



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENERJİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**ENERJİ ELDESİNDE KULLANILAN TARIMSAL ATIKLARIN
VERİMLİLİĞE ETKİSİ: GERÇEK BİR BİYOGAZ TESİSİ ÖRNEĞİ**

Dilek ERCAN

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Ağustos 2021**

ENERJİ ELDESİNDE KULLANILAN TARIMSAL ATIKLARIN VERİMLİLİĞE
ETKİSİ: GERÇEK BİR BİYOGAZ TESİSİ ÖRNEĞİ

Dilek ERCAN

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Yönetimi Anabilim Dalı
Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ

Konya
Ağustos 2021

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğumu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

25 Ağustos 2021

Dilek ERCAN

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNCEZ danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

25Ağustos 2021

Dilek ERCAN

TEŐEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danıőman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ'e sonsuz teőekkür ve saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca bana her türlü desteği veren ve hep yanımda olan, geleceğim için sayısız fedakarlıkta bulunan ailemin fertlerine, yardımını esirgemeyen arkadaşlarım Bilge Tokyay ve Aybüke Büőra aęlak'a teőekkürlerimi sunarım.

Ağustos, 2021

Dilek ERCAN

ÖZET

Dilek ERCAN

Enerji Eldesinde Kullanılan Tarımsal Atıkların Verimliliğe Etkisi: Gerçek Bir Biyogaz

Tesis Örneği

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2021

Türkiye hayvancılık ve tarım ülkesi olmasından dolayı, biyokütle enerji sistemlerinin yakın gelecekte ön plana çıktığı görülmektedir. Teknoloji ve sanayinin gelişmesi ile birlikte üretim faaliyetleri her geçen ilerlemektedir. Günümüzde yemek atıkları, bitkisel atıklar ve hayvanlar atıklarından enerji kaynakları üretilmektedir. Yapılan araştırma kapsamında bitkisel ve hayvansal atıklardan biyogaz ve elektrik enerjisi üretildiğini tespit edilmiştir. Gerçek bir tesis verileri üzerinden yapılan bu çalışmada, tesise giren bütün atık ürünler ile ilgili yapılan nihai SPSS analizleri sonucunda, tesise giren her bir ürünün anlamlılık değerinin yüksek seviyede anlamlı farklar oluşturduğu değişkenlerin “Puf, Nar ve Gübre” olduğu tespit edilmiştir. Puf atığının anlamlılık değeri Eylül ve Ağustos ayları hariç 0.05 den küçük çıkarken nar atığının anlamlılık değeri Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları hariç diğer aylarda 0.05 den küçük çıkmıştır. Gübre atığının anlamlılık değeri bütün aylarda 0.05 küçük olup verimliliği tüm aylarda artırmıştır. Diğer ürünlerde ise yüksek seviyede anlamlı birer farkın oluşmamasının tesise alınmış olan atık miktarının, aylara göre sürekliliği ve yoğunluğu ile ilgili de olabilmektedir. Fakat az veya çok atık olarak değerlendirilen ve imha edilme sürecinde doğaya zarar verebilecek maddelerin biyogaz üretiminde katkı sağladığı görülmektedir.

Biyogaz üretiminin günümüzde çok yaygınlaşmasının ve ön plana çıkmasının nedenleri arasında; atıkların doğru bir biçimde bertaraf edilmesinin gerekliliğinin görülmesi ve buna bağlı olarak sera gazlarının emisyonlarının azaltılmasına dair çabalar yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler

Enerji, Bitkisel Atık, Hayvansal Atık, Biyogaz

ABSTRACT

Dilek ERCAN

Effect Of Agricultural Wastes Used For Energy On Efficiency: A Real Example Of
Biogas Plant

Master Thesis

Konya, 2021

Since Turkey is a livestock and agriculture country, it is seen that biomass energy systems come to the fore in the near future. With the development of technology and industry, production activities are progressing day by day. Today, energy sources are produced from food wastes, vegetable wastes and animal wastes. Within the scope of the research, we determined that biogas and electrical energy are produced from plant and animal wastes. In this study, which is based on the data of a real facility, as a result of the final SPSS analysis of all waste products entering the facility, it has been determined that the variables where the significance value of each product entering the facility creates significant differences at a high level are "Puff, Pomegranate and Fertilizer". The significance value of pomegranate waste was less than 0.05 except for September and August, while the significance value of pomegranate waste was less than 0.05 in other months except July, August and September. The significance value of fertilizer waste was 0.05 small in all months and increased productivity in all months.. The fact that there is no significant difference in other products may also be related to the continuity and density of the amount of waste taken to the facility, according to months. However, it is seen that substances that are considered as more or less waste and can harm nature in the process of destruction contribute to the production of biogas.

Among the reasons why biogas production has become very widespread and come to the fore today; There are efforts to see the necessity of correct disposal of wastes and to reduce emissions of greenhouse gases accordingly.

Keywords

Energy, Vegetable Waste, Animal Waste, Biogas

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN.....	iii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
TABLolar DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2.DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE BİRİNCİL ENERJİ DURUMU	3
3.DÜNYADA VE TÜRKİYE DE İKİNCİL ENERJİ DURUMU	6
4.BİYOGAZ.....	10
4.1. Biyogazın Tarihi.....	10
4.2. Biyogazın Türkiye’deki Durumu	13
4.3. Biyogazın Dünyada Durumu.....	17
4.4. Biyogazın Üretiminde Kullanılabilecek Ham Maddeler.....	21
4.4.1. Hayvansal Atıklar	22
4.4.2. Bitkisel Atıklar.....	22
4.5. Biyogaz Üretimi ve Aşamaları	23
4.6. Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler	25
4.7. Biyogazın Özellikleri	28
4.8. Biyogaz Üretimi ve Mikrobiyolojisi	30
4.8.1. Fermantasyon ve Hidroliz.....	31
4.8.2. Asetik Asidin Oluşumu	31
4.8.3. Metan Gazının Oluşumu.....	31
4.9. BİYOGAZIN FAYDALARI.....	34
5. YÖNTEM VE BULGULAR.....	37
5.1. Yöntem	37
5.2. Bulgular	39
6. SONUÇ	55
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	63

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Gelişmekte olan bazı ülkelerdeki biyogaz tesisi sayısı.....	12
Tablo 2. 04.08.2018 Cumartesi günü elektrik üretimi oranları.....	16
Tablo 3. 2017 Yılı sonu yenilenebilir elektrik kurulu güç kapasiteleri (GW)	18
Tablo 4. Dünya üzerindeki bazı ülkelerin biyogaz tesis sayısı	19
Tablo 5. Ülkelere göre en fazla biyogaz üretimi.....	20
Tablo 6. Biyogazın bileşimi	29
Tablo 7. Biyogazın diğer gazlarla karşılaştırılması.....	30
Tablo 8. 2020 yılı verileri yaprak değişkeni ANOVA sonuçları	39
Tablo 9. 2020 yılı verileri yaprak değişkeni T-Testi sonuçları.....	40
Tablo 10. 2020 yılı verileri puf değişkeni Anova sonuçları.....	40
Tablo 11. 2020 yılı verileri puf değişkeni T-Testi sonuçları	42
Tablo 12. 2020 yılı verileri nar değişkeni Anova sonuçları.....	42
Tablo 13. 2020 yılı verileri nar değişkeni T-Testi sonuçları.....	44
Tablo 14. 2020 yılı verileri gübre değişkeni Anova sonuçları.....	45
Tablo 15. 2020 yılı verileri gübre değişkeni T-Testi sonuçları.....	46
Tablo 16. 2020 yılı verileri tavuk değişkeni Anova sonuçları	47
Tablo 17. 2020 yılı verileri tavuk değişkeni T-Testi sonuçları	48
Tablo 18. 2020 yılı verileri pancar değişkeni Anova Testi sonuçları	50
Tablo 19. 2020 yılı verileri pancar değişkeni T-Testi sonuçları	50
Tablo 20. 2020 yılı verileri patates değişkeni Anova sonuçları.....	51
Tablo 21. 2020 yılı verileri patates değişkeni T-Testi sonuçları.....	51
Tablo 22. 2020 yılı verilerine bitkisel ve hayvansal atıklar genel Anova Sonuç Tablosu	52
Tablo 23. 2020 yılı verilerine bitkisel ve hayvansal atıklar T-Testi sonuçları.....	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Türkiye’de kullanılan enerji kaynakları.....	3
Şekil 2. Türkiye’de kullanılan enerji kaynakları.....	4
Şekil 3. Türkiye 2019 kurulu gücü.....	15
Şekil 4. 2017 Avrupa’da yenilebilir enerjinin toplan enerjiye olan payı.....	18
Şekil 5. AB ülkelerinin toplam yenilenebilir enerji yüzdeleri	19
Şekil 6. Hayvansal atıklar	22
Şekil 7. Bitkisel atıklar.....	22
Şekil 8. Biyogaz Üretimi ve Aşamaları.....	23
Şekil 9. Organik maddelerin anaerobik sindirimi ile biyogaz oluşumu.....	26
Şekil 10. Biyogaz Üretim Prosesi	30
Şekil 11. Biyogaz üretiminin aşamaları	32
Şekil 12. Çevresel faydaları	35
Şekil 13. Biyogaz treni 2005.....	35
Şekil 14. Biyogazın Faydalarına Örnekler	36

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
GW	Gigawatt
KW	Kilowatt
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
M.Ö.	Milattan Önce
MW	Moment Büyüklüğü
TEP	Ton eşdeğer petrol
TWH	Terawatt

1. GİRİŞ

Dünya’da 1970’li yılların başında meydana gelen petrol krizi ve sürekli artan fiyat politikası ülkelerde alternatif enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. Yönelimin artması, araştırmaların başlaması ile fosil yakıtların sonlu bir enerji kaynağı olduğu, yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekli bir enerji kaynağı olması , CO₂ ve benzeri çevre kirlenici faktörlerin yenilenebilir enerji kaynaklarında ciddi oranlarda giderilmiş olması ve biyogaz , güneş ,rüzgar, gibi yenilenebilir ve sürekli enerji kaynaklarının enerji açığını kapatması ülkeler üzerinde göz ardı edilemeyecek kadar dikkat çekmiştir.

Enerji herhangi bir dönüşüm ve değişime uğramayan şekline 1’incil (primer) enerji olarak adlandırılmaktadır. 1’incil enerji kaynakları “nükleer, hidrolik, biyokütle, petrol, kömür, doğal gaz, rüzgar, güneş ve dalga-gelgit”dir. 1’incil enerjilerin dönüştürülmesiyle elde edilmiş enerjiler de 2’ncil “sekonder” enerji olarak tanımlanmıştır. Mazot, benzin, elektrik, motorin, ikincil kömür, kok kömürü, hava gazı, petrokok, sıvılaştırılan petrol gazı ve LPG” enerji kaynaklarıdır.

Birincil enerji tüketiminin yıllara göre değişimi incelendiğinde Dünyada 1. enerji tüketimi 1965 yılında 3.730,7 MTEP iken 2016 yılında % 356 lık artış ile 13.276,3 MTEP olmuştur. 2016 yılında en yüksek 1. enerji tüketimi Asyada olmuştur. Bunun nedeni yüksek enerji tüketimi ile Çin’dir.

Enerji Kaynakları kullanımının kaynak türlerine göre incelemesini yaptığımızda en büyük enerji kaynağının fosil kökenli enerji kaynakları olduğunu görmekteyiz. 1965 yılında enerji tüketimin yaklaşık % 94’ü fosil kökenli enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Günümüzde ise bu oran bir miktar azalmış ve % 85 civarına düşmüştür.

Kaynak türlerine göre enerji tüketiminin yıllara göre değişimi incelendiğinde kömür ve petrolün toplam enerji kullanımı içindeki payı sırasıyla %10 ve %8 azaldığı görülmektedir. Doğalgazda ise % 8’lik Nükleer Enerjide %4’lük Hidrolik Enerjide ise % 1 lik bir artış görülmektedir.

1995 yılından sonra diğer yenilenebilir (Rüzgar, Güneş, Jeotermal, Biyogaz vb.) enerji kaynaklarına yönelme olmuştur. Günümüzde toplam enerji tüketiminin yaklaşık %3’ü bu yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmakta olup gün geçtikçe bu oran artmaktadır.

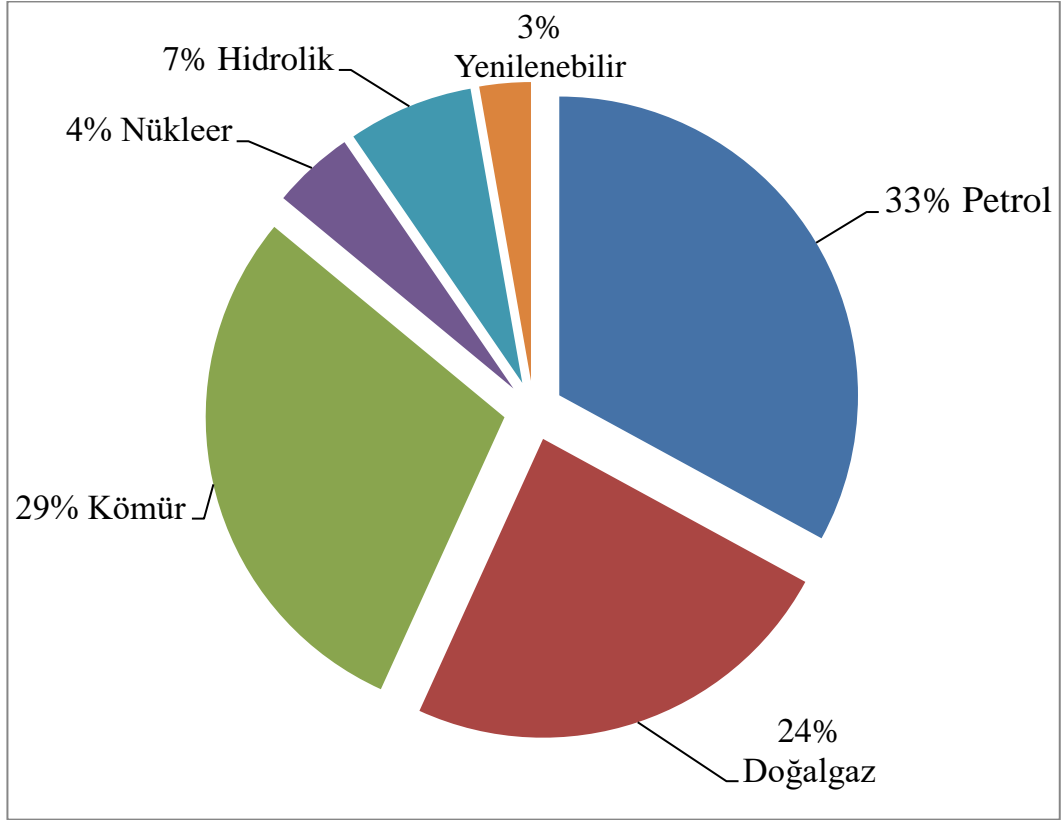
Enerji tüketimi tüm devletlerin gelişim düzeyinin birer göstergesidir ve kişilerin hayatlarını rahat bir şekilde sürdürebilmeleri için vazgeçilmezleri arasında yer almaktadır. Her geçen gün gelişen teknoloji ve artan nüfus sayısı ile beraber, enerji tüketimindeki artışın enerjiji tüm dünyada olduğu gibi devletimizde büyük sorunlar şeklinde karşımıza çıkmıştır. Fosil yakıt kaynağının hızlı bir biçimde tükenmesi ve tüketilirken de doğal çevre ve yaşama onarılamayacak şekilde zarar vermesi, gelecek yaşamları büyük tehlikeye sokmaktadır. Bu sebeple, yenilenebilen enerji kaynaklardan yararlanılması yönündeki araştırmalar her geçen gün daha fazla önem kazanmaya başlamıştır.

Enerji kaynaklarının ve hammadde kaynak kapasitesinin sınırlı olmasına karşılık, enerjije ve hammaddeye gereksinim her zaman ve sürekli olarak çok hızlı birer şekilde artmanın göstermesi ve 1'ncil enerjilerdeki kaynağın revizesinin kısıtlandırılması, insanların yeni nesil kaynaklar bulmaya zorlamıştır. 1'incil enerji kaynaklarının kısıtlı olmasının yanı sıra, nüfus artışı, endüstrileşme, ulusal kaynağın değerlendirilme zorunluluğunun olması, mevcut yakıtların çevresel etkilerinin üstündeki negatif etkilerinin ve iklim değişikliğinin problem sorunu yeni birer enerji teknoloji kapsamında, yenilenebilen enerji kaynağının kullanılmasını gerekli kılmıştır.

Doğamızda yaygın bir biçimde bulunan mevcut kökenli tarımsal ürünlerin yanı sıra biyolojik, fiziksel ve kimyasal yöntemler ile üretimi yapılan, ticari özelliklere sahip olan belirli ve temel özellikleri standartlaştırılmış olan gaz, sıvı, katı, elektrik halde üretilen bitkisel ve hayvansal enerji kaynağıdır. Dünyada enerji eldesinde edilen atıklardan birçok enerji üretilebilmektedir. Hayvansal ve bitkisel atıklar, fosil olmayan organik madde kitlesidir. Ana bileşeni karbon-hidrat olan bu bileşenlerin, doğal biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilmiş olan enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanmaktadır. Yapılacak olan bu çalışmada, bazı hayvansal ve bitkisel atıkların enerji üretiminde verimliliğe etkisi araştırılacaktır.

