



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İZMİR İLİ BİYOGAZ POTANSİYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE
KATKISI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aslıhan TEMEL OFLAZ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

OCAK 2023

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İZMİR İLİ BİYOGAZ POTANSİYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE
KATKISI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Aslıhan TEMEL OFLAZ
(19278033020)**

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Orhan Taner CAN

OCAK 2023

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 19278033020 numaralı Yüksek Lisans Aslıhan TEMEL OFLAZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İZMİR İLİ BİYOGAZ POTANSİYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI”başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Orhan Taner CAN**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. M. Kemal KORUCU**
Bursa Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Erhan GENGEÇ
Kocaeli Üniversitesi

Teslim Tarihi : 26 Ocak 2023
Savunma Tarihi : 04 Ocak 2023

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Aslıhan TEMEL OFLAZ

İmzası :

XXXXXXXXXX

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezimin hazırlanması sürecinde her türlü yardım ve fedakarlığı gösteren, değerli fikirleriyle beni destekleyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocam Sayın Prof. Dr. Orhan Taner CAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2023

Aslıhan TEMEL OFLAZ
Çevre Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ –	1
2. BİYOGAZ TEKNOLOJİSİ	4
2.1 Biyogazın Tanımı ve Tarihçesi	4
2.2 Biyogazın Bileşimi ve Özellikleri	4
2.3 Dünyada ve Türkiye’de Biyogazın Gelişimi	5
2.4 Biyogazın Üretimini Etkileyen Etkenler	6
2.5 Biyogaz Teknolojisinin Avantaj ve Dezavantajları	6
2.5.1 Biyogaz teknolojisinin avantajları	6
2.5.2 Biyogaz teknolojisinin dezavantajları	8
2.6 Biyogaz Üretiminde Kullanılan Fermantasyon Şekilleri	8
2.7 Biyogaz Üretim Tesisleri	8
2.8 Biyogazın Kullanım Alanları	9
2.8.1 Araçlarda yakıt olarak kullanımı	9
2.8.2 Biyogazın tarımda kullanımı	11
2.8.3 Biyogazın evsel kullanımı	11
2.8.4 Biyogazın endüstriyel kullanımı	12
2.8.5 Fermente gübre kullanımı	14
3. MATERYAL YÖNTEM	15
3.1 Materyal	15
3.1.1 İzmir ilinin nüfus dağılımı ve coğrafi yapısı	15
3.1.2 İzmir ili arazi dağılımı	16
3.1.3 İzmir ili hayvansal üretimin ilçelere göre dağılımı	17
3.1.4 İzmir ili bitkisel üretimin ilçelere göre dağılımı	17
3.1.5 İzmir ili işletme kapasiteleri ve dağılımı	19
3.2 Yöntem	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1 İzmir İlının İlçelerine Göre Bitkisel Üretim Yoğunluğu	23
4.2 İzmir İlının İlçelere Göre Hayvan Sayısı Yoğunluğu	26
4.3 İzmir İlının Bitkisel Atık Kapasitesine Göre Biyogaz Potansiyeli	28
4.4 İzmir İlının Hayvansal Atık Kapasitesine Göre Biyogaz Potansiyeli	29
4.4.1 İzmir ili hayvansal atık miktarının hesaplanması	29
4.4.2 İzmir ili hayvansal atıklarının kuru madde miktarının hesaplanması	29

4.4.3 İzmir ili hayvansal atıklara göre m ³ biyogaz potansiyelinin hesaplanması	30
4.4.4 İzmir ili hayvansal atıklara göre enerji eşdeğerinin hesaplanması.....	31
4.5 İzmir İlinin Biyogaz Potansiyelinin Türkiye Ekonomisine Katkısı.....	33
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ.....	45



KISALTMALAR

B	: Biyokütle
BTTP	: Blok tip ısı güç tesisleri
M.Ö.	: Milattan önce
M.S.	: Milattan sonra
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü
T. C.	: Türkiye Cumhuriyeti
TK	: Toplam katı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UK	: Uçucu katı
X	: Yıldaki yaş atık miktarı (ton)
Y	: Hayvan sayısı (adet)
Z	: Atık miktarı kabulü
A	: Yıldaki kuru madde miktarı (ton)
B	: Yüzde toplam kuru
C	: Yüzde kullanılabilirlik
W	: Yıldaki m ³ biyogaz potansiyeli
Q	: 1 ton katı atık biyogaz potansiyeli
T	: Enerji eşdeğeri
H	: 1 m ³ /yıl ısı değer kabulü

SEMBOLLER

CH₄	: Metan
C/N	: Karbon ve azot oranı
CO₂	: Karbondioksit
CO	: Karbonmonoksit
°C	: Derece santigrat
g	: Gram
GJ	: Gigajoule
GWh	: Gigawatt saat
H₂S	: Hidrojen sülfür
H₂	: Hidrojen
Kg	: Kilo gram
KM	: Katı madde
kWe	: Kilowatt elektrik
kWh	: Kilowatt saat
L	: Litre
m²	: Metre kare
m³	: Metre küp
MJ	: Megajoule
MW	: Megawatt
N	: Azot
NH₃	: Amonyak
NH₃–N	: Amonyak azotu
NH₄	: Amonyum
O₂	: Oksijen
PJ	: Petajoule
pH	: Potansiyel hidrojen (Power of Hydrogen)
Vd	: Rektör hacmi
W	: İlave edilmesi gereken su miktarı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Dünyada ve Türkiyede biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi.....	2
Çizelge 2.1 : Biyogaz bileşimi.....	5
Çizelge 2.2 : 1 m ³ biyogazın ısı eşdeğeri.....	5
Çizelge 3.1 : İzmir ili genel arazi dağılımı.....	16
Çizelge 3.2 : İzmir ili hayvan varlığı.....	17
Çizelge 3.3 : Tarla bitkileri.....	18
Çizelge 3.4 : Sebzeler.....	18
Çizelge 3.5 : Meyveler.....	19
Çizelge 3.6 : Süs bitkileri.....	19
Çizelge 3.7 : Organik ve iyi tarım üretici sayıları.....	19
Çizelge 3.8: Türkiye'deki tarla ürünleri atık kullanılabilirliği ve birim ısı değerleri.....	20
Çizelge 3.9: Hayvan atık miktar kabulleri.....	21
Çizelge 3.10: Hayvan cinslerine göre atık özellikleri ve biyogaz verimleri.....	21
Çizelge 4.1 : İzmir ilinde tarla bitkileri üretimine bağlı olarak elde edilebilecek toplam ısı değerleri.....	28
Çizelge 4.2 : İzmir ili hayvan sayıları ve atık miktarları.....	29
Çizelge 4.3 : İzmir ili hayvansal atık kuru madde miktarı.....	30
Çizelge 4.4 : İzmir ili hayvansal atık biyogaz potansiyeli.....	30
Çizelge 4.5 : İzmir ili hayvansal atıkların enerji eşdeğeri.....	31
Çizelge 4.6 : İzmir ili hayvansal atıkların biyogaz üretim potansiyeli.....	32

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Türkiye kaynaklara göre toplam kurulu güç dağılımı	3
Şekil 1.2 : Avrupa biyokütle enerjisi ticareti ve biyokütle dolaşımı	3
Şekil 2.1: Biyogaz teknolojilerinin çevreye etkisi.....	7
Şekil 2.2: Biyogazın temel kullanım süreci.....	9
Şekil 2.3: Biyogazın otobüslerde kullanımı İngiltere.....	10
Şekil 2.4: Biyogazın araçlarda kullanımı Fillandiya.....	10
Şekil 2.5: Biyoyakıtların performans açısından karşılaştırılması.....	11
Şekil 2.6: Biyogazın evsel kullanım araçları.....	12
Şekil 2.7: Isı üretmek için kullanılan bir biyogaz yakıcı.....	12
Şekil 2.8: Biyogaz mikro-türbin yapısı.....	13
Şekil 2.9: Yakıt pili.....	13
Şekil 2.10: Anaerobik fermantasyonda kütle dengliği.....	14
Şekil 4.1 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam tarım alanları yoğunluğu.....	24
Şekil 4.2 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam mısır silajı tonajı.....	25
Şekil 4.3 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam patates tonajı.....	25
Şekil 4.4 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam pamuk tonajı.....	26
Şekil 4.5 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam büyükbaş sayısı.....	27
Şekil 4.6 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam küçükbaş sayısı.....	27
Şekil 4.7 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam kümes hayvan sayısı.....	28
Şekil 4.8 : İzmir ili hayvansal atık biyogaz potansiyeli.....	31
Şekil 4.9 : İzmir ili hayvansal atıklarının enerji eşdeğeri.....	32
Şekil 4.10: İzmir ili hayvansal atıklarının biyogaz üretim potansiyeli.....	33
Şekil 4.11: Türkiye'nin kurulu biyogaz gücü.....	33
Şekil 4.12: İzmir ödemiş biyogaz tesisi.....	34
Şekil 4.13: İzmir halilbeyli biyogaz tesisi.....	34
Şekil 4.14: İzmir tire biyogaz tesisi.....	34
Şekil 4.15: İzmir foça biyogaz tesisi.....	35
Şekil 4.16: İzmir tire(sütaş) biyogaz tesisi.....	35
Şekil 4.17: İzmir foça cezaevi biyogaz tesisi.....	35
Şekil 4.18: İzmir harmandalı biyogaz tesisi.....	36
Şekil 4.19: İzmir bergama biyogaz tesisi.....	36
Şekil 4.20: İzmir menderes biyogaz tesisi.....	36
Şekil 4.21: Kaynaklara göre biyogaz potansiyeli dağılımı.....	37

İZMİR İLİ BİYOGAZ POTANSİYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE KATKISI

ÖZET

Fosil kökenli kaynakların Dünyada ve Türkiye 'de azalması, hızlı nüfus artışı, günümüzde yaşanan iklimsel kaygılar, sürekli büyüyen sanayi ve teknolojik gelişmelerin hız kazanması enerjiye olan ihtiyacı artırmaktadır. Artan bu ihtiyacı karşılayabilmek için yenilenebilir enerji olan çevre dostu kaynaklara yönelim artmaktadır.

Bitkisel ve hayvansal atıkların en çok bertaraf edildiği yöntem olan biyogaz, yenilenebilir enerji kaynaklarının en etkilisidir. İzmir ili tarım ve hayvancılık alanı ve sektörü açısından Türkiye'nin büyük illeri arasında yer almaktadır.

İzmir'de 280 bin hektar olan sulanabilir tarım arazisi, tarım alanlarının %82 'sini oluşturmaktadır. Büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığının yoğun olarak yapıldığı İzmir'de 54170 adet hayvan işletmesi bulunmaktadır. İşletmelerden kaynaklanan yıllık 10,75 milyon ton yaş atık elde edilmektedir. Oluşan bu atıklar işletmeler için çeşitli problemlere yol açar. Problemlerin en güzel çözümü ise atıkların biyogaz üretiminde değerlendirilmesidir.

İzmir İli hayvansal atıklar için yapılan hesaplamalarda toplam 12.836.649 ton/yıl atık oluşmaktadır. Oluşan bu atıklardan 1.291.163 ton.KM/yıl da kuru madde elde edilmektedir ve elde edilen bu kuru maddeden ise 258.232.600 m³/yıl biyogaz oluşumu söz konusudur. Bu da göstermektedir ki İzmir için hayvansal atıklardan 1.627.777,77 MWh/yıl elektrik enerjisi üretim potansiyeli mevcuttur. Bitkilerden elde edilen 2.699.369 ton/yıl atıktan ise enerji eşdeğeri hesaplandığında 88.141.699 GJ/yıl olarak bulunmuştur.

Yapılan bu çalışmada belirlenen atık miktarlarına göre, atık enerjisinin %92'si İzmir'de yetişen mısır bitkisinden karşılanmaktadır. İzmir'de bitkisel atıklardan yaklaşık olarak 88,15 PJ ısı değeri ortaya çıkarken, hayvansal atıklardan ise 5,86 PJ enerji açığa çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Türkiye, İzmir, Hayvansal atık, Bitkisel atık, Biyogaz potansiyeli.

İZMİR PROVINCE BIOGAS POTENTIAL AND ITS CONTRIBUTION TO TURKISH ECONOMY

SUMMARY

The decrease in fossil-based resources in the world and in Turkey, rapid population growth, climatic concerns today, and the acceleration of ever-growing industry and technological developments increase the need for energy. In order to meet this increasing need, the orientation towards environmentally friendly sources, which are renewable energy, is increasing.

Biogas, which is the method in which plant and animal wastes are disposed the most, is the most effective of renewable energy sources. The province of İzmir is among the largest provinces of Turkey in terms of agriculture and animal husbandry area and sector.

The irrigable agricultural land of 280 thousand hectares in İzmir constitutes 82% of the agricultural areas. There are 54170 animal enterprises in İzmir, where cattle, sheep and poultry farming are intense. 10.75 million tons of wet waste is generated annually from businesses. These wastes cause various problems for businesses. The best solution to the problems is the evaluation of wastes in biogas production.

In the calculations made for animal wastes in İzmir, a total of 12,836.649 tons/year of waste is generated. 1,291,163 tons.KM/year of dry matter is obtained from these wastes and 258,232,600 m³/year of biogas is formed from this dry matter. This shows that İzmir has a potential to generate 1.627,777,77 MWh/year electrical energy from animal waste. When the energy equivalent is calculated from 2.699.369 tons/year of waste obtained from plants, it is found as 88.141.699 GJ/year.

According to the amount of waste determined in this study, 92% of the waste energy is met from the corn plant grown in İzmir. While the thermal value of approximately 88.15 PJ is generated from vegetable wastes in İzmir, 5.86 PJ energy is generated from animal wastes.

Keywords: Turkey, İzmir, Animal waste, Vegetable waste, Biogas potential.

1. GİRİŞ

Biyokütle enerjisi yenilenebilir enerji sektöründe son yıllarda üzerine değişik çalışmaların yapıldığı ve konferansların verildiği önemli bir sektör haline gelmiştir. Biyokütle'nin dünyada ve Türkiye de ilerlemesinin sebebi de biyokütle üzerine yapılan çalışmaların yoğunlaşmasıdır. Yoğunlaşan bu çalışmalar biyokütle enerjisi eldesin de hangi ülkelerin daha verimli olduğu gibi bir soruyu da beraberinde getirmiş ve bu yönde çalışmalar yapılmıştır. Türkiye biyokütle enerjisi açısından zengin bir ülkedir ve bu konuda ilk çalışmalar 1980-1981 yılları arasında az bir üretim yapılarak başlanmış ancak daha sonra 1981 den 1991 yılına kadar üretime ara verilmiştir. (Ersöz T., Türkoğlu Elitaş, M.& Ersöz , F. 2015).

Dünyanın yıllık enerji miktarının yaklaşık %80'i fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil yakıt kaynaklarının yeterli olmaması dünyayı yenilenebilir enerji kaynağı modellerini kullanmaya sevk etmiştir.

Kullanılabilecek olan yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle potansiyeli değerlendirilerek ilk sırada tercih edilen yöntemlerden olmuştur. Biyokütle atıkları dünyanın birçok yerinde değişik amaçlarla kullanılmıştır ısınma ve yemek pişirme gibi. Ayrıca biyokütle kaynakları direk yakıt olarak kullanılabilmelerinin yanında biyokarbon ve biyodizel üretimi içinde oldukça elverişli ürünlerdir.

Biyokütle potansiyeli değerlendirildiğinde ülkemiz şanslı konumdadır. Ülkemizin tarım ülkesi olması, hayvancılığın yaygın olarak yapılması potansiyelin yüksek olduğunun göstergelerindendir. Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir kısmını fosil yakıtlardan sağlamaktadır. Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek seviyelerdedir. Ancak yenilenebilir enerji kullanımının düşük olması sebebiyle son zamanlarda devlet destekli teşviklerin olması enerjiye olan ilgiyi arttırmıştır.

Biyokütle enerjisi kullanımı modern ve klasik yöntem olarak iki çeşittir. Klasik yöntemde odun, bitki ve hayvan artıkları gibi malzemelerin direk yakılmasıyla enerji elde edilir. Modern yöntemde de hayvansal ve bitkisel atıklar, evsel ve endüstriyel

orman atıkları gibi atıkların çeşitli yöntemlerle ısı, elektrik ve sıvı yada gaz yakıt elde edilmesidir. (TEG ,İlleez).

Dünyada enerji üretiminde genelde fosil yakıtlarla çalışan termik santrallerin bulunması çevresel kaygıları arttırmıştır. Bu durum son yıllarda küresel ısınmanın artması sebebiyle alternatif enerji üretimlerine yönelmiştir. Bu kaynakların başında rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle kaynakları gelmektedir.

