

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	1
KISALTMALAR	3
TERMİNOLOJİ.....	4
1. GİRİŞ.....	5
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	6
2.1. Hayvancılık Sektörü	6
2.1.1. Türkiye’de ve Dünyada Hayvancılık.....	6
2.1.1.1. Büyükbaş Hayvancılık.....	6
2.1.1.2. Küçükbaş Hayvancılık.....	7
2.1.1.3. Kümes Hayvancılığı	7
2.1.1.4. Kesimhaneler/Mezbahalar	7
2.1.2. Aydın’da Hayvancılık	8
2.2. Hayvan Atıkları	9
2.2.1. Atıkların Tanımı ve Miktarı	9
2.2.2. Çevresel Etkileri	11
2.2.3. Atıkların Yönetimi.....	12
2.3. Enerji ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları	13
2.3.1. Biyogaz Üretimi	15
2.3.1.1. Proses Tanımı	15
2.3.1.2. Kullanılan Maddeler (Substratlar).....	17
2.3.1.3. Hayvan Atıkları Üretim Miktarları.....	20
2.3.2. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Teknolojiler	21
2.3.3. Hayvan ve Kesimhane Atıklarından Biyogaz Üretimi	23
2.3.4. Türkiye’den ve Dünyadan Örnekler	27
2.3.5. Biyogazdan Enerji Üretimi.....	31
2.4. Organik Gübre Üretimi.....	31
3. YASAL MEVZUAT	35
3.1. Atık Yönetmelikleri.....	35
3.2. Enerji Yönetmelikleri	36
3.3. Gübre Yönetmeliği	38
3.4. İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği.....	39
3.5. Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği.....	39
3.6. Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği	40
3.7. Avrupa Birliği Mevzuatları ile Uyumluluk	41
4. SAHA ve ENVANTER ÇALIŞMALARI.....	42
4.1. Saha Çalışmaları.....	43
4.2. Envanter Çalışması.....	48

4.2.1.	Bölgedeki Hayvancılık İşletmeleri	48
4.2.2.	Bölgedeki Hayvan Sayıları.....	52
4.2.3.	Bölgedeki Kesimhane Sayıları	55
5.	BÖLGEDEKİ ATIK MİKTARLARININ BELİRLENMESİ.....	56
6.	AYDIN İLİ ATIKTAN ENERJİ POTANSİYELİ	60
6.1.	Biyogaz Üretim Potansiyeli.....	60
6.2.	Gelir ve fayda hesaplamaları	64
7.	TESİS SENARYOLARI	65
7.1.	Batı Aydın Enerji Tesis Projesi	67
7.2.	Orta Aydın Enerji Tesis Projesi.....	68
7.3.	Doğu Aydın Enerji Tesis Projesi	69
8.	ATIK YÖNETİMİNİN ÇEVRESEL FAYDALARI	71
8.1.	Aydın'da Biyogaz Üretiminin Çevresel Faydaları	71
8.2.	Sera Gazlarının Çevre Üzerindeki Etkileri	72
9.	SONUÇLAR	74
	YARARLANILAN KAYNAKLAR	75

KISALTMALAR

- AB:** Avrupa Birliği
AB 27: Avrupa Birliği Üye Ülkeleri
A.B.D.: Amerika Birleşik Devletleri
AbPR: AB Hayvansal Yan Ürünler Mevzuatı
ADSYB: Aydın Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği
BOTAŞ: Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.
CHP: Birleşik (Kombine) Isı ve Enerji Santrali
DBFZ: Almanya Biyokütle Araştırma Merkezi (Deutches Biomasse Forchungs Zentrum)
DSİ: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
DPT: Devlet Planlama Teşkilatı
DüMV: Alman Gübre Yönetmeliği
DüV: Gübre Uygulamaları Yönetmeliği
EBRD: Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (European Bank of Reconstruction and Development)
EEG: Alman Yenilenebilir Enerji Yasası (The German Renewable Energy Act)
EPA AgSTAR : Çevre Koruma Ajansı AgSTAR Programı (Environmental Protection Agency's Program)
EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EWP: AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği (Energy White Paper)
IEA: Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
İSTAÇ: İstanbul Çevre Yönetimi Sanayi ve Ticaret A.Ş.
KM: Katı Madde
KTA: Kullanılabilir Tarım Arazisi
MIDSEFF: Orta Ölçekli Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (Mid-size Sustainable Energy Financing Facility)
OECD: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OKM: Organik Katı Madde
TCSEP: Türkiye ve Kafkas Ülkeleri Sürdürülebilir Enerji Projesi (Turkey and Caucas Countries Sustainable Energy Project)
TEDAŞ: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEP: Ton Eşdeğer Petrol
TETAŞ: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş.
TEÜAŞ: Türkiye Elektrik Üretim A.Ş.
TKİ: Türkiye Kömür İşletmeleri
TPAO: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TTK: Türkiye Taşkömürü Kurulu
TURSEFF: Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (Turkey Sustainable Energy Financing Facility)
Tübitak-MAM: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu-Marmara Araştırma Merkezi
TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu
YEK Belgesi: Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi

TERMİNOLOJİ

BOİ: Biyolojik Oksijen İhtiyacı

K: Potasyum

KOİ: Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Toplam N: Toplam Azot

Toplam P: Toplam fosfor

VFA: Uçucu Yağ Asitleri

CH₄: Metan

CO₂: Karbondioksit

g: gram

kg: kilogram

m²: metre kare

m³: metre küp

kcal/yıl: yıllık kilo kalori miktarı

kW: kilowatt

kWh: kilowatt saat

kWh_e: Elektrik üretimi için kilowatt saat değeri

t: ton

TWh/yıl: 1 tera watt saat/ yıl= (10¹²) watt.sa/yıl

PJ/yıl: 1 petajul /yıl = 10¹⁵ Joule/yıl

Broiler: Etlik tavuk

Substrat: Besi

Digestat: Biyogaz üretimi sonrasında kalan çamurumsu madde

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji tüm toplumların temel ihtiyacı haline gelmiştir. Ekonomik ve sosyal kalkınma için; ucuz, güvenilir ve sürdürülebilir fiyattan temiz enerji talebinin karşılanması zorunludur. Bununla birlikte küresel enerji sektörünün yapısı, bütün arz ve talep zinciri tamamen çevresel faktörlerle şekillenmeye başlamıştır. İklim değişikliği dünyanın yeni rotasını tüm politakalarında olduğu gibi enerjide de çizmektedir.

Günümüzde dünya çapında enerji ihtiyacı ağırlıklı olarak kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıt kaynaklarından sağlanmaktadır. Ancak bu kaynaklar sınırlı olmaları nedeniyle kullanıma bağlı olarak hızla tükenmektedir. Bunların aksine rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, hidroenerji ve biyokütle gibi doğal kaynaklar, kendilerini yeniledikleri için tükenmeyen yani yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları arasında karbondioksit emisyonlarını azaltarak, çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına, istihdamın artmasına katkıda bulunmaları sayılabilir. Bu gibi özellikleriyle yenilenebilir enerji kaynakları kamuoyundan da büyük destek almaktadır.

Ülkemiz biyokütle potansiyeli açısından şanslı bir konumdadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle teknolojisi, teşviklerden dolayı son yıllarda giderek talep görmektedir. Biyokütle doğrudan yakılarak veya çeşitli süreçlerle yakıt kalitesi artırılıp, mevcut yakıtlara eşdeğer özelliklerde alternatif biyoyakıtlar (kolay taşınabilir, depolanabilir ve kullanılabilir yakıtlar) elde edilerek enerji teknolojisinde değerlendirilebilir. Atık biyokütle (hayvan dışkıları, orman ve tarım atıkları, belediye atıkları, vb.), geleneksel olarak dünyanın birçok yerinde yemek pişirmede ya da ısınmada kullanılmaktadır. Biyokütle kaynakları yakıt olarak doğrudan kullanılacakları gibi biyogaz, biyokarbon ve biyodizel üretimi için de oldukça elverişli ve yüksek potansiyele sahip ürünlerdir.

Aydın hayvansal üretim bakımından Türkiye'nin önemli illerinden biridir. Aydın'da tarımsal işletme olarak adlandırılan hane halkının %85'i bitkisel ve hayvansal üretimi birlikte yapmakta, yalnız hayvansal üretimde ihtisaslaşmış hane halkı sayısı da %15'lik bir kesimi oluşturmaktadır. Polikültür üretim yapısının ağırlıklı olduğu ilde hayvansal üretimde ihtisaslaşma düzeyi ve hayvan varlığı ekonomik kalkınmayı başarmak için önemli bir potansiyel olarak görülmektedir. Hızla gelişmekte olan hayvancılık işletmelerindeki modernleşme ve yoğun işletmecilik, bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Aynı zamanda önemli bir ekonomik potansiyel olan atıklar hayvan sayısı ile birlikte çevre için büyük sorun olmaktadır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan atıklar, potansiyel bir kirletici olarak yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirletebilecekleri, hava kirliliğine neden olabilecekleri gibi işletmecilere de finansal bir yük oluşturacaktır.

Bu proje kapsamında Aydın merkez ve 16 ilçesindeki hayvan çiftliklerine bağlı hayvan sayıları, türleri ve bunlardan kaynaklı atık miktarları belirlenerek Aydın İli'nin hayvan atıklarından enerji üretim potansiyeli hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ile il genelindeki atıkların enerji potansiyelleri ortaya konmuş, kurulabilecek tesis tip ve kapasiteleri ile bunların yatırım maliyetleri hesaplanmıştır. Projenin temel amacı, Aydın İli'nin mevcut hayvan atıklarından enerji üretim potansiyelinin belirlenerek bu yönde yapılacak tesis çalışmalarına yön çizmek ve yol göstermektir. Bu kapsamda hayvan dışkıları (büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanları) ve kesimhane atıkları, hayvan atıkları adı altında değerlendirilmiş ancak yapılan çalışmalarda kesimhane atıkları miktarının ihmal edilebilir düzeyde olduğu ortaya çıktığı için fizibilite çalışması sadece hayvan dışkıları üzerine yapılmıştır. Dolayısıyla terminolojik açıdan raporda hayvan atıkları, kesimhane atıkları dışındaki sadece hayvan dışkılarından kaynaklanan atığı ifade etmektedir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

2.1. Hayvancılık Sektörü

Gelişen ve değişen dünyada, geçmişten bugüne, insanoğlunun karşı karşıya kaldığı ve büyük bir ihtimalle, gelecekte de yaşayacağı en önemli sorunların başında yeterli ve dengeli beslenme gelmektedir. Bu olgu söz konusu olduğunda, hayvansal ürünler taşıdıkları biyolojik özellikleri nedeniyle vazgeçilmez ve diğer besin maddeleri ile ikame edilemez bir konumdadır. İnsan beslenmesinde en değerli ürün grubunu hayvansal kökenli ürünler (et, süt, yumurta, bal ve bunların ürünleri) oluşturmaktadır. İnsanların yeterli ve dengeli beslenmesinde önemli rolü bulunan hayvancılık sektörü; ulusal geliri ve istihdamı arttırmak, et, süt, tekstil, deri, kozmetik ve ilaç sanayi dallarına hammadde sağlamak, sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmak ve ihracat yoluyla döviz gelirlerini arttırmak gibi önemli ekonomik ve sosyal fonksiyonlara sahiptir.

Gelişmiş ülkeler, ulusal üretimde istikrarı sağlamak amacıyla, bitkisel ve hayvansal üretimi daha akılcı ve ekonomik politikalarla desteklemektedir. Söz konusu ülkeler, elde edilen üretim artışı ile aynı zamanda önemli birer ihracatçı ülke konumuna gelmiştir. Bu yüzyılda, tarımsal ve hayvansal besin maddelerinin üretimi, gelişmiş ülkelerin tekelinde daha stratejik bir konuma ulaşacak, aynı zamanda az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelere karşı politik ve ekonomik bir silah olarak da kullanılabilir. 6,9 milyara ulaşan dünya nüfusunun yeterli ve dengeli beslenmesinin vazgeçilmezi olan hayvancılık sektörü, dünyada hala yaklaşık 1 milyar kişinin aç olduğu, her yıl 7 milyon insanın açlıktan öldüğü ve bu miktarların sürekli artarak devam ettiği bir dönemde daha da önemli bir hale gelmektedir..

