

An Investigation for the Potential of Biogas to be Produced from Animal Waste in Corum

Sertaç Samed SEYİTOĞLU*  Emir AVCIOĞLU 

Hitit University Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 19030, ÇORUM

Graphical/Tabular Abstract

Article Info:

Research article
Received: 02/03/2021
Revision: 06/04/2021
Accepted: 07/04/2021

Highlights

- Biomass.
- Animal Waste.
- Electricity Generation

Keywords

Biomass
Animal Waste
Corum
Biogas
Electricity Generation
CO₂ Emission

In this study, the potential of biogas that can be obtained from animal wastes within the province of Çorum and its surrounding districts was investigated. The amount of biogas that can be produced in the province and per district has been determined. The quantities of biogas that can be generated from the wastes of bovine (cattle, buffalo), ovine (goat, sheep) and poultry (chicken, goose, duck, turkey) was calculated.

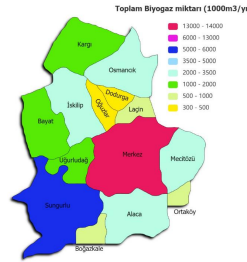


Figure A. Total biogas amount of Corum Province

Purpose: In this study, the potential of biogas that can be obtained from animal wastes within the province of Çorum and its surrounding districts is investigated. The calorific value of biogas that can be produced and the amount of electricity that can be generated have also been determined.

Theory and Methods: Biogas production process is explained step by step. Amount of biogas required for electricity generation are given in the paper. The quantities of biogas that can be generated from the wastes of bovine (cattle, buffalo), ovine (goat, sheep) and poultry (chicken, goose, duck, turkey) was calculated.

Results: The evaluations in this study have revealed that the total amount of electricity that can be produced from biogas is 80748.8 MWh per year from cattle waste, 3506.7 MWh from ovine animals waste and 16064.4 MWh from poultry waste. In total, the amount of electricity that can be produced for Çorum province has been determined to be 100319.9 MWh per year.

Conclusion: In general, the global energy production needs are met with fossil-sourced fuels. However, due to the fact that fossil fuels will be exhausted over time, together with the damage that is inflicted on the environment, people have sought different resources. Biogas energy is a type of renewable energy source that attracts the attention of researchers. The evaluations in this study have revealed that the total amount of electricity that can be produced from biogas is 80748.8 MWh per year from cattle waste, 3506.7 MWh from ovine animals waste and 16064.4 MWh from poultry waste. In total, the amount of electricity that can be produced for Çorum province has been determined to be 100319.9 MWh per year. It has been found that CO₂ emissions from biogas-generated electricity will be 2608.06 tons. When compared to alternatively sourced electricity, it was found that when the same amount of electricity is obtained from natural gas, CO₂ emission will be approximately 20 times higher, and when the electricity is obtained from imported coal, the CO₂ emission will be 34 times that produced when using biogas.



An Investigation for the Potential of Biogas to be Produced from Animal Waste in Corum

Sertaç Samed SEYİTOĞLU* Emir AVCIOĞLU

Hittit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 19030, ÇORUM

Abstract

One of the most important current issues is obtaining and efficiently using energy, a basic necessity of life. With the continuous development of technology and increase in the world population, energy demands keep increasing. In general, the global energy production needs are met with fossil-sourced fuels. However, due to the fact that fossil fuels will be exhausted over time, together with the damage that is inflicted on the environment, people have sought different resources. Biogas energy is a type of renewable energy source that attracts the attention of researchers. In this study, the potential of biogas that can be obtained from animal wastes within the province of Çorum and its surrounding districts was investigated. The amount of biogas that can be produced in the province and per district has been determined. The quantities of biogas that can be generated from the wastes of bovine (cattle, buffalo), ovine (goat, sheep) and poultry (chicken, goose, duck, turkey) was calculated. The calorific value of biogas that can be produced and the amount of electricity that can be generated have also been determined. The evaluations in this study have revealed that the total amount of electricity that can be produced from biogas is 80748.8 MWh per year from cattle waste, 3506.7 MWh from ovine animals waste and 16064.4 MWh from poultry waste. In total, the amount of electricity that can be produced for Çorum province has been determined to be 100319.9 MWh per year. It has been found that CO₂ emissions from biogas-generated electricity will be 2608.06 tons. When compared to alternatively sourced electricity, it was found that when the same amount of electricity is obtained from natural gas, CO₂ emission will be approximately 20 times higher, and when the electricity is obtained from imported coal, the CO₂ emission will be 34 times that produced when using biogas.

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
 Başyuru: 02/03/2021
 Düzeltilme: 06/04/2021
 Kabul: 07/04/2021

Keywords

Biomass
 Animal Waste
 Corum
 Biogas
 Electricity Generation
 CO₂ Emission

Anahtar Kelimeler

Biyokütle
 Hayvansal Atık
 Çorum
 Biyogaz
 Elektrik Üretimi
 CO₂ Emisyonu

Çorum İlinin Hayvansal Atıklardan Üretilbilir Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi

Öz

Yaşamın en temel gerekliliklerinden biri olan enerjinin elde edilmesi, verimli kullanılması günümüzde büyük önem arz etmektedir. Teknolojinin gelişmesi ve dünya nüfusundaki artış ile enerjiye olan ihtiyaç artmış durumdadır. Genel olarak dünyada enerji üretimi fosil kaynaklı yakıtlar ile yapılmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtların zamanla tükenmesi ve çevreye olan zararlarından dolayı insanlar farklı kaynakların arayışına girmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan biyogaz enerjisi araştırmacıların oldukça dikkatini çekmektedir. Bu çalışmada, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Bilgi Merkezi'nden alınan Ocak 2021 tarihli veriler kullanılarak, Çorum ili ve ilçelerine ait hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli incelenmiştir. İl ve ilçeler bazında üretililecek biyogaz miktarı tespit edilmiştir. Çalışmada büyükbaş (sığır, manda), küçükbaş (keçi, koyun) ve kanatlı (tavuk, kaz, ördek, hindi) hayvanların atıklarından üretililecek biyogaz miktarı hesaplanmıştır. Üretililecek biyogazın ısı değeri ve üretililecek elektrik miktarı da bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Üretililecek biyogaz miktarına bağlı olarak toplam üretililecek elektrik miktarı ise büyükbaş hayvanlar için yıllık 80748.8 MWh, küçükbaş hayvan için yıllık 3506.7 MWh ve kanatlı hayvanlar için yıllık 16064.4 MWh olarak bulunmuştur. Toplamda Çorum ili için üretililecek elektrik miktarı yıllık 100319.9 MWh olarak tespit edilmiştir. Üretililecek olan biyogaz miktarından elektrik üretilmesi durumunda 2608.06 ton CO₂ emisyonu ortaya çıkacağı tespit edilmiştir. Aynı elektrik miktarının farklı kaynaklardan elde edilmesi durumu incelendiğinde, elektriğin doğalgazdan elde edilmesi durumunda yaklaşık 20 kat, ithal kömür ile elde edilmesi durumunda ise yaklaşık 34 kat daha fazla karbon salınımı ortaya çıkacağı belirlenmiştir.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji, yaşamın devam edebilmesi için temel ihtiyaçlardan birisidir. Dünya genelinde aşırı nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler enerjiye olan ihtiyacı günden güne arttırmaktadır. Dünya çapında enerji tüketimi, 2007 yılından 2035 yılına kadar yaklaşık olarak %49 oranında artacağı tahmin edilmektedir [1]. Yaşamak ve gereksinimleri karşılamak için ihtiyaç duyulan enerji farklı kaynaklardan elde edilebilmektedir. İhtiyaç duyulan enerji ağırlıklı olarak fosil kaynaklı yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil kaynaklı yakıtlar zamanla tükenebilecek potansiyele sahiptir. Ayrıca fosil yakıt kaynaklarının birçok ülkede olmaması ülkeleri dışa bağımlı hale getirmektedir. Fosil kaynaklı yakıtların çok fazla kullanılıyor olması dünyanın geleceği için önemli tehditler oluşturmaktadır. Fosil yakıt kullanımı sebebiyle sera gazı emisyonları artmasının yanı sıra diğer kirletici maddelerin salınımı da artmıştır [2]. Buna bağlı olarak kaynakların yeterli olmayışı insanoğlunu farklı kaynaklar araştırmaya yönlendirmiştir [3,4]. Ülkeler coğrafi konumlarına bağlı olarak fosil yakıt kaynaklarının yerine yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilmek için farklı stratejiler ve teknolojiler geliştirmiş durumdadır [5]. Yenilenebilir enerji kaynaklarından önemli birisi olan biyokütle enerjisinin küresel enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %25'ini karşılayabileceği tahmin edilmektedir [6].