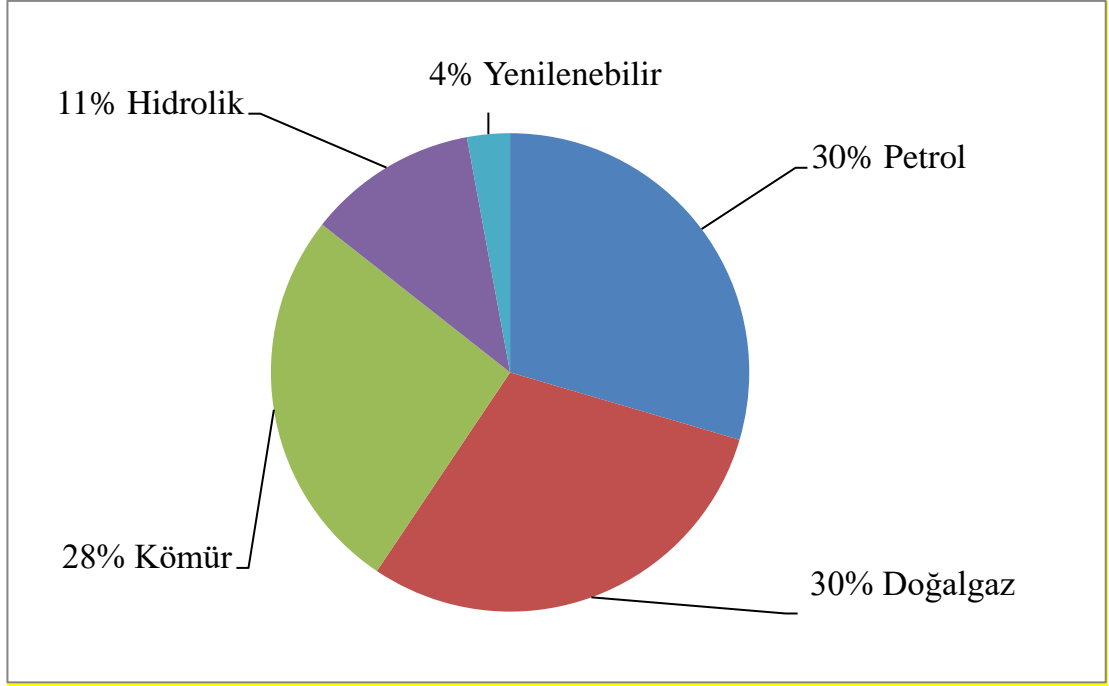
2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE BİRİNCİL ENERJİ DURUMU

Tüm dünyada kullanılan enerjinin birden fazlası 1’incil enerji kaynağından elde edilmiştir. 2016 senesinde elde edilmiş olan verilere göre, dünyamızda 1’incil enerji kaynağının kullanım miktarıyla “13276.3 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol)” olarak elde edilmiştir. Aşağıda yer alan şekilde, enerji kullanımının en büyük sahip olduğu kaynaklar; “doğal gaz (%24), kömür (%29) ve petrol (%33)” olduğu görülmektedir. Buradaki diğer yenilenebilen enerji kaynakları olarak bahsi geçen; “jeotermal, güneş, biyoyakıt ve rüzgar enerji kaynağıdır. (Koç ve Kaya, 2015)



Şekil 1. Türkiye’de kullanılan enerji kaynakları

(Kaynak: Koç ve Kaya, 2015)



Şekil 2. Türkiye’de kullanılan enerji kaynakları

(Kaynak: Koç ve Kaya, 2015)

Ülkemizde 2016 senesinde elektrik enerji üretimlerinde kullanılmakta olan enerji kaynağının dağılımı yukarıda yer alan grafikte verilmektedir. Aynı sene içinde elektrik enerji üretim miktarı da “278,4 TWh” olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizdeki elektrik enerji üretiminde en fazla paya sahip durumda olan enerji kaynağı ise; “hidrolik (%24), kömür (%31) ve gaz (%34)” şeklindedir. (Koç ve Kaya, 2015)

Türkiye’nin elektrik üretim kurulu gücü yıllara bağlı olarak hızla artmıştır. 1975 yılında 4.186,6 MW olan kurulu gücü 2015 yılında % 1747 artarak 73.146,7 MW olmuştur. Bu kurulu gücünün %57’sini (41903 MW) termik santraller, %35’ini (25867,8 MW) hidroelektrik, % 8’ini (5375,9 MW) jeotermal, rüzgar ve güneş enerji santralleri oluşturmaktadır. (Koç ve Kaya, 2015)

Türkiye’deki petrol durumuna baktığımızda; 2015 senesinde ham petrol üreticisininin 18 Milyon varil olarak, ortalama günde üretilen “50250 varil“ olduğu tespit edilmiştir. Bu duruma karşılık aynı sene içinde ithal edilmiş olan ham petrolün 503000 varil/gün 503000 varil/gün ton olduğu görülmektedir. Petrolde ithalata bağımlılık oranı %93,6’dır.

En iyimser hesaplar dahi yenilenemeyen enerji kaynaklarının (doğalgaz, kömür, petrol vb.) çok uzak olmayan bir gelecekte tükeneceğini belirtmektedir. Hâlbuki gelişmeyle

doğru orantılı bir biçimde enerji tüketimi de fazlalaşmıştır. Bu sayede yenilen enerji kaynaklarına yönelebilmek için ve aynı zamanda yenilenemeyen enerji kaynaklarında tükenme süreçlerinin hızını kesebilmek için, birer mecburiyet durumu gelişmiştir. Tüm dünyadaki ülkeler bu konuda, olağan bir şekilde çaba göstermektedirler (Kaya, 1999).

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE DE İKİNCİL ENERJİ DURUMU

Tüm dünyada kullanılmakta olan 2'ncil enerji kaynakları olarak bilinen "rüzgâr, biyokütle, jeotermal ve hidrolik" enerjileridir. 2020 yılında yayımlanan yenilenebilir enerji kaynakları global raporuna göre, yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi 200 gigawatt'tan fazla büyüdüğünden 2019 rekor kıran bir yıl daha yaşanmıştır. Çin Avrupa Birliği, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri'nin bazı kısımlarında dahil olmak üzere yeni rüzgâr ve güneş santralleri kurmak, mevcut kömürlü santralleri işletmekten daha ucuz hale gelmiştir. Aynı zamanda birçok ülkede doğal gazla çalışan enerji santrallerinin de durumu bunu göstermektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji, elektrik üretiminin en ucuz kaynaklarından diyebilmekteyiz. Çok büyük hidroelektrik santrallerin haricinde yenilenebilir enerjiler, dünyanın elektriğinin tahmini olarak "2010'da ise sadece %6,1'ini, 2018'de %12,4 ve 2019 yılında ise %13,4'ünü" üretmişlerdir (Yavrucu, 2019).

Güneş ve rüzgâr enerjisine benzer yenilenebilir enerji kaynakları, elektrik üretebilmek için yeni inşa edilebilir kapasitenin nerede ise %80'nini oluşturmaktadır. Piyasalar ve yatırımcılar, yenilenebilir enerjilerin güvenilirliklerini ve rekabet edebilirlikleri hususunda ikna olmuş durumdadırlar. Güneşten elde edilen enerji ile kapasite olarak yatırım 2019 yılında %3 düşüş ile 131,1 milyar dolara gelindiğinde, rüzgâr ile %6 artış ile 138,2 milyar dolara yükselmiştir. Bundan sonrada 2010 yılından beri ilk kez rüzgâr enerjisiyle birlikte güneş enerjisine geçiş yapılmıştır. Düşmekte olan sermaye maliyetleri ve Çin devletinin PV pazarında artan yavaşlaması, bu duruma sebep olmuştur. Global "Offshore Rüzgâr Finansmanı" geçen sene %19 artış sağlamıştır ve "29,9 milyar \$'a" kadar ulaşmıştır. Kara rüzgârından yapılmış olan yatırım ile %2,1'lik bir artış ile, "108,3 Milyar \$'a" kadar yükselişini sürdürmüştür. Bu yükseliş ilgili zamanların en yüksek rakamı olmuştur. Gelişmekte olan devletlerin yenilenebilir enerji kapasite yatırımları, 2018 yılında "152,7 Milyar \$ iken sadece minimum bir düşüş ile 2019 senesinde "152,2 Milyar \$'a" dolara kadar gerçekleşmiştir. Gelişmekte olan devletlerin yatırımlarının genel global toplamı %54'ünü oluşturarak üst üste 5'inci senede gelişen finansal durumlardan daha çok olmuştur. Hindistan ve Çin haricinde gelişimi olan pazarların kapasite yatırımları geçene senelerde %17 artış ile "59,5 milyar \$"a ulaşmıştır (Yavrucu, 2019).

Gelişmiş ekonomiler yenilenebilir enerji miktarına yapılan yatırım ile 2019 senesinde %2'lik bir artış göstermiştir ve 130 Milyar dolara kadar ulaşmıştır. Polonya, İspanya ve Hollanda harcamadaki keskin artışlar ile, Belçika, Almanya, Avustralya, İngiltere ve Belçika ülkelerinde büyük düşüşler yaşamasına neden olmuştur (Yavrucu, 2019).

Haziran ayında yayınlanan 2020 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporun da Türkiye hakkında verilen bilgiler şöyledir (<https://www.dunyaenerji.org.tr>):

- Jeotermal enerjinin emisyonları ve yeraltı sularındaki etkisi nedeniyle ülkemizde oluşmuş olan rahatsızlıklarına değinilmiş olan raporda, Ülkemizin jeotermal enerji faaliyetinin “kWh başına 1,0 ile 1,3 kg CO₂ “salınımlarını gerçekleştirdiğimizde, bu durumun da global ortalama olarak nerede ise on katından fazla olduğu belirtilmektedir. İlgili raporda son zamanlarda minyonların salınımının düştüğü ve aynı zaman santralden santrale çeşitlilik gösterdiği belirtilmektedir.
- Global ısıtma amaçlı güneş enerjileri ABD, Çin'den sonra ülkemiz 3'ncü sırada gelmektedir. Güneş enerjisi ile birlikte su ısıtılmak için, 2019 senesinde kurulmuş olan yeni kapasiteler ise, ülkemizi Çin'den sonra dünya da 2'nci sırada yer almaktadır.
- Ülkemiz Çin devletinden sonra ısıtmada jeotermal enerjiyi kullanan 2'nci ülkedir.
- Ülkemiz, toplam global hidroelektrik kapasitesinin içinde %3'le 9'ncü sırada gelmektedir.
- Ülkemiz, belli senelerden bağımsız olarak global jeotermal kurulu güç sıralamasında dünya da 4'ncü sırada yer almaktadır.
- Ülkemizin yıllık rüzgar kurulumunun 2018 senesine göre, artış göstermiş olduğu ve 8,1 GW'lık kapasitesine 0,7 GW eklenmiş olduğunu belirten raporda ülkemiz rüzgar enerjilerinde elektrik payında, 2019 yılında %7,4 oranında olduğu belirtilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en başında “bitkisel yağlar, hayvansal atıklar, jeotermal, rüzgâr ve güneş” gelmektedir. Biokütle enerjileri yenilenebilir enerji

kaynağının içinde büyük bir yere sahiptir. Anaerobik biyoteknoloji ile, çevre kirliliğine neden olan atıkların arttırılmasının sağlanabilmesi için hem de değerli bir yan ürün olan metan gazının üretilmesi nedeniyle, yenilenebilen enerji kaynaklarının arasında büyük dikkat çekmektedir (Alçıçek ve Demirulus, 2012).

Türkiye’de %4 ve Dünya’da %3, oranlarına sahip olan yenilenebilen enerjinin içinde, yine de en az etkili olan enerji “biyogaz”dır. Türkiye’de biyogaz sektörünün başında bazı şehirlerimiz olmak üzere çöpten biyogaz üretilmesi, bazı sanayiler ve belediyelerin atık su tesisinin biyogaz üretimi, “T.C Tarım ve Orman Bakanlığı” tarafından Anadolu’nun çeşitli yörelerinde yürütülmekte olan “demonstrasyon ve gazifikasyon” projeleri oluşturulmuştur.

Yenilenebilen enerji kaynaklarından birisi olan biyogaz, yenilenen ve gelişmekte olan enerji piyasasından hem enerji hem de üretim potansiyeliyle, kayda değer birer önem arz etmiştir. Biyogaz, biokütlenin biyokimyasal bozulmalardan üretilmekte olan ve kullanımından önce içeriğinde, kirletici gazın uzaklaştırılmasına gereken oksijen konsantrasyonunda birer yakıt türüdür.

Son yıllarda Türkiye’de nüfusun artması , hayvancılık sektörünün büyümesi , yetişen yeni nesilin çiftçilik faaliyetlerinde sıfır atık mantığı ile ilerlemek istemesi ve bu doğrultuda hayvansal ve tarımsal atıklardan yenilenebilir enerji yönelimini artırmıştır. Kanatlı hayvancılık ensdürtrileri yapraklı toprak altında yetişen tarım faaliyetlerinden oluşan atıkların hemen hemen hepsi gübre ve yem üretiminde kullanılabilirken aynı zamanda çevre kirliliğini azaltmakta ve Bu tür atıkların doğrudan arazi üzerinde bırakılması toprak verimliliğini düşürmektedir.

İç anadolu bölgesi tarıma elverişli topraklar olup türkiyenin tahıl ve şeker deposu olarak anılmaktadır. Şöyle ki TUİK verilerine göre, 2003 senesinden itibaren ülkemizde pancar üretiminin istikrarı sağlanmıştır (TUİK, 2013). Ülkemizde 2017 ve 2018 üretim dönemlerinde 21 Milyon 150 Bin ton şeker pancarının üretilmesiyle de dünyada Almanya, Fransa, Rusya ve ABD’nin ardından 5’inci sırada yer almaktadır. 2018 senesinde ülkemizin şeker pancarı üretiminde yaklaşık olarak “%30’u Konya’da, %8’i

Yozgat'ta ve %7'si ise Eskişehir'de ve %5,6'sı da Aksaray'da gerçekleşmiştir. Aynı zamanda pancar üretiminin gerçekleştiği coğrafi şartlarda mısır ve buğday üretimi biyogaz tesislerinde farklı reçeteler oluşmasına fırsat oluşturmuştur. Şöyle ki bir çiftçinin atık olarak nitelendirdiği pancar kökü, mısır silajı, buğday silajı artık bir ana üründür ve satılabilmektedir. Çevre illerden temin edilen ve deneme yanılma yoluyla farkedilen meyve posalarının biyogaz tesislerinde verimliliği artırması tamamen farklı reçetelerin oluşmasına imkan sağlamış üretic ve tüketicuyu ise tatmin etmiştir (TUİK, 2018).

Bu bilgiler dikkate alınarak yaptığımız çalışma, yenilenebilir enerji kaynağı türlerinden olan belirli m.o'ların organik maddeleri oksizjensiz ortamda bozundurulması ile oluşan biyogaz üretimi hakkında hazırlanmış olup ülkemiz iç anadolu bölgesinde tarımsal sebze ve meyve atıklarının biyogaz enerjisi eldesinde verimliliğe etkisi gerçek bir tesis üzerinden incelenmiştir.

4. BİYOGAZ

Biyogaz; yanıcı, renksiz, ana moleküllerinin “karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄)” olan, az seviyede “karbon monoksit (CO) ve hidrojen sülfür (H₂S), azot (N), oksijen (O₂)” oluşmaktadır. Organik maddelerin %40 ile %60’ı biyogaz tarafından dönüştürülmektedir. Geriye kalan bölüm ise tarımsal amaçlı kullanılabilen sıvı ve katı gübrelerdir. Elde edilen enerji temiz bir enerjidir. Biyogaz üretiminde kullanılan organik atıklar , büyükbaş ve küçükbaş hayvan gübreleri, mezbaa atıkları, atıksu arıtma tesisleri çamurları, mısır sapı, ağaç yaprakları, mobilya sektörü atıkları (odun, talaş vb.) meyve posaları, pancar yaprakları ve küspesi gibi ürünlerdir.

Yapılan bu çalışmada pancar yaprağı ve kök kısmı ayrıca farklı olarak nar posası küçükbaş ve büyükbaş hayvan atıkları, mısır ve buğday silajından oluşan bir karışımla çalışan biyogaz tesisini incelemektedir.

Biyogaz üretimi için aşağıdaki dört bileşenin olması gerekir (House, 2007).

- “Isı”
- “Organik Madde”
- “Bakteri”
- “Anaerobik Ortam”

4.1. Biyogazın Tarihi

Anaerobik koşullarda Biyogaz, biyokimyasal ve organik maddelerin fermantasyon geçirmesi ve mikro biyolojik etkenlerin sonucunda ayrışması sonucu ile, elde edilenlerin havadan %20 daha az miktarda hafif yanan bir gazın karışımlarıdır. Biyogaz, "%40-70 CH₄, %60-30 CO₂" ve diğer gazlardan “H₂S, N₂, H₂, CO” oluşturmaktadır. İçermiş olduğu metan biyogazın yakıt olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Onurbaş, 1993).

Biyogaz ilk kez 2000 yıl önce, Çin kayıtlarında geçmekteydi. Fakat, Biyogaz ilk olarak Asurlular tarafından M.Ö. 1000 senesinde kullanılmaya başlandığı bilinmektedir (Eryaşar 2007). Milattan önce 23 ile 79 yılları arasında yaşayan “Plinius” bataklıklarda titreşim olan alevlerden bahsetmektedir ve bunu gaz olarak adlandırılmaktadır (Marchaim, 1992). 17’nci yy. “Jan Baptista Van Helmont” yanıcı gazların organik maddelerden ayrışması ile üretilmiş olduğu keşfetmiştir. 1682 senesinde “Robert Boyle”

gaz üretiminin bitkisel ve hayvansal atıkların ayrıştırılması ile ortaya çıktığını keşfetmiştir. (Eryaşar 2007).

Benjamin Franklin tarafından “Anaerobik fermantasyon” ilk kez tanımlaması yapılmıştır (Martineau ve Worley 2009). 1776 yılında “Kont Alessandro Volta” ayırışan organik madde miktarları ile 1776 yılında üretimi yapılan yanıcı gazların miktarı arasındaki ilişkiyi göstermiştir (Eryaşar 2007).

1895 yılında ilk uygulama İngilterenin bir şehri olan “Exeter”de yapılmıştır. Kentsel olarak kanalizasyonların toplanılması için, özel birer tesiste elde edilmiş olan biyogaz, ülkenin sokak lambalarında kullanılmıştır. 1900’lerden sonra dünya da mikrobiyoloji ve bilimdeki gelişmelerin ışığında, paralel bir biçimde konu ile ilgili yapılan araştırmalar artış göstermiştir, anerobik bakteriler ve özelliklerde belirlenerek metan üretimlerine teşvikler yapılmıştır (Sözer ve Yaldız 2006).

1920’li yılların sonunda Buswell, “anaerobik fermantasyonu” incelemeye başlamıştır. Enerji üretimiyle tarımsal ve endüstriyel atıklar kullanıldığında azot molekülünün anaerobik fermantasyonunun kaçınılmaz birer parçasının olduğu ortaya çıkmıştır. Barker’ın 1956 yılında temel olarak biyokimyasal çalışması, metan bakteriler ile ilgili bilgilerin zenginleştirilmesi yönünden önemli birer ölçüde katkısı olmuştur (Marchaim 1992).

1973-1975 yıllarında başlayan petrol kıtlığı ve enerji fiyatlarındaki küresel artış, biyogaz konusunu yeniden gündeme getirmiştir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi güney ve doğu Asya ülkelerinde de öncülüğünde araştırma, gösteri ve üretim amaçlı ülkelerin koşullarına uygun biyogaz jeneratörleri kurulmuştur. Aynı yıl Avrupa Topluluğu ülkelerindeki tesis sayısı 300’e ulaştı. 1985 ve 1990 yılları arasında biyogaz tesislerinin inşası yavaşlamıştır. 1990 yılından itibaren enerji mevzuatındaki değişiklikler, fermantasyon teknolojisindeki gelişmeler, gaz motor-jeneratör çiftinin kullanım kolaylığı ve H₂S’yi gazdan arındırabilme özelliği, biyogaz teknolojisinin yenilenen kullanımına katkı sağlamıştır (Buğutekin 2007).

20. yüzyılın ilk çeyreğinde biyogaz dünya çapında yayılmaya başladı. Dünya genelinde kurulan hayvan gübresi biyogaz tesislerinin “%10’u Hindistan, Nepal, Tayvan’da ve %80’i Çin”de, geriye kalanların ise diğer devletlerde inşa edildiği gözükmektedir (Buğutekin

2007). Yeni gelişmekte olan bazı ülkelerin biyogaz tesislerinin sayısı aşağıda yer alan tabloda gösterilmektedir.

Tablo 1. Gelişmekte olan bazı ülkelerdeki biyogaz tesisi sayısı

Ülkeler	Tesis Sayısı
Çin	7 000 000
Hindistan	2 900 000
Kore	29 000
Brezilya	2 300
Bangladeş	566*
Nepal	49 500

Kaynak: (Buğutekin, 2007).

Bangladeş'te kurulu ekipmanların çoğunun çalışmamasının nedeni, teknik çizim, yapım ve bakım sorunlarıdır. Bangladeş'te farklı uygulayıcı makamların olması gerçeği daha da olumsuz bir etkiye sahiptir. İdari ve teknik altyapı şu anda bu sistemin gelişmesini engellemektedir. (Buğutekin ,2007).

