

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAYSERİ İLİ İÇİN HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI
BİYOGAZDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM
POTANSİYELİNİN VE MALİYETİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan
Hande NURALAN POYRAZ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Gülşah ELDEN
Prof. Dr. Gamze GENÇ**

Yüksek Lisans Tezi

**Ekim 2020
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAYSERİ İLİ İÇİN HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI
BİYOGAZDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM
POTANSİYELİNİN VE MALİYETİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Hande NURALAN POYRAZ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Gülşah ELDEN
Prof. Dr. Gamze GENÇ**

**Ekim 2020
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Hande NURALAN POYRAZ



YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

“Kayseri ili için hayvansal atık kaynaklı biyogazdan elektrik enerjisi üretim potansiyelinin ve maliyetinin araştırılması” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Hande NURALAN POYRAZ

Danışmanlar

Dr. Öğr. Üyesi Gülşah ELDEN

Prof. Dr. Gamze Genç

Enerji Sistemleri Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Hüseyin YAPICI

Dr. Öğr. Üyesi Gülşah ELDEN ve Prof. Dr. Gamze GENÇ danışmanlığında **Hande Nuralan Poyraz** tarafından hazırlanan “**Kayseri İli İçin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogazdan Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin ve Maliyetinin Araştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Enerji Sistemleri Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

.../.../ 2020

JÜRİ:

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Gülşah ELDEN

Üye :

Üye :

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../2020

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakarlığı sağlayan, gerekli olan bilgileri edinmemde bana her zaman yardımcı olup işlerimin kolaylaşmasında yardımcı olan beni her zaman yüreklendiren, maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen, her zaman arkamda duran ve bugünlere gelmemi sağlayan, başarımda çok büyük payları bulunan annem Hülya Nuralan, Babam Kazım Nuralan'a, emeğini, sabrını, anlayışını, bilgisini, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olup çalışmamın bitmesi için bana destek olan eşim Uğur Dünder Poyraz'a, manevi desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olup kızım ile ilgilenen kardeşim Berru Nuralan'a, emeklerini, bilgilerini ve tecrübelerini hiçbir zaman esirgemeyip, her zaman yanımda olan ve çalışmam süresince bana destek olan değerli hocalarım Prof. Dr. Gamze Genç ve Dr. Öğr. Üyesi Gülşah Elden'e teşekkürlerimi sunarım.

Hande NURALAN POYRAZ

EKİM 2020, KAYSERİ

**“KAYSERİ İLİ İÇİN HAYVANSAL ATIK KAYNAKLI BİYOGAZDAN
ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM POTANSİYELİNİN VE MALİYETİNİN
ARAŞTIRILMASI”**

Hande NURALAN POYRAZ

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2020**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gülşah Elden/ Prof. Dr. Gamze Genç

ÖZET

Bu tez çalışmasında, Kayseri ilinde bulunan kanatlı hayvan ve büyükbaş hayvan biyogaz potansiyelleri üzerine detaylı bir analiz yapıldı. İlk olarak, Kayseri ilinde bulunan her ilçedeki kanatlı hayvan sayılarına göre biyogaz enerjisi, bu enerjiden elde edilecek elektrik enerjisi ve bu esnada açığa çıkan CO₂ emisyonları hesaplandı. Daha sonra, Büyükbaş hayvandan üretilen biyogaz potansiyelini belirlemek için Kayseri ili merkez ilçeleri olan Kocasinan ve Melikgazi ilçelerinde bulunan büyükbaş hayvan sayıları incelendi ve bu ilçelerden hayvan yoğunlukları fazla olan bölgeler tespit edildi. Tespit edilen bu bölgelerin ilk olarak biyogaz ve elektrik üretim potansiyelleri incelendi. Daha sonra tesis kurulum yeri olarak üç farklı durum incelenerek her bir durum için ayrı ayrı elektrik üretim maliyetleri ve CO₂ emisyonları hesaplandı. Elde edilen sonuçlara göre kanatlı hayvan atığı açısından en yüksek biyogaz ve elektrik üretim potansiyeli 12807.016 m³/ton-yıl ile Kocasinan ilçesinde olduğu tespit edildi. Büyükbaş hayvansal atığına göre ise en yüksek biyogaz ve elektrik üretim potansiyeli Kocasinan ilçesinde bulunan Oymağaç mahallesindedir. Bununla beraber, çevresel açıdan en düşük CO₂ salınımı DURUM III’de gerçekleşirken, ekonomik açıdan ise en düşük elektrik üretim maliyeti DURUM II’de elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyogaz, Kayseri İli, Biyogaz Potansiyeli, Biyogaz üretim,

“INVESTIGATION OF THE BIOGAS AND ELECTRIC PRODUCTION POTENTIAL AND COST FROM THE ANIMAL WASTE IN KAYSERİ”

Hande NURALAN POYRAZ

Erciyes University, Graduate School Of Natural And Applied Sciences

M.Sc. Thesis, October 2020

Supervisor: Ass. Prof. Gülşah ELDEN/ Prof. Dr. Gamze GENÇ

ABSTRACT

In this thesis, a detailed analysis was performed on poultry and cattle biogas potentials in Kayseri. Firstly, the biogas energy, electricity production obtained from this energy and CO₂ emissions produced during the energy conversion were calculated according to the populations of poultry in each district in Kayseri. Finally, to determine the biogas production from cattle waste, the populations of cattle in the two main provinces districts of Kayseri that are Melikgazi and Kocasinan were defined and also the neighborhoods having high animal population in this provinces were specified. As first the biogas potential and electricity production is analyzed on the determined areas. To decide a construction location for the biogas facility, three different scenarios has been analyzed based on the cost of producing electricity and CO₂ emissions. The results were brought that the highest biogas and electricity production potential from poultry waste was in Kocasinan as 12807.016m³/ton-year. Furthermore, the highest biogas and electric production potential from the cattle waste was acquired in Oymaağaç neighborhood in Kocasinan district. Moreover, as the lowest electricity production cost was gained in Case II, the lowest CO₂ emission was occurred in Case III.

Keywords: Biogas, Kayseri, Biogas Potential, Biogas Production,

İÇİNDEKİLER

TAVUK GÜBRESİNDEN BİYOGAZ ÜRETİMİ VE ENERJİ ELDE EDİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL ONAY	iii
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii

1. BÖLÜM

GİRİŞ	1
-------------	---

2. BÖLÜM

BİYOGAZ

2.1. Biyogazın Elde Edilmesi	3
2.1.1. Fermantasyon ve Hidroliz	4
2.1.2. Asetik Asitin Oluşumu	5
2.1.3. Metan Gazının Oluşumu.....	5
2.2. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Başlıca Reaktörler.....	5
2.2.1. Kesikli reaktör	6
2.2.2. Sürekli karıştırmalı tank reaktörü	6
2.2.3. Havasız temas reaktörü	7
2.2.4. Pistonlu reaktör	7

2.2.5. Anaerobik (Oksijensiz ortam) filtre reaktör.....	8
2.2.6. Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktör.....	8
2.2.7. Film reaktörü.....	9
2.3. Biyogazın Kullanım Alanları	10
2.3.1. Biyogazın Isıtmada Kullanılması.....	10
2.3.2. Biyogazın Enerji Amaçlı Kullanılması	10
2.3.3. Biyogazın Motorlarda Kullanımı.....	10
2.3.4. Yan Ürün Değerlendirme İmkânları.....	10
2.4. Biyogaz Üretim Tesisleri.....	11
2.5. Biyogaz Tesisi	11
2.5.1. Atık kabul Birimi.....	12
2.5.2. Karıştırma (Besleme) tankı	12
2.5.3. Ön asitlendirme tankı	12
2.5.4. Reaktör	12
2.5.5. Desülfürizasyon Ünitesi	13
2.5.6. Separatör	13
2.5.7. Hijyenizasyon Ünitesi.....	13
2.5.8. Lagün	14
2.5.9. Kompost Gübre Depolama ve Kurutma Alanı.....	14
2.5.10. Kojenerasyon ünitesi.....	14
2.6. Dünya ve Türkiye’de Biyogaz.....	15
2.7. Litaratür Taraması	16

3. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ İÇİN MEVCUT ENERJİ KAYNAKLARI

3.1. Kayseri İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	20
3.2. Kayseri İlinin Biyogaz Enerjisi Potansiyeli	21
3.3. Kayseri İlinde Hayvancılığın Durumu	21

4. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ İÇİN KANATLI HAYVANSAL ATIKLARIN BİYOGAZ ENERJİSİ POTANSİYELİ

4.1. Kanatlı Hayvandan Üretilen Biyogaz Enerjisinin Hesaplanması	23
--	----

5. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ İÇİN BÜYÜKBAŞ HAYVAN ATIĞINDAN BİYOGAZ VE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ

5.1. Biyogaz ve Elektrik Enerjisinin Hesaplanması	27
5.2. Elde edilen sonuçlar	28
5.2.1. Atık Miktarlarının Değişimi.....	28
5.2.2. Biyogaz ve Özgül Metan Üretim Potansiyeli	29
5.2.3. Elektrik Üretim Potansiyeli.....	29
5.2.4. Tesis Kurulum Sahasının Belirlenmesi	30
5.2.5 Maliyet Analizi.....	33

6. BÖLÜM

SONUÇLAR	36
KAYNAKÇA	38
ÖZGEÇMİŞ.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BES	: Biyogaz Enerji Santrali
BSE	: Biyogazdan Üretilecek Enerji Miktarı
BÜP	: Biyogaz Üretim Potansiyeli
BTEP	: Bin Ton Eşdeğer Petrol
C/N oranı	: Karbonun Azota Oranı
EPDM	: Su Yalıtımı İçin Kullanılan Ürün
EE	: Elektrik Enerjisi
GWH	: Gigawatt Saat
H	: Hidrojen
KM	: Kuru Madde
KWH	: Kilowatt Saat
MBAR	: Milibar
MTOE	: Ton Eşdeğer Petrol
MWE	: Megawatt
NH₃	: Amonyak
NH₄	: Amonyum
°C	: Santigrat Derece
OKM	: Organik Kuru Madde
P	: Güç
ÖMÜ	: Özgül Metan Üretimi
TAM	: Toplam Atık Miktarı
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YGM	: Yaş Gübre Miktarı

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 3.1. Kayseri ili için elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı	20
Tablo 4.1. İlçeler Bazında Kanatlı Hayvansal Atıktan Üretilen enerji miktarları	24
Tablo 5.1. Ele alınan mahallerin birbirine göre mesafeleri(KM)	27
Tablo 5.2. Mahallelere göre hayvan sayıları ve atık miktarları	28
Tablo 5.3. Ele alınan her bir durum için sefer sayılarının ve CO ₂ emisyonlarının değişimi	31
Tablo 5.4. Ele alınan her bir durum için sefer sayılarının ve CO ₂ emisyonlarının değişimi	33
Tablo 5.5. Elektrik üretim maliyeti	34

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Biyogazın elde ediliş aşamaları	4
Şekil 2.2. Kesikli Reaktör	6
Şekil 2.3. Sürekli Karıştırılmalı Tank Reaktörü.....	7
Şekil 2.4. Pistonlu Reaktör.....	8
Şekil 2.5. Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yataklı Reaktör	9
Şekil 2.6. Kojenerasyon tesisi iş akış şeması	15
Şekil 4.1. İlçeler bazında üretilen biyogaz potansiyeli dağılımı	25
Şekil 5.1. Ele alınan mahallelerin coğrafi konumlar.....	26
Şekil 5.2. Mahallelere göre biyogaz ve özgül metan üretimi potansiyeli	29
Şekil 5.3. Elektrik üretim potansiyelinin mahallere bazında analizi (GWh/yıl).....	30

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Enerji; yaşamış olduğumuz dünyanın en önemli nesnesi olmasının yanı sıra dünya da sürdürülebilirliğin devam etmesi için gerekli olan en temel ihtiyaçlardan biridir. Dünyada yaşanan nüfus artışı, sanayileşme ve bilişim sektörünün olağan üstü gelişim göstermesi enerjiye olan ihtiyacı daha da arttırmaya başlamıştır. Üretimde ve yaşamda duyulan enerji ihtiyaçları fosil kalıntıları olan petrol, kömür ve doğalgazdan elde edildiği bilinmektedir. Bunun yanı sıra bu enerji kaynaklarında kısıtlı sürdürülebilirliğin olması ve özellikle çevresel anlamda oldukça olumlu etkilere neden olmasından dolayı yenilenebilir temiz enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç tüm dünya tarafından kabul edilmektedir. Bu ihtiyaç gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler adına çözüme kavuşturulması gereken en önemli durumlardan birisi olarak kabul edilmektedir [1].

Ülkemizde ve dünyada artan enerji ihtiyacını karşılamak için rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle gibi enerji kaynaklarına olan yatırım gün geçtikçe artmaktadır. Biyokütleden biyogaz üretilmesi temeline inildiğinde biyolojik bir olay olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu işleme ilişkin olarak yapılan kontrollü üretim oldukça eskilere dayandığı bilinmektedir [2]. Sürdürülebilirliği olan biyogaz üretimi özellikle çevreye zarar veren atıkların, zirai ilaçların etkisinde olan atıkların alınarak işlenmesi ve sürdürülebilir enerjiye dönüşmesinin yanı sıra fermente edilmiş olan gübrelerinde tarım verimini artırmasına oldukça yardımcı olmaktadır. Özellikle ülkemizde insanlar geçimlerini sağlamak adına tarım ve hayvancılık ile uğraşıyor olması biyogaz üretiminde hammaddeye ulaşmada oldukça kolaylık sağlamaktadır. Endüstriyel üretimle meydana gelen atıklar bunların artışında kolaylık sağlamaktadır [3].

Ülkemizde özellikle biyokütle ve biyogazdan son zamanlarda elde edilen enerji üretimi artmış buna paralel olarak kamuda ve özel sektörde bu alana ilişkin bir yönelme ve yatırım artışı görülmeye başlanmıştır. Ülkemiz biyogaza ilişkin oldukça fazla potansiyel

kaynağa sahip olmasına karşın istenilen seviyelerde bir kaynak kullanımı ve üretiminin olmadığı görülmektedir.

Özellikle biyogaza ilişkin gelişmemiş ülkelerde geleneksel yöntemler kullanılarak üretim yapılmaya çalışılmakta iken gelişmiş ülkeler daha geniş tabanlı bir üretim yaparak bu enerjileri sanayilerde de kullanmaya başlamışlardır. Özellikle gelişmiş ülkelerde biyokütle bakımından sanayilerde bu enerjinin kullanım oranı %3 olarak görülmekte ve bunun yanı sıra bazı gelişmiş ülkeler bu orandan daha fazla bu biyogaz enerjisini kullanmaktadırlar. Özellikle Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri bu biyogaz enerjisine ilişkin olarak sınırları içinde birçok tesis kurmuşlar ve bu tesislerin sayıları zaman geçtikçe daha da arttığı görülmektedir [4].