Biokütlenin anaerobik şekilde parçalanması sonucu biyogaz enerjisi ortaya çıkar [7]. Biyogaz yanıcı bir gazdır. Hayvansal ve bitkisel atıklardan elde edilir. Biyogazın içeriği ham madde işlem sürecine göre değişkenlik gösterebilir. Biyogazın içerisinde bulunan metan gazının oranına göre enerji biçiminde kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir. Metan ve karbondioksit ana bileşenleri olmak üzere biyogazın içerisinde su buharı, hidrojen sülfür, azot, hidrojen, oksijen ve karbonmonoksit bulunabilir [8]. Biyokütleden üretilen biyogaz, ısınma ve elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Biyogazın yanma sonucu elektrik üretilmesinin yanı sıra ortaya çıkan ısı enerjisi ile bina ısıtması ve kurutma işlemleri de yapılabilmektedir. Biyokütlenin gaza dönüştürülmesi sonucu hayvan artıklarının kokusu hissedilmeyecek kadar azalmaktadır. Biyogaz üretiminden sonra ortaya çıkan artıklar değerli bir organik gübre haline dönüşür [9]. Tarım ve hayvancılığın gelişmesi neticesinde hayvan atıkları potansiyeli de sürekli olarak artmaktadır. Yaşamış olduğumuz coğrafya tarım atıkları ve hayvan atıkları bakımından oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. Mevcut potansiyelden gerektiği gibi faydalanamamak çevreye zararlı başka atıkların oluşmasına neden olacaktır. Hayvan atıkları yüksek oranda azot ve fosfor içerdikleri için çevre kirliliğine yol açmaktadırlar. Hayvan atıklarının biyogaza dönüştürülerek kaliteli organik gübre üretimi ve mikrobiyal patojenlerin azaltılması gibi faydalı sonuçlar elde edilebilir [10]. Biyogaz üretimi ile ilgili olarak literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Kaygusuz ve Türker [11] yapmış oldukları çalışmada Türkiye'de ki biyokütle potansiyeli ve kullanımına genel bir bakış açısı sunmuşlardır. Biyokütlenin gelecekte daha sürdürülebilir enerji senaryolarında önemli bir role sahip olacağını önermişlerdir. Biyokütlenin geleceğin çevre dostu yakıt haline gelebileceğini vurgulamışlardır. Ergür ve Okumuş [12] yapmış oldukları çalışmada Eskişehir şehri için sığır gübresi ile biyogaz üretim potansiyeli ve maliyet analizini yapmışlardır. Yapılan analiz sonucunda hayvan atıklarının işlenmesi neticesinde Eskişehir'e önemli bir katkı sağlayacağını vurgulamışlardır. Akbulut [13] yapmış olduğu çalışmada Çiçekdağı/Kırşehir bölgesinde biyogaz tesisinde elektrik üretiminin ekonomik analizini yapmıştır. Tesiste kurulan kojenerasyon tesisi ile emisyon miktarını yıllık olarak önemli miktarda azaldığını göstermiştir. Avcioğlu ve Türker [14] yapmış oldukları çalışmada atıkların işletmeler için büyük sorun olduğundan ve uygun değerlendirilmediğinden bahsetmişler ve atıklardan yararlanmanın en uygun yolunun biyogaz üretmek olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca atık haritası ve elde edilebilecek biyogaz değerlerine göre yüksek potansiyeli olan illeri göstermişlerdir. Acaroğlu ve Aydoğan [15] yapmış oldukları çalışmada Türkiye'nin biyokütle enerjisini incelemişlerdir. Yüksek maliyet nedeniyle teşvik mekanizmalarının oluşturulmasını önermişlerdir. Ayrıca, ulusal kaynakları kullanmak açısından ülkelere son derece önemli ekonomik ve çevresel avantajlar sağlayacağından bahsetmişlerdir. Baran ve arkadaşları [16] yapmış oldukları çalışmada Adıyaman ilinin hayvan atıklarından enerji üretim potansiyeli incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Adıyaman ilinde hayvan atıklarından elde edilebilecek önemli bir biyogaz potansiyelinin olduğunu belirtmişlerdir. Karaca [17] yapmış olduğu çalışmada Hatay ilinin ilçeleri dâhil hayvan atıkları miktarını ve bunların biyogaz potansiyellerini incelemiştir. Sonuç olarak Hatay ili için 15 milyon m³ biyogaz potansiyelinin olduğunu tespit etmiştir. Özer [18] yapmış olduğu çalışmada Ardahan ili için hayvan gübresi ve tarımsal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelini ve buna karşılık gelen CO₂ emisyonu azaltılmasını incelemiştir. Meyer ve arkadaşları [19] yaptıkları çalışmada Avrupa

Birliğine üye ülkelerin biyokütle ve biyogaz enerji potansiyelini incelemişlerdir. Biyokütle kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması için daha fazla teknolojik gelişmenin olması gerektiğini vurgulamışlardır. Can [20] yapmış olduğu çalışmada Türkiye'deki belediye katı atıklarından enerji üretim kapasitesini incelemiştir. Türkiye'de çöp gazlarını kullanarak yenilenebilir enerji üretme potansiyelinin yüksek olduğunu vurgulamıştır.