Hindistan da genel nüfusunun %70'nin ve Çin devletinin %81'i kırsal kesimlerde yaşamaktadır. Bu duruma göre, her iki devletinde kırsal kesimleri biyogaz tesislerin de yaygın biçimde yer almaktadır. Çin devletinin ilk biyogaz üretim tesisi 1936 yılında, Hindistan devletinin ilk test tesisi 1946 senesinde kurulmuştur. Fakat, Hindistan devletinde bu araştırmaların genel başlangıcı 1939 yılına kadar uzanmaktadır. Çin'de biyogaz üretiminin çoğu domuz atığından elde edilmektedir ve kırsal kesimde yaşayan insanları %80'i, hangi hayvana sahip ise, o hayvanın atığına önem vermektedir. Hindistan'da ise tarım tesislerinin kurulması 1974'te başladı. 1981'de Ulusal Biyogaz Geliştirme Programı'nın başlamasıyla yaklaşık 80.000 biyogaz tesisi oluşmuştur, 10 yılda 1,67 milyon biyogaz tesisi bulunurken 1997'de bu sayı 2,7 milyona ulaştı. Çin devletinde yaşayan 14 Milyon aile, biyogaz tesislerinden seneden 3,3 Milyar biyogaz üretebilmektedir. Ülkede genel olarak 2225 büyük ve orta ölçekli tesiste senede 1,2 Milyar biyogaz üretimi yapılmaktadır. Çin'de biyogaz tesisi olan ailelerin sayısı kırsal kesimin yaklaşık olarak %10'a ulaşmıştır. Bazı kesimlerde bu oran %15 oranına kadar çıkmıştır (Eryaşar 2007).

4.2. Biyogazın Türkiye’deki Durumu

1980 öncesi ve sonrası olduğu gibi Türkiye’de de biyogaz üzerine yapılan çalışmalar iki kısma ayrılabilir. 1980 öncesinde, çalışma teknolojik bilgisi yetersiz olan bazı kamu kurumları ve üniversiteler, birbirlerinde ayrı olarak çalışmalar yürütmüşler. İlk araştırmalar, 1957 senesinde Gübre ve Toprak Araştırma Enstitüsü’nde başlamıştır. 1960’ senesinde biyogaz üretimi hususunda yoğun araştırmalar yapılmıştır ve bazı ülkeler üretim çiftliklerinde, pilot tesisler kurmuşlardır (Eryaşar 2007).

Toprak Suyu Araştırma Enstitüsü 1975 senesinde ve 1980 senesinde “Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü” tarafından yürütülmekte olan biyogaz üretim araştırmaları, birtakım ulusal araştırmaları desteklemiştir (Buğutekin 2007). İlerleyen dönemlerde ise, özel olarak 1980’li yılların en başında, dünya petrolünün krizinden de etkilenilmesiyle, “Köy Hizmetleri Ankara Toprak Suyu Araştırma Enstitüsü”nde biyogaz üretim ünitesi kurulmuştur ve biyogazın devlet genelinde yaygınlaştırılması ile araştırmalar büyük birer hız kazanmıştır (Koçer Nacar ve ark. 2006).

1987 senesinde biyogaz araştırmaları, açıklaması yapılmayan sebeplerden dolayı durdurulma kararı alınmıştır (Buğutekin 2007). Sanayileşme ve gelişmekte olan devletlerde olduğu gibi, devletimizdeki finansal gelişmelerin ışığında, teknolojik gelişmeler ve nüfus artışı her geçen sene enerji talebinde artışa sebep olmuştur. Türkiye’de bu gereken talep genel olarak hidrolik ve fosil yakıtları ile karşılanmaktadır. Fakat, talep zamanında karşılanamadığı ve sürdürülemediği için sona eren bu kaynakların kullanılması ciddi çevresel soruna sebep olmuştur. Doğadaki bu güzel dengenin bozulmadığı, global ısınmanın etkenlerinin en az seviyeye indirildiği ve enerjinin dar boğazının giderildiği devletimizin temiz, sürdürülebilir ve ucuz bir enerji politikasının zorunluluk haline geldiği görülmektedir. İlgili enerji politikaları, ancak yenilenebilir enerji kaynakları etkin ve yeterli bir biçimde kullanıldığı zaman, ekonomik ve ekolojik yönden daha verimli olabilmektedir. 2023 senesinde devletimizin yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji güvenliği için belirlemiş olduğu politikalar şunlardır;

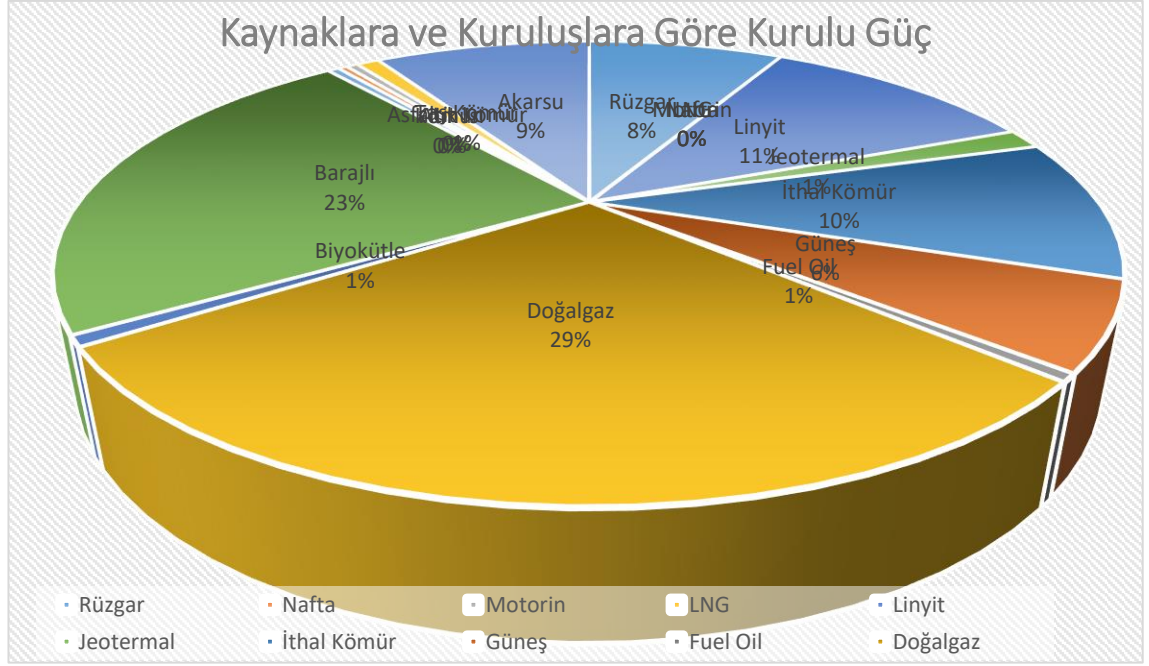
- Yenilenebilir enerji kaynakları yönünden zengin olan devletimizde, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının %30 seviyelerine çıkartmak ve devletimizin finansmanına büyük katkılara sağlayabilmek,

- Yerli kaynaklara büyük bir öncelik vererek, kaynak çeşitliliğini büyük birer güvence altına almak, gibi hedefler belirlenmiştir.

Belirlenmiş olan bu hedefler doğrultusunda yenilenebilen enerjilere öncelik vererek, odaklanılan daha fazla çalışma ve proje finanse edilmektedir. Bu sayede doğalgaz ve termik santrallerden üretilen elektriğin oranı kademeli olarak azaltılarak sürdürülebilir enerjiye dönüş sağlanacaktır. Amaç, teşvikler ve devlet önlemleri ile yatırım maliyetlerini her geçen gün azaltmak, yerli üretimi artırmak ve bu alanda yapılacak çalışmaların önünü açmaktır.

Birincil Kaynaklara Göre Kurulu Güç (Koçer Nacar ve ark. 2006).

Birincil Kaynak	Santral Adedi	Kurulu Güç (MW)
Akarsu	538	7.837,2
Asfaltit Kömür	1	405,0
Atık Isı	71	327,4
Barajlı	121	20.554,2
Biyokütle	147	659,0
Doğalgaz	319	25.565,6
Fuel Oil	15	487,2
Güney	6.184	5.316,1
İthal Kömür	14	8.938,9
Jeotermal	48	1.302,5
Linyit	48	9.842,0
LNG	1	2,0
Motorin	1	1,0
Nafta	1	4,7
Rüzgâr	253	7.078,1
Taş Kömür	4	810,8
Toplam	7.766	89.131,7



Şekil 3. Türkiye 2019 kurulu gücü

(Kaynak: Yavrucu, 2019.)

Şubat ayı 2019 senesi verilerine göre, devletimizde kurulu olan yenilenebilir enerjinin gücü “88.894.1 MW”dır. Hidroelektrik de dahil yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının genel toplam üretimin içerisindeki payı %35,91’dir. Bahsi geçen bu oran, hem ülkenin yatırımları hem de devletin özel sektör iştirakleri için, her geçen yıl ve gün artış göstermektedir. 4 Ağustos 2018 Cumartesi gününde “947.952.610 kilovat” elektrik üretilmektedir. Üretim kaynağına göre dağılımlar aşağıda yer alan tabloda verilmektedir.

Tablo 2. 04.08.2018 Cumartesi günü elektrik üretimi oranları (KWH)

İthal	Fosil	Doğalgaz	279.908.370	%29,53
İthal	Fosil	İthal Kömür	199.770.160	%21,07
Yerli	Yenilenebilir	Hidrolik	190.326.390	%20,08
Yerli	Fosil	Taş Kömürü ve Linyit	123.879.090	%13,07
Yerli	Yenilenebilir	Rüzgâr	102.519.850	%10,81
Yerli	Yenilenebilir	Güneş	24.562.410	%2,59
Yerli	Yenilenebilir	Jeotermal	17.317.980	%1,83
Yerli	Yenilenebilir	Biyogaz	5.641.360	%0,60
İthal	Fosil	Fueloil ve Nafta	4.027.000	%0,42

(Kaynak: Yavrucu, 2019.)

Yerli bir biçimde yenilenebilen enerji kaynaklarından olan biyogaz üretimiyle ilgili ilk araştırmalar, bilimsel olarak gerçekleştirilmiştir. Proje yönüyle ilgili ilk araştırmalar, ilerleyen zamanlarda başlamıştır. Biyogaz üretiminde Türkiye’de ilk araştırmalar “A.Ü. Doğa Bilimleri Fakültesi Kimya Yüksek Mühendisi Cengiz Işıksalan'ın "Çeşitli tarımsal ve endüstriyel kalıntılardan gübre ve yüksek humuslu metan gazı üretimi” isimli doktora tezi ile gerçekleştirmiştir (Kumbur vd., 1982).

Biyogaz ile ilgili yapılan araştırmalar, 1957 senesinde “Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü”nde başlamıştır. O dönemlerde son derecede hevesli birer ekip görev üstünde çalışıyordu ve ardından 1962 ile 1967 seneleri arasında “Eskişehir Bölge Toprak Suyu Araştırma Enstitüsü”nde yapılan araştırmalarda ilk veriler elde edilmiştir. Biyogazın öneminin bilinmemiş olması sebebiyle, birçok araştırma yapılmıştır ve yaygınlaştırılamamıştır. 1970 yılında yaşanan petrol krizi ile beraber, bu araştırmalar daha da hız kazanmıştır (Yavrucu,2019).

Türk şeker fabrikalarının 1978 senesinden “Etimesgut” çiftliğinde 54 m³ kapasiteyle pilot fabrikalar kurmuşlardır. Daha sonraki zamanlarda 1979 senesinde “Ankara Merkez

Topraksu Araştırma Merkezi” 2 biyogaz tesisi kurulmuştur. 1980 yılından sonra biyogaz için büyük gelişmeler yaşanmıştır ve biyogaz üretimi için bu yıl çok önemli bir yıl olmuştur. 1982 yılında, biyogaz üretim mühendislik şefliği bölümü ve biyogaz araştırma laboratuvarları kurulmuştur. Bu esnada devlet ciddi bir şekilde biyogaz projesi başlatmıştır ve pilot uygulamalar gerçekleştirilmiştir (Yavrucu,2019).

2000'li yıllara kadar tekrar durgunluğa giren biyogaz sektörü, önemini artırmak amacıyla 2004 yılında yapılan toplantılarda kalkınma planlarına dahil edilmiştir. 2010 senesinde “Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı” ve Almanya’da “Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı” tarafında biyogaz üretim tesisleri için anlaşma yapılmıştır. Kurulan tesiste 1200 hayvan barındırılmıştır ve tesisin biyogaz üretimi için gerekli bütün enerji ihtiyaçlarının karşılanmış olduğu belirtilmiştir. Aynı sürede biyogaz üretimi esnasında fermente edilmiş olan gübrenin, tesiste ekilebilen arazide bitki yetiştirebilmek için, gerek gereksinimlerin karşılanmış olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca biyogaz üretim esnasında fermente edilmiş olan gübrenin, tesisin ekilebilecek arazisinde bitki yetiştirebilmek için, gerekli olan tüm gereksinimlerin karşılanmış olduğu vurgulanmıştır. Türkiye’de diğer biyogaz santralleri gibi “*Kayseri’de 5 15 m³ ve 2 22 m³, Konya’da 1 15 m³, Gediz Gölçük köyünde 1 22 m³ ve Elazığ’da 12 280 m³*” tesis bulunmaktadır (Yavrucu, 2019).

4.3. Biyogazın Dünyada Durumu

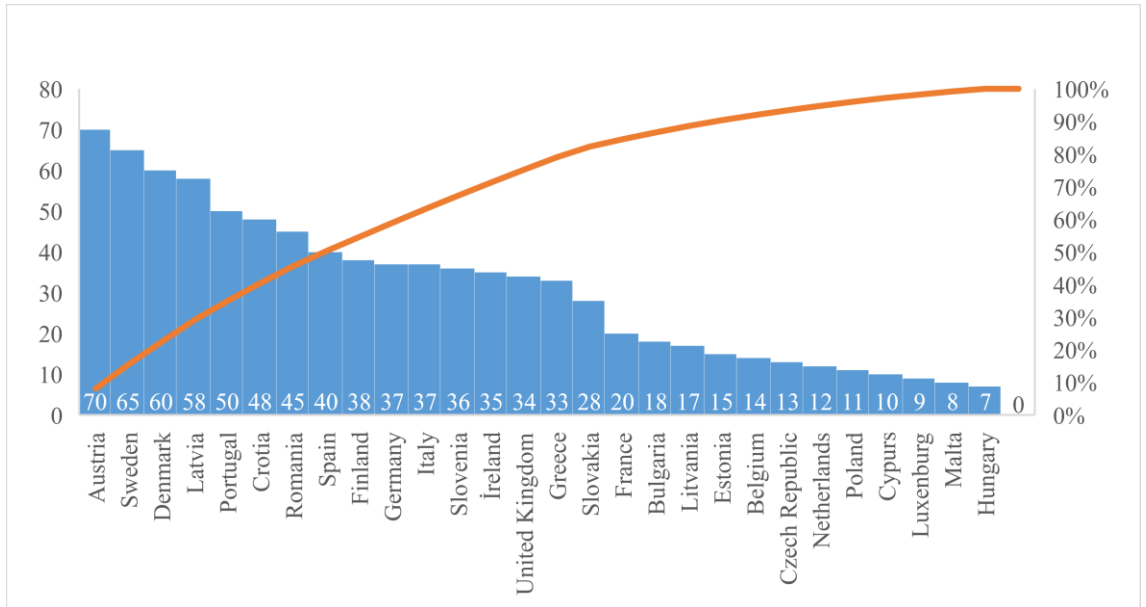
Enerji talebinin her geçen gün arttığı dünyada yenilenemeyen enerji kaynaklarının ortalama 100 yılda tükeneceği durumu göz önüne alındığında, gelecekle ilgili tüm gelişmeler ve endişeler, dünyada alternatif enerji kaynakları arayışlarını başlatmıştır. Dünya, dünyayı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynağı, "doğanın döngüsünde tam olarak ertesi gün mevcut olabilecek bir enerji kaynağı" olarak tanımlanmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynakları tanım gereği yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmez. ve bu alandaki stratejiler 2008-2030 döneminde küresel enerji talebindeki yıllık ortalama artışın %1,6 olması beklenmektedir (The International Energy Agency, 2008).

Tablo 3. 2017 Yılı sonu yenilenebilir elektrik kurulu güç kapasiteleri (GW)

Enerji Kaynakları	Çin	ABD	Hindistan	Almanya	Türkiye	Avrupa	Dünya
Hidrolik	313	80	47	5,6	27,2	127	1114
Rüzgâr	188	89	33	56	6,8	169	539
Biyoenerji	15	16,7	9,5	8	0,63	40	122
Güneş PV	51	121	18,3	42	3,42	108	442
Güneş Termal	0	1,7	0,2	0	0	2,3	4,9
Jeotermal	0	3,6	0	0	1,06	0,9	13,5
Toplam	647	242	108	111,6	39,11	447,2	2235,4

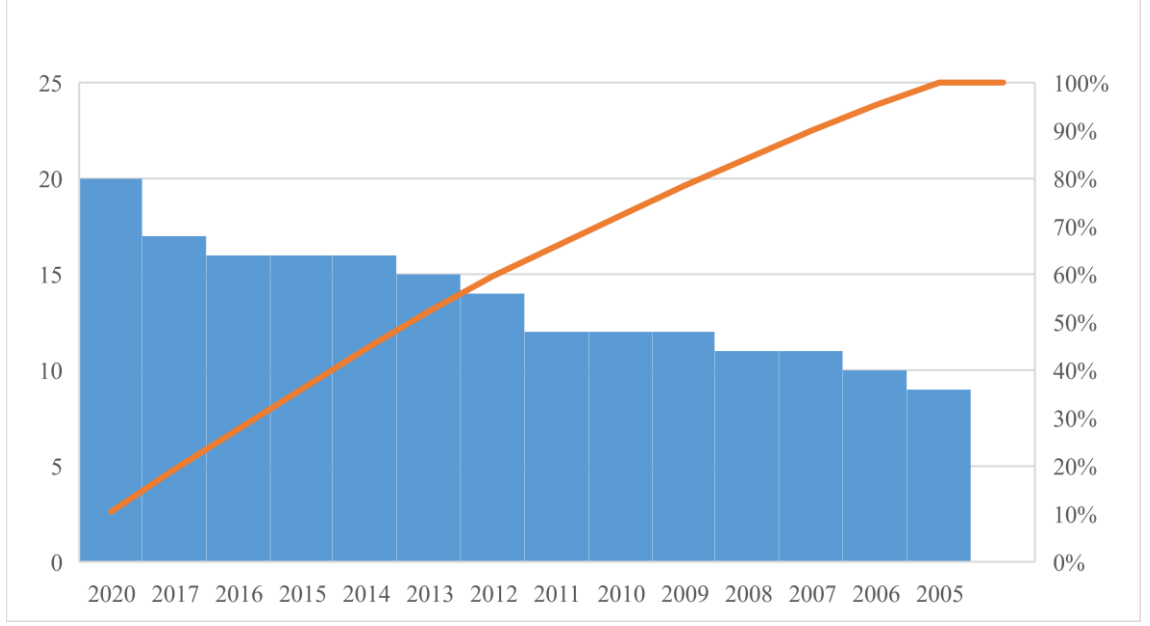
(Kaynak: Yavrucu, 2019.)