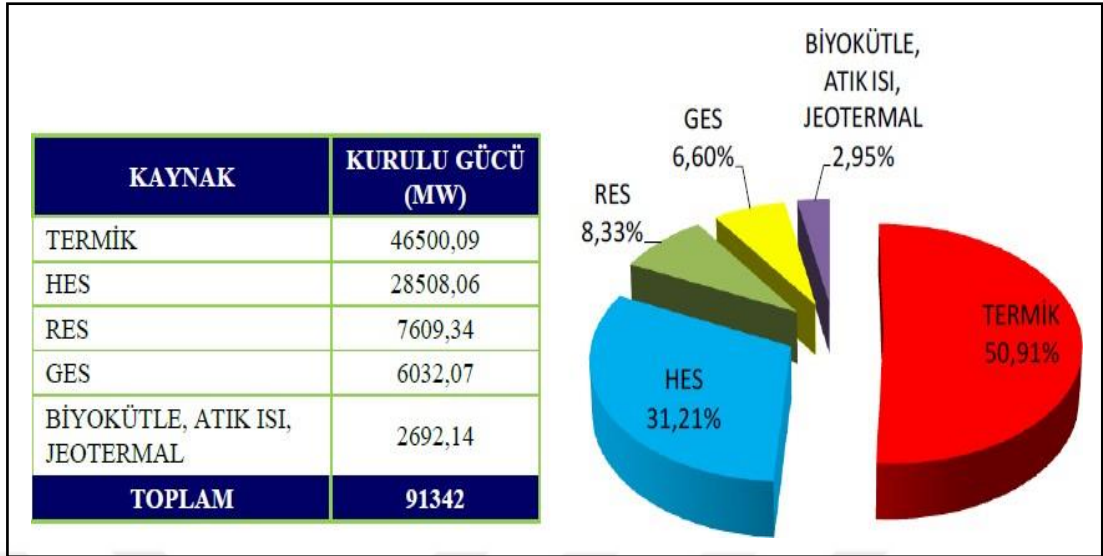
Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %15'ini biyokütle enerji kaynağından sağlarken, gelişmekte olan ülkeler enerji tüketiminin yaklaşık %43'ünü sağlamaktadır (Başçetinçelik vd., 2007). Dünya ve Türkiye biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi Çizelge 1.1 'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 : Dünya ve Türkiye biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi.

Yıl	Dünya						Türkiye				
	Toplam (Gwh)	Endüst . Atıklar (Gwh)	Birincil Katı Biyoyakıt (Gwh)	Biyogaz (Gwh)	Belediye Atıkları (Gwh)	SıvıBiy oYakıtl ar (Gwh)	Toplam (Gwh)	Endüs t. Atıklar (Gwh)	Birincil Katı Biyoyakıt (Gwh)	Biyogaz (Gwh)	SıvıB iyoYa kıtlar (Gwh)
1990	129.457	7.665	101.828	3.651	16.313		38		38		
1995	128.162	10.936	89.081	6.166	21.979		222		222		
2000	163.966	15.259	101.285	13.122	34.300		174	8	145	21	
2005	228.737	11.662	147.910	20.985	46.200	1.980	44	10	5	29	
2010	369.585	26.626	229.022	46.469	62.400	5.068	346	14	36	296	
2015	519.173	28.570	327.370	82.807	72.800	7.626	1263	22	32	1.208	1
2017	595.616	39.987	388.521	86.328	74.100	6.680	2658	23	474	2.158	3

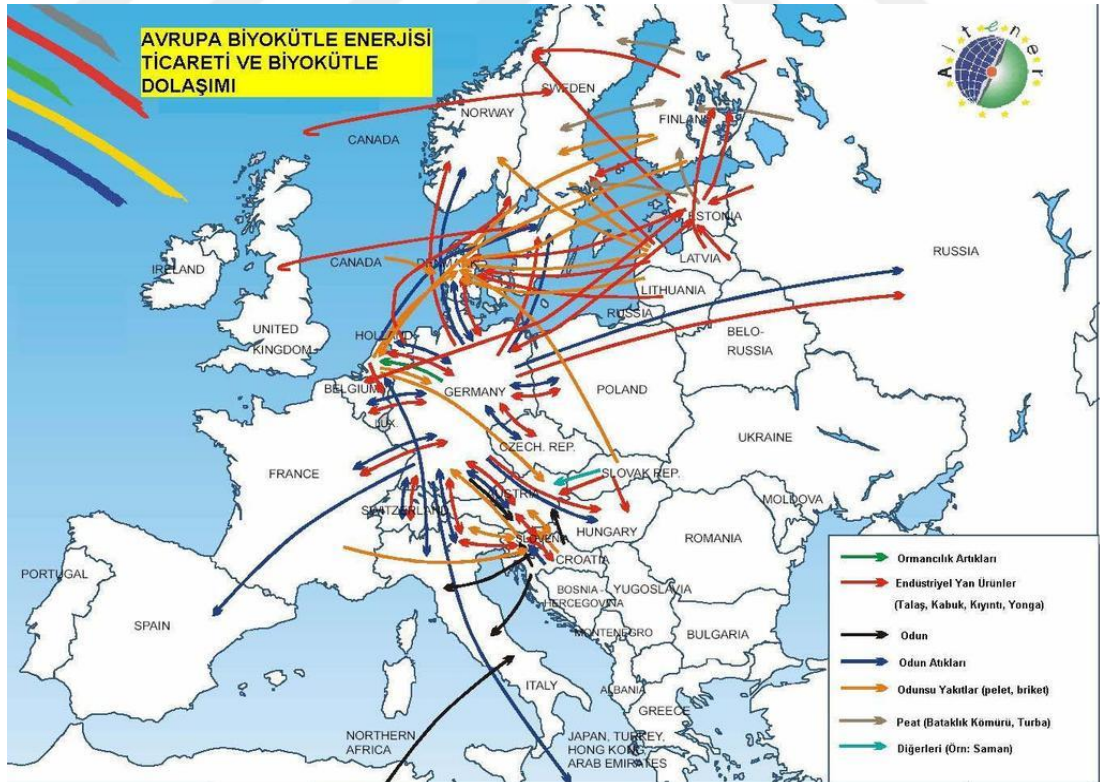
Çizelgeden de görüldüğü üzere dünyada da Türkiye'de de biyoyakıt ve atıklardan elektrik üretimi yıllar içerisinde artış göstermiştir.

Ülkemizde yenilenebilir enerji potansiyellerinin olmasına rağmen ithalat ile enerji alımına devam edilmektedir. Ülkemizde enerji tüketiminin %22-27 'sinin hayvansal ve tarımsal atıklardan elde edilen enerjiye eşit olduğu gözlenmektedir. Buna rağmen ülkemizde gerekli olan enerjinin 1990'da %54'ü, 2001'de ise %66'sı ithalat ile sağlanmıştır. (Koçer Nacar vd., 2006). Kurulu güç dağılımı Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 : Türkiye kaynaklara göre toplam kurulu güç dağılımı.

Biyokütle ticareti ve dolaşımı incelendiğinde ise Almanya ve etrafında bulunan ülkelerin odun atıkları ve endüstriyel yan ürünler ticareti yaptığı gözükmemektedir. (Yokuş, 2011). Avrupa Biyokütle Enerjisi Ticareti ve Biyokütle Dolaşımı Şekil 1.2'de verilmiştir.



Şekil 1.2 : Avrupa biyokütle enerjisi ticareti ve biyokütle dolaşımı (Yokuş, 2011).

2.BİYOĞAZ TEKNOLOJİSİ

2.1 Biyogazın Tanımı ve Tarihçesi

Organik atıkların mikrobiyolojik faaliyetler sonucunda anaerobik ortamda parçalanmasının biyokimyasal fermentasyonu ile oluşan biyogaz, yanıcı ve havadan hafif bir gaz karışımıdır. Biyogaz, % 30-60 CO₂ , % 40-70 CH₄ ve diğer gazlardan (H₂, N₂, H₂S, CO) oluşmaktadır (Onurbaş, 1993).

Biyogaz, Çin kayıtlarına göre yaklaşık 3000 yıl öncesine dayanmaktadır. İlk kullanımı M.Ö Asurlular tarafından olmuştur. Bataklıklar üzerinde titreyerek yanan alevlerden M.S 23-79 yıllarında yaşayan Plinius bahsetmiştir. Çürüyen organik atıkların miktarıyla açığa çıkan yanıcı gaz miktarının birbiriyle doğru orantılı olduğunu 1776'da, İtalyan fizikçi Alessandro Volta tespit etmiştir. (Eryaşar, 2007). Benjamin Franklin tarafından ise aneorobik fermentasyon ilk olarak tanımlanmıştır (Martineau ve Worley, 2009).

1804-1810 yıllarında sığır gübresinden anaerobik fermentasyonla metan üretimini John Dalton, SirHumphry, Davy ve Wiliam Henry saptamıştır (Marchaim, 1992).

Petrol sıkıntısının 1973-1975 yıllarında başlaması ve enerji fiyatlarının dünya genelinde yükselmesi biyogaz konusunun tekrar gündeme gelmesini sağlamıştır. Avrupa topluluğu ülkelerde tesis sayısı 300'e ulaşırken Almanya'da 58 adet tesis inşa edilmiştir (Buğutekin, 2007) .

2.2 Biyogazın Bileşimi ve Özellikleri

Havadan hafif, renksiz, kokusuz, havasız fermentasyon sonucunda ortaya çıkan oktan sayısı 110, havaya karşı yoğunluk oranı 0,83 bileşiminin %60-75'i metan (CH₄), %25-40'ı karbondioksit (CO₂) olan ve parlak mavi alevle yanan bu gaz karışımına biyogaz denir. Biyogaz bileşimi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Biyogaz bileşimi (Çallı, 2012).

Bileşenler	Hacim % ' si
Isıl Değer (kWh/Nm ³)	6,5
Karbondiyoksit (CO ₂)	30-40
Hidrojen sülfür (H ₂ S)	20-4000 ppm
Oksijen (O ₂)	0-0,5
Hidrojen (H ₂)	0-1
Amonyak (NH ₃)	0-0,5
Azot (N ₂)	0-2
Su buharı (H ₂ O)	0-10
Metan (CH ₄)	60-70

Biyogaz bileşiminde metan oranı %50'den daha az olmasında verimli bir yanma olayı gerçekleşmemektedir (Yiğit, 2007). 1 m³ biyogazın ısı eş değeri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : 1m³ biyogazın ısı eşdeğerleri (Gülen ve Aslan ,2005).

1m ³ biyogaz	=	0,62 lt Gaz yağı 1,46 kg Kömür 5,7 kWh Elektirik 0,43 kg Bütan gazı 12,3 kg Tezek 3,47 kg Odun 1,18 m ³ Hava gazı
-------------------------	---	--

Biyogazın yanması için gerekli hava en az %5 oranında CO₂ içermelidir. 5,7 m³ hava 1m³ biyogazın yanması için gereklidir. Kolayca bozulmayan bir yapıya sahip olan biyogazın beslenme materyallerine göre metan gazı değeri değişmektedir (Buğutekin, 2007).

2.3 Dünyada ve Türkiye’de Biyogazın Gelişimi

Dünyada biyogaz ile ilgili Çin’de 1936 yılında ilk tesis açılmıştır. Çin’de açılan biyogaz tesislerinde domuz atığı ön planda yer alırken sığır atıkları da önemli yer tutmaktadır. Hindistan da 1974 yılında çiftlik tipi tesisler üzerine çalışmalar başlatılmıştır. Ulusal Biyogaz Kalkınma Programı kapsamında 10 yıl içerisinde biyogaz tesis sayısı 1,67 milyona ulaşırken, 2,7 milyona ise 1997 yılında ulaşılmıştır (Eryaşar, 2007).

Avrupa’da büyük ölçekli tesisler tercih edilirken , bazı ülkelerde ise aile tipi küçük tesisler kullanılmaktadır (Rutz ve Canssen, 2007).

Türkiye’de biyogaz ile ilgili ilk çalışmalar 1957 yılında başlatılmıştır (Eryaşar, 2007).

1982’de biyogaz konusu işlemleri Topraksu ’ya devredilmiştir. 1987 yılında biyogaz ile ilgili çalışmalar kesilmiş ve 2000’li yıllarda tekrardan çalışmalara başlanılmıştır (Buğutekin, 2007e).

2.4 Biyogaz Üretimini Etkileyen Etkenler

Biyogaz üretimini etkileyen faktörler aşağıda belirtilmiştir.

1. Sıcaklık
2. Katı madde içeriği
3. Bekleme süresi
4. Yükleme oranı
5. pH değeri
6. C/N oranı
7. Karıştırma
8. Alkalinite ve uçucu asitler
9. Toksitler
10. Basınç

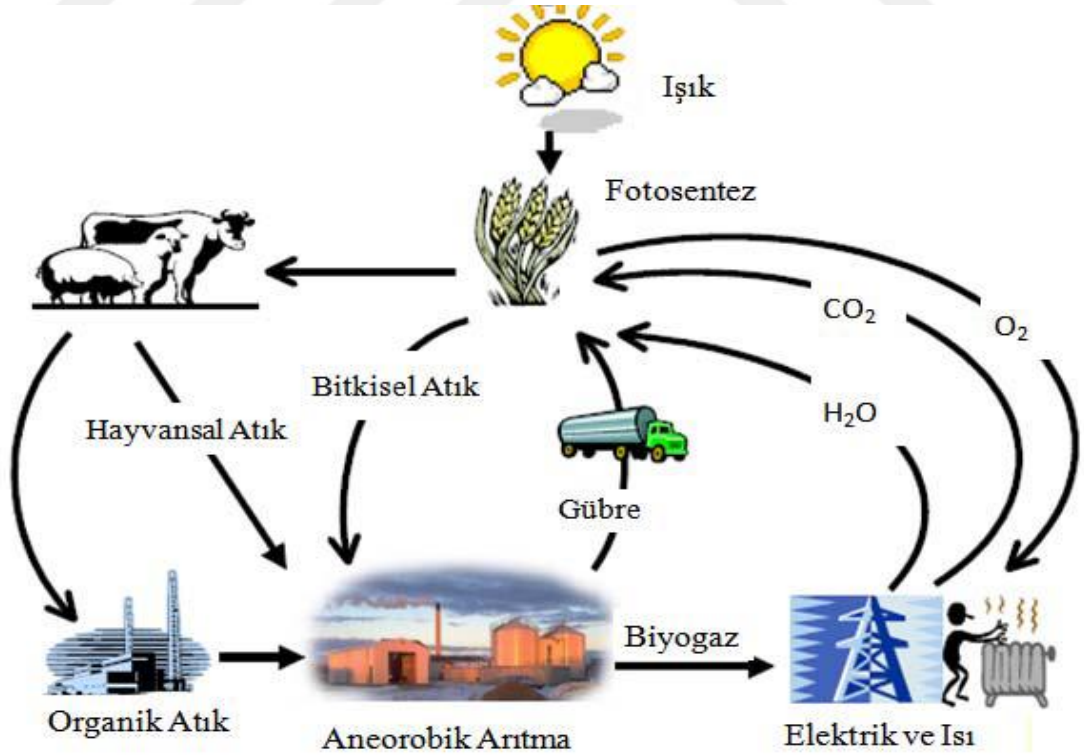
2.5 Biyogaz Teknolojisinin Avantaj ve Dezavantajları

Biyogaz tesislerinin avantajları ve dezavantajları aşağıda belirtildiği şekildedir.

2.5.1 Biyogaz teknolojisinin avantajları

- ✓ Atmosfere depolama alanlarından yayılabilecek kötü kokuların önlenmesi sağlanır.
- ✓ Atıkların hammadde olarak değerlendirilmesi için gerekli olan bertaraf ve düzenli depolama alanları sayesinde teknoloji ve arazi maliyetleri azalır.
- ✓ Atık bertarafı konusunda çok daha hijyenik ve sağlıklı şartlar sağlanır.
- ✓ Ekilip biçilmeyen metruk araziler, ortak olarak kurulacak olan büyük kapasiteli biyogaz tesisi haline getirilebilir.
- ✓ Çevre dostu ve ucuz bir enerji kaynağıdır.
- ✓ Çiftçilere ek gelir sağlar.