Literatür araştırmasında da görüldüğü gibi biokütle potansiyeli ve biyogaz üretimi güncelliğini koruyan araştırmacıların dikkatini çeken bir konudur. Bu çalışmada Çorum ili içerisinde bulunan küçükbaş hayvan, kanatlı hayvan ve büyükbaş hayvan atıklarından biyogaz elde edilmesi üzerine kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizde Çorum merkez ilçe dahil 14 ilçede bulunan kanatlı hayvan, büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları belirlenmiştir. Belirlenen hayvan sayılarına göre bu hayvanların oluşturduğu atıklar hesaplanmıştır. Hesaplanan atıklara göre elde edilebilecek biyogaz potansiyeli her bir ilçe için belirlenmiştir. Belirlenen potansiyele göre üretilecek elektrik miktarı ve CO₂ emisyonları hesaplanmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

Orta Karadeniz Bölgesinin iç kısımlarında bulunan Çorum ili 34 derece 5 dakika doğu boylamları ile 39 derece 54 dakika kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Doğuda Amasya, güneyde Yozgat, batıda Çankırı, kuzeyde Sinop, Kuzeydoğuda Samsun, güneybatıda Kırıkkale ile çevrilir. Yüzölçümü 12820 km² olup deniz seviyesinden yüksekliği 801 metredir. Çorum ili Merkez, Alaca, Bayat, Boğazkale, Dodurga, İskilip, Kargı, Laçın, Mecitözü, Oğuzlar, Ortaköy, Osmancık, Sungurlu ve Uğurludağ ilçelerinden oluşmaktadır [21]. Çorum İli ve ilçeleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çorum ili ve ilçeleri

Hesaplamalarda kullanılan hayvan sayıları Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan elde edilmiştir. Çorum ili için elde edilen hayvan sayıları büyükbaş (sığır, manda), küçükbaş (keçi, koyun) ve kanatlı (tavuk, hindi, kaz, ördek) şeklinde toplanmıştır. Yapılan literatür araştırması sonucunda büyükbaş hayvanlar için ortalama günlük 22 kg atık, küçükbaş hayvanlar için ortalama günlük 2.5 kg atık ve kanatlı hayvanlar içinse günlük ortalama 0.08 kg atık elde edilebileceği tespit edilmiştir. Değerlendirmeye alınan hayvanların atıkları için ulaşılabilirlik oranları literatürden elde edilmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Hayvan atıkları ulaşılabilirlik oranları

	<i>Atık Ulaşılabilirlik Oranı (%)</i>	<i>Kaynak</i>
<i>Büyükbaş</i>	65	[17,22]
<i>Küçükbaş</i>	13	[22]
<i>Kanatlı</i>	99	[17,22]

Hayvan atıklarından biyogaz elde edilmesi hesabında literatürde birçok kabul gören ve kullanılan yaklaşımlar mevcuttur. Hayvan atığından biyogaz potansiyelinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır [23].

$$TGAÜM= (HS \times HGAM)/1000 \quad 1$$

Burada TGAÜM ile gösterilen değer toplam günlük atık üretim miktarını (ton/gün) cinsinden, HS ile gösterilen değer hayvan sayısını, HGAM ile gösterilen değer ise bir hayvanın günlük atık miktarını (kg/gün) cinsinden göstermektedir. Hesaplamalarda HGAM değeri büyükbaş için 22 kg/gün, küçükbaş için 2.5 kg/gün, kanatlı hayvan için 0.08 kg/gün olduğu kabul edilmiştir.

$$KAM=TGAÜM \times KAO \quad 2$$

Eşitlikte KAM, katı atık miktarını (ton/gün) cinsinden göstermektedir. Eşitliğin sağ tarafında kalana KAO değeri ise katı atık oranıdır. KAO değeri (%) cinsinden ifade edilir ve bu çalışmada büyükbaş hayvan için %12.7, küçükbaş hayvan için %25 ve kanatlı hayvan içinse %25 olduğu kabul edilmiştir [22].

$$TKKAM=KAM \times AUO \quad 3$$

3 numaralı eşitlikte bulunan TKKAM ifadesi toplam kullanılabilir katı atık miktarını (ton/yıl) cinsinden ifade etmektedir. Eşitliğin diğer tarafında bulunan AUO ise atık ulaşılabilirlik oranıdır.

$$BM=TKKAM \times KABDO \quad 4$$

Verilen eşitlikte BM ifadesi yıllık biyogaz miktarını (m³/yıl) cinsinden ifade etmektedir. KABDO ifadesi ise katı atık biyogaz dönüşüm oranını (m³/ton) cinsinden göstermektedir. KABDO değeri 200 m³/ton olarak kabul edilmiştir [22].

$$TYID=BM \times BBID \quad 5$$

Eşitlik 5'te verilen TYID ifadesi toplam yıllık ısı değeri (MJ/yıl) olarak gösterirken BBID ifadesi ise biyogaz birim ısı değeri göstermektedir. Biyogazın birim ısı değeri olarak 22.7 MJ/m³ değeri kabul edilmiştir. Hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogazın yakıt olarak gaz motorunda kullanılması ile birlikte üretilebilecek elektrik miktarı hesaplanabilir.

$$ÜEM= TYID/3600 \times \eta_{gm} \quad 6$$

Verilen eşitlikte ÜEM, hayvansal atıklardan üretilecek elektrik miktarını (MWh/yıl) cinsinden göstermektedir. η_{gm} ifadesi ise gaz motorunun net elektrik üretim verimidir. Gaz motorunun net elektrik verimi % 40 olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR (RESULTS)

Çorum ili hayvancılık yönünden önemli bir potansiyele sahiptir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre Çorum'da büyükbaş hayvan sayısı 241485, küçükbaş hayvan sayısı 234412, kanatlı hayvan sayısı 4406494 olarak belirtilmiştir. Bu verilere göre Türkiye'deki büyükbaş hayvanın yaklaşık olarak % 1.38'i, küçükbaş hayvanın % 0.5'i ve kanatlı hayvanında % 1.22'si Çorum ilinde bulunmaktadır. Çorum ili merkez ve ilçelerindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çorum ili büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları

	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
<i>Alaca</i>	24429	15398	15998
<i>Bayat</i>	13442	12509	8925
<i>Boğazkale</i>	4507	4427	4000
<i>Dodurga</i>	2498	2700	2025
<i>İskilip</i>	24500	16210	46513
<i>Kargı</i>	13064	22133	12371
<i>Laçin</i>	5600	9194	10059
<i>Mecitözü</i>	25314	19985	6590
<i>Merkez</i>	53951	44100	4214000
<i>Oğuzlar</i>	3574	0	1780
<i>Ortaköy</i>	5352	6206	4762
<i>Osmancık</i>	21143	26999	8081
<i>Sungurlu</i>	36487	45410	60820
<i>Uğurludağ</i>	7624	9141	10570
TOPLAM	241485	234412	4406494

Tablo 2’de gösterildiği üzere büyükbaş hayvan ve kanatlı hayvan türünde en fazla sayıya sahip bölge Çorum ili merkezi olmuştur. Çorum ili merkezde toplam büyükbaş hayvanın %22.3’ü ve kanatlı hayvanın %95.6 si bulunmaktadır. Küçükbaş hayvan sayısında ise Sungurlu ilçesi en fazla yoğunluğa sahip ilçedir ve küçükbaş hayvanların % 19.3’ü burada bulunmaktadır. Büyükbaş hayvan sayısında merkezden sonra en fazla hayvan bulunan ilçeler 36487 ile Sungurlu, 25314 ile Mecitözü olmuştur. Küçükbaş hayvan sayısında ikinci sırayı 44100 adet ile Çorum Merkez, üçüncü sırayı ise 26999 adet ile Osmancık ilçesi almıştır.