2030 hedefleri doğrultusunda federal eyaletler mevcut kurulu elektrik kapasitelerini her geçen gün artırmaktadır. Bu alanlara bakan kamu veya özel sektörden pek çok örnek var. Devletler, hem teşvikler yoluyla hem de üretilen enerjinin garantili tüketicileri olarak üretimi geliştirmede ve artırmada önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 4. 2017 Avrupa'da yenilenebilir enerjinin toplam enerjiye olan payı

(Kaynak: Yavrucu, 2019.)



Şekil 5. AB ülkelerinin toplam yenilenebilir enerji yüzdeleri

(Kaynak: Yavrucu, 2019.)

Yenilenebilen enerji kaynaklarından birisi olan, biyogazın gelişmesi dünya genelinde büyük bir artış göstermektedir. Hayvan gübrelerinden elde edilmiş olan biyogaz bitki kotasına bakıldığında dünya genelindeki bitkilerin %80'ni Çin devletinde, %10'u Tayland, Nepal ve Hindistan'da olabilir. Avrupa'daki devletlerin biyogaz üretimi bitkilerden sağlanmaktadır ve bu durumu göz önünde bulunduracak olursak eğer, Almanya devleti şu anda 2.200 bitkiyle en yüksek üretime sahip olan ülkeler konumundadır. İtalya bu ülkeyi 70 kurumla takip ediyor. Almanya'da biyogaz tesislerinin inşası 1993 yılından bu yana artarak 2000'li yıllara kadar aynı yıl içinde 139 tesisten 2.200 tesise yükselmiştir (Ostrem,2004).

Tablo 4. Dünya üzerindeki bazı ülkelerin biyogaz tesis sayısı

Ülkeler	Tesis Sayısı
Çin	7.000.000
Hindistan	2.900.000
Kore	29.000

Brezilya	2.300
Bangladeş	566*
Nepal	49.500

(Kaynak: Yavrucu, 2019.)

Çin ülkesindeki biyogaz tesisleri genel ortalama olarak “2 milyar m³” biyogaz üretmektedir ve bu üretim ile 25 Milyon kişi, yemek pişirmek için kullanmaktadır. Konut biyogaz tesisleri Çin genelinde yaklaşık 2 milyar m³ biyogaz üretiyor ve bu üretimle 25 milyon kişi yılın büyük bir bölümünde bunu yemek pişirmek için kullanmaktadır. Çok düşük basınçlarda da çalışan ve her evde bulunabilen ucuz biyogaz sobaları ve lambaları geliştirilmiştir. Hindistan'da 1981 yılında gelişimi başlatılan biyogaz tesislerinin, özellikle de büyük çiftliklerde yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Fakat, bu tesislerin yaklaşık yarı atıl durumdadır ve Bangladeş'te olduğu gibi bazı sebeplerden dolayı kullanılmamaktadır (Yavrucu, 2019).

Tablo 5. Ükelere göre en fazla biyogaz üretimi

	2016			2017		
	Sadece elektrik santralleri	CHP bitkiler	Toplam	Sadece elektrik santralleri	CHP bitkiler	Toplam
Almanya	9.223.7	24.480.4	33.703.5	7.911.0	25.968.0	33.879.0
İtalya	3.073.2	5.185.5	8.258.7	2.961.1	5.338.0	8.299.1
İngiltere	7.024.6	711.1	7.735.7	6.937.2	784.6	7.721.8
Czechia	49.2	2.539.8	2.589.0	41.3	2.598.0	2.639.3
Fransa	661.2	1.306.7	1.967.9	382.3	1.709.2	2.091.5
Polonya	0.0	1.027.6	1.027.6	0.0	1.096.4	1.096.4
İspanya	726.0	180.1	906.0	742.0	199.0	941.0
Belgium	93.0	893.0	986.0	72.3	866.0	938.3
Netherlands	34.0	958.0	992.8	29.7	893.6	923.3
Denmark	0.8	565.4	566.1	1.0	685.1	686.0
Austria	597.3	68.5	665.9	562.7	67.4	630.1
Slovakia	114.0	462.0	576.0	86.0	508.0	594.0

Finland	222.3	174.6	396.8	231.6	176.6	411.2
Latvia	0.0	396.9	396.9	0.0	405.4	405.4
Hungary	90.2	243.1	333.3	88.0	246.0	334.0
Croatia	26.4	211.0	237.3	24.1	285.6	309.7
Greece	32.8	236.9	269.6	51.0	249.2	300.2
Portugal	267.8	16.7	284.6	269.6	16.9	286.5
Bulgaria	96.4	94.4	190.8	93.0	122.8	215.8
Ireland	160.9	44.2	205.1	155.0	42.6	197.7
Slovenia	2.3	139.8	142.1	1.1	129.0	130.1
Lithuania	0.0	122.7	122.7	0.0	127.2	127.7
Lexembourg	0.0	72.7	72.7	0.0	72.4	72.4
Romania	35.9	29.0	64.9	38.1	28.6	66.7
Cypurs	0.0	52.0	52.0	0.0	41.8	41.8
Estonia	0.0	45.0	45.0	0.0	11.0	11.0
Sweden	0.1	11.0	11.1	0.0	11.0	11.0
Malta	0.0	8.3	8.3	0.0	9.7	9.7
Total EU 28	22.531.4	40.277.2	62.808.7	20.678.1	42.732.9	63.411.0

(Kaynak: Yavrucu, 2019.)

1997 senesinde imzalanmış olan “Kyoto Protokolü”ne göre devletler, imzalanmış olan protokol uyarınca sera gazı emisyonlarını da seneden seneye kademeli bir biçimde azaltmak ile yükümlüdürler. Artış gösteren enerji talebinde ve bu protokol sebebiyle, Avrupa devletlerinde yenilenebilen enerjilere daha çok yatırım yapılmıştır ve üretimleri de artış göstermiştir. Özellikle de Almanya’da biyogaz üretimi etkin bir biçimde kullanılmaktadır ve geliştirilmiştir. Yukarıda yer alan tabloda görüleceği üzere bu ülkeler arasında en yüksek orana Almanya sahiptir. 2004 yılında, AB uyum mevzuatlarının çıkartan Almanya, 2010 senesine kadar yenilenebilen enerjilerin toplam enerji içerisindeki payını büyük bir ölçüde arttırmıştır.

4.4. Biyogazın Üretiminde Kullanılabilecek Ham Maddeler

Biyogaz üretilirken yüksek nemli katı organik atıkların büyük bir sıklık ile kullanıldığı belirtilmektedir. Aynı zamana, organik madde yoğunluğu ile yüksek olan atık suların çeşitli yollar ile biyogaz üretilmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır (Ardıç, 2003).

4.4.1. Hayvansal Atıklar

Hayvansal atıklarda biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Biyogaz üretiminde kullanılan başlıca hayvansal atıklar; “tavuk, domuz, at, sığır” vb. hayvanlardan kaynaklanmış atıklar, hayvansal ürünlerin ve mezbaha atıkları ürünlerin işlenilmesinden kaynaklanmış atıklardır (Aslanlı, 2009).



Şekil 6. Hayvansal atıklar

(Kaynak: www.eie.gov.tr. Erişim Tarihi: 01.08.2021).

4.4.2. Bitkisel Atıklar

Bitkisel atıklarda biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Mısır, puf, pancar, ot vb. biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Bu atıklar bitkisel ürünlerin işlenmesi esnasında ortaya çıkan atıklardandır (Buğutekin, 2007).



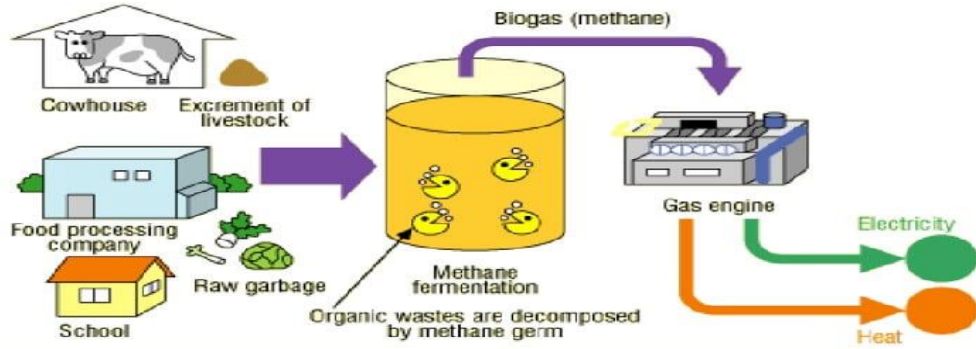
Şekil 7. Bitkisel atıklar

(Kaynak: Buğutekin, 2007.)

Bitkisel atıklardan “buğday samanı, mısır sapı” kullanıldığında, biyogaz tesislerini çalıştırmakta olduğunda, proses kontrolleri büyük birer önem taşımaktadır. Bu sebeple kırsal kesimde, bitkisel atıklardan üretimi genellikle tercih edilmemektedir (Buğutekin, 2007).

4.5. Biyogaz Üretimi ve Aşamaları

Organik atıkların oksijensiz birer ortamda ayrıştırılması sonucunda ortaya çıkan ve yanıcı birer özelliği bulunan gaza “Biyogaz” denilmektedir. Biyogazın bileşiminde “%60-70 metan (CH₄), %30-40 karbondioksit (CO₂), %0-2 hidrojen sülfür (H₂S) ile çok az miktarda azot (N₂) ve hidrojen (H₂)” yer almaktadır. Bitkisel ve hayvansal atıklara genellikle organik atık adı verilmektedir. Genel olarak doğrudan doğruya yakılmaktadır ya da tarım alanlarında gübre olarak verilir. Bu atıklar büyük bir çoğunluk ile soğuk bölgeler de bulunmaktadır ve bu atıklar yakıldığında, ısı üretimlerinde kullanılarak daha yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Bilir, Karabay, Deniz ve Katlı, 1982).



Şekil 8. Biyogaz Üretimi ve Aşamaları

(Kaynak: Yavrucu, 2019.)

Atıkların yakılması ile istenilen seviyede ısı üretilmediği gibi, ısının üretilmesinden sonraki aşamada da arta kalan küllerin gübre olarak kullanılması da hiçbir şekilde mümkün değildir (Alçıçek ve Demirulus, 2012). Ancak, bu organik atıklardan biyogaz elde edildiğinde zaman geride kalan atıklar da kaliteli gübre olarak tekrar toprağa kazandırılmasına olanak verebilmektedir. Hayvansal ve bitkisel atıkların içerisinde bulunmuş olan karbonhidrat, yağ, selüloz ve protein vb. maddeler anaerobik şartlarda parçalanırlar (Yıldız, Balahorli ve Sezer, 2010). Parçalanmış ilgili maddeler metan bakterileri tarafından alınarak kullanılmaktadırlar. Metan bakterileri asit bakterileri için, toksit bir etki yapmaktadır ve kendi metabolizması atıklarını zararsız bir hale getirmektedir. Bu işlem gerçekleştiğinde de hücre dışında metabolik faaliyetler gösterilerek, hücre dışına enzimlerin salgılanmasına neden olmaktadır. Bu enzimlerden olan bu maddelerin parçalanmış olması sağlanmaktadır (Yıldız, Balahorli ve

Sezer, 2010). Bahsi geçen bu enzimlerin katkısı ile “yağ asiti, gliserol, peptidler, mono sakkaridler, aminoasitler, disakkaridler” asit oluşumu özel bakteriler tarafından asetik bir hal alana kadar parçalanmaktadır. İlgili bu bakteriler, hayatları için gereken enerjinin üretimini yaptıktan sonra karbona ve oksijene ihtiyaç duymaktadırlar. Ortamda bulunan son oksijen de kullanılarak metan bakteriler için, mutlak gereken olan oksijensiz ortam kendi kendisine hazırlanmış olmaktadır.

Çözünen oksijen ortamda bulunmayınca da, moleküler bağımlı oksijen kullanmaya başlamaktadır. Bu esnada hidroliz sırasında oluşmuş olan moleküller, daha basit moleküllere dönüşebilmektedir. Metanlaşma sırasında, metan bakterilerin asit vb. ürünler ile “CO₂ ve CH₄”e kadar parçalanmaktadırlar. Fermantasyon esnasında asit oluşturucu bakteriler ile metan oluşturan bakteriler karşılıklı bir yardımlaşma halini yaşamaktadırlar (Çanka Kılıç, 2011).

Asit oluşturmakta olan bakterilerin salgılamış olduğu aminoasitler, enzimler ve proteinlerin amonyum tuzlarının haline dönüşmesini sağlamaktadır ve metan oluşumu olan bakterilerin azot ihtiyacı bu tuzlar tarafından temin edilmektedir. Metanojenik bakteriler ise, kimyasal reaksiyonları büyük bir seviyede etkilemektedir. Eğer fermantasyon içerisindeki bakteriler azsa, gaz üretimi de az olmaktadır. Fermantasyonun içinde kimyasal oluşum 2 aşamalı olarak oluşum göstermektedir.

1’inci bakteriler kompleks olarak organik materyalleri parçalamaktadır. 2’ncisi ise parçalanmış olan organik materyalle “metanogenik mikroorganizma” adı verilen birçok bakteri üretmektedirler. Ancak ilgili bu bakteriler kullanılan atıkların içerisinde hücrel materyaller ile büyümeden ya da olgunlaşmadan reaksiyona girer ise, metan üretimi olmaz ve reaksiyon durmaktadır. Doğada “anaerobik” şartlar ile organik atıklar metan gazına dönüşen mikroorganizmalar bataklıklar ile, göletlerin dibinde, bağırsakta, özellikle de geniş getiren hayvanların bağırsaklarında, değişik oranlar ile yer almaktadır. Bunun içinde biyogaz üretim esnasında “fermenterin” içerisinde barajların dibinde getirilen çamurlu bileşiklerle dönüşümler hızlandırılmaktadır (Yıldız, Balahorli ve Sezer, 2010).

4.6. Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler

Biyogaz üretimi 3 ana aşamada gerçekleşir. Bu aşamalardan ilki; “uzun zincirli organik moleküllerin “acidogenic” bakteriler tarafından fermente edilerek parçalanarak organik asitler ile dönüştürülmektedir ve işlem esnasında karbon ve hidrojen dioksit gazları açığa çıkmaktadır. İlgili organik atıkların büyük bir kısmı, bu başlangıç aşaması esnasında suda çözünür hale gelmektedir (Boztepe ve Karaca, 2010).

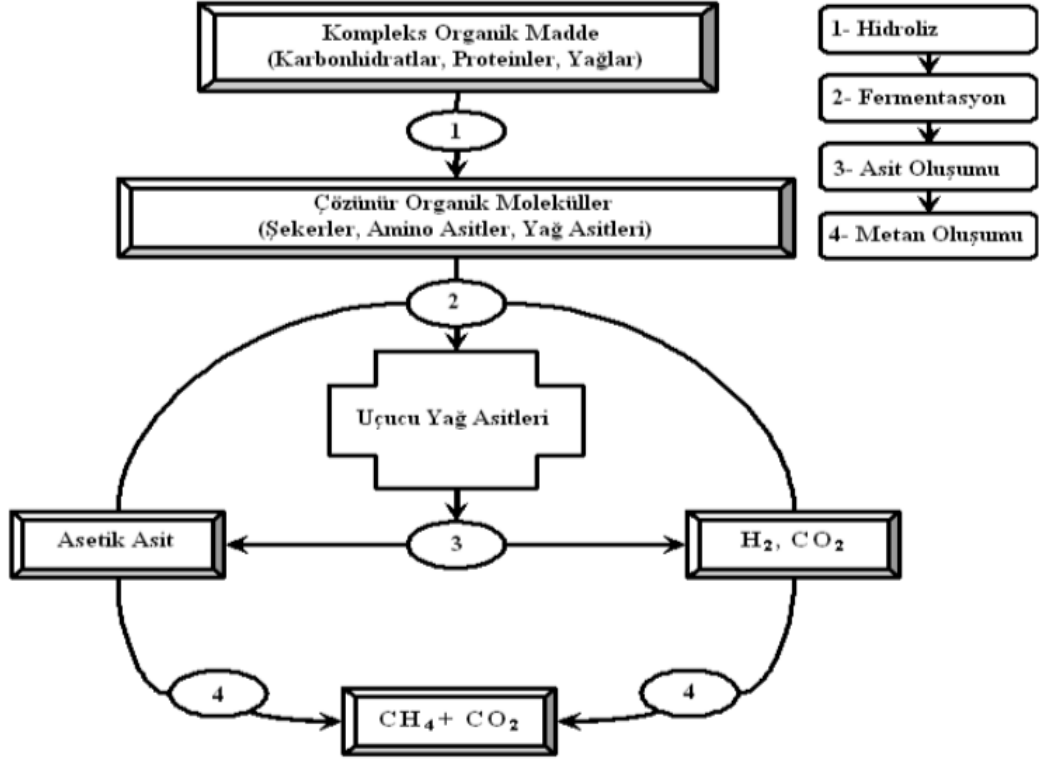
2’nci aşamada organik asitlerin “acetogenic” bakteriler tarafından “acetate (CH_3COOH), hidrojen (H_2) ve karbon dioksite (CO_2)” dönüştürülmektedir. Fakat, oluşmuş olan hidrojen ortamlarından uzaklaştırılarak bu tepkime gerçekleşmektedir. Bu işlem esnasında, metabolizmaların hidrojen kullanan metan bakterilerince yapılmaktadır (Boztepe ve Karaca, 2010). Burada metan bakteriler kendi ihtiyaç duydukları hidrojeni alırken, “acetogenic” bakterileri olumsuz etkileyen birer maddeyi de ortamdan uzaklaştırmaktadırlar.

3’üncü aşamada asıl olarak “arkebakteri” bulunan ve “metanojenik” mikroorganizma tarafından yerine getirilmektedir. Bahsi geçen mikroorganizmaların özel hücre yapılarına bağlı olarak, diğer birden fazla canlının yaşamayacağı sıcaklıklar ile yani 70°C 'in üstündeki sıcaklıklar ile hayatlarını idame ettirmektedirler.

Biyogazın oluşması için 2’nci en önemli şey bakterilerdir. Bakteriler önceki organik madde içindeki “proteinleri, karbonhidratları ve yağları asetik ve propionik asit gibi basit asitlere”, daha sonra bu basit asitleri “metan ve karbondioksite” dönüştürmektedirler. Belli bir kısım kadar metan oluşturan bakteriler “ CO_2 ve H_2 ’i kullanarak CH_4 ve H_2O ” açığa çıktığında, diğer bir grup metan bakteriler ise “asetik asitten (CH_3COOH) CH_4 ve CO_2 ” oluşturmaktadırlar (Bahtiyar ve Emin, 2008).

Belli bir biyogazın tesisinde oluşmuş olan metan %30’u az önce belirtmiş olduğumuz reaksiyonlardan ilkiyle geriye kalan %70’i ise 2’nci reaksiyon neticesinde oluşum göstermektedir (Bahtiyar ve Emin, 2008). “Biyogaz tesislerinde en iyi gaz üretim veriminin elde edilebilmesi için, ortamın “anaerobik” yani oksijensiz olması gerekmektedir. Buda sistem içinde havanın girişini engelleyebilmemiz mümkündür.

İçinde oksijeni en çok sızdığı ve gaz üretiminin hasara uğratıldığı biyogaz üretim sistemi çöp depolama alanlarıdır” (Bahtiyar ve Emin, 2008).



Şekil 9. Organik maddelerin anaerobik sindirimi ile biyogaz oluşumu

(Kaynak: Bahtiyar ve Emin, 2008.)