- ✓ Diğer biyolojik yöntemlerle karşılaştırıldığında anaerobik arıtmada daha az çamur ve daha yüksek organik yükleme oranları oluşur (Bouallagui et al.,2005).
- ✓ Biyogaz sonucunda üretilen elektrik ve ısınn kullanılması ile fosil kaynaklı enerjilerin kullanılması azalır. Buda ekonomiye bir faydadır.
- ✓ Biyogaz üretimi ile sera gazı etkisine sebep olan emisyonların azalması sağlanır.
- ✓ Atıkların doğal bozulmaya bırakılması sonucunda su, hava ve toprakta büyük kirlenmeler oluşur. Ancak bu atıkların biyogaz ile enerji eldesin de kullanılması mümkündür.
- ✓ Tesisin çıkışında bulunan fermente atıklarda aktivasyon kaybı sağlanır.
- ✓ CO₂ ve H₂O gibi düşük enerji bileşikleri aerobik bozunmada meydana gelir. Yüksek enerjili ürünler ise anaerobik bozunmada oluşur (Deublein and Steinhauser, 2008).
- ✓ Anaerobik prosese giren 100 birim karbonun %4'çamurda, %20'si atıksuda ve %76'sı CO₂ ve CH₄'te birikirken, aerobik bozunmada ise giren 100 birim karbonun %5'i atıksuda, %42'si CO₂'de, %48'i çamurda birikir.



Şekil 2.1 : Biyogaz teknolojilerinin çevreye etkisi (Yokuş, 2011).

2.5.2 Biyogaz teknolojisinin dezavantajları

- ✓ Su tüketimi seçilen atık türüne göre fazla olabilir.
- ✓ Teknik bilgi biyogaz tesislerinin işletim ve tasarımı için gereklidir.
- ✓ Biyogaz tesislerinin kontrol edilmesi zorunludur.
- ✓ Tesisin tasarım ve işletilmesinde doğru ekipmanlar kullanılmaması durumunda görsel ve gürültü kirliliği oluşmaktadır.
- ✓ Tesislerde yer seçimi uygun şekilde yapılmalıdır çünkü bazı bölgeler için ilk yatırım maliyeti yüksek olabilir.
- ✓ Biyogaz tesislerinin özellikle çiftlik ölçekli olanlarda ek maliyet ve iş gücü gereklidir.
- ✓ Tesis işletimiyle üretilen biyogaz, yanıcı ve patlayıcıdır.
- ✓ Fermantasyondan sonra oluşan atığın gübre olarak kullanılmasında azot içeriğine, toprak ve su da kirlilik oluşturmamasına önem verilmelidir.
- ✓ Patojen bakterilerin atıklarda bulunmasından dolayı, depolama ve taşıma süresince hijyen koşullarına dikkat edilmelidir.

2.6 Biyogaz Üretiminde Kullanılan Fermantasyon Şekilleri

Üç farklı fermantasyon şekli biyogaz üretim sistemlerinde kullanılmaktadır:

1-Kesikli (Batch) Fermantasyon

2-Beslemeli-Kesikli (Yarı Kesikli) Fermantasyon

3-Sürekli Fermantasyon

2.7 Biyogaz Üretim Tesisleri

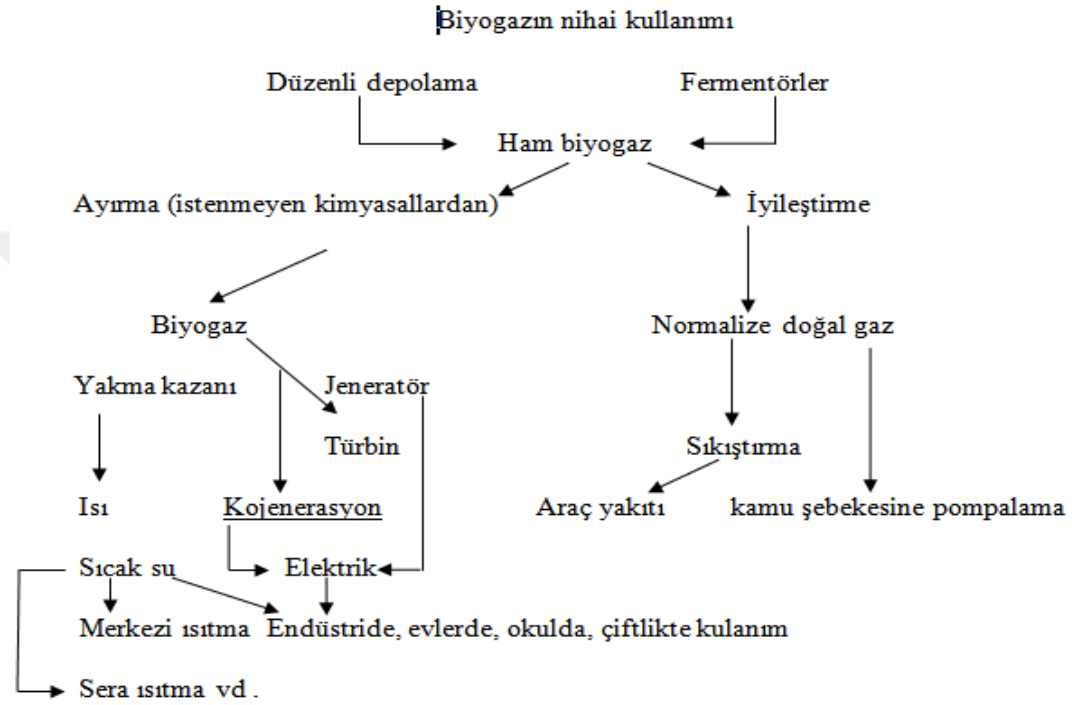
Genel olarak 7 sınıfta incelenmektedir bunlar (Al Seadi, vd. 2008):

1. Aile tipi biyogaz tesisleri
2. Çiftlik tipi biyogaz tesisleri
3. Merkezi biyogaz tesisleri
4. Atıksu arıtma tesisleri
5. Belediye katı atık arıtma tesisleri
6. Endüstriyel biyogaz tesisleri

7. Çöp gazı geri kazanım tesisleri

2.8 Biyogaz Kullanım Alanları

Biyogazı ürettikten sonra belirli aşamalardan geçirilerek endüstriyel, evsel, tarımsal ve araçlarda kullanılabilir (Yokuş, 2011). Şekil 2.2’de süreci verilmiştir.



Şekil 2.2 : Biyogazın kullanım süreci (Al Seadi vd., 2008).

2.8.1 Araçlarda yakıt olarak kullanımı

Biyogazın ulaşım uygulamaları için yakıt olarak kullanımına artan bir ilgi vardır. Bunun arkasındaki etkenlerden bazıları, atık bertarafına ilişkin artan düzenleme ve vergiler, yenilenebilir yakıt kaynaklarına artan ihtiyaçtır. Biyogaz, sığır ve domuz bulamaçları, gıda atıkları ve yetiştirilen ıslak biyokütle gibi ıslak organik atıkların anaerobik sindirimi sürecinden üretilir. Biyogazın nakliye yakıtı olarak kullanılabilmesi için hacimce en az %95 metan düzeyine yükseltilmesi gerekir ve daha sonra doğal gazla çalışacak şekilde orijinal olarak değiştirilmiş araçlarda kullanılabilir. Biyogaz yakıtlı araçlar, fosil yakıtlara kıyasla CO₂ emisyonlarını %75 ile %200 arasında azaltabilir. Biyogaz, fosil yakıtlardan daha düşük egzoz emisyonu sağlayacak ve bu nedenle yerel hava kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olacaktır.

Biyogazın otobüslerde kullanımı ve Biyogazın araçlarda yakıt olarak kullanımı Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 'da verilmiştir.

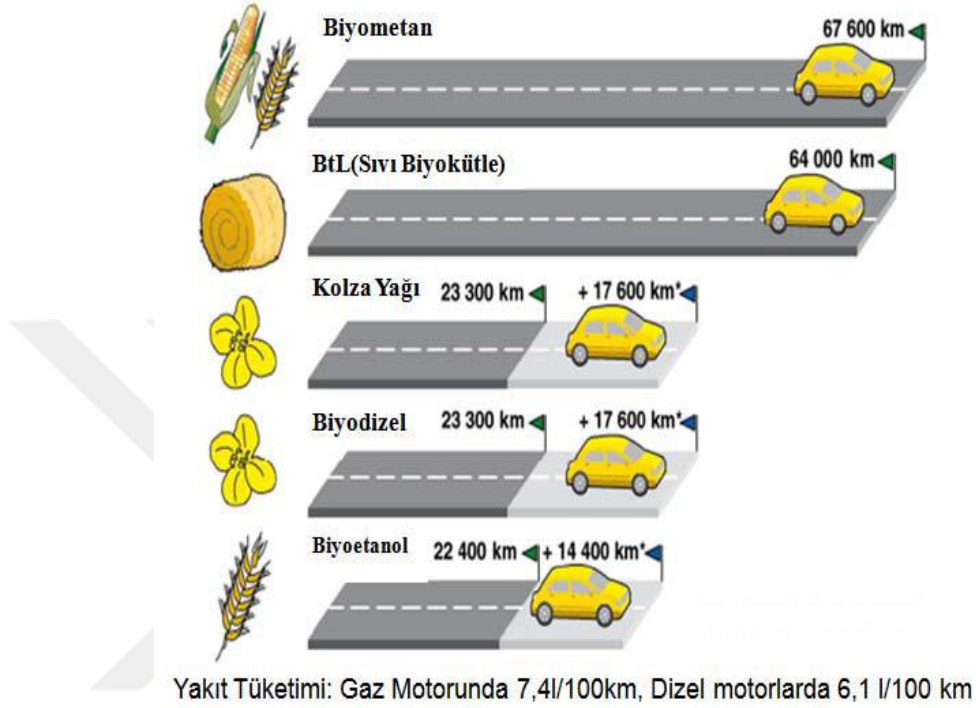


Şekil 2.3 : Biyogazın otobüslerde kullanımı İngiltere (Cole, 2022).



Şekil 2.4 : Biyogazın araçlarda kullanımı Fillandiya (Gasum, 2022).

Diğer biyoyakıtlar ile iyileştirilmiş biyogazın araç kullanım performansı karşılaştırıldığında biyogazın performansının yüksek olduğu görülecektir. 1 hektar alana ekilen ürünlerden elde edilen biyoyakıt ile Şekil 2.5’de ne kadar mesafe gidilebileceği gösterilmektedir (Lampinen, 2007).



Şekil 2.5 : Biyoyakıtların performans açısından karşılaştırılması (Lampinen, 2007).

2.8.2 Biyogazın tarımda kullanımı

Biyogaz tarımda da birçok ekipmanda kullanılmaktadır. Benzinli motorlarda birkaç değişiklik ile kullanılabilir. Dizel motorlarda ise kullanımı küçük miktarlarda biyogaz eklenerek veya miktarı değiştirilerek kullanılmaktadır (Marchaim, 1992).

2.8.3 Biyogazın evsel kullanımı

Şekil 2.6’da görüldüğü üzere biyogaz ısıtma, pişirme ve ışıklandırmada kullanılabilir. Düşük basınçlarda butan ve propan gibi kullanılabilir. Sobalarda kullanılabilmesi için buna uygun özel tasarımlı sobalar gerekmektedir. Çin ve Hindistan da evsel sobalarda kullanımda verim farklılık göstermektedir. Çin’de verim % 59-62 iken , Hindistan da bu verim %60 civarındadır (Marchaim, 1992).



Şekil 2.6 : Biyogazın evsel kullanım araçları (Yokuş, 2011).

2.8.4 Biyogazın endüstriyel kullanımı

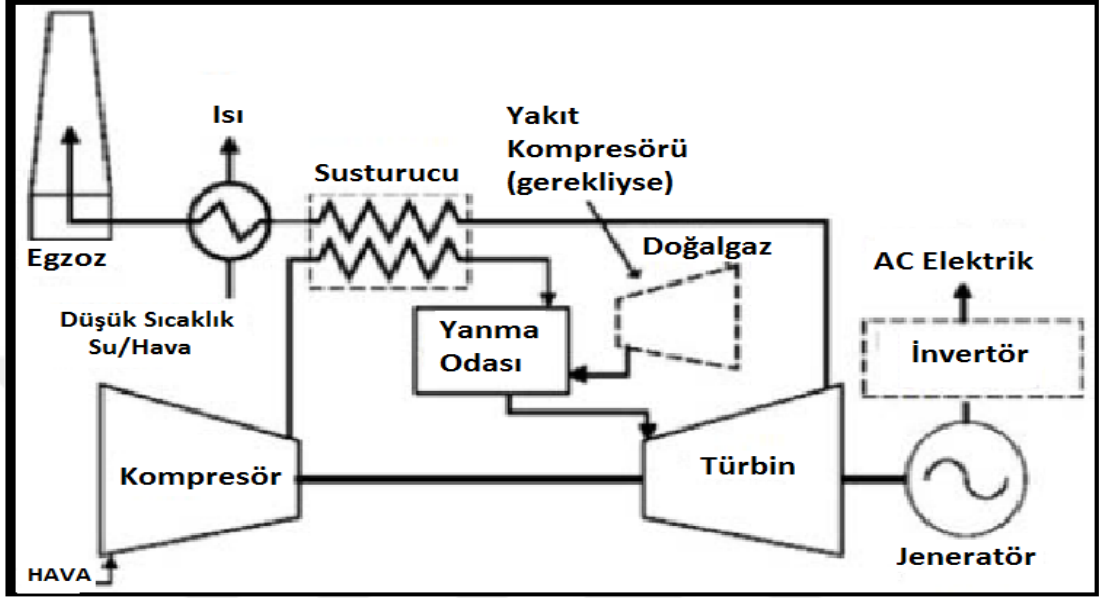
1 Kojenerasyon ile biyogazın kullanımı biyogaz sektörü gelişmiş olan ülkelerde enerji üretiminde çok etkili olduğu düşünüldüğünden kullanılmaktadır. Kojenerasyonlu bir güç tesisinde %90 verimle çalışılması durumunda %35 elektrik ve %65’de ısı üretimi gerçekleşmektedir.

Mikro gaz türbinleri, stirling motorlar, yakıt hücreleri sonlarda BTTP’lere alternatif olarak geliştirilmiş teknolojilerdir. Şekil 2.7’de ısı üretmek için kullanılan bir biyogaz yakıcı verilmiştir.



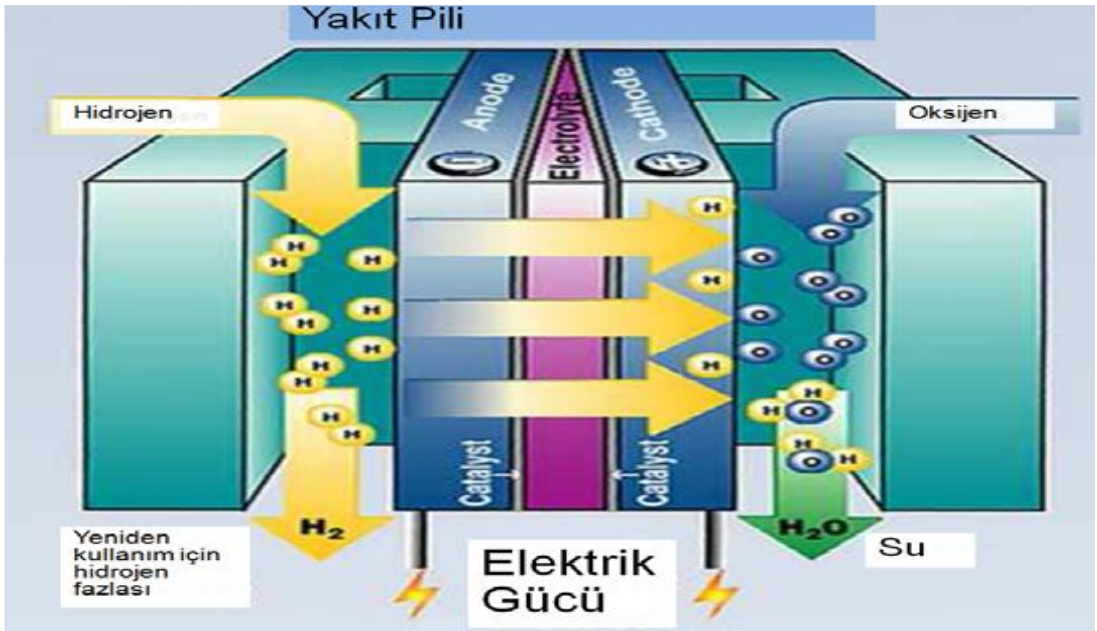
Şekil 2.7 : Isı üretmek için kullanılan bir biyogaz yakıcı (Badem, 2017).

