



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TARIMDA ENERJİ SİSTEMLERİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

KÜTAHYA İLİ HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI
BİYOĞAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜMEYRA TEMEL DÜVER

Danışman: Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ

TOKAT- 2023

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Kütahya İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

06/12/2023

Hümeysra TEMEL DÜVER

JÜRİ KABUL VE ONAY

Hümevra TEMEL DÜVER tarafından hazırlanan “**Kütahya İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 06.12.2023 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ

Üye : Prof. Dr. Osman GÖKDOĞAN

Üye : Doç. Dr. Hakan POLATÇI

ONAY

...../...../.....

Doç. Dr. Yusuf TEMÜR

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

İTHAF

İlimiz Kütahya özelinde gerçekleştirmiş olduğum bu akademik çalışmayı, kıymetli eşim Mustafa Sadık DÜVER başta olmak üzere, sevgisiyle beni büyütüp yetiştiren ve bu günlere gelmem için büyük emek veren anneme, babama ve dünya üzerindeki tüm canlılara ithaf ediyorum.

Hümeysra TEMEL DÜVER



TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum çalışma süresince bilgisi ve tecrübeleriyle beni aydınlatan, yardımını ve desteğini esirgemeyen, çalışmayı başarılı şekilde yürütmem için uygun koşulları her daim sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Başından itibaren titizlikle yürüttüğüm araştırmalarda ve çalışmayı yazmamda manevi olarak büyük katkısı olan kıymetli eşim Mustafa Sadık DÜVER’e ve sevgili aileme, tezim için gerekli veri setlerini tarafıma ivedilikle sağlayan İl Tarım ve Orman Müdürü Orhan ÖZÇALIK’a ve ilimiz Tavşanlı ilçesindeki arkadaşım, WM Enerji Sorumlu Müdürü Yiğit KILERCİLER’e teşekkürü bir borç bilirim.

Hümeyra TEMEL DÜVER

2023

ÖZET

KÜTAHYA İLİ HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI BİYOGAZ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Temel Düver, Hümevra

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ

Aralık 2023, x + 55 sayfa

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle enerjisi; hayvansal atıklar, bitkisel atıklar, endüstriyel atıklar, evsel atıklar, orman atıkları gibi çeşitli organik atıklardan elde edilen doğal bir enerji kaynağıdır. Bu sürdürülebilir enerji kapsamında önemli bir yeri olan "biyogaz" ağırlıklı olarak metan (CH_4) içeren bir gaz karışımıdır. Kütahya, Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde yer alan yaklaşık 576 688 nüfuslu bir ildir. Kütahya ilinde 2022 yılında toplam 195 195 büyükbaş, 474 263 küçükbaş ve 1 733 956 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. Bu hayvanlardan elde edilen 2 419 698 ton yaş atık, öncelikle şehir içerisinde çevresel sorunlar yaratmaktadır. Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri dikkate alınıp problemlerin çözülmesi, çevre ve insan sağlığına zarar vermeden enerji üretilmesi ve tüketilmesi biyogaz enerjisinin değerlendirilmesi ile mümkündür. Kütahya ilinde geriye dönük on yıllık bir çalışma yapılmış ve 2022 yılı için hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık 36.6 milyon m^3 olarak hesaplanmıştır. Tavşanlı ilçesi başta olmak üzere Merkez ve Simav ilçelerinde üretilebilecek biyogaz miktarları sırasıyla 8.5 milyon m^3 , 7.3 milyon m^3 ve 6.4 milyon m^3 olarak bulunmuştur. Kütahya ilinde 2022 yılında hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogazdan üretilebilecek elektrik enerjisi miktarı ise 92 354 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kütahya, Hayvansal Atık, Biyogaz, Biyogaz Potansiyeli

ABSTRACT

DETERMINATION OF BIOGAS POTENTIAL FROM ANIMAL WASTE IN KÜTAHYA PROVINCE

Temel Düver, Hümeýra

Master's Thesis, Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ

December 2023, x + 55 pages

Biomass energy from renewable energy sources; it is a natural energy source obtained from various organic wastes such as animal wastes, plant wastes, industrial wastes, domestic wastes and forest wastes. "Biogas", which has an important place within the scope of this sustainable energy, is a gas mixture containing mainly methane (CH_4). Kütahya, is a province with a population of approximately 576 688 inhabitants located in the Aegean Region of Türkiye. In 2022, there are a total of 195 195 cattle, 474 263 sheep and 1 733 956 poultry in Kütahya. The 2 419 698 tons of wet waste obtained from these animals creates environmental problems, primarily within the city. Taking into account the United Nations 2030 Sustainable Development Goals, solving problems, producing and consuming energy without harming the environment and human health is possible with the evaluation of biogas energy. A retrospective ten-year study was conducted in Kütahya province and the amount of biogas to be attained from the animal wastes for 2022 was calculated as nearly 36.6 million m^3 . The amounts of biogas that can be produced in Tavşanlı, Central and Simav districts are found to be 8.5 million m^3 , 7.3 million m^3 and 6.4 million m^3 , respectively. The amount of electrical energy that can be produced from biogas that can be obtained from animal wastes in Kütahya province in 2022 is calculated as 92 354 MWh/year.

Keywords: Kütahya, Animal Waste, Biogas, Biogas Potential

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İTHAF	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	14
3.1. Materyal	14
3.2. Yöntem.....	19
3.2.1 Hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarının belirlenmesi	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1. Kütahya İli Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli ve Enerji Değerleri.....	22
4.1.1. Merkez ilçe.....	22
4.1.2. Altıntaş ilçesi.....	23
4.1.3. Aslanapa ilçesi	24
4.1.4. Çavdarhisar ilçesi	25
4.1.5. Domaniç ilçesi.....	26
4.1.6. Dumlupınar ilçesi.....	27
4.1.7. Emet ilçesi.....	28
4.1.8. Gediz ilçesi.....	29
4.1.9. Hisarcık ilçesi.....	30
4.1.10. Pazarlar ilçesi	31
4.1.11. Simav ilçesi	32
4.1.12. Şaphane ilçesi.....	33
4.1.13. Tavşanlı ilçesi.....	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	45
6. KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	55

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Biyogazın ortalama bileşimi	6
Çizelge 2.2. Biyogazın doğalgaz ile karşılaştırılması.	6
Çizelge 3.1. Kütahya ili tarımsal ürünler ve ülke ekonomisine katkısı.....	16
Çizelge 3.2. Kütahya ili arazi kullanımı	16
Çizelge 3.3. Kütahya ili ilçeler bazında 2022 yılı hayvan sayıları	17
Çizelge 3.4. Bazı hayvanların günlük gübre üretim miktarları.....	20
Çizelge 3.5. Hayvan türlerine göre atık miktarları.....	20
Çizelge 4.1. Merkez ilçe biyogaz potansiyeli.....	22
Çizelge 4.2. Altıntaş ilçesi biyogaz potansiyeli	23
Çizelge 4.3. Aslanapa ilçesi biyogaz potansiyeli.....	24
Çizelge 4.4. Çavdarhisar ilçesi biyogaz potansiyeli.....	25
Çizelge 4.5. Domaniç ilçesi biyogaz potansiyeli	26
Çizelge 4.6. Dumlupınar ilçesi biyogaz potansiyeli	27
Çizelge 4.7. Emet ilçesi biyogaz potansiyeli	28
Çizelge 4.8. Gediz ilçesi biyogaz potansiyeli	29
Çizelge 4.9. Hisarcık ilçesi biyogaz potansiyeli	30
Çizelge 4.10. Pazarlar ilçesi biyogaz potansiyeli	31
Çizelge 4.11. Simav ilçesi biyogaz potansiyeli.....	32
Çizelge 4.12. Şaphane ilçesi biyogaz potansiyeli	33
Çizelge 4.13. Tavşanlı ilçesi biyogaz potansiyeli.....	34
Çizelge 4.14. Kütahya ili ilçeler bazında 2022 yılı hayvan sayıları	35
Çizelge 4.15. Kütahya ili 2022 yılı hayvansal yaş ve katı atık miktarları	39
Çizelge 4.16. Kütahya ilçelerinde 2022 yılı hayvansal yaş atık miktarları	39
Çizelge 4.17. Kütahya ili ve ilçeleri kapsamında mesafeye dayalı uzaklık seviyeleri....	43
Çizelge 4.18. Kütahya ili ve ilçeleri kapsamında hesaplanan tesis mesafeleri.....	43

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Türkiye’de 2022 yılı kurulu güç dağılımı.....	2
Şekil 3.1 Kütahya ili ilçeleri.....	14
Şekil 3.2. İlçelere göre 2022 yılı büyükbaş hayvan dağılımı.....	17
Şekil 3.3. İlçelere göre 2022 yılı küçükbaş hayvan dağılımı.....	18
Şekil 3.4. İlçelere göre 2022 yılı kanatlı hayvan dağılımı.....	18
Şekil 4.1. İlçelere göre 2022 yılı büyükbaş hayvan sayılarının dağılımı.....	36
Şekil 4.2. 2022 yılı büyükbaş hayvan varlığı haritası.....	36
Şekil 4.3. İlçelere göre 2022 yılı küçükbaş hayvan sayılarının dağılımı.....	37
Şekil 4.4. 2022 yılı küçükbaş hayvan veri haritası.....	37
Şekil 4.5. İlçelere göre 2022 yılı kanatlı hayvan sayılarının dağılımı.....	38
Şekil 4.6. 2022 yılı kanatlı hayvan veri haritası.....	38
Şekil 4.7. 2022 yılı yaş atık veri haritası.....	40
Şekil 4.8. 2022 yılı kuru atık veri haritası.....	41
Şekil 4.9. 2022 yılı biyogaz veri haritası.....	41
Şekil 4.10. 2022 yılı biyogazın elektriksel eş değeri veri haritası.....	42
Şekil 5.1. Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDGs).....	47

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

KISALTMALAR

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemleri

LPG: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

SG: Sera Gazları

SKA: Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu

TEP: Ton Eş Değer Petrol

MTEP: Milyon Ton Eş Değer Petrol

USD: Amerikan Doları

SİMGELER

CO₂: Karbondioksit

CH₄: Metan

ha: Hektar

H₂S: Hidrojen Sülfür

H₂: Hidrojen

N₂: Azot

O₂: Oksijen

MJ: Megajoule

GJ: Gigajoule

KW: Kilowatt

MWh: Megawattsaat

GWh: Gigawatt saat

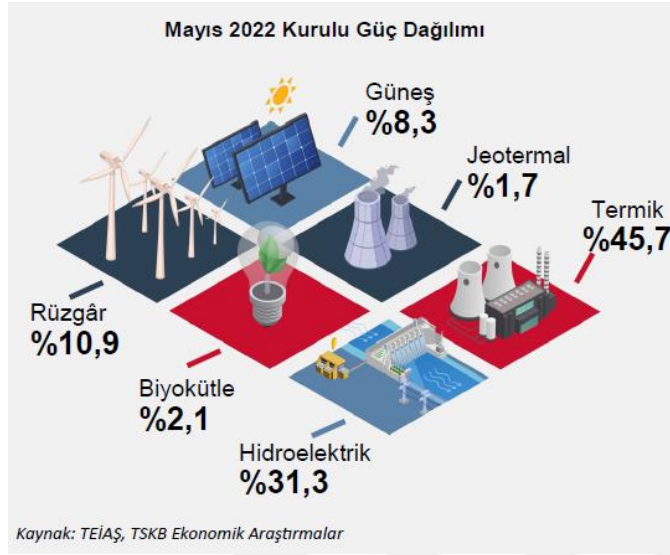
1. GİRİŞ

Gelişen dünyada hızla artan insan nüfusu ve sanayileşmenin getirdiği en büyük sorunlardan birisi de enerji arzındaki dalgalanmalardır. Enerji elde etmek amacıyla kullanılan kaynaklar kömür, petrol, doğal gaz gibi tükenebilir, çevreyi ve havayı kirleten fosil kaynaklardır. Ülkemizin, bu kaynakların birçoğunu yurt dışından ithal etmesi nedeniyle, enerjide dışa bağımlılığı artmaktadır. Birincil enerji kaynaklarının büyük oranda gelecek yüzyıl içerisinde tükenecek olması kaygısı ile beraber, enerji kaynaklarına sahip olma mücadelesi ülkeleri yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarını araştırma, geliştirme ve daha çok bu kaynakları kullanmaya mecbur bırakmaktadır (Aşçı, 2018).

Yaşamın devamı için sadece kaynakların sürdürülebilir olması yeterli değildir. Ekolojik denge açısından da kaynakların yenilenebilir olması gerekmektedir. Bir şeyin sürekliliği sürdürülebilir olduğunu göstermekte, bu ise bütün açısından ancak yenilenebilir olursa mümkün olmaktadır. Bu nedenle enerji sistemlerinin sürdürülebilir, enerji kaynaklarının ise yenilenebilir olması gerekmektedir (Onurbaş Avcıoğlu vd., 2011).

Sera gazlarının (SG), dünya yüzeyinden yansıyan ısıyı çevreleyerek en yüksek karbondioksit (CO_2) (% 60) katkısıyla ve daha az olan metan (CH_4) (%15) gazının etkisiyle küresel ısınmada belirleyici bir faktör olarak hareket ettiği bilinmektedir. Öte yandan, fosil yakıt kaynaklarının aşırı tüketimi nedeniyle başta petrol olmak üzere fosil enerji kaynaklarının fiyatlarındaki dalgalanmalar, yenilenebilir ve uygun maliyetli yeşil enerji alternatiflerini bulmaya yönelik artan eğilimlere yol açmıştır (Abdeshahian et al., 2016a). Fosil kökenli enerji kaynaklarının hızla tükeniyor olması, doğal yaşama ve çevreye onarılmaz zararlar vermesi, gelecek nesillerin yaşamlarını tehdit etmesi, rezervlerinin sınırlı olması ve dengesiz bir coğrafi dağılım göstermeleri gibi sebeplerle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi giderek artmaktadır. Bu amaçla, fosil kökenli enerji kaynakları yerine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yönündeki çalışmalar büyük önem kazanmıştır (Avan, 2014).

Şekil 1.1.'de Türkiye'de 2022 yılı Mayıs ayı itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarına göre kurulu güç dağılımı yer almaktadır (Anonim, 2022a).



Şekil 1.1. Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları kurulu güç dağılımı (Anonim, 2022)

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerjide ülkelerin dışa bağımlılığını azaltmakta, aynı zamanda enerji fiyatlarında istikrarsızlığı önlemektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en uygun olanları güneş ve rüzgâr enerjisidir. Ancak bu enerji kaynaklarının gece-gündüz periyotları, mevsimsel hava şartları ve meteorolojik değişkenlere bağlı olarak verimlerinin değişmesine karşılık, biyokütleden elde edilen enerjilerin bu kapsamda biyogazın da belirtilen değişkenlerden bağımsız olması, organik atıklardan elde edilebilmesi ve çevre kirliliğini azaltma yönünde önemli katkısının olması ona artı özellikler kazandırmaktadır (Bal, 2021).

Biyokütle enerjisi; hayvansal ve bitkisel atıklar gibi tarımsal atıklardan, ormanların atıklarından, sanayi atıklarından, şehir atıklarından vb. çok geniş bir alandaki organik atıklardan elde edilen yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Biyokütle enerjisi, sadece sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmakla kalmamakta, aynı zamanda enerji arz güvenliği sağlamak ve sera gazı emisyonlarının azalmasına da katkıda bulunmaktadır. Belirtilen avantajlarının yanında, her zaman temin edilebilir olması ve bilinen dönüşüm teknolojileri nedeniyle biyokütle, enerji talebini karşılamak ve enerji arz güvenliğini sağlamak için gelecekte de önemli enerji kaynaklarından biri olmaya adaydır (Ekpeni ve ark., 2014).

Biyokütle enerjisi kapsamında yer alan biyogaz, organik kökenli atıkların oksijensiz ortamda fermentasyonu sonucu oluşan renksiz, kokusuz, parlak mavi bir alevle yanan bir gazdır. Biyogaz havadan daha hafif, havaya göre yoğunluğu $0,94 \text{ kg/m}^3$, yanma sıcaklığı $700 \text{ }^\circ\text{C}$, alev sıcaklığı $870 \text{ }^\circ\text{C}$ ve ısı değeri $5,96 \text{ kWh/m}^3$ olan bir gaz karışımıdır (Bayrakçeken, 1997).

Türkiye’de tarımın önemli geçim kaynakları arasında yer alması, biyogaz üretiminde değerlendirilebilecek bitkisel ve hayvansal hammaddelerin de doğrudan üretildiği anlamına gelmektedir. Ayrıca, endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan organik atıklar da bunların artışı sağlamaktadır (Sabuncu, 2010). Kyoto protokolünün Türkiye tarafından da imzalanması ve Avrupa Birliği (AB) kriterlerinin devreye girmesiyle birlikte, üreticiler atıklarını depolamada ve değerlendirmede zorluklarla karşılaşmakta, sonuçta bertaraf edemedikleri atıklarını çevreye atmakta veya denetimlerde cezalarla karşı karşıya kalmaktadırlar (Ulusoy ve ark., 2009).

Sonuç olarak, enerji tüketen bir yaşam tarzı, yenilenebilir ve aynı zamanda çevre dostu olan yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanılması ihtiyacını doğurmaktadır. Yenilenebilir enerji sağlamak için çok iyi bir potansiyele sahip olan hayvansal, kentsel, endüstriyel ve tarımsal kaynaklardan yılda milyonlarca ton çeşitli biyokütle üretilmektedir. Ancak bunların gelişigüzel ayrıştırılması toprak, su ve havanın büyük ölçekte kirlenmesine yol açmaktadır (Al Mamun and Torii, 2015).

Ülkeler, enerji açığını karşılamak ve enerjide dışa bağımlılıklarını azaltmak için diğer yenilenebilir enerji kaynakları yanında biyokütle enerji kaynaklarına da yönelmişlerdir. Biyokütle enerjisi, ekonomik ve çevresel olarak pozitif yönleriyle dikkate alındığında, dünyada enerji kaynakları arasında dördüncü sırada yer almakta olup, biyokütle enerjisi ne olan talep her geçen gün artmaktadır. Gelişmiş ülkelerin büyük çoğunluğu biyokütle enerjisini geleceğin en önemli enerji kaynakları arasında görmektedirler. Çin, Hindistan ve Nepal gibi ülkelerde biyokütle kaynaklarından elde edilen biyogaza oldukça önem verilmektedir. Avrupa ülkelerinde ise biyogaz, daha çok 1970’li yıllardan sonra yaygınlaşmaya başlamıştır (Özçelik, 2020).

Türkiye’de biyokütle enerjisi kapsamında değerlendirilebilecek önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Türkiye, Kyoto Protokolünü imzalaması ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelimini de artırmıştır (Çoban, 2015).

Bu tez çalışmasında, Kütahya ili Merkez ve ilçelerinde çiftlik hayvanlarının (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı) gübre atıklarından elde edilebilecek biyogaz üretim potansiyeli ve enerji değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma ile Kütahya ilinde kurulacak biyogaz üretim tesislerinin projelenmesinde kapasite ve yer belirlemeleri için veri tabanı oluşturulacak, ayrıca toplumu bilgilendirmek ve daha sonra yapılacak araştırmalar için de bu çalışma bir kaynak teşkil edecektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Dünyada nüfusun hızlı bir şekilde artmaya devam etmesi, sanayileşmenin yeni boyutlar kazanması ve insanların yaşam kalitelerini artırmak isteği, enerjiye olan ihtiyacı hızlı bir şekilde artırmaktadır. Bu nedenle, fosil kökenli enerji kaynaklarına alternatif olabilecek enerji kaynaklarının temini ve teknolojilerinin geliştirilmesi amacına yönelik çalışmalar, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yoğunluk kazanmıştır. Dünyada nükleer enerjinin yanında yeni ve temiz enerji kaynakları olarak adlandırılan jeotermal, güneş, rüzgâr ve biyogaz enerjileri son yıllarda üzerinde en çok durulan ve araştırma yapılan konuları alanları oluşturmaktadır (Sözer ve Yıldız, 2006).