Sıcaklığın biyolojik sistem üstünde büyük etkileri bulunmaktadır. “Metabolik hızda, iyonizasyon denklıklarinde ve besin maddelerinin çözünürlüğünde sıcaklık önemli bir parametredir. Bakterilerin çoğalmaları ve biyogaz üretmeleri için iki farklı sıcaklık aralığı” önem arz etmektedir. Bunların ilki “30–40°C arası mezofilik bölge” ve ikincisi “50–60°C arası termofilik bölgedir”. Sıcaklığı 50–60°C’a çıkarmak fazla enerji harcamayı gerektirdiğinden ekonomik değildir. Çoğunlukla biyogaz tesisleri mezofilik sıcaklık bölgesinde çalıştırılır, lakin kış aylarında sıcaklığın oldukça düşmüş olduğu bölgelerde kimi zaman tesis psikofilik sıcaklık (15–20°C) aralığında çalıştırılır (Bahtiyar ve Emin, 2008). Biyogaz üretimine etki eden başka unsurlar ise “organik maddenin biyogaz potansiyeli, organik maddenin yapısı, anaerobik ünitenin dizaynı, bakteri cinsi ve konsantrasyonu, *pH*, yükleme hızı, hidrolik bekletme süresi (HBS), karbonun azota

oranı (C/N oranı), uçucu yağ asitlerinin (VFA) varlığı, karıştırma”, vb. faktörlerdir (Nagamani, ve Ramasamy, 2016).

Anaerobik ortamlarda en iyi biyogaz üretiminin “optimum *pH* aralığı 6,6-7,6”dır. Bu değerin “6.2”nin altına düşmesinde, metan bakterilerin üzerinde toksit etkileri meydana getirebilmektedir. Dengeye ulaşmış olan herhangi bir tesiste “*pH*, olağan aralık 7-8.5” arasındadır. Fermantasyon sisteminde “*pH*”sı ortamda üretimi yapılan “yağ asitlerine, bikarbonat alkalinitesine ve üretilen karbondioksite” bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Gaz üretim verimi “*pH* değeri 5,0”in altına düşmüş olduğu zamanlarda kayda değer oranlarda olumsuz etkilenebilmektedir. Büyük bir çoğunluk ise tesisin “*pH*” seviyesi, “karbon dioksit-bikarbonat (CO₂-HCO₃) ve amonyak- amonyum (NH₃-NH₄)” arasında tampon etkilerden ötürü meydana gelebilen organik asitlerin ve dolayısı ile biyogaz potansiyelinin saptanılmasında faydalanılmamaktadır (Nagamani, ve Ramasamy, 2011).

Biyogaz üretimi esnasında etkili olan mikroorganizmalar “karbon, oksijen ve hidrojenin yanı sıra azot, kükürt, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi elementlere” gereksinim duymaktadırlar. Bununla birlikte, ortamda “demir, manganez, molibden, çinko, kobalt, selenyum, tungsten ve nikel” gibi elementlere de ihtiyaç vardır. Organik olan atıklar ya da gübre gibi kaynaklar normal olarak bütün bu elementleri ihtiva etmektedir. Organik maddelerin geldikleri yer ne olursa olsun, bütün hepsi “hidrojen, azot ve karbon” ihtiva etmektedirler (Dutta, Kurup ve Venkata, 1994). Metan bakterilerin “metabolik” etkenlerinin “karbon/azot” oranıyla değiştiğimiz için bu ilgili 3 elementten “C/N” oranının biyogaz oluşumunda büyük bir oranda etkilemektedir. Biyogaz üretimi için “optimum C:N oranı 25-30:1” olarak belirtilmektedir (Dutta, Kurup ve Venkata, 1994).

Bu nedenle, sistemdeki verimliliği arttırabilmemiz için yararlanılmış olan organik maddeye uygun birer karbon/azot oranı ile çalışılması gerekmektedir. Ancak, “C/N” oranı çok fazla ise karbon gazının oluşmasında sınırlayıcı birer rol oynamaktadır. Eğer tersi bir durum ise, yani “C/N” oranı düşükse, azotun gaz oluşumu sınırlayıcı birer rol oynamaktadır ve bununla beraber, sistem içerisinde amonyak oluşumuna yol açmaktadır.

Büyükbaş hayvanlarının gübrelerinin içinde, karbon miktarının fazla olması nedeni iye azot içeren idrarın kullanılmasının büyük bir önem arz ettiği bilinmektedir. Kümes hayvancılığındaysa, azotun fazla olması nedeniyle gübreye bitki atıkları vb. karbon kaynağının eklenmesi gerekmektedir (İlkılıç ve Deviren, 2011).

“Organik atıkların azota bağlı olan ürünlerinde kolaylıkla amonyumu “(NH₄)” dönüşmektedir. Bunun haricinde de kalan azot, genel proteinlere bağlı olduğu ve “anaerobik” şartlar ile zaman içerisinde amonyuma dönüşmektedir “Amonyum (NH₄) amonyağın (NH₃) iyon durumudur”. Yükselen sıcaklık ile beraber bu dönüşüm oranı da artış göstermektedir. Meydana gelen amonyak ile, bakterilerin üstünde toksit etkilerin olduğu ve belli bir miktar amonyum miktarına bağlı olduğundan, ortamda çok fazla amonyumun bulunmuş olması zararlı birer etkidir. Aynı zamanda, azot miktarı çok fazla atıklarda sorunlar oluşmaktadır (Szabo, 2007).

Organik atıkların sistemin içinde kalma süresi, toplam tesis hacminden günlük beslenme miktarlarına oranlanarak hesap edilebilmektedir. Hidrolik bekletme süresiyle belli bir zaman organik maddelerden oluşacak toplam gazın %80'nin oluşabilmesi için gereken zamana denilmektedir ve eşitlik 3 yardımı ile hesaplanmaktadır. *“Fermantasyon ünitelerinde organik maddelerin hidrolik bekletme süreleri ile organik maddenin sıcaklığına ve cinsine bağlı olarak değişebilmektedir. Basit sistemler ve mesofilik sıcak aralığında kümes hayvanlarının ev büyük baş hayvan gübrelerinin tam anlamı ile işlenmesi için, 14 ile 18 günlük birer zamana ihtiyaç duyulmaktadır.”* Kullanılmış olan biyogaz üretiminin tesisinde özelliklerine bağlı bir şekilde bu süre beş güne değin düşebilmektedir. Düşük bir HBS durumunda ise, uçucu yağ asitleri fazla kullanılmamaktadır ve sistemi içinde birikmektedir (Çanka Kılıç, 2011).

4.7. Biyogazın Özellikleri

Biyogaz “organik temelli artıkların oksijensiz ortamlarda fermantasyon yolu ile oluşan renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşimininde organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık; % 50-70 CH₄, % 30-50 CO₂, % 0-3 H₂S ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır”. Biyogaz “havadan daha hafiftir ve havaya göre yoğunluğu 0.94 kg/ m³, oktan sayısı yaklaşık 110, yanma sıcaklığı

700°C, alev sıcaklığı 870°C ve ısıl değeri 5.96 kWh/m³ olan bir gaz karışımıdır (Çanka Kılıç, 2011). Gaz bileşimi sabit olmayıp ortam sıcaklığına, su miktarına, asiditesine (pH) ve kullanılan gübrenin bileşimine göre değişmektedir. Tipik bir biyogazın bileşimi Tablo 2'deki gibidir” (Eryılmaz, 1981) .

Tablo 6. Biyogazın bileşimi

Gazın Cinsi	Yüzde Bileşimi
Metan (CH ₄)	54-80
Karbondiyoksit (CO ₂)	20-45
Azot (N ₂)	0.1
Karbonmonoksit (CO)	0.1
Oksijen (O ₂)	0.1
Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	Az Miktarda

(Kaynak: Yavrucu, 2019.)

Biyogazın yakıt değeri karışımındaki metan gazlarından ileri gelmektedir. Biyogazın ısıl değeri metana bağlı bir şekilde “17 000 – 25 000 kJ / N m³” arasında değişim göstermektedir.

Tablo 7. Biyogazın diğer gazlarla karşılaştırılması

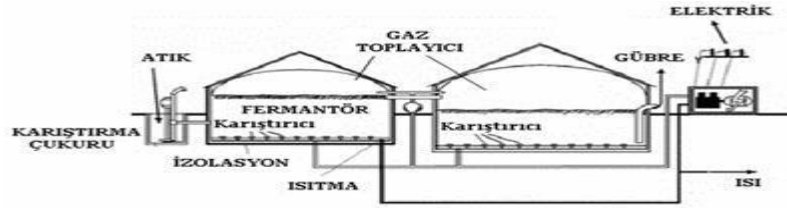
Gazlar	Semboller	Bileşimi (%)	Isıl Değeri (kWh/m ³)	Yoğunluğu (kg/m ³)	Yanma Hızı (cm/s)	Hava İhtiyacı (m ³)
Metan	CH ₄	100	9.94	0.554	43	9.5
Propan	C ₃ H ₈	100	29.96	1.560	57	23.8
Bütan	C ₄ H ₁₀	100	34.02	2.077	45	30.9
Doğalgaz	CH ₄ - H ₂	65-35	7.52	0.384	60	7.0
Sıvı Gazlar	CH ₄ -H ₂ -N ₂	26-50-24	4.07	0.411	82	3.7
Biyogaz	CH ₄ -CO ₂	60-40	5.96	0.940	40	5.7

(Kaynak: Tafdrup, 1994).

Biyogaz dışında diğer yanıcı gazların kullanıldığı alanlarda biyogazlar da kullanabilmektedir. Biyogaz havayla 1/20 oranında karıştırıldığında yüksek birer patlama oluşmaktadır. Gaz borusundaki sızıntı büyük bir tehlike uyandırmaktadır. Fakat, biyogaz içindeki “hidrojen sülfür çürük yumurta” kokusu oluşturulduğunda kötü birer durum oluşturulursa da bu tip boru kaçaklarında sızıntının belirlenebilmesi için etkin birer yol oynamaktadır (Yavrucu, 2019).

4.8. Biyogaz Üretimi ve Mikrobiyolojisi

Biyogaz organik maddelerin oksijen olmayan koşullarda biyolojik olarak parçalanması ile “(anaerobik fermantasyon)” neticesiyle oluştuğundan ağırlıklı bir biçimde metan ve karbondioksittir. Birden fazla organik maddenin ketan ve karbondioksitde dönüşmesiyle karışık mikrobiyolojik floralar tarafından gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bu oksijensiz bozunma sonucu ile metan gazları üç aşamalı bir işlemin neticesinde oluşum göstermektedir. Oksijensiz bozunmanın “anaerobik fermantasyon” üç aşaması aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.



Şekil 10. Biyogaz Üretim Prosesi

(Kaynak: Alçiçek ve Demirulus, 2012).

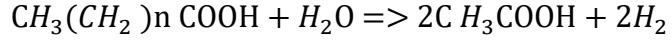
4.8.1. Fermantasyon ve Hidroliz

“Bu aşamada fermantative ve hydrolytic bakteriler olarak isimlendirilen bakteri grupları organik maddenin üç temel ögesi olan karbon hidratları ($C_6 H_{10} O_5$) n, proteinleri ($6C_2NH_3 3H_2O$) ve yağları ($C_5 OH_{90} O_6$) parçalayarak CO_2 , asetik asit ve büyük bir kısmını da çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürürler” (Boztepe ve Karaca, 2010).

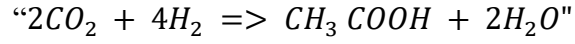
İlgili son grupta uçucu organik maddelerin büyük birer bölümünde uçucu yağ asitlerinin olması sebebiyle, bu aşamada uçucu yağ asiti “[$CH_3 (CH_2)_n COOH$]” oluşma aşamabıyla ismi de verilmektedir.

4.8.2. Asetik Asidin Oluşumu

İlgili bu aşamada “birinci aşamanın sonucunda açığa çıkmış ve uçucu yağ asitlerinin asetik aside dönüşmesini sağlayan “asetojenik (asit oluşturan)” bakteri grupları ile devreye girmektedir ve belli birer kısım da “asetojenik bakteriler” uçucu yağ asitlerinin hidrojene ve asetik asite dönüştürülmektedir.”

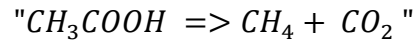
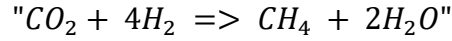


Diğer birer kısımda ise “asetojenik bakteri” grupları ise, açığa çıkmış olan hidrojen ve karbondioksit kullanılarak asetik asit oluşmaktadır. Fakat, bu ikinci yol ile oluşan asetik asit miktarları, 1’inciye oran ile daha azdır.

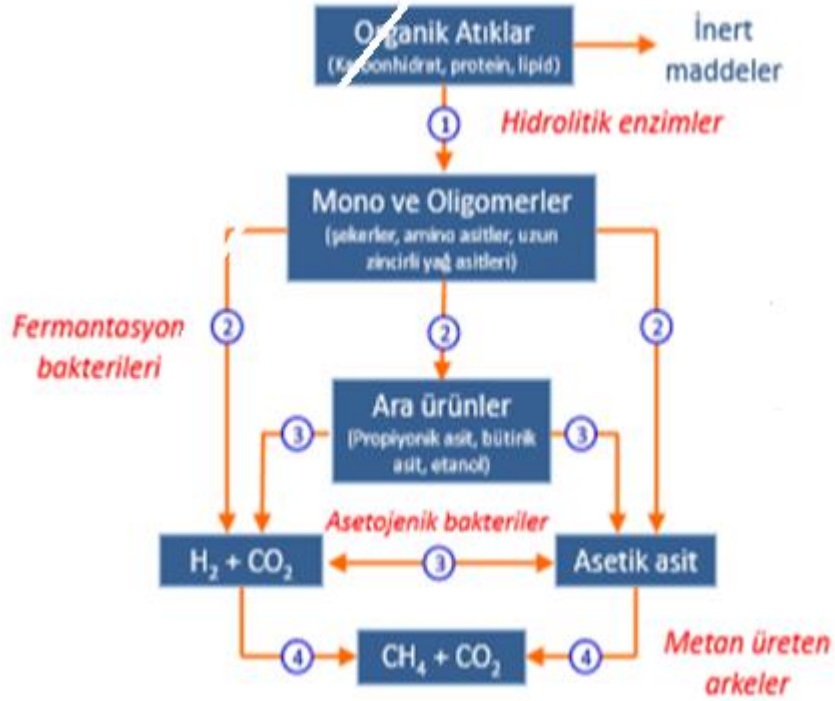


4.8.3. Metan Gazının Oluşumu

Anaerobik fermantasyonların bu son aşamasında metan oluşturulan bakteri grupları devreye girmektedir ve belli birer kısım için, metan oluşturan bakteriler “CO₂ ve H₂”yi kullanarak “metan (CH₄)” ve “suyu (H₂O)” açığa çıkartırken, öteki grupların metan oluşumunda bakterilerin ise, 2’nci aşama sonuçlarında açığa çıkartılan asetik asidiyle kullanılarak “CH₄ ve CO₂” oluşmaktadır.



Ancak bu aşamada 1’inci yol ile oluşan metan miktarları, 2’nci yol ile elde edilen metan miktarlarından daha azdır. Üretilen bütün metanların %30’u 1’inci yol ile %70’ide 2’nci yol ile yapılmaktadır.



Şekil 11. Biyogaz üretiminin aşamaları

(Kaynak: Çallı, 2012).

Bu üç tip aşamada birbirinden farklı bakteri grupları etkinlik göstermektedir. “Anaerobik fermantasyonda” bekleme süresi, atık organik maddelerin türüne ve atık suya göre, ortamın “PH” ile içermiş olduğu iyonlara ve bu durumlara bağlı olarak oluşmuş mikroorganizmalar topluluklarının yapılarına göre, 3 farklı değişik sıcaklık bölgesi bulunabilmektedir (Yürük ve Erdoğan, 2015). “Anaerobik fermantasyo”nun 3’üncü aşamasında devreye atılan ve metan oluşumunu sağlayan metan bakterilerin, fermantasyon ortamlarının sıcaklıklarına göre 3 farklı gruba ayrılmaktadır. Bunlar:

1. “Psychrophilic (Sakrofilik) Bakteriler Optimum faaliyet sıcaklığı: 5- 25 °C
2. Mezophilic (Mezofilik) Bakteriler Optimum faaliyet sıcaklığı: 25- 38 °C
3. Thermophilic (Termofilik) Bakteriler Optimum faaliyet sıcaklığı: 50- 60 °C”

Sakrofilik bakteriler Göl ve deniz dibindeki tortullar ile bataklıklar, termofilik bakteriler de ise yüksek sıcaklıklardaki jeotermal ve volkanik bataklıklar içinde yaşamaktadırlar. Bu 3 bakteri grubunda yapılan fermantasyonda; termofilik, mezofilik ve sakrofilik

fermantasyon ile aynı adı almıştır. Bu tür bakteri gruplarında 1'inci ve 3'üncü grupta yer alan termofilik ve sakrofilik bakteriler, sığır gübresinin içinde hayatlarını devam ettirmektedirler. Sığır gübrelerinde “mezofilik bakteriler” bakteriler yer almaktadır. Biyoğaz tesislerinde sığır gübrelerinin kullanılma durumu mezofilik fermentasyon uygulamaktadır. Biyogaz üretimi oldukça önemli birer biyolojik süreç olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple, bütün şartların eksiksiz bir biçimde sağlanması gerekliliği aksi halde verimli gaz üretiminin olmayacağıda apaçık ortadadır.

Günümüzde, kurulan birden fazla biyogaz tesisin kullanılmadığı belirtilmektedir. Bütün şartların uygun olduğu durumlar içinde, kurulması gereken bölgeler içerisinde en uygun olanı biyogazdır. Üretimi yapılan biyogazların kontentinde, meta gazının üretim başarısı bulunmaktadır ve bu faktör en büyük etkisi altında yer almaktadır. Bu etkiyi öne çıkaran şeyler de şunlardır (Alçiçek ve Demirulus, 2012):

- *“Ortam sıcaklığı*
- *Hammaddenin cinsi ve miktarı*
- *Ortam asitliği (PH)*
- *Partikül büyüklüğü*
- *Fermentasyon süresi*
- *Karbon azot oranı (C/N)*
- *Tesis tipi*
- *Kuru madde miktarı”*

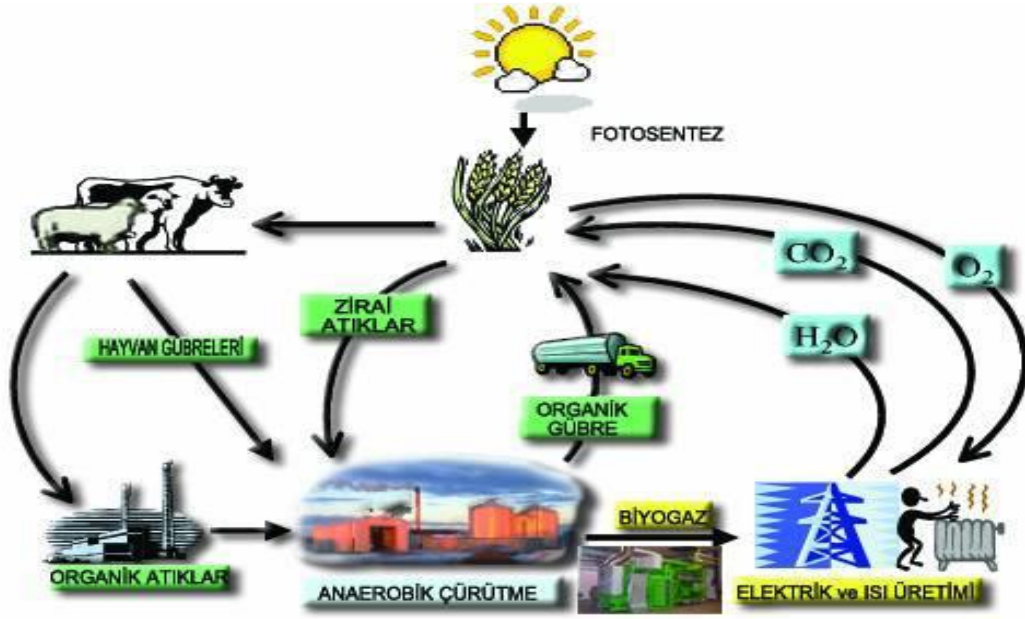
Ortamın sıcak olması, metan gazının üretilmesinde önemli etmenlerden birisidir. Bu sebeple sıcak bölgeler de ilgili tesisin başarısının daha yüksek olduğu bilinmektedir. Metan oluşturan bakterilerin ani sıcaklık değişimden, gündüz gece sıcaklık farkından çok fazla etkilenebilmektedir. “Anaerobik” bakterilerin en önemli besin maddeleri azot ve karbondur. Mikroorganizma karbonu enerji kaynağı olarak ta kullanıldığında azotu yeni hücrelerin oluşturulmasında yapı malzemesi olarak değerlendirmektedir. Karbon azot molekülüne nazaran 25 ile 30 kat daha fazla kullanılmaktadır. İdeal “karbon/azot” oranı 30/1'dir. Bu oran “C/N” oranlarıdır. Bu oranlar şu şekildedir:

- “Buğday sapı: 87/1”
- “Mısır sapı: 53/1”
- “Hayvan dışkı: 29/1”

4.9. BİYOGAZIN FAYDALARI

Bitkisel ve hayvansal organik artık/atık maddeler, genel olarak ve doğrudan doğruya yakılmaktadır ya da tarım topraklarına gübre olarak verilebilmektedir. Bu tip atıkların özelliklerinin yakılarak ısı üretilmesinde kullanılması da daha yaygın bir biçimde gözükmemektedir. Bu biçimde istenilen özelliklerin ısısının üretilmediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanımı da mümkün olmamaktadır (Koçer, Öner ve Sugözü, 2006).