2. Hava biyogaz ile karıştırılıp biyogaz mikro-türbinleri yanma odasına preslenir sonrasında yanma ve buna bağlı genişleme meydana gelir. Maliyet açısından biyogaz mikro-türbinleri yüksektir ve maliyeti azaltmak için geliştirmeler devam etmektedir. Şekil 2.8’de verilmiştir (Yokuş, 2011).



Şekil 2.8 : Biyogaz mikro-türbin yapısı (Al Seadi, vd. 2008).

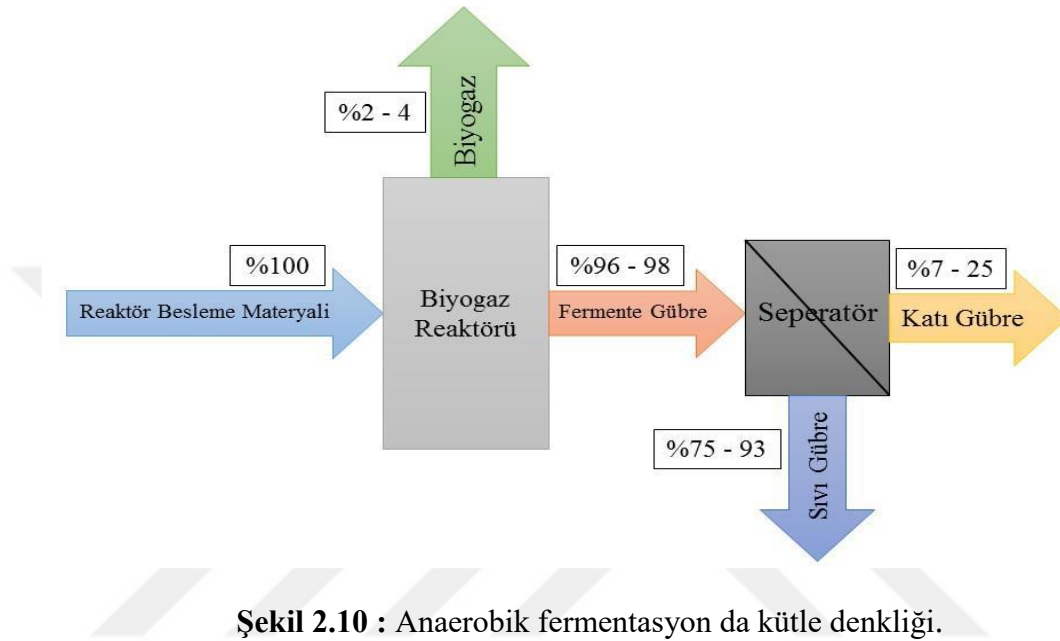
3. Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren yakıt pilleri elektrokimyasal cihazlardır. Şekil 2.9’de yakıt pilinin temel fiziksel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.9 : Yakıt pili (Al Seadi vd., 2008).

2.8.5 Fermente gübre kullanımı

Sıvı halde fermente gübre biyogaz üretiminin gerçekleştirilmesi sonucu oluşur. Sıvı halde bulunan bu fermente gübre tarlaya uygulanabildiği gibi birçok işlem de kullanılabilir (Yokuş, 2011). Kütle dengliği Şekil 2.10'de verilmiştir.



Şekil 2.10 : Anaerobik fermentasyon da kütle dengliği.

Sıvı olarak kullanılabilen fermente gübre, granül haline getirilip katı olarak da kullanılabilir.

Çevre açısından biyogaz fermente atığının kullanımının faydaları;

- ✓ Besinlerin yok olması önlenir,
- ✓ Bitkiler üzerinde meydana gelen yoğun etki azalır,
- ✓ Akış özelliklerinin artması sağlanır,
- ✓ Bitki gelişimi ve sağlığı açısından fayda sağlanır,
- ✓ Yabancı ot tohumlarının çimlenmesi önlenir,
- ✓ Etrafa dağılan kötü kokuların yoğunluğu azalır,
- ✓ Sera gazı emisyonlarını düşürerek hava kirliliği önlenir,
- ✓ Nitrat çöküntüsü azalır,
- ✓ Sıvı gübre temizlenir,
- ✓ Organik kalıntılar geri kazandırılır.

3. MATERYAL YÖNTEM

3.1. Materyal

Yapılan incelemelerde, İzmir ilinde ve ilçelerinde toplam üretilebilecek biyogaz potansiyeli elde olan veriler kullanılarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada İzmir ili ve ilçelerinde bulunan işletme büyüklükleri ve sayıları, tarımsal üretimi oluşturan bitkisel ve hayvansal üretimleri, üretim miktarları belirlenmiştir. Bu çalışmada veri olarak İzmir Tarım İl Müdürlüğü ve TÜİK verilerinden yararlanılmıştır. Yapılan araştırmanın temelini eldeki veriler oluşturmuştur.

3.1.1 İzmir ilinin nüfus dağılımı ve coğrafi yapısı

Türkiye'nin üçüncü büyük kenti İzmir'dir. İzmir'in 2020 nüfusu 4.394.694 kişi ve yüz ölçümü de 12.007 km²'dir. Kıyı ege bölgesinin tipik bir örneği İzmir'dir. Manisa ili ile sınırları olan İzmir kuzeyde Madra Dağları, doğuda Aydın, batıda Çeşme Yarımadası, güneyde Kuşadası Körfezi ile çevrilidir. Gediz Nehri'nin aşağı çıkışı ve Küçük Menderes Nehri İzmir ili içerisinde bulunmaktadır. Dağların kıyıya dik uzanması sebebiyle girintili ve çıkıntılı kıyı şeridi oluşur ve bu oluşum sonucunda sayısız güzellikte koy ve plajlar meydana gelir. İzmir'in en çok turist ağırlayan plajları; Gümüldür, Özdere, Foça, Karaburun, Çeşme sahil ve plajlarıdır. Sahil kordonunun bu doğal yapısı, birçok balıkçı barınağının ve yatların yanaşma yerlerinin oluşmasını sağlamıştır. Bütün bunlardan dolayı İzmir doğal bir turizm ve liman kenti özelliğindedir. Yaygın bitki örtüsü makidir.

İzmir'de Akdeniz iklimi görülmektedir. 30 derecenin üzerinde yılda yaklaşık 100 gün yaşanır. İlde kar yağışı çok nadir olur. 700-1.200 mm arasında yıllık yağış miktarı vardır. Deniz suyu sıcaklığı yıllık ortalama 18,5 °C'dir.

1950'li yıllarda başlayarak sonrasında 1960 yıllarında giderek artan güçlü bir çekim merkezine dönüşen İzmir ilinin nüfus artışında göçler önemli derecede belirleyici bir etken haline dönüşmüştür.

3.1.2 İzmir ili arazi dağılımı

İzmir, 342 bin hektarlık alan ile yüzölçümün %28'i olan tarım alanına sahiptir. İzmir'de tarım alanı oranı; Aliağa, Bayındır, Selçuk ve Torbalı ilçelerinin yüzölçümlerinin yarısı, diğer ilçelerin yüzölçümlerinin ise yaklaşık %30'u şeklindedir. İzmir arazi dağılımını %28,3'lük pay ile tarım alanları, %40,6'lık pay ile orman ve fundalık alanları, %4,2'lik payı ile çayır-mera alanları ve geriye kalan %26,9'luk payı da diğer alanlar oluşturmaktadır.

İzmir'de sulanabilir tarım arazisi toplam 280 bin hektar olup ve bu değer toplam tarım alanlarının % 82'sini oluşturmaktadır. Tarım alanının toplamının % 53'üne sulanabilir alan karşılık gelmektedir ve bu değer yalnızca %64'ü sulanmaktadır. İzmir genelinde 180 bin hektar sulanan tarım arazisi mevcut olup, 180 bin hektarın %44'ü devlet olanakları, %56'sı ise üreticilerin kendi çaba ve olanakları ile sulanmaktadır. Çizelge 3.1'de İzmir İli Genel Arazi Dağılımı verilmiştir.

Çizelge 3.1 : İzmir İli genel arazi dağılımı (2018 İzmir İl Tarım ve Orman Müd.).

İlçeler	Yüz ölçümü(da)	Tarım arazisi (da)	Orman ve fundalık arazi (da)	Çayır mera arazi (da)	Diğer araziler(da)
Merkez	854.000	103.442	337.720	31.784	303.615
Aliağa	274.000	121.388	57.620	54.550	40.642
Bayındır	540.000	305.593	125.040	5.750	103.617
Bergama	1.720.000	424.361	511.350	147.110	677.952
Beydağ	184.000	49.366	64.330	595	30.469
Çeşme	257.000	18.667	41.965	11.520	190.567
Dikili	510.000	120.967	199.540	50.210	136.367
Foça	205.000	48.222	64.995	20.090	70.275
Karaburun	484.000	38.473	238.245	1.000	203.906
Kemalpaşa	655.000	226.831	302.030	2.600	125.549
Kınık	464.000	90.791	288.325	1.060	84.130
Kiraz	572.000	184.153	214.255	92.000	93.407
Menderes	775.000	236.083	421.540	4.860	115.364
Menemen	694.000	232.236	160.700	27.570	299.543
Ödemiş	1.016.000	336.214	375.690	15.000	327.677
Seferihisar	386.000	87.430	199.530	1.768	59.392
Selçuk	354.112	153.108	101.545	3.440	40.275
Tire	891.000	276.975	239.415	22.500	406.154
Torbalı	565.000	309.933	178.875	8.168	129.946
Urla	704.000	86.011	433.190	4.659	135.107
TOPLAM	12.086.112	3.450.224	4.555.700	506.234	3.573.954

3.1.3 İzmir ili hayvansal üretimin ilçelere göre dağılımı

Türkiye’de yaklaşık hayvan varlığı 18 milyon büyükbaş ve 48 milyon küçükbaş hayvan şeklindedir. Ülkemizdeki mevcut hayvan varlığının %4 ‘ü ile büyükbaş hayvan ve %2’si ile de küçükbaş hayvan varlığını İzmir’deki hayvanlar oluşturmaktadır. 2019 yılı tuik verilerine bakacak olursak İzmir İlin de ki büyükbaş hayvan varlığı oranları sığır (kültür) %7,5 , sığır (melez) % 1,43 , sığır (yerli) %1,92 , manda %0,06 şeklindedir. Küçükbaş hayvan varlığı ise koyun (yerli) %1,95 , koyun (merinos) % 0,17 , keçi (kıl) %2,21 şeklindedir. Hayvan verileri ile ilgili bilgiler Çizelge 3.2 ‘de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : İzmir ili hayvan varlığı.

Cins	Tür	Hayvan ad	2002	2019	2020
Arı kovanı	Arı kovanı	Arı kovanı	137.559	244.519	273.949
	Manda	Manda	64	102	276
Büyükbaş	Sığır	Kültür	101.952	641.689	664.270
		Melez	97.758	108.109	96.234
		Yerli(sığır)	28.824	30.353	24.828
	Sığır	Toplam	228.534	780.151	785.332
Büyükbaş	Toplam		228.598	780.253	785.608
	Hindi	Hindi	339.130	613.018	732.231
Kanatlı	Kaz	Kaz	2.968	4.515	4.862
	Ördek	Ördek	4.090	4.149	4.010
	Tavuk	Et	2.541.700	13.574.089	14.868.305
Kanatlı		Yumurta	2.417.250	7.707.068	5.918.680
	Tavuk	Toplam	4.958.950	21.281.157	20.786.985
	Toplam		5.305.138	21.902.839	21.528.088
	Keçi	Kıl	168.987	242.647	264.073
		Tiftik	1.800		
Küçükbaş	Keçi	Toplam	170.787	242.647	264.073
	Koyun	Merinos	1.320	5.191	14.975
Küçükbaş		Yerli koyu	452.998	665.845	778.051
	Koyun	Toplam	454.318	671.036	793.026
	Toplam		625.105	913.683	1.057.099

3.1.4 İzmir ili bitkisel üretimin ilçelere göre dağılımı

Dünyada çok nadir bölgelerde olan yüksek potansiyelde birçok çeşitliliği İzmir ilinde görmekteyiz. Bu yüksek potansiyeldeki çeşitliliklere örnek olarak; incir, tütün, narenciye, süt hayvancılığı, şarapçılık, çiçekçilik ve arı ürünleri verilebilir.

İzmir iklim koşullarının uygunluğu, topraklarının bereketli olması, biyoçeşitliliğin fazla olması ve zengin su kaynakları sayesinde ülkemizin en önemli tarım ve gıda ambarlarından birisidir.

İzmir de birçok farklı üretimler yapılmaktadır. Bu üretim çeşitleri bitkisel, hayvansal ve su ürünleri üretimi olarak adlandırılmaktadır. Toplam üretim içindeki oranı ve üretim değerine bakıldığında ,% 46,60 ile hayvansal ürünler üretimi en fazla payı almaktadır , % 42, 36 ile bitkisel üretim hayvansal üretimi takip etmekte ve % 11,04 ile su ürünleri üretiminin pay aldığı gözlemlenmektedir.

Yetiştirdiği ürünlerde kalite açısından Türkiye ortalamasının üzerinde olan İzmir modern tarım yapısıyla da ön sıralarada yer almaktadır.

Üretimiyle önemli bi yere sahip olan pamuk, tütün, zeytin-zeytinyağı, üzüm ve incir ihracatı ile de İzmir ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır.

Süs bitkileri İzmir’e kattığı katma değer ile büyük bir ekonomik yere sahiptir.1639 hektarlık alanda yapılan üretim ile İzmir, Türkiye’de süs bitkileri üretiminde ilk sıra da yer almaktadır. İzmir süs bitkilerinin üretim potansiyelinin yüksek olmasından dolayı önemli bir ihracat merkezidir.

Son yıllarda yapılan büyük gelişmelerle İzmir organik tarımın merkezi konumundadır. 1980’li yıllarda ilk organik çekirdeksiz kuru üzüm üretimi İzmir’de başlamıştır. Çizelge 3.3, 3.4, 3.5 ve 3.6 ‘de tarım ürünleri bilgileri verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Tarla bitkileri (Tuik 2019).

	Ekili alan (da)	Üretim (ton)
Buğday (ekmeklik)	260.183	85.442
Patates	112.100	390.481
Mısır (silajlık)	548.252	3.079.394
Mısır (hasıl)	4.738	13.887
Mısır (dane)	92.308	87.689
Pamuk (kütü)	252.905	141.920

Çizelge 3.4 : Sebzeler (Tuik 2019).

	Ekili alan (da)	Üretim (ton)
Domates (sofralık)	27.722	200.498
Hıyar (turşuluk)	19.810	33.296
Domates (salçalık)	98.870	813.277
Hıyar (sofralık)	11.240	116.441
Karpuz	27.440	130.340
Fasulye (taze)	40.503	61.262
Enginar	10.022	13.538

Çizelge 3.5 : Meyveler (Tuik 2019).

	Meyve veren ağaç sayısı	Üretim (ton)
Üzüm (kurutmalık ç.sız)	51.886 (da)	71.321
Zeytin (sofralık)	1.659.763	12.204
Kiraz	3.007.545	66.136
Mandarin (satsuma)	1.745.320	80.657
İncir (yaş)	1.600.713	43.433
Şeftali	1.518.138	74.200
Kestane	370.750	12.168
Zeytin (yağlık)	15.245.591	104.273

Çizelge 3.6 : Süs bitkileri (Tuik 2019).

	Ekilen alan (m ²)	Üretim (ton)
Kesme çiçekler	3.749.513	286.562.670
Dış mekan süs bitkileri	11.855.100	199.958.580
İç mekan süs bitkileri	357.000	1.881.050

3.1.5 İzmir ili işletme kapasiteleri ve dağılımı

Türkiye’de bulunan tarım işletmeleri genellikle küçük ölçekli aile işletmesi şeklindedir. AB’de ortalama olarak 167 dekar tarım işletmesi mevcutken ülkemizde bu ortalama 61 dekar’dır. Bakıldığında bu oran Türkiye ortalamasından 2,7 kat büyüktür. İzmir ise 37 dekar ile Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır.

İzmir de tarıma dayalı işletme sayısı 7185 (Tarım ve orman bakanlığı 2021) ve hayvan işletme sayısı ise 54.172’dir (2019 İzmir Tarım ve Orman İl Müdürlüğü). Üretici sayıları Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7 : Organik ve iyi tarım üretici sayıları (2019 İzmir tarım ve orman il müdürlüğü).