Biyokütle enerjisi, dünyada dördüncü en büyük enerji kaynağını oluşturması yönüyle önemli bir enerji kaynağı konumundadır. Birçok gelişmiş ülke biyokütle enerjisini geleceğin temel enerji kaynağı olarak görmektedir (Kılıç, 2011). Aynı durum Türkiye için de geçerlidir. Ülkemizde tarımsal üretim önemli bir yer tutmaktadır. Bu durum, diğer biyokütle kaynakları yanında, tarımsal kökenli biyokütle hammaddelerinin de doğrudan üretildiği anlamına gelmektedir.

Biyogaz; organik atıkların anaerobik (oksijensiz) fermentasyonu ile meydana gelen bir gaz karışımıdır. Biyogazın içeriğinde ağırlıklı olarak metan (CH_4) yer alır. Ayrıca, karbondioksit (CO_2), hidrojen sülfür (H_2S), azot (N_2), hidrojen (H_2), karbon monoksit (CO) ve amonyak (NH_3) gibi gazlar bulunmaktadır. 1 m^3 biyogaz; 1.46 kg odun kömürü, 3.47 kg odun, 0.66 litre motorin, 0.75 litre benzin, 0.00052 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) ve 4.7 kWh elektrik enerjisine eşdeğerdir (Yıldız, 2004; Yapraklı ve Bayramoğlu, 2013; Doruk ve Bozdeveci, 2017). Organik kökenli atıkların anaerobik fermentasyonu ile biyogaza dönüştürülmesi, enerji üretimi yanında sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamak ve sera gazı yayılımlarını da azaltmaktadır (Türkmenler ve ark., 2014; Baran ve ark., 2017; Demir Yetiş ve ark., 2019).

Biyogazın bileşiminde bulunan gazlar ve oranları Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2. 1. Biyogazın ortalama bileşimi (Kaltschmitt and Hartmann, 2001)

BİLEŞEN	KONSANTRASYON
Metan (CH ₄)	%50-75*
Karbondioksit (CO ₂)	%25-45*
Su (H ₂ O)	%2-7* (20-40 ⁰ C)
Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	20-20000 ppm
Azot (N ₂)	<%2*
Oksijen (O ₂)	<%2*
Hidrojen (H ₂)	<%1*

* Hacim

Çizelge 2.2.'de ise biyogazın bazı özellikleri itibarıyla doğalgaz ile karşılaştırılması görülmektedir.

Çizelge 2.2. Biyogazın doğalgaz ile karşılaştırılması (Aktaş, 2008)

Özellikler	Doğalgaz	Biyogaz
Bileşim (hacim %'si)	95-98	55-65
Mol ağırlığı (kg/mol.kg)	16.04	28.18
Yoğunluk (kg/m ³)	0.82	1.21
Isıl değer (MJ/m ³)	36.14	21.48
Maksimum tutuşma hızı (m/s)	0.39	0.25

Fosil yakıtların yerine biyogaz kullanılması halinde sera gazı emisyonlarında %75-90 azalma mümkün olmaktadır. Organik atıklar biyogaz üretiminde değerlendirildiği için toprak, hava ve suda kirliliği önlenerek doğal denge için sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Yenilmez, 2015). Biyogaz üretimi ve teknolojisi aynı zamanda istihdam da sağlamaktadır. Biyogaz ısıtma, elektrik üretimi ve taşıt yakıtı olarak kullanılabilir. Biyogazın metan oranı saflaştırma ile %95 oranına yükseltirirse, doğal gazın yerine de kullanılabilir. Biyogazın metan oranı saflaştırma ile %95 oranına yükseltirirse, doğal gazın yerine de kullanılabilir.

Biyogaz tesislerinde fermentasyon sonrasında, ortaya çıkan atıklar, organik gübre (biyogübre) olarak kullanılabilir. Fermente gübre, azot ve potasyum gibi bitki besin elementleri bakımından zengin bir içeriğe sahiptir. Kompost gübreye göre azot bakımından yaklaşık üç kat daha zengin olduğu belirtilmektedir. Çin'de yapılan bir araştırmalarda, toprakta bulunan bitki besin maddeleri miktarının %6-10 kadar arttığı, uzun sürede toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin önemli oranda iyileştiği görülmüştür (Onurbaş Avcıoğlu vd., 2011).

Türkiye’de ve birçok ülkede, biyogaz tesislerinin kurulumunda, devletlerin destekleme programlarını başlatması, ilk yatırımda maliyet yükünü azaltarak, biyogaz yatırımlarını artırmış ve büyük şirketlerin kırsal kesime yatırımlar yapmasını temin etmiştir (Onurbaş Avcıoğlu vd., 2011).

Biyogaz teknolojisi, ham gübrenin depolanma ve kullanımında oluşan kötü kokunun önlenmesi bakımından da çevresel açıdan önem taşımaktadır. Kokunun kaynağı genellikle azotlu ve sülfürlü bileşenlerdir ve atıklara göre değişkenlik gösterir. Biyogaz sistemleri sayesinde, ham gübrenin çevreye gelişigüzel bırakılması, açık depolama alanlarında aylarca bekletilmesi, çeşitli sinek ve haşerat oluşumuna neden olması, toprakları ve yer altı sularını kirletmesi, insan ve çevre sağlığını tehdit etmesi gibi zararlı etmenler ortadan kalkmaktadır.

Biyogaz tesislerinin kurulması öncesinde, gerek tesis kapasitesini, gerekse işlenecek olan organik hammaddenin ekonomik taşıma mesafesini ve buna bağlı olarak tesis kurulacak lokasyonların tespitinde öncelikle atıkların biyogaz potansiyellerinin belirlenmesi ilk adımı oluşturmaktadır. Çalışmada, hayvansal atıkların (gübrelerin) biyogaz potansiyelini Kütahya ili için belirlemek amaçlanmıştır. Bu nedenle, kaynak taraması daha çok hayvansal atıkların biyogaz potansiyelini belirlemek üzerine yapılmış yerli ve yabancı kaynaklar incelenmiş ve bu alanda ilçe, il, bölge ve ülke bazında çok sayıda araştırma yapıldığı görülmüştür.

Hesar ve ark. (2021), Türkiye’de hayvansal atık kaynaklı biyogaz üretim potansiyelini belirlemişler ve bu enerji potansiyelinin değerlendirilmesi için bir çözüm sunmaya çalışmışlardır. Çalışmada, hayvansal atıklardan elde edilebilecek teorik biyogaz potansiyeli 2018 yılı için 4 807 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Biyogaz potansiyelini doğu bölgesi için 296.7 milyon m³/yıl ve batı bölgesi için 1 765.08 milyon m³/yıl olarak belirlemişlerdir. Kanatlı hayvan dışkısından elde edilebilecek teorik biyogaz potansiyeli 560.8 milyon m³/yıl olarak hesaplanmış, kanatlı hayvan sayısının batı bölgelerinde daha fazla olması nedeniyle, biyogaz potansiyelinin de daha fazla olduğu vurgulanmıştır.

Abdeshahian ve ark. (2016b), Malezya’da çiftlik hayvanlarının atıklarından biyogaz üretim potansiyelini belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Hayvansal atıklardan yılda 4 589 milyon m³ biyogaz elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Biyogazın elektrik enerjisi üretiminde verimli bir şekilde kullanılabileceğini, az maliyetli ve sürdürülebilir enerji kaynağı olduğunu vurgulamışlardır. 2012 yılında Malezya'daki hayvansal atıklardan elektrik üretimi değeri ise 8.27 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yokuş (2019), tez çalışmasında, Sivas ilindeki hayvansal atıkların belirli bir alanda toplanması yerine, bölgeye yakın durumda ve farklı konumlarda kurulacak tesislerde kullanılmasının ekonomik yönden daha avantajlı olacağını belirtmiştir. Çalışmada, hayvansal atıkların miktarı temel alınarak biyogaz potansiyelleri hesaplanmış, sürdürülebilir biyogaz üretimi için tesis alanları belirlenmiş ve ArcGIS (CBS) haritalamaları yapılmıştır. Sivas ili genelinde dört havzada, 25-50 kW gücünde 248 adet, 50-100 kW gücünde 161 adet, 100-250 kW gücünde 70 adet, 250-500 kW gücünde 8 adet ve 500-2500 kW gücünde ise 6 adet tesis kurulabileceği tespit edilmiştir.

Altıkat ve Çelik (2012), yapmış oldukları çalışmada, Iğdır ili Merkez ve ilçelerinin hayvan sayıları üzerinden biyogaz üretim potansiyelini belirlemişler ve Doğu Anadolu Bölgesi ile ülkemizin hayvansal atık kaynaklı biyogaz varlığı değerleri ile kıyaslamalar yapmışlardır. Iğdır ilindeki hayvansal atık kaynaklı biyogaz miktarı yılda 21 441 milyon m³ olarak bulunmuştur. İlçelere göre en çok üretimin 8 172 milyon m³/yıl ile Tuzluca ilçesinden elde edilebileceği tespit edilmiştir. Çalışmada Türkiye için elde edilebilecek biyogaz miktarının yaklaşık %18’inin Doğu Anadolu Bölgesi’nden sağlanabileceği, Iğdır

ilinin Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki biyogaz potansiyeli %3.76, Türkiye'de ise %0.679 olarak tespit edilmiştir. Iğdır ilinde biyogazdan yılda elde edilebilecek elektrik enerjisi değerinin ise 100 milyon kWh olduğunu bildirmişlerdir.

Aksüt ve ark. (2022), çalışmalarında Tokat ili Merkez ve ilçelerinde hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelini belirlemişlerdir. 2021 yılı verilerine göre Tokat ilinde 303 952 adet büyükbaş, 511 457 adet küçükbaş ve 247 333 adet kanatlı hayvan bulunduğu, 245 988 ton katı atık elde edildiği ve hayvansal atıklardan yaklaşık 49 milyon m³/yıl biyogaz elde edilebileceği hesaplanmıştır. En yüksek biyogaz potansiyeline sahip olan ilçelerin sırasıyla Merkez, Turhal ve Zile ilçeleri olduğu bildirilmiştir. Üretilen biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi 117 00 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Taşova (2017), çalışmasında, Tokat ili kümes hayvanları atıklarından 2010-2014 yılları arasında biyogaz üretim potansiyelini hesaplamıştır. Atık miktarları yıllara göre sırasıyla; 5 190 t/yıl, 5 197 t/yıl, 5 459 t/yıl, 7 443 t/yıl ve 6 973 t/yıl olup, üretilebilecek biyogaz değerleri ise sırasıyla; 404 798 m³/yıl, 405 381 m³/yıl, 425 836 m³/yıl, 580 567 m³/yıl ve 543 896 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilebilecek yıllık elektrik enerjisi değerleri ise yıllara göre; 1 902 548, 1 905 291, 2 001 428, 2 728 667, 2 556 314 kWh olarak tespit edilmiştir.

Kaynarca ve ark. (2021), Eskişehir ilinin hayvansal atık varlığını ve bu atıklardan elde edilebilecek biyogaz ve enerji değerlerini belirlemişlerdir. Hayvansal atık miktarları; büyükbaş için 1 785 944 ton/yıl, küçükbaş için 892 359 ton/yıl, kümes hayvanları için 264 754 ton/yıl ve tek tırnaklılar için 43 216 ton/yıl olmak üzere toplam 2 986 266 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu atıkların 2 050 383 ton/yıl kadarının toplanabilir olduğunu ve atıklardan 66 620 541 m³ CH₄/yıl üretilebileceğini belirlemişlerdir. Bunun 57 283.89 TEP değerine karşılık geldiği ve % 35 çevrim verimi ile 233 171 MWh elektrik üretilebileceği ve Eskişehir ilinin yıllık elektrik tüketiminin %8'inin karşılanabileceği belirtilmiştir.

Avcıoğlu ve ark. (2013), Türkiye'de 2009 yılında 234 082 206 adet kümes hayvanı bulunduğunu, kümes hayvanlarının %98'ini et ve yumurta tavuğunun oluşturduğunu, toplam 5 923 571 ton/yıl olan yaş atık miktarının işletmeler için büyük bir sorun teşkil

ettiğini ve atıkların değerlendirilmesinde biyogaz üretiminin en iyi çözüm olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Türkiye'de et ve yumurta tavuğu varlığını esas alarak iller için atık miktarlarını, iller bazında elde edilebilecek biyogaz miktarlarını hesaplamışlar ve Türkiye'nin tavuk atık haritasını oluşturmuşlardır. 2009 yılında tavuk atıklarından elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin 390 milyon m³ olduğu belirtilmiştir. Bu miktardaki biyogazın enerji eşdeğerinin ise 8 853 milyon GJ olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilebilecek biyogaz değerleri incelendiğinde; yıllık 10 milyon m³ üzerinde biyogaz potansiyeline sahip iller; Bolu, Balıkesir, Sakarya, Manisa, Afyon, Konya, İzmir, Ankara, Çorum ve Bursa olarak verilmiştir.

Eryılmaz ve ark. (2015), Yozgat ilinin ilçelerinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli yanında İç Anadolu Bölgesi ve Türkiye genelindeki hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelini de hesaplamış ve karşılaştırma yapmışlardır. 2012 yılı verilerine göre yapılan hesaplamada Yozgat ilinde 45 070 milyon m³ hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli olduğunu belirlemişlerdir. Yozgat Merkez ilçe biyogaz potansiyeli bakımından 6 546 milyon m³ ile ilk sırada yer almıştır. Merkez ilçeyi 6 521 milyon m³ ile Akdağmadeni ve 5 166 milyon m³ ile Sorgun ilçesinin takip ettiği görülmüştür. Yozgat'ta hayvansal atıklardan üretililebilecek biyogaz potansiyelinin; İç Anadolu Bölgesi'nin yaklaşık %7'sini, Türkiye'nin ise %1.27'sini oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Yokuş ve Onurbaş Avcıoğlu (2012), Sivas ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarından yılda 2,88 milyon ton yaş atık elde edildiği, bu atıkların %87'sinin büyükbaş hayvanlardan sağlandığı, atıklardan üretililebilecek yıllık biyogazın 41 milyon m³ ve bu miktardaki biyogazın enerji eşdeğerinin ise 917 715 GJ olduğunu hesaplamışlardır. Biyogaz potansiyelinin; %18 Merkez ilçe, %16,3 Yıldızeli, %9,5 Şarkışla, %8'i Suşehri, %7,29'u Zara ilçesine ait olduğu görülmüştür. Çalışmada, işletmeler için uygun biyogaz tesis büyüklükleri de hesaplanmıştır. Atık potansiyeline göre; büyükbaş hayvancılık işletmelerinde 20 hayvan için 14 m³, 30 hayvan için 21 m³, 40 hayvan için 28 m³, kümes hayvanlarında 30 000 hayvan için 356 m³, 40 000 hayvan için 474 m³, küçükbaş hayvancılık işletmeleri için ise 500 hayvan için 16 m³ biyogaz tesisi reaktör büyüklükleri önerilmiştir.

Öbekcan (2014), çalışmasında, Çorum ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan yetiştiriciliği yapıldığı, özellikle il merkezinde yaklaşık 100 yumurta üretim işletmesinin bulunduğunu, Çorum ilinin Türkiye'nin yumurta ihtiyacının % 7.2'sini karşıladığını belirtmiştir. Hayvancılık işletmelerinden elde edilen atık miktarının yılda 694 572 ton olduğu ve bu atıkların çevre için sorun oluşturduğunu belirtmiştir. Çorum ili merkez ilçesinde 2014 yılı için toplam 94 657 ton hayvansal katı atıktan 18 931 500 m³ biyogaz ve 429 744 GJ ile 17 MTEP enerji eşdeğeri sağlanabileceği hesaplanmıştır.

Aktaş ve ark. (2015), tarafından yapılan çalışmada, Tekirdağ ilinde hayvansal atık kaynaklı biyogaz üretimi ve biyogazdan elektrik üretim potansiyeli belirlenmiştir. Çalışmada 2013 yılına ait veriler kullanılmış ve Tekirdağ ili ilçeler bazında metan üretimleri hesaplanmıştır. 933 605 ton/yıl erişilebilir hayvansal atık belirlenmiş, atıklar içerisinde büyükbaş hayvansal atıkların etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Her atık türü için örneklerin biyogaz potansiyelleri laboratuvar ortamında test edilmiştir. Toplam olarak yılda 869 598 m³ metan potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Mevcut potansiyelden elde edilebilecek elektrik enerjisi değeri hesaplanmıştır.

Şen (2010), Türkiye piliç yetiştiriciliğinde önemli yere sahip Bolu ilinin gübre atıklarının biyogaz üretiminde kullanılması üzerine yapılan çalışmada, 2050 yılına kadar Doğrusal Denklem, Box- Jenkins ARIMA modeli ve SPSS paket programı ile tavuk sayısı için istatistiksel tahminler yapılmıştır. 2010 yılından 2050 yılına kadar 5'er yıllık periyotlarda sırasıyla; 76 867 -95 170 - 113 308 - 131 447 - 149 585 - 167 723 - 185 861 - 204 000 - 222 138 bin m³/yıl biyogaz potansiyeli bulunmuştur.

Ay (2020), çalışmasında, Kahramanmaraş ilinde hayvansal atıklardan üretilebilecek teorik biyogaz potansiyelini ve elde edilen biyogazdan elektrik enerjisi üretimini, beş farklı model kullanarak belirlemiştir. Çalışma sonuçlarına göre; Kahramanmaraş ilinin yıllık teorik biyogaz potansiyelinin 37.5 milyon m³ ile 137.2 milyon m³ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Biyogazdan elde edilebilecek yıllık elektrik enerjisi değerinin ise 94.8 GWh ile 264.8 GWh arasında olduğu belirlenmiş olup, bu elektrik enerjisi ile Kahramanmaraş ilinin yıllık enerji ihtiyacının % 3.8 - % 10.6 arasında karşılanabileceği de görülmüştür.

Cantekin (2022), Trakya Bölgesi'nin biyogaz potansiyelini; hayvansal ve bitkisel atıklar, arıtma çamurları ve kentsel katı atıklar üzerinden belirlemiştir. Çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu'nun verilerinden yararlanılmıştır. 2010 yılı biyogaz potansiyelinin 203 267 m³/gün, 2015 biyogaz potansiyelinin 243 882 m³/gün ve 2020 yılı biyogaz potansiyelinin ise 260 777 m³/gün olduğu belirlenmiştir.

Özçelik (2020), çalışmasında, Konya ili Beyşehir ilçesinde hayvan gübresinden elde edilebilecek biyogaz potansiyelini araştırmıştır. Hesaplamalarda TÜİK verileri yanında Beyşehir Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği ve Beyşehir Tarım Kredi Kooperatifi'nden sağlanan büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları sayıları esas alınarak, bu hayvanların atıklarından üretilebilecek biyogaz miktarları belirlenmiştir. Beyşehir ilçesine ait 2019 yılı hayvan sayıları; 44 055 adet büyükbaş, 33 300 adet küçükbaş ve 14 930 adet kümes hayvanı olarak belirlenmiş, elde edilebilecek gübre miktarları ise hayvan türlerine göre sırasıyla; 394 742 ton, 30 386 ton ve 1 035 ton olarak hesaplanmıştır. Mevcut atıklardan elde edilen kullanılabilir kuru atık 31 150 ton, enerji değeri ise 141 419 GJ bulunmuştur.