2. BÖLÜM

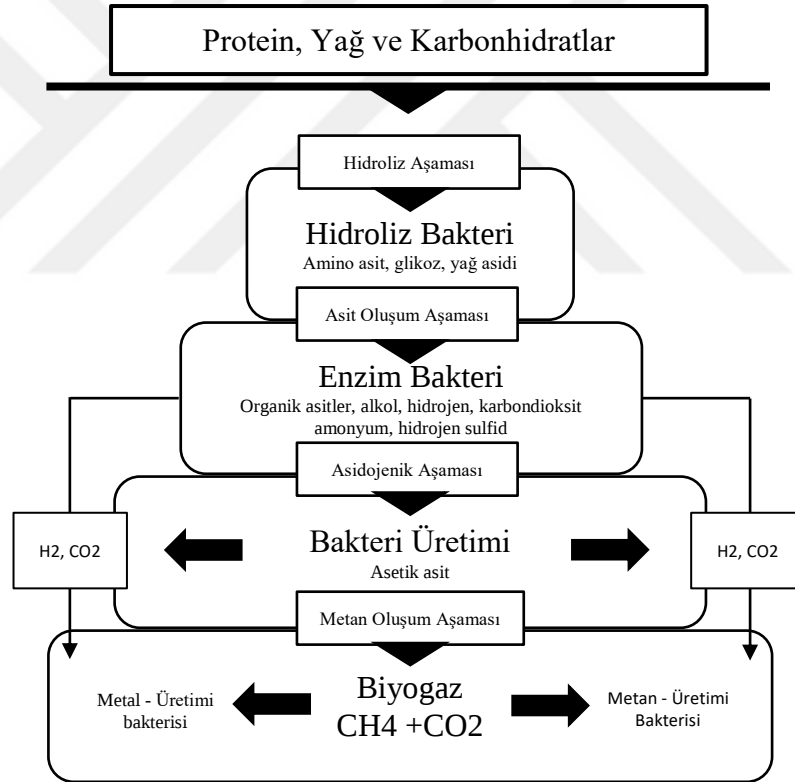
BİYOGAZ

Biyogaz enerjisi özellikle biyokütlenin işlenmiş hali olarak adlandırılır ve yanıcı bir özelliği bulunmaktadır. Biyogaz özellikle diğer yanıcı özelliği bulunan doğal gaz hariç hayvansal ve bitkisel hammaddelerden elde edilen bir madde olarak bilinir. Mısır, fabrikalarından elde edilen atıklar, hayvan besiciliği sonucunda elde edilen atıklar özellikle biyogaz üretiminde oldukça fazla kullanılan maddeler arasında bulunmaktadır. Üretilmiş olan biyogazın enerji biçiminde kullanılıp kullanılmayacağı içinde bulunan metan oranına bağlı olarak değişmektedir. Üretimi yapılmış olan biyogaz özellikle doğrudan kombine olan elektrik santrallerine girerek elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır. Yapılan bu işlemde yanma meydana geldiğinden açığa çıkan ısı çevrede bulunan binaların ısınmasında, hayvan beslenmesinde kullanılan samanların kurummasında, sütlerin soğumasında ve ahırların havalandırılmasında özellikle kullanılmaktadır. Diğer ürün ise genelde hayvansal ve tarımsal alanlarda kullanılan ve satılan fermente edilmiş olan atıklar olarak bilinmektedir. Bunun yanı sıra tarıma ilişkin olarak kullanılan fermente edilmiş olan maddelerin tarım alanında kullanımı diğer sıvı veya katı halde kullanılan katı maddelere oranla bitkilerin bu maddeleri emmesi ve hazmetmesi oldukça daha hızlıdır. Biyogaz esnasında meydana gelen gübreler diğer gübrelere oranla daha az kimyasal maddeler içermekte ve diğerlerine göre kokusu daha az insanı etkilemektedir [5].

2.1. Biyogazın Elde Edilmesi

Organik maddelerin kullanılması ve teknoloji alanında enerjiye dönüştürülmesi özellikle biyoteknolojinin önemini ortaya çıkarmaktadır. Biyoteknolojik uygulamaların en başında yapılmakta olan uygulamalar katı olan atıkların değerlendirilmesinin yanı sıra kullanılan anaerobik uygulamalar gelmektedir [6]. Anaerobik işlem süreci bakıldığında devasa olan organik maddelerin oksijensiz bir ortamda bırakılarak çeşitli mikro

organizmalar aracılığı ile farklı bir maddeye dönüştürülme süreci olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle anaerobik yapılan işlemde burada bulunan mikro organizmalar aracılığı ile farklı metanlara veya değişenlere dönüşmesi mümkündür. Bu mikro organizmalar özellikle hidroliz bakteriler, molekülü düşük olan bakteriler, metan ve asit içeren bakteriler olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada her mikroorganizma kendinden önce olan mikroorganizmalar kendisine besin maddesi olarak kullanır ve bunun ardından oluşacak olan mikroorganizmalar kendileri besin olurlar [6]. Basit yapıda bulunan bir mikroorganizma sadece kendisi başka bir mikroorganizmaya dönüştüremez ve bir işlemde bulunamaz. Biyogaz üretiminde toplamda üç aşama bulunmakta ve bu aşamalar etkileşim içinde bulunmaktadır. Biyogazın elde edilmiş aşamaları Şekil 2.1’deki gibi sıralanmaktadır.



Şekil 2.1. Biyogazın elde edilmiş aşamaları) [7,8].

2.1.1. Fermantasyon ve Hidroliz

Biyogaz üretiminin ilk aşaması olan bu aşamada enzimatik ve hidrolik bakteri adı verilen bakteri grupları organik maddenin üç ana bileşenini parçalamaktadır: Karbonhidratlar, proteinler ve yağlar. Organik malzemeler CO₂, asetik asit ve çözünür

uçucu organik maddelere dönüştürülür. Bu son gruptaki uçucu organik maddelerin çoğu uçucu yağ asitleri olduğundan, bu aşama aynı zamanda uçucu yağ oluşum aşaması olarak da adlandırılır [7].

2.1.2. Asetik Asitin Oluşumu

İkinci aşamada, ilk aşama sonucunda salınan ve uçucu yağ asitlerini asetik aside dönüştüren ve bazı asetojenik bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik aside ve hidrojene dönüştüren asetojenik (asit oluşturucu) bakteri grupları eklenir. Bir başka asetojenik bakteri grubu, seçilen karbon dioksit ve hidrojen kullanılarak asetik asit oluşturur. Bununla birlikte, bu ikinci yöntem tarafından oluşturulan asetik asit miktarı birincisinden daha azdır [7].

2.1.3. Metan Gazının Oluşumu

Bu son aşamada, metan oluşturucu bakteri grupları anaerobik fermantasyon sırasında devreye girerler. Metan oluşturan bakteri, CO_2 ve H_2 kullanarak metan ve suyu salgılayarak, bir başka metan oluşturucu bakteri grubu ikinci aşamadan salınan asetik asit kullanılarak CH_4 ve CO_2 oluşturur. Ancak, bu aşamada, birinci yöntemle elde edilen metan miktarı, ikinci yöntemle elde edilen metan miktarından daha azdır. [9].

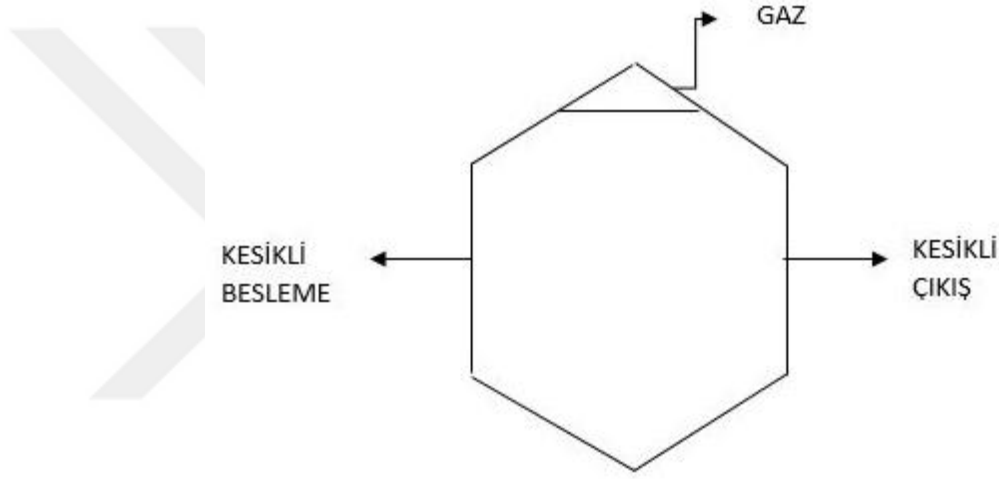
2.2. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Başlıca Reaktörler

Anaerobik arıtmada, ekonomik bir süreç tasarlayabilmek için, çalışma koşullarına uygun reaktörü seçmek önemlidir. Anaerobik arıtmada kullanılan başlıca reaktör türleri; [10,12].

1. Kesikli reaktör
2. Sürekli karıştırılmalı tank reaktörü
3. Havasız temas reaktörü
4. Pistonlu reaktör
5. Anaerobik (Oksijensiz ortam) filtre reaktörü
6. Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktör
7. Film reaktörü

2.2.1. Kesikli reaktör

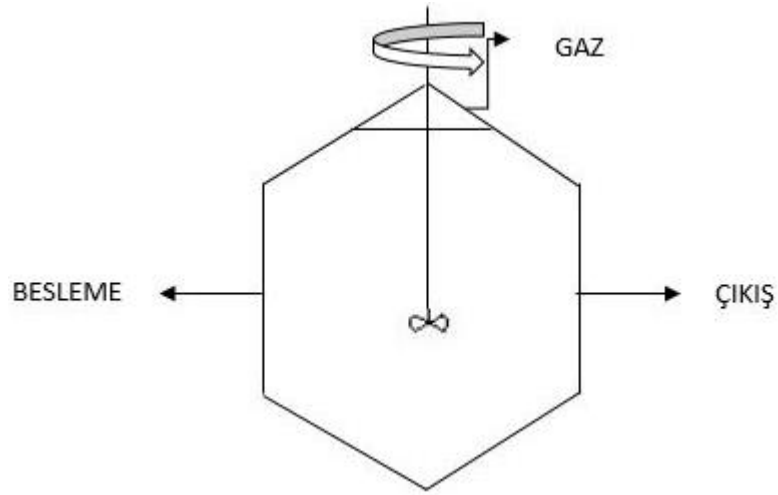
Kullanım açısından kolay olan ve çok sık tercih edilen reaktör, kesikli reaktördür. Gaz üretiminde sona gelinceye kadar fermantasyona devam edilmesi gerekmektedir. Bu şekilde yapılmakta olan üretimler, özellikle ev ortamlarında ya da besicilik yapılan çiftliklerin içinde bulunmaktadır. Kesikli olan reaktörlerin en önemli özelliği yoğunluğu yüksek katı maddelerle çalışmasıdır. Bu maddenin diğer maddelere göre dezavantajı ise bakteri oranında ki değişim takip edilememektedir. Kesikli reaktörün şematik gösterimi Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Kesikli Reaktör [8].

2.2.2. Sürekli karıştırmalı tank reaktörü

Karışımı sürekli karıştıran tank reaktörüdür. Reaktörlere işlem sırasında besin verilir ve üretildiği miktarda atıkların oluşması sağlanır. Bu reaktörler içinde katı ya da sıvı biçimdeki karışım eşit sürede bekletilmektedir. Sürekli biçimde yüklenme olduğunda bekleme sırası oldukça düşer. İlk olarak büyümesi yavaş olan bakteriler bekletilmeden hızlıca dışarı atılmış olurlar. Yükleme esnasında meydana gelen hız özellikle bakterilerin meydana gelişinde oldukça dengesiz bir oluşum yaşanmasına neden olmaktadır. Şekil 2.3’de sürekli karıştırmalı tank reaktörü gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Sürekli Karıştırılmalı Tank Reaktörü [10]

Bu reaktör sisteminde işlem esnasında meydana gelen büyük kütlelerin tam olarak karışımı yapılamaması onun dezavantajı olarak görülmektedir. Reaktörlerde özellikle karışımın tam olması, besin maddeleri ile bakterilerin birleşmesi ve besi değerinin fazla olması gerekmektedir. Karıştırmanın yapılması ardından ısıtma meydana gelmektedir [10].

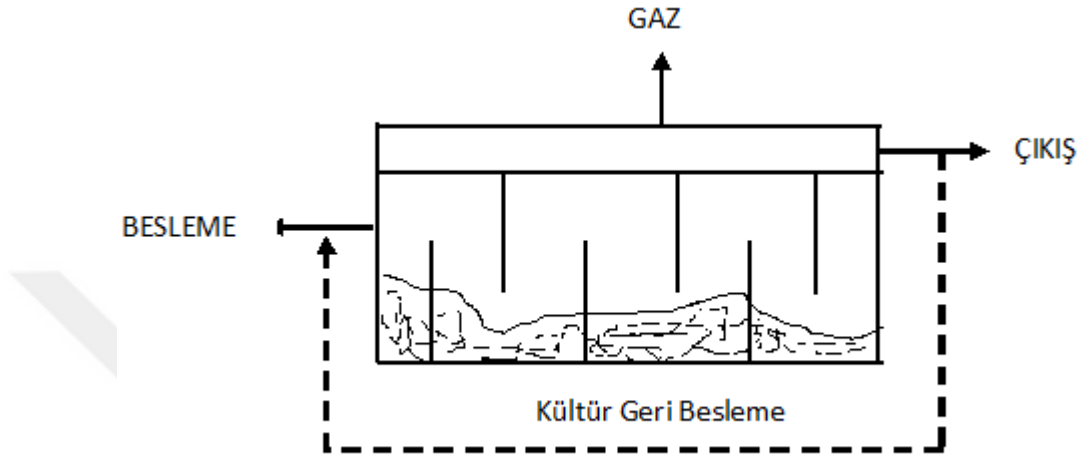
2.2.3. Havasız temas reaktörü

Bu reaktörün özellikle diğer reaktörlerden farkı geri devir tankı ve çökme tankının kendi bünyesinde bulunmasıdır. Özellikle devir tankının kendi bünyesinde bulunması ve çamuru biriktirmesi çamurun hacmini düşürmüştür. Bu sistemde meydana gelen zorlukların en başında çamurun çöktürülmesi olarak bilinir. Çöktürme işleminin daha iyi ve verimli olması adına bu işlem sırasında vakumlu gazlar, plakalı çökerticiler kullanılmıştır. Bunun yapılması ardından özellikle askıda bulunan çamur oranında yaşanan fazlalık sonucunda çöktürmede yine sıkıntılar ve problemler yaşanmaya devam etmektedir.

2.2.4. Pistonlu reaktör

Pistonlu reaktör anaerobik ortamda kullanılır ve boyut olarak karıştırma elemanı bulundurmadığı için uzundur. Besleme işlemi yapılırken madde bir uçtan diğer uca kadar taşınmaktadır ve bunun ardından dışarıya atılımı sağlanmaktadır. Gaz üretiminin yapıldığı aşamada az seviyede dikey karıştırma yapılmaktadır. Bu esnada faz ayrışması da yapılmış olur. Mekanik anlamda bir karıştırıcının bulunmaması ve çöktürülmüş

olan çamurun sıvı alanında bulunması daha uzun süre beklenmesine neden olur. Çıkış kısmının da metan seviyesinde yükselme meydana gelirken giriş bölümünde ise su yardımı ile ayırt etme ve asit olarak üretim meydana gelmektedir. Şekil 2.4'te pistonlu reaktör şematik olarak gösterilmiştir.