2.1.1. Türkiye’de ve Dünyada Hayvancılık

2.1.1.1. Büyükbaş Hayvancılık

Büyükbaş hayvancılık; sığırcılık (inek, öküz, dana, manda), at, eşek ve katır yetiştiriciliğini kapsayan hayvancılık dalıdır. Türkiye’de en çok yetiştirilen büyükbaş hayvan sığırdır. Sığırcılık, ülkede Cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren önemli bir üretim kolu olarak algılanmış ve hemen her zaman diğer hayvansal üretim kollarına göre daha fazla ilgi görmüştür. Öyle ki, özellikle son yıllarda, hayvancılık denildiğinde genellikle sığır yetiştiriciliği anlaşılır hale gelmiştir. Bunda, sığırın sağladığı avantajlar kadar sığır ticaretinin, gelişmiş kabul edilen ülkeler için de daha önemli olmasının büyük payı olmuştur. Dünya süt üretiminin tamamına yakını ve et üretiminin de %24’ünü tek başına sağlayan sığır, besin maddesi üretiminde büyük paya sahiptir. 2009 yılı TÜİK verilerine göre ülkemizin 1991 yılında toplam 8,6 Milyon ton olan süt üretimi ile birim hayvan başına verimi 1.400 kg iken, 2009 yılında süt üretimi 11,6 milyon tona ve birim hayvan başına verimi %100’e yakın bir artışla 2.800 kg’a ulaşmıştır. Türkiye sığır varlığı Tablo 2.1’de verilmektedir.

Tablo 2.1. Türkiye Sığır Varlığı (TÜİK, Hayvansal Üretim İstatistikleri, 2009)

YILLAR	Sığır-Kültür	Sığır-Kültür Melezi	Sığır-Yerli	Toplam
1991	1.253.865	4.033.375	6.685.683	11.972.923
1995	1.702.000	4.776.000	5.311.000	11.789.000
2000	1.806.000	4.738.000	4.217.000	10.761.000
2005	2.354.957	4.537.998	3.633.485	10.526.440
2009	3.723.583	4.406.041	2.594.334	10.723.958

Manda ise suyu seven bir hayvan olduğundan, akarsu veya bataklık kenarlarında beslenir. Sütü yağlı olduğundan, genellikle kaymak yapımında kullanılır. Daha çok Karadeniz Bölgesi'nde bulunan mandaların sayısı, gün geçtikçe azalmaktadır.

2.1.1.2. Küçükbaş Hayvancılık

Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin Türkiye ekonomisinde özel bir önemi vardır. Türkiye'nin coğrafik yapısı ve geniş meraları dikkate alındığında, ucuz maliyetli ve kaliteli hayvancılık için önemli potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Özellikle koyun ve keçi yetiştiriciliği, ülkede yapılabilecek en ucuz maliyetli hayvancılıktır. Koyun, meradan en iyi şekilde yararlanabilen, merayı en iyi şekilde değerlendiren ve yılın her döneminde merayı kullanabilen bir hayvandır. Bunun yanında, ülkedeki meraların büyük çoğunluğu düşük verimli olup, küçükbaş hayvancılık açısından daha uygundur.

Türkiye küçükbaş hayvan açısından önemli bir potansiyele sahiptir. 2009 yılında sayıları 26.877.000 adede ulaşmıştır. Koyun ve keçi yetiştiriciliğinin beslenme ve giyim gibi gereksinmelerin karşılanmasındaki yeri, istihdama yaptığı katkı, iç ve dış ticaretteki önemi gibi konular dikkate alındığında, bu hayvancılık türünün geliştirilmesi için acil önlemler alınması gerekmektedir. Türkiye, yaklaşık 24 milyon baş koyun, 5,6 milyon baş keçi ve 10,9 milyon baş sığır varlığı ile önemli sayıda küçük ve büyükbaş hayvana sahip bir ülkedir.

Koyundan sonra en çok yetiştirilen küçükbaş hayvan keçidir. *Kıl keçisi ve tiftik (Ankara keçisi)* olmak üzere iki cinsi yetiştirilen keçi yurdumuzun hemen hemen her bölgesinde yetiştirilirler. Ancak en çok yetiştirildikleri alanlar dağlık ve engebeli bölgelerimizdir. Bunlardan kıl keçileri sütü ve kılı için beslenirken, daha ekonomik olan Ankara keçisi (Tiftik keçisi) yetiştiriciliği özellikle İç Anadolu bölgesinde önem kazanmıştır. Bugün anayurdu ülkemiz olmakla birlikte A.B.D., Avustralya, Güney Afrika ve Yeni Zelanda esas gelişme bölgeleri olmuştur. Batı Anadolu'da Ege Bölgesinde yetiştirilen bir diğer keçi türü ise süt verimi yüksek olan Maltız Keçisidir.

2.1.1.3. Kümes Hayvancılığı

Türkiye'de tavukçuluk; hayvancılık içinde en hızlı gelişen sektördür. Tavukçuluk alanında modern teknoloji donanımına sahip birçok entegre tesis mevcuttur. 1950'den itibaren gelişmeye başlayan, 1970'li yıllardan sonra ticari mahiyette işletmelere dönüşen tavukçuluk sektörü, 1980'den sonra damızlık işletmelerin kurulmaya başlaması ile bugün ülke ihtiyacının dışında oldukça büyük bir ihracat kapasitesine ulaşmış durumdadır.

Kümes hayvanları sayısı 2011 yılsonu itibariyle bir önceki yıla göre %1,1 oranında artarak 241.498.538 adet olmuştur. Yumurta tavuğu sayısı ise 2011 yılı sonu itibariyle bir önceki yıla göre %11,3 oranında artarak 78.956.861 adede ulaşmıştır.

Öte yandan, etlik piliç üretimi, Marmara, Ege, İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde yoğunlaşmış durumdadır. Bunun nedenleri; bu bölgelerin büyük yerleşim merkezlerine yakınlığı açısından tüketimin fazla olması, enerji temininin daha kolay olması, iklim ve coğrafi yapının uygunluğu ve ulaşım imkanlarının kolaylığıdır. Yumurta üretimi de yine aynı bölgelerde yoğunluk göstermektedir. Özellikle, Çorum, Kayseri, Afyon ve Bolu illerinde üreticiler kooperatif ve şirketleşme yoluyla güçlü birlikler oluşturmaktadır. Yumurta üretiminde ise genellikle kapalı alandan daha çok yararlanmayı sağlayan kafes sistemi uygulanmaktadır.

2.1.1.4. Kesimhaneler/Mezbahalar

Türkiye'de hayvan kesimleri mezbaha adı verilen işletmelerde gerçekleştirilmektedir. Ülkede nüfus artışına paralel olarak artan et ihtiyacını karşılamak üzere, hayvan çiftlikleri ve kesimhanelerin de sayısı arttırılmaktadır. Mezbahalarda bütün hayvanların kesim işlemleri, veteriner kontrolünde kasaplar tarafından gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de mevcut kesimhane sayıları sınıflarına göre aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.2. Türkiye’deki Kesimhane Sayıları (Red Meat Sector Report, 2006)

Sınıflandırma	Sayı	Sığır Kesim Kapasitesi
Özel Mezbahalar	210	-
Sınıf 1	191	86
Sınıf 2	19	18
Sınıf 3	0	0
Kamu Mezbahaları	445	-
Sınıf 1	5	42
Sınıf 2	0	0
Sınıf 3	440	4

Uygulamaya giren yeni Kırmızı Et ve Et Ürünleri Üretim Tesislerinin Kuruluş, Açılış, Çalışma ve Denetleme Usul ve Esaslarına Dair Yönetmelik’e göre, her et için işleme tesisleri sınıfının kesim limitleri değiştirilmiştir. Mezbahalar günlük hayvan kesim sayılarına göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre:

- **Sınıf 1:** Minimum ya da maksimum kesim limiti yok, limit hijyen şartları, soğuk depolamanın kapasitesi, hayvanlar için bekleme odasının büyüklüğü ile belirlenir.
- **Sınıf 2:** Günlük en fazla 90 hayvan kesimi.
- **Sınıf 3:** Günlük en fazla 40 hayvan kesimi

Türkiye’de 1999-2009 yılları arasındaki kesilmiş büyükbaş hayvan sayıları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.3. Türkiye’de 1999-2009 Yılları Arasındaki Kesilmiş Büyükbaş Hayvan Sayısı (TUİK Çiftlik Hayvanları İstatistikleri, 2010)

YIL	Sığır	Manda	Toplam
1999	2.006.758	28.240	2.034.998
2000	2.101.583	23.518	2.125.101
2001	1.843.320	12.514	1.855.834
2002	1.774.107	10.110	1.784.217
2003	1.591.045	9.521	1.600.566
2004	1.856.549	9.858	1.866.407
2005	1.630.471	8.920	1.639.391
2006	1.750.997	9.658	1.760.655
2007	2.003.991	9.532	2.013.523
2008	1.736.107	7.251	1.743.358
2009	1.707.592	6.786	1.714.378

2.1.2. Aydın’da Hayvancılık

Kırsal ekonomik yapının önemli ve ayrılmaz bir parçası olan hayvancılık sektörüne, ülke kalkınmasında olduğu gibi bölge ve il bazında da önemli iktisadi fonksiyonlar yüklenmiştir. Bunlar sanayi sektörüne girdi sağlama, kırsal alandan göçü önleme, sektör içinde ve diğer sektörlerde yeni istihdam sahası yaratma şeklinde sıralanabilir. Sığır ıslah çalışmalarına yönelik bilgilerin genel paylaşımını sağlamak amacıyla kurulan bir veri tabanı sistemi olan E-ıslah sistemine kayıtlı olan sığırların sayısı Türkiye’de 3.520.556 baş, Aydın’da ise 157.789 baş olarak bildirilmektedir. 81 ilin bulunduğu Türkiye’de ortalama bir ilin sığır varlığının %1,2 olması beklenir. E-ıslah sisteminde verilen değerlere göre Aydın sığır varlığının Türkiye’deki payı %4,5 dolayındadır, bu da Aydın’ın sığır varlığı bakımından önemli illerden biri olduğunu göstermektedir.

Aydın ilindeki soy kütüğüne kayıtlı işletmeler ele alındığında, işletme başına düşen ortalama sığır ve inek sayısının Türkiye ortalamasının az da olsa üzerinde bulunduğu görülmektedir. Aydın'daki ortalama hayvan sayısı yıllar içinde artış göstermiştir.

Hayvancılık sektörü açısından Türkiye'nin sayılı illerinden biri olan Aydın ile ilgili detaylı envanter çalışması yapılmış ve sonuçları saha çalışması kısmında verilmiştir.

2.2. Hayvan Atıkları

Gün geçtikçe artan nüfusun, hayvansal kaynaklı protein gereksinimini karşılayabilmek amacıyla, hayvancılığın yoğun bir şekilde yapılması zorunlu hale gelmiştir. Ancak bu durum özellikle büyük yerleşim merkezlerine yakın işletmelerde çevre kirliliği açısından bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Hayvansal üretim yapan çiftliklerden çıkan atıklar ile silaj gibi tarımsal ürünlerin depolanması sonucu oluşan sızıntılar ve ayrıca mezbahalardan kaynaklanan hayvan atıkları, su, toprak ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Bu potansiyel kirleticiler büyük ölçüde azaltılabilmekte fakat tamamen giderilememektedir.

Barınak dışında ortaya çıkan zararlı atıklar; dışkıların uygun bir depoda toplanmaması, ölen hayvanların çukur açılıp gömülerek üzerine kireç dökülmemesi, işletmede yeterli kapasitede projelenmiş kesimhane ve yem depolarının olmaması gibi nedenler, koku ve görüntü kirliliğini de kapsayan çevre kirliliği şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla hayvancılık işletmelerinde oluşan hayvansal atıkların olumsuz çevre koşulları yaratmaması için alınması gerekli yasal ve teknik standartlara uygun prensipler ile depolama ve projelendirme kriterlerinin incelenmesi gerekmektedir.

Hayvancılık işletmelerinin ortaya çıkardığı kirlilik, endüstriyel ve kentsel kirlilikten farklı olarak noktasal kirlilik kaynağı olmayıp daha geniş alanlara yayılmış olması, bu kaynakların neden olduğu su kirliliğinin boyutlarının bilinmesini daha da güç kılmaktadır. Dağınık kirlilik kaynakları olarak nitelendirilen dışkılar ve hayvansal diğer atıklar, yüzey sularına veya yer altı sularına ulaşarak su kaynaklarının kalitesini bozmakta ve kullanılamaz duruma getirmektedir.

2.2.1. Atıkların Tanımı ve Miktarı

Herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan her türlü maddeye atık denilmektedir. Diğer bir ifadeyle kullanılma süresi dolan ve yaşadığımız ortamdan uzaklaştırılması gereken maddeler atık olarak adlandırılmaktadır.