Alibaş ve ark. (2016), Uludağ Üniversitesi kampüsü biyogaz potansiyelini belirlenmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Üniversite'nin Görükle Yerleşkesi'nde bulunan Ziraat Fakültesi ve Veteriner Fakültesi Uygulama ve Araştırma Merkezleri'ne ait hayvansal atık potansiyeli, kolza, ayçiçeği ve buğday üretimi atıkları ve kampüs içinde yer alan yemekhane, restoran, kafeteryaların organik kaynaklı atık potansiyeli belirlenmiştir. Söz konusu atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelini 499 963 m³ olarak hesaplamışlardır. Biyogaz potansiyelinin %17.95'inin hayvan gübresi, % 46.15'inin bitkisel üretim atığı ve %35.9'unun ise gıda atıklarından oluştuğunu tespit etmişlerdir. Elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 980.22 MWh olarak hesaplanmıştır.

Gökdoğan ve ark. (2015), Nevşehir ilinin büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvansal atıklarının biyogaz üretimi amacıyla kullanılması sonucu elde edilebilecek enerjinin sera ısıtma maliyetlerine sağlayacağı katkıyı belirlemeye çalışmışlardır. Nevşehir ili kapsamında 2014 yılında 74 821 büyükbaş, 115 000 küçükbaş ve 1 008 000 kanatlı hayvan mevcut olduğu, bu hayvanlardan sağlanabilecek gübre miktarları ise; büyükbaş için 209 499 ton/yıl, küçükbaş için 26 833 ton/yıl ve kanatlılar için de 22 176 ton/yıl

olarak belirlenmiş ve hayvansal atıklardan biyogaz üretimi ise 10 199 548 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Biyogazın elektrik enerji değeri 47 937 876 kWh olarak hesaplanmıştır. Nevşehir ili şartlarında 120 günlük bitki yetiştirme periyodu ve 10 °C sera sıcaklığında, 1418 da sera alanının günde 14 saat ısıtma maliyetinin karşılanabileceği bildirilmiştir.

Seyhan ve Badem (2018), Erzincan ilinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelini belirlemek için, Erzincan Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği ve İl Tarım ve Orman Müdürlüğü verilerinden yararlanmışlardır. Hayvansal atıklardan elde edilebilir yıllık biyogaz miktarı 15 511 011 m³, elektrik enerjisi 38 025 864 kWh ve ısı enerjisi 35 818 027 112 kcal olarak belirlenmiş, biyogaz kaynaklı 4.3 MW'lık elektriksel kurulu güç potansiyelinin bulunduğu bildirilmiştir.

Aksu (2019), tez çalışmasında, Amasya ilinin hayvansal atık kaynaklı (büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı) biyogaz potansiyelini belirlemiştir. Çalışmada, Amasya ilinde 2018 yılı için 210 199 adet büyükbaş, 210 160 adet küçükbaş ve 1 502 750 adet kanatlı hayvan mevcudu bulunduğu, mevcut hayvanlardan, bu işletmeler için büyük bir sorun teşkil eden 2.3 milyon ton yaş atık elde edildiği, atıkların biyogaz üretiminde değerlendirilmesi ile yaklaşık 35.9 milyon m³/yıl biyogaz üretilebileceği hesaplanmıştır. İlçeler bazında üretim değerlerine bakıldığında Suluova ve Merkez ilçelerinin sırasıyla 11.6 ve 10.5 milyon m³ ile diğer ilçeler arasında en yüksek potansiyele sahip oldukları görülmüştür. Amasya ilinde yılda üretilen biyogazın enerji değeri 814 275 GJ, elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 90 474 000 kWh olarak hesaplanmıştır.

Gökdoğan ve Baran (2015), Bingöl ilinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan elde edilebilecek atık miktarlarını ve biyogaz potansiyelini hesaplamışlardır. 2014 yılı itibariyle 143 618 büyükbaş, 466 495 küçükbaş ve 164 058 adet kanatlı hayvan varlığının bulunduğu, bu hayvanlardan sırasıyla; 344 683 ton/yıl, 217 697 ton/yıl ve 2 406 ton/yıl atık elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Biyogaz üretim değerleri; büyükbaş hayvanlar için 11 374 545 m³/yıl, küçükbaş hayvanlar için 12 626 464 m³/yıl ve kanatlı hayvanlar için de 187 682 m³/yıl olarak hesaplanmış, elde edilebilecek enerjinin eşdeğer karşılığının ise 409 272 GJ/yıl olduğu bildirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Kütahya il merkezi ve ilçeleri bazında gerçekleştirilen bu çalışmada, 2012-2022 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Kütahya il genelindeki havyan varlığı verileri “Kütahya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü” ile “Türkiye İstatistik Kurumu” kaynaklarından temin edilmiştir. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları baz alınarak, toplanabilir atık miktarları, teorik biyogaz potansiyeli ve enerji eş değeri hesaplamaları yapılmıştır.

Kütahya, Ege Bölgesi'nde yer almaktadır. İl nüfusu 2020 sonu itibarıyla 576 688 olup, km² başına 50 kişi düşmektedir. Kütahya ili sınırları içerisinde 13 ilçe, 28 belediye, bu belediyelerde 222 mahalle ve ayrıca 546 köy bulunmaktadır (Anonim, 2019a).

Kütahya ili, 38° 70' ve 39° 80' kuzey enlemleri ile 29° 00' ve 30° 30' doğu boylamları arasındadır. Kütahya ili 11 875 km² olan yüzölçümü ile Türkiye'nin yaklaşık %1,5'ni kaplamaktadır. Kuzeyinde Bursa, kuzeydoğusunda Bilecik, doğusunda Eskişehir ve Afyon, güneyinde Uşak, batısında Manisa ve Balıkesir illeriyle çevrilidir (Anonim, 2022b). Kütahya ilinin Türkiye'deki konumu ve ilçe dağılımı Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kütahya ili ilçeleri (Anonim, 2022b)

Kütahya’da 1000-1250 m yüksekliğinde ve 1250-1450 m daha yüksek olmak üzere iki farklı yükseltilerde yaylalar görülür. Eşik üzerinde bulunan başlıca dağ ve tepe dizileri, Kütahya Ovası'nın hemen güneyinde Yellice Dağı (1764 m) ve Gümüşdağı (1901 m); kuzeyinde Yeşildağ (1533 m); bölgenin batısında Türkmen Dağı (1829 m), güneyinde Murat Dağı (2312 m), Şaphane Dağı (2121 m) ve batısında Eğrigöz Dağı (2181 m) ve bunların uzantılarındaki tepelerdir. Bölgede yer alan akarsular; Porsuk Çayı ve Kocasu haricinde, sahanın en uzun akarsuyu Felent Çayı'dır (Anonim, 2019b).

Kütahya’da nüfusun büyük oranı geçimini tarımsal faaliyetlerden sağlamaktadır. İlin ekonomisi büyük ölçüde hizmet, tarım ve sanayi sektörlerine dayanmaktadır (Anonim, 2022c). Kütahya'da tarımın ilk göze çarpan karakteri, ekim alanları içinde tahıla ayrılan sahaların fazla yer tutmasıdır. Ekim alanlarının çok büyük bölümü tahıl ekimine ayrılmıştır. Tahıl türleri arasında buğday birinci, arpa ikinci sırayı alır. Diğer tahıl ürünleri fazla önem taşımaz. Baklagiller üretiminde Kütahya ili söz sahibi değildir. En fazla fasulye (merkez ilçede) ve nohut (Emet ilçesinde) ekilir.

Endüstri bitkileri arasında en çok şeker pancarı ekilir. Cumhuriyet'in ilk yıllarında kurulan Uşak Şeker Fabrikası'nın o yıllarda Kütahya il sınırları içerisinde olması bu tarımı teşvik etmiştir. Daha sonra Kütahya'da da şeker fabrikasının kurulmasıyla pancar ekimi daha da hızlanmıştır. Şeker pancarından sonra en fazla ekilen endüstri bitkileri afyon kapsülü ile ayçiçeği ve kenevirdir. Fakat bunlar şeker pancarını çok geriden izlerler. Kuru sebzelerden en fazla patates ekimine önem verilir. Tahıl üretiminde önde gelen Merkez ve Altıntaş ilçeleri bağcılık bakımından geri durumda, buna karşılık Emet, Gediz ve Simav ilçeleri ileri durumdadır. Meyve ağaçları sayısı ve üretimi bakımından elma başta gelir. İkinci sırada yer alan vişne, ilin ün yaptığı ürünler arasındadır. Ceviz ve kestane ağaçlarının çokluğu da kendini gösterir. Çilek yetiştiriciliği de gelişmiştir (Anonim, 2022d).

Kütahya ilinde tarımsal üretim ve bunların ülke ekonomisine katkısı Çizelge 3.1.'de, arazi kullanımı durumu ise Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kütahya ili tarımsal ürünler ve ülke ekonomisine katkısı (Anonim, 2022e)

Ürün Sektörü	Ekonomiye Katkısı (TL)
Hayvansal	1 287 523 000
Endüstri Bitkileri	85 552 383
Meyveler	160 347 200
Sebzeler	105 198 900
Tarla ve Yem Bitkileri	565 365 360
Süs Bitkileri	2 868
Toplam	2 203 989 711

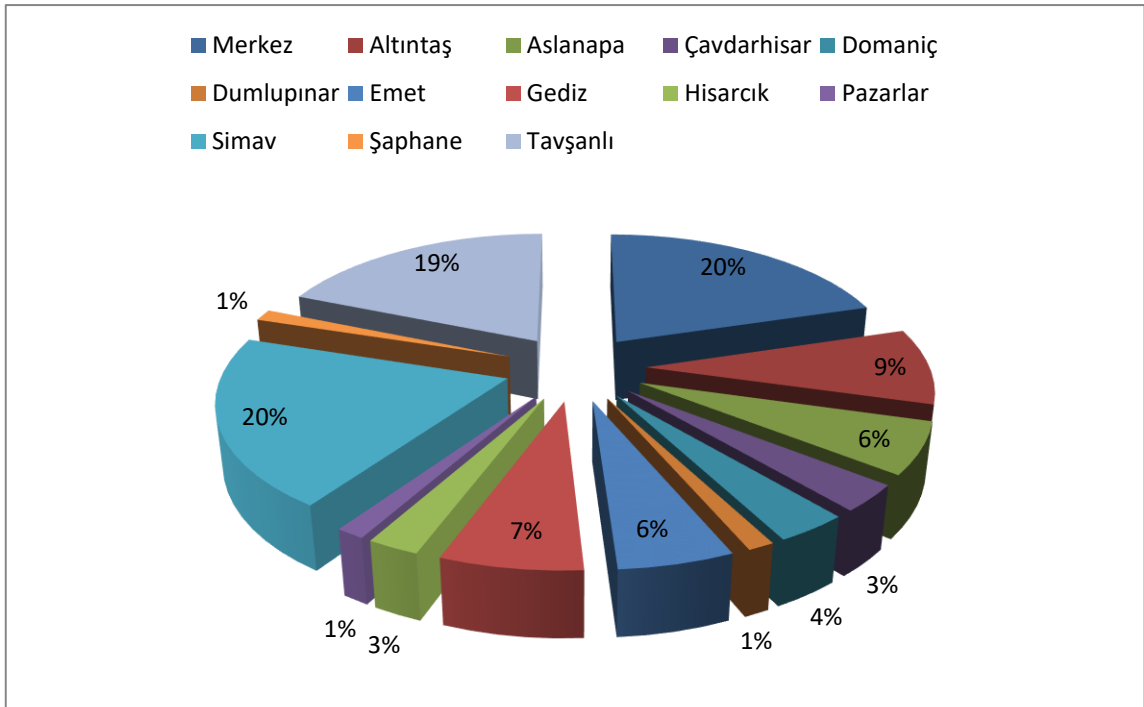
Çizelge 3.2. Kütahya ili arazi kullanımı (Anonim, 2022f)

Kullanım Şekli	Alan (ha)	Toplam Alan (ha)	Toplam Alana Oranı (%)
Kültüre Elverişli Arazi	-	-	-
Sulu Tarım Arazisi	80 733	346 354	29
Kuru Tarım Arazisi	265 621	-	-
Kültüre Elverişli Olmayan	-	-	-
Çayır-Mera	84 370	841 146	71
Orman	612 607	-	-
Diğer	144 169	-	-
Toplam		1 187 500	100

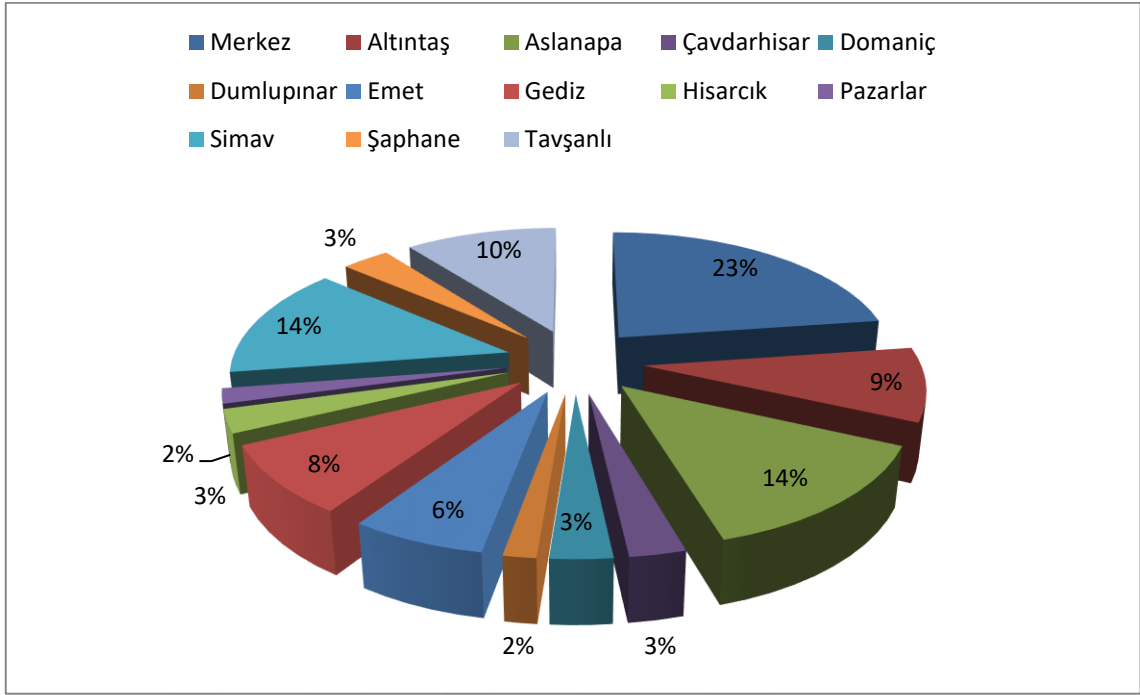
Kütahya ili ilçelerine ait 2022 yılı hayvan sayıları Çizelge 3.3.'te verilmiştir. Ayrıca, büyükbaş hayvan varlığının ilçelere dağılımı Şekil 3.2.'de, küçükbaş hayvan varlığının ilçelere dağılımı Şekil 3.3.'te ve kanatlı hayvan varlığının ilçelere dağılımı ise Şekil 3.4.'te bildirilmiştir.

Çizelge 3.3. Kütahya ili ilçeler bazında 2022 yılı hayvan sayıları

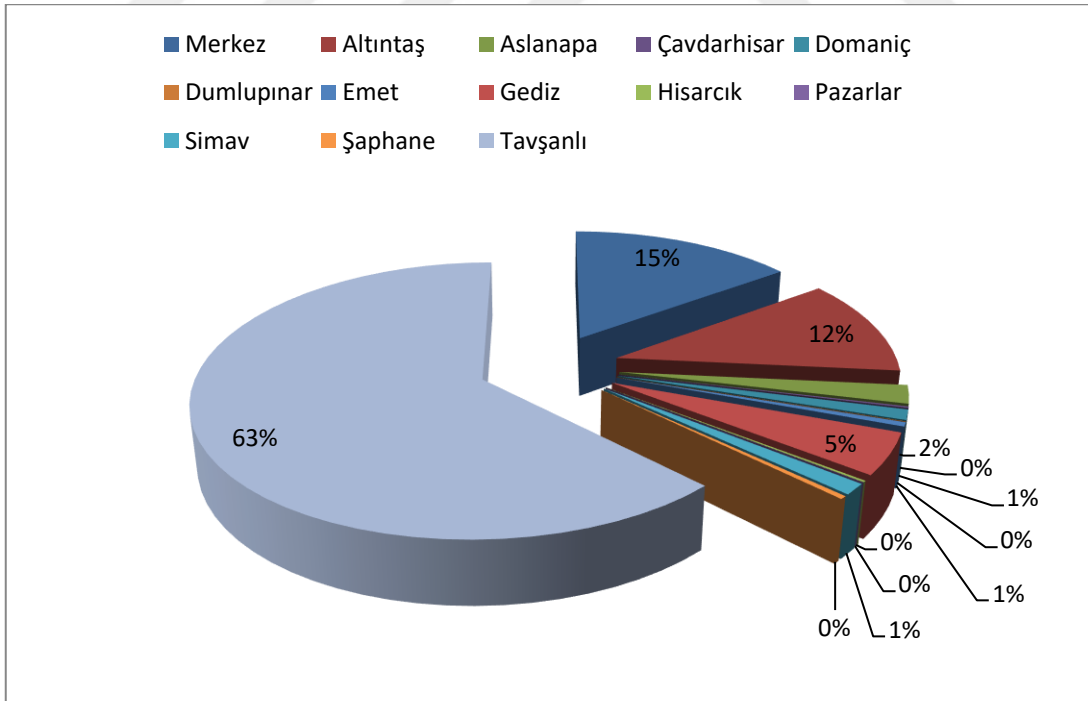
İlçeler	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Merkez	39 645	107 905	259 317
Altıntaş	17 700	42 850	200 795
Aslanapa	12 000	65 000	37 700
Çavdarhisar	6 250	13 000	3 130
Domanıç	6 800	14 350	20 680
Dumlupınar	2 500	7 625	515
Emet	10 750	31 117	8 573
Gediz	13 200	40 000	84 870
Hisarcık	4 850	13 531	2 840
Pazarlar	2 700	8 726	484
Simav	39 500	65 000	22 490
Şaphane	2 650	15 628	6 259
Tavşanlı	36 650	49 531	1 086 303
Toplam	195 195	474 263	1 733 956



Şekil 3.2. İlçelere göre 2022 yılı büyükbaş hayvan dağılımı



Şekil 3.3. İlçelere göre 2022 yılı küçükbaş hayvan dağılımı



Şekil 3.4. İlçelere göre 2022 yılı kanatlı hayvan dağılımı

3.2. Yöntem

Kütahya ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu tez çalışmasında temel materyal olarak; Kütahya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden alınan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları yanında TÜİK verileri de kullanılmıştır.

3.2.1 Hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarının belirlenmesi

Teorik biyogaz hesaplamalarını yapabilmek için, hayvansal atığın içerisindeki yaş atık miktarı, kuru atık miktarı, organik madde içeriği, atığın kullanılabilirlik oranı vb. bilgilere sahip olmak gerekmektedir. Bu sebeple öncelikle taze (yaş) ve kuru (katı) atık miktarları hesaplanmıştır.

Hayvanlarda taze (yaş) atık miktarını hesaplamak için büyükbaşlarda 10-20 kg/gün alınabileceği gibi hayvan canlı ağırlığının %5-6'sı da günlük atık miktarı olarak kabul edilebilmektedir. Küçükbaşlarda 2 kg/gün ya da canlı ağırlığın %4-5'i, kanatlılarda ise 0,08-0,1 kg/gün veya canlı ağırlığın %3-4'ü alınabilmektedir. Büyükbaş hayvanların ortalama canlı ağırlıkları 450 kg, küçükbaş hayvanların 50 kg ve kanatlıların ise 2 kg alınmaktadır (Yokuş, 2011; Aksu, 2019).

