki CO₂ miktarının 2018 yılı itibarıyla 406 ppm seviyesinin üzerine çıktığı belirlenmiştir. Araştırmalara göre canlıların güvende olabileceği en yüksek sınırın 340 ppm (parts per million/milyonda bir) parçacık olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Demirsoy, 2019). Atmosferdeki CO₂ miktarının sanayi devriminden sonra önüne geçilemeyen artışı sonucu meydana gelen karbonik asit nedeniyle toprak florası bozulmaya ve denizler bir miktar asidik olmaya başlamıştır. Asit bir yandan iskelet yapısında bulunan karbon iyonlarını azaltırken, pH seviyesindeki virgülden sonraki küçük oynamalar (logaritmik olması nedeniyle) insan hayatında büyük değişikliklere neden olmaktadır. Ayrıca çeşitli canlıların yapısının bozulmasına, hastalıklara, elverişsiz tarıma ve daha birçok problemlere yol açmaktadır. Bu noktada her bir bireyin karbon ayak izini düşürmeye özen göstermesi gerekmektedir. İnsanın yaşam kalitesi için yenilenebilir enerji kullanımı bir tercihten ziyade zorunluluk haline gelmiştir (Demirsoy, 2019; Demir ve Elmalı, 2020). Özellikle ülkelerin nüfusundaki dalgalanma, enerji talebindeki artışa neden olmaktadır (Jiankun, 2021). Günümüzde küresel enerji talebi %80 oranında fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. 2035 yılına kadar fosil yakıt kullanımının devam edeceği, 2035 yılından sonra ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artacağı belirtilmektedir (IEA, 2018). Şimdilik enerji tüketimindeki artış, yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanabilecek durumda değildir (Jiankun, 2021). Ülkelerin gerekli önlemleri almaları, daha çevreci politikalar benimseyip ekonomiye destek olması gereklidir. Örneğin, Çin, 2060'dan önce karbonun nötr olmasını taahhüt ederek, içinde bulunulan yüzyıldaki küresel sıcaklık artışını, sanayi devrimi öncesi döneme kıyasla 2°C'nin olabildiğince altında tutmayı hedefleyen Paris Anlaşması kapsamındaki 2065-2070 Küresel Karbon Nötrlüğü Programı'nın hedefini geçmeyi planlamaktadır. Çin yeniliğe dayalı, eşgüdümlü, çevreci ve küresel ilerlemeye yönelik herkese fayda sağlayacak bir kalkınma projesi kapsamında; orman alanlarının artırılması, plastik kirliliğin azaltılması, ulaşımın yassı batarya teknolojili elektrikli araçlar veya paylaşımlı bisikletler ile sağlanması, enerji üretiminin yenilenebilir enerji kaynakları ile gerçekleşmesini sağlayarak düşük karbonlu kalkınma trendinde liderlik rolü üstlenmektedir. Çin'in kararlılığı ve eylemleri dünyanın karbon nötr olma tarihini 5-10 yıl öne çekmektedir (Jiankun, 2021). Yapılan çalışmalar incelendiğinde dünya enerji talebinin karşılanmasında, ülkelerin alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaptığı görülmektedir (Ergişi, 2019:12). Yenilenebilir enerji üretimi ciddi oranda yükseliş göstermekle birlikte bu artış dünya çapındaki enerji ihtiyacını karşılayacak seviyede değildir (IEA, 2021). Dolayısıyla iklim değişikliği ile mücadele ederken, yenilenebilir enerji alanında yapılan çalışmaları geliştirmek oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Aksaray ili, büyükbaş hayvan atık kaynaklı biyogaz üretme potansiyeli belirlenerek, üretilecek biyogaz miktarının ısı değerleri ortaya çıkarılmıştır. Ülkemizde yetiştirilen büyükbaş hayvanların yaklaşık %2'si Aksaray'da yetiştirilmektedir. Aksaray halkının %70'i ise geçimini tarım ve hayvancılıkla gerçekleştirmektedir. Bu oranlar dikkate alındığında, Aksaray İl'indeki büyükbaş hayvan gübresi ile elde edilecek biyogaz miktarı 62 421 983 m³/yıl'dır. Büyükbaş hayvan gübresinden elde edilecek biyogazın ısı değerleri ise; 293 383 318 kWh elektrik enerjisi, 38 701 629 L gazyağı, 41 198 509 L motorin, 46 816 487 L benzin, 73 657 940 m³ doğalgaz, 216 604 280 kg odun ve 91 136 095 kg kömürdür.