Hayvan atıkları, hayvan dışkıları ve hayvancılık esnasında elde edilen atıklar (yem atıkları, ahır yıkama suları, mezbahalar) olarak iki şekilde adlandırılabilir. Hayvan dışkıları sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların atıkları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Hayvancılık esnasında elde edilen atıklara yani hayvansal üretim sonucu oluşan atıklara ise kesim işlemi sonucu kalan iç organlar da dâhildir.

Hayvan atıkları üç ana başlık altında değerlendirilmektedir:

- Büyük Baş Hayvan Atıkları
- Küçük Baş Hayvan Atıkları
- Kümes Hayvancılığı Atıkları

Türkiye'de, geçtiğimiz yıllarda çiftlik kapasitelerinde ve dolayısıyla hayvan dışkısı miktarlarında büyük artışlar olmuştur. Türkiye'de inek, koyun ve kümes hayvanları sayıları yaklaşık olarak sırasıyla 11 milyon, 30 milyon ve 320 milyondur. Toplam atık miktarı ise yaklaşık 150 milyon ton'dur. Literatürde yapılan çalışmalar ışığında hayvanların günlük dışkı ve idrar atıkları için belirlenen değerler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Hayvanların Günlük Dışkı + İdrar Atımları (Karaman, 2006)

Hayvan Türü	Canlı Ağırlık (kg)	Dışkı + İdrar (%)	Günlük Dışkı + İdrar (kg)
Sığır	500	9	45
At	400	8	32

Koyun	50	7	3,5
Tavuk	1,8	10	0,18

Çiftliklerde yetiştirilen hayvanların işlenmesi amaçlı mezbahalarda gerçekleşen kesim işlemleri sırasında da işkembe, kan, bağırsak, vb. hayvansal atıklar oluşmaktadır. 2009 yılında kesilen büyükbaş ve kanatlı hayvan sayısı ve buna bağlı oluşan atık miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.5. 2009 Yılı Et Üretimi Atıkları (DBFZ, 2011)

Et Üretim Atıkları	2009
Kesilmiş Büyükbaş Hayvan Sayısı	1.714.378
Et (ton)/Kesilmiş Büyükbaş Hayvan	0,200
Büyükbaş Kesim Atıkları (ton)	312.088
Kesilmiş Kanatlı Hayvan Sayısı	720.414.503
Et (ton) /Kesilmiş Kanatlı Hayvan	0,0018
Kanatlı Kesim Atıkları (ton)	362.522

Çeşitli kaynaklardan alınan hayvan atıklarının karakterizasyonu Tablo 2.6 ve 2.7’de özetlenmiştir. Hayvan katı atıklarının özellikleri, hayvanın cinsi, ağırlığı, beslenme alışkanlıkları, mevsim gibi çok çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Tablo 2.6. Hayvan Atıklarının Fiziksel Özellikleri (Hart, 1960, Ohio State Univ., 1993)

Parametre	Sığır (süt üretimi)	Sığır (et üretimi)	Tavuk (et ve yumurta)	Koyun
Hayvan ağırlığı (kg)	636	431	2,0-2,3	45
Dışkı (l/gün)	36,8	28,3	0,095-0,160	3,1
Atık yoğunluğu (t/m³)	0,99	0,96	0,96	1,04
Katı madde miktarı (%)	15	15	15-85 (72)	23

Tablo 2.7. Hayvan Atıklarının Organik ve Besin Elementleri Açısından Karakterizasyonu (Her kg hayvan ağırlığı için g/gün olarak)

Hayvan	BOİ	KOİ	NH ₃ -N	Toplam N	Toplam P	K	Kaynak
İnek (eti için beslenen ort.)	1,1-2,2	10,0	-	0,36	0,115	0,29	Moore, 1969
	-	-	-	0,35-0,44	0,11-0,12	-	Tainganides vd,1966
	1,02	-	-	0,29	-	-	Hart, 1960
	1,87	3,26	0,11	0,26	-	-	Loehr vd, 1967
	1,84	-	-	0,26	-	-	Witzel, 1966
	-	15,0	-	0,41	0,25	-	Vollenweider, 1968
	-	-	-	0,16	0,31	-	Townshend vd, 1969
	-	-	-	-	-	-	Dale vd, 1967
İnek (sütü için beslenen ort.)	1,61	9,42	0,11	0,32	0,18	0,29	
	0,31	1,53	8,4	-	0,38	0,12	Hart vd, 1965
	-	1,53	19,1	-	-	-	Jeffrey vd, 1963
	-	1,32	5,8	0,23	0,37	-	Witzel, 1966
	-	0,44	-	-	0,49	-	Water Poll. Rep., 1964
	-	0,95	5,7	-	0,16	0,11	Townshend, vd 1969
0,31	1,15	9,8	0,23	0,35	0,12		

Koyun (ort.)	-	-	-	0,86	-	-	Hart, 1960 Vollenweider, 1968
	-	-	-	0,34	0,25	-	
	-	-	-	0,60	0,25	-	
Tavuk (ort.)	-	-	-	0,52	0,12	2,36	Ohio State Univ., 1993

Hayvanların dışkı üretimleri, cinslerine göre değişik miktarlarda olabilmektedir. Dışkı miktarının hesabında; büyükbaş hayvanlar için 10- 20 kg/gün (yaş) dışkı verimi kabul edilebileceği gibi canlı ağırlığın % 5-6'sı da günlük dışkı miktarına esas alınabilir. Aynı şekilde koyun ve keçi için 2 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 4-5'i günlük dışkı üretimi olarak kabul edilebilmektedir. Tavuk için günlük dışkı üretimi ise 0,08-0,1 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın % 3-4'üdür.

2.2.2. Çevresel Etkileri

Hayvan katı atıkları gübre olarak veya kurutulduktan sonra yakıt kaynağı şeklinde tarih boyunca kullanılmıştır. Çiftlik kapasitelerinde ve dolayısıyla dışkı miktarlarındaki büyük artışlar nedeniyle önemli çevre problemleri gündeme gelmiştir. Hayvan atıklarından kaynaklanan çevre sağlığı sorunları bazı endüstriyel atıklar sebebiyle oluşan problemler kadar zararlı olabilmektedir. Özellikle yüzey sularının alıcı ortama drenajı, tarımdan dönen sular ve hayvan atıkları için nihai depolama alanı olarak kullanılan araziler, su kirliliğinin başlıca kaynakları olarak ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde mevcut olan büyük baş hayvan sayısı ele alındığında, çok önemli miktarda hayvan atığı potansiyelinin bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Hayvan atıklarının arıtılmadan doğaya salınması ile başta atıktan kaynaklanan gazların oluşturduğu küresel ısınma problemi olmak üzere, yerüstü sularının kirlenmesi ve patojenik problemler gibi çevre sağlığı sorunları oluşmaktadır. Silaj gibi tarımsal ürünlerin depolanması sonucu oluşan sızıntılar da su ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Hayvancılık teknolojilerindeki gelişmelerin çoğu tarımı ve çevreyi kirleten bir kaynak olarak ortaya çıkmıştır.

Organik atıklar, yüksek biyolojik oksijen gereksiniminden dolayı su kirliliğine sebep olurlar. Bununla birlikte, hayvansal atıklar su içinde potansiyel azot ve fosfor kaynaklarıdır ve ötrofikasyona neden olurlar. Ayrıca patojen kontaminasyonunun olası bir kaynağıdır. Küçük hayvancılık işletmelerinde atık sorunu olmayıp ortaya çıkan dışkı toprak ıslah edici bir materyal olarak kabul edilmektedir. Sığır ve kümes hayvanlarının yoğun üretiminin olduğu çiftliklerde hayvansal dışkının dağılımı sorun olmaktadır. Hayvansal üretimin çevreye yaptığı en olumsuz etki, bir takım bulaşıcı hastalık etkenlerinin kaynağını oluşturmasıdır. Bütün bu etkenlerin çevreye yayılma yolu doğrudan ve dolaylı atık bertarafıdır. Ahır ve kümeslerden uzaklaştırılan atıkların depolandıkları çukurlar, insan ve hayvanlar için hastalık kaynağı olarak büyük tehlike oluşturur.

Hayvansal atıklar % 50-75 oranında mikroorganizmalar yardımıyla ayrışabilen organik maddeleri içerir. Organik maddelerin ortamdaki oksijen durumuna bağlı olarak ayrışımı sonucu kokular oluşur. Hayvansal atıkların aerobik koşullar altında hızlı ayrışımında azot ve kükürdün inorganik bileşikleri de ortaya çıkar. Ayrışmada ortama çok az miktarda karbondioksit gazı yayılırken, aşırı derecede koku yayan bileşikler oluşur. Hayvancılık işletmelerinde yığılan dışkı, önceleri zayıf bir koku çıkarır. Daha sonra yüksek ısı ve nem etkisi ile bakteriyolojik parçalanma başlar. Ürik asit hızla amonyum tuzlarına dönüşür. Amonyak çıkışı artarak çevreye rahatsız edici bir koku yayılır. Atığın ayrışımı sonucunda ortaya çıkan ve çevreye yayılan bazı kimyasal maddeler Tablo 2.8'de verilmiştir. Bu maddelerin çoğu uzak mesafelerden dahi algılanabilir.

Tablo 2.8. Hayvan Atıklarının Anaerobik Dekompozisyonu Sonucunda Ortaya Çıkan Bileşikler (Anonymous, 2003)

Bileşikler	İçeriği
Uçucu Yağ Asitleri	<ul style="list-style-type: none"> • Asetik asit • Propiyonik asit • Butirik asit • İzobutirik asit

Fenoller ve Krezoller	<ul style="list-style-type: none"> • Merkaptanlar • Metilmerkaptan • Etilmerkaptan • Propilmerkaptan
Sülfidler	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrojen sülfür • Dimetilsülfür • Dietilsülfür • Disülfidler
Amonyak ve Aminler	<ul style="list-style-type: none"> • Amonyak • Metilamin • Etilamin • Dimetilamin • Dietilamin
Azotlu Heterosiklikler	<ul style="list-style-type: none"> • İndol • Skatol
Kokusuz Gazlar	<ul style="list-style-type: none"> • Karbondioksit • Metan
Alkoller	
Aldehitler	
Esterler	

Hayvan atıklarının nakliyesi de günümüzde önemli bir sorun oluşturmaktadır. Hayvan atıklarının bertaraf yöntemlerinin uygulanmasında karşılaşılabilecek önemli problemlerden biri, yeterli miktarda çiftlik hayvanı dışkısının ekonomik olarak merkezi ünitelere ulaştırılamamasıdır. Hayvan dışkısının ekonomik açıdan kabul edilebilen en fazla taşıma uzaklıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Hayvan dışkısının uygun taşıma mesafelerine göre nakliye edilmemesi ile taşıma esnasında oluşabilecek atık kokusu ve hijyen problemlerinin yanı sıra uygun olmayan nakliyelerin de ekonomik olarak masraflı olması sorun oluşturmaktadır.

Tablo 2.9. Çeşitli Grup Hayvan Atıkları Katı Madde (KM) Miktarları ve Önerilen Taşıma Uzaklıkları

Grup	Kuru Madde Miktarı (%)	Taşıma Mesafesi (km)
Sığır ve koyun	8-15	10
Yumurta üretimi ve kümes hayvanı yetiştirme (sadece dışkı)	30 (70)	40
İzgaralıklar, hindi ve diğer kümes hayvanları (çöp niteliğindeki atıklar+ dışkı)	70	40

2.2.3. Atıkların Yönetimi

Hayvan üretimi sonucu oluşan atıklar, hayvan dışkıları ve kesim işlemi sonucu kalan iç organlardır. Mevcut durumda bu atıklar çiftliklerden toplanarak işlenmemiş halde tarımsal alanlara veya toprak yüzeylere serilmekte, suyla kürenerek sonrasında fizikokimyasal ve/veya biyolojik proseslerle arıtılıp alıcı ortamlara deşarj edilmekte, çöp döküm alanlarında depolanmakta veya kontrolsüz şekilde yakılmaktadır. İşlenmemiş hayvansal ve çiftlik atıklarının tarımsal arazilere uygulanması ile atık içinde bulunan zararlı maddeler tarımsal toprağın verimliliğini düşürmekte ve çevresel kirliliğe sebep olmaktadır.

Hayvan atıklarının yanlış yönetilmesinden kaynaklı olumsuzluklar şu şekilde özetlenebilir:

- Toprak, su ve hava kirliliğine yol açar.
- Arsenik, manganez, çinko, nitrat ve fosfat muhtevası yüksek olan kirliliğe neden olur.
- İstenmeyen kokulara neden olur.
- Haşerelerin üremesi için elverişli bir ortam sağlar, bulaşıcı hastalıkların yayılmasında etkili olur ve halk sağlığını olumsuz yönde etkiler.