Taze (Yaş) Atık Miktarı (TA) Ton/yıl

$$TA_{BB}: (HS_{BB} \times GTA_{BB} \times 365)/1000$$

$$TA_{KB}: (HS_{KB} \times GTA_{KB} \times 365)/1000$$

$$TA_{KNT}: (HS_{KNT} \times GTA_{KNT} \times 365)/1000$$

Eşitliklerde;

HS_{BB} : Büyükbaş Hayvan Sayısı

HS_{KB} : Küçükbaş Hayvan Sayısı

HS_{KNT}: Kanatlı Hayvan Sayısı

GTA_{BB}: Büyükbaş hayvandan elde edilebilecek günlük taze atık miktarı (kg/gün hayvan)

GTA_{KB}: Küçükbaş hayvandan elde edilebilecek günlük taze atık miktarı (kg/gün hayvan)

GTA_{KNT}: Kanatlı (kümes) hayvanlardan elde edilebilecek günlük taze atık miktarı (kg/gün hayvan)

Bazı hayvanların günlük atık miktarları Çizelge 3.4.'te (Abdeshahian ve ark., 2016; Avcıoğlu ve Türker, 2012; Noorollah ve vd., 2015; DBFZ, 2011; Berkes ve Kışlalıoğlu, 1993; Yurtseven, 2013) ve Çizelge 3.5'te verilmiştir (Yokuş 2011; Aksu 2019).

Çizelge 3.4. Bazı hayvanların günlük gübre üretim miktarları

	Hayvan Başına Gübre Miktarı (kg/gün)			
	Sığır	Koyun-Keçi	Kümes Hayvanı	At
Abdeshahian et al.	22.5	1.6	0.045	-
Avcıoğlu and Türker	10-20	2	0.08-0.1	-
Noorollahi et al.	6.1	0.644	0.019-0.031	-
DBFZ, 2011	37.5	-	0.317	-
Berkes and Kışlalıoğlu	-	2	-	-
Yurtseven	-	-	-	25.3

Çizelge 3.5. Hayvan türlerine göre atık miktarları

	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Katı Madde Oranı (%)	15	30	35
Elde Edilebilirlik (%)	50	13	99
Taze Atık (kg/gün hayvan)	27	2.5	0.10
Katı Atık (kg/gün hayvan)	2.025	0.0975	0.035

Çizelge 3.5.'teki verilere dayanarak atığın ahırda kalma süresi dikkate alınmış ve atıkların kullanılabilirlik oranı büyükbaş hayvanlar için %50, küçükbaş hayvanlar için %13, kanatlı hayvanlar için ise %99 olarak kullanılmıştır.

Hayvanların günlük taze atık miktarları ise büyükbaş hayvanlarda 27 kg, küçükbaş hayvanlarda 2.5 kg ve kanatlı hayvanlarda 0.10 kg olarak seçilmiştir.

Katı (Kuru) Atık Miktarı (KA) Ton/yıl

$$KA_{BB}: (TA_{BB} \times 0.15 \times 0.50)$$

$$KA_{KB}: (TA_{KB} \times 0.30 \times 0.13)$$

$$KA_{KNT}: (TA_{KNT} \times 0.35 \times 0.99)$$

Eşitliklerde KA_{BB} , KA_{KB} ve KA_{KNT} , sırasıyla büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlar için yıllık Kuru (katı) atık miktarlarını (ton/yıl) ifade etmektedir.

Hesaplamalarda, 1 ton katı hayvansal atıktan elde edilebilecek biyogaz miktarı 200 m³ kabul edilebilir. Metan (CH₄) oranı %60 olan biyogazın enerji değeri 22.7 MJ/m³ olarak alınabilmektedir (Yokuş, 2011; Deviren ve ark., 2017; Yağlı ve Koç, 2019). Çalışmada, Biyogazdan elektrik üretiminde, biyogazın metan oranı %60 olarak alınmıştır. Metanın enerji içeriği 9.97 kWh/m³, kojenerasyon sisteminin elektrik üretim verimi ise %40 kabul edilmektedir (DBFZ, 2011; Aktaş ve ark., 2015; Aksu, 2019; Aksay ve Tabak, 2022; Aksüt, 2022).

Elde edilen bulgular, Kütahya il merkezini ve ilçelerini içerecek şekilde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarından ArcGIS 10.8 programı kullanılarak haritalandırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kütahya İli Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli

4.1.1. Merkez İlçe Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Merkez ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Merkez ilçe biyogaz potansiyeli

MERKEZ											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	36 500	38 170	36 181	35 240	34 280	37 364	38 676	39 291	41 003	41 300	39 645
KÜÇÜKBAŞ	89 000	88 350	90 000	90 000	74 200	95 377	100 195	102 133	107 410	140 690	107 905
KANATLI	20 000	60 030	184 450	304 250	242 550	294 409	126 977	240 865	266 532	259 317	259 317
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	359 708	376 166	356 564	347 290	337 829	368 222	381 152	387 214	404 085	407 011	390 702
KÜÇÜKBAŞ	81 212	80 619	82 125	82 125	67 708	87 031	91 427	93 196	98 012	128 380	98 463
KANATLI	730	2 191	6 732	11 105	8 853	10 746	4 635	8 791	9 728	9 465	9 465
TOPLAM	441 650	458 976	445 421	440 520	414 390	465 999	477 214	489 201	511 825	544 856	498 630
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	26 978	28 213	26 742	26 047	25 336	27 617	28 586	29 041	30 307	30 525	29 302
KÜÇÜKBAŞ	3 167	3 144	3 203	3 203	2 641	3 394	3 566	3 635	3 822	5 007	3 840
KANATLI	253	759	2 333	3 848	3 068	3 723	1 606	3 046	3 371	3 280	3 280
TOPLAM	30 398	32 116	32 278	33 098	31 045	34 734	33 758	35 722	37 500	38 812	36 422
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m³)											
BÜYÜKBAŞ	5 395 612	5 642 480	5 348 456	5 209 353	5 067 441	5 523 333	5 717 280	5 808 192	6 061 268	6 105 173	5 860 522
KÜÇÜKBAŞ	633 458	628 831	640 575	640 575	528 119	678 846	713 138	726 932	764 492	1 001 361	768 014
KANATLI	50 589	151 843	466 557	769 585	613 518	744 693	321 182	609 256	674 179	655 929	655 929
TOPLAM	6 079 659	6 423 154	6 455 588	6 619 513	6 209 078	6 946 872	6 751 600	7 144 380	7 499 939	7 762 463	7 284 465
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	122 481	128 085	121 410	118 252	115 031	125 380	129 782	131 846	137 591	138 587	133 034
KÜÇÜKBAŞ	14 379	14 274	14 541	14 541	11 988	15 410	16 188	16 501	17 354	22 731	17 434
KANATLI	1 148	3 447	10 591	17 470	13 927	16 904	7 291	13 830	15 304	14 890	14 890
TOPLAM	138 008	145 806	146 542	150 263	140 946	157 694	153 261	162 177	170 249	176 208	165 358
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	13 608	14 232	13 490	13 139	12 782	13 932	14 420	14 650	15 289	15 399	14 782
KÜÇÜKBAŞ	1 598	1 586	1 615	1 616	1 332	1 712	1 799	1 833	1 928	2 526	1 937
KANATLI	128	383	1 177	1 941	1 547	1 878	810	1 537	1 700	1 654	1 654
TOPLAM	15 334	16 201	16 282	16 696	15 661	17 522	17 029	18 020	18 917	19 579	18 373

Kütahya Merkez ilçede 2012 ile 2022 yılları arasında özellikle küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarında önemli artışlar gözlenmiştir. 2022'de büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları sırasıyla 39 645, 107 905 ve 259 317 adettir. Toplam 498 630 ton yaş atık ve 36 422 ton kuru atık elde edilmektedir. Atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık 7.3 milyon m³ olmaktadır. Elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 18 373 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.2. Altıntaş İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Altıntaş ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.2.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. Altıntaş ilçesi biyogaz potansiyeli

ALTINTAŞ											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	14 076	16 200	16 010	16 000	14 000	15 280	17 156	18 103	17 251	18 345	17 700
KÜÇÜKBAŞ	35 120	44 000	44 000	36 000	33 000	33 000	35 699	37 048	40 932	55 852	42 850
KANATLI	27 600	5 280	17 200	95 800	96 003	100 344	25 293	127 423	92 370	200 795	200 795
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	138 719	159 651	157 778	157 680	137 970	150 584	169 072	178 405	170 009	180 790	174 433
KÜÇÜKBAŞ	32 047	40 150	40 150	32 850	30 112	30 112	32 575	33 806	37 350	50 965	39 101
KANATLI	1 007	193	628	3 497	3 504	3 662	923	4 651	3 371	7 329	7 329
TOPLAM	171 773	199 994	198 556	194 027	171 586	184 358	202 570	216 862	210 730	239 084	220 863
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	10 404	11 974	11 833	11 826	10 348	11 294	12 680	13 380	12 751	13 559	13 083
KÜÇÜKBAŞ	1 250	1 566	1 566	1 281	1 174	1 174	1 270	1 318	1 457	1 988	1 525
KANATLI	349	67	218	1 212	1 214	1 269	320	1 612	1 168	2 540	2 540
TOPLAM	12 003	13 606	13 617	14 319	12 736	13 737	14 271	16 310	15 376	18 086	17 147
BIYOGAZ POTANSİYELİ (m³)											
BÜYÜKBAŞ	2 080 785	2 394 765	2 366 678	2 365 200	2 069 550	2 258 766	2 536 086	2 676 076	2 550 129	2 711 850	2 616 503
KÜÇÜKBAŞ	249 967	313 170	313 170	256 230	234 878	234 878	254 088	263 689	291 334	397 527	304 985
KANATLI	69 813	13 355	43 507	242 321	242 835	253 815	63 977	322 310	233 645	507 901	507 901
TOPLAM	2 400 565	2 721 290	2 723 355	2 863 751	2 547 262	2 747 459	2 854 151	3 262 075	3 075 108	3 617 278	3 429 389
BIYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	47 234	54 361	53 724	53 690	46 979	51 274	57 569	60 747	57 888	61 559	59 395
KÜÇÜKBAŞ	5 674	7 109	7 109	5 816	5 332	5 332	5 768	5 986	6 613	9 024	6 923
KANATLI	1 585	303	988	5 501	5 512	5 762	1 452	7 316	5 304	11 529	11 529
TOPLAM	54 493	61 773	61 821	65 007	57 823	62 367	64 789	74 049	69 805	82 112	77 847
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	5 248	6 040	5 969	5 966	5 221	5 697	6 397	6 750	6 432	6 840	6 599
KÜÇÜKBAŞ	630	790	790	646	592	592	641	665	735	1 003	769
KANATLI	176	34	110	611	612	641	161	813	589	1 281	1 281
TOPLAM	6 054	6 864	6 869	7 223	6 425	6 930	7 199	8 228	7 756	9 124	8 650

Çizelge 4.2.'de görüldüğü üzere Altıntaş ilçesinde 2012-2022 yılları arasında özellikle kanatlı hayvan sayılarında artış yaşanmıştır. 2022 yılında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları sırasıyla 17 700, 42 850 ve 200 795 adettir. 2022 yılında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan toplam olarak 220 863 ton yaş gübre ve 17 147 ton kuru gübre elde edilmiştir. Bu atıklardan üretililecek toplam biyogaz miktarı yaklaşık 3.4 milyon m³ olmaktadır. Biyogazın enerji eşdeğeri 27 847 GJ olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 8 650 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.3. Aslanapa İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Aslanapa ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Aslanapa ilçesi biyogaz potansiyeli

ASLANAPA											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	13 060	12 100	9 585	10 001	10 110	10 664	11 400	12 069	12 494	12 386	12 000
KÜÇÜKBAŞ	44 900	53 000	55 000	57 100	56 805	63 148	61 836	62 234	62 234	74 724	65 000
KANATLI	14 000	14 000	23 500	37 500	38 000	37 170	3 712	24 823	8 282	37 700	37 700
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	128 706	119 246	94 460	98 560	99 634	105 094	112 347	118 940	123 129	122 065	118 260
KÜÇÜKBAŞ	40 971	48 362	50 187	52 104	51 834	57 622	56 425	56 788	56 789	68 185	59 312
KANATLI	511	511	858	1 369	1 387	1 357	135	906	302	1 376	1 376
TOPLAM	170 188	168 119	145 505	152 033	152 855	164 073	168 907	176 634	180 220	191 626	178 948
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	9 653	8 943	7 085	7 392	7 473	7 882	8 426	8 920	9 235	9 155	8 870
KÜÇÜKBAŞ	1 598	1 886	1 957	2 032	2 022	2 247	2 201	2 215	2 215	2 659	2 313
KANATLI	177	177	297	474	481	470	47	314	105	477	477
TOPLAM	11 428	11 006	9 339	9 898	9 976	10 599	10 674	11 449	11 555	12 291	11 660
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m ³)											
BÜYÜKBAŞ	1 930 595	1 788 683	1 416 903	1 478 398	1 494 511	1 576 406	1 685 205	1 784 100	1 846 926	1 830 960	1 773 900
KÜÇÜKBAŞ	319 576	377 228	391 463	406 409	404 310	449 456	440 118	442 950	442 950	531 848	462 638
KANATLI	35 412	35 412	59 442	94 854	96 119	94 020	9 389	62 789	20 949	95 360	95 360
TOPLAM	2 285 583	2 201 323	1 867 808	1 979 661	1 994 939	2 119 882	2 134 712	2 289 839	2 310 825	2 458 168	2 331 898
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	43 824	40 603	32 164	33 560	33 925	35 784	38 254	40 499	41 925	41 563	40 268
KÜÇÜKBAŞ	7 254	8 563	8 886	9 225	9 178	10 203	9 991	10 055	10 055	12 073	10 502
KANATLI	804	804	1 349	2 153	2 182	2 134	213	1 425	476	2 165	2 165
TOPLAM	51 882	49 970	42 399	44 938	45 285	48 121	48 458	51 979	52 456	55 801	52 935
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	4 869	4 511	3 574	3 729	3 769	3 976	4 250	4 500	4 658	4 618	4 474
KÜÇÜKBAŞ	806	951	987	1 025	1 020	1 134	1 110	1 117	1 117	1 341	1 167
KANATLI	89	89	150	239	242	237	24	158	53	241	241
TOPLAM	5 765	5 552	4 711	4 993	5 031	5 347	5 384	5 775	5 828	6 200	5 882

Çizelge 4.3.'e bakıldığında Kütahya ili Aslanapa ilçesinde 2012 ile 2022 yılları arasında büyükbaş hayvan sayısı yaklaşık aynı kalırken, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarında artış gözlemlenmiştir. 2022 yılındaki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları sırasıyla 12 000, 65 000 ve 37 700 adet olmuştur. 2022 yılında bu hayvanlardan toplam 178 948 ton yaş atık ve 11 660 ton kuru atık elde edilmiştir. Bu atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık olarak 2.3 milyon m³ olmaktadır. Biyogazın enerji eşdeğeri ise 52 935 GJ olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi 5 882 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.4. Çavdarhisar İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Çavdarhisar ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kütahya Çavdarhisar biyogaz potansiyeli

ÇAVDARHISAR											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	6 251	6 320	5 750	5 450	5 450	6 324	6 868	7 798	6 447	6 500	6 250
KÜÇÜKBAŞ	13 500	13 466	13 500	13 500	13 500	13 618	17 021	16 069	14 500	17 141	13 000
KANATLI	7 400	6 500	5 240	11 960	1 146	2 840	36 860	2 740	3 139	3 130	3 130
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	61 604	62 283	56 666	53 709	53 709	62 323	67 684	76 849	63 535	64 058	61 594
KÜÇÜKBAŞ	12 319	12 288	12 319	12 319	12 319	12 426	15 532	14 663	13 231	15 641	11 862
KANATLI	270	237	191	436	42	104	1 345	100	115	114	114
TOPLAM	74 193	74 808	69 176	66 464	66 070	74 853	84 561	91 612	76 881	79 813	73 570
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	4 620	4 671	4 250	4 028	4 028	4 674	5 076	5 764	4 765	4 804	4 620
KÜÇÜKBAŞ	480	479	480	480	480	485	606	572	516	610	462
KANATLI	94	82	66	152	14	36	466	35	40	40	40
TOPLAM	5 194	5 232	4 796	4 660	4 522	5 195	6 148	6 371	5 321	5 454	5 122
BİYOĞAZ POTANSİYELİ (m³)											
BÜYÜKBAŞ	924 054	934 254	849 994	805 646	805 646	934 845	1 015 262	1 152 739	953 028	960 863	923 906
KÜÇÜKBAŞ	96 086	95 844	96 086	96 086	96 086	96 926	121 147	114 371	103 204	122 001	92 528
KANATLI	18 718	16 441	13 254	30 252	2 899	7 184	93 236	6 931	7 940	7 917	7 917
TOPLAM	1 038 858	1 046 540	959 334	931 985	904 631	1 038 955	1 229 645	1 274 041	1 064 171	1 090 781	1 024 351
BİYOĞAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	20 976	21 208	19 295	18 288	18 288	21 221	23 046	26 167	21 634	21 812	20 973
KÜÇÜKBAŞ	2 181	2 176	2 181	2 181	2 181	2 200	2 750	2 596	2 343	2 769	2 100
KANATLI	425	373	301	687	66	163	2 116	157	180	180	180
TOPLAM	23 582	23 756	21 777	21 156	20 535	23 584	27 912	28 920	24 157	24 761	23 253
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	2 331	2 356	2 145	2 033	2 032	2 358	2 561	2 907	2 404	2 424	2 331
KÜÇÜKBAŞ	242	242	242	242	242	244	306	288	260	308	233
KANATLI	47	42	33	76	7	18	235	17	20	20	20
TOPLAM	2 620	2 640	2 420	2 351	2 281	2 620	3 102	3 212	2 684	2 752	2 584

Çizelge 4.4.'te görüldüğü gibi, Kütahya ili Çavdarhisar ilçesinde 2012 ve 2022 yılları arasında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarında önemli bir değişim görülmemiştir. 2022 yılı büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları sırasıyla 6 250, 13 000 ve 3 130 adet olmuştur. Bu hayvanlardan 2022 yılında toplam 73 570 ton yaş ve 5 122 ton katı atık elde edilmiştir. Atıklardan üretilebilecek yaklaşık biyogaz miktarı toplamda 1 milyon m³ olmaktadır. Biyogazın enerji eşdeğeri 23 253 GJ olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi 2 584 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.5. Domaniç İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Domaniç ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.5.'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Domaniç ilçesi biyogaz potansiyeli