Çalışma, bazı sınırlılıklar altında gerçekleştirilmiştir. İlki, çalışmanın Aksaray ili ve ilçelerini içermesidir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalar, farklı iller temelinde konuyu araştırabilir. Araştırmada, biyogaz potansiyeli incelenmiş olup, bu potansiyel büyük baş hayvansal atıklarla sınırlandırılmıştır. Gelecek çalışmalar, farklı boyutlardan (üretim sırasında karşılaşılan teknik sorunlar, personel istihdamı, makine aksanları) biyogaz kavramını inceleyebilir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Akbulut, G. 2008. Küresel Değişimler Bağlamında Dünya Enerji Kaynakları, Sorunlar ve Türkiye. C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi, 32(1), 117-137. <http://eskidergi.cumhuriyet.edu.tr/makale/1688.pdf> Erişim tarihi; 22.09.2020
- Aksaray Belediyesi, Coğrafi Özellikleri. 14.07.2021 tarihinde <http://aksaray.bel.tr/cografi-ozellikleri-121> sayfasından erişilmiştir.
- Aksaray İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. 04.02.2021 tarihinde <https://aksaray.ktb.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Aksu, Y. 2019. Amasya İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat. Yüksek Lisans Tezi.
- Appels, L., Lauwers, J., Degreve, J., Helsen, L., Lievens, B., Willems, K., Impe, JW., Dewil, R. 2011. Anaerobic Digestion in Global Bioenergy Production: Potential and Research Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4295-4301. 01.05.2020 tarihinde www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111003686?casa_token=1zSs9BRPjwkAAAAA:ow0Sopr6QV68usp0xb12D7zlfC_dig1Go8v1alTDyonG00CY2XdhZPKS42r9fHLnRYCljukopA sayfasından erişilmiştir.
- Ay, Ö.F. 2020. Kahramanmaraş İlinin Teorik Biyogaz Potansiyelinin Farklı Modellerle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- BiyogazDer. Dünyada Biyogaz. 16.10.2021 tarihinde <https://biyogazder.org/biyogaz-enerjisi> adresinden erişilmiştir.
- Demir, İ., Elmalı, M., (2020). Organik Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(4), 1303-1311.
- Demirsoy, A. 2019. 2035 Sonun Başlangıcı, Asikitap, Ankara.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12.08.2021 tarihinde <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tabloları/Denge-Tabloları> sayfasından erişilmiştir.
- Environmental Impact Assessment, What is Energy?. 08.04.2021 tarihinde www.eia.gov/energyexplained/what-is-energy sayfasından erişilmiştir.
- Ergişi, B. 2019. Türkiye'de Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Hesaplanması ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Tesis Yerinin Belirlenmesi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale.
- Euverink, G. ve Achinas, S. 2019. Rambling Facets of Manure Based Biogas Production in Europe: A Briefing. Engineering and Technology Institute Groningen, Faculty of Science and Engineering, University of Groningen, Netherlands.
- Gümüşçü, M. ve Uyanık, S. 2010. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklardan Biyogaz ve Biyogübre Elde Edilmesi, Makine Mühendisleri Odası, 9(27), 59-65.
- Gürdalı F. 2009. Avrupa Birliği Dış Politikasında Enerji Faktörü. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Gürel, B. 2020. Türkiye'deki Güncel Biyokütle Potansiyelinin Belirlenmesi ve Yakılmasıyla Enerji Üretimi İyi Bir Alternatif Olan Biyokütle Atıklar İçin Sektörel Açından ve Toplam Yanma Enerji Değerlerinin Hesaplanması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(2), 407-416.
- International Energy Agency (IEA), Global Energy Review 2021. 03.10.2021 tarihinde <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/renewables> adresinden erişilmiştir.
- International Energy Agency (IEA), World energy outlook 2018. 19.03.2020 tarihinde <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018> adresinden erişilmiştir.
- İşgör, Y.G. Genel Üniversite Kimyası: Termodinamik Temel Konular. 10.06.2021 tarihinde https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/103287/mod_resource/content/1/Temel%20termodinamik%20ve%20termokimya-biyoenerjige%20giris.pdf adresinden erişilmiştir.
- Jiankun, H. 2021. Düşük Karbon Dönüşümüne Giden Yol, China Today, 51(1), 16-19.
- Kadam, A. A. 2021. Generation of Biogas and Its Utilization as a Source of Energy, International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science, 03(01).
- Kaplan, G., Çoban, V. ve Çağman, S. 2019. Hayvansal Kaynaklı Biyogaz Üretim Tesislerinde Üretilen Gübrenin Değerlendirilme Metotları ve Fizibiliteye Olan Etkisinin İrdelenmesi. Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Kaya, D. ve Öztürk H. 2012. Biyogaz Teknolojisi, Umuttepe Yayınları, Kocaeli.