- Doğal kaynakların kirlenmesine ve yok olmasına sebep olur.
- Leptospira ve histoplazma capsulatum gibi patojenik organizmalar içermektedir.

Bu atıkların kirlilik kaynakları olması nedeniyle uygun atık yönetim sistemlerinin uygulanması gerekmektedir. Mevcut durumda uygulanan depolama, kontrolsüz yakma veya su kaynaklarına deşarj, organik içeriği yüksek ve enerji üretim potansiyeli olan bu atıkların değer kaybına yol açmaktadır. Ayrıca, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirlenen kirletici kaynakların deşarj limit değerleri vardır. Hayvansal atıkların bu limit değerlere ulaşılabilmesi için azot ve fosfor giderimli membran biyoreaktörde arıtma sonrası nanofiltrasyon gibi pahalı ileri arıtma teknolojilerinin kullanımı gerekmektedir.

Bütün bu yanlış atık uygulamaları göz önünde bulundurulduğunda, hayvansal atıklar için sürdürülebilir atık yönetimi yaklaşımının benimsenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. **Hayvansal atık yönetiminin** amacı, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvancılığın gerçekleştirildiği bölgelerde, büyük miktardaki potansiyel hayvan atıklarının kullanım kapasitesini, sağlıklı çevre, ekonomik ve sosyal yararlar dikkate alınarak ve sürdürülebilir biçimde arttırmaktır. Bu kapsamda hayvansal atıklar, miktar ve özelliklerine bağlı olarak ve uygun teknolojiler kullanılarak enerji eldesi amacıyla atık yönetimi çerçevesinde değerlendirilebilmektedir.

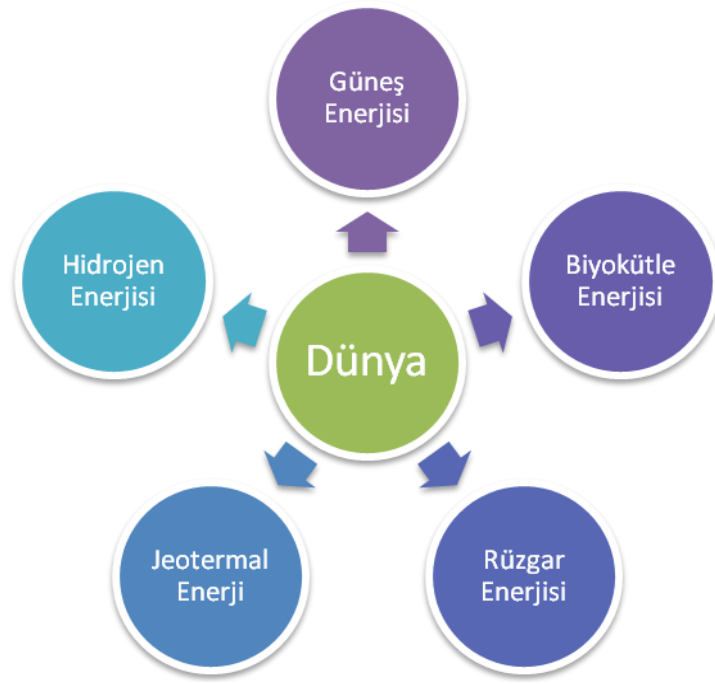
2.3. Enerji ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Nüfus artışı, sanayileşme ve üretime bağlı olarak enerjiye olan talep giderek artmaktadır. Enerji, tüm ülkelerde ekonomik ve sosyal gelişimin ve yaşam kalitesini artırmanın bir gereği haline gelmiştir. Türkiye, dünyada son 10 yıldan bu yana doğalgaz ve elektrikte Çin'den sonra en çok talep artış hızına sahip ikinci büyük ekonomi olurken, OECD ülkeleri içinde de enerji talep artışının en hızlı geliştiği ülke konumuna gelmiştir.

Yaşanan büyük ekonomik gelişmeler ve artmaya devam eden refah seviyesinin yansıması olarak, Türkiye elektrik talebi ve elektrik kurulu gücü de 2011 yılında hızlı bir artış grafiği yakalamıştır. 2011 yılında, enerjide uluslararası anlaşmalar öne çıkarken, hızlı büyümeye paralel olarak tüketim artışı devam etmiştir. 2011'de elektrik tüketimi, 2010 yılına göre %9 artarak 229 milyar 344,4 milyon kWh'e ulaşmıştır. 3.600 MW'a yakın yeni kapasite devreye girmiş ve 75'i yeni olmak üzere 105 elektrik santrali devreye alınmıştır. Talep artışları sonucunda ülkenin kurulu gücü son yıllarda ciddi bir artış kaydederek 2011 sonu itibariyle 51.547 MW'a yükselmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payının artırılmasına yönelik olarak hem yasal altyapı çalışmalarını hem de sektörü harekete geçirecek kapsamlı çalışmalar hayata geçirilmiştir.

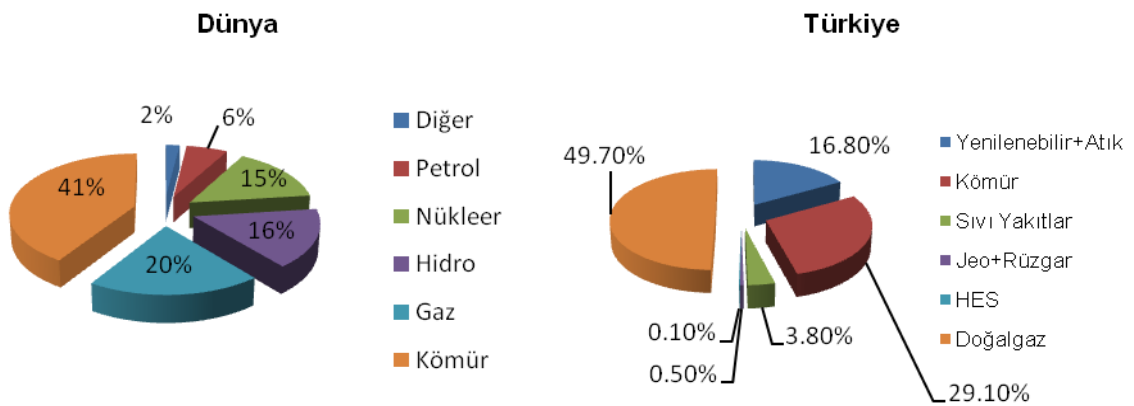
Enerji kaynakları, yenilenemeyen ve yenilenebilen kaynaklar olarak iki grupta toplanır. Yenilenemeyen enerji kaynakları taşkömürü, linyit, petrol ve doğal gazdan oluşan fosil yakıtlar ile nükleer enerji gibi rezervi sınırlı olan ve tükendiğinde yenilenemeyen kaynaklardır. Günümüzde dünya enerji üretiminde öncelikli kaynaklar petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Sürekli artış gösteren tüketim eğilimlerine rağmen, yeni teknolojilerin kullanımına geçilmediği taktirde, mevcut enerji kaynakları bu enerji ihtiyacını karşılayamayacak hale gelecektir. Bütün bu gelişmeler ışığında, enerji sorununa çözüm olması açısından alternatif enerji kaynakları arayışına geçilmiş ve yenilenebilir enerji kaynakları belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerde var olan enerji akışından elde edilen enerji türüdür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak, çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmalarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrojen enerjisi, biyokütle gibi kendi kendilerini yenileyebilen kaynaklardır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının sağlayacağı çevresel faydalar göz önünde bulundurularak, yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim tesisleri için sağlanan fiyat teşvikinin kaynak bazında yeniden düzenlenmesi ve bahse konu tesislerle ilgili yerli imalatlara verilecek ilave teşviklerin belirlenmesi amacıyla 5346 sayılı Kanun'da değişiklik yapan 6094 sayılı Kanun 8 Ocak 2011 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu çerçevede, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi yapan tesislere yurt içinde üretilmiş ekipman kullanıldığı taktirde 0,4 ile 3,5 dolar/sent arasında ilave fiyat desteği verilecektir.



Şekil 2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları 2007 yılında dünyanın toplam enerji ihtiyacının %18'ini karşılamıştır. Bu enerji temininin yaklaşık %80'i, klasik yakma işlemlerinin kullanıldığı biyokütleden enerji temin eden tesisler tarafından karşılanmıştır. Türkiye'de 1990 ve 2008 yılları arasındaki toplam enerji tüketimi %3,6 artış göstermiştir. Kömür ve linyit ana yakıt maddeleri olarak 2008 yılı toplam enerji tüketiminin %27,5'ini, buna karşın petrol %29,8'ini, gaz ise %31,8'ini oluşturmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle, atık ve hidrojen enerjisi ise, bu tüketimin yalnız %8,8'ini oluşturmuştur. Uluslararası Enerji Ajansı ve Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'nin 2008 yılı değerlerine göre dünya ve Türkiye'deki elektrik üretim yöntemleri aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 2.2. Dünya ve Türkiye'de Elektrik Üretim Yöntemleri (Uluslararası Enerji Ajansı (IEA,2008) ve Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ),2008).

Konvansiyonel enerji kaynaklarının tükenmesi ve dış politikalar dolayısıyla Türkiye'nin enerji temini konusu, her geçen gün önem kazanırken, devlete bağlı kaynaklar, Türkiye'nin enerji ihtiyacının 2020'de günümüzdeki enerji ihtiyacının iki katına çıkacağını göstermektedir. Bu durum, alternatif enerji kaynaklarının mümkün olan en iyi yönetim biçimi ile değerlendirilerek boşa harcanan enerji

durumundan çıkarılması ve ekonomik fayda sağlayan enerji kaynaklarına dönüştürülmesini gerekli kılmaktadır.

2.3.1. Biyogaz Üretimi

2.3.1.1. Proses Tanımı

Biyogaz, organik maddenin anaerobik ortamda bozunması sonucunda oluşan gaz üründür. Oksijensiz ortamda (anaerobik) olmak suretiyle organik kütleden mikrobiyolojik bozunma sonunda meydana gelen ayrışma sonucunda biyogaz adı verilen nihai ürün oluşur. Doğada da yaygın olarak görülen bu mekanizmaya bazı örnekler; bataklıklarda, deniz tabanlarında, sıvı dışkı çukurlarında oluşan bozunmalardır. Organik maddenin mikroorganizmalar vasıtasıyla biyogaza dönüştürülmesi sırasında, belirli miktarda enerji ve biyokütle ortaya çıkar.

Biyogaz, ağırlıklı olarak metan, karbon dioksit ve ayrıca eser miktarda diğer gazlardan oluşmaktadır. Genellikle tipik bir biyogaz kompozisyonu %55-70 metan (CH₄), %30-45 karbon dioksit (CO₂), ve eser miktarda hidrojen, hidrojen sülfür, karbon monoksit ve azot gazlarından oluşur. Biyogazın fiziksel özellikleri ise aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.10. Biyogazın Genel Özellikleri (Deublein ve diğ., 2008).