DOMANIÇ											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	8 357	8 286	7 121	6 765	6 903	6 479	6 962	7 598	6 703	7 047	6 800
KÜÇÜKBAŞ	13 850	13 410	16 000	14 000	14 000	12 418	13 960	15 360	13 661	18 704	14 350
KANATLI	7 000	4 000	30 780	34 880	34 880	37 330	4 285	21 225	21 150	20 680	20 680
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	82 358	81 658	70 177	66 669	68 029	63 851	68 610	74 878	66 058	69 448	67 014
KÜÇÜKBAŞ	12 638	12 237	14 600	12 775	12 775	11 331	12 739	14 016	12 466	17 067	13 094
KANATLI	255	146	1 124	1 273	1 273	1 362	156	775	772	755	755
TOPLAM	95 251	94 041	85 901	80 717	82 077	76 544	81 505	89 669	79 296	87 270	80 863
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	6 177	6 124	5 264	5 000	5 103	4 789	5 146	5 616	4 955	5 209	5 025
KÜÇÜKBAŞ	493	477	569	498	498	442	497	547	486	666	511
KANATLI	89	51	389	442	441	472	54	268	267	262	262
TOPLAM	6 759	6 652	6 222	5 940	6 042	5 703	5 697	6 431	5 708	6 137	5 798
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m³)											
BÜYÜKBAŞ	1 235 374	1 224 878	1 052 662	1 000 036	1 020 436	957 758	1 029 158	1 123 174	990 871	1 041 723	1 005 210
KÜÇÜKBAŞ	98 577	95 446	113 880	99 645	99 645	88 385	99 360	109 325	97 232	133 126	102 136
KANATLI	17 706	10 118	77 856	88 227	88 227	94 424	10 839	53 688	53 498	52 309	52 309
TOPLAM	1 351 657	1 330 442	1 244 398	1 187 908	1 208 308	1 140 567	1 139 356	1 286 187	1 141 601	1 227 158	1 159 655
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	28 043	27 805	23 895	22 701	23 164	21 742	23 362	25 496	22 493	23 647	22 818
KÜÇÜKBAŞ	2 238	2 167	2 585	2 262	2 262	2 006	2 255	2 482	2 207	3 022	2 318
KANATLI	402	230	1 767	2 003	2 003	2 143	246	1 219	1 214	1 187	1 187
TOPLAM	30 683	30 202	28 247	26 966	27 429	25 891	25 863	29 197	25 914	27 856	26 323
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	3 115	3 089	2 655	2 522	2 574	2 416	2 596	2 833	2 499	2 627	2 535
KÜÇÜKBAŞ	249	241	287	251	251	223	251	276	245	336	258
KANATLI	45	26	196	223	223	238	27	135	135	132	132
TOPLAM	3 409	3 356	3 138	2 996	3 048	2 877	2 874	3 244	2 879	3 095	2 925

Çizelge 4.5.'e göre 2012 ile 2022 yılları arasında, Kütahya ili Domaniç ilçesindeki büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayılarında değişim görülmez iken, kanatlı hayvan sayısı yaklaşık üç katına çıkmıştır. 2022 yılında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları sırasıyla 6 800, 14 350 ve 20 680 adettir. Hayvanlardan 2022 yılında toplam 80 863 ton yaş atık ve 5 798 ton kuru atık elde edilmiştir. Atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık 1.16 milyon m³ olarak bulunmuştur. Biyogazın enerji eşdeğeri 26 323 GJ olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi 2 925 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.6. Dumlupınar İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Dumlupınar ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Dumlupınar ilçesi biyogaz potansiyeli

DÜMLUPINAR											
HAYVAN SAYILARI. (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	2 435	2 410	2 100	2 202	2 101	2 129	2 321	2 358	2 352	2 591	2 500
KÜÇÜKBAŞ	6 323	6 182	7 000	7 650	6 900	7 500	7 410	8 650	7 850	9 939	7 625
KANATLI	1 500	3 000	670	3 500	3 975	3 975	3 407	4 187	3 759	515	515
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	23 997	23 751	20 695	21 701	20 706	20 981	22 873	23 238	23 179	25 534	24 637
KÜÇÜKBAŞ	5 769	5 641	6 387	6 980	6 296	6 844	6 762	7 893	7 163	9 069	6 958
KANATLI	55	109	24	128	145	145	124	153	137	18	19
TOPLAM	29 821	29 501	27 106	28 808	27 147	27 970	29 759	31 284	30 479	34 621	31 614
KATI ATIK MİKTARI 8ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	1 800	1 781	1 553	1 628	1 553	1 574	1 716	1 743	1 738	1 915	1 848
KÜÇÜKBAŞ	225	220	249	272	246	267	264	308	279	354	271
KANATLI	19	38	8	44	50	50	43	53	48	7	7
TOPLAM	2 044	2 039	1 810	1 944	1 849	1 891	2 023	2 104	2 065	2 276	2 126
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m ³)											
BÜYÜKBAŞ	359 954	356 258	310 433	325 511	310 580	314 719	343 102	348 571	347 684	383 015	369 563
KÜÇÜKBAŞ	45 004	44 000	49 823	54 449	49 111	53 381	52 741	61 566	55 872	70 741	54 271
KANATLI	3 794	7 588	1 695	8 853	10 055	10 055	8 618	10 591	9 508	1 303	1 303
TOPLAM	408 752	407 846	361 951	388 813	369 746	378 155	404 461	420 728	413 064	455 059	425 137
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	8 171	8 087	7 047	7 389	7 050	7 144	7 788	7 913	7 892	8 694	8 389
KÜÇÜKBAŞ	1 022	999	1 131	1 236	1 115	1 212	1 197	1 398	1 268	1 606	1 232
KANATLI	86	172	38	201	228	228	196	240	216	30	30
TOPLAM	9 279	9 258	8 216	8 826	8 393	8 584	9 181	9 551	9 376	10 330	9 651
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	908	899	783	821	783	794	865	879	877	966	932
KÜÇÜKBAŞ	114	111	126	137	124	135	133	155	141	178	137
KANATLI	10	19	4	22	25	25	22	27	24	3	3
TOPLAM	1 032	1 029	913	980	932	954	1 020	1 061	1 042	1 147	1 072

Çizelge 4.6.'da Kütahya ili Dumlupınar ilçesinde 2012 ile 2022 yılları arasında hayvan sayıları, atık miktarları ve biyogaz üretim potansiyeli görülmektedir. 2022 yılında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanların sayıları sırasıyla 2 500, 7 625 ve 515 adettir. 2022 yılında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan toplam 31 614 ton yaş atık ve 2 126 ton kuru atık elde edilmiştir. Bu hayvansal atıklardan üretililecek toplam biyogaz miktarı ise yaklaşık 425 137 m³ olmaktadır. Biyogazın enerji eşdeğeri 9 651 GJ olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi 1 072 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.7. Emet İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Emet ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Emet ilçesi biyogaz potansiyeli

EMET											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	9 052	11 321	9 302	9 027	9 630	9 879	10 539	11 126	10 011	10 717	10 750
KÜÇÜKBAŞ	24 030	48 060	43 625	43 400	43 361	35 705	32 972	35 116	36 975	30 469	31 117
KANATLI	6 000	5 000	530	4 072	4 277	7 372	78 840	3 593	8 868	8 573	8 573
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	89 207	111 568	91 671	88 962	94 904	97 357	103 862	109 647	98 659	105 616	105 942
KÜÇÜKBAŞ	21 927	43 856	39 808	39 602	39 567	32 581	30 087	32 043	33 739	27 803	28 394
KANATLI	219	182	19	148	156	269	2 877	131	324	313	313
TOPLAM	111 353	155 606	131 498	128 712	134 627	130 207	136 826	141 821	132 722	133 732	134 649
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	6 691	8 368	6 875	6 673	7 118	7 302	7 790	8 224	7 399	7 922	7 946
KÜÇÜKBAŞ	855	1 710	1 553	1 544	1 543	1 271	1 173	1 250	1 316	1 084	1 107
KANATLI	76	63	7	51	54	93	997	45	112	108	108
TOPLAM	7 622	10 141	8 435	8 268	8 715	8 666	9 960	9 519	8 827	9 114	9 161
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m ³)											
BÜYÜKBAŞ	1 338 112	1 673 527	1 375 068	1 334 416	1 423 555	1 460 363	1 557 928	1 644 701	1 479 876	1 584 241	1 589 119
KÜÇÜKBAŞ	171 034	342 067	310 501	308 900	308 622	254 131	234 678	249 938	263 170	216 863	221 475
KANATLI	15 177	12 647	1 341	10 300	10 818	18 647	199 422	9 088	22 431	21 685	21 685
TOPLAM	1 524 323	2 028 241	1 686 910	1 653 616	1 742 995	1 733 141	1 992 028	1 903 727	1 765 477	1 822 789	1 832 279
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	30 375	37 989	31 215	30 291	32 315	33 150	35 365	37 335	33 593	35 962	36 074
KÜÇÜKBAŞ	3 882	7 765	7 048	7 012	7 006	5 769	5 327	5 674	5 974	4 923	5 027
KANATLI	345	287	30	234	246	423	4 527	206	509	492	492
TOPLAM	34 602	46 041	38 293	37 537	39 567	39 342	45 219	43 215	40 076	41 377	41 593
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	3 375	4 221	3 468	3 366	3 591	3 683	3 929	4 148	3 733	3 996	4 008
KÜÇÜKBAŞ	431	863	783	779	778	641	592	630	664	547	559
KANATLI	38	32	3	26	27	47	503	23	57	55	55
TOPLAM	3 844	5 116	4 254	4 171	4 396	4 371	5 024	4 801	4 454	4 598	4 621

Çizelge 4.7.'de görüldüğü üzere 2012 ve 2022 yılları arasında Kütahya ili Emet ilçesindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarında bir miktar artış yaşanmıştır. 2022 yılında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları sırasıyla 10 750 adet, 31 117 adet ve 8 573 adet olarak gerçekleşmiştir. Bu hayvanlardan 2022 yılında toplam 134 649 ton yaş atık ve 9 161 ton katı atık elde edilebileceği, bu atıklardan da yaklaşık 1.8 milyon m³ biyogaz elde edilebileceği hesaplanmıştır. Biyogazın enerji eşdeğeri 41 593 GJ olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi 4 621 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.8. Gediz İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Gediz ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Gediz ilçesi biyogaz potansiyeli

GEDİZ											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	14 008	14 500	12 979	13 935	12 870	13 250	13 400	13 781	13 257	13 686	13 200
KÜÇÜKBAŞ	32 126	40 000	38 500	38 500	43 437	37 500	41 650	42 404	35 000	52 685	40 000
KANATLI	28 000	119 500	93 610	128 640	129 180	128 680	4 701	68 142	58 980	84 870	84 870
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	138 049	142 897	127 908	137 329	126 834	130 579	132 057	135 812	130 648	134 875	130 086
KÜÇÜKBAŞ	29 315	36 500	35 131	35 132	39 636	34 218	38 006	38 693	31 937	48 075	36 500
KANATLI	1 022	4 362	3 417	4 695	4 715	4 696	172	2 487	2 153	3 098	3 098
TOPLAM	168 386	183 759	166 456	177 156	171 185	169 493	170 235	176 992	164 738	186 048	169 684
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	10 354	10 717	9 593	10 300	9 513	9 794	9 905	10 186	9 798	10 116	9 756
KÜÇÜKBAŞ	1 143	1 424	1 370	1 370	1 546	1 335	1 482	1 509	1 246	1 875	1 424
KANATLI	354	1 511	1 184	1 627	1 634	1 627	59	862	746	1 073	1 073
TOPLAM	11 851	13 652	12 147	13 297	12 693	12 756	11 446	12 557	11 790	13 064	12 253
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m³)											
BÜYÜKBAŞ	2 070 733	2 143 463	1 918 621	2 059 942	1 902 508	1 958 681	1 980 855	2 037 177	1 959 716	2 023 133	1 951 290
KÜÇÜKBAŞ	228 657	284 700	274 024	274 024	309 163	266 906	296 444	301 810	249 113	374 985	284 700
KANATLI	70 825	302 269	236 782	325 388	326 754	325 490	11 891	172 362	149 187	214 674	214 674
TOPLAM	2 370 215	2 730 432	2 429 427	2 659 354	2 538 425	2 551 077	2 289 190	2 511 349	2 358 016	2 612 793	2 450 664
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	47 006	48 657	43 553	46 761	43 187	44 461	44 965	46 244	44 486	45 925	44 294
KÜÇÜKBAŞ	5 191	6 463	6 220	6 220	7 018	6 059	6 729	6 851	5 655	8 512	6 463
KANATLI	1 608	6 862	5 375	7 386	7 417	7 389	270	3 913	3 387	4 873	4 873
TOPLAM	53 805	61 982	55 148	60 367	57 622	57 909	51 964	57 008	53 528	59 310	55 630
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	5 222	5 407	4 839	5 196	4 798	4 940	4 996	5 138	4 943	5 103	4 922
KÜÇÜKBAŞ	577	718	691	691	780	673	748	761	628	946	718
KANATLI	179	762	597	821	824	821	30	435	376	541	541
TOPLAM	5 978	6 887	6 127	6 708	6 402	6 434	5 774	6 334	5 947	6 590	6 181

Çizelge 4.8.'de görüldüğü üzere Kütahya ili Gediz ilçesinde 2012-2022 yılları arasında küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarında artış yaşanmıştır. 2022 yılında ilçedeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının sırasıyla 13 200, 40 000 ve 84 870 adet olduğu görülmüştür. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan 2022 yılında 169 684 ton yaş atık ve 12 253 ton katı atık elde edilebileceği belirlenmiştir. Bu atıklardan üretilen biyogaz miktarı yaklaşık olarak 2.45 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Biyogazın enerji eşdeğeri 55 630 GJ olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 6 181 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.9. Hisarcık İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Hisarcık ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Hisarcık ilçesi biyogaz potansiyeli

HİSARCİK											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	4 585	4 375	4 407	4 540	4 683	4 983	5 695	6 059	4 998	4 943	4 850
KÜÇÜKBAŞ	16 281	16 537	18 100	17 980	19 839	14 212	15 596	16 764	12 000	17 637	13 531
KANATLI	6 500	6 552	1 210	6 235	7 811	9 182	224 455	1 560	3 069	2 840	2 840
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	45 186	43 116	43 431	44 742	46 151	49 107	56 124	59 711	49 255	48 713	47 797
KÜÇÜKBAŞ	14 856	15 090	16 516	16 407	18 103	12 968	14 231	15 297	10 950	16 094	12 347
KANATLI	237	239	44	227	285	335	8 193	57	112	104	103
TOPLAM	60 279	58 445	59 991	61 376	64 539	62 410	78 548	75 065	60 317	64 911	60 247
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	3 389	3 233	3 257	3 356	3 461	3 683	4 209	4 478	3 694	3 653	3 584
KÜÇÜKBAŞ	579	589	644	640	706	506	555	597	427	628	482
KANATLI	82	83	15	79	99	116	2 839	20	39	36	36
TOPLAM	4 050	3 905	3 916	4 075	4 266	4 305	7 603	5 095	4 160	4 317	4 102
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m³)											
BÜYÜKBAŞ	677 778	646 734	651 465	671 125	692 264	736 612	841 863	895 671	738 829	730 699	716 951
KÜÇÜKBAŞ	115 880	117 702	128 826	127 973	141 204	101 154	111 005	119 318	85 410	125 531	96 307
KANATLI	16 441	16 573	3 061	15 771	19 758	23 225	567 748	3 946	7 763	7 184	7 184
TOPLAM	810 099	781 009	783 352	814 869	853 226	860 991	1 520 616	1 018 935	832 002	863 414	820 442
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	15 386	14 681	14 788	15 235	15 714	16 722	19 110	20 331	16 771	16 588	16 275
KÜÇÜKBAŞ	2 630	2 672	2 924	2 905	3 206	2 296	2 520	2 709	1 939	2 850	2 186
KANATLI	373	376	69	358	448	527	12 888	90	176	163	163
TOPLAM	18 389	17 729	17 781	18 498	19 368	19 545	34 518	23 130	18 886	19 599	18 624
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	1 710	1 631	1 643	1 692	1 746	1 858	2 123	2 259	1 863	1 843	1 808
KÜÇÜKBAŞ	292	297	325	323	356	255	280	301	215	317	243
KANATLI	41	42	8	40	50	59	1 432	10	20	18	18
TOPLAM	2 043	1 970	1 976	2 055	2 152	2 172	3 835	2 570	2 098	2 178	2 069

Çizelge 4.9.'a bakıldığında 2012 ile 2022 yılları arasında Kütahya ili Hisarcık ilçesindeki büyükbaş hayvan sayısı fazla bir değişim göstermezken küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarında bir miktar azalma görülmüştür. 2022 yılındaki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları sırasıyla 4 850, 13 231 ve 2 840 adet olmuştur. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan elde edilen yaş atık miktarı toplam 60 247 ton ve kuru atık miktarı ise 4 102 ton olarak belirlenmiştir. Bu atıklardan üretililecek biyogaz miktarı ise yaklaşık 820 442 m³ olmaktadır. Bu miktardaki biyogazın enerji eşdeğeri 18 624 GJ olup, elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 2 069 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.10. Pazarlar İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Pazarlar ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.10.'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Pazarlar ilçesi biyogaz potansiyeli

PAZARLAR											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	2 848	3 304	2 264	2 000	2 117	2 362	2 403	2 590	2 575	2 798	2 700
KÜÇÜKBAŞ	3 923	5 425	5 500	6 500	5 800	7 610	5 536	6 270	8 000	11 374	8 726
KANATLI	4 450	4 200	80	33 475	3 800	3 800	1 735	1 785	2 118	484	484
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	28 067	32 561	22 312	19 710	20 863	23 277	23 681	25 525	25 377	27 574	26 609
KÜÇÜKBAŞ	3 579	4 950	5 018	5 931	5 292	6 944	5 052	5 721	7 300	10 379	7 962
KANATLI	162	153	3	1 222	139	139	63	65	77	18	17
TOPLAM	31 808	37 664	27 333	26 863	26 294	30 360	28 796	31 311	32 754	37 971	34 588
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	2 105	2 442	1 673	1 478	1 565	1 746	1 776	1 914	1 903	2 068	1 995
KÜÇÜKBAŞ	140	193	196	231	206	271	197	223	285	405	311
KANATLI	56	53	1	424	48	48	22	23	27	6	6
TOPLAM	2 301	2 688	1 870	2 133	1 819	2 065	1 995	2 160	2 215	2 479	2 312
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m³)											
BÜYÜKBAŞ	421 006	488 414	334 676	295 650	312 945	349 163	355 224	382 867	380 649	413 615	399 128
KÜÇÜKBAŞ	27 922	38 612	39 146	46 264	41 282	54 164	39 402	44 627	56 941	80 954	62 107
KANATLI	11 256	10 624	202	84 673	9 612	9 612	4 389	4 515	5 357	1 224	1 224
TOPLAM	460 184	537 650	374 024	426 587	363 839	412 939	399 015	432 009	442 947	495 793	462 459
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	9 556	11 087	7 596	6 712	7 104	7 926	8 064	8 692	8 641	9 389	9 060
KÜÇÜKBAŞ	634	877	889	1 050	937	1 230	894	1 013	1 292	1 838	1 410
KANATLI	256	241	5	1 922	218	218	100	102	122	28	28
TOPLAM	10 446	12 205	8 490	9 684	8 259	9 374	9 058	9 807	10 055	11 255	10 498
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	1 063	1 232	844	745	789	881	896	966	960	1 044	1 006
KÜÇÜKBAŞ	70	97	99	117	105	137	99	113	144	204	157
KANATLI	28	27	1	214	24	24	11	11	14	3	3
TOPLAM	1 161	1 356	943	1 076	918	1 042	1 006	1 090	1 118	1 251	1 166

Çizelge 4.10.'da görüldüğü gibi Kütahya ili Pazarlar ilçesinde 2022 yılında büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları sırasıyla 2 700, 8 726 ve 484 olup, bu hayvanlardan elde edilebilecek yaş atık miktarı toplam 34 588 ton/yıl ve kuru atık miktarı 2 312 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Mevcut atıklardan toplamda 462 459 m³ biyogaz üretilebileceği hesaplanmıştır. Bu miktardaki biyogazın enerji eşdeğeri 10 498 GJ, elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 1 166 MWh olarak hesaplanmıştır

4.1.11. Simav İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Simav ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Simav ilçesi biyogaz potansiyeli