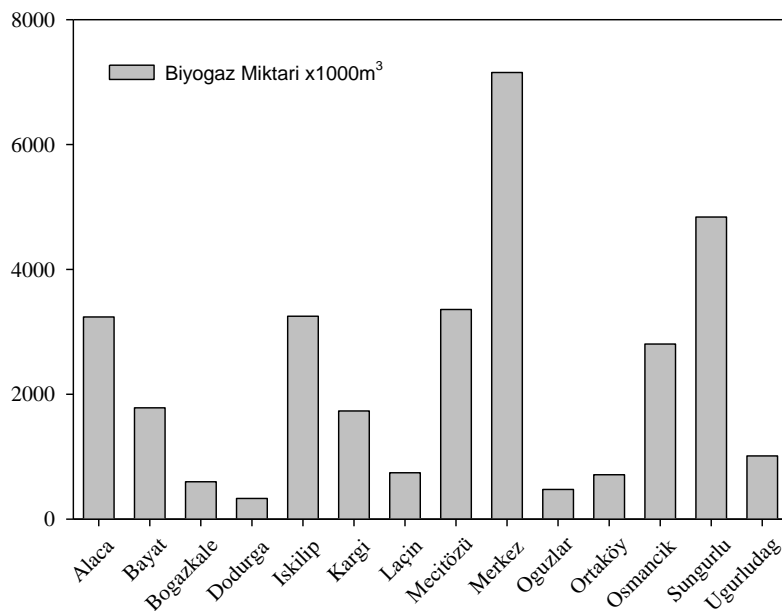
3.1. Büyükbaş Hayvan Değerlendirmesi (Bovine Animal Assessment)

Bu bölümde Çorum ilindeki büyükbaş hayvan sayılarına göre atık miktarları, üretilebilecek biyogaz potansiyeli ve bu potansiyele bağlı olarak elde edilebilecek ısı enerjisi ve elektrik enerjisi miktarları hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 3. Çorum ili ve ilçeleri için büyükbaş hayvan atık miktarları

	HS	TGAÜM (ton/gün)	KAM (ton/gün)	TKKAM (ton/yıl)
Alaca	24429	537.43	68.25	16193.41
Bayat	13442	295.72	37.55	8910.38
Boğazkale	4507	99.15	12.59	2987.58
Dodurga	2498	54.95	6.97	1655.86
İskilip	24500	539.00	68.45	16240.47
Kargı	13064	287.40	36.50	8659.81
Laçın	5600	123.20	15.64	3712.10
Mecitözü	25314	556.90	70.72	16780.05
Merkez	53951	1186.92	150.73	35762.85
Oğuzlar	3574	78.62	9.98	2369.12
Ortaköy	5352	117.74	14.95	3547.71
Osmancık	21143	465.14	59.07	14015.19
Sungurlu	36487	802.71	101.94	24186.37
Uğurludağ	7624	167.72	21.30	5053.77
TOPLAM	241485	5312.67	674.70	160074.73

Tablo 3'te Çorum ili ve ilçelere göre büyükbaş hayvan sayılarına bağlı olarak toplam günlük atık üretim miktarı, katı atık miktarı ve toplam kullanılabilir katı atık miktarları gösterilmektedir. Hesaplamalar yapılırken büyükbaş hayvanlar için günlük atık miktarı hayvan başına 22 kg olarak, katı atık oranı ise %12.7 olarak kabul edilmiştir. Yapılan kabuller ışığında Çorum'da bulunan büyükbaş hayvanlardan toplam kullanılabilir katı atık miktarı olarak yıllık 160074.73 ton değeri elde edilmiştir. Büyükbaş hayvan sayısına bağlı olarak elde edilen bu değerlerde en fazla hayvanın bulunduğu Çorum-Merkez, en fazla kullanılabilir atık miktarı sağlamaktadır. Diğer taraftan en düşük kullanılabilir atık miktarını ise yılda 1655.86 ton ile Dodurga ilçesi sağlamaktadır.

**Şekil 2.** Büyükbaş hayvan biyogaz miktarı

Şekil 2’de büyükbaş hayvan sayılarına bağlı olarak elde edilen biyogaz üretim miktarları verilmiştir. Hayvan sayısının fazla olduğu Çorum-Merkez ve Sungurlu ilçesinde üretilebilecek biyogaz miktarı da fazladır. Çorum genelinde büyükbaş hayvan atıklarından üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 32014946.32 m³ olarak tespit edilmiştir. Büyükbaş hayvan atıklarından üretilebilecek toplam biyogaz miktarına bağlı olarak toplam yıllık ısı değer ve üretilecek elektrik miktarı Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Büyükbaş hayvandan elde edilecek enerji değerleri

	TYID (MJ/yıl)	ÜEM (MWh/yıl)
<i>Alaca</i>	73518081.48	8168.67
<i>Bayat</i>	40453152.05	4494.79
<i>Boğazkale</i>	13563633.11	1507.07
<i>Dodurga</i>	7517629.356	835.29
<i>İskilip</i>	73731753.10	8192.41
<i>Kargı</i>	39315576.43	4368.39
<i>Laçin</i>	16852972.14	1872.55
<i>Mecitözü</i>	76181452.97	8464.60
<i>Merkez</i>	162363339.20	18040.37
<i>Oğuzlar</i>	10755807.57	1195.08
<i>Ortaköy</i>	16106626.23	1789.62
<i>Osmancık</i>	63628998.19	7069.88
<i>Sungurlu</i>	109806141.80	12200.68
<i>Uğurludağ</i>	22944117.780	2549.34
TOPLAM	726739281.50	80748.80

Tablo 4’te görüldüğü gibi büyükbaş hayvan atığından yılda GJ’a dönüştürüldüğünde 726739.28 GJ ısı enerjisi elde edilebilirken yılda 80748.80 MWh elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Bu değer yaklaşık olarak 9.2 MW Kurulu güce sahip biyogazdan elektrik üretimi tesis potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