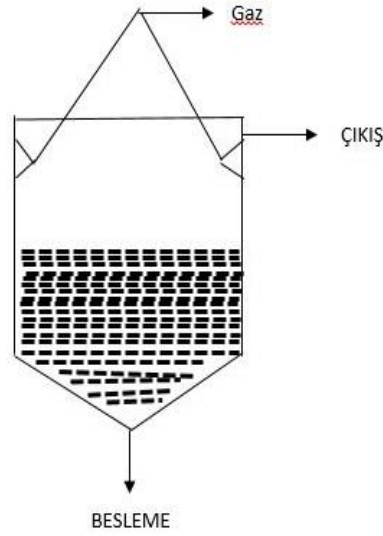
Şekil 2.4. Pistonlu Reaktör [10].

2.2.5. Anaerobik (Oksijensiz ortam) filtre reaktör

Anaerobik filtre reaktör, ezilmiş taş veya plastik dolgu içeren ve aşağıdan beslenen bir dikey akış reaktörüdür. Dolgu malzemesi, bakteri tutturmak için geniş bir yüzey sağlar. Havasız filtreler kullanılarak çok büyük miktarlarda biyokütle elde edilebilir. Biyokütle kaybı, kimyasal reaksiyonları yavaşlatan çeşitli maddeler (inhibitörler) ile sınırlıdır ve sistem yeni durumlara daha kolay adapte olmaktadır [10].

2.2.6. Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktör

Giriş yönünde anaerobik çamur tabakası bulunan bir reaktörde, su arıtma işlemi, atık suyun aktif çamurdan çok yüksek bir kalınlığa (yoğunluk) geçirilmesiyle gerçekleştirilir. Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktör'ün şematik gösterimi Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Yataklı Reaktör [10].

Reaktörün tabanında ve ya yakınında bir çamur tabakası oluşur. Bu katman çamur örtüsü olarak adlandırılır. Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktör, atık suları yüksek miktarda organik madde içeren temizlikte temizlemek için başarıyla kullanılan havasız bir sistemdir [11]. Yükselen hidrolik akış ve yükselen gaz kabarcıkları yukarı doğru yükselirken, sistem otomatik olarak karıştırılır. Atık su reaktörün tabanına akar ve reaktör boyunca sistemi hareket ettirerek bırakır. Çöken malzeme yukarıdan toplanır. Reaktöre bir katı-gaz ayırıcı takılmıştır. Böyle bir düzenleme, çamur yüzeyine yerleşen çamur parçacıkları için tortul bir ortam sağlar. Ancak, hafif parçacıklar sistemden çıkabilir. Bu kaçmayı önlemek için maruz kalma süresinin yeterince yüksek tutulması faydalıdır. Hidrolik tutma süresi kısa olsa bile, metan bakterileri tarafından oluşturulan tabaka çok daha yoğundur [10].

2.2.7. Film reaktörü

Film reaktörü, filtre katmanı çakıl, taş, kömür veya plastik ile doldurulur. Bu maddeler rastgele seçilebilir veya hedeflenebilir. Akış aşağı veya yukarı doğru olabilir [12]. Bu tip reaktör, metanın çözünür atıktan gaza yüksek basınçta dönüşümünü sağlar. Havasız filtre, iki fazlı sistemlerde metan fazı için kullanılabilir ancak sistemin çalışmasını engelleyeceğinden büyük miktarlarda katı parçacık içeren askıya alınmış yemler uygun değildir [10].

2.3. Biyogazın Kullanım Alanları

Biyogaz, doğrudan ısıtma ve aydınlatma için evrensel bir enerji kaynağı olarak kullanılabileceği gibi, bunu elektrik ve mekanik enerjiye dönüştürmek için de kullanılabilir. Ek olarak, biyogaz yan ürünleri çeşitli amaçlar için kullanılabilir.

2.3.1. Biyogazın Isıtmada Kullanılması

Biyogaz içeriğinde bulunan metan gazından dolayı yanma işlemini gerçekleştirir, 1/7 oranında hava ile karıştırıldığında tam yanma meydana gelir. Gazla çalışan fırınlar, ocaklar, su ısıtıcılar biyogazla çalışabilir.

2.3.2. Biyogazın Enerji Amaçlı Kullanılması

Biyogaz enerji amaçlı olarak iki farklı şekilde kullanılabilir. Doğrudan yakılarak ya da kojenerasyon yolu ile elektrik enerjisine dönüştürülüp aydınlatma için kullanılabilir. Yanma işlemine tabi tutulmadan aydınlatmada biyogaz kullanıldığında, sıvılaştırılmış petrol ile çalışan lambalar kullanılır. Bu sistemde, asbest gömlekleri ve cam ışıklar, alevin aydınlatılmasını arttırmak için kullanılır. Cam fener ışığı dengeler ve alevin ürettiği ısıyı kurtarır.

2.3.3. Biyogazın Motorlarda Kullanımı

Biyogaz hiçbir katkı maddesi olmadan direkt olarak benzinli motorlarda kullanılabilir, ancak dizel motorlarda kullanılıyorsa, belirli oranlarda (% 18-20) mazot ile karıştırılmalıdır.

2.3.4. Yan Ürün Değerlendirme İmkânları

Biyogaz üretimi sonucunda fermente olmuş organik gübreler sıvı halde elde edilir. Sonuçta açığa çıkan gübre kullanılacak sahada sıvı formunda, granül halde ya da beton astarlı havuzlarda doğal olarak kurutulur. Fermantasyon sonucunda elde edilen organik gübrenin ana avantajı, anaerobik fermantasyonun bir sonucu olarak patojenik mikroorganizmaların önemli bir kısmının imha edilmesidir. Bu özellik organik gübrelerin kullanımını % 10 daha verimli hale getirir.

2.4. Biyogaz Üretim Tesisleri

Biyogaz tesisleri üç ana organdan oluşur. Bu organlar fermentör, gaz deposu ve gübre deposudur. Fermentör, basınçlandırılması ve bir karıştırıcı içermesi gereken bir tanktır ve genellikle bir ısıtıcı içerir. Biyogazın verimli bir şekilde üretilmesi için mayalayıcıdaki sıcaklık en az 35°C olmalıdır. Fermentörün sıcaklığının düşürülmesi, salınan gaz miktarında bir azalmaya neden olur. Gaz deposu, üretilen biyogazı bir yerde toplamak ve sabit bir gaz basıncını korumak için kullanılır. Fermentörden alınan gaz bu tanka bir boru hattı aracılığıyla beslenir. Burada biriken gaz gerektiği şekilde işleme alınır. Biyogaz elde etmek için fermente ediciye dahil edilmesi gereken organik madde içindeki kuru madde içeriği, belirli bir yüzdeyi (~% 8) geçmemelidir. Bu, sıgır gübresi kullanırken, gübrenin bire bir oranda suyla karıştırıldığı anlamına gelir. Bu madde, fermantasyon periyodunun sonunda fermenteri aynı şekilde bırakacaktır. Sıvı hale gelen sıvı gübrenin depolanması için bir beton rezervuarı şeklinde bir gübre tankına ihtiyaç vardır. Yukarıda açıklanan üç ana organa ek olarak, bir biyogaz tesisi; hammaddeler, gaz boruları, vanalar ve bağlantı donanımları, ısıtma sistemleri, pompalar, karıştırıcılar, ısı transfer elemanları, ayırma ve filtreleme elemanları için depolama tankından oluşmaktadır [5].

2.5. Biyogaz Tesisi

Bir biyogaz tesisinde bulunan ara elemanlar şu şekildedir;

1. Atık kabul birimi,
2. Karıştırma (besleme) tankı,
3. Ön asitlendirme tankı,
4. Reaktör,
5. Desülfürizasyon ünitesi,
6. Seperatör
7. Hijyenizasyon ünitesi,
8. Lagün
9. Kompost gübre depolama ve kurutma alanı,
10. Kojenerasyon tesisi,

2.5.1. Atık kabul Birimi

Tesise kabul edilen hayvansal atık ilk aşamada ön atık depolama tanklarına aktarılır. Bu tanklarda, proses suyu ve geri dönüşümündengelecek olan su ile seyreltilecek olan hayvansal atıklar karıştırılarak çürütücülerde beslenecek hale getirilir.

2.5.2. Karıştırma (Besleme) tankı

Tankerlerle getirilen atıklar kapalı devre sistemler vasıtasıyla önce kabul tankına alınır ve daha sonra karıştırma tankına aktarılır. Karıştırma tankında atık ve sisteme geri beslenen süzüntü suyu (ilk seferde temiz su) 40°C ortam sıcaklığında karıştırarak homojen hale getirilir. Karıştırma tankı sahip olduğu bıçak tipi dalgıç karıştırıcıları sayesinde çürüme işlemine uygun, homojen bir bulamaç hazırlanması için özel bir tasarıma sahip olur. Tamamen kapalı bir sistem olan bu tankın, pnömatik olarak kontrol edilen kapakları sayesinde dış ortamla teması kesilmektedir. Ayrıca karıştırma tankı sistemi üzerinde besleme hazırlanırken oluşabilecek kötü kokuların giderildiği bir biyofiltre kullanılır. Biyofiltre tamamen doğal reçine yapısındadır.

2.5.3. Ön asitlendirme tankı

Ön asitlendirme tanklarının amacı sistemin sürekliliğini sağlamaktır. Karıştırma tankından gelen biyokütle ön asitlendirme tankında 12-24 saat arasında karıştırılır. Böylece asit oluşturuıcı bakteriler biyokütleyi, asetik asit gibi küçük yapıli maddelere dönüştürürler. Biyolojik çözülme hızlı başlayabileceği için tanklarda bekletme süresi en fazla 12-24 saat arasında tutulur. İstenilen konsantrasyona gelen biyokütle, yine kapalı devre sistem ile düzenli bir şekilde ısıtıcılardan geçirilerek kademeli olarak reaktöre gönderilecektir.

2.5.4. Reaktör

Reaktörlerde ön asitlendirme tankında oluşan küçük yapıli maddeler metan oluşturuıcı bakteriler tarafından biyogaza dönüşür. Reaktörler, silindirik betonarme tank olarak yapıliı içerisinde ısıtma ve karıştırma sistemi vardır. Su sızdırmazlığının sağlanması için reaktörlerin iç kısmı önce epoksi reçine ile kaplanıp, biyogazın temas ettiği kısım ise bitümlü epoksi reçine ile kaplanarak betonun biyogazla teması engellenir.

Karıştırma, reaktörlerin içine yerleştirilmiş daldırma karıştırıcıları ile yapılır ve reaktörler boru şeklinde duvara monte edilmiş bir ısıtma sistemi kullanılarak ısıtılır. Karıştırıcılar istenen dönüş hızına ayarlanabilir. Ek olarak, boru tipi ısıtıcılar paslanmaz çelikten yapılmış olmalıdır. İstenilen seviyede sıcaklığın korunması, homojen karışımın kontrol edilmesi, seviye kontrolü, basınç, pH ölçümü ve köpük oluşumu kontrol edilmesi gereken en önemli parametrelerdir.

2.5.5. Desülfürizasyon Ünitesi

Bu aşamalar sonrasında ortaya çıkan biyogaz otomasyon ünitesince kontrol edilen pompalar vasıtası ile desülfürizasyon ünitesine yönlendirilir. Desülfürizasyon ünitesinde biyogaz içeriğinde bulunan gaz motorlarına zarar verici nitelikte hidrojen sülfür, oksijen ve amonyak bileşiklerine bağlanarak ve oksitlendirilerek kimyasal biçimde uzaklaştırılır. Biyogaz kojen motorlarında yakılarak elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülür.

2.5.6. Separatör

Aynı aşamalar sonucunda ortaya çıkacak olan fermentör çıktısı seperatöre gönderilerek sıvı fazı ile katı fazın ayrıştırılması sağlanır. Ayrıştırılan sıvı faz işlenmiş fermente ürün depolama tanklarına yönlendirilir. Tanklar sızdırmaz lagün yapısında olup membran çatı içeriklidir. Membran çatıda gaz birikimi olması öngörülmektedir. Biriken biyogaz kojen ünitelerine yönlendirilir.

2.5.7. Hijyenizasyon Ünitesi

Hidrolik tutulum süresine göre istenen konsantrasyona getirilmiş olan hayvansal atıklar ana çürütücü tanklarına proses otomasyon ünitesince kontrol edilen pompalar vasıtası ile otomatik biçimde aktarılır. Tam karıştırmalı ve ısıtmalı ana çürütücü (fermentör) ünitelerinde fiili olarak metanogenik bakteriler vasıtası ile biyogaz oluşumu gerçekleştirilir.

2.5.8. Lagün

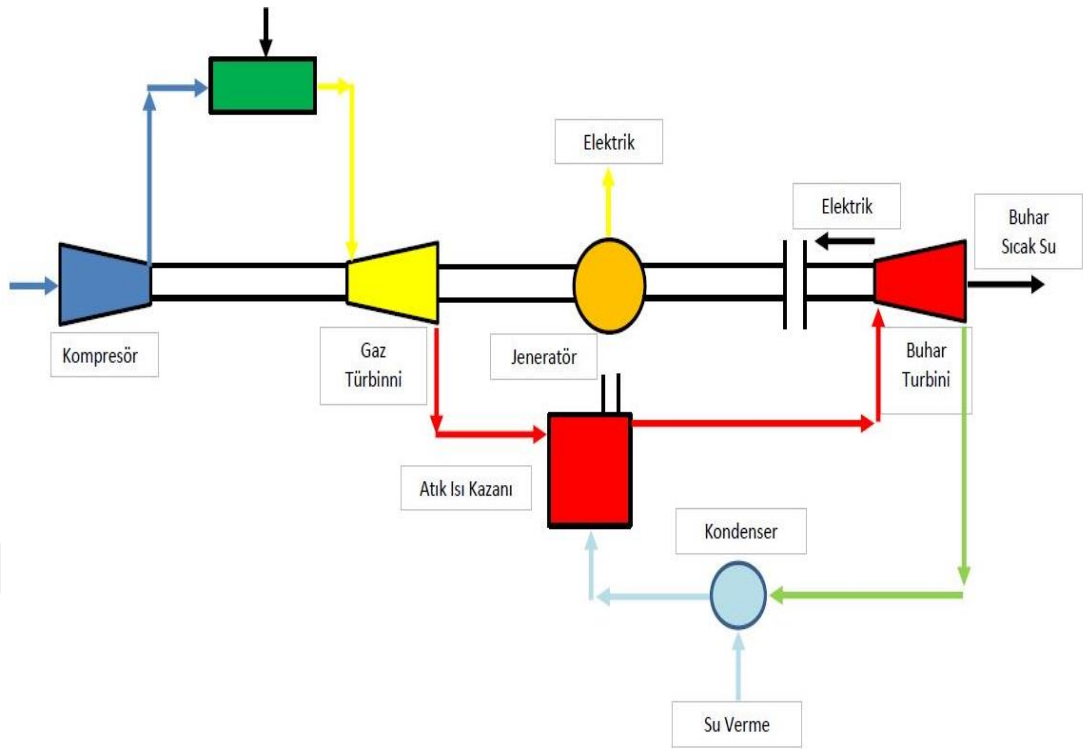
Tesiste, gübrenin işlem görmesi neticesinde meydana gelen katı ve sıvı fazdaki fermente olmuş ürünün dış etmenlerden etkilenmemesi için üstü kapalı lagün ve depolarda birikmesi sağlanır. Buda sıvı fermente ürünün en az bir ay depolanacağı şekilde tasarlanır. Bu noktada amaç sıvı fermente ürünün hijyenizasyon işlemi uygulandıktan sonra sıvı gübre olarak kullanılabilme özelliği kazandırılmasıdır.