- Korberg, A.D., Skov, I.R. ve Mathiesen, B.V. The Role of Biogas and Biogas-Derived Fuels in a 100% Renewable Energy System in Denmark. *Energy*, 12.01.2021 tarihinde https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220305338?casa_token=UeoL9MpJZ90AAAAA:MonLnqszL39IZnCcRkv1YP6ajHKJ6qPXPdizUy8qbg68COqvIEw2KqeHry0fg_BFo-tgiBYY adresinden erişilmiştir.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), Enerji ve Enerji Kaynakları. 16.06.2021 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=enerjikaynaklari> adresinden erişilmiştir.
- Milliyet, 2021. Türkiye Büyükbaş Hayvancılık Haritası: Büyükbaş Hayvancılık Nedir? En Çok Hangi Bölgede Yapılır? 05.05.2022 tarihinde <https://www.milliyet.com.tr/egitim/haritalar/turkiye-buyukbas-hayvancilik-haritasi-buyukbas-hayvanciligi-nedir-en-cok-hangi-bolgede-yapilir> adresinden erişilmiştir.
- Namlı, A., Akça, M.O., Çelik, Y. 2020. Biyogaz Santrallerinde Çıkan Sıvı Fermente Ürünlerin Tarımsal Kullanım Potansiyelinin Araştırılması Sonuç Raporu, Ankara, Ostim Enerjik.
- Ordu Ticaret Borsası, 2020. Hayvancılık Raporu, 05.05.2022 tarihinde <https://www.ordutb.org.tr/wp-content/uploads/2020/10/Hayvancilik-Raporu.pdf> adresinden erişilmiştir.

- Öçal, F. 2013. Biyogaz Enerjisi Üretimi ve Eskişehir İli için Uygulama, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Öztürk, B. 2019. Aydın İli Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Öztürk, F., Kuşakçı, A. O., Ayvaz, B., Karakoç Sırakaya, M., 2020. Biyoyakıt Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Çalışmaları İçin Öz Düzenleyici Haritalar, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(2), 345-356.
- Sandor, D., Keyser, D., Mann, M., Engel-Cox, J., Reese, S., Horowitz, K., Lantz, E., Weers, J., Roberts, B., Bunchanan, S., Arent, D., Walker B., Dixon, R. 2020. Clean Energy Manufacturing: Renewable Energy Technology Benchmarks. Accelerating the Transition to a %100 Renewable Energy Era, 74(1), 195-206.
- Saz, S. 2021. Muğla İlinin Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- Sethi, R. 2018. Biogas Production from Organic Waste, Meat and Fog by Anaerobic Digestion and Ultimate Sludge Digestibility, Atlantic University The Collage of Engineering and Computer Science, Master Thesis, Florida.
- Sorgulu, K. 2020. Anaerobik Sistemlerde Biyogaz İçeriğinin Enerji Üretim Sistemlerine Etkisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- The Chronicle, Turning an Environmental Problem into a Solution. 03.10.2021 tarihinde <https://www.chronicle.co.zw/turning-an-environmental-problem-into-a-solution> adresinden erişilmiştir.
- Tırınk, S. 2022. Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Hesaplanması: Iğdır İli Örneği. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1), 152-163.
- Topaloğlu, B. ve İmren, V. 2005. Samsun İlinde Biyogaz Enerjisi Potansiyeli ve Uygulanabilirliği, Samsun Sempozyumu, 30 Eylül 2005 - Samsun.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Hayvansal Üretim İstatistikleri. 23.06.2021 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Animal-Production-Statistics-December-2020-37207> sayfasından erişilmiştir.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Hayvan Sayısı Raporu. 29.05.2021 tarihinde <https://www.tarimorman.gov.tr> adresinden erişilmiştir.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022. 05.05.2022 tarihinde <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/HAYGEM.pdf> adresinden erişilmiştir.
- Veri Bankası, 2021. İllere Göre Türkiye'de Hayvancılık: Canlı Hayvan Sayıları. 05.05.2022 tarihinde <https://www.drdatastats.com/illere-gore-turkiyede-hayvancilik-canli-hayvan-sayilari/> adresinden erişilmiştir.
- Yağlı, H. ve Koç, Y. 2019. Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Adana İli Örnek Hesaplama. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(3), 35-48.
- Yılmaz, M. 2012. Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilim Dergisi, 4(2), 33-54.
- Yılmaz, A. 2019. Türkiye'de Biyogaz Üretimi ve Kurulu Santrallerin Ürettiği Elektrik Enerjisi, Ecological Life Sciences, 14(1), 1-28.
- Yılmaz, A., Ünvar, S., Koca, T. ve Koçer, A. 2018. Türkiye'de Biyogaz Üretimi ve Biyogaz Üretimi İstatistik Bilgileri. Enerji ve Çevre Dünyası Dergisi, 143(1), 28-44.
- World Wildlife Fund (WWF), Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği. 20.06.2021 tarihinde https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/yenilenebilirnerji_ve_enerjiverimliliği adresinden erişilmiştir.