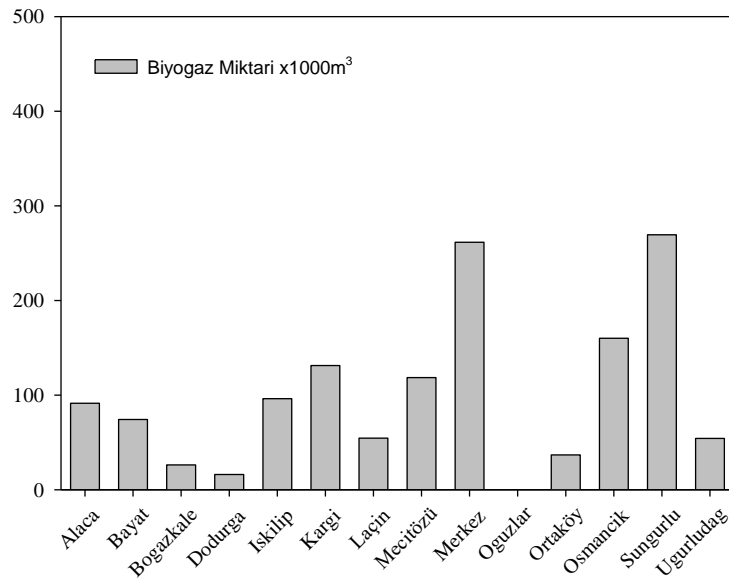
3.2. Küçükbaş Hayvan Değerlendirmesi (Ovine Animal Assessment)

Bu bölümde Çorum ilindeki küçükbaş hayvan sayılarına göre atık miktarları, üretilebilecek biyogaz potansiyeli ve bu potansiyele bağlı olarak elde edilebilecek ısı enerjisi ve elektrik enerjisi miktarları hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 5. Çorum ili ve ilçeleri için küçükbaş hayvan atık miktarları

	HS	TGAÜM (ton/gün)	KAM (ton/gün)	TKKAM (ton/yıl)
<i>Alaca</i>	15398	38.49	9.62	456.64
<i>Bayat</i>	12509	31.27	7.81	370.97
<i>Boğazkale</i>	4427	11.06	2.76	131.28
<i>Dodurga</i>	2700	6.75	1.68	80.07
<i>İskilip</i>	16210	40.52	10.13	480.72
<i>Kargı</i>	22133	55.33	13.83	656.38
<i>Laçın</i>	9194	22.98	5.74	272.65
<i>Mecitözü</i>	19985	49.96	12.49	592.68
<i>Merkez</i>	44100	110.25	27.56	1307.84
<i>Oğuzlar</i>	0	0	0	0
<i>Ortaköy</i>	6206	15.51	3.87	184.04
<i>Osmancık</i>	26999	67.49	16.87	800.68
<i>Sungurlu</i>	45410	113.52	28.38	1346.69
<i>Uğurludağ</i>	9141	22.85	5.71	271.08
TOPLAM	234412	586.03	146.50	6951.78

Tablo 5'te Çorum ili ve ilçelere göre küçükbaş hayvan sayılarına bağlı olarak toplam günlük atık üretim miktarı, katı atık miktarı ve toplam kullanılabilir katı atık miktarları gösterilmektedir. Hesaplamalar yapılırken küçükbaş hayvanlar için günlük atık miktarı hayvan başına 2.5 kg olarak, katı atık oranı ise %25 olarak kabul edilmiştir. Yapılan kabuller ışığında Çorum'da bulunan küçükbaş hayvanlardan toplam kullanılabilir katı atık miktarı olarak yıllık 6951.78 ton değeri elde edilmiştir. Küçükbaş hayvan sayısına bağlı olarak elde edilen bu değerlerde en fazla hayvanın bulunduğu Sungurlu ilçesi en fazla kullanılabilir atık miktarı sağlamaktadır. Oğuzlar ilçesinde küçükbaş hayvancılık yapılmadığı için bu ilçe toplam atık miktarına katkı sağlayamamıştır.

**Şekil 3.** Küçükbaş hayvan biyogaz miktarı

Şekil 3’de küçükbaş hayvan sayılarına bağlı olarak elde edilen biyogaz üretim miktarları verilmiştir. Hayvan sayısının fazla olduğu Sungurlu ilçesi ve Çorum-Merkez’de üretilebilecek biyogaz miktarı da fazladır. Çorum genelinde küçükbaş hayvan atıklarından üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 1390356.17 m³ olarak tespit edilmiştir. Küçükbaş hayvan atıklarından üretilebilecek toplam biyogaz miktarına bağlı olarak toplam yıllık ısıl değer ve üretilecek elektrik miktarı Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Küçükbaş hayvandan elde edilecek enerji değerleri

	TYID (MJ/yıl)	ÜEM (MWh/yıl)
<i>Alaca</i>	2073177.09	230.35
<i>Bayat</i>	1684203.94	187.13
<i>Boğazkale</i>	596048.51	66.22
<i>Dodurga</i>	363526.31	40.39
<i>İskilip</i>	2182504.26	242.50
<i>Kargı</i>	2979973.28	331.10
<i>Laçın</i>	1237874.41	137.54
<i>Mecitözü</i>	2690767.90	298.97
<i>Merkez</i>	5937596.43	659.73
<i>Oğuzlar</i>	0	0
<i>Ortaköy</i>	835571.96	92.84
<i>Osmancık</i>	3635128.48	403.90
<i>Sungurlu</i>	6113974.01	679.33
<i>Uğurludağ</i>	1230738.52	136.74
TOPLAM	31561085.17	3506.78

Tablo 6’da görüldüğü gibi küçükbaş hayvan atığından yılda 31561.09 GJ ısı enerjisi elde edilebilirken yılda 3506.78 MWh elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Bu değer yaklaşık olarak 0.4 MW Kurulu güce sahip biyogazdan elektrik üretimi tesis potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

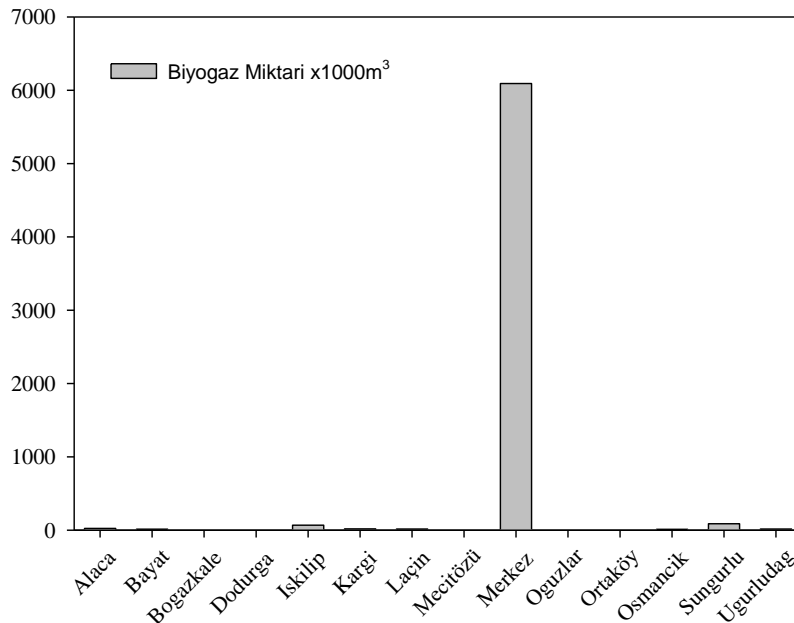
3.3. Kanatlı Hayvan Değerlendirmesi (Poultry Assessment)