2.5.9. Kompost Gübre Depolama ve Kurutma Alanı

Ortaya çıkacak olan toprak zenginleştirici kompost niteliğindeki malzeme gübre kurutucusuna bantlar aracılığı ile gönderilir. Gübre kurutma ünitesinde, tesis kojen ısısında kullanımı ile içerikte kalan su buharlaşır. Kojen ısısı varlığında gerçekleştirilecek olan kurutmanın 15 gün sürer.

2.5.10. Kojenerasyon ünitesi

Arındırılan biyogaz kojenerasyon sisteminde yer alan bir motorda yakılarak elektrik ve ısı üretilir. Şekil 2.6 da kojenerasyon iş akış semasında gösterildiği gibi biyogaz bir filtre sisteminden geçirildikten sonra gaz türbinin kompresör kısmına girer ve burada sıkıştırılarak yanma odasına iletilir. Yanma odasına püskürtülerek verilen gaz, sıkıştırılmış hava ile karışarak yanar. Yanma sonucu oluşan yüksek basınçlı gaz, türbin kanatçıklarından geçerek türbini döndürür ve türbine bağlı jeneratörden elektrik enerjisi üretilir. Gaz türbininden çıkan atık gaz bir egzoz kanalıyla atık ısı kazanına iletilir. Geri kazan kazanında üretilen ve buhar türbinine beslenen buhar türbinin basamaklarında genişler. Böylece termal enerji mekanik enerjiye dönüştürülür. Türbin çalışması sırasında, türbine bağlı bir jeneratörden elektrik enerjisi üretilir. Düşük basınç ve sıcaklıkta, buhar, buhar türbinini terk eder, kondensere girer, burada soğutma sisteminden yoğunlaşır ve suya dönüşür. Daha sonra yoğunlaşmamış gazı onlardan uzaklaştırmak için yoğunlaşma pompaları bulunan bir besleme suyu tankına gönderilir. Su, besleme suyu deposundan, atık su pompaları ile atık ısı kazanına geri beslenir.



Şekil 2.6. Kojenerasyon tesisi iş akış şeması

2.6. Dünya ve Türkiye’de Biyogaz

Özellikle yaşadığımız dünyada yaşanan nüfus artışı ile beraber ülkelerde enerji yetersizlikleri görülmeye başlamıştır. Öncelikle enerji kullanımı sanayileşme ve yaşanan endüstriyele gelişmeler ile birlikte refah seviyelerinde yaşanan artış sonucunda enerji tüketiminin oldukça arttığı görülmektedir. Bilim adamlarının yapmış olduğu araştırmalara göre dünyanın geleceği tamamen enerji tüketimi ve kullanımına bağlı olduğu düşüncesine ulaşılmıştır. Bu bağlamda ileride yaşanacak olan çağlara iz bırakacak olan güç enerji olacaktır.

Geçtiğimiz 30 yıl boyunca, biyogazın atıklardan üretilmesi çabaları tüm dünyada hız kazandı. Projeksiyonlar, Avrupa’da yalnızca tarımsal atıklar için çeşitli boyutlarda 220.000 biyogaz tesisinin kurulabileceğini göstermektedir [12]. Şu anda, biyogaz enerji üretim örnekleri çoğunlukla Batı Avrupa’da geliştirilmiş ve çoğunlukla merkezi biyogaz tesisleridir. Avrupa’da biyogazdan üretilen toplam enerji, Avrupa Birliği’nin enerji tüketiminin yaklaşık % 0.3’üdür. Alman Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ajansı, Almanya’daki biyogazdan gelen enerjinin toplam enerji tüketiminin% 3’ünü kapsadığını söylüyor. Bu enerjinin% 50’si enerji santrallerinden,% 25’i hayvan atıklarından ve % 5’i

atık sulardan elde edilmektedir [13].Gelişmiş ülkelerde biyokütle, enerji kaynaklarının ortalama% 3'ü gelişmekte olan ülkelerde% 38'i, fakir ülkelerde% 90'ı temsil eder. Bununla birlikte, gelişmekte olan Nepal'de 20 milyon inek, 16 milyon koyun için kurulu 145.000 biyogaz tesisi bulunmaktadır. [12]. Asya ülkelerinde (Çin, Hindistan vb.) biyogaz kullanımı çok daha çeşitlidir. Küçük yerel biyogaz tesislerinden elde edilen biyogaz, ısı, aydınlatma ve pişirme gibi ihtiyaçları karşılar [13]. Çin, 2020'de enerji tüketiminin % 15'ini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamayı planlıyor, bu da 200 milyon biyogaz tesisinin inşası anlamına geliyor Asya ülkelerinde, devletler tarafından sağlanan finansal destek ve teknoloji nedeniyle biyogaz tesisi sayısı önemli ölçüde geliştirmektedir. [12].Afrika ülkelerinde, biyogaz tesislerinin sayısı sadece yüzlerce olarak ifade edilmektedir [14]. Latin Amerika'da biyogaz tesislerinin kurulması son zamanlarda ivme kazanmaktadır. Rusya, Ukrayna ve Kazakistan'da günde 80 kWh elektrik çıktısı olan 100'den fazla biyogaz tesisi bulunmaktadır [12]. Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde biyogazdan enerji üreten çiftlik tipi işletmelerin yanı sıra son yıllarda endüstriyel boyutlarda işletmelerde kurulmuş ve başarılı şekilde işletilmektedir. Çiftlik tipi işletmeler ürettikleri biyogazdan ocak ve ısınma ihtiyaçlarını karşılarken, endüstriyel boyuttaki tesisler genellikle belediye atıkları ve hayvan atıklarının bertarafının yanında elektrik üretimi de yapmaktadır. Ancak Türkiye'nin mevcut hammadde potansiyeli, faaliyete geçen tesislerin kullanacakları hammadde miktarının çok üzerindedir.

2.7. Litaratür Taraması

Biyogaz üretimi ile ilgili ulusal ve uluslararası birçok araştırma vardır. Ediger [15] Türkiye'nin artan ivme yönünde gelişen bir ülke olduğunu belirterek yenilenebilir enerji kaynakları için yapılan araştırmaların artışı irdiledi. Kaygusuz [16] Türkiye'de bulunan hayvansal ve tarımsal atıklar ile gerçekleştirilebilecek olan biyogazdan enerji üretiminin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha yüksek verimli ile çalıştığını tespit etti. Evrendilek [17]yenilenebilir enerji kaynaklarını 2010 yılına kadar inceleyerek Türkiye'de ki enerji ihtiyacının % 35'i ile %90'ının bu enerji kaynaklarından karşılanabileceğini gördü. Akbulut ve Dikici[18] Elazığ'da ki gübre potansiyelini inceleyerek havasız bir ortamda biyogaz üretimi yapılırken fermantasyon evrelerini ve biyogaz üretimi sona erdiğinde meydana gelen gübrenin özelliklerini inceledi. Buğutekin [19]biyogaz üretiminde değişen parametrelerin verimliliğe olan

etkisini hammadde çeşitliliğine göre uygun olan üretim yöntemlerini kullanarak anaerobik parçalanma süreçlerinin değerlendirilmesini yaptı. Özölçer [20]Ülkemizdeki hava kirliliğinin ve sera gazı etkilerinin azalması için yapılacak olan yenilenebilir kaynaklar ile fosil kaynakları yakarak enerji üretmenin çevreye etkilerini araştırdı. Selimoğlu [21] İki farklı değişken kullanarak biyogaz verimliliklerini inceledi. Koçar[22] çalışmasında yüksek yatırım maliyetlerinden yüzünden gündeme gelmeyen fakat sera gazı etkisinin artması ve fosil yakıt kaynaklarının azalması sonucu gündeme gelen biyogaz enerjisinin ülkemizdeki potansiyelini inceledi. Halisdemir [23]evsel atıklar ve portakal posasını madde olarak tercih etmiştir. Ve hammadde olarak portakal posası tercih edildiğinde verimin arttırılmasına yönelik çalışmalar yaptı. Güç [24]yaptığı çalışmada sera gazının zararlarını ve Uşak ilindeki biyogazın potansiyelini hesapladı. Tarım alanında kullanılan gübrenin aynı zamanda biyogaz üretimi için kullanılacağını araştırmış ve bunu uşak ilindeki mevcut olan Biyogaz üretimi ile bütünleştirdi. Ergür [25]Eskişehir ilinde hammadde olarak hayvan gübrelerinden sığır tercih etti ve biyogaz üretimini ve maliyet analizini yaptı. Tüplek [26] biyogazın elde edilmesini organik atıkların oksijensiz ortamda tutularak atıkların kaynak olarak kullanıp elde edilen biyogazı saflaştırarak yaktı. Akbulut [27] Çiçekdağı'nı örnek alarak çiftlik ölçekli biyogaz tesisi kurdu ve kurulan kojenerasyon tesisi ile emisyon miktarı yılda 7506 Ton/Co₂ azaldı. Avcıoğlu [28] biyogaz üretimi için en verimli hammadde araştırmasını yapmıştır ve araştırmanın sonunda en uygun maddenin atık ve artıklardan hayvansal atıklar olduğunu araştırtırdı. Acaroğlu [29] Türkiye'de var olan biyokütle enerjisini araştırdı ve bu enerjinin kullanılmamasının nedenlerini inceledi. Öçal [30]Eskişehir'de bulunan Büyük baş hayvan sayısını araştırarak biyogaz enerjisi potansiyelini ve biyogaz enerjisi üretimini hesapladı. Altıkat ve Çelik [31]İğdır ilindeki hayvansal atık kaynaklı biyogaz enerjisi potansiyelinin bulunması için araştırma yaptı. Özcan[32] farklı biyokütle enerji kaynaklarının değerlendirilerek Türkiye'de biyokütle enerjisinden elde edilebilecek olan elektrik enerjisi potansiyelini inceledi. Baran [33]Adıyaman ilinde bulunan hayvan potansiyelini hesaplayarak bu potansiyele göre elde edilebilecek olan enerji miktarını hesapladı. Karaca [34] Hatay'da bulunan büyükbaş hayvanlardan sığırın ve kanatlı hayvanlardan yumurta tavuğunun atık ve biyogaz enerjisi miktarlarını araştırdı. Hatay'da bulunan hammadde yoğunluğunun olduğu ilçelerde araştırma yaptı. Achinas ve arkadaşları [35] anaerobik dönüşüm esnasında inek gübresinin koyun gübresi ile farklı oranlarda karışımları için biyogaz üretim potansiyeli araştırdı ve

çalışmanın sonuçlarına göre tek başına inek gübresinin biyogaz üretimi için baskın faktör oluşturduğu ve en yüksek biyogaz üretimine sahip olduğu buldu. Özer çalışmasında [36] Ardahan ili için hayvansal gübre ve tarımsal atıkları kullanarak biyogaz potansiyelini inceledi ve 1.72 Mton/yıl hayvansal atık ve 48 bin ton/yıl tarımsal atık bu atıklardan toplamda, 81 m³/yıl metan üretimi ve 323 GWh/yıl enerji eşdeğeri bulmuştur. Belediye atıklarından temiz enerji elde edilebilmesi üzerine yapılan araştırmanın sonucunda 25.4 kW/yıl elektrik üretimi yapılabileceği ve 25 Mton/yıl CO₂ emisyon eşdeğerinin açığa çıkacağı gösterdi. Can [37] belediye atıklarından temiz enerji elde edilebilmesi üzerine araştırmalar yaptı 25.4 kW/yıl elektrik üretimi yapılacağını, 25 Mton/yıl CO₂ emisyonu eşdeğeri çıkacağı hesapladı Meyer ve arkadaşları [38] Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan 28 adet eyaletin 2030 yılındaki hayvansal ve bitkisel atıklardan elde edilecek enerji potansiyelini araştırdı. Fazal ve ark. [39] biyo-elektrokimyasal sistemler kullanarak farklı atık suların anaerobik koşullar altında mikroorganizmalardan da biyogaz üretimi yapılabileceği ifade etti. Liu vd. [40] biyofilik sıcaklıkta (35°C) hayvan gübresi ve buğday samanı ile biyogaz elde edebileceğini ortaya koydu. Biyogaz üretimi için atıkların potansiyeli ve veriminin araştırılmasının yanı sıra yaşam döngü analizine dayalı biyogaz üretiminin çevresel değerlendirilmesinin de önem arz etmesinden dolayı Aziz ve arkadaşları [41] bununla ilgili olarak 2006 yılından 2013 yılına kadar yapılmış yaşam döngü analizi üzerine 48 çalışmaları gözden geçirdi. Ramos-suarez vd. [42] çalışmalarında kanarya adalarındaki farklı hayvan türleri ile biyogaz potansiyeli araştırması yaptılar ve 44,7 Mm³/yıl teorik, 27.1 Mm³/yıl gerçek biyogaz potansiyeli elde etmişlerdir bu potansiyelin sonucunda yıllık sera gazı emisyonu tasarrufu 55,745.1 ton CO₂ olarak tespit ettiler. Wei ve arkadaşları [43] Tibet platosunda 15°C sıcaklıkta arpa ile Tibet domuzu ve inek gübrelerinin biyogaz üretim potansiyelleri araştırdılar ve sonuç olarak arpa-Tibet domuzu ve arpa-inek gübresi karışımlarından sırası ile 233.4 ml/Gvs ve 192.0 ml/Gvs biyogaz üretti. Scarlat ve arkadaşları [44] Avrupa için çiftlik ve kümes hayvanlarının atık miktarlarına bağlı teorik olarak 26 milyar m³ biyometan üretilabileceğini belirtmişlerdir.. Muha vd. [45] biyogaz tesislerinde bulunan depolama tanklarının metan emisyonunu tahmin etmek için modelleme geliştirdiler. Türker ve Avcıoğlu [46] 2009 yılında yapılan sayıma göre Türkiye'de biyogaz potansiyeli 2.18 Gm³ olarak buldular. Öztürk vd. [47] Türkiye ve Malezya'daki olası ekonomik payları göz önüne alarak farklı yenilenebilir enerji ve biyokütle potansiyelleri karşılaştırdılar. Ozcan vd.