SİMAV											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	29 800	31 540	32 783	32 730	33 650	35 976	39 704	38 544	39 505	40 935	39 500
KÜÇÜKBAŞ	81 000	80 793	80 000	80 000	80 000	77 000	80 551	77 000	76 200	94 724	65 000
KANATLI	18 000	17 540	183 125	203 625	20 625	20 041	20 481	21 295	23 408	22 490	22 490
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	293 679	310 826	323 076	322 555	331 621	354 543	391 283	379 851	389 322	403 414	389 272
KÜÇÜKBAŞ	73 912	73 724	73 000	73 000	73 000	70 262	73 503	70 262	69 532	86 436	59 312
KANATLI	657	640	6 684	7 432	753	731	747	777	854	821	821
TOPLAM	368 248	385 190	402 760	402 987	405 374	425 537	465 533	450 890	459 708	490 671	449 405
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	22 025	23 312	24 231	24 192	24 871	26 591	29 346	28 489	29 199	30 257	29 196
KÜÇÜKBAŞ	2 883	2 875	2 847	2 847	2 847	2 740	2 867	2 740	2 712	3 371	2 313
KANATLI	228	222	2 316	2 575	261	253	259	269	296	284	284
TOPLAM	25 136	26 409	29 394	29 614	27 979	29 584	32 472	31 498	32 207	33 912	31 793
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m ³)											
BÜYÜKBAŞ	4 405 185	4 662 401	4 846 147	4 838 313	4 974 311	5 318 152	5 869 243	5 697 766	5 839 826	6 051 216	5 839 088
KÜÇÜKBAŞ	576 518	575 043	569 400	569 400	569 400	548 047	573 322	548 048	542 354	674 198	462 638
KANATLI	45 530	44 367	463 206	515 059	52 170	50 693	51 806	53 865	59 209	56 887	56 887
TOPLAM	5 027 233	5 281 811	5 878 753	5 922 772	5 595 881	5 916 892	6 494 371	6 299 679	6 441 389	6 782 301	6 358 613
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	99 997	105 836	110 008	109 830	112 918	120 721	133 232	129 339	132 565	137 363	132 547
KÜÇÜKBAŞ	13 087	13 054	12 925	12 925	12 925	12 441	13 014	12 441	12 311	15 304	10 502
KANATLI	1 034	1 007	10 515	11 692	1 184	1 151	1 176	1 223	1 344	1 291	1 291
TOPLAM	114 118	119 897	133 448	134 447	127 027	134 313	147 422	143 003	146 220	153 958	144 340
ÜRETİLEBİLECEK ELRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	11 111	11 760	12 224	12 204	12 546	13 414	14 803	14 371	14 729	15 263	14 728
KÜÇÜKBAŞ	1 454	1 450	1 436	1 436	1 436	1 382	1 446	1 382	1 368	1 700	1 167
KANATLI	115	112	1 168	1 299	132	128	131	136	149	143	143
TOPLAM	12 680	13 322	14 828	14 939	14 114	14 924	16 380	15 889	16 246	17 106	16 038

Çizelge 4.11.'de Kütahya ili Simav ilçesinin 2012 ile 2022 yılları arasındaki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları, yaş ve katı atık miktarları ve biyogaz üretim potansiyeli verilmiştir. 2022 yılı itibarıyla büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının sırasıyla 39 500, 65 000 ve 22 490 adet olduğu görülmektedir. Bu hayvanlardan elde edilebilecek yaş atık toplamı 2022 yılı için 449 405 ton ve kuru atık toplam 31 793 ton olarak belirlenmiştir. Mevcut atıklardan yaklaşık 6.36 milyon m³ biyogaz üretilbileceği hesaplanmıştır. Biyogazın enerji eşdeğeri 144 340 GJ, elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 16 038 MWh olarak hesaplanmıştır.

4.1.12. Şaphane İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Şaphane ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Şaphane ilçesi biyogaz potansiyeli

ŞAPHANE											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	2 587	2 764	2 772	2 335	2 550	2 612	2 914	3 010	2 848	2 746	2 650
KÜÇÜKBAŞ	13 431	12 949	13 250	10 900	11 500	12 250	13 081	12 934	12 570	20 370	15 628
KANATLI	7 200	7 340	8 690	11 265	1 390	7 653	7 873	8 033	7 191	6 259	6 259
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	25 495	27 239	27 318	23 012	25 130	25 741	28 718	29 664	28 067	27 062	26 116
KÜÇÜKBAŞ	12 256	11 816	12 091	9 946	10 494	11 178	11 936	11 802	11 470	18 588	14 260
KANATLI	263	268	317	411	51	279	287	293	262	228	228
TOPLAM	38 014	39 323	39 726	33 369	35 675	37 198	40 941	41 759	39 799	45 878	40 604
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	1 912	2 043	2 048	1 726	1 885	1 930	2 153	2 225	2 105	2 030	1 959
KÜÇÜKBAŞ	478	461	472	388	409	436	466	460	447	725	556
KANATLI	91	93	110	142	18	97	100	102	91	79	79
TOPLAM	2 481	2 597	2 630	2 256	2 312	2 463	2 719	2 787	2 643	2 834	2 594
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m³)											
BÜYÜKBAŞ	382 423	408 588	409 771	345 171	376 954	386 119	430 762	444 953	421 006	405 928	391 736
KÜÇÜKBAŞ	95 595	92 165	94 307	77 581	81 851	87 189	93 104	92 058	89 467	144 983	111 232
KANATLI	18 212	18 566	21 981	28 494	3 516	19 358	19 914	20 319	18 189	15 832	15 832
TOPLAM	496 230	519 319	526 059	451 246	462 321	492 666	543 780	557 330	528 662	566 743	518 800
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	8 681	9 276	9 302	7 835	8 557	8 766	9 779	10 100	9 557	9 215	8 893
KÜÇÜKBAŞ	2 170	2 092	2 141	1 761	1 858	1 979	2 113	2 090	2 031	3 291	2 525
KANATLI	413	421	499	647	80	439	452	461	413	359	359
TOPLAM	11 264	11 789	11 942	10 243	10 495	11 184	12 344	12 651	12 001	12 865	11 777
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	965	1 031	1 034	871	951	974	1 087	1 123	1 061	1 023	988
KÜÇÜKBAŞ	241	232	238	196	206	220	235	232	226	366	281
KANATLI	46	47	55	72	9	49	50	51	46	40	40
TOPLAM	1 252	1 310	1 327	1 139	1 166	1 243	1 372	1 406	1 333	1 429	1 309

Çizelge 4.12. incelendiğinde Kütahya ili Şaphane ilçesi için 2012- 2022 yılları arasındaki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları, yaş ve katı atık miktarları ve biyogaz üretim potansiyeli verilmiştir. 2022 yılı itibariyle büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının sırasıyla 2 650, 15 628 ve 6 259 adet olduğu görülmektedir. Bu hayvanlardan elde edilebilecek yaş atık toplamı 2022 yılı için 40 604 ton ve kuru atık miktarı ise toplam 2 594 ton olarak belirlenmiştir. Mevcut atıklardan 518 800 m³ biyogaz üretilbileceği hesaplanmıştır. Biyogazın enerji eşdeğeri 11 777 GJ, elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 1 309 MWh olarak belirlenmiştir.

4.1.13. Tavşanlı İlçesi Biyogaz Potansiyeli

Çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda, Kütahya ili Tavşanlı ilçesi için elde edilen veriler Çizelge 4.13.'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Tavşanlı ilçesi biyogaz potansiyeli

TAVŞANLI											
HAYVAN SAYILARI (Adet)											
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
BÜYÜKBAŞ	29 465	30 647	33 150	32 300	31 000	35 804	38 101	39 787	34 502	38 118	36 650
KÜÇÜKBAŞ	48 470	52 000	57 000	57 000	57 500	55 000	58 169	55 972	41 030	64 561	49 531
KANATLI	934 000	1 090 000	931 960	953 000	953 000	1556 142	1002 333	1002 125	1594 021	1086 303	1086 303
YAŞ ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	290 377	302 026	326 694	318 317	305 505	352 849	375 485	392 102	340 017	375 653	361 186
KÜÇÜKBAŞ	44 229	47 450	52 012	52 012	52 469	50 187	53 079	51 074	37 439	58 912	45 197
KANATLI	34 091	39 785	34 016	34 784	34 784	56 799	36 585	36 577	58182	39 650	39 650
TOPLAM	368 697	389 261	412 722	405 113	392 758	459 835	465 149	479 753	435 638	474 215	446 033
KATI ATIK MİKTARI (ton/yıl)											
BÜYÜKBAŞ	21 778	22 651	24 502	23 874	22 913	26 464	28 161	29 408	25 501	28 173	27 088
KÜÇÜKBAŞ	1 725	1 851	2 028	2 028	2 046	1 957	2 070	1 992	1 460	2 298	1 763
KANATLI	11 813	13 786	11 787	12 053	12 053	19 681	12 677	12 674	20 160	13 739	13 739
TOPLAM	35 316	38 288	38 317	37 955	37 012	48 102	42 908	44 074	47 121	44 210	42 590
BİYOGAZ POTANSİYELİ (m ³)											
BÜYÜKBAŞ	4 355 664	4 530 393	4 900 399	4 774 748	4 582 575	5 292 726	5 632 280	5 881 513	5 100 258	5 634 793	5 417 786
KÜÇÜKBAŞ	344 985	370 110	405 698	405 698	409 256	391 463	414 018	398 381	292 031	459 513	352 537
KANATLI	2 362 506	2 757 101	2 357 346	2 410 566	2 410 566	3 936 183	2 535 351	2 534 825	4 031 996	2 747 749	2 747 749
TOPLAM	7 063 155	7 657 603	7 663 442	7 591 011	7 402 397	9 620 372	8 581 649	8 814 719	9 424 286	8 842 055	8 518 072
BİYOGAZ ENERJİ DEĞERİ (GJ)											
BÜYÜKBAŞ	98 874	102 841	111 239	108 387	104 024	120 145	127 853	133 510	115 776	127 910	122 983
KÜÇÜKBAŞ	7 831	8 401	9 209	9 209	9 290	8 886	9 398	9 043	6 629	10 431	8 003
KANATLI	53 629	62 586	53 512	54 720	54 720	89 351	57 552	57 541	91 526	62 374	62 374
TOPLAM	160 334	173 828	173 960	172 316	168 034	218 382	194 803	200 094	213 931	200 715	193 360
ÜRETİLEBİLECEK ELEKTRİK ENERJİSİ (MWh)											
BÜYÜKBAŞ	10 986	11 427	12 360	12 043	11 558	13 349	14 206	14 835	12 863	14 213	13 665
KÜÇÜKBAŞ	870	933	1 023	1 023	1 032	988	1 044	1 005	737	1 159	889
KANATLI	5 959	6 954	5 946	6 080	6 080	9 928	6 395	6 393	10 170	6 930	6 930
TOPLAM	17 815	19 314	19 329	19 146	18 670	24 265	21 645	22 233	23 770	22 302	21 484

Çizelge 4.13.'te Kütahya ili Tavşanlı ilçesi için 2012- 2022 yılları arasındaki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları, yaş ve katı atık miktarları ile biyogaz üretim potansiyeli verilmiştir. 2022 yılı itibariyle büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının sırasıyla 36 650, 49 531 ve 1 086 303 adet olduğu görülmektedir. Elde edilen yaş atık miktarı toplam 446 033 ton/yıl ve kuru atık miktarı toplam 42 590 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık 8.5 milyon m³ olarak hesaplanmıştır. Biyogazın enerji eşdeğeri 193 360 GJ, elde edilebilecek elektrik enerjisi ise 21 484 MWh olarak belirlenmiştir.

4.2. Kütahya İli Biyogaz Potansiyeli

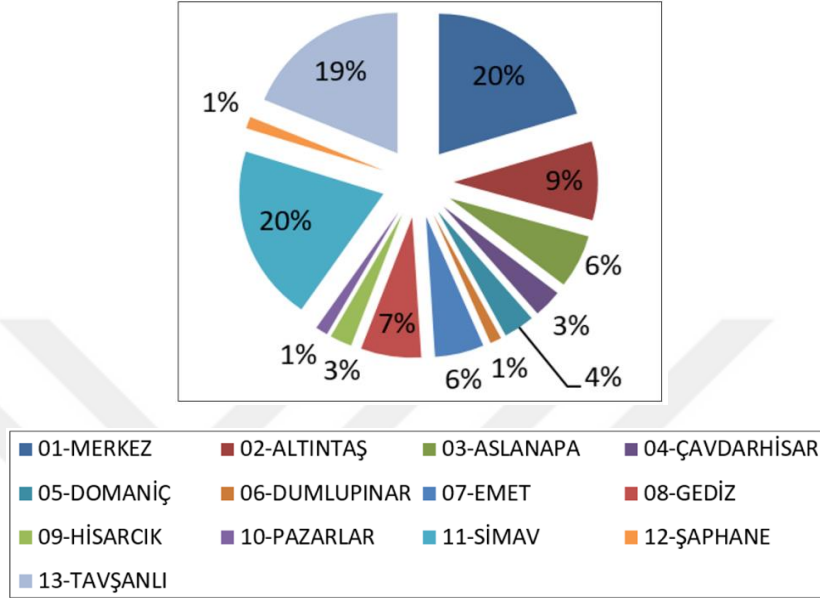
Kütahya ilçelerinde 2022 yılına ait hayvan sayıları Çizelge 4.14.'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Kütahya ili ilçeler bazında 2022 yılı hayvan sayıları

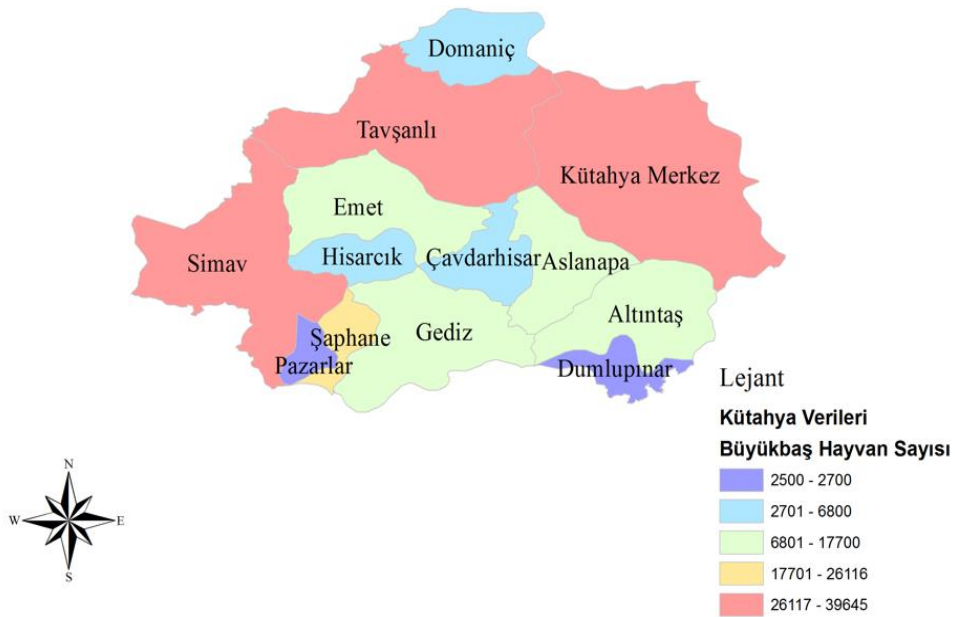
İlçeler	Büyükbaş	%	Küçükbaş	%	Kanatlı	%
Merkez	39 645	20,31	107 905	22,75	259 317	14,95
Altıntaş	17 700	9,07	42 850	9,04	200 795	11,58
Aslanapa	12 000	6,15	65 000	13,71	37 700	2,17
Çavdarhisar	6 250	3,20	13 000	2,74	3 130	0,18
Domanıç	6 800	3,48	14 350	3,03	20 680	1,19
Dumlupınar	2 500	1,28	7 625	1,61	515	0,03
Emet	10 750	5,50	31 117	6,56	8 573	0,50
Gediz	13 200	6,76	40 000	8,43	84 870	4,89
Hisarcık	4 850	2,48	13 531	2,85	2 840	0,16
Pazarlar	2 700	1,38	8 726	1,84	484	0,028
Simav	39 500	20,25	65 000	13,70	22 490	1,30
Şaphane	2 650	1,36	15 628	3,30	6 259	0,36
Tavşanlı	36 650	18,78	49 531	10,44	1 086 303	62,65
Toplam	195 195	100	474 263	100	1 733 956	100

Çizelge 4.14.'te görüldüğü üzere, Kütahya ili Merkez ve ilçelerinde 2022 yılında toplam 195 195 adet büyükbaş, 474 263 adet küçükbaş ve 1 733 956 adet kanatlı (kümes) hayvan bulunmaktadır. Hayvanların ilçelere dağılımına bakıldığında, en çok büyükbaş hayvan varlığı Merkez ilçe, Simav ve Tavşanlı ilçelerindedir. Büyükbaş hayvan varlığının yaklaşık %60'ı bu üç ilçede bulunmaktadır. Küçükbaş hayvan sayılarına bakıldığında, il genelinde en fazla küçükbaş hayvan sayısı 107 905 adet (% 22,75) ile Merkez ilçede bulunmaktadır. Merkez ilçeden sonra Aslanapa, Simav ve Tavşanlı ilçeleri gelmektedir. Kanatlı hayvan sayısı en fazla olan ilçe ise % 62,65 oranıyla Tavşanlı'dır. Daha sonra sırasıyla Merkez ve Altıntaş ilçeleri gelmektedir.

Şekil 4.1 ve 4.2’de Kütahya ilinin 2022 yılındaki büyükbaş hayvan sayılarının ilçelere dağılımı verilmiştir. Büyükbaş hayvan sayısı en çok 39 645 adet ile merkez ilçede olup, onu sırasıyla 39 500 adet ile Simav ve 36 650 adet ile Tavşanlı ilçeleri takip etmektedir.

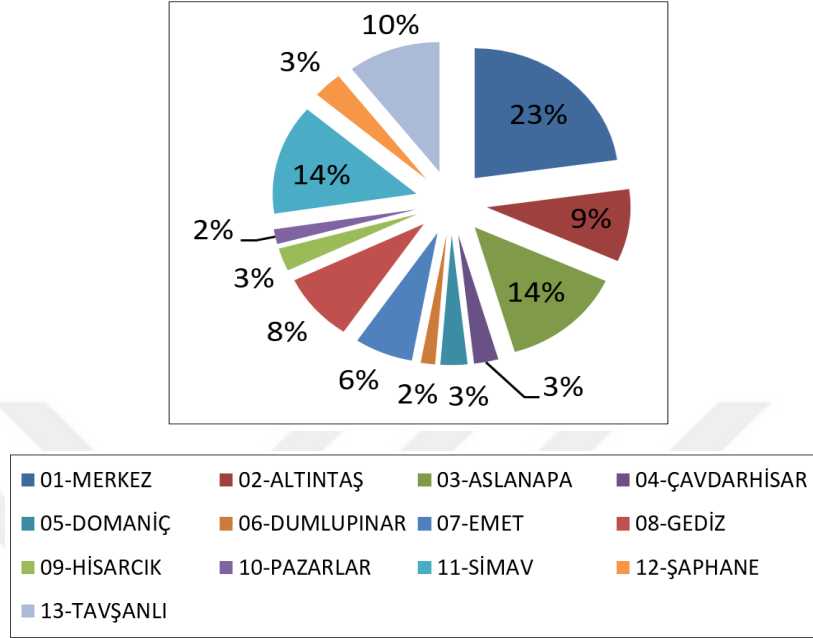


Şekil 4.1. İlçelere göre 2022 yılı büyükbaş hayvan sayılarının dağılımı

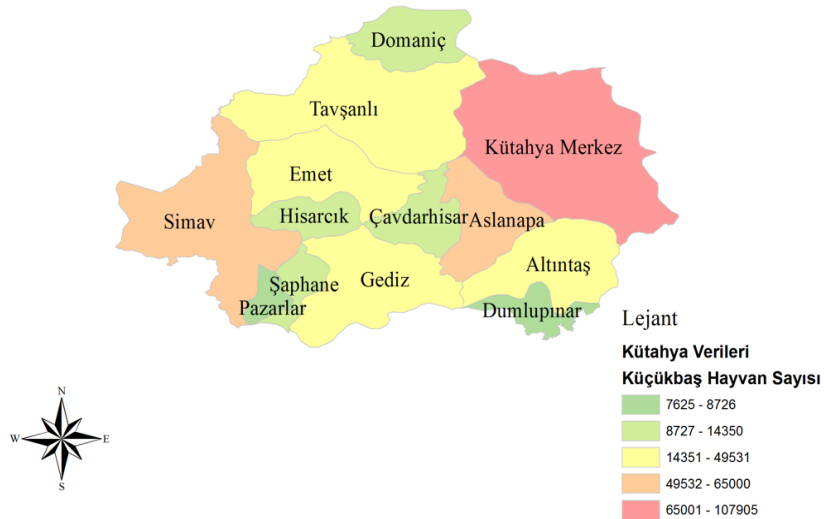


Şekil 4.2. Kütahya ili 2022 yılı büyükbaş hayvan varlığı haritası

Şekil 4.3 ve 4.4'te Kütahya ilinin 2022 yılındaki küçükbaş hayvan sayılarının ilçelere dağılımı verilmiştir.