- “Biyogaz teknolojilerinin organik kökenli artık ve atık maddelerden hem atıkların hem de enerjinin elde edilmesi atıkların toprağa kazandırılmasına imkan verebilmektedir.”
- “Çevre-ucuz dostu gübre ve enerji kaynağıdır.”
- “Atıklar geri kazanımlar sağlamaktadır”
- “Biyogaz üretimin sonucunda hayvan gübrelerinin bulunabileceği yabancı otların tohumları çimleme özelliklerini kaybetmektedir.”
- “Hayvan gübresinde kaynaklanan insan sağlığının ve yer altı suyunu tehdit eden hastalık etmenin büyük bir oranda etkinliğinin kaybolunması sağlanmaktadır.”



Şekil 12. Çevresel faydaları

(Kaynak: Yavrucu, 2019)

Biyogaz asıl yanan ve aktif parçası metandır. Yanmış olduğu zaman az seviyede su ve karbondioksit açığa çıkmaktadır. Metan yandığında ortaya çıkan karbondioksitlerin geleneksel fosil yakıtının yanması ile açığa çıktığından oldukça az bulunmaktadır. Açığa çıkan bu az seviyede fotosentetik ve karbondioksit bitkiler tarafından atmosferde ayrıştırılmaktadır. Karbondioksit ve metan önemli sera gazlarındandır. Biyogaz kullanmak yalnızca atık maddeleri kullanarak, çevre kirliliğini önleyememektedir ve aynı sürede global ısınmayı da hafifletmektedir.

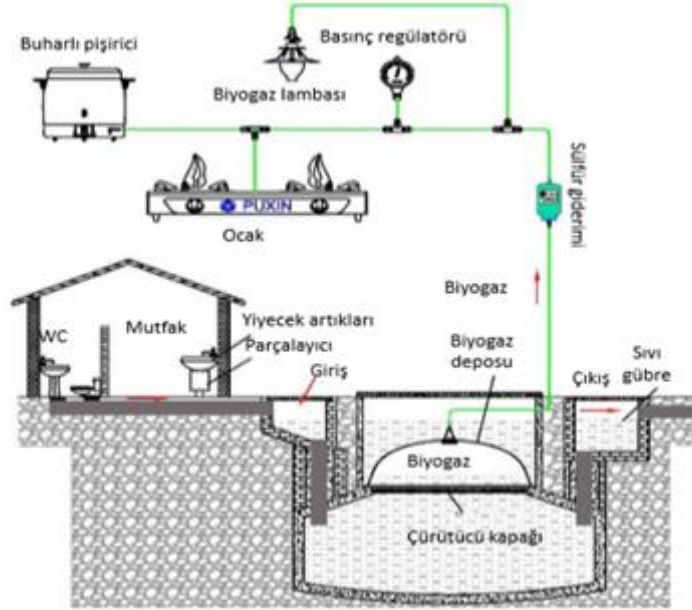


Şekil 13. Biyogaz treni 2005

(Kaynak: Yavrucu, 2019)

Biyogaz ile çalışmakta olan araçlar, 2005 senesinde çevremizi az kirleten araçlardan seçilmiştir. İsveç'te ticari biyogazların üniteleri tarafından desteklenmiş yüzlerce doldurma istasyonu binlerce araca hizmet verebilmektedir. İsveç hükümeti de temiz araçların yakıtlarını seçtiği zaman şirketin aracından %20 minimum vergi önermiştir ve araç yakıtları ile biyogaz ünite yatırımları %30 desteklenilmiştir. Dünyanın ilk çevresel biyogaz enerji yolcu treni 2005 senesinde İsveç tarafından yapılmıştır (<http://arsiv.sabah.com.tr/2005/06/21/dun107.html> Erişim Tarihi: 27.01.2020, Erişim Tarihi: 26.01.2020).

İlgili bu tren iki adet otobüs motoru ile donatılmıştır ve elli dört yolcu kapasitesiyle, “İsveç’in Linköping ile Vaestervik” kıyı kesimleri arasında yolculuk yapmaktadır. Tren yakıt ikmali gerçekleştirilmeden “600 km (372 mil)” gidebilmektedir ve bu tren saatte “130 km (80 mph) hız yapabilmektedir”(<http://arsiv.sabah.com.tr/2005/06/21/dun107.html> Erişim Tarihi: 27.01.2020, Erişim Tarihi: 26.01.2020).



Şekil 14. Biyogazın Faydalarına Örnekler

(Kaynak: Çallı, 2012).

5. YÖNTEM VE BULGULAR

5.1. Yöntem

Yürütülen çalışma Aksaray iline 20 km yakınlıkta bulunan bir tesis üzerinden gerçekleştirilmiştir. Günlük besleme reçetesine bağlı olarak 25.000 KW elektrik üretimi sağlanırken tesis görevlisi 38 C° derecede ideal verimliliğe ulaştığını belirtmektedir. Diğer tesislerden farklı olarak coğrafi konumu ve tarımsal alanlarında göz önünde bulundurulduğunda besleme maddesi olarak reçeteye pancar yaprağı, pancarın kök kısmı(puf), mısır samanı, buğday silajı, mısır silajı ve meyve posalarını eklemiştir. Yapılan bu çalışmada bitkisel atıkların verimliliğini incelenmesinde ki asıl etken budur. Tesis 10 yıl alım garantili olup 10. Yıl sonrasında farklı özel kuruluşlara üretilen elektriği satabilmektedir. Türkiye de henüz 10 yılını bitirmiş bir tesis olmadığı için bu sürecin sonunda nasıl bir talep olacağıda henüz bilinmemektedir.

1 kw elektrik şuan 0.133 cent + Kdv alınmaktadır. Günlük 25.000 kw üretimde 35.311,50 türk lirası ciro yapılırken bunun 2/3'si bakım onarım, personel giderleri, ham madde alımı ve diğer giderler olarak ayrılıp elde edilen net kar 11.770,00 türk lirası olarak hesaplanmaktadır.

Literatürde bitkisel atıklardan oluşan bir biyogaz tesisine ait bir çalışma bulunmaması veri eksiliğinin oluşmasından dolayı bu çalışma yürütülmeye başlanmıştır. Tarım atıklarının biyogaz üretiminde büyük rol oynaması elbetteki aşıkardır fakat bitkisel atıklarında verimliliği artırdığı göz ardı edilemeyecek şekilde bilinmektedir. Her ne kadar üretilen enerji miktarlarına bakıldığında bilinsede Varyans analizi ile birlikte daha somut halde gösterilmesi literatüre yeni veri akışı sağlayacaktır.

Varyans Analizi (ANOVA), birden fazla tohum çeşidinden mahsulün verimi gibi ikiden fazla popülasyon aracı arasında bir karşılaştırma yapılacağı tüm durumlarda yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Araştırmacı için aynı anda test yapmasını sağlayan hayati bir analiz aracıdır. ANOVA'yı kullandığımızda, örneğin normal dağılmış popülasyondan çekildiği ve popülasyon varyansının eşit olduğu varsayılır. ANOVA'da, bir veri kümesindeki toplam varyasyon miktarı iki türe ayrılır, yani şansa ayrılan miktar ve belirli nedenlere atanan miktar. Temel ilkesi, gruplar arasındaki varyasyon miktarıyla orantılı olarak, grup öğeleri içindeki varyasyon miktarını değerlendirerek nüfus ortalamaları arasındaki varyansları test etmektir. Örneklem içinde, varyans rastgele

açıklanamayan rahatsızlıktan kaynaklanırken, farklı muamele örneklem arası varyansa neden olabilir. T testi, standart sapma bilinmediğinde ve örneklem boyutu küçük olduğunda kullanılan t dağılımını kullanarak iki örneğin popülasyon ortalamalarının birbirinden büyük ölçüde farklı olup olmadığını inceleyen istatistiksel test olarak tanımlanır. İki örneğin aynı popülasyondan çekilip çekilmediğini analiz etmek için bir araçtır. Test, değişkenin normal olarak dağıldığını (simetrik çan şeklindeki dağılım) ve ortalamasının bilindiğini ve örneklemden popülasyon varyansının hesaplandığını varsayan t-istatistiğine dayanmaktadır. T-testinde boş hipotez $H_0: \mu(x) = \mu(y)$ alternatif hipotez $H_1: \mu(x) \neq \mu(y)$, burada $\mu(x)$ ve $\mu(y)$ popülasyon ortalamasını temsil eder. T-testinin serbestlik derecesi $n_1 + n_2 - 2$ dir.

T-testi ve ANOVA arasında ince bir sınır çizgisi vardır, yani sadece iki grubun popülasyon ortalamaları karşılaştırılacaksa, t testi kullanılır, ancak ikiden fazla grubun ortalamaları karşılaştırılacaksa, ANOVA tercih edilir. ANOVA olarak kısaltılan T-testi ve Varyans Analizi, hipotezi test etmek için kullanılan iki parametrik istatistiksel tekniktir. Yapılacak olan bu çalışmanın analizinde, Anova ve T-testinden faydalanılarak yorumlama yapılacaktır.

5.2. Bulgular

Tablo 8. 2020 yılı verileri yaprak değişkeni ANOVA sonuçları

		Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Ocak	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000		
	Toplam	,000	30			
Şubat	Gruplar arasında	11795,853	1	11795,853	1,628	,212
	Gruplar İçinde	202870,813	28	7245,386		
	Toplam	214666,667	29			
Mart	Gruplar arasında	,004	1	,004	,038	,847
	Gruplar İçinde	2,706	29	,093		
	Toplam	2,710	30			
Nisan	Gruplar arasında	,020	1	,020	,624	,436
	Gruplar İçinde	,947	29	,033		
	Toplam	,968	30			
Mayıs	Gruplar arasında	,019	1	,019	,570	,456
	Gruplar İçinde	,947	28	,034		
	Toplam	,967	29			
Haziran	Gruplar arasında	55,330	1	55,330	,087	,771
	Gruplar İçinde	17885,636	28	638,773		
	Toplam	17940,967	29			
Temmuz	Gruplar arasında	,020	1	,020	,624	,436
	Gruplar İçinde	,947	29	,033		
	Toplam	,968	30			
Ağustos	Gruplar arasında	18387,097	1	18387,097	3,555	,069
	Gruplar İçinde	150000,000	29	5172,414		
	Toplam	168387,097	30			
Eylül	Gruplar arasında	,020	1	,020	,624	,436
	Gruplar İçinde	,947	29	,033		
	Toplam	,968	30			
Ekim	Gruplar arasında	,020	1	,020	,624	,436
	Gruplar İçinde	,947	29	,033		
	Toplam	,968	30			
Kasım	Gruplar arasında	38709,677	1	38709,677	,624	,436
	Gruplar İçinde	1800000,000	29	62068,966		
	Toplam	1838709,677	30			

Tablo 9. 2020 yılı verileri yaprak değişkeni T-Testi sonuçları

	T	Df	Sig. (2- kuyruklu)	Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı	
					Daha düşük	Üst
Şubat	2,971	29	,006	46,66667	14,5401	78,7933
Mart	1,793	30	,083	,09677	-,0135	,2070
Nisan	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Mayıs	1,000	29	,326	,03333	-,0348	,1015
Haziran	6,614	29	,000	30,03333	20,7457	39,3210
Temmuz	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Ağustos	20,857	30	,000	280,64516	253,1645	308,1258
Eylül	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Ekim	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Kasım	6,892	30	,000	306,45161	215,6426	397,2606

Biyogaz üretiminde kullanılan bir atık madde olarak yaprak değişkenine ilişkin yapılan analizlerin sonuçları yukarıdaki tablolarda yer almaktadır. Yapılan analizlerde anlamlılık değerinin <0.05 olduğu aylar (Şubat, Haziran, Ağustos, Kasım) diğer aylara göre anlamlı bir fark oluşturmaktadır. Bu aylarda yaprak atığının miktarı artmakta bu durum atıktan elde edilen biyogaz üretimini de arttırmaktadır. Tunçez (2018)' de çalışmasında Ereğli ilçesinde şekerpancarı yaprağı kullanılarak elde edilecek Biyogaz potansiyelinin “12.970.545 m³” olduğunu vurgulamıştır (Tunçez, 2018: 5). Enerji üretiminde yenilenebilir kaynaklardan faydalanması günümüzde çok daha fazla önemlidir. Bu kaynaklar içerisinde yer alan biyolojik kökenli kaynaklardan biri olan “yaprak” lar da biyogaz üretiminde önemli bir paya sahiptir.

Tablo 10. 2020 yılı verileri puf değişkeni Anova sonuçları

	Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Ocak	Gruplar arasında	,000	1	,000	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000	.
	Toplam	,000	30		

Şubat	Gruplar arasında	24577572,965	1	24577572,965	,985	,329
	Gruplar İçinde	723809523,810	29	24958949,097		
	Toplam	748387096,774	30			
Mart	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000		
	Toplam	,000	30			
Nisan	Gruplar arasında	19358678,955	1	19358678,955	,301	,588
	Gruplar İçinde	1867738095,238	29	64404761,905		
	Toplam	1887096774,194	30			
Mayıs	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000		
	Toplam	,000	30			
Haziran	Gruplar arasında	9600614,439	1	9600614,439	,468	,499
	Gruplar İçinde	595238095,238	29	20525451,560		
	Toplam	604838709,677	30			
Temmuz	Gruplar arasında	113609831,029	1	113609831,029	5,844	,022
	Gruplar İçinde	563809523,810	29	19441707,718		
	Toplam	677419354,839	30			
Ağustos	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000		
	Toplam	,000	30			
Eylül	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000		
	Toplam	,000	30			
Ekim	Gruplar arasında	209558218,126	1	209558218,126	4,387	,045
	Gruplar İçinde	1385409523,810	29	47772742,200		
	Toplam	1594967741,935	30			
Kasım	Gruplar arasında	443252688,172	4	110813172,043	12,304	,000
	Gruplar İçinde	234166666,667	26	9006410,256		
	Toplam	677419354,839	30			

Tablo 11. 2020 yılı verileri puf değişkeni T-Testi sonuçları

	T	Df	Sig. (2- kuyruklu)	Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı Daha düşük	Üst
Şubat	20,857	30	,000	18709,67742	16877,6357	20541,7191
Nisan	18,003	30	,000	25645,16129	22735,9900	28554,3326
Haziran	30,000	30	,000	24193,54839	22546,5545	25840,5423
Temmuz	21,355	30	,000	18225,80645	16482,7919	19968,8210
Ağustos	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Eylül	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Ekim	11,479	30	,000	15032,25806	12357,7239	17706,7923
Kasım	3,780	30	,001	3225,80645	1482,7919	4968,8210

Puf atığının çalışma kapsamındaki biyogaz tesisine girdi olarak alınmadığı Ağustos ve Eylül ayları dışında tüm aylarda anlamlılık değeri<0.05 olarak hesaplanmıştır. Ağustos ve eylül ayları dışında oluşan bu anlamlı fark tesiste atığın kullanılması yoluyla elde edilen biyogaz miktarı ve elektrik enerjisi üretimindeki artışla ilişkili olarak düşünülebilir. Bitkisel atıkların miktarına göre bu atıklardan elde edilebilecek biyogaz miktarları farklılık gösterse de atıkların doğru olarak yeniden işlem görmesi yoluyla hem çevreye verilen zarar azaltılabilmekte hem de yenilebilir hammaddelerden enerji üretimini mümkün hale getirmektedir.

Tablo 12. 2020 yılı verileri nar değişkeni Anova sonuçları

		Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Ocak	Gruplar arasında	16355404,641	1	16355404,641	4,880	,035
	Gruplar İçinde	97192982,456	29	3351482,154		
	Toplam	113548387,097	30			
Şubat	Gruplar arasında	57229202,037	1	57229202,037	,454	,506
	Gruplar İçinde	3659157894,737	29	126177858,439		
	Toplam	3716387096,774	30			

Mart	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000		
	Toplam	,000	30			
Nisan	Gruplar arasında	870175438,596	1	870175438,596	5,474	,026
	Gruplar İçinde	4609824561,404	29	158959467,635		
	Toplam	5480000000,000	30			
Mayıs	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000		
	Toplam	,000	30			
Haziran	Gruplar arasında	69326542,162	1	69326542,162	5,150	,031
	Gruplar İçinde	390350877,193	29	13460375,076		
	Toplam	459677419,355	30			
Temmuz	Gruplar arasında	,051	1	,051	1,616	,214
	Gruplar İçinde	,917	29	,032		
	Toplam	,968	30			
Ağustos	Gruplar arasında	,051	1	,051	1,616	,214
	Gruplar İçinde	,917	29	,032		
	Toplam	,968	30			
Eylül	Gruplar arasında	,051	1	,051	1,616	,214
	Gruplar İçinde	,917	29	,032		
	Toplam	,968	30			
Ekim	Gruplar arasında	25195812,111	1	25195812,111	1,555	,222
	Gruplar İçinde	469771929,825	29	16199032,063		
	Toplam	494967741,935	30			
Kasım	Gruplar arasında	47150537,634	4	11787634,409	,445	,775
	Gruplar İçinde	688333333,333	26	26474358,974		
	Toplam	735483870,968	30			

Tablo 13. 2020 yılı verileri nar değişkeni T-Testi sonuçları

	T	Df	Sig. (2- kuyruklu)	Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı Daha düşük	Üst
Ocak	36,004	30	,000	12580,64516	11867,0323	13294,2581
Şubat	13,652	30	,000	27290,32258	23207,7616	31372,8835
Nisan	14,007	30	,000	34000,00000	29042,5027	38957,4973
Haziran	23,400	30	,000	16451,61290	15015,7969	17887,4289
Temmuz	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Ağustos	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Eylül	1,000	30	,325	,03226	-,0336	,0981
Ekim	26,088	30	,000	19032,25806	17542,3459	20522,1702
Kasım	4,353	30	,000	3870,96774	2054,7882	5687,1473

Bitkisel atıkların açık alanlarda depolanması ve bu alanlarda doğal çürümeye bırakılması sonucu Metan gazı oluşmakta ve çürüme esnasında biriken sulara göller oluşturarak toprağa karışabilmektedir. Üstelik bu sular yer altı sularına da karışarak denizleri de kirletebilmekte ve yosun miktarını da arttırabilmektedir. Deniz içerisinde oluşan yosunlar sudaki oksijen düzeyini olumsuz etkilerken aynı zamanda deniz canlılarının da hayat sahalarına zarar vermektedir. Bitkisel atıkların yakılarak ortadan kaldırılması düşüncesi ise atmosfere karbondioksit gazının yayılması ile sonuçlanmaktadır (Nilüfer Belediyesi,2021). Bitkisel atıkların doğaya, denizlere, çevremize verdiği zararlar şekilde işlemde geçirilmesi yoluyla enerji üretimi sağlanması ülkelerin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında oldukça önemli görülmektedir. Çalışma kapsamında bitkisel atıklardan biri olan nar değişkenine ilişkin veriler ve analizler incelendiğinde anlamlılık değerinin <0.05 olduğu aylar içerisinde Ocak, Nisan ve Haziran ayları yer almaktadır. Bu aylar nar atık miktarının yüksek olduğu aylardır ve atık miktarının fazlalığına paralel olarak elde edilen enerji miktarı da artmaktadır.