Bu bölümde Çorum ilindeki kanatlı hayvan sayılarına göre atık miktarları, üretilebilecek biyogaz potansiyeli ve bu potansiyele bağlı olarak elde edilebilecek ısıl enerji ve elektrik enerjisi miktarları hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 7. Çorum ili ve ilçeleri için kanatlı hayvan atık miktarları

	HS	TGAÜM (ton/gün)	KAM (ton/gün)	TKKAM (ton/yıl)
<i>Alaca</i>	15998	1.27	0.31	115.61
<i>Bayat</i>	8925	0.71	0.17	64.50
<i>Boğazkale</i>	4000	0.32	0.08	28.90
<i>Dodurga</i>	2025	0.16	0.04	14.63
<i>İskilip</i>	46513	3.72	0.93	336.14
<i>Kargı</i>	12371	0.98	0.24	89.40
<i>Laçın</i>	10059	0.80	0.20	72.69
<i>Mecitözü</i>	6590	0.52	0.13	47.62
<i>Merkez</i>	4214000	337.12	84.28	30454.57
<i>Oğuzlar</i>	1780	0.14	0.03	12.86
<i>Ortaköy</i>	4762	0.38	0.09	34.41
<i>Osmancık</i>	8081	0.64	0.16	58.40
<i>Sungurlu</i>	60820	4.86	1.21	439.54
<i>Uğurludağ</i>	10570	0.84	0.21	76.38
TOPLAM	4406494	352.51	88.12	31845.73

Tablo 7’te Çorum ili ve ilçelere göre kanatlı hayvan sayılarına bağlı olarak toplam günlük atık üretim miktarı, katı atık miktarı ve toplam kullanılabilir katı atık miktarları gösterilmektedir. Hesaplamalar yapılırken kanatlı hayvanlar için günlük atık miktarı hayvan başına 0.08 kg olarak, katı atık oranı ise %25 olarak kabul edilmiştir. Yapılan kabuller ışığında Çorum’da bulunan kanatlı hayvanlardan toplam kullanılabilir katı atık miktarı olarak yıllık 31845.73 ton değeri elde edilmiştir. Kanatlı hayvan sayısına bağlı olarak elde edilen bu değerlerde en fazla hayvanın bulunduğu Çorum ili merkezi en fazla kullanılabilir atık miktarı sağlamaktadır.

**Şekil 4.** Kanatlı hayvan biyogaz miktarı

Şekil 4’de kanatlı hayvan sayılarına bağlı olarak elde edilen biyogaz üretim miktarları verilmiştir. Hayvan sayısının fazla olduğu Çorum-Merkez’de üretilebilecek biyogaz miktarı en fazladır. Çorum genelinde kanatlı hayvan atıklarından üretilebilecek biyogaz miktarı yılda toplam 6369146.42 m³ olarak tespit edilmiştir. Kanatlı hayvan atıklarından üretilebilecek toplam biyogaz miktarına bağlı olarak toplam yıllık ısı değer ve üretilecek elektrik miktarı Tablo 8’de verilmiştir.

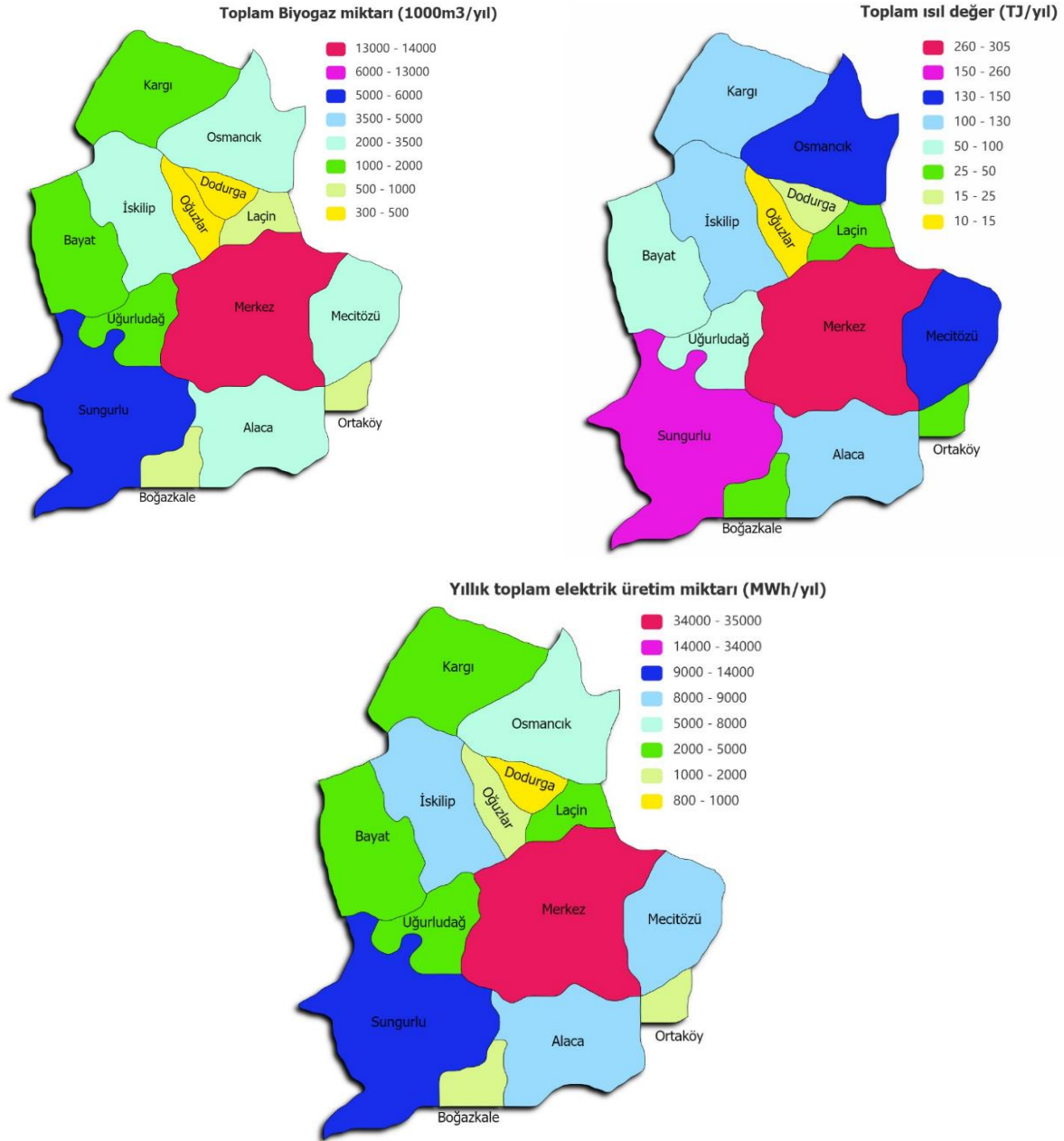
Tablo 8. Kanatlı hayvandan elde edilecek enerji değerleri