2019	Organik tarım	İyi tarım
Üretici sayısı	3.222	1.321
Üretim alanı	246.580	181.053
Üretim miktarı (ton)	95.014	819.076

Hayvansal ve bitkisel üretim yapan İzmir ili’ nde bulunan işletmelerden çıkan atıklar işletmelerde büyük sorunlara sebep olmaktadır. İşletmelerden oluşacak olan bu atıkların en iyi değerlendirilme yollarından birisi biyogaz üretimidir. Atıkların kullanımı sonucu hem çevreyi koruması hem de metan gazı oluşturmamasından dolayı biyogazın enerji değeri yüksektir.

3.2 Yöntem

Bir ilin biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi için bazı kabullere ihtiyaç vardır. Bu kabuller ise hayvanların cinsine ve bitkilerin çeşitliliğine göre oluşan oranlardır. Bitkisel ve hayvansal ürün atıklarının türüne bağlı olarak, günlük atık miktarları ve bu atıkların kullanılabilirlik oranları ve buna göre de atığın birim ısı değer kabullerini biyogaz verimleri ortaya koymuştur.

Oluşan atıklardan bitkisel atıkların hepsinin kullanılması söz konusu değildir. Hepsinin kullanılamamasının sebebi bitkilerin atık halinden kullanılacak hale gelene kadar çok su kaybı olmasıdır. Bundan dolayı kullanılabilirlik oranı her bitkisel atık için belirlenmiştir. Kabuller Çizelge 3.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 : Türkiye’deki tarla ürünleri atık kullanılabilirliği ve birim ısı değerleri (Biyoder).

Ürünler	Atıklar	Kullanılabilirlik (%)	Birim ısı değeri (MJ/kg)
Soya	Saman	60	19,4
Ayçiçeği	Sap	60	14,2
Çavdar	Saman	15	17,5
Yulaf	Saman	15	17,4
Mısır	Sap	60	18,5
	Sömek	60	18,4
Pirinç	Saman	60	16,7
	Kabuk	80	12,98
Tütün	Sap	60	16,1
Pamuk	Sap	60	18,2
	Çırçır atığı	80	15,65
Arpa	Saman	15	17,5
Yer fıstığı	Saman	80	20,74
	Kabuk	80	20,74
Buğday	Saman	15	17,9

İzmir ili biyogaz potansiyelinin bitkisel kısmı, bitkisel üretimin ilçeler bazında yoğunluğu ve miktarları incelenmesi sonucu ortaya çıkacak atık miktarları bitkisel atık kabul değerlerine göre oluşturulmuştur.

Hayvansal atıklarda da bitkisel atıklar gibi atığın hepsi kullanılmamaktadır. Çizelge 3.9’da görüldüğü gibi kg/gün olarak hayvan cinslerine göre atık miktarları verilmiştir. Çizelgede verilen miktarlar atığın kullanılabilir kısmı değil tamamıdır. Hayvan cinslerine göre atık miktarları, kullanılabilirliği ve bu verilere göre biyogaz verimleri Çizelge 3.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9 : Hayvan atık miktar kabulleri (Öztürk ,2019).

Hayvan tipi	Atık miktarı kg dışkı / hayvan x gün
Yumurta tavuğu	0,13
Koyun ve keçi (küçükbaş)	2
Broiler tavuk	0,19
Sığır (büyükbaş)	37,5

Çizelge 3.10 : Hayvan cinslerine göre atık özellikleri ve biyogaz verimleri (Yokuş, 2011).

Hayvan Cinsi	Canlı ağırlığı (kg)	Taze Ağırlığın yüzdesi	Atık miktarı Kg/gün	TK (%)	UK (%)	Kullanılabilirlik Ahırda bekletme süresi(%)	Biyogaz verimi l/kgUK
Büyükbaş	135-800	5-6	10-20	5-25	75-85	Süt 65 Et 25	200-350
Küçükbaş	30-75	4-5	2	30	20	13	100-310
Kümes	1,5-2,0	3-4	0,08-1,00	10-35	70-75	99	310-620
Yumurta Et				50-90	60-80		550-650

Büyükbaş için 10-20 kg/gün (yaş) atık verimi kabul edilebilirken canlı ağırlığın % 5-6’sı da günlük atık miktarı olarak alınır ve atık miktarı hesaplaması yapılır. Keçi ve koyunda da kabul edilen atık değer 2 kg ’dır. Tavuk da ise 0,08-0,1 kg olarak kabul edilebilmektedir (Yokuş, 2011).

Bitkisel olan atıklarda bazı kabuller yapıldığı gibi bu kabuller hayvansal atıklarda da yapılmaktadır, İzmir ili ve ilçelerinin hayvansal yoğunluğu ve sayıları araştırılarak, aşağıdaki denklemler ile birlikte hayvansal atık miktarları, biyogaz potansiyeli, kuru madde miktarı ve eşdeğer enerji değerleri için gerekli hesaplamalar yapılarak İzmir de bulunan hayvansal atıklardan üretilecek biyogaz potansiyeli detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur.

$$X=(Y \times Z \times 365)/1000 \quad (3.1)$$

Denklem 3.1’de, görüleceği üzere X, yıldaki yaş atık miktarı (ton), Y, hayvan sayısı (adet), Z, atık miktarı kabulünü ifade eder.

$$A=X \times B \times C \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de, görüleceği üzere A, yıldaki kuru madde miktarı (ton), B, yüzde toplam kuru, C, yüzde kullanılabilirliği ifade eder.

$$W=A \times Q \quad (3.3)$$

Denklem 3.3’de, görüleceği üzere W, yıldaki m³ biyogaz potansiyeli, Q, 1 ton katı atık biyogaz verimi kabulü’nü ifade eder.

$$T=W \times H \quad (3.4)$$

Denklem 3.4’de, görüleceği üzere T, enerji eşdeğeri, H, 1m³/yıl ısı değer atık kabulü’nü ifade eder (Öztürk , 2019).

Denklemler de yapmış olduğumuz hesaplamalar ; ilk olarak hayvan sayısı (Y) ile atık kabul miktarını (Z) yıllık üretim ile çarptığımız da yaş atık miktarını buluyoruz. Bulduğumuz bu yaş atık miktarını (X) kullanarak yüzde toplam kuru (C) ve yüzde kullanılabilirlikle çarptığımızda ise yıldaki kuru madde miktarını (A) bulmuş oluruz. Yıldaki m³ biyogaz potansiyelini (W) ise yıldaki kuru madde miktarını (A) ile 1 ton katı atık biyogaz verimi kabulü ile çarptığımız zaman elde etmiş oluruz. Son olarak da enerji eş değerimizi (T) Yıldaki m³ biyogaz potansiyelini (W) ve 1m³/yıl ısı değer atık kabulü’nün çarpılması sonucunda elde etmiş oluruz.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada İzmir ili'nin biyogaz üretim potansiyelinin hesaplanması ve belirlenmesi bitkisel ve hayvansal atık durumu dikkate alınarak yapılmıştır. İzmir ili ve ilçelerine ait olacak şekilde hayvan adetleri ve bitkisel üretim miktarları belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler literatür değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte İzmir'in hayvan yoğunluğu ve bitkisel üretimlerine istinaden biyogaz üretim potansiyelleri hesaplanmıştır.

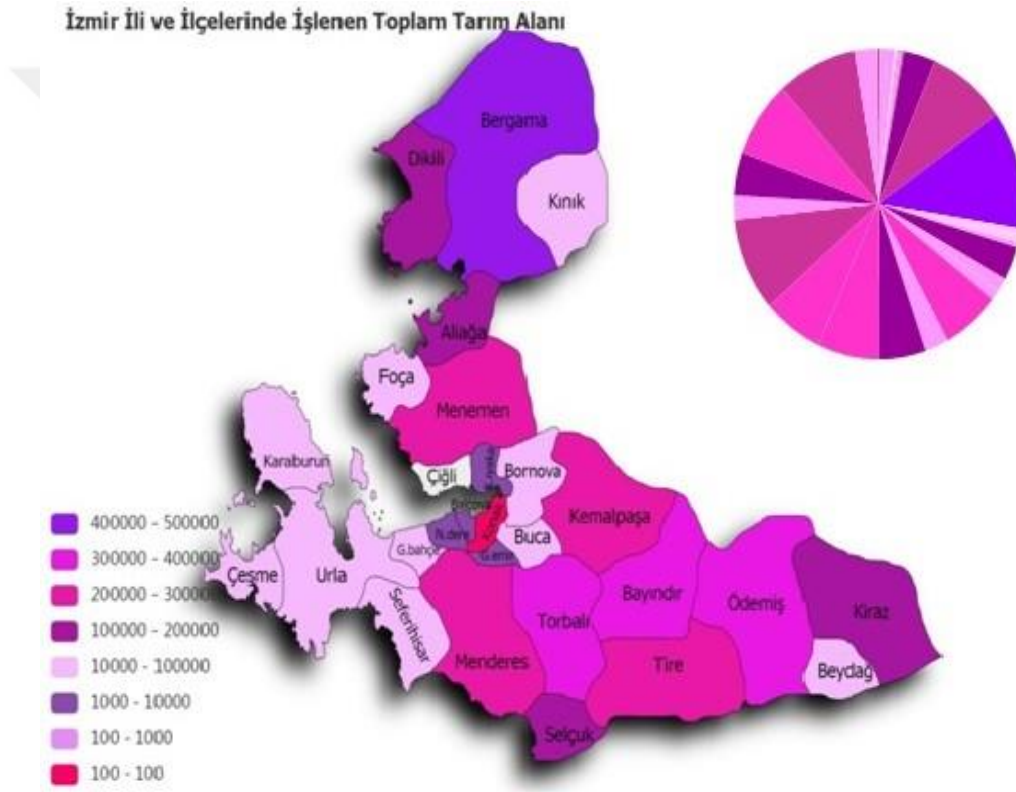
4.1 İzmir İlinin İlçelere Göre Bitkisel Üretim Yoğunluğu

İzmir, tarım potansiyeli konusunda oldukça önemli bir şehirdir. Ilıman iklim özellikleri ve coğrafi yapısı sayesinde birçok bitkinin yetişmesine olanak sağlamaktadır. İzmir ilin de bir çok havza ve akarsu mevcuttur ve birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Bu farklı özellikler gösteren batıda Karaburun Yarımadası, kuzeyde Bakırçay Havzası ,güneyde Küçük Menderes Havzası ve Gediz haricinde orta büyüklükteki Ergene gibi akarsuların suladığı doğu bölgelerinin birbirinden değişik özellikleri mevcuttur. İzmir ilinde çeşitli tarım ürünlerinin yetiştirilmesinde bölgenin özellikleri büyük önem taşımaktadır.

Dünyada çok nadir bölgelerde olan yüksek potansiyelde bir çok çeşitliliği İzmir ilinde görmekteyiz. Bu yüksek potansiyeldeki çeşitliliklere örnek olarak; şarapçılık, incir, arı ürünleri, narenciye, zeytinyağı, aromatik bitkiler, çiçekçilik, tütün ve süt hayvancılığı verilebilir. İzmir'in 30 ilçesinde farklı tür ve oranlar da bitkisel üretimler yapılmaktadır. İzmir denildiği zaman ilk düşünülen şeyler; süs bitkileri, bamyas, domates, küner, ceviz, kestane, misket üzümü, kıl keçisi, kara üzümü, kırıklar kavunu, sakızı, anasonu, sakız koyunu'dur. Bunlar ilk akla gelenler olup daha yazılamayan birçok ürünü mevcuttur. Ancak İzmir'in domates, zeytin, pamuk, incir, çekirdeksiz üzüm, patates, kiraz, soğan, kestane, tütün, çeşitli sebzeler, silajlık mısır, sertifikalı fidan ve tohum üretiminde de ilk sıralarda yer aldığını belirtmek gerekir.

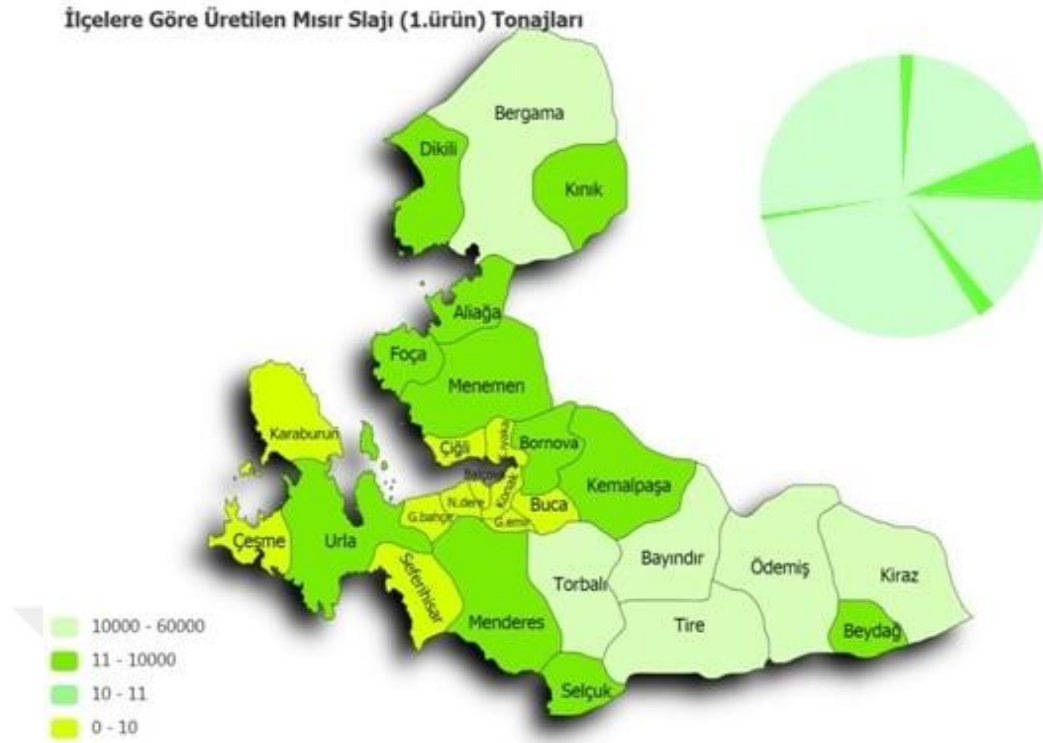
İşlenen toplam tarım alanlarının büyüklüklerine bakıldığında Bergama 424361 dekarın üstünde bir ilçedir.

Bu ilçeyi Narlıdere (merkez), Güzelbahçe, Buca, Balçova, Bornova, Çiğli, Gaziemir, Karşıyaka, Konak, (100 -98435) dekar arasında ,Bayraklı, Karabağlar, Seferihisar, Urla, Kınık, Karaburun, Foça, Çeşme, Beydağ, (215 – 90791) dekar arasında, Aliağa, Bayındır, Bergama, Ödemiş, Kiraz, Tire, Dikili, Kemalpaşa, Menderes, Menemen, Selçuk, Torbalı (120967 – 424361) dekar olarak takip etmektedir. (T.C Tarım Ve Orman Bakanlığı, İzmir İl Tarım Ve Orman Müdürlüğü 2018) Şekil 4.1’de İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam tarım alanı yoğunluğu verilmiştir.

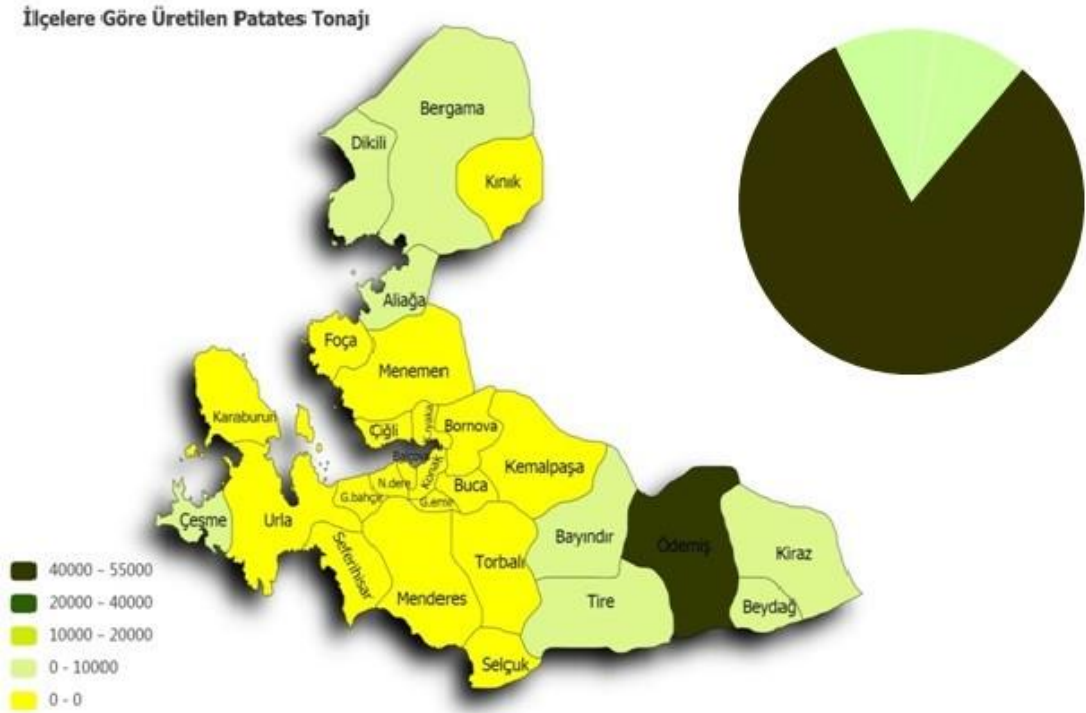


Şekil 4.1 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam tarım alanı yoğunluğu.