Tablo 14. 2020 yılı verileri gübre değişkeni Anova sonuçları

		Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Ocak	Gruplar arasında	323449915,110	1	323449915,110	2,094	,159
	Gruplar İçinde	4480421052,632	29	154497277,677		
	Toplam	4803870967,742	30			
Şubat	Gruplar arasında	1307526881,720	1	1307526881,720	3,555	,069
	Gruplar İçinde	10666666666,667	29	367816091,954		
	Toplam	11974193548,387	30			
Mart	Gruplar arasında	1307526881,720	1	1307526881,720	3,555	,069
	Gruplar İçinde	10666666666,667	29	367816091,954		
	Toplam	11974193548,387	30			
Nisan	Gruplar arasında	42023910,583	1	42023910,583	10,358	,003
	Gruplar İçinde	117653508,772	29	4057017,544		
	Toplam	159677419,355	30			
Mayıs	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	29	,000		
	Toplam	,000	30			
Haziran	Gruplar arasında	287298387,097	1	287298387,097	1,616	,214
	Gruplar İçinde	5156250000,000	29	177801724,138		
	Toplam	5443548387,097	30			
Temmuz	Gruplar arasında	2037351,443	1	2037351,443	,010	,922
	Gruplar İçinde	6094736842,105	29	210163339,383		
	Toplam	6096774193,548	30			
Ağustos	Gruplar arasında	6847764,573	1	6847764,573	1,073	,309
	Gruplar İçinde	185087719,298	29	6382335,148		
	Toplam	191935483,871	30			

Eylül	Gruplar arasında	289318053,198	1	289318053,198	2,616	,117
	Gruplar İçinde	3207456140,351	29	110601935,874		
	Toplam	3496774193,548	30			
Ekim	Gruplar arasında	2046237832,484	1	2046237832,484	8,248	,008
	Gruplar İçinde	7194600877,193	29	248089685,420		
	Toplam	9240838709,677	30			
Kasım	Gruplar arasında	9844197737,746	6	1640699622,958	7,798	,000
	Gruplar İçinde	5049350649,351	24	210389610,390		
	Toplam	14893548387,097	30			

Tablo 15. 2020 yılı verileri gübre değişkeni T-Testi sonuçları

	T	Df	Sig. (2- kuyruklu)	Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı Daha düşük	Üst
Ocak	29,011	30	,000	65935,48387	61293,8821	70577,0856
Şubat	20,857	30	,000	74838,70968	67510,5429	82166,8764
Mart	20,857	30	,000	74838,70968	67510,5429	82166,8764
Nisan	189,564	30	,000	78548,38710	77702,1463	79394,6279
Haziran	30,000	30	,000	72580,64516	67639,6634	77521,6269
Temmuz	21,355	30	,000	54677,41935	49448,3758	59906,4629
Ağustos	105,091	30	,000	47741,93548	46814,1452	48669,7258
Eylül	25,619	30	,000	49677,41935	45717,3207	53637,5180
Ekim	12,751	30	,000	40193,54839	33755,8904	46631,2064
Kasım	6,892	30	,000	27580,64516	19407,8372	35753,4532

Hayvan gübrelerinin/atıklarının bertaraf edilmesi konusu tüm üreticiler, çiftlik sahipleri için önemli problemlerin başında gelmektedir. Bu gübreler bazen “organik gübre” olarak tarım alanlarında kullanılabilse de önemli bir kısmı da sinek ve diğer böcek türlerine yaşam alanı yaratarak ve koku yayarak çevre açısından sorunlar oluşturmaktadır. Zaman zaman üreticiler hayvansal atıklarını atık su kanallarına, derelere ya da toprağa dökerek çevre kirliliğine katkıda bulunmaktadırlar. Türkiye’de tarım ve hayvancılığın sürdürülmeye çalışıldığı dikkate alındığında bu atıkların biyogaz dönüşümlerinin

yapılması çevresel sorunları azaltmanın yanı sıra atığı bir “girdi” olarak kullanarak enerji elde edilmesi ekonomik açıdan hem verimli hem de çevreci bir çözümdür (Şenol vd., 2017).

Bu çalışma kapsamında incelenen biyogaz tesisinde de gübre biyogaz ve elektrik üretiminde fazlaca kullanılan bir “girdi” olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doğrultuda gübre değişkenine dair analizler incelendiğinde tüm aylarda anlamlı bir fark olduğu görülmektedir (Sig.<0.05). Bu farkın gübre atığının enerji ve biyogaz üretimindeki verimliliğinden dolayı ortaya çıktığını düşünülebilir. Bu sonuçla benzer şekilde Kırşehir’de bulunan bir tarım işletmesinde hayvan atıklarını değerlendirilerek kurulan biyogaz tesislerinde 150 haneye yetecek kadar elektrik üretildiği bilinmektedir. Bununla birlikte hayvansal atıkların biyogaz tesisinde kullanılmasından sonra geriye kalan atık maddeleri gübre olarak kullanmakta yine mümkündür. Geriye kalan maddenin gübre olarak kullanılması toprak verimini %10 arttırmaktadır (Şenol vd., 2017).

Tablo 16. 2020 yılı verileri tavuk değişkeni Anova sonuçları

		Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Ocak	Gruplar arasında	37275985,663	2	18637992,832	7,339	,003
	Gruplar İçinde	71111111,111	28	2539682,540		
	Toplam	108387096,774	30			
Şubat	Gruplar arasında	30193548,387	2	15096774,194	,734	,489
	Gruplar İçinde	576000000,000	28	20571428,571		
	Toplam	606193548,387	30			
Mart	Gruplar arasında	,000	2	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	28	,000		
	Toplam	,000	30			
Nisan	Gruplar arasında	11794354,839	2	5897177,419	,345	,711
	Gruplar İçinde	478125000,000	28	17075892,857		
	Toplam	489919354,839	30			

Mayıs	Gruplar arasında	,000	2	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	28	,000		
	Toplam	,000	30			
Haziran	Gruplar arasında	14560931,900	2	7280465,950	,345	,711
	Gruplar İçinde	590277777,778	28	21081349,206		
	Toplam	604838709,677	30			
Temmuz	Gruplar arasında	16577060,932	2	8288530,466	1,519	,236
	Gruplar İçinde	152777777,778	28	5456349,206		
	Toplam	169354838,710	30			
Ağustos	Gruplar arasında	806093189,964	2	403046594,982	3,069	,062
	Gruplar İçinde	367777777,778	28	131349206,349		
	Toplam	4483870967,742	30			
Eylül	Gruplar arasında	11193232974,910	2	5596616487,455	13,421	,000
	Gruplar İçinde	11676444444,444	28	417015873,016		
	Toplam	22869677419,355	30			
Ekim	Gruplar arasında	98193548,387	2	49096774,194	,794	,462
	Gruplar İçinde	1732000000,000	28	61857142,857		
	Toplam	1830193548,387	30			
Kasım	Gruplar arasında	9599749103,943	2	4799874551,971	7,918	,002
	Gruplar İçinde	16974444444,444	28	606230158,730		
	Toplam	26574193548,387	30			

Tablo 17. 2020 yılı verileri tavuk değişkeni T-Testi sonuçları

	T	Df	Sig. (2- kuyruklu)	Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı Daha düşük	Üst
Ocak	44,789	30	,000	15290,32258	14593,1168	15987,5284

Şubat	20,857	30	,000	16838,70968	15189,8722	18487,5472
Nisan	25,800	30	,000	18725,80645	17243,5119	20208,1010
Haziran	30,000	30	,000	24193,54839	22546,5545	25840,5423
Temmuz	66,522	30	,000	28387,09677	27515,5895	29258,6040
Ağustos	17,335	30	,000	38064,51613	33580,1738	42548,8585
Eylül	6,765	30	,000	33548,38710	23420,8877	43675,8865
Ekim	9,382	30	,000	13161,29032	10296,3161	16026,2645
Kasım	4,647	30	,000	24838,70968	13921,7363	35755,6831

Şenol ve arkadaşları tarafından 2017’de yapılan bir çalışmada ülkemizdeki kanatlı hayvanların atıklarından üretilebilecek olan biyogaz ve elektrik enerjisi araştırılmıştır. Bu hayvanların yaş gübresinden elde edilen enerji miktarının hemen hemen 13 milyar MJ ve tavuk gübresinin günlük olarak neredeyse 7 bin kwh elektrik enerjisine eşdeğer olduğu ortaya çıkarılmıştır (Şenol vd., 2017). Şenol vd. diğerlerinin yaptığı çalışma ile paralel olarak bu çalışmada da tavuk değişkeni ilişkin veriler incelendiğinde Sig. Değerinin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu anlamlılık kanatlı hayvanlar içerisindeki tavuk atıklarının bir “girdi” olarak değerlendirildiğinde oldukça önemli bir potansiyele sahip olduğunu gözler önüne sermektedir. Ülkemizde her yıl 8 milyon tondan daha fazla kanatlı hayvan gübresinin ortaya çıktığını göz önüne aldığımızda bu gübrenin doğru şekillerde ayrıştırılarak değerlendirildiği takdirde atık olmaktan çıkacağı ve yenilenebilir bir enerji kaynağına dönüşebileceği gerçeği açıktır. Bu bakımdan bu kaynak gelecekte önemli bir problem alanı olarak tanımlanan “enerji açığı”nın azaltılmasında da rol oynayabilecek bir potansiyele sahiptir (Şenol vd., 2017).

Tablo 18. 2020 yılı verileri pancar değişkeni Anova Testi sonuçları

		Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Temmuz	Gruplar arasında	404692082,111	5	80938416,422	7,419	,000
	Gruplar İçinde	272727272,727	25	10909090,909		
	Toplam	677419354,839	30			
Eylül	Gruplar arasında	14444490992,878	5	2888898198,576	34,328	,000
	Gruplar İçinde	2103896103,896	25	84155844,156		
	Toplam	16548387096,774	30			
Ekim	Gruplar arasında	521192626,728	1	521192626,728	2,598	,118
	Gruplar İçinde	5818742857,143	29	200646305,419		
	Toplam	6339935483,871	30			

Tablo 19. 2020 yılı verileri pancar değişkeni T-Testi sonuçları

	T	Df	Sig. (2- kuyruklu)	Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı Daha düşük	Üst
Temmuz	13,796	30	,000	11774,19355	10031,1790	13517,2081
Eylül	5,047	30	,000	21290,32258	12675,4265	29905,2186
Ekim	21,930	30	,000	57258,06452	51925,7639	62590,3651

Bitkisel atıklar içerisinde bulunan şeker pancarından dekar başına 87 kilogram organik atık elde edilebilmektedir. Ayrıca pancar şekerini küşpesinden elde edilebilecek biyogaz verimi 147,1 m³'tür. (WBA, 2019). Bununla birlikte dünyada oldukça yaygın bir biçimde kullanılan biyoyakıtlardan biri olan biyoetanolün ana kaynaklarından biri de şeker pancarı bitkisidir. Şeker atıklarından üretilen biyoetanol küresel ölçekte biyoyakıt üretiminin “%62’sini” oluşturmaktadır (WBA, 2019). Avcıoğlu vd. (2011) de şeker pancarı yapraklarından elde edilecek biyogaz veriminin 490-510 m³ arasında olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışma kapsamında incelenen tesiste şeker pancarı atığının tesise alındığı tüm aylarda anlamlı bir fark oluşmuştur (Sig. P<0.05). Bu fark tesiste şeker pancarının kullanımı yoluyla üretilen biyogaz miktarlarını olumlu yönde etkilemiştir.

Tablo 20. 2020 yılı verileri patates değişkeni Anova sonuçları

		Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Temmuz	Gruplar arasında	627096774,194	1	627096774,194	22,452	,000
	Gruplar İçinde	810000000,000	29	27931034,483		
	Toplam	1437096774,194	30			
Ağustos	Gruplar arasında	1517419354,839	1	1517419354,839	209,548	,000
	Gruplar İçinde	210000000,000	29	7241379,310		
	Toplam	1727419354,839	30			
Eylül	Gruplar arasında	1740994307,400	1	1740994307,400	209,548	,000
	Gruplar İçinde	240941176,471	29	8308316,430		
	Toplam	1981935483,871	30			

Tablo 21. 2020 yılı verileri patates değişkeni T-Testi sonuçları

	T	Df	Sig. (2- kuyruklu)	Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı	
					Daha düşük	Üst
Temmuz	8,563	30	,000	10645,16129	8106,4389	13183,8837
Ağustos	4,971	30	,000	6774,19355	3990,8226	9557,5645
Eylül	5,657	30	,000	8258,06452	5276,6871	11239,4420

Patates değişkeni ile ilgili analizler incelendiğinde patates atığının çalışma kapsamındaki tesise alındığı ayların tümünde (Temmuz, Ağustos, Eylül) Sig. Değeri anlamlı bir farka işaret etmektedir. Bu fark patates atıklarının “girdi” olarak kullanılması ile elde edilen biyogaz ve elektrik enerjisi üretimine olumlu yönde yansımıştır. Günümüzde tüm dünyayı etkileyen sorunlar dikkate alındığında (nüfus artışı, iklim problemleri, biyolojik çeşitliliğin azalması, enerji ihtiyaçlarının karşılanamaması gibi) tarlada üretilen pek çok ürünün bu tesiste de kullanıldığı üzere patates ya da pancar gibi tarımsal ya da bitkisel atıkların dönüştürülmesinin önemi fark edilebilir. Bu yolla bahsedilen sorunlara alternatif çözümler üretilebilmesi mümkün hale gelmektedir.

Tablo 22. 2020 yılı verilerine bitkisel ve hayvansal atıklar genel Anova Sonuç Tablosu

		Kareler Toplamı	Df	Ortalama Kare	F	Sig.
Yaprak	Gruplar arasında	2994750,000	1	2994750,000	,318	,587
	Gruplar İçinde	84860250,000	9	9428916,667		
	Toplam	87855000,000	10			
Puf	Gruplar arasında	24421353,636	1	24421353,636	2,929	,121
	Gruplar İçinde	75052610,000	9	8339178,889		
	Toplam	99473963,636	10			
Nar	Gruplar arasında	20980378,182	1	20980378,182	1,230	,296
	Gruplar İçinde	153520640,000	9	17057848,889		
	Toplam	174501018,182	10			
Buğdaysilajı	Gruplar arasında	,009	1	,009	,091	,770
	Gruplar İçinde	,900	9	,100		
	Toplam	,909	10			
Gubre	Gruplar arasında	12124640,000	1	12124640,000	,393	,546
	Gruplar İçinde	277896960,000	9	30877440,000		
	Toplam	290021600,000	10			
Mısırsamanı	Gruplar arasında	,009	1	,009	,091	,770
	Gruplar İçinde	,900	9	,100		
	Toplam	,909	10			
Tavuk	Gruplar arasında	17518494,582	1	17518494,582	1,542	,246
	Gruplar İçinde	102224573,600	9	11358285,956		
	Toplam	119743068,182	10			
Mısırsilajı	Gruplar arasında	2756794,509	1	2756794,509	175,2 22	,000
	Gruplar İçinde	141598,400	9	15733,156		
	Toplam	2898392,909	10			
Limon	Gruplar arasında	,009	1	,009	,091	,770
	Gruplar İçinde	,900	9	,100		

	Toplam					
Portakal	Gruplar arasında	,909	10			
	Gruplar İçinde	,009	1	,009	,091	,770
	Toplam	,900	9	,100		
	Toplam	,909	10			
Meyve	Gruplar arasında	761113,636	1	761113,636	,204	,662
	Gruplar İçinde	33500250,000	9	3722250,000		
	Toplam	34261363,636	10			
Patates	Gruplar arasında	3709454,545	1	3709454,545	2,696	,135
	Gruplar İçinde	12384000,000	9	1376000,000		
	Toplam	16093454,545	10			
Otsilajı	Gruplar arasında	,000	1	,000	.	.
	Gruplar İçinde	,000	9	,000		
	Toplam	,000	10			
Pancar	Gruplar arasında	18083272,727	1	18083272,727	,576	,467
	Gruplar İçinde	282589000,000	9	31398777,778		
	Toplam	300672272,727	10			
Mısır	Gruplar arasında	209454,545	3	69818,182	.	.
	Gruplar İçinde	,000	7	,000		
	Toplam	209454,545	10			

Tablo 23. 2020 yılı verilerine bitkisel ve hayvansal atıklar T-Testi sonuçları

	T	Df	Sig. (2-kuyruklu)	Ortalama Fark	Farkın %95 Güven Aralığı	Daha düşük	Üst
Yaprak	1,846	10	,095	1650,00000	-341,2654	3641,2654	
Puf	4,955	10	,001	4711,81818	2592,9662	6830,6702	
Nar	3,467	10	,006	4367,27273	1560,9030	7173,6425	
Buğdaysilajı	1,000	10	,341	,09091	-,1116	,2935	
Gubre	11,529	10	,000	18720,00000	15102,0623	22337,9377	
Mısırsamanı	1,000	10	,341	,09091	-,1116	,2935	

Tavuk	5,167	10	,000	5390,72727	3066,0049	7715,4497
Mırsilajı	1,336	10	,211	216,90909	-144,7709	578,5891
Limon	1,000	10	,341	,09091	-,1116	,2935
Portakal	1,000	10	,341	,09091	-,1116	,2935
Meyve	1,490	10	,167	831,81818	-411,6888	2075,3252
Patates	1,892	10	,088	723,63636	-128,6206	1575,8933
Otsilajı	1,000	10	,341	,09091	-,1116	,2935
Pancar	1,540	10	,155	2545,45455	-1138,3162	6229,2253
Mısır	1,000	10	,341	43,63636	-53,5915	140,8642

Tesise giren tüm atık ürünlerle ilgili yapılan nihai Spss analizinde Sig. P değerinin yüksek düzeyde anlamlı farklar yarattığı değişkenler; puf, nar, gübredir. Diğer ürünlerde yüksek düzeyde anlamlı bir fark oluşmaması tesise alınan atıkların miktarı, aylara göre yoğunluğu ya da sürekliliği ile ilgili olabilir. Ancak az ya da çok atık olarak değerlendirilen ve imha edilmesi sürecinde çevreye ve doğaya zarar verebilen maddelerin biyogaz üretimine katkı sağladığı görülmektedir.