[48] farklı hammadde kaynakları kullanarak biyokütle enerjisinde birinci enerjinin ne olduğu üzerinde çalıştılar ve belediye atıklarından 4,85 TWh/yıl, tarımsal atıktan 165,29 TWh/yıl, hayvansal atıktan 16,19 TWh/yıl enerji üretilme kapasitesi olduğunu hesapladılar. Cucchiella vd. [49] İtalya’da farklı güçlere (100 kW, 200 kW ve 300 kW’lık) sahip süt ineği atığı kullanan biyogaz tesisleri için yapılan ekonomik değerlendirmeye göre 200 kW gücünde tesis minimum boyutlardadır ve 350 m³/s biyometan üretilir. Klavon ve arkadaşları [50] yaptıkları çalışmada öncelikle ABD’de 150-200 süt ineği bulunan bir işletme için ekonomik fizibilite araştırması yaptılar ve ayrıca ekonomik fizibilitesi olan bir tesis için süt ineği sayısını belirlediler. Isıtma ve elektrik üretimi için biyogaz kullanımının ücreti yıllık inek başına 47-70\$ arasında değişirken, çalışmada biyogaz üretiminde ekonomik açıdan en uygun tesisin en az 250 ineğe sahip olması gerektiği öne sürüldü. Cruz ve arkadaşları çalışmalarında [51] biyogaz tesislerinde anaerobik çürütücülerde sıcaklık, pH, basınç gibi parametrelerin arduino ve düşük maliyetli elektronik ekipmanlar ile kontrol edilmesi durumunda tesisin veriminin arttığını ifade ettiler. Baran [52] Adıyaman ilindeki biyogaz potansiyelini inceledi ve sonuç olarak toplamda 15012856.7 m³/yıl biyogaz hesapladı. Elde edilen biyogazın değerlendirilmesi ile beraber yaklaşık olarak 70.5 GWh enerji açığa çıktığı tespit edildi. Bulut ve Canbaz çalışmalarında [53] Sivas ilinde bulunan büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklarından yararlanarak şehrin biyogaz potansiyelini araştırdı ve 2015 ve 2016 yılları için sırası ile yıllık biyogaz üretimi ise 48.880,922 m³/yıl ve 52.391,785 m³/yıl olarak hesaplandı.

Bu tez çalışmasında, Kayseri ilinde bulunan kanatlı hayvan ve büyükbaş hayvan biyogaz potansiyelleri üzerine detaylı bir analiz yapıldı. İlk olarak, Kayseri ilinde bulunan her ilçedeki kanatlı hayvan sayılarına göre biyogaz enerjisi, bu enerjiden elde edilecek elektrik enerjisi ve bu esnada açığa çıkan CO₂ emisyonları hesaplandı. Daha sonra, Büyükbaş hayvandan üretilen biyogaz potansiyelini belirlemek için Kayseri ili merkez ilçeleri olan Kocasinan ve Melikgazi ilçelerinde bulunan büyükbaş hayvan sayıları incelendi ve bu ilçelerden hayvan yoğunlukları fazla olan bölgeler tespit edildi. Tespit edilen bu bölgelerin ilk olarak biyogaz ve elektrik üretim potansiyelleri incelendi. Daha sonra tesis kurulum yeri olarak üç farklı durum incelenerek her bir durum için ayrı ayrı elektrik üretim maliyetleri ve CO₂ emisyonları hesaplandı.

3. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ İÇİN MEVCUT ENERJİ KAYNAKLARI

Kayseri, İç Anadolu'nun güneydoğusunda bulunan Kızılırmak'ın merkezinde yer alan 37° 39' ve 39° 18' kuzey enlemleriyle, 34° 53' ve 36° 57' doğu boylamları arasında bulunan ilimizdir. Kayseri bulunduğu konum ve sahip olduğu coğrafi konum koşullar sebebi ile birçok yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir [54].

3.1. Kayseri İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Kayseri'deki enerji santrallerinin sayısı 83, kurulu kapasite gücü 830 MW'tır. Bu santrallerde yıllık enerji üretimi 1,269 GWh'dir. 23 adet enerji santrali lisanslı iken, 60 tanesi ruhsatsızdır. Kayseri ili için elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı Tablo 3.1 de gösterilmektedir. Kayseri'deki elektrik santralleri arasında rüzgâr santrallerinin kurulu gücü ilk sıradadır. İkinci sırada doğalgaz santrali, üçüncü sırada ise biyogaz santrali vardır [54].

Tablo 3.1. Kayseri ili için elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı [55].

2018 Döneminde Kayseri ili için elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (MW)							
İl Kayseri	Güneş Fotovoltaik	Akarsu	Barajlı	Biyokütle	Doğal gaz	Rüzgar	Toplam
Ocak	282.24	5641.19	29894.5	2681.56	13396.288	67513.49	119409.264
Şubat	298.43	7161.06	21279.6	2712.79	12404.522	77578.86	121435.26
Mart	299.89	16301.1	26153.8	2934.57	14007.945	100824.85	160522.11
Nisan	304.16	13011.1	25037.4	3219.22	12640.55	54553.847	108766.245
Mayıs	304.16	12298.3	25354.5	3106.72	12473.576	40366.808	93904.1
Haziran	304.16	11103.7	24661.7	0	9857.746	32887.49	78814.793
Temmuz	309.157	10302.7	28795.8	3034.9	12289.163	64139.143	118870.835
Ağustos	309.15	18287.9	2055.71	3116.05	8211.51	60644.802	92625.129
Eylül	310.15	18645.7	2368.35	2972.27	12507.37	42157.276	78961.078
Ekim	310.15	23892.4	2012.95	3145.02	19454.52	41130.426	89945.498
Kasım	310.15	24552.9	3802.5	2716.53	18593.43	37361.67	87337.207
Aralık	310.15	28789.5	3359.4	2624.62	15068.868	68441.736	118594.284

3.2. Kayseri İlinin Biyogaz Enerjisi Potansiyeli

Kayseri'de biyogaz enerjisi, Kayseri çöplüğü biyogaz santralininden sağlanmaktadır ve kurulu gücü 5.78 MW'tır [55]. Bu, biyokütle enerjisinde yanan biyokütle kaynaklarının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Ayrıca, Kayseri'de tarımdan ve hayvansal atıklardan kaynaklı biyokütle potansiyelide mevcuttur.

3.3. Kayseri İlinde Hayvancılığın Durumu

Kayseri ilinde ki hayvancılık incelediğinde en fazla kanatlı hayvan yetiştiriciliğinin olduğu, onu takip eden sırada küçükbaş hayvan yetiştiriciliği ve en az ise büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapıldığı bilinmektedir. Kanatlı hayvan sayısı toplam hayvan sayısının %97,7'si, küçükbaş hayvan sayısı toplam hayvan sayısının %13,9 ve büyük baş hayvan sayısı toplam hayvan sayısının %6,4'dür.

Kayseri, son yıllarda kanatlı hayvan endüstrisinde özellikle yumurta tavuklarının üretiminde önemli bir başarı elde etmiş, il ihtiyacının üzerinde üretim seviyelerine ulaşmış ve çevresindeki illerde ürünleri için pazar haline gelmiştir. Son yıllarda, kümes hayvanı endüstrisinde önemli gelişmeler kaydedilmiş özel sektör ise çoğunlukla yumurtalara ve daha sonra kümes hayvanlarına yatırım yapmıştır. Tavuk üretimi yapan kümesler atıkların bertarafı adına çözüm olarak civar köylerdeki çiftçiler ile anlaşarak bu atığı onlara vermekte, çiftçiler traktörler ile taşıyarak civar tarlalara veya uygun gördükleri herhangi bir alana geliş güzel depolamaktadırlar. Bu atıklar bir sonraki yılın doğal gübresi olmak üzere depolanan alanlarda en az bir yıl bekletilmekte böylelikle ham gübre yanmış gübreye dönüşmektedir. Bu uzun bekleme sürecinde ise yağmur rüzgar ve diğer atmosferik koşulların etkisi ile atıklar doğal kaynakları kirletmekte, yeraltı ve yerüstü sularına karışmakta, viral ve bakteriyolojik mikroplar yaymakta, hem tarım arazilerini hem doğal kaynakları hem de insan ve hayvan sağlığını tehdit etmektedir. [56]. Kanatlı hayvan gübresinin, büyükbaş hayvan gübresine oranla daha fazla koku ve çevresel kirlilik oluşturmaması, yumurta üreticilerini atıklarının bertarafı konusunda sıkıntıya sokmaktadır.

Bölgedeki büyükbaş ve küçükbaş besi hayvan yetiştiricileri, herhangi bir bertaraf tesisi bulunmadığından atıklarının katı kısmını uzun süre açık alanlarda stok etmekte ve çoğu zaman sahalarından atmak için bedel ödemektedirler. Sıvı atıklar (idrar vb.) ise ayrı bir

kanal ile toprağa bırakılmaktadır. Fermente olmamış hayvansal atıkların büyük bir kısmı gübre ticareti yapan bazı kişilerce toplanıp sahipsiz ya da sahibinin ilgilenmediğı boş arazilerde güneş altında bekletildikten sonra doğrudan tarlalara gübre olarak verilmektedir. Büyükbaş hayvan gübreleri, organik madde ve diğ er yararlı elementler bakımından kayba uğ ratılmakta ve neredeyse kül olarak tarımsal alanlara hiçbir katkı sağlamayacak aksine zarar verecek şekilde verilmektedir.



4. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ İÇİN KANATLI HAYVANSAL ATIKLARIN BİYOGAZ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Bu tez çalışmasının ilk amacı Kayseri ilinde, hayvansal atık potansiyeli fazla olan kanatlı(yumurta tavuğu) hayvanların atıklarından kaynaklı biyogaz enerjisi potansiyelini belirlemektir. Bu amacı gerçekleştirmek için Kayseri ilinde bulunan bütün ilçelerdeki kanatlı hayvan sayılarına göre biyogaz enerjisi, bu enerjiden elde edilecek elektrik enerjisi ve bu esnada açığa çıkan CO₂ emisyonları hesaplanmıştır.

4.1. Kanatlı Hayvandan Üretilen Biyogaz Enerjisinin Hesaplanması

Kayseri ilinde bulunan Felahiye, Özvatan, Sarioğlan, Akkışla, Bünyan, Pınarbaşı, Talas, Kocasinan, Melikgazi, Hacılar, İncesu, Sarız, Yeşilhisar, Develi, Tomarza ve Yahyalı ilçelerindeki kanatlı hayvan yetiştiriciliğinden meydana gelen biyogaz üretim potansiyelini ortaya çıkarmak için literatürdeki veriler doğrultusunda [57,58] aşağıdaki kabuller yapılarak ilçelere göre Toplam atık miktarı [TAM, ton/yıl], kuru madde [KM, ton/yıl], Organik Kuru Madde [OKM, ton/yıl], biyogaz üretim potansiyeli (BÜP, m³/kg),Özgül Metan Üretim Oranı [ÖMÜ, m³ CH₄/ Kg OKM], Elektrik Enerjisi [EE, MWh/yıl],Karbon Salınımı Tasarrufu [KST,TonCO₂/MWh-yıl] miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplamada yapılan kabuller aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Toplam atık miktarı hesaplanırken kanatlı hayvan başına günlük atık miktarı 0.13 kg olarak kabul edilmiştir.
- Açığa çıkan gübrenin % 0.25'i kuru madde ve kuru maddenin ise % 0.75'i organik kuru madde olarak hesaba katılmıştır.

Oluşacak biyogaz üretim potansiyeli (BÜP, m³/kg) ve özgül metan üretim (ÖMÜ, m³ CH₄/ Kg OKM) miktarı ise sırasıyla Eş.4.1 ve Eş.4.2 ile elde edilmiştir.

$$BÜP = OKM \times 0.50 \quad (4.1)$$

$$ÖMÜ = OKM \times 0.35 \quad (4.2)$$

Ayrıca bu çalışmada, biyogazdan üretililecek elektrik enerjisi miktarı (BSE, kWh/Yıl) Eş.4.3'den karbon salınımı miktarları ise Eş. 4.4'den hesaplanmıştır.

$$BSE = BÜP \times 4.7 \quad (4.3)$$

$$KST = EE \times 26 \quad (4.4)$$

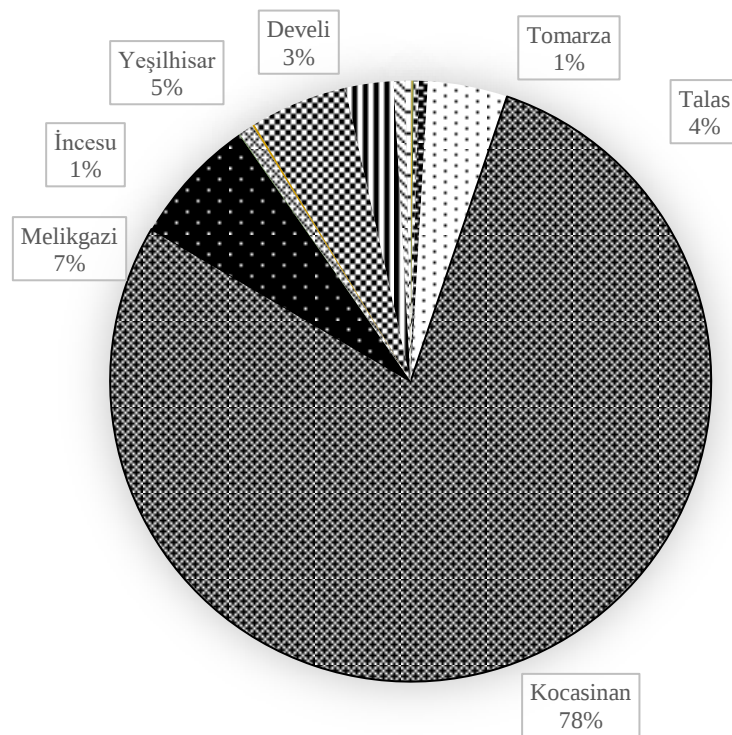
Tablo 4.1. İlçeler Bazında Kanatlı Hayvansal Atıktan Üretilen enerji miktarları

İlçe Adı	Tavuk Sayısı (Yumurta) [Adet]	Toplam Atık Miktarı [ton/yıl]	KM (Kuru Madde) [ton/yıl]	OKM (Organik Kuru Madde) [ton/yıl]	Biyogaz Potansiyeli [m ³ /ton-yıl]	Özgül Metan Üretim Oranı [m ³ /ton-yıl]	Elektrik Enerjisi [MWh/yıl]	Karbon Salınımı [Ton _{CO2} /MWh-yıl]
Felahiye	850	40.333	10.083	7.562	3.781	2.647	0.018	0.462
Özvatan	900	42.705	10.676	8.007	4.004	2.803	0.019	0.489
Sarıoğlu	2134	101.258	25.315	18.986	9.493	6.645	0.045	1.160
Akkışla	2200	104.390	26.098	19.573	9.787	6.851	0.046	1.196
Bünyan	10100	479.245	119.811	89.858	44.929	31.450	0.211	5.490
Pınarbaşı	17500	830.375	207.594	155.695	77.848	54.493	0.366	9.513
Talas	157500	7473.375	1868.344	1401.258	700.629	490.440	3.293	85.617
Kocasinan	2878992	136608.170	34152.043	25614.032	12807.016	8964.911	60.193	1565.017
Melikgazi	253300	12019.085	3004.771	2253.578	1126.789	788.752	5.296	137.694
Hacılar	1500	71.175	17.794	13.345	6.673	4.671	0.031	0.815
İncesu	29654	1407.082	351.771	263.828	131.914	92.340	0.620	16.120
Sarız	4293	203.703	50.926	38.194	19.097	13.368	0.090	2.334
Yeşilhisar	191805	9101.147	2275.287	1706.465	853.233	597.263	4.010	104.265
Develi	95100	4512.495	1128.124	846.093	423.046	296.132	1.988	51.696
Tomarza	23520	1116.024	279.006	209.255	104.627	73.239	0.492	12.785
Yahyalı	9923	470.846	117.712	88.284	44.142	30.899	0.207	5.394
Toplam Kayseri	3679271	174581.409	43645.352	32734.014	16367.007	11456.905	76.925	2000.048

Tablo 4.1'de Kayseri'de bulunan 16 ilçe için kanatlı hayvansal atıktan üretilen biyogaz enerjisi potansiyeli, elektrik enerjisi potansiyeli ve açığa çıkacak CO₂ salınımları ayrı ayrı verilmiştir. İlçeler bazında tek tek inceleme yapıldığında en fazla yumurta tavuğunun Kocasinan ilçesinde bulunduğu tespit edilmiştir. 2878.992 adet yumurta tavuğu bulunan Kocasinan ilçesinde yıllık 136608.170 ton gübre açığa çıktığı hesaplanmıştır. En az yumurta tavuğunun ise 850 adet ile Felahiye ilçesinde bulunduğu burada yıllık 40.333 ton gübre, 10.083 ton KM ve 7.562 ton OKM açığa çıkmıştır.