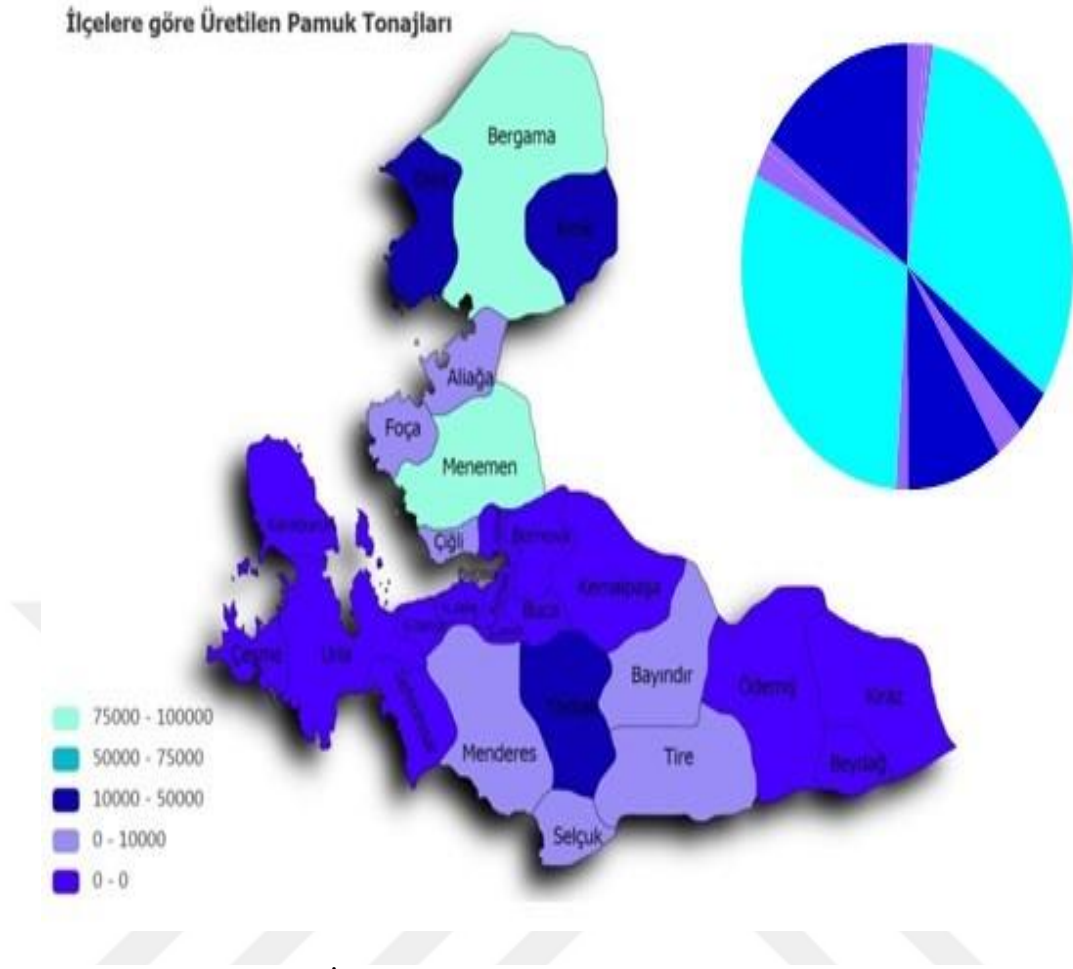
İzmir de en yoğun üretimi gerçekleşen ürünler ; pırasa, mısır, satsuma mandalina, incir, kestane, hıyar, kiraz, biber, üzüm, patates, karpuz, biber, pamuk, kavun, buğday, zeytin, domates, ıspanak ve karnabahardır. Şekil 4.2 ,Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 ‘de sırasıyla mısır , patates ve pamuk tonajları ilçelere göre verilmiştir.



Şekil 4.2 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam mısır slajı tonajı.



Şekil 4.3 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam patates tonajı.

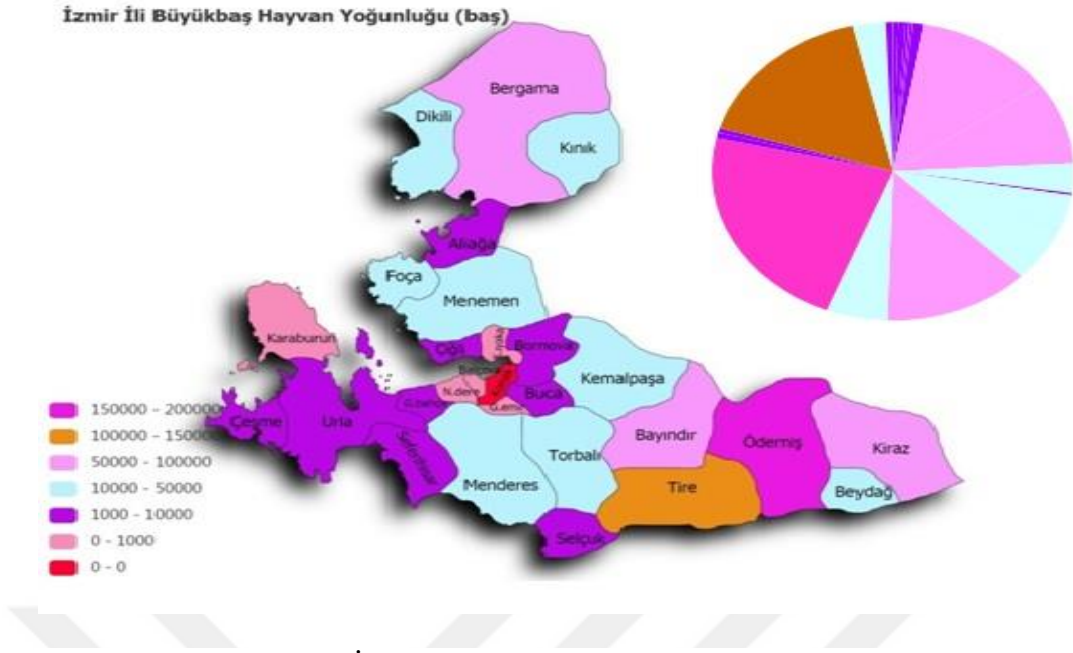


Şekil 4.4 : İzmir ili ve ilçelerinde işlenen toplam pamuk tonajı.

4.2 İzmir İlinin İlçelere Göre Hayvan Sayısı Yoğunluğu

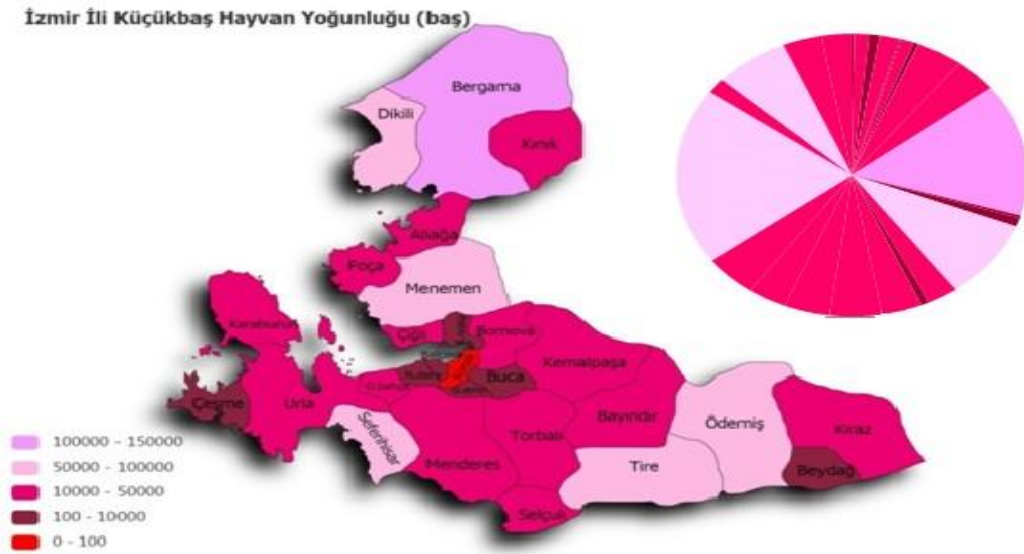
İzmir de büyükbaş, kümes ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği belirli oranlarda yapılmaktadır. İzmir de toplam 785.608 büyükbaş, 1.057.099 küçükbaş ve 21.528.088 kümes hayvan varlığı vardır (Tuik, 2020).

İzmir İlin de büyükbaş hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı yerler Ödemiş, Tire, Kiraz, Bayındır, Bergama (172550-67880 baş) arasında, Kemalpaşa, Beydağ, Foça, Dikili, Kınık, Menderes, Menemen, Torbalı (35099-10280 baş) arasında , merkez ilçeler ve Aliğa, Bayraklı, Çeşme, Karabağlar, Karaburun, Seferihisar, Selçuk, Urla (10000 altında baş) hayvan üretimi yapmaktadır. Şekil 4.5’de İzmir ili ve ilçelerinde bulunan toplam büyükbaş hayvan sayısı verilmiştir.



Şekil 4.5 : İzmir ili ve ilçelerinde toplam büyükbaş sayısı.

Küçükbaş hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı yerler Karaburun , Seferihisar, Menemen ve Kemalpaşa (18538-30277 baş) arasındadır. Kınık, Bergama, Menderes ve Ödemiş (14750-12107 baş) arasında , Merkez ilçeler ve Bayraklı, Çeşme, Foça, Beydağ, Kiraz, Aliağa, Bayındır, Karabağlar, Selçuk, Tire, Torbalı (10000 baş)altında küçükbaş hayvan üretimi yapmaktadır. (T.C Tarım Ve Orman Bakanlığı İzmir İl Tarım Ve Orman Müdürlüğü 2018) Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de İzmir ili ve ilçelerinin toplam küçükbaş ve kümes hayvan sayısı verilmiştir.



Şekil 4.6 : İzmir ili ve ilçelerinde toplam küçükbaş sayısı.

Kümes hayvancılığının yoğun olarak yapıldığı yerler Kemalpaşa, Foça, Torbalı, Bergama, Kınık, Menemen, Tire (5925500-1100000 adet) arasında, merkez ilçeler ve Beydağ, Ödemiş, Bayındır, Aliağa, Bayraklı, Çeşme, Dikili, Kınık, Urla, Menderes, Seferihisar, Selçuk (1000000 adet altında) kümes hayvanı üretimi gerçekleştirmektedir.



Şekil 4.7 : İzmir ili ve ilçelerinde toplam kümes hayvan sayısı.

4.3 İzmir İlinin Bitkisel Atık Kapasitesine Göre Biyogaz Potansiyeli

İzmir ilinde yetişen farklı tarımsal atıkların ısıl değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : İzmir ilinde tarla bitkileri üretimine bağlı olarak elde edilebilecek toplam ısıl değerleri (İzmir Tarım İl Müdürlüğü, 2010., Başçetinçelik vd.,2003).

	Üretim ton/yıl	Atık potansiyeli ton/yıl	Kullanılabilir atık miktarı ton/yıl	Toplam ısıl kapasitesi GJ/yıl
Ayçiçeği	3.000	8.104	4.863	115.081
Buğday	208.224	217.419	32.613	3.891.792
Pamuk	119.976	131.868	79.121	2.400.001
Tütün	4.105	9.298	5.579	149.691
Yulaf (ot)	4.891	4.867	730	84.680
Mısır	1.941.449	4.367.080	2.620.248	80.790.980
Yulaf (dane)	4.069	4.049	607	70.458
Çavdar	1.684	2.381	357	41.662
Arpa	31.840	34.270	5.141	599.730
Toplam				88.141.699

Sucul bitkiler, diğer otlar, çim ve çimen, hayvan yemi olarak değerlendirilmemektedir. Bu ürünlerden meydana gelebilecek enerji kapasitesinin yaklaşık olarak 88.150.000 GJ/yıl olduğu dikkat çekmekle birlikte enerji tarımı ve ormancılığı bu ürünleri gözardı etmektedir.

4.4 İzmir İlinin Hayvansal Atık Kapasitesine Göre Biyogaz Potansiyeli

4.4.1 İzmir ili hayvansal atık miktarının hesaplanması

İzmir İli hayvansal atık miktarları belirlenen hayvan sayılarına göre formül 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.2’de İzmir ilinde bulunan hayvan sayıları ve atık miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.2 : İzmir ili hayvan sayıları ve atık miktarları (Tuik, 2020).

Hayvan Tipi	Toplam	Ton/yıl
Sığır (büyükbaş)	785.608	10.753.009
Koyun ve Keçi (küçükbaş)	1.057.099	771.682
Broiler tavuk	14.868.305	1.031.117
Yumurtalık tavuk	5.918.680	280.841

Hayvan türlerine ve sayılarına bakıldığında en fazla atık oluşturan tür büyükbaş hayvan olarak görülmektedir. Toplam değerler göz önüne alınarak bir değerlendirme yapıldığında en çok atık 10.753.009 ton. dışkı/yıl büyükbaş hayvanlar, 1.311.958 ton.dışkı/yıl ile kanatlılar ve en az 771.682 ton.dışkı/yıl ile küçükbaş hayvanlar oluşturmaktadır.

Kanatlı hayvan sayılarının büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayılarına oranla yaklaşık 11 kat daha fazla olmasına karşın oluşturduğu atık miktarı az olmasından dolayı günlük atık oluşturmada sonlarda yer almaktadır.

4.4.2 İzmir ili hayvansal atıklarının kuru madde miktarının hesaplanması

İzmir İli hayvansal atık kuru madde miktarı hesaplanmasında formül 3.2 kullanılarak aşağıdaki Çizelge 4.3 hesaplanmış ve oluşturulmuştur.

Çizelge 4.3 : İzmir ili hayvansal atık kuru madde miktarları.

Hayvan Tipi	Ton /yıl	Ton.KM/yıl
Sığır (büyükbaş)	10.753.009	806.475
Koyun ve Keçi (küçükbaş)	771.682	30.095
Broiler tavuk	1.031.117	357.282
Yumurtalık tavuk	280.841	97.311

Hayvansal atık kuru madde miktarına bakıldığında yıllık kuru madde atık miktarı en fazla yine büyükbaş hayvanlardadır. Ancak kuru madde miktarı hesaplamada en önemli faktör olan yüzde toplam kuru madde miktarı ve yüzde toplam kullanılabilirlik yumurtalı tavuklarda daha çok olmasından kaynaklı küçükbaş göre kuru madde miktarı yumurtalı tavuk da daha yüksek çıkmaktadır.