	TYID (MJ/yıl)	ÜEM (MWh/yıl)
<i>Alaca</i>	524903.65	58.32
<i>Bayat</i>	292834.42	32.53
<i>Boğazkale</i>	131242.32	14.58
<i>Dodurga</i>	66441.42	7.38
<i>İskilip</i>	1526118.50	169.56
<i>Kargı</i>	405899.68	45.09
<i>Laçın</i>	330041.62	36.67
<i>Mecitözü</i>	216221.72	24.02
<i>Merkez</i>	138263784.10	15362.64
<i>Oğuzlar</i>	58402.83	6.48
<i>Ortaköy</i>	156243.98	17.36
<i>Osmancık</i>	265142.29	29.46
<i>Sungurlu</i>	1995539.47	221.72
<i>Uğurludağ</i>	346807.83	38.53
TOPLAM	144579623.90	16064.40

Tablo 8’de görüldüğü gibi kanatlı hayvan atığından yılda 144579.62 GJ ısı enerjisi elde edilebilirken yılda 16064.4 MWh elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Bu değer yaklaşık olarak 1.9 MW Kurulu güce sahip biyogazdan elektrik üretimi tesis potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

4. TARTIŞMA (DISCUSSION)

Çorum ili için büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan potansiyellerine göre toplam biyogaz üretimi, toplam ısı enerjisi üretimi ve toplam elektrik üretimi grafikleri Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Çorum ili ve ilçeleri enerji değerleri

Şekil 5'te de görüldüğü gibi toplam biyogaz üretimi toplam ısı enerji üretimi ve elektrik üretim potansiyeli Çorum-Merkez'de görülmektedir. Çorum-Merkez yaklaşık 13.5 milyon m³ değerinde biyogaz potansiyeline sahiptir. Sungurlu ilçesi ise yaklaşık 5.1 milyon m³ ile en fazla biyogaz potansiyeline sahip ikinci yer olarak bulunmuştur. Çorum ili toplam biyogaz üretimi yaklaşık 39.77 milyon m³ olarak bulunmuştur. Literatürdeki verilerle karşılaştırıldığında Çorum ili için sonuçlar ortalama değerdedir. Toplam ısı enerji üretimi incelendiğinde yıllık 902.87 TJ değerinde bir potansiyel olduğu görülmektedir. Toplam elektrik üretim potansiyeli incelendiğinde ise yıllık 100319.9 MWh enerji üretimi potansiyeli olduğu görülmektedir. Bu potansiyelin %33.9'unu Çorum – Merkez karşılarken, %13 ile Sungurlu ilçesi ikinci sırada, %8.75 ile Mecitözü ilçesi üçüncü sırada yer almaktadır. Çorum ilinin yıllık enerji tüketimi 764566.48 MWh olarak bilinmektedir [24]. Çorum ilinde hayvansal atıklardan elde edilecek biyogazdan üretilecek elektrik miktarı elektrik tüketiminin yaklaşık yedide birini karşılamaktadır. Bazı iller bazında yapılan çalışmalara ait biyogaz üretim sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Çeşitli illerin biyogaz potansiyelleri

İl	Biyogaz Miktarı	Kaynak
Tokat	37.9 Milyon m ³	[25]
Yozgat	45 Milyon m ³	[26]
Sivas	52.3 Milyon m ³	[27]
Bursa	52 Milyon m ³	[23]

Biyogazın diğer yakıtlara göre eşdeğerlikleri literatürden alınmıştır [28]. Çorum ili genel biyogaz potansiyelinin diğer yakıtlara göre eşdeğerlikleri hesaplanarak Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Çorum ili üretilebilecek biyogazın farklı yakıtlardaki karşılıkları (yıllık)

	Biyogaz (m³)	Odun Kömürü (ton)	Odun (ton)	Motorin (l)	Benzin (l)
<i>Büyükbaş</i>	32014946.32	46741.82	111091863.70	21129864.57	24011209.74
<i>Küçükbaş</i>	1390356.17	2029.92	4824535.90	917635.07	1042767.13
<i>Kanatlı</i>	6369146.42	9298.95	22100938.10	4203636.64	4776859.82
TOPLAM	39774448.92	58070.69	138017337.80	26251136.29	29830836.09

Tablo 10'da görüldüğü gibi sadece Çorum ilinde üretilebilecek biyogaz miktarı sürekli kullanılan diğer yakıtlara kıyasla oldukça önemli bir potansiyededir ve bu kaynağın değerlendirilmesi gerekmektedir. Çorum ili için toplam hayvansal atık potansiyeline bağlı olarak elde edilebilecek elektrik enerjisinin diğer kaynaklarla üretilmesi durumuna göre ortaya çıkacak CO₂ emisyon miktar karşılaştırılması da Tablo 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Çorum ili üretilebilecek elektrik enerjinin yakıtlara göre CO₂ emisyon miktarları

Yakıt	CO₂ Emisyon (ton)
<i>Biyogaz</i>	2608.06
<i>Doğalgaz</i>	50054.69
<i>Fuel Oil</i>	73527.23
<i>İthal Kömür</i>	89075.28

Tablo 11'de gösterildiği gibi Çorum ili biyogaz potansiyeli ile üretilebilecek elektrik enerjisi miktarına bağlı CO₂ emisyon değeri diğer yakıtlara göre oldukça düşüktür. Doğalgaz ile aynı miktarda elektrik enerjisi üretilmesi durumuna göre yaklaşık 20 kat, ithal kömüre göre ise yaklaşık 34 kat daha az CO₂ salınımı gerçekleşmektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Biyogaz yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde önemli bir yere sahiptir. Dünyada birçok ülkesinde değerlendirilen bu potansiyel özellikle Çin, Hindistan gibi yerlerde bireysel üretim şeklinde Finlandiya, Almanya gibi yerlerde ise sanayi üretim şeklinde oldukça yaygındır. Biyogazın elde edilmesinde uygun şartların sağlanması önemlidir. Biyogazın üretiminin yaygınlaşması hem enerjide dışa bağılılığın azaltılması adına hem de küresel ısınmaya neden olan karbon emisyonunun azaltılması konusunda oldukça etkili olacaktır.