Özellikler	Değerler
Enerji içeriği	6,0-6,5 kWhm ⁻³
Yakıt eşdeğeri	0,60-0,65 L petrol/m ³ biyogaz
Yanma değerleri	% 6 -12 havadaki biyogaz
Yanma sıcaklığı	650-750°C
Kritik basınç	75-89 bar
Kritik sıcaklık	-82,5°C
Yoğunluk	1,2kg m ⁻³
Koku	Bozuk yumurta (sülfürü arındırılmış biyogaz kokusu zor farkedilir)
Molar Kütle	16,043kg kmol ⁻¹

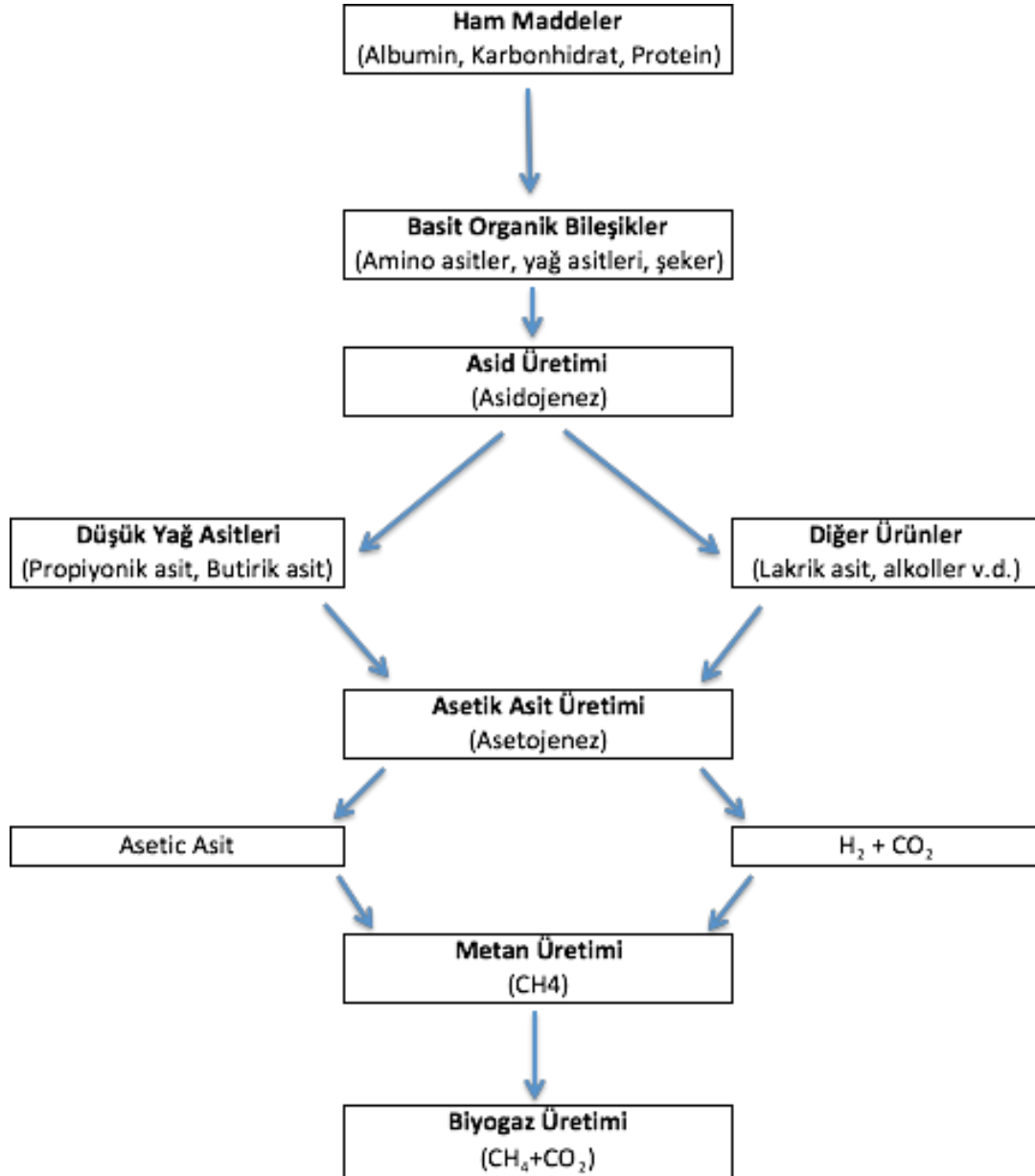
Biyogaz bileşenleri, kullanılan tesis tipi ve hammadde kaynağına bağlı olarak farklı özellikler gösterebilir. Uzun vadeli süreçlerde, biyogaz bileşenleri belirli aralıklarla kontrol edilmelidir. Biyogazın karakteristik özellikleri ve içinde bulunabilecek yabancı maddeler (safsızlıklar) aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

Tablo 2.11. Biyogazın Karakteristik Bileşenleri ve Bulunabilecek Safsızlıklar (Deublein ve diğ., 2008)

Bileşik	İçerik	Etki
CO₂	25-50%	– Kalorifik değeri düşürür – Metan içeriğini ve sistem çalışmasını arttırır – Gaz ıslak ise korozyona neden olur
H₂S	0-0,05%	– Ekipman ve boru sistemlerinde aşındırıcı etki yapar – Yanma sonrası SO ₂ emisyonları veya tam yanmama sonucu H ₂ S emisyonları oluşur–sınır değer %0.1 olmalıdır
NH₃	0-0,05%	– Yanma sonucu oluşan NO _x emisyonları yakıt hücrelerine zarar verir
Su buharı	1-5%	– Ekipman ve boru sistemlerinde aşındırıcı etki yapar – Boru sistemi ve nozullarda donma riski oluşturur
Toz	>5 µm	– Nozulları ve yakıt hücrelerini tıkar

N₂	0-5%	- Kalorifik değeri düşürür
Siloksan	0-50 mgm ⁻³	- Motor sistemlerine zarar verir ve aşındırır

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü üzere biyogazın bileşimi değişiklik gösterebilmekte ve bu değişim kullanılan materyaller, fermantasyon işlemi ve farklı teknik uygulamalarla belirlenmektedir. Biyogazın oluşumu, farklı mikrobiyolojik süreçlerde gerçekleşmektedir. Prosesin başarılı olarak devam ederek metan oluşumunu kesintisiz olarak sürdürebilmesi için bozunma aşamalarının birbiri ile uyumlu olması gerekir. Bozunma aşamaları sırasıyla; hidroliz, asitojenesis, asetojenez ve metanojenesis evreleri olarak dörde ayrılır. Anaerobik bozunmanın şematik gösterimi aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 2.3. Anaerobik Bozunmanın Şematik Tanımı
(Almanya Biyokütle Araştırma Merkezi ve diğ., 2010).

İlk aşama olan “*hidroliz*” aşamasında suda çözünmeyen kompleks maddeler (karbonhidratlar, albüminler, yağlar, vb.), suda çözünebilir daha basit organik yapılara (aminoasitler, şeker, yağ asitleri, vb.) dönüştürülür. Buna katılan hidrolitik bakteriler, malzemeyi biyokimyasal olarak parçalayan

enzimleri serbest bırakırlar. Birinci aşamada suda çözünebilen forma dönüştürülen ürünler ise, “*asitojenesis*” aşamasında daha düşük moleküler ağırlıktaki organik asitlere, hidrojen ve karbondioksite dönüştürülür. Ortam koşullarına ve ortamda bulunan bakteri türlerine göre oluşan ürünler değişiklik gösterebilir. Üçüncü aşama olan “*asetojenesis*” de ikinci aşamada oluşan ürünler (anaerobik oksidasyon ile karbon dioksit (CO₂)) ve hidrojen gibi basit organik asitlere ve bunun yanı sıra asetik asite (CH₃COOH) dönüştürülür. Biyogaz oluşumunun son aşaması olan “*metanojenesis*” de öncelikle asetik asitler, hidrojen ve karbondioksit, mutlak anaerobik metanojen arkeler tarafından metana dönüştürülür. Hidrojen kullanan metanojenler hidrojen ve karbondioksitten metan üretirken, asetoklastik metan oluşturuçular asetik asidi ayrıştırarak metan oluştururlar.

Oksijensiz bozunmanın dört aşaması aslında tek basamaklı bir proseste paralel olarak aynı zamanda gerçekleşir. Ancak her bozunma aşamasının bakterileri farklı yaşam alanı taleplerine sahip oldukları için (örneğin pH değeri, ısı), proses tekniği bakımından bir uzlaşmanın yaratılması gerekir. Metanojenik mikroorganizmalar, düşük büyüme hızları nedeniyle prosesin en zayıf halkası olduklarından ve rahatsız edici etkilere karşı çok hassas tepki vermelerinden ötürü, çevre koşullarının metan oluşturan bakterilerin taleplerine uydurulması gerekmektedir.

2.3.1.2. Kullanılan Maddeler (Substratlar)

İçeriğinde karbonhidrat, protein, yağ, selüloz ve hemiselüloz gibi ana bileşenleri bulunduran biyokütle, biyogaz tesislerinde hammadde olarak kullanılabilir. Kullanılacak biyokütlenin seçimi konusunda aşağıda belirtilen konuların dikkate alınması gereklidir:

- Kullanılacak hammaddenin organik madde içeriği seçilen fermantasyon işlemi için uygun olmalıdır.
- Gaz üretimi için organik maddenin besin değeri mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır.
- Kullanılacak hammaddenin patojen içermemesi veya içerdiği organizmaların fermantasyon öncesi zararsız hale getirilmesi gerekir.
- Fermantasyon işleminin sorunsuz gerçekleşmesi için, kullanılan hammaddenin içeriğindeki zararlı maddelerin olabildiğince az olması gerekir.
- Biyogazın bileşimi farklı uygulamalar için de kullanılabilir olmalıdır (enerji, yakıt eldesi, vb).
- Fermantasyon atığının kompozisyonu gübre gibi çeşitli uygulamalar için kullanılabilir olmalıdır.

Ahşap materyal içinde bulunan lignin ve çoğu organik polimerler (plastikler) yavaş bozunurlar. Bu nedenle bu tip atıkların anaerobik bozunma süreçlerinde kullanılan hammaddelerin içinde bulunmaması tercih edilir. Kolay bozunabilir özellikte ve homojenliği sağlanan organik maddeler, biyogaz tesislerinde hammadde olarak kullanılabilir. Biyogaz tesislerinde kullanılabilen hammadde kaynakları aşağıda listelenmiştir.

- Hayvan atıkları (dışkı, kesimhane),
- Zirai atıklar,
- Yenilenebilir hammaddeler,
- Orman ve endüstriyel atıklar,
- Deri ve tekstil endüstrisi atıkları,
- Kâğıt endüstrisi atıkları,
- Gıda endüstrisi atıkları,
- Sebze, meyve, tahıl ve yağ endüstrisi atıkları,
- Bahçe atıkları,
- Yemek atıkları,
- Hayvan dışkıları (büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık, tavukçuluk),
- Şeker endüstrisi atıkları,
- Evsel katı atıklar,

- Atıksu arıtma tesisi çamurları.

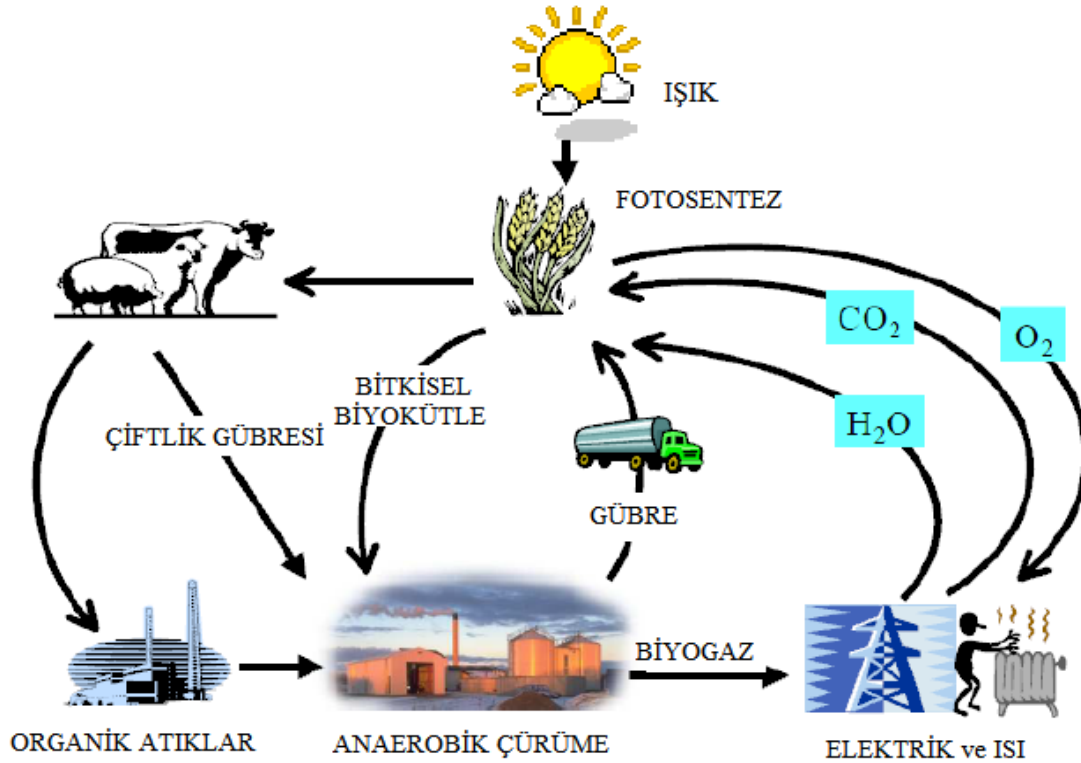
Tablo 2.12. Biyogaz Tesislerinde Substrat Olarak Kullanılabilecek Ürünlerinin Özellikleri (Berg, 2011)