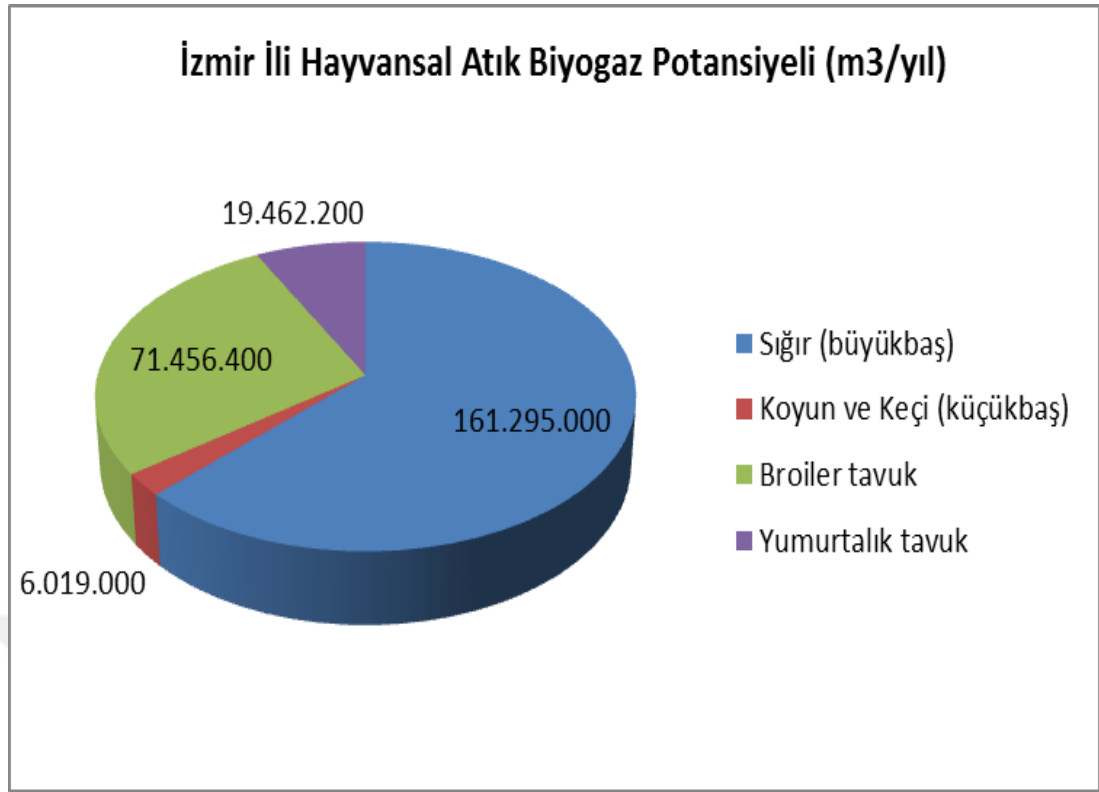
4.4.3 İzmir ili hayvansal atıklara göre m³ biyogaz potansiyelinin hesaplanması

İzmir ili hayvansal atık miktarının m³ biyogaz potansiyeli formül 3.3 kullanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.4 ve Şekil 4.8’de hayvansal atık biyogaz potansiyeli verilmiştir.

Yapılan hesaplamalarda biyogaz miktarı 1 ton hayvansal katı atıktan 200 m³ ‘dür ve oluşan bu biyogazın ısı değeri de 22.7 MJ/m³ olarak kabul edilmiştir (Acaroğlu 2007, Başçetinçelik vd. 2007, Onurbaş Avcıoğlu 2010).

Çizelge 4.4 : İzmir ili hayvansal atık biyogaz potansiyeli.

Hayvan Tipi	Ton.KM /yıl	m ³ /yıl
Sığır (büyükbaş)	806.475	161.295.000
Koyun ve Keçi (küçükbaş)	30.095	6.019.000
Broiler tavuk	357.282	71.456.400
Yumurtalık tavuk	97.311	19.462.200



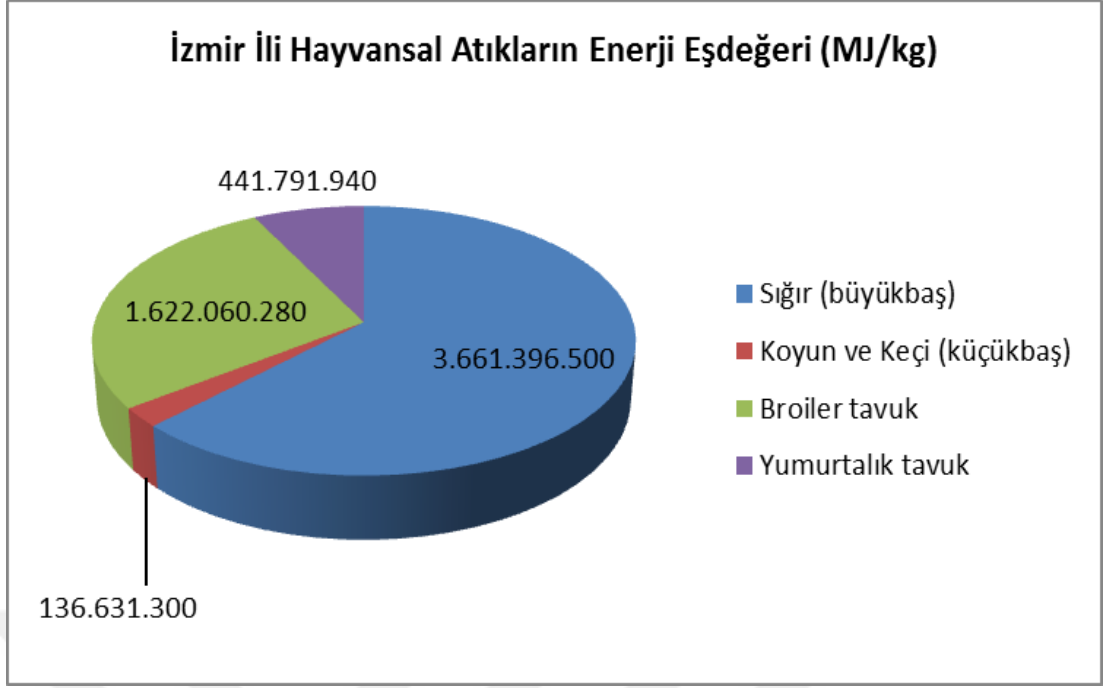
Şekil 4.8 : İzmir ili hayvansal atık biyogaz potansiyeli.

4.4.4 İzmir ili hayvansal atıklara göre enerji eşdeğerinin hesaplanması

İzmir ili hayvansal atıkların yıldaki m³ biyogaz potansiyeli ve 1 m³ /yıl ısı değeri kabulü yapılarak hayvansal atıkların enerji eşdeğerleri formül 3.4 kullanılarak hesaplanmıştır ve Çizelge 4.5 ve Şekil 4.9'da hayvansal atıkların enerji eşdeğeri verilmiştir.

Çizelge 4.5 : İzmir ili hayvansal atıkların enerji eşdeğeri.

Hayvan Tipi	m ³ /yıl	MJ/kg
Sığır (büyükbaş)	161.295.000	3.661.396.500
Koyun ve Keçi (küçükbaş)	6.019.000	136.631.300
Broiler tavuk	71.456.400	1.622.060.280
Yumurtalık tavuk	19.462.200	441.791.940



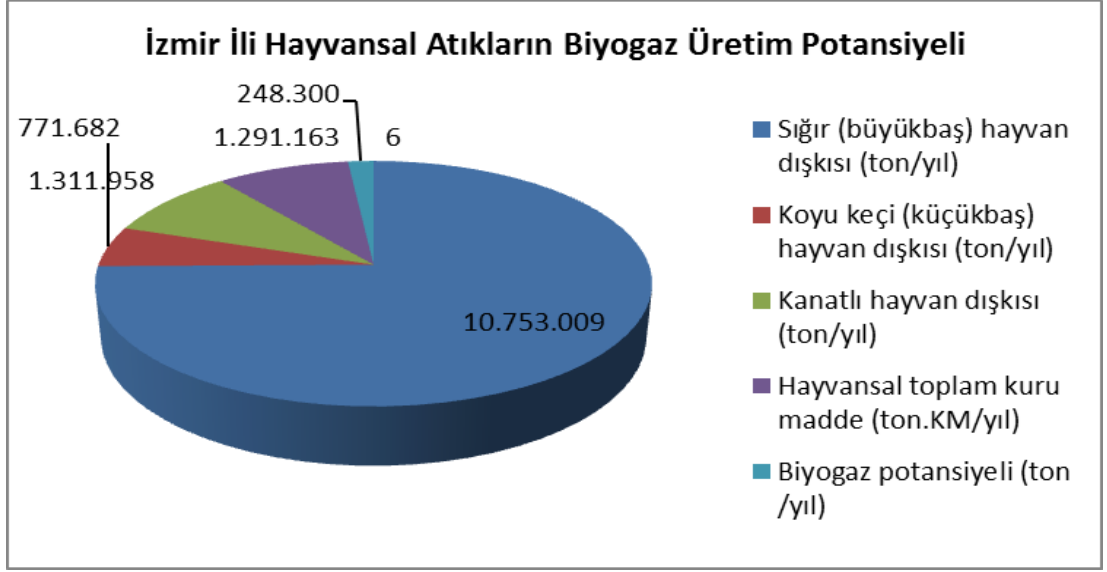
Şekil 4.9 : İzmir ili hayvansal atıkların enerji eşdeğeri.

Bu değerler ve kabuller doğrultusunda İzmir ilinde oluşan yıllık hayvansal atık miktarları ve bu oluşan atıkların hepsinin biyogaz tesisinde değerlendirilmesi sonucunda üretilen ısı ve elektrik miktarları aşağıdaki Çizelge 4.6 ve Şekil 4.10’da belirtilmiştir.

Çizelge 4.6 : İzmir ili hayvansal atıkların biyogaz üretim potansiyeli.

Üretim	Toplam değerler
Biyogaz potansiyeli (m ³ /yıl)	258.232.600
Koyu keçi (k. baş) hayvan dışkısı (ton/yıl)	771.682
Kanatlı hayvan dışkısı (ton/yıl)	1.311.958
Hayvansal top. kuru madde (ton.KM/yıl)	1.291.163
Sığır (büyükbaş) hayvan dışkısı (ton/yıl)	10.753.009
Enerji eşdeğeri (MJ/kg)	5.861.880.020

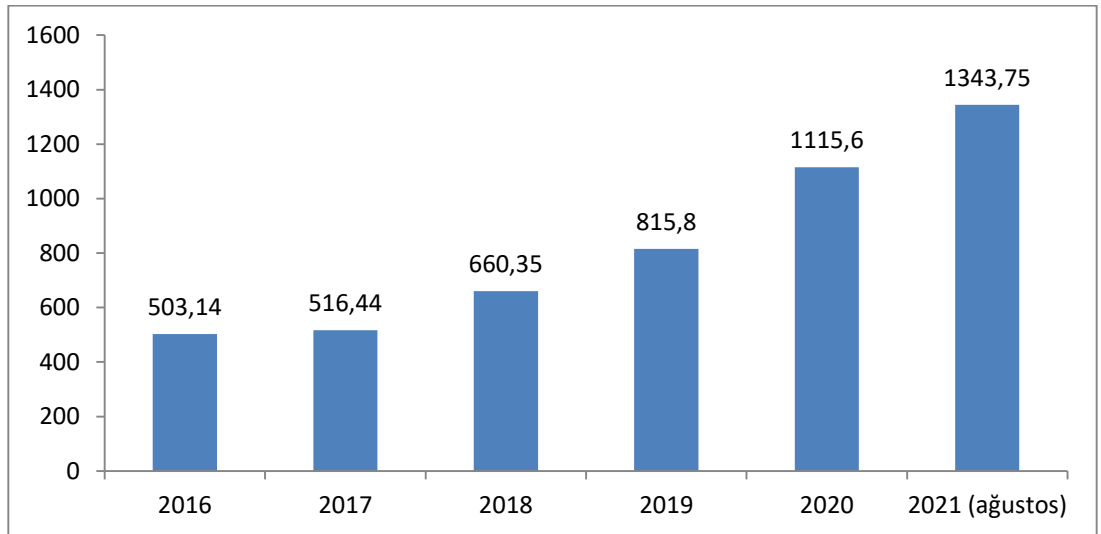
İzmir ilin de hayvansal atıklardan elde edilebilecek enerji miktarı tabloda görüldüğü gibi 5,86 PJ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.10 : İzmir ili hayvansal atıkların biyogaz üretim potansiyeli.

4.5 İzmir İli Biyogaz Potansiyelinin Türkiye Ekonomisine Katkısı

Türkiye'nin kurulu biyogaz gücü 2016 yılı sonunda 503,14 MW'dır. Buda mevcut kurulu gücün %0,6'sını oluşturmaktadır. Türkiye'nin biyogaz alanında yapmış olduğu yatırımların artması sonucunda biyogazın kurulu gücü 2020 yılının sonunda 1115,6 MW'a ve kurulu güçteki payı %1,2 'ye çıkmıştır. Türkiye'de şuan da üretim faaliyetinde bulunan 275 tane biyogaz santrali mevcuttur. İzmir'de ise toplam 203,5 MW'lık potansiyele sahip biyogaz santrali kurulumu yapılabilir. Ancak bunun çok az bir kısmı kurulmuş ve işletilmektedir (EPDK Aylık Raporları). Şekil 4.11'de Türkiye'nin kurulu biyogaz gücü verilmiştir.



Şekil 4.11 : Türkiye'nin kurulu biyogaz gücü.

İzmir’de faaliyette bulunan biyogaz tesisleri ve enerji miktarları;

Ödemiş Biyogaz Üretim Tesis



Şekil 4.12 İzmir ödemiş biyogaz tesisi

Tesis de toplam 10 adet reaktör bulunmaktadır ve kurulu gücü 4,8 kWe ‘dir. Yaklaşık olarak 1200 ton /gün atık işleme kapasitesine sahiptir. Genellikle hayvansal atık ve bitki atıkları kullanılmaktadır.

Halilbeyli Biyogaz Enerji Santrali



Şekil 4.13 İzmir halilbeyli biyogaz tesisi

Tesis de 4 adet reaktör bulunmaktadır ve kurulu gücü 6,1 kWe ‘dir. Tesiste atık olarak sığır , tavuk ve bitkisel atıklar kullanılmaktadır. İstendiği takdirde mezbaha kan atıkları da tesis de işlenebilmektedir.

Tire Biyogaz Elektrik Santrali



Şekil 4.14 İzmir tire biyogaz tesisi

Tesis de 3 adet reaktör bulunmaktadır ve kurulu gücü 4,9 kWe ‘dir. Tesiste atık olarak sığır , tavuk ve bitkisel atıklar kullanılmaktadır.

Foça Biyogaz Enerji Santrali



Tesis de 4 adet reaktör bulunmaktadır ve kurulu gücü 3,2 kWe 'dir. Tesiste atık olarak sığır , tavuk atığı ve yumurta atıklar kullanılmaktadır. Yaklaşık 13 bin ton/yıl katı gübre ve 22.407.000 kWh /yıl elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Şekil 4.15 İzmir foça biyogaz tesisi

Tire Biyogaz Elektrik Santrali (Sütaş)



Tesisin kurulu gücü 4,2 MW dan 6,4 MW 'a çıkarılmıştır. Günde yaklaşık 800 ton atık işlenecek ve Tire atıksu arıtma tesisi çamurları da burada işlenecektir.

Şekil 4.16 İzmir tire (sütaş) biyogaz tesisi

Foça Cezaevi Biyogaz Tesisi



Tesisin kurulu gücü 250 kWe 'dir. Tesiste atık olarak sığır ve manda atığı kullanılmaktadır. Ancak tesis tam kapasite olarak çalışmalarına devam edememektedir.

Şekil 4.17 İzmir foça cezaevi biyogaz tesisi

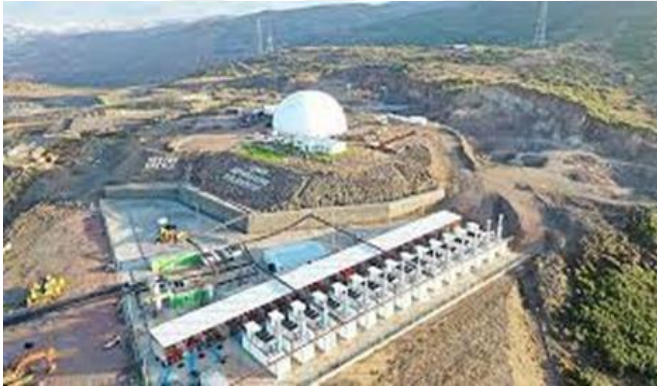
Harmandalı Biyogaz Tesisi



Tesisin kurulu gücü 15 megawatt dan 32,34 megawatt'a çıkarılmıştır. Tesiste atık olarak genelde evsel atıklar kullanılmaktadır. Yaklaşık 840 ton/gün atık kabulü yapılmakta ve 323.000.000 kWh /yıl elektrik enerjisi elde edilmektedir. Yıllık 190 bin hanenin enerjisini karşılamaktadır.

Şekil 4.18 : İzmir harmandalı biyogaz tesisi.

Bergama Biyogaz Tesisi



Tesisin kurulu gücü 4,2 MWe 'dir. Tesisin atık kapasitesi 840 ton/gün'dür. Ancak tesis şuan tam faaliyete geçmemiştir.