Biyogaz ve elektrik üretim potansiyelleri açısından incelendiğinde en fazla elektrik üretiminin gübre miktarı en fazla olan Kocasinan ilçesinde meydana geldiğini ve bu ilçede üretilen elektrik enerjisinin 16 ilçede toplam üretilen elektrik enerjisinin %85 ini oluşturduğu tespit edilmiştir.

Biyogaz ve elektrik enerjisi üretimi aşamasında atmosfere salınacak olan CO₂ salınımı incelendiğinde ise en fazla CO₂ salınımı üretilen elektrik enerjisi başına(MWh-yıl) 1565.017 Ton CO₂ ile Kocasinan ilçesinde olacağı tespit edilmiştir.



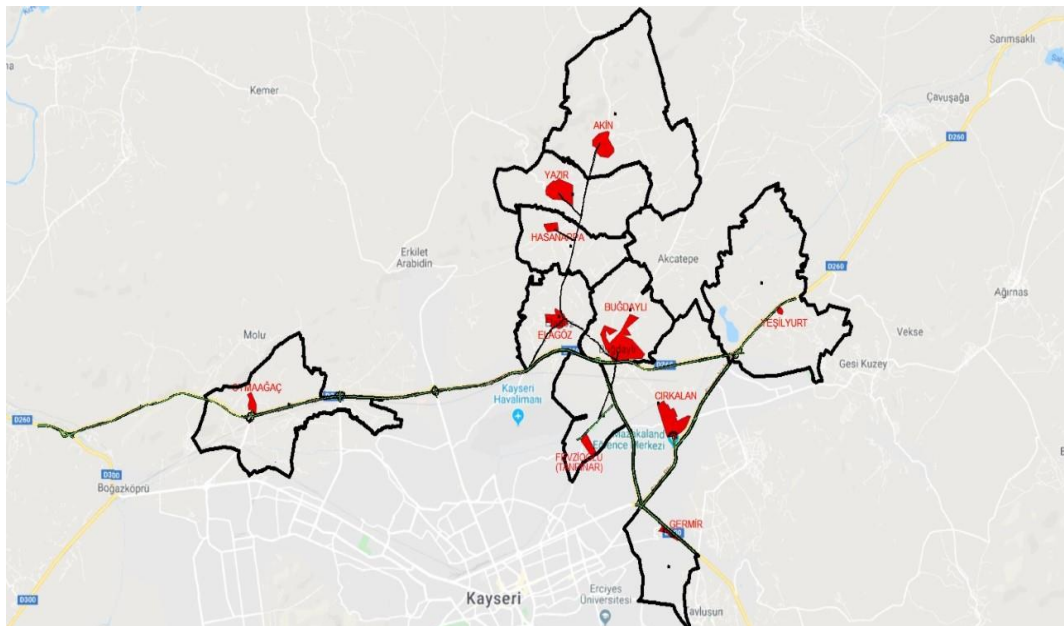
Şekil 4.1. İlçeler bazında üretilen biyogaz potansiyeli dağılımı

Şekil 4.1 de ilçeler bazında yüzdelik olarak biyogaz enerjisi potansiyellerinin dağılımı görülmektedir. Kayseri ilinde kanatlı hayvan atığından kaynaklı biyogaz enerjisi potansiyelinin en fazla olduğu ilçe %78'lik oranla Kocasinan ilçesi olduğu, onu takip eden sırada ise sırasıyla %5 ile Yeşilhisar ilçesinin ve %4 ile Talas ilçesinin olduğu tespit edilmiştir.

5. BÖLÜM

KAYSERİ İLİ İÇİN BÜYÜKBAŞ HAYVAN ATIĞINDAN BİYOGAZ VE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ

Bu tez çalışmasının bir diğer amacı, Kayseri ilinde büyükbaş hayvan yetiştiriciliği en fazla olan mahallelerin biyogaz üretim potansiyelini ve üretilen biyogazdan elde edilen elektrik enerjisi miktarlarını belirlemektir. Bu amacı gerçekleştirmek için büyükbaş hayvan yetiştiriciliği en fazla olan Kocasinan ve Melikgazi ilçelerinde bulunan Akın, Buğdaylı, Cırgalan, Elagöz, Germir, Hasanarpa, Oymağaç, Tanpınar, Yazır ve Yeşilyurt mahalleleri ele alınmıştır. Bu mahallelerin coğrafi konumları Şekil 5.1’de ve ele alınan mahallelerin birbirine göre mesafeleri Tablo 5.1’de gösterilmektedir. Kurulacak olan biyogaz tesislerinin konumu Şekil 5.1 de ve Tablo 5.1 deki bilgiler referans alınarak karar verilmiştir. Ayrıca bu bölümde elde edilen sonuçlardan ulusal bir yayın hazırlanmış ve kabul olmuştur [62].



Şekil 5.1. Ele alınan mahallelerin coğrafi konumlar [62].

Tablo 5.1. Ele alınan mahallerin birbirine göre mesafeleri(KM) [62].

Germir	17.3								
Cırgalan	9.7	9							
Tanpınar	14.7	9.1	6.7						
Buğdaylı	12.5	7.1	2.8	4.8					
Elagöz	14.9	9.6	5.3	7.2	3.2				
Hasan Arpa	18.4	13	8.7	10.7	6.6	3.8			
Yazır	19.6	14.3	10	11.9	7.9	5.1	1.6		
Akın	21.1	15.7	11.5	13.4	9.4	6.6	4.9	2.8	
Oymaağaç	25.4	21.6	19.3	17.9	17.4	14.5	17.7	19.4	21.9
Km	Yeşilyurt	Germir	Cırgalan	Tanpınar	Buğdaylı	Elagöz	Hasan Arpa	Yazır	Akın

5.1. Biyogaz ve Elektrik Enerjisinin Hesaplanması

Kayseri ilinde bulunan Melikgazi ve Kocasinan ilçelerindeki büyükbaş hayvan yetiştiriciliği (süt sığırı) en fazla olan mahallelerdeki biyogaz üretim potansiyelini ortaya çıkarmak için aşağıdaki kabuller yapılarak mahallelere göre biyogaz ve özgül metan üretim miktarları literatürde yer alan hesaplamalar yardımıyla [57] hesaplanmıştır.

- Toplam atık miktarı (TAM) hesaplanırken büyük baş hayvan (süt sığırı) başına günlük atık miktarı 43 kg olarak kabul edilmiştir.
- Açığa çıkan gübrenin %13.95'i kuru madde (KM) ve kuru maddenin ise %83.33'ü organik kuru madde (OKM) olarak hesaba katılmıştır [57].

Oluşacak biyogaz üretim potansiyeli (BÜP, m³/kg) ve özgül metan üretim (ÖMÜ, m³ CH₄/ Kg_{OKM}) miktarı ise sırasıyla Eş 5.1 ve Eş. 5.2 ile elde edilmiştir.

$$BÜP=OKM \times 0,30 \quad (5.1)$$

$$ÖMÜ=OKM \times 0,18 \quad (5.2)$$

Ayrıca bu çalışmada, biyogazdan üretililecek ısı miktarı (BSI, GJ/m³·yıl) ve elektrik enerjisi miktarı (BSE, kWh/Yıl) sırasıyla Eş.5.3 ve Eş 5.4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$BSI = BÜP \times 0.021 \quad (5.3)$$

$$BSE = BÜP \times 4.7 \quad (5.4)$$

5.2. Elde edilen sonuçlar

Biyogaz üretim miktarı ve bu biyogazdan üretilecek olan elektrik enerjisi miktarını elde etmek için Bölüm 5.2’de gösterilen eşitlikler, ele alınan her mahalleye göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca, kurulacak olan biyogaz üretim tesisi için üç farklı durum ele alınarak bu durumların çevresel etkileri araştırılmış olup her bir durum için detaylı bir maliyet analizi de yapılmıştır.

5.2.1. Atık Miktarlarının Değişimi

Tablo 5.2’de her bir mahallede bulunan hayvan sayıları ve bu hayvanlardan açığa çıkan atık miktarı, kuru madde ve organik kuru madde miktarları verilmektedir. En fazla büyükbaş hayvan potansiyeli Oymaağaç’ta (8251 adet) iken en az büyükbaş hayvan potansiyeli ise Cırgalan mahallesindedir (192 adet).

Tablo 5.2. Mahallelere göre hayvan sayıları ve atık miktarları[62].

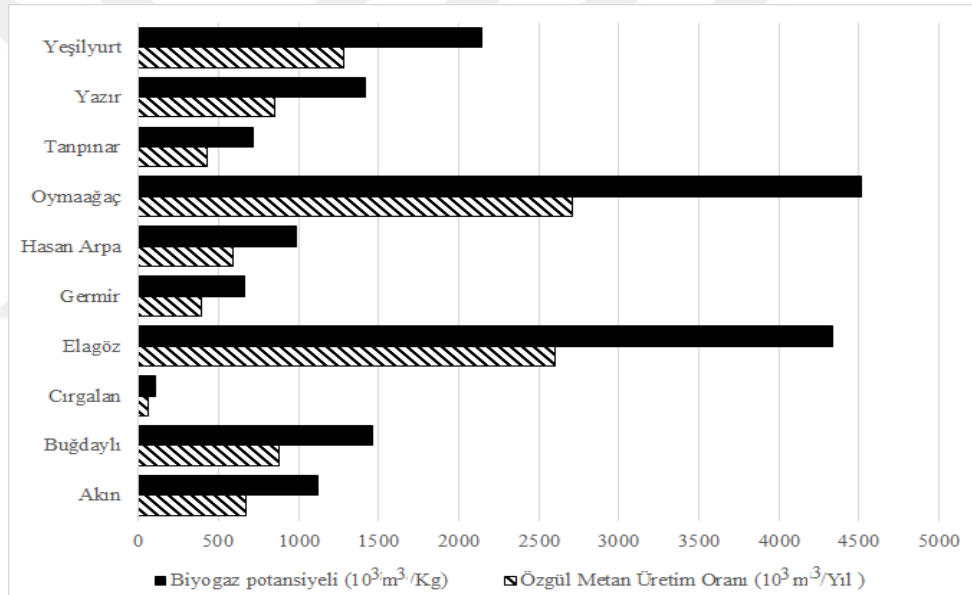
Mahalleler	Büyükbaş Hayvan Adedi	TAM (Toplam Atık Miktarı) kg/yıl	KM (Kuru Madde) Miktarı [kg/yıl]	OKM (Organik Kuru Madde) Miktarı [kg/yıl]
Akın	2052	32206.140	4492.757	3743.814
Buğdaylı	2677	42015.515	5861.164	4884.108
Cırgalan	192	3013.440	420.375	350.298
Elagöz	7923	124351.485	17347.032	14455.282
Germir	1205	18912.475	2638.290	2198.487
Hasan Arpa	1805	28329.475	3951.962	3293.170
Oymaağaç	8251	129499.445	18065.173	15053.708
Tanpınar	1311	20576.145	2870.372	2391.881
Yazır	2586	40587.270	5661.924	4718.081
Yeşilyurt	3913	61414.535	8567.328	7139.154
Toplam	31915	500905.925	69876.377	58227.985

Yapılan hesaplamalar neticesinde en fazla hayvan potansiyeli olan Oymaağaç mahallesinde 129499.445 kg/yıl toplam atık, 18065.173 kg/yıl kuru madde, 15053.708 kg/yıl organik kuru madde olduğu en düşük hayvan potansiyeli olan Cırgalan

mahallesinde ise 3013.440 kg/yıl toplam atık miktarları gübre, 420375 kg/yıl kuru madde, 350298 kg/yıl organik kuru madde miktarı olduğu tespit edilmiştir.

5.2.2. Biyogaz ve Özgöl Metan Üretim Potansiyeli

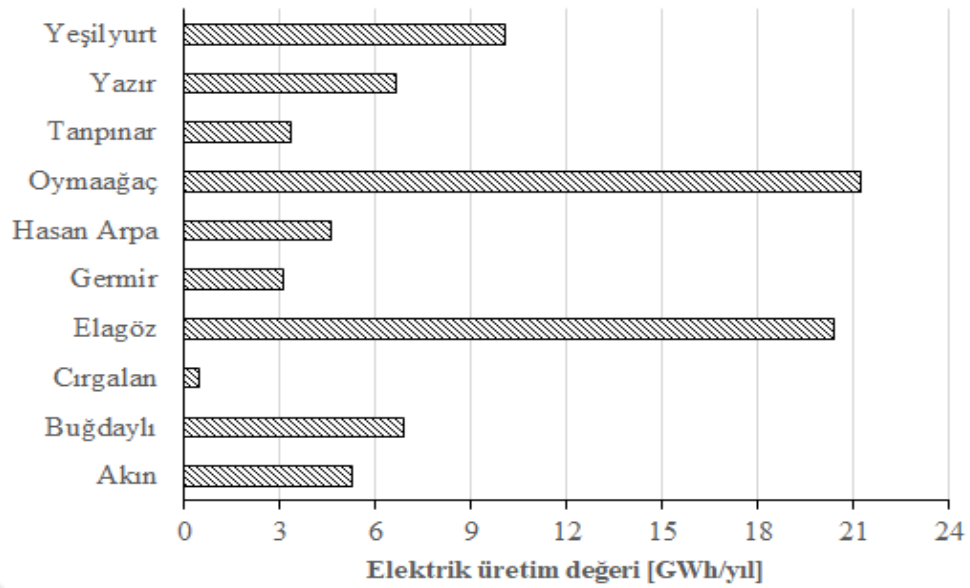
Mahalleler bazında üretilen biyogaz ve özgöl metan potansiyelleri Şekil 5.2’de sunulmuştur. Şekilden görüldüğü üzere en fazla biyogaz ve özgöl metan üretim potansiyeli sırası ile Oymaağaç, Elagöz ve Yeşilyurt’tadır. Oymaağaç’taki biyogaz ve özgöl metan üretim potansiyelleri sırasıyla $4336.585 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{kg}$ ve $2709.667 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ’dır. En düşük potansiyele sahip olan Cırgalan’da ise sırası ile $105.09 \text{ m}^3/\text{kg}$ ve $63.054 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ’dır.