Bu çalışmada Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölgesinde bulunan Çorum ili ve ilçelerindeki biyogaz potansiyelinin değerlendirmesi yapılmıştır. Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlar olarak toplanan

verilerle birlikte Çorum ili ve ilçelerinde toplam 4882391 adet hayvan vardır. Toplam hayvan sayısının % 4.94'ünü büyükbaş hayvan, %4.80'i küçükbaş hayvan ve %90.26'sını ise kanatlı hayvanlar oluşturmaktadır. Hayvan sayılarında kanatlı hayvanların oldukça fazla olmasına rağmen günlük taze atık miktarlarının % 84.98'si büyükbaş hayvanlardan, % 9.37 si küçükbaş hayvanlardan ve % 5.65'i kanatlı hayvanlardan sağlanmaktadır. Yıllık kullanılabilir katı atık oranları incelendiğinde ise büyükbaş hayvan atıkları %80.49, küçükbaş hayvan atıkları %3.49 ve kanatlı hayvan atıkları %16.02'lik kısmı oluşturmaktadır.

Belirtilen hayvansal atık miktarlarına bağlı olarak üretilebilecek biyogaz miktarı büyükbaş hayvanlar için yıllık 32014946.32 m³, küçükbaş hayvan için yıllık 1390356.17 m³ ve kanatlı hayvan için yıllık 6369146.42 m³ olarak tespit edilmiştir. Çorum ili için toplamda üretilebilecek biyogaz miktarı yıllık 39.77 milyon m³ olarak bulunmuştur. Çorum ili ve ilçeleri arasında biyogaz üretimine en fazla katkı yapan yerler %33.95 oranında Çorum-Merkez olurken ikinci ve üçüncü sırada sırasıyla %13.05 ile Sungurlu ilçesi ve %8.75 ile Mecitözü ilçesi gelmektedir.

Üretilebilecek biyogaz miktarına bağlı olarak toplam ısı değer büyükbaş hayvanlar için yıllık 726.7 TJ, küçükbaş hayvanlar için yıllık 31.5 TJ, kanatlı hayvan için yıllık 144.5 TJ olarak bulunmuştur.

Üretilebilecek biyogaz miktarına bağlı olarak toplam üretilebilecek elektrik miktarı ise büyükbaş hayvanlar için yıllık 80748.8 MWh, küçükbaş hayvan için yıllık 3506.7 MWh ve kanatlı hayvanlar için yıllık 16064.4 MWh olarak tespit edilmiştir. Toplamda Çorum ili için üretilebilecek elektrik miktarı yıllık 100319.9 MWh olarak tespit edilmiştir.

Üretilebilecek olan biyogaz miktarından elektrik üretilmesi durumunda 2608.06 ton CO₂ emisyonu ortaya çıkacağı tespit edilmiştir. Aynı elektrik miktarının farklı kaynaklardan elde edilmesi durumu incelendiğinde, elektriğin doğalgazdan elde edilmesi durumunda yaklaşık 20 kat, ithal kömür ile elde edilmesi durumunda ise yaklaşık 34 kat daha fazla karbon salınımı ortaya çıkacağı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Cheah, W. Y., Ling, T. C., Show, J.C., Juan, J.C., Chang, J. S., & Lee, D.J. (2016). Cultivation in wastewaters for energy: A microalgae platform. *Applied Energy*, 178, 609-625.
- [2] Kligerman, D.C., & Bouwer, E.J. (2015). Prospects for biodiesel production from algae-based wastewater treatment in Brazil: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1834-1846
- [3] Seyitoglu, S.S., Dincer, I., & Kilicarslan, A. (2017). Energy and exergy analyses of hydrogen production by coal gasification. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 2592-2600.
- [4] Seyitoglu, S.S., Dincer, I., & Kilicarslan, A. (2016). Assessment of an IGCC based trigeneration system for power, hydrogen and synthesis fuel production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41, 8168-8175.
- [5] Lam, M.K., & Lee, K.T. (2012). Microalgae biofuels: A critical review of issues, problems and the way forward. *Biotechnology Advances*, 30, 673-690.
- [6] Rawat, I., Ranjith Kumar, R., Mutanda, T., & Bux, F. (2011). Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. *Applied Energy*, 88, 3411-3424.
- [7] Kadam, R., & Panwar, N.L. (2017). Recent advancement in biogas enrichment and its applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 892-903
- [8] Pizzuti, L., Martins, C.A., & Lacava, P.T. (2016) Laminar burning velocity and flammability limits in biogas: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 856-865.
- [9] Çanka Kılıç, F. (2011). Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri. *Mühendis ve Makina*, 52, 94-106.

- [10] 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.
- [11] Kaygusuz, K., & Türker, M.F. (2002). Biomass energy potential in Turkey. *Renewable Energy*, 26, 661–678.
- [12] Ergür, H.S., & Okumuş, F. (2010). Cost and Potential Analysis of Biogas in Eskisehir. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 15, 155–160.
- [13] Akbulut, A. (2012). Techno-economic analysis of electricity and heat generation from farm-scale biogas plant: Çiçekdağı case study. *Energy*, 44, 381–390.
- [14] Avcioğlu, A.O., & Türker, U. (2012). Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1557–1561.
- [15] Shi, Y., Li, R., Xue, Y., & Li, H. (2016). High-frequency-link-based grid-tied PV system with small DC-link capacitor and low-frequency ripple-free maximum power point tracking. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 31(1), 328-339.
- [16] Acaroğlu, M., & Aydoğan, H. (2012). Biofuels energy sources and future of biofuels energy in Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 36, 69–76.
- [17] Karaca, C. (2017). Hatay İlinin Hayvansal Gübre Kaynağından Üretilen Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22, 34–39.
- [18] Özer, B. (2017). Biogas energy opportunity of Ardahan city of Turkey. *Energy*, 139, 1144–1152.
- [19] Meyer, A.K.P., Ehimen, E.A., & Holm-Nielsen, J.B. (2018). Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production. *Biomass and Bioenergy*, 111, 154–164.
- [20] Can, A. (2020). The statistical modeling of potential biogas production capacity from solid waste disposal sites in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118501.
- [21] T.C. Çorum Valiliği. (2021) Çorum Valilik n.d. <http://www.corum.gov.tr>, Erişim ta
- [22] Başçetinçelik, A., Karaca, C., Öztürk, H.H., Kacıra, M., & Ekinci, K. (2005). Agricultural Biomass Potential in Turkey. 9th Int. Congr. Mech. Energy Agric., 195–199.
- [23] Ozsoy, G., & Alibas, İ. (2015). GIS mapping of biogas potential from animal wastes in Bursa, Turkey. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8, 74–83.
- [24] Koçak, İ., & Boran, K. (2018). Türkiye'deki İllerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi. *Journal of Polytechnic*, 0900, 351–65.
- [25] Kızılaslan, H., & Onurlubaş, H.E. (2010). Potential of production of biogas from animal origin waste in Turkey (Tokat province example). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9, 1083–1087.
- [26] Eryılmaz, T., Yesilyurt, M.K., Gokdogan, 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, 106–111.
- [27] Polat Bulut, A., & Topal Canbaz, G. (2019). Hayvan atıklarından Sivas ili Biyogaz potansiyelinin araştırılması. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9, 1–10.
- [28] Salihoğlu, N.K., Teksoy, A., & Altan, K. (2019). Büyükbaş ve küçükbaş hayvan atıklarından biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: Balıkesir ili örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimi Dergisi*, 8, 31–47.