Substrat	TS [%]	oTS [%TS]	N ^a	P ₂ O ₅ [%TS]	K ₂ O	Biyogaz Verimi [Nm ³ /tFM]	CH ₄ -Verim [Nm ³ /tFM]	CH ₄ [Nm ³ /toTS]
Organik atık								
Sıvı sığır dışkısı	10	80	3,5	1,7	6,3	25	14	210
Sıvı domuz dışkısı	6	80	3,6	2,5	2,4	28	17	250
Sığır dışkısı	25	80	5,6	3,2	8,8	80	44	250
Kümes hayvanı dışkısı	40	75	18,4	14,3	13,5	140	90	280
Samansız at dışkısı	28	75	n.a.	n.a.	n.a.	63	35	165
Yenilenebilir hammaddeler								
Mısır silajı	33	95	2,8	1,8	4,3	200	106	340
Tahıl bitkisi silajı	33	95	4,4	2,8	6,9	190	105	329
Yeşil çavdar silajı	25	90				150	79	324
Tahıl taneleri	87	97	12,5	7,2	5,7	620	329	389
Çimen silajı	35	90	4,0	2,2	8,9	180	98	310
Şeker pancarı	23	90	1,8	0,8	2,2	130	72	350
Ayçiçeği silajı	25	90	n.a.	n.a.	n.a.	120	68	298
Şeker darısı	22	91	n.a.	n.a.	n.a.	108	58	291
Yeşil çavdar _b	25	88	n.a.	n.a.	n.a.	130	70	319
İşleme sanayi								
Bira posası	23	75	4,5	1,5	0,3	118	70	313
Tahıl posası	6	94	8,0	4,8	0,6	39	22	385
Patates posası	6	85	9,0	0,7	4,0	34	18	362
Meyve posası	2,5	95	n.a.	0,7	n.a.	15	9	285
Patates küspesi	13	90	0,8	0,2	6,6	80	47	336
Patates suyu	3,7	73	4,5	2,8	5,5	53	30	963
Preslenmiş şeker pancarı posası	24	95	n.a.	n.a.	n.a.	68	49	218
Melas	85	88	1,5	0,3	n.a.	315	229	308
Elma	35	88	1,1	1,4	1,9	148	100	453

posası								
Üzüm posası	45	85	2,3	5,8	n.a.	260	176	448
Taze ot ve çim atıkları								
Taze ot atıkları	12	87,5	2,5	4,0	n.a.	175	105	369

- Depolama kayıplarından bağımsız olarak Fermantasyon artığındaki azot içeriği
- Soldurulmuş
- Biyodizel üretiminde uygulanan yöntemle ilgili olarak, uygulamada sonuçlar ciddi farklılıklar gösterebilir.

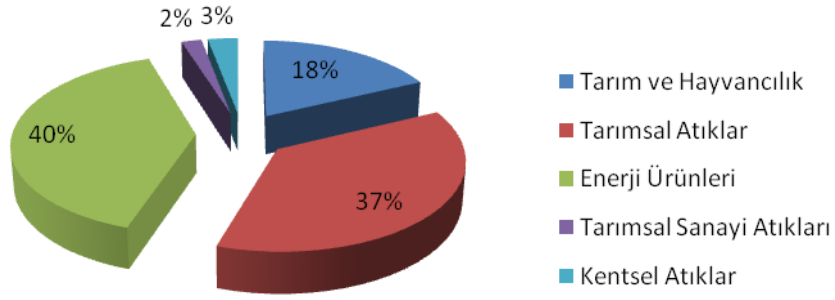
Biyogaz tesislerinde kullanılabilen hammaddeler ve bunların sürdürülebilir döngüsü aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 2.4. Biyogazın Sürdürülebilir Döngüsü (Al Seadi, 2008)

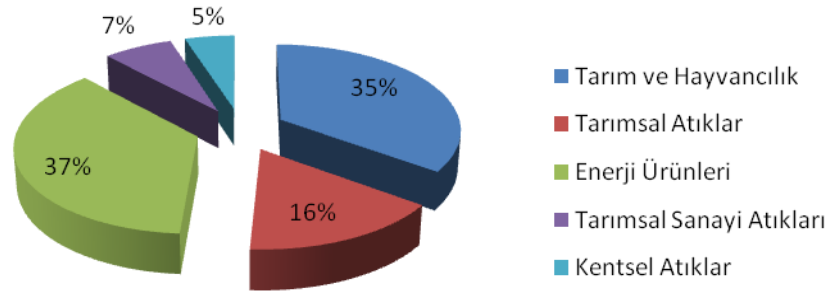
Park alanlarının ve yeşillendirilmiş yol kenarlarının belediye tarafından bakımı sonucu, büyük miktarda budama ve çim biçme atıkları oluşmaktadır. Ancak bu malzeme sadece sezona bağlı olarak oluştuğundan, biyogaz hammaddesi olarak tüm yıl hazır tutulmak üzere silajlanmalıdır. Bu atıkların oldukça geniş alanlardan kaynaklanmasından dolayı yüksek nakliye masrafları göz önüne bulundurulduğunda, şartlı kullanımları mantıklıdır. Oluşan miktarlar çok düşükse ve zamansal olarak gecikmişse, bu durumda kullanım taze durumda da gerçekleştirilebilir.

Yapılan teorik ve teknik çalışmalara göre Türkiye’de biyogaz üretim potansiyelinin en yüksek olduğu sektörel alanlar belirlenmiştir. Türkiye’de teorik olarak en iyi biyogaz potansiyeli tarımsal atıklar, hayvancılık sektörü ve enerji ürünlerinden elde edilebilmektedir. Bu sektörlerin teorik biyogaz üretim potansiyeline bağlı dağılımı Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.5. Türkiye’de Sektörlere Bağlı Teorik Biyogaz Potansiyeli (DBFZ-Deutches Biomasse Forchungs Zentrum, 2011)

Teknik biyogaz potansiyeli değerlerine göre, Türkiye’de en yüksek biyogaz üretim potansiyeli hayvancılık sektöründeki sığır atıklarından sağlanabilir. Bununla birlikte enerji ürünlerine yönelik tarımsal çalışmalar da biyogaz üretim potansiyeli açısından oldukça önemlidir. Şekil 2.6’da Türkiye’deki teorik biyogaz üretim potansiyelinin sektörlere göre dağılımı verilmektedir.



Şekil 2.6. Türkiye’de Sektörlere Bağlı Teknik Biyogaz Potansiyeli (DBFZ-Deutches Biomasse Forchungs Zentrum, 2011).

Sonuç olarak, organik atıklardan (tarımsal atıklar, kentsel atıklar, yemek endüstrisi atıkları) elde edilebilecek teknik biyogaz potansiyeli değerleri 112,6-221,5 PJ/yıl, yani 31,3- 61,5 TWh/yıl değerleri arasında olacak şekilde hesaplanmıştır (enerji ürünleri dâhil ve hariç olacak şekilde). Bu durum, Türkiye genelinde yıllık 3,13-6,15 milyar m³ metan üretim potansiyeli olduğunu göstermektedir.

2.3.1.3. Hayvan Atıkları Üretim Miktarları

Biyogaz tesisleri projelendirilirken öncelikle kapasitenin tespiti gerekmektedir. Bunun için tesiste, sadece hayvan dışkıları kullanılacaksa; günlük ortaya çıkan dışkı miktarı, hayvanların beslenme şekilleri ve dışkıların katı madde miktarları bilinmelidir. Günlük ortaya çıkan dışkı miktarı, hayvanların dışkı verimlerine ve cinslerine göre değişik miktarlarda olabilmektedir.

Yapılan çalışmalarda, dışkı miktarının hesabında; büyükbaş hayvanlar için 10-20kg/gün (yaş) dışkı verimi kabul edilebileceği gibi canlı ağırlığın %5-6’sı da günlük dışkı miktarına esas alınabilir. Aynı şekilde koyun ve keçi için 2kg/gün (yaş) veya canlı ağırlığın %4-5’i günlük dışkı üretimi olarak kabul

edilebilmektedir. Tavuk için günlük dışkı üretimi ise 0,08-0,1kg/gün (yaş) veya canlı ağırlığın %3-4'üdür.

Diğer bir yaklaşımla hayvanlardan elde edilen dışkı miktarları, hayvanların cinsine göre değişiklik göstermektedir. Buna göre;

- 1 adet büyükbaş hayvandan 3,6 ton/yıl yaş dışkı,
- 1 adet küçükbaş hayvandan 0,7 ton/yıl yaş dışkı,
- 1 adet kümes hayvanından 0,022 ton/yıl yaş dışkı oluşmaktadır.

Türk-Alman Biyogaz Projesi kapsamında yapılan çalışmada ise Türkiye geneli için toplam sığır nüfusu %89'u yetişkin, %11'i ise yavru olarak kabul edilerek (TÜİK veri tabanının tüm Türkiye için analizine dayanılarak) yavru sığırlardan günlük elde edilebilecek atık miktarı, günlük yetişkin sığır atık miktarının yarısı olarak kabul edilmiştir. Yetişkin sığır için 37,5 kg dışkı/hayvan*gün iken bu değer buzağı için 9,4 kg dışkı/hayvan*gün olarak belirtilmiştir. Genç ve yetişkin sığır dışkıları için farklı dışkı özellik varsayımları kabul edilmiştir. Kanatlı dışkı özellikleri için ise et ve yumurta tavuğu dışkıları ayrı ayrı ele alınmıştır. Et tavuğu için belirlenen atık miktarları 0,19 kg dışkı/hayvan*gün, yumurta tavuğu için 0,13 kg dışkı/hayvan*gün olarak verilmiştir.

Türkiye'nin mevcut hayvan potansiyeline bağlı olarak meydana gelen yaş dışkı miktarları ton/yıl cinsinden hesaplanarak aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.13. Türkiye'nin Hayvansal Atık Potansiyeline Karşılık Üretilebilecek Biyogaz Miktarı (Koçer ve diğ., 2006).

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Yaş Dışkı Miktarı (ton/yıl)
Sığır	11.054.000	39.794.400
Koyun Keçi	38.030.000	26.621.000
Tavuk Hindi	243.511.000	5.357.242
Toplam	292.595.000	71.772.642

Hayvanların merada veya ahırda beslenmeleri, günlük dışkı üretimini etkiler. Optimum biyogaz oluşumu için, tesis içi dışkı-su karışımı katı madde oranının %7-9 olması gerekmektedir. Katı madde oranları; sığır dışkısında %15-20, tavuk dışkısında %30, koyun dışkısında ise, %40 civarındadır.

2.3.2. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Teknolojiler

Biyogaz tesisleri genel prensip olarak benzer olmasına rağmen kapasite olarak çok çeşitlilik göstermektedir. Biyogaz üretiminde kullanılabilecek tesis teknolojisinin bileşen ve düzenek kombinasyon olasılıkları neredeyse sınırsızdır. Bu nedenle, somut uygulamalar için uzman personel tarafından düzeneklerin ve sistemin uygunluk kontrolü yapılmalıdır. Biyogaz üretimi farklı yöntemlerle gerçekleştirir. Tipik özellikler aşağıdaki tabloda tasvir edilmektedir.

Tablo 2.14. Biyogaz Üretim Yöntemlerinin Farklı Kriterlere Göre Sınıflandırılması (Almanya Biyokütle Araştırma Merkezi ve diğ., 2010)

Kriter	Ayrııcı Özellikler
Materyallerin katı madde miktarları (Materyal)	- Yaş fermantasyon - Katı fermantasyon
Besleme Türü	- Sürekli olmayan besleme - Kesik besleme - Sürekli besleme
Proses Aşamalarının Sayısı	- Tek aşamalı - İki aşamalı
Proses Isısı	- Sakrofil - Mezofil - Termofil

Besleme yapılan organik malzemenin niteliği, katı madde oranlarına bağlıdır. Bu da, biyogaz teknolojisinin yaş veya katı fermantasyon süreci olarak temel ayırımını teşkil eder. Yaş fermantasyon sürecinde, pompalamaya uygun materyallerle (düşük katı madde içeriği) çalışılır. Katı fermantasyonda, istiflenebilir yüksek katı madde oranına sahip malzemeler kullanılır. Federal Çevre Bakanlığı'nın EEG 2004 yorumuna göre, kuru fermantasyon için katı madde oranının en az %30 olması, yaş fermantasyon sürecinde ise fermentör sıvısında katı madde oranının %12'ye kadar olabileceği belirtilmiştir.

Biyogaz tesisinin besleme rejimi büyük ölçüde mikroorganizmalar için taze materyal bulunabilirliğine bağlıdır ve biyogaz üretimi üzerinde de etkili olur. Tesislere organik malzeme (substrat) yüklemesi, sürekli besleme, kesikli besleme ve sürekli olmayan besleme şeklinde üç ayrı yöntemle gerçekleşir.