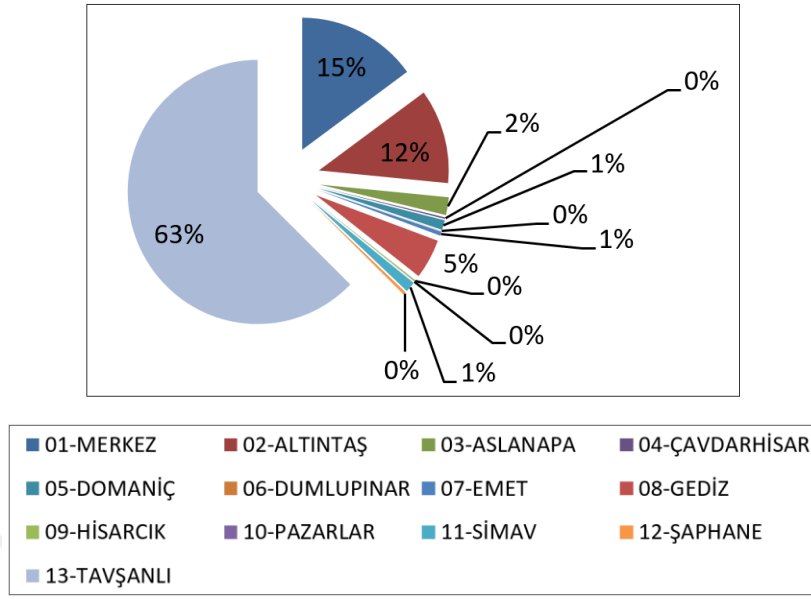


Şekil 4.3. İlçelere göre 2022 yılı küçükbaş hayvan sayılarının dağılımı

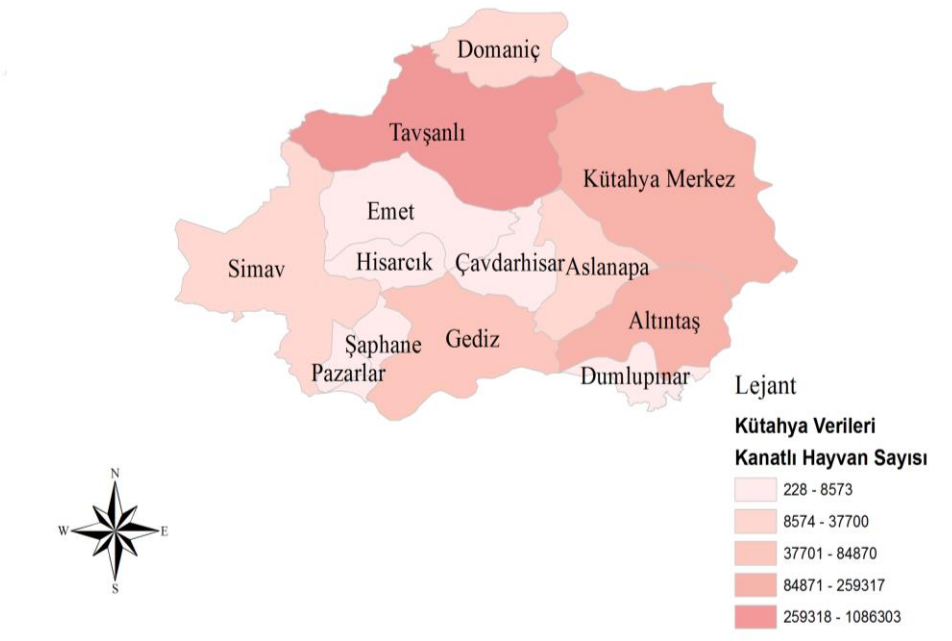


Şekil 4.4. Kütahya ili 2022 yılı küçükbaş hayvan varlığı haritası

Şekil 4.5 ve 4.6'da Kütahya ilinin 2022 yılındaki kanatlı hayvan sayılarının ilçelere dağılımı verilmiştir.



Şekil 4.5. İlçelere göre 2022 yılı kanatlı hayvan sayılarının dağılımı



Şekil 4.6. Kütahya ili 2022 yılı kanatlı hayvan varlığı haritası

Kütahya ili Merkez ve ilçelerinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan elde edilebilecek yaş ve katı atık miktarları Çizelge 4.15’de, biyogaz ve enerji potansiyeli değerleri ise Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Kütahya ili 2022 yılı hayvansal yaş ve katı atık miktarları

İlçeler	Büyükbaş		Küçükbaş		Kanatlı	
	Yaş Atık (ton/yıl)	Katı Atık (ton/yıl)	Yaş Atık (ton/yıl)	Katı Atık (ton/yıl)	Yaş Atık (ton/yıl)	Katı Atık (ton/yıl)
Merkez	390 702	29 302	98 463	3 840	9 465	3 280
Altıntaş	174 433	13 083	39 101	1 525	7 329	2 540
Aslanapa	118 260	8 870	59 312	2 313	1 376	477
Çavdarhisar	61 594	4 620	11 862	462	114	40
Domaniç	67 014	5 025	13 094	511	755	262
Dumlupınar	24 637	1 848	6 958	271	19	7
Emet	105 942	7 946	28 394	1 107	313	108
Gediz	130 086	9 756	36 500	1 424	3 098	1 073
Hisarcık	47 797	3 684	12 347	482	103	26
Pazarlar	26 609	1 995	7 962	311	17	6
Simav	389 272	29 196	59 312	2 313	821	284
Şaphane	26 116	1 959	14 260	556	228	79
Tavşanlı	361 186	27 088	45 197	1 763	39 650	13 739
Toplam	1 923 648	144 372	432 762	16 878	63 288	21 921

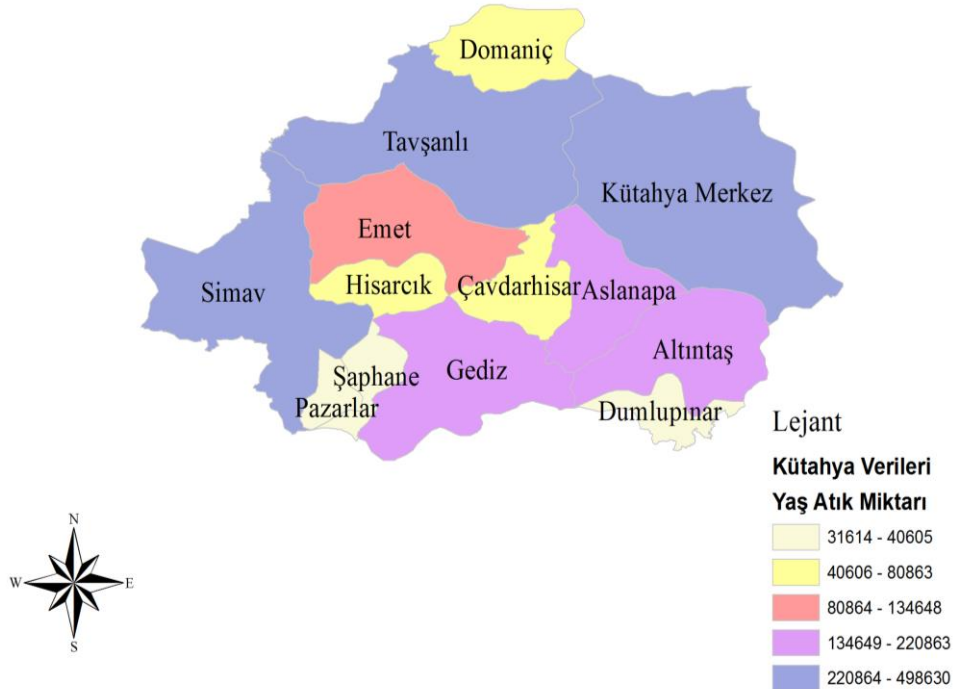
Çizelge 4.16. Kütahya ilçelerinde 2022 yılı biyogaz potansiyeli ve enerji eşdeğeri

İlçeler	Toplam Yaş Atık (ton/yıl)	Toplam Katı Atık (ton/yıl)	Biyogaz Potansiyeli (m ³)	Enerji Eşdeğer (GJ)	Elektrik Enerjisi (MWh)	Kurulu Güç (kW)
Merkez	498 630	36 422	7 284 465	165 358	18 373	2 097
Altıntaş	220 863	17 147	3 429 389	77 847	8 650	987
Aslanapa	178 948	11 660	2 331 898	52 935	5 882	671
Çavdarhisar	73 570	5 122	1 024 351	23 253	2 584	295
Domaniç	80 863	5 798	1 159 655	26 323	2 925	334
Dumlupınar	31 614	2 126	425 137	9 651	1 072	122
Emet	134 649	9 161	1 832 279	41 593	4 621	528
Gediz	169 684	12 253	2 450 664	55 630	6 181	706
Hisarcık	60 247	4 102	820 442	18 624	2 069	236
Pazarlar	34 588	2 312	462 459	10 498	1 166	133
Simav	449 405	31 793	6 358 613	144 340	16 038	1 831
Şaphane	40 604	2 594	518 800	11 777	1 309	149
Tavşanlı	446 033	42 590	8 518 072	193 360	21 484	2 453
Toplam	2 419 698	183 080	36 614 224	831 189	92 354	10 542

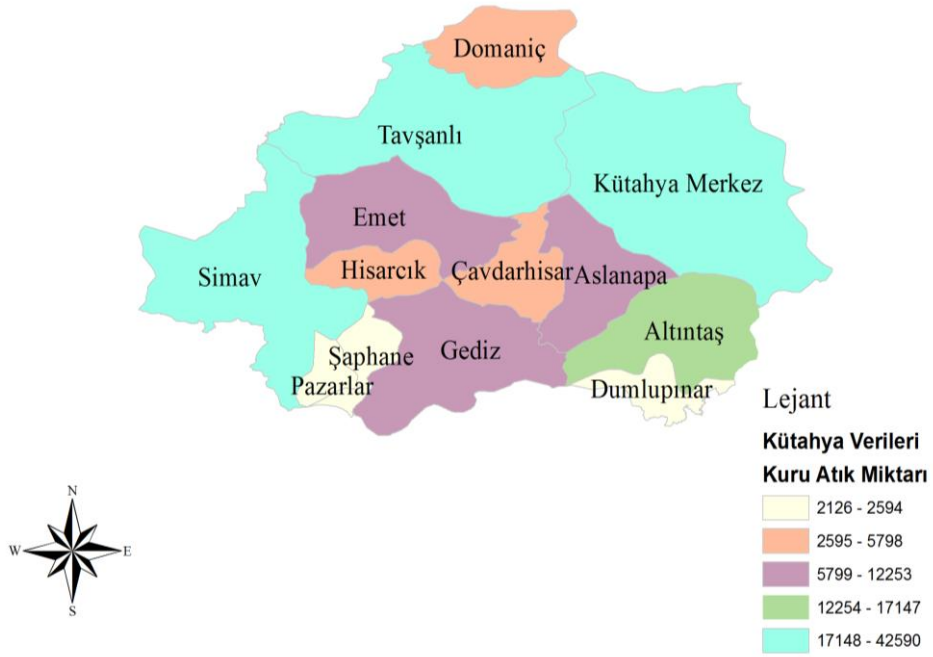
Kütahya ilinde 2022 yılı için hayvansal yaş atık miktarı toplamı 2 419 698 ton olup, bu miktarın 1 923 648 tonu büyükbaş hayvanlardan, 432 762 tonu küçükbaş hayvanlardan ve 63 288 tonu ise kanatlı hayvanlardan elde edilebilmektedir. En fazla atık miktarı Merkez, Simav ve Tavşanlı ilçelerinde olmaktadır. En az atık ise Dumlupınar, Pazarlar ve Şaphane ilçelerinde görülmektedir. Katı atık miktarlarına bakılacak olursa, 2022 yılı için toplam katı atık miktarı 183 080 ton olup, bu miktarın 144 372 tonu büyükbaş hayvanlardan, 16 878 tonu küçükbaş hayvanlardan ve 21 921 tonu da kanatlı hayvanlardan sağlanmaktadır.

Kütahya ilinde 2022 yılı için hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli 36 614 224 m³ olup, biyogaz potansiyeli en yüksek ilçe 8 518 072 m³ ile Tavşanlı ilçesidir. Onu 7 284 465 m³ ile Merkez ve 6 358 613 m³ ile Simav ilçeleri takip etmektedir.

Kütahya ili ilçelerine ait yaş ve kuru atık miktarları ile biyogaz potansiyellerine ait haritalar da Şekil 4.7 - 4.8 ve 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.7. Kütahya ili 2022 yılı hayvansal yaş atık dağılımı

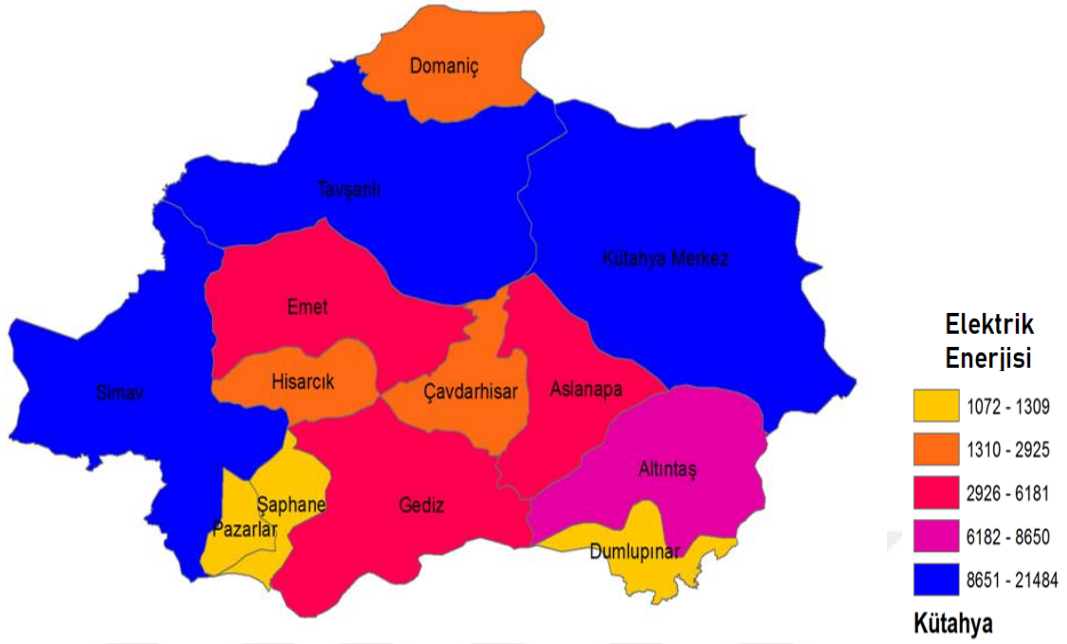


Şekil 4.8. Kütahya ili 2022 yılı kuru atık veri haritası



Şekil 4.9. Kütahya ili 2022 yılı biyogaz potansiyeli haritası

Kütahya ili ve ilçelerine ait hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz ile üretilen elektrik enerjisi miktarının ilçelere göre dağılımı Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10. Kütahya ili 2022 yılı biyogazdan üretilebilecek elektrik enerjisi

Biyogaz tesislerinin kurulum yerleri ve kapasiteleri hayvansal atık miktarlarının durumu ve taşınabilme mesafeleri dikkate alınarak belirlenmelidir. Elde edilen biyogazın elektrik üretim amaçlı kullanılması halinde Kütahya ilinde 2022 yılında toplamda toplam 92 354 MWh elektrik üretimi sağlanabilecektir. Toplam kurulu güç ise yaklaşık 10.5 MW olarak hesaplanmıştır.

4.3. Kütahya İli Tesis Senaryoları

Kütahya ili ve ilçeleri kapsamında yapılan bu çalışmada, il merkezi ile ilçeler arasındaki mesafeler dikkate alınarak bazı tesis senaryoları geliştirilmiştir. Projelendirilip kurulması sonucunda bulunduğu bölgeye ciddi katkılar sunacağı öngörülen tesisler, Kütahya ilinin yeşil dönüşüme ve bu dönüşümün bir parçası olan biyogaz tesislerine yatırım yapabileceğinin bir göstergesidir.

Biyokütle potansiyel analizlerinde ve uzamsal dağılım oluşturularak biyogaz üretimi için en uygun hammadde alanı, tesis yeri ve sayısı belirlemek CBS sistemleri kullanılarak biyokütle kaynaklarını ulaştırmada 10 ve 40 km aralıklarında mesafe kullanılması uygun görülmektedir (Höhn vd., 2014).

Bu yaklaşım dikkate alındığında şehir genelindeki hayvansal atıkların optimum düzeyde taşınabileceği yakın mesafede bir biyogaz tesisi kurulması uygun görülmüştür.

Çizelge 4.17. ve 4.18'de bu senaryolara ait hesaplama değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.17. Kütahya ili ve ilçeleri kapsamında mesafeye dayalı uzaklık seviyeleri

Lejant	Uzaklık	Mesafe (km)
	1. Seviye	0-25
	2. Seviye	26-40
	3. Seviye	41-50

Çizelge 4.18. Kütahya ili ve ilçeleri kapsamında hesaplanan tesis mesafeleri

	Hesaplanan Tesis Mesafeleri												
(KM)	Merkez	Altıntaş	Aslanapa	Çavdarhisar	Domanıç	Dumlupınar	Emet	Gediz	Hisarcık	Pazarlar	Simav	Şaphane	Tavşanlı
Merkez		47	37	57	88	79	94	90	105	122	139	125	49
Altıntaş	47		67	87	135	32	127	78	138	108	125	111	96
Aslanapa	37	67		29	125	99	69	62	80	94	111	97	86
Çavdarhisar	57	87	29		99	119	43	33	55	65	82	69	61
Domanıç	88	135	125	99		168	79	133	90	153	126	154	39
Dumlupınar	79	32	99	119	168		159	118	161	130	147	133	128
Emet	94	127	69	43	79	159		55	12	75	47	76	45
Gediz	90	78	62	33	133	118	55		43	32	49	35	94
Hisarcık	105	138	80	55	90	161	12	43		70	43	71	56
Pazarlar	122	108	94	65	153	130	75	32	70		27	13	119
Simav	139	125	111	82	126	147	47	49	43	27		28	91
Şaphane	125	111	97	69	154	133	76	35	71	13	28		119
Tavşanlı	49	96	86	61	39	128	45	94	56	119	91	119	

Kütahya il merkezi ve ilçeler arasındaki mesafeler üç seviyede incelenmiştir. Çizelge 4.18.'de görüldüğü gibi Kütahya ili için 1. seviye kapsamında Emet, Hisarcık, Pazarlar ve Şaphane ilçelerinin kesişimi bulunmaktadır. Ancak hayvansal üretim kapasitesi dikkate alındığında bu ilçelerin kesişimindeki bir konuma tesis inşa etmek pek sürdürülebilir olmayacaktır. 2. seviye kapsamında Merkez, Aslanapa, Çavdarhisar, Dumlupınar, Gediz, Pazarlar ve Şaphane yer almaktadır. 3. seviye kapsamında ise Altıntaş ve Tavşanlı ilçeleri bulunmaktadır.