Biyogaz üretimin günümüzde ön plana çıkmasının sebepleri arasında; atıkların doğru bir şekilde bertaraf edilmesinin gerekliliğinin görülmesi ve buna bağlı olarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına dair çabalar yer almaktadır. 2018 yılında yapılan bir çalışmada araştırma kapsamındaki tesiste de kullanıldığı üzere farklı atık ve artıklardan elde edilen biyogaz üretiminin 35 milyon ton petrole eş değer olduğu vurgulanmıştır. Üstelik tespit edilen bu değer var olan ve kullanılabilir potansiyelin yalnızca binde 5'ine denk düştüğü görülmektedir (İzmir Kalkınma Ajansı, 2020).

6. SONUÇ

İnsan hayatının vazgeçilmeyen birer parçası olan enerji, geçmişimizde olduğu gibi günümüzde de dünyanın gündeminde büyük tartışma konularının en başında yer almaktadır. Enerji, ülkelerin sosyal ve finansal gelişiminde, toplumsal olarak yaşam standartlarının artırılmasında vazgeçilmeyen birer etken olmaya devam etmiştir. Stratejik olarak, belli bir alan olan enerji sektöründe ise problemlere stratejik olarak bir bakış açısı ile yaklaşımının yapılması büyük birer zorunluluktur. Enerji sektörümüzde yalnızca olası birer talebin karşılaştırılmasına yönelik belli birer biçimde oluşturulan enerji stratejisinin hem yetersiz kalacağı hem de dünyada yaygın eğilimler ile uyumlu olmayacağı belirtilmektedir.

Yapılan araştırmada biyogaz üretiminde kullanılmakta olan bir atık madde olarak “yaprak” atığı ile ilgili elde etmiş olduğumuz veriler ışığında, yapılmış olan analiz sonuçları ilgili tabloda gösterilmiştir. Bu analiz sonucunda, verilerin Standart sapma “Sig.” Sonuçlarına göre, yaprak değişkeninin “Şubat, Haziran, Ağustos, Kasım” diğer aylara göre daha verimli olduğu tespit edilmiştir. Bu aylarda yaprak atığı çok fazla olduğu için, aynı zamanda bu aylarda biyogaz üretimi de artış göstermektedir.

Bir diğer atık olan “Puf” atığı birçok aylarda toplanamamıştır. Eylül ve Ağustos aylarının dışında “Puf” atığından hiçbir şekilde üretim yapılamamıştır. Eylül ayı dışındaki tüm aylarda bu atığı “Sig. Değeri<0.05” bulunmuştur ve bu yüzden verimli bir enerji üretim aracı olmadığı tespit edilmiştir. Her ne kadar sezonu olan bir besleme ürünü olsada Eylül ve Ağustos ayında oluşmuş olan bu anlamlı fark, üretim tesisinde atığın kullanılması yolu ile elde edilmiş olan biyogazın miktarı ve elektrik enerji üretimindeki artış ile ilişkisi bulunarak düşünülebilmektedir. Bitkisel atığın miktarına göre, bu atıklardan elde edilebilecek biyogaz miktarında çeşitlilik gösterse bile atıkların doğru bir şekilde yeniden işlem görebilmesi için, hem çevredeki zarar veren etkenlerin azalması hem de yenilenebilen ham madde yolu ile, enerji üretimi mümkün hale gelebilmektedir.

Günümüzde bitkisel atıkların açık alanlarda depolanmasıyla birlikte, bu depolama alanlarında doğal yollardan çürümeye bırakılması sonucunda, “Metan Gazı” oluşmaktadır ve çürüme esnasında birikmiş sular ile göller oluşturularak, toprağa karışabilmektedir. Üstün üstelik bu sular yer altı sularına da karıştırılarak denizleri kirletebilmektedir ve yosun miktarlarının artışına neden olabilmektedir. Deniz içinde

oluşmuş olan yosunlar, sudaki oksijen seviyesinin negatif etkilerken aynı sürede deniz canlılarının yaşamsal sahasına zarar verebilmektedir. Bitkisel atıklar yakılarak ortadan kaldırılması düşüncesiye, atmosferdeki karbonhidrat gazının yayılmasıyla sonuçlanmıştır. Bitkisel atıkların doğa ile deniz ile, çevremize vermiş olduğu zarar ile dikkate alındığında bu atıklar doğru bir biçimde işleminden geçirebilmek yolu ile enerji üretiminin sağlanmış olması, devletin enerji ihtiyacını karşılayabilmede büyük bir öneme sahiptir. Araştırma kapsamında bitkisel atıklardan herhangi birisi olan “nar” değişkenine ilişkin olan veriler analiz ettiğimizde “Sig. P değerinin <0.05 ” bulunduğu aylar içinde Haziran, Ocak ve Nisan ayı yer almaktadır. Bu aylarda “nar” atık seviyesinin yüksek olduğu aylardır ve atık seviyesinin fazlalığına ters olarak elde edilmiş olan enerji seviyesi de artış göstermektedir.

Hayvan gübresinin atığının bertaraf edilebilmesi için konu bütün üreticiler tarafından, çiftlik sahipleri için önemli sorunların başında yer almaktadır. Hayvan gübreleri de bazı durumlarda “organik gübre” olarak da tarım alanlarında kullanılabilir. Belirli zamanlarda üreticiler hayvansal atıklarını toprağa, atık su kanallarına ve derelere dökerek, çevre kirliliğine yol açabilmektedir. Türkiye’de hayvancılık ve tarımın sürdürülmeye çalışıldığının dikkate aldığımızda, bu atıkların biyogaz dönüşümünde yapılması çevresel problemlerin azaltılmasının yanı sıra, atıkları birer “girdi” olarak kullanarak enerji elde edebilmek için finansal yönden hem çevreci hem de verimli birer finansal çözümdür (Şenol vd., 2017).

Bu çalışma kapsamında incelenen biyogaz tesisinde de gübre biyogaz ve elektrik üretiminde fazlaca kullanılan bir “girdi” olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu doğrultuda gübre değişkenine dair analizler incelendiğinde tüm aylarda anlamlı bir fark olduğu görülmektedir (Sig. <0.05). Bu farkın gübre atığının enerji ve biyogaz üretimindeki verimliliğinden dolayı ortaya çıktığını düşünülebilir. Bu sonuçla benzer şekilde Kırşehir’de bulunan bir tarım işletmesinde hayvan atıklarını değerlendirilme amacıyla kurulan biyogaz tesislerinde 150 haneye yetecek kadar elektrik üretildiği bilinmektedir. Bununla birlikte hayvansal atıkların biyogaz tesisinde kullanılmasından sonra geriye kalan atık maddeleri gübre olarak kullanmakta yine mümkündür. Geriye kalan maddenin gübre olarak kullanılması toprak verimini %10 arttırmaktadır (Şenol vd., 2017).

2017 yılında Şenol ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir araştırmada devletimizin kanatlı hayvan atıklarından üretilebilecek olan elektrik ve biyogaz enerjisinin araştırılması yapılmıştır. İlgili hayvanların yaş gübresinden elde edilen enerji seviyesinin miktarı hemen hemen 13 milyar MJ ve tavuk gübresinin günlük olarak nerede ise “7 bin kwh” elektrik enerjisine eş değer olduğu ortaya çıkmıştır (Şenol vd., 2017). Şenol vd. yapmış olduğu araştırmaya ters orantılı olarak bu araştırmada, tavuk atığına ilişkin verileri incelediğimizde “(Sig.<0.05).” anlamlı olduğu gözükmektedir. Türkiye’de 8 Milyondan fazla kanatlı hayvanın gübresinde ortaya çıktığını göz önüne aldığımızda, bu gübrenin doğru bir biçimde ayrıştırılması yapılarak değerlendirildiğimiz zaman, atık olmaktan çıktığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüştürülebileceği gerçeği apaçık ortadadır. Bu açıdan bu kaynak gelecekte önemli birer sorun alanı olarak tanımlanırken “enerji açığı”nın azalmasında da büyük bir rol oynayabilecektir potansiyeli bulunmaktadır (Şenol vd., 2017).

Bitkisel atıkların içinde bulunan şeker pancarında dekar başına 87 kilogram organik atık elde edilmiştir. Aynı zamanda, pancar şekeri küspesinden elde edilecek olan biyogaz verimi “147,1 m³”dür. Avcıoğlu vd. (2011) de şeker pancarı yapraklarında elde edilecek olan biyogaz veriminin “490-510 m³” arasında olduğu ifade etmektedirler. Yapılan araştırma kapsamında incelenen tesiste şeker pancarı atığının tesise alındığı bütün aylarda verimlilik sağladı tespit edilmiştir (Sig. P<0.05).

Patates atığı ile ilgili veriler incelendiğinde, patates atığının araştırma kapsamında tesise alınmış olduğu ayların bütününde “Temmuz, Ağustos, Eylül” Sig. Değer anlamlı birer farka işaret etmektedir. Bu fark patates atıklarının “girdi” olarak kullanılması ile elde edilmiş olan biyogaz ve elektrik enerji üretiminde olumlu yönde yansımıştır.

Şu ana kadar yapılan çalışmalarda hayvansal atıklar incelenmiş ve bu atıkların biyogaz üretimine ve verimine etkisi vurgulanmış olsada gerçek bir tesis üzerinden bitkisel atıkların incelenmesi, bir ilktir. Literatüre yeni bir bilgi akışı sağlayacak olan bu çalışma farklı aylarda ve farklı miktarlarda reçeteye eklenen bitkisel atıklar verimliliği artırdığını göstermektedir. Bu sayede üretici atığından para kazanmış, tesis sahibi hammadde ihtiyacını kısa yoldan karşılamış aynı zamanda son ürünleri tekrar arazide sıvı ve katı gübre olarak değerlendirebilmiştir.

KAYNAKLAR

- Alçiçek A., Demirulus H., 2012. Çiftlik Gübrelerinin Biyogaz Teknolojisinde Kullanılması, Ekoloji Çevre Dergisi, 3: 5-9
- Ardıç, İ., 2009, “İnek Gübresinden Biyogaz Üretim Verimine Termal, Kimyasal ve Termokimyasal Önişlemlerin Etkilerinin Araştırılması”, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin, 1 s.
- Aslanlı, Ş., 2009, “Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi Üzerine Çeşitli Bor Bileşiklerinin Etkinliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 4-6, s. 27
- Avcıoğlu, A.O., Türker, U., Atasoy, Z.D., Koçtürk,D., 2011. Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler Biyoyakıtlar. Nobel Yayıncılık, Ankara, No.72, s. 493.
- Aybek A., Üçok S., Bilgili M.E., İspir M.A. 2015. Kahramanmaraş İlinde Bazı Tarımsal Atıkların Biyogaz Enerji Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritalarının Oluşturulması, U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 29 (2): 25-37.
- Bahtiyar Ö., Emin O., Temmuz, 2008, Membran yöntemiyle biyogazdan karbondioksitin ayrıştırılması ve metan saflaştırma projesi“ PROJE NO: 105Y084
- Barış Çallı, (2012). Atıklardan Biyogaz Üretimi, Türkiye Kimya Derneği, Genç Kimyacılar Platformu.
- Bilir M., Karabay E., Deniz Y., Katlı N., 1982,—Biyogazın Önemi, Yararları, Kullanımı, Biyogaz Tesislerin Tasarımı Ve Türkiye’de Yaygınlaştırma Olanakları , T.C. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, Ankara, 1-4.
- Bilir, M., Karabay, E., Deniz, Y., & Katlı, N. (1982). Biyogazın Önemi, Yararlan, Kullanımı, Biyogaz Tesislerinin Tasannu ve Türkiye'de Yaygınlaştırma Olanakları. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.
- Boztepe E, Karaca A. 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Tarımsal Atıklar, A.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara, Türkiye.

- Buğutekin, A. 2007. Atıklardan Biyogaz Üretimini İncelenmesi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Çanka Kılıç F. 2011. Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye’deki Yeri, Mühendis ve Makina, 52 (617): 94-106.
- Doğan, M., 2000. Enerji Kaynakları, Çevre Sorunları ve Çevre Dostu Alternatif Enerji Kaynakları, Standard Dergisi, 39/468 s.28-36.
- Dutta, D., Kurup, R.G. and Venkata, R.P., 1994, Construction of Biogas Plant: A manual, Tata Energy Research Institute, New Delhi,
- Eryaşar, A. 2007. Kırsal Kesime Yönelik Bir Biyogaz Sisteminin Tasarımı, Kurulumu, Testi ve Performansına Etki Eden Parametrelerin Araştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.
- Eryılmaz H., 1981, — Biyogaz Üretiminde Türkiye koşullarına en uygun Üreteç tipinin tespitil , T.C. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, Ankara, 21
- House, H., 3-4 April, 2007, Alternative Energy Sources – Biogas Production, London Swine Conference – Today’s Challenges... Tomorrow’s Opportunities
- <http://arsiv.sabah.com.tr/2005/06/21/dun107.html> Erişim Tarihi: 27.01.2020.
- <https://docplayer.biz.tr/7740628-23-12-2011-dogal-gaz-ve-biyogaz-ozelliklerinin-karsilastirilmesi.html> Erişim Tarihi: 27.01.2020.
- <https://www.dunyaenerji.org.tr/yenilenebilir-enerji-yatirimlarinda-kuresel-egilimler-2020-raporu-ozeti>. Erişim Tarihi: 10.09.2021.
- <https://www.tuik.gov.tr>. Erişim Tarihi: 05.05.2013
- International Energy Agency (IEA) Report December, 2000, Task24Energy From Biological Conversion of Municipal Solid Waste.

- İlkılıç, C., and Deviren, H., “Biyogazın Oluşumu ve Biyogazı Saflaştırma Yöntemleri”, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), 150-155 (2011).
- Yavrucu, K. (2019). Biyogaz Üretim Parametrelerinin İncelenmesi, Saflaştırılması ve Askeri Birlikler İçin Analizi. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi
- Kaya, O.; Eylül, 1999, Yemek Artıklarından Biyogaz enerjisi Üreten Sistemin tasarımı ve İmalatı Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek lisans tezi, Ankara,
- Koç , E., Kaya , K., (2015). ‘Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu’, Mühendis ve Makine, Cilt 56, Sayı 668, S.36-47
- Koçer Nacar, N., Öner, C. ve Sugözü, İ. 2006. Türkiye’de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz Üretimi. Fırat Üniversitesi, Doğu Anadolu Araştırmaları Merkezi, Doğu Anadolu Araştırmaları s 17-20, Elazığ.
- Koçer, N., Ünlü, A. 2007. Doğu Anadolu Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi, Fırat Üniversitesi, Doğu Anadolu Araştırmaları Merkezi, Doğu Anadolu Araştırmaları, s 175-181, Elazığ.
- Kumbur H., Özer Z., Özsoy H.D., Avcı E.D. (2015). Türkiye’de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, III. Yenilenebilir Enerji Sempozyumu, 19-21 Ekim, Mersin, Türkiye.
- Marchaim, U., 1992. Biogas Processes for Sustainable Development, Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN 92-5-103126-6.
- Martineau,V., Worley, J. 2009. Introduction to Biogas. Rosalie Forest Eco Lodge ECOFEST, Dominica. Web sitesi. <http://www.rosalieforest.com/biogas%20workshop%20-%20may%204th%20v2.ppt> Erişim Tarihi:25.08.2021
- Nagamani, B. ve Ramasamy, K., Biogas production technology: An Indian perspective.

- Onurbaşı, A., 1993. Tarımda Kullanılan Sabit Patlamalı Motorlarda Çeşitli Gaz Yakıtların Kullanımını Sağlayacak Karıştırıcı Geliştirilmesi. TÜBİTAK Doğa Dergisi Cilt 17, Sayı 3; s. 559-568, Ankara.
- Ostrem, K., 2004. Greening Waste: Anaerobic Digestion for Treating The Organic Fraction of Municipal Solid Wastes. Earth Engineering Center Colombia University, 59s.
- Öztürk, İ., 1999, Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, Birsen Yayınevi, Eyüp, 1-25, 35-38.
- Öztürk, M., (2005). Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, s. 1-53.
- Ramasamy, S., Nagamani, G., (2016). Robust dissipativity and passivity analysis for discrete-time stochastic T–S fuzzy Cohen–Grossberg Markovian jump neural networks with mixed time delays. *Nonlinear Dynamics*, 85(4), 2777-2799.
- Renewables 2020 Global Status Report, İnternet Adresi: <https://www.ren21.net/gsr-2020/>
- Sözer, S., Yıldız, O. 2006. Sığır Gübresi ve Peynir Altı Suyu Karışımlarından Biyogaz Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, s 179-183, Antalya.
- Suat Karakuz, (2007). Almanya Biyogaz Sektörüne Bakış, Biyoyakıt Dünyası
- Szabo, C., “Hydrogen sulphide and its therapeutic potential”, *Nat. Rev. Drug Discov*, 6: 917–935 (2007).
- Szabó, G. (2007). Cooperation enhanced by inhomogeneous activity of teaching for evolutionary Prisoner's Dilemma games. *EPL (Europhysics Letters)*, 77(3), 30004.
- Şenol, H., Elibol, E.A., Açikel, Ü. ve Şenol, M., (2017). 2016’da Türkiye’de Kanatlı Hayvanlardan Üretilebilecek Biyogaz ve Elektrik Enerji Potansiyeli, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1):1-11.

- Şenol, H., Elibol, E.A., Açıklık, Ü. ve Şenol, M., (2017). Türkiye’de Biyogaz Üretimi İçin Başlıca Biyokütle Kaynakları, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 6(2):81-92.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2011. Suluova Biyogaz Tesisinin Teknik-Ekonomik Esaslarına İlişkin Rapor, Türk Alman Biyogaz Projesi, Ankara.
- Tafdrup S., 1994, Centralized biogas plants combine agricultural and environmental benefits with energy productionl, Water Science and Technology, 30:133-140
- THE INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; (2008), World Energy Outlook 2008, İnternet Adresi: <http://www.oecd.org/dataoecd/52/59/41701088.pdf>, Erişim tarihi: 21.08.2021.
- Tuncez F.D. (2018). Ereğli İlçesinin Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi (Vol. 1, pp. 1–7). Vol. 1, pp. 1–7. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi.
- World Bioenergy Association. (2019). Global Bioenergy Statistics 2019. www.eie.gov.tr. Erişim Tarihi: 01.08.2021.
- www.kimyamuhendisi.com. Erişim Tarihi: 01.08.2021.
- Yıldız Ş., Balahorli V., Sezer K. 2010. Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi, Su ve Çevre Dergisi, 33: 90-105
- Yürük F., Erdoğan P. 2015. Düzce İlinin Hayvansal Atıklardan Üretilebilecek Biyogaz Potansiyeli ve K-Means Kümeleme ile Optimum Tesis Konumunun Belirlenmesi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 4(1): 47-56.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Dilek ERCAN

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2017, Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi :

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :

İŞ DENEYİMİ

Stajlar :

Projeler :

Çalıştığı Kurumlar : 2017, Genel Kordinatör, Emin Ercanlar, Akaryakıt ve Otomotiv

Tarih: 25 Ağustos 2021