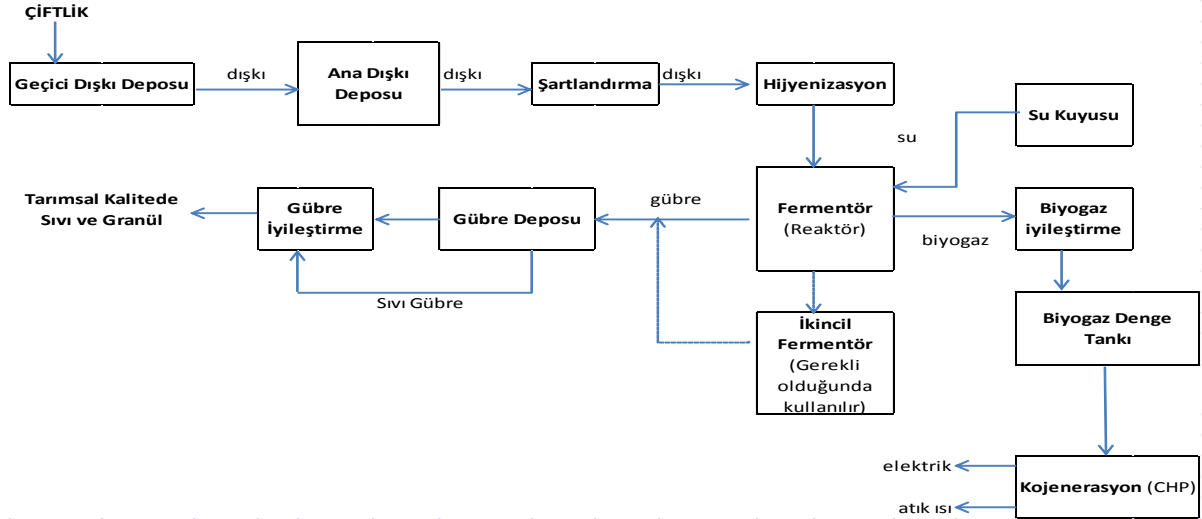
Proses ısısı ise biyogaz üretiminde yer alacak anaerobik popülasyona göre çeşitlilik gösterir. Bu kapsamda çalışma prensibi olarak belirlenmiş işletme sıcaklıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.15. Anaerobik Reaktör Proses Isı Aralıkları

	Sıcaklık Aralığı (°C)	Optimum Sıcaklık (°C)
Sakrofilik	0 - 20	15
Mezofilik	15 - 45	35
Termofilik	45 - 75	55

Tipik bir biyogaz tesisinin ana bileşenleri şu şekilde listelenebilir:

- 1- Atık Havuzu
- 2- Reaktör (Ana Fermantasyon Tankı)
- 3- Gaz Kurutucu
- 4- Biyogaz Toplama Tankı
- 5- Gaz Motoru ve Elektrik Jeneratörü
- 6- Separatör



Şekil 2.7. Biyogaz Tesisi Ana Bileşenleri

Biyogaz tesislerinin temel prensibini oluşturan anaerobik çürütücüler, çalışma sıcaklıkları ve besleme yöntemlerine göre üç ana grupta toplanırlar:

Kapalı Lagün Çürütücüler

Bu çürütücülerde, sızdırmaz bir kapak sayesinde dışkının bozunması esnasında üretilen biyogaz, lagün içinde tutulur. Diğer çürütücülerle kıyaslandığında teknolojik olarak en az gelişmiş ve en ucuz metottur. Lagünler daha fazla yerleşim alanı gerektirir ve dışkı depolama sırasında oluşan kokunun önlenmesinin öncelikli olduğu durumlarda tercih edilirler. Kapalı Lagün Çürütücüler, katı madde oranının %2' den az olduğu sıvı dışkı uygulamalarında, daha iyi performans gösterirler.

Kapalı lagünlerde normal olarak ısıtma yapılmaz, dolayısı ile bu çürütücüler fizofilik sıcaklık mertebelerinde çalıştırılırlar ve biyogaz üretim hızları diğer çürütücülere göre düşüktür. Bu sistemlerin sıcaklık değerlerinin yüksek seyrettiği ve mevsimsel, günlük farklılıkların daha düşük olduğu iklim bölgelerinde kullanılmaları uygundur.

Karıştırıcı Çürütücüler

Anaerobik çürütücüler arasında, en gelişmiş teknolojiye sahip olan karıştırıcı çürütücülerdir. En verimli çalışma koşulları, katı madde oranının %2-10 olduğu dışkılar kullanıldığında elde edilmektedir. Yeraltına veya yüzeye yerleştirilen ısıtılmış bir tanka ihtiyaç vardır. Tank kesintisiz dışkı çamurunun beslenmesi ile katı partiküller süspansiyon halinde tutulurlar. Komple karıştırıcı anaerobik çürütücüler mezofilik (32-35°C) veya termofilik (50-60°C) sıcaklıklarda çalıştırılabilirler (biyogaz üretimi yüksek hızdadır). Her iki işletim sistemi için de yeterince işletme tecrübesi mevcuttur. Tipik bir tasarımda tankın içinde mekanik bir karıştırıcı bulunabileceği gibi, sirkülasyon pompaları da kullanılabilir. Tankın içindeki dışkıyı karıştırmak ve sıcaklığı belirli bir seviyede tutabilmek için önemli ölçüde enerji kullanımına ihtiyaç vardır. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması nedeniyle bu tür çürütücü sistemlerin büyük çiftliklerde veya merkezi tesislerde kullanımı daha uygundur. Yatırım ve enerji maliyetlerinin diğer çürütücülere oranla yüksek olmasına karşın, bu sistemlerde tutarlı performans, kum, çakıl ve diğer yabancı maddelerin birikme riskinin olmaması gibi avantajlarından dolayı özellikle büyük sağlıklı hayvan çiftliklerinde kullanımları yaygındır.

Piston Akımlı Çürütücüler

Özellikle A.B.D.'deki sağlıklı inek çiftliklerinde yaygın olan bir anaerobik çürütücü tipidir. Tipik tasarım, 20 günlük dışkıyı ihtiva eden dikdörtgen şeklinde kapalı bir beton tanktan oluşmaktadır. Taze dışkı, günlük olarak tankın bir tarafından beslenir, eşit hacimde çürütülmüş gübre, diğer taraftan dışarı zorlanır. Dışkıdaki kaba (iri) katı kısım çürütülürken, koyu kıvamlı yapışkan bir materyale dönüşerek katı kütlelerin ayrışmasına engel olur ve kanal oluştururlar.

Bu konfigürasyon, anaerobik çürütücüler içinde en basit ve en ucuz olanıdır. Piston Akımlı çürütücüler, mezofilik sıcaklık aralığında, 20-30 günlük hidrolik kalış zamanı (HRT) ile çalışırlar. Tank, sabit beton veya esnek hypalon, polipropilen kapakla örtülüdür, biyogaz burada toplanır ve boru ile deşarja veya jeneratöre yönlendirilir. Sıcaklık kontrolü, tankın içinden geçirilen sıcak su ile sağlanır. Jeneratörden oluşan atık ısı, sıcak suyun eldesinde kullanılabilir.

Piston akımlı reaktör tasarımının en önemli avantajları, kuruluş ve işletmesindeki basitlik ve ucuzluktur. Ancak bu tür reaktörler, karıştırıcı çürütücüler kadar verimli ve tutarlı değildirler. Ayrıca bu ünitelerin kullanımı sadece düşük miktarda kum, kir ve çakıl içeren uygulamalarla sınırlıdır. Tankın içinde ayrışan katı yabancı maddelerin çökmesi ve birikmesi, ciddi temizlik ihtiyacını gerektirir. Aynı zamanda karışma olmadığı için çürütücüde dışkı çamurunun üst tabakasında hafif parçaların üst yüzeye çıkarak kuruması sonucu oluşturduğu bir kabuklaşma da sıcak su borularının temizliği sırasında zorluk çekilmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, bu sistemler, toz oranı daha yüksek olan kümes hayvanı atıkları için çok uygun olmamasına karşın, sağlıklı inek dışkısı için kullanıma uygundur.

2.3.3. Hayvan ve Kesimhane Atıklarından Biyogaz Üretimi

Konvansiyonel teknolojilerin kullanımından kaynaklanan çevre kirlilikleri de günümüzün ve toplumumuzun en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir. Türkiye'de, atık miktarları ve bunların çevreye verdiği zararlar dikkate alındığında hayvan çiftliklerinden kaynaklanan atıklar önemli bir yer tutmaktadır.

Biyogaz tesislerinden elde edilecek metan verimi, kullanılacak hammaddenin kompozisyonu, tane boyutu karışım oranları, biyokütlenin biyolojik olarak bozunabilirliği, hammaddenin katı madde ve organik katı madde içeriği ve bunların içeriğinde bulunan besin maddelerinin birbiri ile olan ilişkileri gibi pek çok faktör ile ilişkilidir. Bunlarla birlikte, sıcaklık, hammaddenin reaktörde kalış süresi, karıştırma frekansı, hammadde ilave frekansı gibi parametreler de fermantasyon teknolojilerinden yüksek oranda metan verimi elde edilmesinde önem arz eder.

Tesis kurulumundan önce, biyogaz üretiminde önemli parametrelerin hem laboratuvar, hem de pilot ölçekte yapılacak çalışmalar ile analiz edilmesi gereklidir. Analizler, laboratuvar ve pilot ölçekli çalışmaların öncesinde ve bozunma sonrasını temsil etmek amacıyla sonrasında gerçekleştirilmelidir. Biyogaz üretim çalışmalarında yapılması önerilen laboratuvar analizleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 2.16. Biyogaz Tesisleri için Önemli Çevre Koşulları

Çevre Koşulları	
Sıcaklık	Esas olarak, çevre ısısı ne kadar yüksekse, kimyasal reaksiyonlarında o kadar hızlı gerçekleştiği kabul edilir. Ancak bu durum, bu tip tesislerde aynı prensiple ele alınmamalıdır. Belirlenen teknoloji ve atık tipine göre, optimum çalışma sıcaklıkları belirlenir ve sistemin bu sıcaklığın altına düşmesi veya yükselmesi önlenir.
pH	Bozunmanın çeşitli aşamalarına katılan mikroorganizmalar, optimum büyüebilecekleri farklı pH değerlerine ihtiyaç duyarlar. Kullanılan teknoloji tipine bağlı olarak, pH değerleri farklılık gösterebileceği gibi, genel olarak reaktör içinde optimum pH değerlerinin 7,0-7,5 arasında olması tercih edilir.
Alkalinite	Alkalinite reaktörün asit-nötralizasyon kapasitesini belirleyen parametredir.
Besin Desteği	Anaerobic bozunmada mikroorganizmalar türlerine özgü olarak makro ve mikro besinlere ve vitaminlere ihtiyaç duyarlar. Bu bileşenlerin konsantrasyonu ve bulunabilirlikleri, çeşitli popülasyonların büyüme hızlarını ve aktivitelerini etkiler. Metanojen arkeler kobalt (Co), nikel (Ni), molibden (Mo) ve Selen (Se) bazen de kısmen Wolfram (W) elementlerine ihtiyaç duyarlar.
Zararlı Maddeler	Sistem içinde bulunan zararlı maddeler, proses ilerleyişini geciktirebilir veya toksik konsantrasyonlarda bozunma prosesini durdurabilirler. Bu nedenle, reaktörlerin yüklenmesinden önce, zararlı maddelerin tespiti ve bunların ayrıştırılması önemlidir.

Tablo 2.17. Biyogaz Tesisleri İçin Önemli İşletme Parametreleri

İşletme Parametreleri	
Yükleme Oranı ve Bekleme Süresi	Fermentör büyüklüğünün seçiminde, azami gaz verimi veya hammaddede bulunan organik kütlenin tümüyle bozunması her zaman hedeflenmemektedir. Organik içerik maddelerinin bütünüyle bozunmasının sağlanması istenildiği takdirde, bunun gerçekleştirilmesi için materyalin fermentörde çok uzun süre kalması ve uygun büyüklükte tank hacmi sağlanmalıdır. Dolayısıyla karşılanabilir bir ekonomik maliyetle optimum bozunma performansı sağlanmalıdır.
Karıştırma	Yüksek bir biyogaz üretimi gerçekleştirmek için, bakterilerle materyalin yoğun temasına ihtiyaç duyulur; bu da genel olarak fermantasyon tankının karıştırılmasıyla elde edilir. Karıştırılmamış bir fermentörde bir süre sonra segregasyonla (çökme) birlikte katman oluşumu gözlemlenir; bu da fermentör içinde bulunan materyalde, yoğunluk farklılığına ve gaz üretiminde azalmaya neden olur.
Katı madde Miktarı (KM)	Reaktöre yüklenecek hammaddenin katı madde ve organik katı madde içeriği, bozunma prosesinin başarı bir şekilde çalışması için önemlidir. İşletme koşulları için, optimum katı madde yükleme oranlarının belirlenmesi sistem için gereklidir.
Tane Boyutu	Reaktör içine yüklenen hammaddelerin tane boyutlarının küçük olması, mikrobiyolojik teması ve dolayısıyla bozunma hızını artırır.
Uçucu Yağ Aistleri (VFA)	Bozunma süreci sırasında uçucu yağ asitlerinin birikimi durumu söz konusu olabilir. Bu durum, ortamın asidik olmasına bağlı olarak, metan oluşumunda gerekli bakteriler için optimum koşulların sağlanamamasına yani metan oluşumuna engel teşkil eder.