Şekil 5.2. Mahallelere göre biyogaz ve özgöl metan üretimi potansiyeli [62].

5.2.3. Elektrik Üretim Potansiyeli

Şekil 5.3’de verilen grafikte mahalleler mahalleler bazında üretilen elektrik enerjisi miktarları verilmiştir. Biyogaz ve özgöl metan üretim potansiyellerinin yüksek olmasından dolayı elektrik enerjisi potansiyeli en iyi olan ilk üç mahalle sırası ile Oymaağaç, Elagöz ve Yeşilyurt’tur. En yüksek elektrik üretimi 21.23 GWh/yıl ile Oymaağaçta gerçekleşmektedir. Ele alınan mahallelerin tamamında toplam 82.1 GWh/yıl elektrik üretilmektedir.



Şekil 5.3. Elektrik üretim potansiyelinin mahallere bazında analizi (GWh/yıl) [62].

5.2.4. Tesis Kurulum Sahasının Belirlenmesi

Sürdürülebilir bir biyogaz ve elektrik üretimi için ekonomik ve çevresel değerlendirme yapmakta önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada biyogazdan elektrik üretimini ekonomik ve çevresel etkiler açısından da değerlendirmek üzere tesis kurulum yerinin belirlenmesi için farklı planlamalar yapılmıştır. Yapılan planlamalarda özellikle hayvansal atıkların taşınması ve biyogaz üretimi esnasında açığa çıkan CO₂ miktarının değişimi incelenmiştir. Bu bağlamda 3 farklı durum ele alınmıştır. Birinci durumda (DURUM I) mevcut büyükbaş hayvan atıklarının tamamının en fazla atık potansiyeli olan Oymaağaç'ta toplanarak tesisin Oymaağaç'a kurulması planlanmıştır. İkinci durumda (DURUM II) hem potansiyelinin yüksek olması hem de konum itibari ile diğer mahallere uzak olması nedeni ile Oymaağaç'a bir tesis ve diğer mahalleler arasında daha merkezi konuma sahip olmasından dolayı bir tesiste Buğdaylı da olmak üzere iki adet tesis kurulumu planlanmıştır. DURUM II'de Oymaağaç hariç tüm mahallelerdeki atıklar Buğdaylı'ya taşınacaktır. Üçüncü durumda (DURUM III) ise hem atık potansiyelleri hem de konum itibari ile üç tesis kurulumu planlanmıştır. Kurulması düşünülen tesisler Oymaağaç, Yeşilyurt ve Elagöz'de yer alacaktır. DURUM III'te yine DURUM II'de olduğu gibi Oymaağaç'ta bulunan mevcut atıklar ile Oymaağaç'taki tesiste işlenirken Cırgalan, Germir ve Yeşilyurt bölgesindeki atıklar Yeşilyurt bölgesinde ve Elagöz, Yazır, Akın, Buğdaylı, Tanpınar, Hasanarpa da bulunan atıkların Elagöz'de işlenmesi planlanmıştır. Ele alınan her bir durumda atıkların taşınması ve

biyogaz üretimi sonucu oluşan CO₂ miktarları Tablo 5.3'te verilmiştir. Bu çalışmada taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonu hesaplanırken kullanılan araçların her km'de 0.19 lt yakıt tükettiği ve kullanılan yakıtın her bir litresi başına literatüre uygun olarak 2.65 kg CO₂ emisyonu açığa çıktığı kabul edilmiştir [59,60].

Tablo 5.3. Ele alınan her bir durum için sefer sayılarının ve CO₂ emisyonlarının değişimi[62].

	Tesis Yeri	Mahalleler	Toplam Atık Miktarı [ton/gün]	Günlük Sefer Sayısı	CO ₂ -taşıma [ton/yıl]	CO ₂ -biyogaz [ton/yıl]
DURUM-I	Oymaağaç	Akın	88.24	8	32.198	137.248
		Buğdaylı	115.11	10	31.977	179.051
		Cırgalan	8.26	2	7.094	12.842
		Elagöz	340.69	28	79.943	529.931
		Germir	51.82	4	23.818	80.597
		Hasan Arpa	77.62	6	26.023	120.728
		Oymaağaç	354.79	-	0.000	551.869
		Tanpınar	56.37	6	19.738	87.686
		Yazır	111.20	10	35.653	172.965
		Yeşilyurt	168.26	14	65.452	261.721
		Toplam	1372.35		321.895	2134.638
		TOPLAM	1372.35		321.895	2134.638
DURUM-II	Buğdaylı	Akın	88.24	8	13.820	137.248
		Buğdaylı	115.11	-	0.000	179.051
		Cırgalan	8.26	2	1.029	12.842
		Elagöz	340.69	28	16.696	529.931
		Germir	51.82	4	5.634	80.597
		Hasan Arpa	77.62	6	7.845	120.728
		Tanpınar	56.37	6	5.293	87.686
		Yazır	111.20	10	14.518	172.965
		Yeşilyurt	168.26	14	32.211	261.721
		Toplam	1017.55		97.047	1582.769
	Oymaağaç	Oymaağaç	354.79	-	0.000	551.869
		Toplam	354.79		0.000	551.869
		TOPLAM	1372.35		97.047	2134.638
DURUM-III	Yeşil yurt	Cırgalan	8.26	2	3.565	12.8427
		Germir	51.82	4	13.728	80.597
		Yeşilyurt	168.26	-	0.000	261.721
		Toplam	228.33		17.293	355.160
	Oymaağaç	Oymaağaç	354.79	-	0.000	551.869
		Toplam	354.79	-	0.000	551.869
	Elagöz	Elagöz	340.69	-	0.000	529.93
		Yazır	111.20	10	9.373	172.96
		Akın	88.24	8	9.703	137.24
		Buğdaylı	115.11	10	5.881	179.05
		Tanpınar	56.37	6	7.939	87.68
		Hasan Arpa	77.62	6	4.517	120.72
		Toplam	789.22		37.413	1227.609
		TOPLAM	1372.35		54.707	2134.638

DURUM I'de aralarındaki mesafe en fazla olan Yeşilyurt-Oymaağaç mahalleleri arasında gübre taşıma işlemi esnasında meydana gelecek olan yıllık CO₂ emisyonu 65.452 ton iken taşınacak gübre miktarının Elagöz mahallesinde çok fazla olmasından dolayı sefer sayısı fazladır .Bundan dolayı burada taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ emisyonu 79.943 ton'dur. DURUM I'de taşımacılıktan meydana gelecek olan yıllık toplam CO₂ emisyonu ise 321.895 ton olarak hesaplanmıştır. DURUM II'de atık miktarının fazla olmasına karşın Buğdaylı-Yeşilyurt mahalleleri arasındaki mesafenin fazla olmasından dolayı DURUM II içerisinde taşımacılıktan kaynaklanan yıllık CO₂ emisyonu'ndaki en yüksek pay Buğdaylı-Yeşilyurt arasındır ve 32.211 ton CO₂ açığa çıkmaktadır. DURUM III'te taşımacılıktan meydana gelen en fazla CO₂ emisyonu ise Elagöz-Akın mahalleri arasındadır ve değeri 9.703 ton'dur. DURUM II ve DURUM III'te taşımacılıktan meydana gelen yıllık toplam CO₂ emisyonu sırasıyla 97.047 ve 54.707 ton'dur.

Ele alınan her bir durumda biyogaz üretimi ve taşımacılık kaynaklı toplam CO₂ emisyonunun değerleri ise Tablo 5.4'te verilmiştir. Kayseri ili için toplam atık potansiyeline göre elde edilen biyogazdan elektrik üretim miktarına karşılık açığa çıkacak CO₂ emisyonu belirlendi. Bu emisyon belirlenirken literatürde yer alan birincil kaynaklı elektrik enerjisi üretiminde açığa çıkan CO₂ emisyonu baz alınmıştır ve bu değer biyogaz esaslı elektrik üretimi için 26 ton-CO₂/GWh'dir [58]. Üretilen yıllık toplam elektrik miktarına göre bu çalışmada elektrik üretimi sonucunda açığa çıkan yıllık CO₂ salınımı 2134.638 ton'dur. DURUM I, II ve III için taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ salınımları ise sırasıyla 321.895, 97.047 ve 54.707 ton'dur. Toplam CO₂ salınımlarına bakıldığında incelenen üç durum içerisinde en fazla CO₂ emisyonu DURUM I'de ve en düşük emisyon ise DURUM III'tedir. Taşımacılığın toplam CO₂ salınımindaki payının düşük olmasına karşın taşımacılıkta üç durum kendi içinde irdelendiğinde tesis kurulum yerinin CO₂ salınımını önemli ölçüde etkilediği görülmektedir. Bu yüzden, tesis kurulum yeri bu açıdan mutlaka analiz edilmelidir. Biyogazdan elde edilen elektrik enerjisine eşdeğer elektrik eğer doğalgaz veya ithal kömür kullanılarak gerçekleştirilseydi elektrik üretimi kaynaklı açığa çıkan CO₂ emisyon miktarları sırasıyla 40968.628 ton ve 72906.095 ton olacaktır.

Tablo 5.4. Ele alınan her bir durum için sefer sayılarının ve CO₂ emisyonlarının değişimi [62].

	CO ₂ -taşıma [ton/yıl]	CO ₂ -biyogaz [ton/yıl]	Toplam CO ₂ [ton/yıl]
DURUM I	321.895	2134.638	2456.533
DURUM II	97.047	2134.638	2231.685
DURUM III	54.707	2134.638	2189.305

5.2.5 Maliyet Analizi

Ele alınan her bir durum için biyogazdan elektrik üretmenin birim maliyetini bulmak için bu çalışmada kademelendirilmiş elektrik maliyet modeli kullanılmıştır. Kademelendirilmiş elektrik maliyet modelinde sistemin ilk yatırım masraflarından sistemin ömrü boyunca harcanacak olan bakım-onarım maliyetleri, işçilik maliyetleri, işletme maliyetleri gibi tüm kalemler dikkate alınarak yapılır. Ayrıca, hesaplamalarda eskalasyon oranı ve iskonto oranı gibi faktörler de dikkate alarak gerçekçi bir maliyet analizi yapılması sağlanmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde bir biyogaz tesisi için kW güç başına özgül yatırım maliyeti (M_{kWh}) ortalama 2000-5000 € arasında veya m³ reaktör hacmi başına 200-500 € arasında değiştiği görülmektedir [57]. Biyogaz güç tesisinin ilk yatırım maliyeti Eş.5.5 ile hesaplanmaktadır.

$$M_{BGT} = P \cdot M_{kWh} \quad (5.5)$$

Burada P tesisin toplam gücünü göstermektedir. Biyogaz güç tesisinin toplam yatırım maliyetinin ise yaklaşık %40'ını biyogaz tesisi, %30'unu kojenerasyon tesisi, %15'ini yardımcı ekipmanlar, %5'ini işçilik ve kurulum maliyetleri ile %10'unu projelendirme ve mühendislik hizmetleri oluşturmaktadır. Bu çalışmada özgül yatırım maliyetinin kW güç başına 3000 € olduğu kabul edilmiştir.

Sistem ömrü, iskonto oranı ve eskalasyon oranına göre hesaplanmış bakım-onarım ve ulaşım maliyetlerini dikkate alarak birim elektrik üretimi kademelendirilmiş enerji maliyet modeline göre Eş.5.6 ile hesaplanabilir [61] .

$$M_{el} = \frac{M_{BT} \cdot SF_{BT} + M_{KT} \cdot SF_{KT} + M_{YE} \cdot SF_{YE} + M_{IK} \cdot SF_{IK} + M_{proje} + M_{BO(esk)} + M_{ulasim(esk)}}{Eel} \quad (5.6)$$

Burada M maliyetleri, BT biyogaz tesisi, KT kojenerasyon tesisi, YE yardımcı ekipmanları, IK işçilik kurulum, proje projelendirme maliyetlerini ifade etmektedir. BO (esk) ve ulaşım (esk) ise eşkâle edilmiş bakım-onarım ve ulaşım masraflarını ve E_{el} toplam elektrik üretimini göstermektedir. SF sermaye dönüşüm faktörünü göstermekte olup bir ekipmanın ömrü boyunca değişen masrafını sabit hale getirmek için kullanılan yıllık değişim oranıdır ve aşağıda verilen Eş.7 ile bulunabilir.

$$SF = \frac{n \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5.7)$$

Burada i iskonto oranını ve n ise sistem ömrünü ifade etmektedir. Bu çalışmada iskonto oranı %10 ve sistem ömrü BT ve KT için 25 yıl kabul edilmiştir.

Aşağıda verilen Eş.5.8 ve 5.9 kullanılarak eskale edilmiş bakım-onarım ve ulaşım maliyetlerini hesaplanmıştır:

$$M_{BO(esk)} = \frac{M_{BO}}{i-e} \cdot \left(1 - \frac{(1+e)^n}{(1+i)^n}\right) \quad (5.8)$$

$$M_{ulasim(esk)} = \frac{M_{ulasim}}{i-e} \cdot \left(1 - \frac{(1+e)^n}{(1+i)^n}\right) \quad (5.9)$$

M_{BO} ve M_{ulasim} birinci yıl için bakım-onarım ve ulaşım giderlerini göstermektedir. Bakım onarım maliyeti (M_{BO}) biyogaz güç tesislerinde yaklaşık sistemin toplam maliyetinin %6'sı kadardır. Burada eskalasyon oranını ifade etmektedir. Bakım onarım maliyeti için eskalasyon oranı yaklaşık %3 iken ulaşım masrafları için %4 kabul edilmiştir.

Çalışma kapsamında ele alınan her bir durum için sistem kurulu güç kapasiteleri, ulaşım masrafları ve hesaplanan elektrik üretim maliyetleri Tablo 5.5'te verilmiştir.

Tablo 5.5. Elektrik üretim maliyeti [62].

Tesis Yeri	DURUM I	DURUM II		DURUM III		
	Oymağaç	Buğdaylı	Oymağaç	Yeşilyurt	Elagöz	Oymağaç
Kurulu Güç [MW]	14	10	4	3	8	4
Ulaşım Masrafları [€/yıl]	125000	38000	0	6500	14500	0
M_{el} [€/kWh]	0.150	0.133	0.144	0.174	0.134	0.144
M_{el-ort} [€/kWh]	0.150	0.139		0.151		

Tablo5.5'te görüldüğü gibi birim elektrik üretim maliyeti en düşük Durum II'de Buğdaylı Tesisi için (0.133 €/kWh), en yüksek maliyet ise Durum III'de Yeşilyurt tesisi için (0.174 €/kWh) çıkmıştır. Durumlar arasında değerlendirme yapmak için her bir durumdaki ortalama birim elektrik tüketimi dikkate alındığında ekonomik olarak en iyi durumun Durum II olduğu ortaya çıkmıştır.