Hesaplanan veriler ışığında Kütahya il merkezine bir biyogaz tesisi inşa edilerek Altıntaş, Aslanapa, Çavdarhisar, Dumlupınar, Gediz ve Tavşanlı ilçelerinden bu lokasyona atık temini kolayca gerçekleştirilebilir. Ancak, kurulması planlanan merkezi biyogaz tesisi, hayvansal atıkların ilçelerden merkeze taşınmasını gerektirdiği için doğal olarak bir lojistik maliyeti meydana getirmektedir. Tesislerin ilk kurulum maliyetleri sonra, işletilmesi esnasında hem hayvansal atıkların merkeze taşınması hem de açığa çıkan fermente gübrenin ve sıvı gübrenin tarım arazilerine iletilmesi amacıyla ekstra maliyetler doğacaktır. Tesisin uzun vadeli ve sürdürülebilir olması hayvansal atıkların temin edileceği çiftçilerin ve/veya işletme sahiplerinin teşvik edilmesi ile mümkün kılınabilir.

Ayrıca Kütahya ili Simav ilçesine bir biyogaz tesisi inşa edildiğinde, Emet, Gediz, Hisarcık, Pazarlar ve Şaphane ilçelerinden hayvansal atıkların tedarik edilmesi ve bu tesise taşınması oldukça elverişli düzeyde gerçekleşecektir. Halihazırda Tavşanlı ilçesinde kurulu ve aktif olarak çalışmaya devam eden biyogaz tesisine alternatif olarak Simav ilçesi konumunda projelendirilen biyogaz tesisi sayesinde Kütahya'da var olan biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi, hayvansal atıkların geri kazanılması ve gübre olarak kalitesinin artırılması, çevre temizliğinin sağlanarak insan sağlığının korunması gibi çeşitli faydaları da beraberinde şehre kazandıracaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada M.Ö. 1000 yılında Asurlular tarafından kullanılmaya başlayan biyogazın serüveni yıllar geçtikçe gelişme göstermiştir. Ülkemizde ise 1957 yılında biyogaz üretimi çalışmaları başlamıştır. Ancak ülkemizde biyogaz ile ilgili çalışmaları 1980 yılı öncesi ve sonrası olarak ayırmamız mümkündür.

Biyogaz alanında yapılan çalışmalar her ne kadar bazı dönemlerde olumlu sonuçlar vermemiş, yeterli teknik bilgi edinme konusunda sıkıntılar yaşanmış ve çiftçiler yeterli düzeyde eğitim almamış olsa da günümüzde, hem dünyada hem de Türkiye'de biyogaz çalışmaları oldukça iyi seviyelere ulaşmış durumdadır.

2023 yılı verileri incelendiğinde ülkemizdeki toplam biyogaz tesisi sayısı 100 adet ve kayıtlı biyogaz tesisi sayısı 49 adet olarak görülmektedir. Kütahya'nın Tavşanlı ilçesi Tunçbilek mevkinde 20 000 m² alana sahip 1 adet biyogaz tesisi bulunmaktadır. Tesis aktif olarak çalışmaya ve elektrik üretmeye devam etmektedir.

Bu çalışmada, Kütahya ili ve ilçeleri için 2012 ve 2022 yılları arasındaki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlara ait veri setleri kullanılmıştır. Bu verilerden yola çıkılarak büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı (kümes) hayvanlardan elde edilebilecek yaş (taze) atık miktarları, katı (kuru) atık miktarları hesaplanmıştır. Daha sonra ise atıkların biyogaz potansiyelleri ilçelere ve yıllara göre tespit edilmiştir.

Kütahya ili Merkez ve ilçelerinde 2022 yılında toplam 195 195 adet büyükbaş, 474 263 adet küçükbaş ve 1 733 956 adet kanatlı hayvan bulunmaktadır. Hayvanların ilçelere dağılımına bakıldığında, en çok büyükbaş hayvan varlığı Merkez ilçe, Simav ve Tavşanlı ilçelerindedir. Büyükbaş hayvan varlığının yaklaşık %60'ı bu üç ilçede bulunmaktadır. İl genelinde en fazla küçükbaş hayvan sayısı 107 905 adet (% 22.75) ile Merkez ilçede bulunmaktadır. Merkez ilçeden sonra Aslanapa, Simav ve Tavşanlı ilçeleri gelmektedir. Kanatlı hayvan sayısı en fazla olan ilçe ise % 62.65 oranıyla Tavşanlı'dır. Daha sonra Merkez ve Altıntaş ilçeleri gelmektedir.

Kütahya ilinde 2022 yılı için hayvansal yaş atık miktarı toplamı 2 419 698 ton olup, bunun 1 923 648 tonu büyükbaş hayvanlardan, 432 762 tonu küçükbaş hayvanlardan ve 63 288 tonu ise kanatlı hayvanlardan elde edilebilmektedir. Aynı yıla ait hayvansal katı atık miktarı ise 183 080 ton olup, bu miktarın 144 372 tonu büyükbaş hayvanlardan, 16 878 tonu küçükbaş hayvanlardan ve 21 921 tonu da kanatlı hayvanlardan sağlanmaktadır.

Kütahya ilinde 2022 yılı için hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli 36 614 224 m³ olup biyogaz potansiyeli en yüksek ilçe 8 518 072 m³ ile Tavşanlı ilçesidir. Onu 7 284 465 m³ ile Merkez ve 6 358 613 m³ ile Simav ilçeleri takip etmektedir.

Literatürde biyogaz üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı da organik atıkların biyogaz üretim potansiyelini belirlemeye yöneliktir. Buna rağmen biyogaz üretiminin önemini ve faydalarını ülke geneline yaymak gerekmektedir. Çünkü ülke topraklarımız hemen her türlü tarımsal üretimin yapılmasına uygun olup beraberinde hayvansal üretimi de gerekli kılmaktadır.

Biyogaz, saflaştırma işlemlerinden sonra doğalgaz yerine kullanılabilir. Çünkü biyogaz bileşimi, yoğunluğu ve ısı değeri bakımından doğalgaza yakın özellikler göstermektedir. Biyogaz üretim teknolojisi, ülke ekonomisini yabancı kaynaklara bağlı kılan fosil yakıtların yerine geçerek organik atıkların değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır.

Biyogaz tesislerinden elektrik ve ısı üretilmektedir. Ayrıca tesisin önemli bir çıktısı da içerisindeki pestisit oranının yok denecek kadar azaldığı, yabancı ot tohumlarının çimlenme yeteneğini kaybettiği, çevreyi ve insanları rahatsız eden hayvansal atık kokusunun yok olduğu, ucuz ve çevre dostu "fermente gübre" dir.

Fosil yakıtların kullanımı ile dünya çapında uzun vadede ciddi sıkıntılar ortaya çıkmıştır. Başta küresel ısınma olmak üzere mevsimlerin değişmesi, hastalıkların farklılaşması ve çoğalması, dünyadaki karbon miktarının sürekli artması gibi tüm doğal yaşamı etkileyen bu sorunlara kalıcı çözümler geliştirmek için çalışmalar devam etmektedir. Biyogaz kullanımı çevreye olan yararları yanında başta kullanıldığı ilin ve ülkenin karbon ayak izini azaltmayı sağlarken sonrasında Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine (SKA) ciddi oranda hizmet etmektedir.

Biyogazın üretimi ve kullanımıyla Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine önemli oranda katkı sunulurken, özellikle 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15 ve 17 numaralı amaçlara hizmet sağlanmış olur. İngilizce kısaltmasıyla "SDGs" olarak ifade edilen bu hedefler ülkelerin karbon ayak izini azaltmaları hususunda yaptırımlar ortaya koymaktadır. Şekil 5.1.'de tüm dünyada büyük önem verilen SKA'lar görülmektedir (Anonim, 2022g).



Şekil 5.1. Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDGs)

Biyogaz tesisleri; karbon sıfır çalışan, atıkları bertaraf eden ve sürdürülebilirliği arttıran tesisler olmasına rağmen bu tesislere atıklar parayla satılmaktadır. Bu da tesislerin sürdürülebilirlik senaryosunda oldukça zor durumlar oluşturmaktadır. Asıl müdahale edilmesi gereken husus da burasıdır. Yenilenebilir Enerji Kullanımı Yasası'nda biyogaz tesislerinin teşvik edilmesini destekleyecek düzenlemeler yapılması yerinde olacaktır. Böylece, var olan biyogaz tesislerinin enerji üretim kapasitelerini arttırması, kırsal kesimden kente düzensiz göçün önlenmesine katkı sağlayacaktır.

Tarımsal biyogaz tesislerinin yanı sıra atık su arıtma tesisleri, belediye katı atık arıtma tesisleri, endüstriyel biyogaz tesisleri ve çöp gazı geri kazanım tesisleri kullanılarak çevre ve insan sağlığı korunmalıdır. Biyogaz tesisleri bitkisel ve/veya hayvansal üretimi gerekli kıldığından bu tesislerin varlığını sürdürebilmesi için yapılan teşvikler sayesinde çiftçiler tarım yapmaya, hayvansal üretimi sürdürmeye devam edecektir. Unutmamalıyız ki bir ülkenin kalkınma düzeyi yaptığı üretimin miktarıyla doğru orantılıdır.

6. KAYNAKLAR

- Abdeshahian, P., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H., Lee, C.T., 2016. Potential of Biogas Production from Farm Animal Waste in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60, 715, (2016a).
- Abdeshahian, P., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H., Lee, C. T., 2016. Potential of Biogas Production from Farm Animal Waste in Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60, 714-723, (2016b). <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser>
- Aksay, M. V., Tabak, A., 2022. Mapping of Biogas Potential of Animal and Agricultural Wastes in Turkey. [Biomass Conversion and Biorefinery](#) 12(11), 1-18. DOI:[10.1007/s13399-022-02538-6](https://doi.org/10.1007/s13399-022-02538-6)
- Aksu, Y., 2019. Amasya İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Aksüt, B., Dursun, S. K., Ergüneş, G., 2022. Tokat İli Hayvansal Atık Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10(5), 958-963.
- Aktaş, A., 2008. Yukarı Akışlı Havasız Çamur Yataklı Reaktörlerde Çamur Granüllerinin Oluşmasına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri, Ankara.
- Al Mamun, M. R., Torii, S., 2015. Enhancement of Production and Upgradation of Biogas Using Different Techniques- A Review. International Journal of Earth Sciences and Engineering, 08(02), 877.
- Alibaş, İ., Erdoğan, H., Yılmaz, A., Alibaş, K., 2016. Biogas Potential in Görükle Campus of Uludağ University. Journal of Biological and Environmental Sciences, 10(29), 79-88.
- Altıkat, S., ve Çelik, A., 2012. Iğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli. Journal of the Institute of Science and Technology, 2(1), 61-66.

Aktaş, T., Özer, B. Gürkan, S. ve Ertürk, M., 2015. Tekirdağ İlindeki Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogazdan Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilim Dergisi, 11(1), 69-74.

Anonim, 2019a. Kütahya İli. [https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtahya_\(il\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtahya_(il)) - (23.09.2022).

Anonim, 2019b. Kütahya İli Coğrafya. [https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtahya_\(il\)#Co%C4%9Frafya](https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtahya_(il)#Co%C4%9Frafya) – (23.09.2022).

Anonim, 2022a. Aylık Enerji Bülteni TSKB Ekonomik Araştırmalar. <https://www.tskb.com.tr/uploads/file/enerji-bulteni-mayis-2022.pdf> - (28.03.2023)

Anonim, 2022b. Kütahya İli Merkez ve İlçeleri Haritası. https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtahya%27n%C4%B1n_il%C3%A7eleri (31.08.2022)

Anonim, 2022c. <https://kutahya.tarimorman.gov.tr/Menu/24/Kutahya-Hakkinda> - (23.09.2022)

Anonim, 2022d. Kütahya ili Tarım. [https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtahya_\(il\)#Co%C4%9Frafya](https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtahya_(il)#Co%C4%9Frafya) - (30.08.2022)

Anonim, 2022e. Kütahya İli Tarımsal ve Hayvansal Üretimin Ülke Ekonomisine Katkısı. <https://kutahya.tarimorman.gov.tr/Menu/24/Kutahya-Hakkinda> - (23.09.2022)

Anonim, 2022f. Kütahya İli Arazi Kullanımı. <https://kutahya.tarimorman.gov.tr/Menu/24/Kutahya-Hakkinda> - (23.09.2022)

Anonim, 2022g. Sustainable Development Goals. <https://www.un.org/en/sustainable-development-goals> - (18.12.2022)

Anonim, 2023. 2010-2022 Yılları Arası Fosil Yakıt Kullanım Sübvansiyonları. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/fossil-fuel-consumption-subsidies-by-fuel-2010-2022>-(12.03.2023)

- Aşçı, M. F., 2018. Hatay İli Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Hatay.
- Avan, H., 2014. Tokat İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Üretim Potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Avcıoğlu, A., O., Türker, U., 2012. Status and Potential of Biogas Energy from Animal Wastes in Turkey. Renewable Sustain Energy Rev., 1557-1561.
- Avcıoğlu, A.O., Çolak, A., Türker, U., 2013. Türkiye'nin Tavuk Atıklarından Biyogaz Potansiyeli. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1), 21-28.
- Ay, Ö. F., 2020. Kahramanmaraş İlinin Trorik Biyogaz Potansiyelinin Farklı Modellerle Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş.
- Bal, B., 2021. Hayvansal Atıklardan Biyogaz Eldesi ve Diyarbakır Kapsamında Potansiyelinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Dicle Üniversitesi. Kimya Anabilim Dalı, Diyarbakır.
- Baran, M. F., Lüle, F., Gökdoğan, O., 2017. Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(3), 245-249.
- Bayrakçıken, H., 1997. Biyogaz Üretim Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. (Yüksek Lisans Tezi), Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Berkes, F., Kışlalıoğlu, M., 1993. Çevre ve Ekoloji. Remzi Yayınevi, İstanbul.
- Cantekin, E., 2022. Trakya Bölgesinde Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ.
- Çoban, O., 2015. Yenilenebilir Enerji Tüketimi Karbon ve Emisyonu İlişkisi TR Örneği. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 38, 195-208.

- DBFZ (Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum gemeinnützige GmbH), 2011. Resource Efficient and Climate Friendly Use of Animal Waste Through Biogas Production in Turkey, Assessment of Actual Framework Conditions and Potentials for Biogas Investments in Turkey Turkish-German Biogas Project. Ministry of Environment and Urbanization of Turkish Republic.
- Demir Yetiş, A., Gazigil, L., Yetiş, R., Çelikezen, B., 2019. Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli Bitlis Örneği. Academic Platform Journal of Engineering and Science, 7(1), 74-78.
- Doruk, İ., Bozdeveci, A., 2017. Denizli İlinin Kırsal Kesimlerinde Hayvansal Kaynaklı Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(3), 181-186.
- Ekpeni, L.E.N., Benyounis, K.Y., Ekpeni, F.N., Stokes, J., Olabi, A.G., 2014. Energy Diversity Through Renewable Energy Source (RES) a Case Study of Biomass. Energy Procedia, 1740-1747.
- Eryılmaz, T., Yeşilyurt, M.K., Gökdoğan, O., Yumak, B., 2015. Determination of Biogas Potential from Animal Waste in Turkey: A Case Study for Yozgat Province. European Journal of Science and Technology, 2(4), 106-111.
- Gökdoğan, O., Baran, M.F., 2015. Bingöl İlindeki Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli. I. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi, Bursa.
- Gökdoğan, O., Bağdatlı, M.C., Savcı, S., 2015. Nevşehir İlindeki Hayvansal Atıklardan Elde Edilecek Enerjinin Sera Isıtmasında Kullanımı. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi, 28-30 Nisan, Nevşehir.
- Hesar, L. G., Gürdil, G.A.K, Demirel, B., 2021. Türkiye'de Çiftlik Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. ETHABD-Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, ISSN: 2651-5334.
- Höhn, J., Lehtonen, E., Rasi, S. and Rintala, J., 2014. A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland. Applied Energy, (113), 1–10.

- Kaltschmitt, M., Hartmann, H., 2001. Energie aus Biomasse-Grundlagen, Techniken und Verfahren; Springer Verlag Berlin, Heidelberg. New York.
- Kaynarca, H., Kılıç, T., Açikkalp, E. ve Kandemir, S.Y., 2021. Eskişehir'in Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Coğrafya Dergisi, (42), 271-282.
- Kılıç, F. Ç., 2011. Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri. Mühendis ve Makine, 52 (617), 94-106.
- Noorollahi, Y., Kheirrouz, M., Asl, H. F., Yousefi, H., Hajinezhad, A., 2015. Biogas Production Potential from Livestock Manure in Iran. Renew Sustain Energy Rev., 748-754.
- Onurbaşı Avcıoğlu, A., Türker, U., Atasoy, Z., Koçtürk, D., 2011. Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler- Biyoyakıtlar. Nobel Yayınevi, ISBN: 978-605-5426-71-2, 519, Ankara.
- Öbekcan, H., 2014. Çorum İli'nin Biyogaz Üretim Potansiyelinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Özçalık, O., 2022. Sözlü görüşme. Kütahya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. İl Tarım ve Orman Müdürü, Kütahya, (23.09.2022).
- Özçelik, T., 2020. Konya İli Beyşehir İlçesinin Hayvan Gübrelerinin Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Sabuncu, Ö. C., 2010. Biyogaz Üretiminin Teknik, Ekonomik ve Çevresel Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Seyhan A. ve A. Badem, 2018. Erzincan İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(1), 25-35.

- Sözer, S., Yaldız, O., 2006. Sığır Gübresi ve Peynir Altı Suyu Karışımlarından Biyogaz Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(2), 179-183.
- Şen, M., 2010. Bolu'daki Tavuk Çiftliklerinin Biyogaz Kapasitesinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara.
- Taşova, M., 2017. Kümes Hayvanları Atıklarının Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Tokat ili örneği. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(2), 296-303.
- Türkmenler, H., Varınca, K. ve Can, R., 2014. Biyogaz Çalıştay Sonuç Raporu. 3 Haziran, Adıyaman Üniversitesi, 18 s., Adıyaman.
- Ulusoy, Y., Ulukardeşler, A. H., Ünal, H. ve Alibaş, K., 2009. Analysis of Biogas Production in Turkey Utilising Three Different Materials and Two Scenarios. African Journal of Agricultural Research, 4(10), 996-1003.
- Yaldız O., 2004. Biyogaz teknolojisi. Ders Kitabı, Akdeniz Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 78, Antalya, 181 sayfa
- Yapraklı S. ve Bayramoğlu T, 2013. Biyokütle enerjisi ve yerel ekonomik büyüme: TRA1 ve TRA2 Bölgeleri Üzerine Tanımsal Analizler. C. Çopuroğlu (Ed.). 2. Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı Konferans Bildirileri, 16-17 Mayıs 2013, Elazığ.
- Yenilmez, F., 2015. Tavukçuluk Atıklarından Biyogaz Üretimi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veterinerlik Dergisi, 29(3), 205-212. <http://www.fusabil.org>
- Yokuş, İ., Onurbaşı Avcıoğlu, A., 2012. Sivas İlindeki Hayvansal Atıklardan Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül 2012, Samsun.
- Yokuş, İ., 2011. Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.

- Yokuş, İ., 2019. Sivas ili Hayvansal Atık Kaynaklı Sürdürülebilir Biyogaz Üretimi için Optimum Tesis Lokasyonlarının Belirlenmesi (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Yurtseven, S., 2013. Hayvan Beslemenin Nihai Ürünü Dışkı ve Gaz Üretim Potansiyeli. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 16(1), 62-69.