Şekil 4.19 : İzmir bergama biyogaz tesis.

Menderes Biyogaz Tesisi



Tesisin kurulu gücü 1,4 MWe 'dir. Tesisin atık kapasitesi 1600 ton/gün 'dür. Ancak tesis şuan tam faaliyete geçmemiştir.

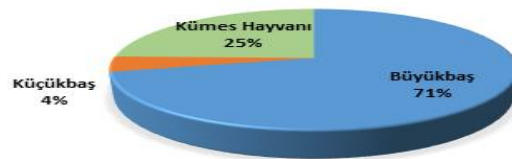
Şekil 4.20 : İzmir menderes biyogaz tesisi.

İzmir’de 39.01 MW kurulu güce sahip faaliyette bulunan 7 adet biyogaz tesisi mevcuttur. Bulunan 9 adet biyogaz tesisinden 7’si aktif olarak çalışmakta ve bu çalışanların da 6’sı prosesin de bölgede bulunan çiftliklerden temin edilen hayvansal atıklar ve bitkisel atıkları kullanmaktadır. Atık depolama sahasındaki mevcut ve gelen organik atıkları İzmir Harmandalı biyogaz tesisi (Kapasite: 32,34 MW) enerjiye çevirmektedir. İzmir ilin de aktif olarak kullanılan bu biyogaz tesislerinin haricinde bazı firmalarda kendi bünyelerinde atıksularından veya başka atıklarından biyogaz eldesi gerçekleştirmektedir.

Biyogaz üretiminde hayvansal atıklar büyük bir paya sahiptir. Bu durumun nedeni ülkemizde hayvancılığın fazlaca yaygın olması ve hayvancılıktan oluşan hammaddeye kolay ve sürekli iletişimin sağlanmasıdır. Hayvansal atık kullanımını bu denli önemli kılan diğer sebepler ise hayvansal atıkların çevreye olan etkilerinin büyük ölçüde yok edilebilmesi ve tarımda hazır gübrenin direkt kullanılabilen hale getirilmesi için üretim prosesinin tamamlanmasıdır. Hayvan atıklarının biyogaz sisteminde bu denli önemli olmasıyla hayvan çokluğunun fazlaca olduğu ve büyük kapasiteli hayvan çiftliklerinin bulunduğu alanlarda biyogaz santrali kurulması ekolojik faydanın yanında ekonomik fayda da sağlayacaktır.

Tüik 2020 yılı verilerine göre; İzmir sınırları içerisinde toplam 785.608 büyükbaş, 1.057.099 küçükbaş ve 20.786.985 kümes hayvanı bulunmaktadır. Ülkemizdeki hayvan varlığının yaklaşık büyükbaş da %4,3’ü, küçükbaş da %19,5’i ve kümes hayvanında ise %5,95’i İzmir’de bulunmaktadır. Eldeki veriler doğrultusunda İzmir’in hayvansal atıktan biyogaz, elektrik ve gübre üretimi konusunda çok büyük bir güce sahip olduğu görülmektedir.

İzmir’deki hayvan türüne göre biyogaz miktarı araştırıldığında; oluşan biyogaz potansiyelinin %71’ini büyükbaş hayvanlar, %25’ini kümes hayvanları, %4’ünü de küçükbaş hayvanlar sağlamaktadır. Şekil 4.21’de kaynaklara göre biyogaz potansiyeli dağılımı verilmiştir.



Şekil 4.21 : Kaynaklara göre biyogaz potansiyeli dağılımı.

Bu hesaplamalar doğrultusunda ; hayvansal kaynaklı atıklardan 1.627.777,77 MWh/yıl İzmir ilinde elektrik enerjisi üretimi için potansiyel bulunmaktadır. Bir adet elektrik santralinin ortalama olarak yılda 8.000 saat çalışacağı kabul edildiğinde , toplam 203,5 MW'lık bir biyogaz santrali kurulum potansiyeli İzmir ili için mevcuttur. Bu potansiyelin sadece %28'lik bölümünü inşa edilen ve faaliyette olan biyogaz santralleri oluşturmaktadır. İlaveten santrallerdeki prosesler sonucunda arazilerde kullanım için hazır gübre eldesi yaklaşık 1.400.000 ton/yıl dır.

Bu bilgiler doğrultusunda İzmir de oluşan hayvansal atıklardan üretilcek biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi, hem ülkemizin enerji ihtiyacında dışa bağımlılığı büyük oranda azaltacak hem de azaltacağı gibi istihdam oluşacak ve oluşan istihdam sayesinde ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Avantajlara ilave olarak çevresel sorun oluşturan hayvansal atıkların biyogaz santrallerinde kullanılarak bu sorunda çözüm olacağı aşikârdır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyanın bir çok ülkesinde değerlendirilmekte olan biyogaz ,yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Aile tipi bireysel üretim genellikle Hindistan ve Çin gibi Asya ülkelerinde kullanılırken, üreticilerin birlik olarak kooperatifleşme ile sanayi üretimi mantığında ise Finlandiya, Almanya ve Avusturya gibi Avrupa ülkelerinde kullanılmaktadır.

Biyogaz üretiminde genellikle hayvansal atıklardan yararlanılmaktadır. Ancak bitkisel atıklar ve diğer atıkların enerjiye katkısı da bir hayli fazladır. Yaşanan iklim değişiklikleri temiz enerjinin önemini daha da artırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelmeyi sağlamaktadır.

Türkiye'nin, enerji de büyük oranda dışa bağımlı olduğu düşünülürse yenilenebilir enerji kaynaklarına olan bakış açısını değiştirerek daha fazla bu alanda çalışarak ve teşvikler sağlayarak enerji bağımlılığını bir nebze de olsa azaltması mümkün görülmektedir.

Ülkemizde 1980'lerde yenilenebilir enerji kaynaklarına çok ilgi gösterilerek daha sonra uzaklaşmıştır. Şuan ise biyogazın tekrar değeri fark edilerek yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yere sahip olmuştur. İzmir ili de hem hayvan sayısı , hem de ekili dikili arazisinin çok olması sebebiyle biyogaz üretim potansiyelinin en yüksek olduğu iller arasında yer almaktadır. İzmir ilinde yetiştirilen büyükbaş, küçükbaş, kümes hayvancılığı ve bitkisel ürünlerin mevcut eldeki istatistiksel verileri kullanılarak ve belirli bir bilimsel çerçevede hesaplanabilecek biyogazın üretim potansiyeli, enerji eşdeğerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Biyogaz tesislerinde kullanılacak olan atıkların tesise olan uzaklığının 10 km'yi geçmemesinin uygun olacağı taşıma masraflarından dolayı düşünülmektedir (Elazığ Fizibilite Raporu, 2021).

Taşıma maliyeti 20 ton kapasiteli araçlar ile yıllık veya aylık toplam sefer sayısı ve kilometresi hesaplanarak belirlenen yakıt bedeli üzerinden maliyet analizi yapılabilir (TPA2/18/TD/001 Projesi).

Hayvansal üretimin yaygın olarak yapıldığı İzmir de toplam 12.836.649 ton/yıl hayvansal atık oluşmaktadır. Oluşan bu atıkların kuru madde miktarına bakıldığında 1.291.163 ton/yıl olduğu gözükmemektedir ve bu kuru maddenin de enerji eşdeğeri 5,86 PJ olarak hesaplanmıştır.

İzmir ili bitkisel üretiminde ise biyogaz üretimi için en önemli yere sahip olan bitki artıkları pamuk ve mısır artıklarıdır. Pamuk bitkisinin üretimi 119.976 ton/yıl , kullanılabilir atık miktarı 79.121 ton/yıl ve enerji değeri 2.400.001 GJ/yıl . Mısır bitkisinin ise üretimi 1.941.449 ton /yıl , oluşan kullanılabilir atık miktarı 2.620.248 ton /yıl ve enerji eşdeğeri ise 80.790.980 GJ/yıl 'dır. İzmir de yetişen bitkilerden elde edilen toplam enerji miktarı ise 88.141.699 GJ/yıl 'dır. Bu demek oluyor ki bitkisel atıkların da enerji değeri azımsanmayacak kadar fazladır.

Bitkisel ve hayvansal üretimin yapıldığı İzmir de yapılan tahmini hesaplamalara göre yaklaşık 94 PJ'lük enerji potansiyelinin olduğu belirlenmektedir. Elde edilecek olan biyogaz enerjisi sıcak su eldesin de , yemek pişirmede ve ısınmada kullanılmaktadır. Atıklardan elde edilen biyogaz çevresel ve ekonomik bir enerji olarak değerlendirilmektedir. Biyogaz tesisinin en önemli katkılarından birisi tesisin çıkışında oluşan gübrenin kullanılabilir özellikte organik gübre olması ve çevreye olan faydalarıdır. Organik olan bu gübrenin kullanımı kimyasal gübre kullanımını azaltacaktır.

İzmir'de yüksek olan biyogaz potansiyeli teknolojik ve ekonomik gelişmelerle daha da artma eğiliminde olacaktır. Mesela özel yetiştirilen enerji bitkilerinin devreye girerek tesislerin karlılık oranlarını arttırması sağlanabilecek.

Yörede yoğun olarak bitkisel ve hayvansal üretimden kaynaklı çok fazla kimyasal ilaçlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu ilaçlar yağmurlar, bitki artıkları ve hayvan idrarlarıyla birlikte yeraltı sularına karışarak yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Ancak biyogaz tesislerinin kurulması, bu tesislerin bitkisel ve hayvansal artıkları kullanması ağır ilaç kalıntılarını yok ederek çevre ve insan sağlığını koruma görevini yerine getirmiş olacaktır.

Biyogaz tesislerinin kurulacağı bölgede önce fizibilite çalışmaları yapılarak tesis ölçeği belirlenmeli bu tesisin daha etkin ve verimli çalışması açısından önemlidir. Çünkü ilk yatırım maliyeti sebebiyle sistemi pahalı bir alternatif enerji kaynağı

olarak nitelendirmektedir. Ancak sistemin düzgün seçilmesi, yetkin kişilerce işletilmesi yapılan yatırım maliyetinin kısa sürede kazanılacağını göstermektedir.

Ülkemizde biyogaz tesislerinin artması teknolojik gelişmelerin ve istihdamın artmasını da sağlayacağından ülke ekonomisine büyük katkıda bulunacağını göstermektedir.

Enerji konusunda büyük oranda dışa bağımlı olduğumuzdan yenilenebilir enerji kaynaklarını en verimli şekilde kullanarak dışa olan bağımlılığımızı azaltmamız geleceğimiz açısından önemlidir.



KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M.** 2007. Alternatif Enerji Kaynakları Ankara.
- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Finsterwalder, T., Köttner, M., Volk S., Janssen, R.,** “Biogas Handbook”, *University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark*, (2008).
- Badem, Anıl** 2017. Erzincan İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi.
- Başçetinçelik, A. Öztürk, A. Ve Karaca, C.** 2007. Türkiye’de Tarımsal Biyokütleden Enerji Üretimi Olanakları. IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Kayseri.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H., Karaca, C., Kaçira, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., Güneş, K., Komitti, N., Barnes, I., Nieminen, M.** 2003. “A Guide on Exploitation of Agricultural Residues in Turkey)”
- Biyoder** <https://biyoder.org.tr/biyoenerji/biyokutle/tarimsal-atiklar/>
- Bouallagui H., Touhami Y., Cheikh R.B. and Hamdi M.,** “Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes”, *Process Biochemistry*, 40: 989–995 (2005).
- Buğutekin, A.** 2007. Atıklardan Biyogaz Üretiminin İncelenmesi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 157 syf., İstanbul .
- Cole, David.** 2022. “Raising the Profile of Gas Buses.” 2022. <https://www.busandcoachbuyer.com/bus-hound-reading/>.
- Çalli, B.** 2012. Atıklardan Biyogaz Üretimi. Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü yayınları
- Deublein, Dieter; Angelika, Steinauser.** (Eds.), *Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction*. Wiley VCH Verlag, Germany, 2008.
- Elazığ İli Biyogaz Üretim Tesisi Ön Fizibilite Raporu ,** 2021 Şubat
- EPDK , :** Enerji Piyasası Denetleme Kurulu Aylık Raporları .
- Ersöz , T. Türkoğlu Elitaş, M.&Ersöz, F.** (2015) Oecd Ülkelerinde Biyokütle Enerji Üretiminin Çok Boyutlu Ölçekleme Analizi İle İncelenmesi. *Tübav Bilim Dergisi*, 8(3), 1-11.
- Eryaşar , A.** 2007 Kırsal Kesime Yönelik Bir Biyogaz Sisteminin Tasarımı, Kurulumu Testi ve Performansına Etki Eden Parametrelerinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 302 syf. , İzmir

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Yatırımlar Dairesi Başkanlığı “*Türkiye Elektrik Yatırımları 2020 Yılı Ocak Ayı Özet Raporu*”.

Gasum. 2022. “No Title.”2022. <https://www.gasum.com/gasum-yurityksena/medialle/uutiset/2018/lahteen-avautuu-jo-toinen-gasumin-kaasutankkausasema--palvelee-myos-raskasta-liikennetta/#>.

Gülen, Jale; Hanife , Arslan. “Biyogaz” Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2005, 121-129 syf.

Gürel, Aydın; Zeynep, Senel. “Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi”, *Uluslararası II. Trakya Bölgesi Kalkınma-Girişimcilik Sempozyumu*, Kırklareli üniversitesi ĞĖBF, Kırklareli 1-2 Ekim 2010, 123-133, Kırklareli-Ğğneada 2010.

İZKA , İzmir Kalkınma Ajansı İzmir’de Biyogaz Ve Organik Gübre Üretimi Potansiyeli.

İzmir Tarım İl Müdürlüğü, 2010. “2010 Yılı Tarımsal Yapı İstatistikleri: İlçelere Göre Tarla Ürünleri Ekiliş, Üretim ve Verim,”

İzmir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2018 Arazi Dağılımı.

İzmir Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, 2019 Organik ve İyi Tarım Üretici Sayıları.

Kampeis, P. 2011. International Flow Management Biomass Laboratory Notes 2010/11 Sustainable Waste Management , IfaS, Germany.

Koçer Nacar vd. 2006 Türkiye’de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz Üretimi .Fırat Üniversitesi, Doğu Anadolu Araştırmaları Merkezi, Doğu Anadolu Araştırmaları syf.17-20 , Elazığ.

Lampinen, A. 2007. Biogas Developments in Finland. Baltic States Seminar On Bioenergy, Estonia.

Marchaim, U., “Biogas Processes for Sustainable Development”, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, (1992).

Martineau, V., Worley, J., “ Intorduction to Biogas”, Rosalie Forest Eco Lodge ECOFEST, Dominica, (2009).

Onurbaş , 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.

Onurbaş Avcıoğlu, A. 2010. Tavukçuluk Atıklarından Biyogaz Eldesi ve Kullanım Olanakları. Tavuk Gübresinin İşlenerek Değerlendirilmesi Semineri, Hollanda Kraliyet Ankara Büyükelçiliği Tarım Müşavirliği ve BESD-BİR, 2010 Ankara.

Öztürk, B 2019 Aydın İli Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi.

Rutz, D., Canssen, R. 2007. Biofuel Technology Handbook WIP Renewable Energies, pp 114 , Germany.

T.C Tarım Ve Orman Bakanlığı, İzmir İl Tarım Ve Orman Müdürlüğü 2018 “Technology Roadmap-Bioenergy for Heat and Power”, International EnergyAgency(IEA),(2012),http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_Bioenergy_Roadmap_2nd_Edition_WEB.pdf f, (Erişim tarihi: 28 Eylül 2016).

- TEG, İllez** https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-2020-13_%20Biyok%C3%BCtle%20Enerjisi%20_B%C3%BClent%20%C4%B0llez.pdf
- TPA2/18/TD/001 Projesi** ,Sarıkamış ve Arpaçay İlçelerinde Biyogaz Tesisinin Kurulmasına Yönelik Ön Araştırma Raporu.
- TÜİK, 2019** İzmir İli Tarla Bitkileri, Sebzeler, Meyveler, Süs Bitkileri.
- TÜİK, 2021** İzmir İl Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım ve Tarıma Dayalı Sanayi İşletme Sayısı .
- TÜİK, 2020** İzmir İli Hayvan Sayıları ve Atık Miktarları ve Hayvan Varlığı.
- Yiğit , N. 2007.** Peyniraltı Suyundan Sürekli Sistemde Biyogaz Üretimi için En Uygun Koşulların Belirlenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Yokuş, İ. 2011** Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Aslıhan TEMEL OFLAZ

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2023, Bursa Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Program