6. BÖLÜM

SONUÇLAR

Yapılan bu tez çalışmasında Kayseri İlinde bulunan kanatlı hayvan ve büyük baş hayvan atıklarından meydana gelen biyogaz ve elektrik üretim potansiyelleri analiz edilmiştir. Ayrıca kurulacak olan tesislerin maliyet analizi ve çevresel etkileri ve büyük baş hayvan atığı için kurulacak biyogaz tesisinin maliyet analizi araştırılmıştır. Kanatlı hayvan potansiyeli incelenirken; Kayseri ilinde bulunan bütün ilçelerdeki atık miktarları ile ilçelerdeki elektrik üretim ve CO₂ salınımı hesapları yapılmıştır sonuç olarak,

- En fazla biyogaz potansiyelinin 12807.016 m³/ton-yıl ile Kocasinan ilçesinde olduğu,
- En az biyogaz potansiyelin ise 3.781 m³/ton-yıl ile Felahiye ilçesinin olduğu,
- Elektrik üretim ve biyogaz üretim potansiyeli en az olan Felâhiye ilçesindeki CO₂ salınım miktarı 0.462 TonCO₂/MWh-yıl ile en düşük CO₂ salınımı olduğu tespit edilmiştir.

Büyük baş hayvan atıkları ile analiz yapılırken Kayseri İli merkez ilçeleri olan Kocasinan ve Melikgazi ilçelerine bağlı, en fazla büyükbaş hayvan potansiyeli olan Akın, Buğdaylı, Cırgalan, Elagöz, Germir, Hasan Arpa, Oymaağaç, Tanpınar, Yazır, Yeşilyurt mahallerindeki atık miktarı tespit edilmiştir ve bu mahallelerde atık miktarına bağlı olarak biyogaz potansiyeli, metan üretimi ve üretilen elektrik enerjisi miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde mevcut ilçeler için maliyet ve sera gazı etkilerini en aza indirebilmek adına 3 farklı durumun incelenmiş bu çalışmada özet olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Atık miktarı en fazla olan Oymaağaç mahallesinin yıllık toplam elektrik ve biyogaz üretimindeki payı en fazladır (%25.853).

- Ele alınan durumlar içerisinde taşımacılıktan kaynaklanan CO₂ salınımları değişmektedir ve DURUM III'teki gibi tesisler kurulması durumunda en düşük salınım (54.707 ton CO₂/yıl) gerçekleşmektedir.
- Elektrik üretim maliyeti açısından inceleme yapıldığında ise en iyi durumun kWh başına 0.139 € ile DURUM II olduğu tespit edilmiştir.



KAYNAKÇA

1. Angin, D., 2005, “Aspir (Charthamus Tinctorius L.) Tohumu Pres Küspesinin Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi” ,Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Kimya Mühendisliğı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Eskişehir, 1 s.
2. Ardiç, İ., 2003, “Termal, Kimyasal ve Termokimyasal   ni lemlerin Tavuk Gübresinden Biyogaz   retim Verimine Etkilerinin Araştırılması” Mersin Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin, 4, 10 s.
3. Sabuncu,  ., C., 2010, “Biyogaz   retiminin Teknik, Ekonomik ve   evresel Analizi”, Hacettepe   niversitesi,   vre Mühendisliğı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1, 6, 34-36 s
4. İlkılıç, C., Deviren, H., 2011, “Biyogazın   retimi ve   retimi Etkileyen Faktörler”, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11)*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 144 s.
5. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü /biyogaz <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx> (Erişim tarihi: Kasım 2017)
6. Bond, T., Templeton, M.R., 2011, “History and future of domestic biogas plants in the developing world”, **Energy for Sustainable Development** 15:347–354
7. Solea Enerji Yenilenebilir Enerji Kaynakları Biyogaz Sistem Mühendisliğı <http://www.soleaenerji.com/category/biyogaz-projeleri/biyogaz-mikrobiyolojisi/> (Erişim tarihi: Kasım 2017)
8. Ekinci, S., M., 2007, “Tavuk Gübresinden Biyogaz   retimi İçin En Uygun Koşulların Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Kimya Mühendisliğı Anabilim Dalı, Ankara, 18–23 s.
9. G  len, J., &    meli,  . 2012 General Knowledge About Biogas And Usage Areas Of By Products. **Erzincan University Journal of Science and Technology**, 5(1), 65-84.
10. Selimoğlu, G., 2008, “Büyükbaş Hayvan Dışkısından Biyogaz   retimi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı, Ankara, 18-25

11. <http://www.picoku.com> (Erişim Tarihi: Ocak 2018)
12. Deublein, D., Steinhauser, A., 2008. "Biogas :From Waste And Renewable Energy Resources", **Wiley-Vch Verlag GmbH Co. & KGaA, Weinheim** 978-3-527-31841-4, 4506.
13. Angelidaki, I., Karakashev, D., J. Batstone, D., M.Plugge, C., J. M. Stams, A. 2011, "Biomethanation and its potential", **Methods in Enzymology** **494**, 0076-6879, DOI: 10.1016/B978-0-12-385112-3.00016-0
14. Öztuncay, M., K., 2009, "Türkiye’de Biyogaz Enerjisinin Kullanılabilirliği ve Ekonomiklięi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 10-11, 15-16 s.
15. Ediger, V. Ş., Kentel, E. 1999. Renewable energy potential as an alternative to fossil fuels in Turkey, **Energy conversion and management**, **40**(7):743-755.
16. Kaygusuz, K., Türker, M. F. 2002. Biomass energy potential in Turkey. **Renewable Energy**, **26**(4): 661-678.
17. Evrendilek, F., Ertekin, C., 2003, Assessing the potential of renewable energy sources in Turkey. **Renewable Energy**, **28**(15) 2303-2315.
18. Akbulut, A., Dikici, A., 2004. Elazığ İlinin biyogaz potansiyeli ve maliyet analizi. **Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi**, **2**(2), 36-41
19. Buğutekin, A., 2007 "Atıklardan Biyogaz Üretiminin İncelenmesi", Marmara Üniversitesi Tez Koleksiyonu, İstanbul .
20. Akpınar, A., Kömürcü, M.İ., Kankal M., Özölçer, İ.H., Kaygusuz, K., 2008, "Energy situation and renewables in Turkey and environmental effects of energy use" **Renewable and Sustainable Energy Review**, **12**, 2013-2039
21. Selimoğlu, G., 2008 " Büyükbaş Dışkısından Biyogaz Üretimi. Yüksek Lisans Tezi ", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 133
22. Koçar, G., Eryaşar, A., Ersöz, Ö., Arıcı, Ş., Durmuş, A., 2010. Narman İlçesi Biyogaz Üretim ve Uygulama Potansiyeli Fizibilite Raporu Biyogaz Teknolojileri Ege. Üniversitesi, ISBN: 978-605-61108-0-1. İzmir. 6-9.

23. Halisdemir, B., “Aktif Çamur Ve Portakal Posasının Biyogaz Üretim Verimleri Ve Bazı Ön İşlemlerin Biyogaz Üretim Verimine Etkilerinin Araştırılması”, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin
24. Güç, A., 2010. Büyükbaş hayvan atığından biyogaz üretimi ve Uşak İli için çevresel etkilerin değerlendirilmesi, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir.
25. Ergür, H. S., Okumuş, F., 2010, Cost and potential analysis of biogas in Eskisehir. **Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering**, **15**(2),155-160
26. Tüplek,A., 2011 “Odun Talaşı Ve Tozundan Pelet Bioyakıt Üretilmesi Ve Yanma Analizi”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya.
27. Akbulut, A.,2012, “ Techno-economic analysis of electricity and heat generation from farm-scale biogas plant: Çiçekdağı case study” **Energy**,**44**(1),381-390
28. Avcioğlu, A. O., Türker, U. 2012. Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **16**(3),1557-1561.
29. Acaroğlu, M., Aydoğan, H., 2012, Biofuels energy sources and future of biofuels energy in Turkey, **Biomass and Bioenergy**, **36**: 69-76.
30. Öcal F., 2013, “Biyogaz enerjisi üretimi ve Eskişehir İli için uygulama ,Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir,62
31. Altıkat, S., Çelik A.,2012, "İğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli" ,**İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi**, **2**(1),61-66.
32. Özcan, M., Öztürk, S., Yıldırım, M., Kılıç, L.,2012, "Electricity energy potential of different biomass sources based on different production Technologies" ,**ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu**, Kocaeli University, Koceli
33. Baran, M. F., Fuat, E., Gökdoğan, O., 2017, Adıyaman ilinin hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli, **Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences**, 245-249.

34. Karaca, C.,2017"Hatay ilinin hayvansal gübre kaynağından üretilebilir biyogaz potansiyelinin belirlenmesi", **Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**. 22(2017),34-39.
35. Achinas, S., Achinas, Y.Li,V., Euverink, G.J.W., (2018) "Influence Of Sheep Manure Addition On Biogas Potential And Methanogenic Communities During Cow Dung Digestion Under Mesophilic Conditions",**Sustainable Environment Research**, 240-246.
36. Özer, B., 2017"Biogas energy opportunity of Ardahan city of Turkey", **Energy**, 1144-1152.
37. Can, A., 2020. " The statistical modeling of potential biogas production capacity from solid waste disposal sites in Turkey"**Journal of Cleaner Production**, 243, 118-501.
38. Meyer., A.K.P., Ehimen, E.A.,Holm-Nielsen J.B.,2018," Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production",**Biomass and Bioenergy**, 154-164.
39. Fazal, T., Rehman M.S., Mushtaq A., Hafeez A. and et al. 2019,"Simultaneous production of bioelectricity and biogas from chicken droppings and dairy industry wastewater employing bioelectrochemical system", **Fuel**, 256.
40. Liu L., Zhang T.,Wan H., Chen Y., Wang, X., Yang,G.,2015" Anaerobic co-digestion of animal manure and wheat straw for optimized biogas production by the addition of magnetite and zeolite", **Energy Conversion and Management**, 132–139.
41. Aziz, N., Hanafiah, M.M., Gheewala, S.H., 2019,"A review on life cycle assessment of biogas production: Challenges andfuture perspectives in Malaysia", **Biomass and Bioenergy**, 361–374.
42. Ramos-Suárez, J.L., Ritter, A., González, J.M., Camacho Pérez, A.,2019, "Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the Canary Islands", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 137-150.

43. Wei,S., Zhang, H., Cai, X., Xu, J., Fang, J., Liu, H., 2014, "Psychrophilic anaerobic co-digestion of highland barley straw with two animal manures at high altitude for enhancing biogas production", **Energy Conversion and Management**, 40–48.
44. Scarlat, N., Fahl,F., J.-F. Dallemand, J.-F. Monforti,F., Motola, V., 2018,"A spatial analysis of biogas potential from manure in Europe ", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 915–930.
45. Muha,I., Linke B., 2015, " A dynamic model for calculating methane emissions from digestate based on co-digestion of animal manure and biogas crops in full scale German biogas plants", **Biosource Technology**, 350-358
46. Avcioglu, A.O., Turker, U., 2012, "Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 1557– 1561.
47. Ozturk, M., Saba, N.,Altay,V.,Iqbal R.,Hakeem,K.R.,Jawaid, M., Ibrahim, FH., 2017, "Biomass and bioenergy": An overview of development potential in Turkey and Malaysia, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 79 (C), 1285-1302.
48. Ozcan,M., Oztürk,S., Oguz,Y., 2015, "Potential evaluation of biomass-based energy sources for Turkey", **Engineering Science and Technology an International Journal**, 178-184.
49. Cucchiella,F.,Adamo,A.D.,Gastaldi,M.,2019,"An economic analysis of biogas-biomethane chain from animal residues in Italy", **Journal of Cleaner Production**, 888-897.
50. Klavon, K.H., Lansing, S.A., Mulbry, W., Moss ,A.R., G. Felton, G.,2013, "Economic analysis of small-scale agricultural digesters in the United States", **Sciverse sciencedirect**, 26-45.

51. Cruz, L.A., Melo, L., Leite, A.N. and et al. 2019," New Approach Using An Open-Source Low Cost System For Monitoring And Controlling Biogas Production From Dairy Wastewater", **Journal of Cleaner Production**, **241**.
52. Baran,M.F.Lüle,F.,Gökdoğan,O., 2017, "Adıyaman İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli, "**Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**" 245–249.
53. Bulut, A.P., Canbaz, G.T., 2019 "Hayvan Atıklarından Sivas İli Biyogaz Potansiyelinin Araştırılması", **Karaelmas Fen ve Müh. Dergisi**, **9**, 1-10.
54. Merve, Oğuz & Akkurt, Ş. 2017. Kayseri İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli. **Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **6**(2), 362-374. 64
55. 25/07/2019 tarihli ve 154605 sayılı EPDK yazısı
56. ‘‘Kanatlı Hayvan Atıklarının Bertaraf Edilmesi Ve Geri Dönüşüm Potansiyelinin Belirlenmesi ve Örnek Model Ortaya Konulması’’ Fizibilite Raporu
57. Kaya,D., Öztürk, H.H., "Biyogaz Teknolojisi", Umuttepe Yayınları, 2012. ISBN: 978-605-59-74-7
58. <https://www.enerjiatlasi.com/haber/elektrik-uretiminde-karbon-salinimi>
59. Holzleitner F., Kanzian C., Stampfer K., (2011). Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager, **Eur J Forest Res**, **130**, 293–301.
60. M. O. Ofomola, G. E. Akpojotor, (2009). Database of CO₂ Emission In Nigeria: A Preliminary Report, *Proceedings of the Second International Seminar on Theoretical Physics & National Development*, 5-8 July, 2009, Abuja, Nigeria, 267-279.
61. M.S. Genç, (2010). Economic analysis of large-scale wind energy conversion Systems in anatolian Turkey, *Clean Energy Systems and Experiences* ISBN: 978-953-307-147-3.
62. H. Nuralan Poyraz, G. Elden, G.Genç, (2020) Kayseri İli İçin Büyükbaş Hayvan Atığından Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin ve Maliyetinin Araştırılması, " **Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi**", **11**:3,1175-1185.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hande Nuralan Poyraz
Uyruğu : T.C
Doğum Tarihi ve Yeri : 23/04/1990
Medeni Durumu : Evli
Telefon : 05053705505
E-mail : hnuralan@hotmail.com
Yazışma Adresi : Alpaslan Mah. M. Şimşek Bulv. Gökçe Fidan Sok. Poyraz
Apt No:2/11

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü	2018
Lisans	Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	TED Kayseri Koleji	2009
İlk- ortaokul	TED Kayseri Koleji	2005

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2015-2016	Demir Grup A.Ş	Proje Mühendisi
2016-Devam	Kayserigaz A.Ş	Kurumsal Müşteriler Mühendisi