Besin İçeriği	Toplam Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K), Magnezyum (Mg), Sülfür (S) Nitrojen (NO ₃), Amonyum Nitrojen (NH ₄), Fosfat (P ₂ O ₅), Potasyum Oksit (K ₂ O)
C/N	Metanojen bakterilerinin metabolik aktiviteleri için gerekli olan karbon ve azot değerlerinin optimum değerlerde (C/N:8-20) olması gereklidir.
Ağır Metaller	Kurşun (Pb), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Çinko (Zn), Civa (Hg)
Gaz Kompozisyonu ve Miktarı	Elde edilecek biyogazın günlük miktarı ve gazın kalitesini temsil eden kompozisyonu (metan, karbondioksit, su buharı ve ser miktarda diğer gazlar), tesisin verimli çalışmasını belirleyen faktörlerdir. Bu kompozisyonların istenilen oranlarda elde edilememesi, reaktör işletmesinde mevcut problemler olduğuna ve bozunmanın gerçekleşmediğine ilişkin bilgiler verir.

Hayvan ve Kesimhane Atıklarının Biyogaz Potansiyeli

Genellikle hayvansal atıkların, biyogaz tesislerinde hammadde olarak kullanımı diğer kaynaklardan daha çok tercih edilmektedir. Almanya'daki çiftlik hayvanları yetiştiriciliği hakkındaki istatistikler esas alındığında, özellikle sığır ve domuz yetiştiriciliğinde, biyogaz tesislerinde enerji bakımından faydalanma açısından olağanüstü bir potansiyel olduğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle hayvancılık alanında, işletme kapasitelerinin büyümesi ve dışkılarını müteakip kullanımı konusunda artan çevresel gereklilikler yüzünden, oluşan sıvı veya katı dışkı için alternatif değerlendirme ve işleme yolları bulunmalıdır. İklimin değişikliği etkilerinin azaltılması açısından da depolama emisyonlarının belirgin oranda düşürülmesi için hayvan dışkısının enerji bağlamında kullanımı gereklidir.

Sıvı sığır dışkısının biyogaz verimi, her ton / materyal başına 20-30 Nm³ ile sıvı domuz dışkısına göre biraz daha düşüktür. Ayrıca sıvı sığır dışkısından elde edilen gaz, sıvı domuz dışkısından elde edilen gaza kıyasla daha düşük metan oranına sahiptir, bundan dolayı metan verimi de daha düşüktür. Bunun nedeni çiftlik dışkılarının farklı bileşimine dayanmaktadır. Sıvı sığır dışkısı ağırlıklı olarak karbonhidrat, sıvı domuz dışkısı ise, ağırlıklı olarak protein içerir, bu da domuz dışkısında metan oranlarının artmasını sağlar. İlk etapta biyogaz verimi, organik katı madde oranlarına bağlıdır. Pratikte çoğu zaman sıvı hayvan dışkısının seyreltilmesi söz konusu olursa (örneğin ahırın veya sağım yerinin temizliği nedeniyle), o zaman gerçek materyal verileri ve biyogaz verimleri büyük ölçüde sapma gösterebilir.

Çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan oranları atık hacminin yüzdesi cinsinden Tablo 2.18'de verilmiştir.

Tablo 2.18. Çeşitli Kaynaklardan Elde Edilebilecek Biyogaz Verimleri ve Biyogazdaki Metan Miktarları (www.tarim.gov.tr).

KAYNAK	BİYOĞAZ VERİMİ (Litre/kg)	METAN ORANI (% Hacim)
Sığır Dışkısı	90-310	65
Kanatlı Dışkısı	310-620	60
Domuz Dışkısı	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59
Arpa Samanı	290-310	59
Sebze Artıkları	330-360	Değişken
Ziraat Atıkları	310-430	60-70
Çimen	280-550	70
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	210-290	58
Atık su çamuru	310-800	65-80

Türk-Alman Biyogaz Projesi kapsamında, Türkiye'nin hayvan sektöründen kaynaklı biyogaz eldesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda TÜİK'ten temin edilen hayvan sayıları

ve hayvan tiplerine bağılı olarak atık miktarları ve bunlara bağılı metan ve biyogaz üretim potansiyelleri belirlenmiştir. Aşağıdaki tabloda bu değerlere ilişkin bilgiler verilmiştir.

Tablo 2.19. Büyükbaş ve Tavukların Dışkı Özellikleri (DBFZ, 2011)

Parametreler	Sığır (Yetişkin)	Sığır (Buzağı)	Et Tavuğu	Yumurta Tavuğu
Kg dışkı/hayvan*gün	37,5	9,4	0,19	0,13
% Katı Madde Oranı	14,5	14,5	-	-
M³ CH₄/hayvan*gün	0,9	0,2	0,013	0,009
M³ CH₄/hayvan*yıl	323	80,8	4,9	3,1
Biyogaz Potansiyeli (TJ/hayvan*yıl)	0,0116	0,0029	0,00017	0,00011

Yapılan bir diğer çalışmada, süt sığır dışkılarının arpa samanı ve pirinç samanı ile karıştırılarak fermente edilmesi ile oluşan CH₄ miktarında artış olduğu rapor edilmiştir. Maksimum CH₄ verimi, C/N oranının 25 ile 32 değerleri arasında gözlemlendiği ve bu oranın daha yüksek değerlere çıkmasının CH₄ üretim verimini düşürdüğü belirtilmektedir.

Bilinmesi gereken diğer bir konu ise; hayvan dışkılarının değişik sıcaklıklarda optimum alıkoyma-bekleme süreleri ve biyogaz üretim miktarlarıdır. Biyogaz üretiminde ortam sıcaklığı çok önemlidir. Bu sıcaklığın 30-35°C olması istenmektedir. Sıcaklığın 10°C'nin altına düşmesi biyogaz üretimini durdurabilmektedir. Yapılan araştırmalarda, sığır ve tavuktan elde edilen dışkıların değişik sıcaklıklardaki biyogaz verimleri araştırılmış ve sonuçları Tablo 2.20'de verilmiştir. Buna göre; optimum sıcaklık değerleri korunmadığı takdirde, daha düşük sıcaklıklarda biyogaz üretim verimlerinde azalma olduğu görülmektedir.

Tablo 2.20. Sığır ve Tavuk Dışkılarının Değişik Sıcaklıklardaki Biyogaz Verimleri (Kocer ve diğ., 2006)

Sıcaklık (°C)	Sığır Dışkısı (L/m ³)	Tavuk Dışkısı (L/m ³)
9	101,4	253,3
18	339,7	448,0
27	509,8	1008,9
36	686,0	1266,2

Hayvan dışkı atıklarının yanı sıra, mezbahalardan kaynaklanan et üretim atıklarını biyogaz tesislerinde kullanmak da mümkündür. Mide, bağırsak, kan ve yağ, biyogaz tesislerinde kullanılması mümkün mezbaaha atıklarını oluşturur. Ancak, sığır kanı ve yağının, Alman biyogaz tesislerinde kullanımı yasaktır (yalnızca kanatlı kanı ve yağı kullanılabilir). Türkiye'de kesimden sonra hemen her parça kullanılmaktadır. Oluşan kesimhane atıklarının türüne ve miktarına göre gerekli hesaplamalar yapılmaktadır. Kesimhane atıklarının brüt biyogaz potansiyelinin hesaplanması için Almanya'dakilerle aynı tür atıkların olduğu varsayılmıştır. Aşağıdaki tabloda sırasıyla, büyükbaş ve kanatlı hayvan kesimlerinden gelen atıkların özellikleriyle ilgili bilgiler verilmektedir.

Tablo 2.21. Büyükbaş ve Kanatlı Hayvan Vücut Parçalarının Özellikleri (DBFZ, 2011)

Parametreler	Substrat	Büyükbaş	Kanatlı
KM (%)	Mide/ Bağırsak (K3)	20	
	Mide/ Bağırsak İçeriği(K2)	15	15
	Kan (Kanatlı) (K3)		18
OKM (%)	Mide/ Bağırsak (K3)	90	

	Mide/ Bağırsak İçeriği(K2)	84	85
	Kan (Kanatlı) (K3)		96
Biyogaz Verimi (m³/t OKM)	Mide/ Bağırsak (K3)	400	
	Mide/ Bağırsak İçeriği(K2)	485	350
	Kan (Kanatlı) (K3)		343
Metan İçeriği	Mide/ Bağırsak (K3)	60	
	Mide/ Bağırsak İçeriği(K2)	60	60
	Kan (Kanatlı) (K3)		70

2.3.4. Türkiye’den ve Dünyadan Örnekler

Biyogaz tesisleri Türkiye genelinde henüz çok yaygın olmamakla birlikte, dünya genelinde özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde ve Japonya’da, uygulama alanı ve sayısını her geçen gün arttırmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, Türkiye’nin sadece çiftlik dışıkları kapsamında 2000 biyogaz tesisi işletilebilir potansiyeli mevcuttur. Ancak mevcut durumda 85 biyogaz tesisinin sadece 36 tanesi işletilmektedir. Bu tesislerin ise çoğunluğunu belediye ve endüstriyel sektörler (çöp gazı veya atıksu arıtma tesisleri) oluşturmakta ve bunlar Türkiye’nin batı bölgelerinde (örneğin İstanbul ve Kocaeli) yer almaktadır. Tarım sektörü içinde var olan tesislerin sayısı tam olarak tespit edilememiştir. Aşağıdaki tabloda, tarım, belediye ve sanayi bünyesinde çalışmakta olan biyogaz tesislerinin sayıları ve kapasiteleri hakkında genel bilgiler verilmektedir.

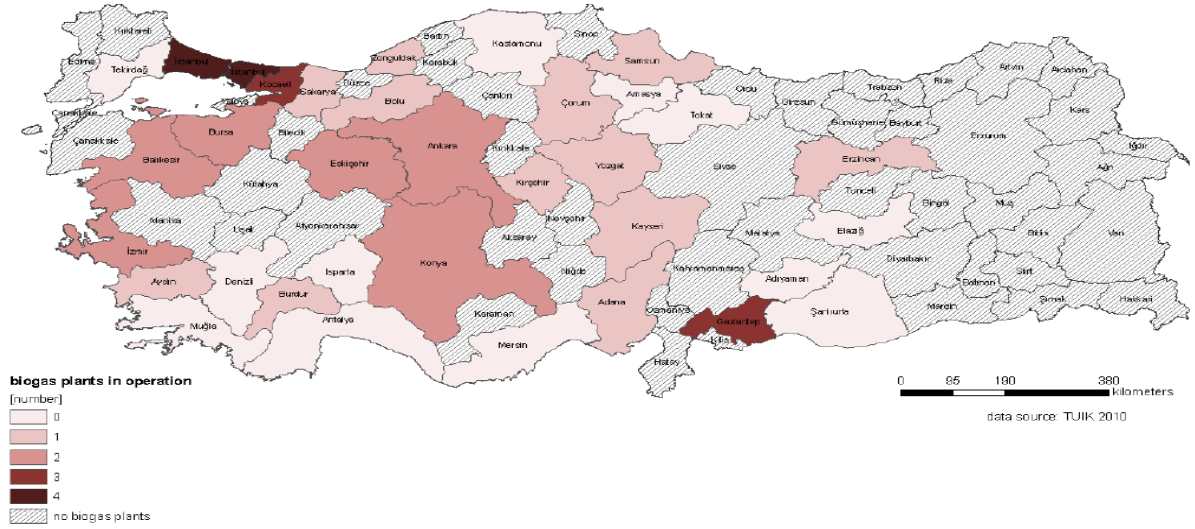
Tablo 2.22. Sektörlere Göre Biyogaz Tesislerinin Dağılımı, Durumları ve Toplam Kurulum Kapasiteleri (DBFZ-Deutches Biomasse Forchungs Zentrum, 2011).

	İşletme Halindeki Tesisler	İşletmedeki Kapasite (MW)	Planlamada ki Tesisler	Planlamadaki Tesis Kapasitesi (MW)	Toplam Biyogaz Tesisleri	Toplam Kapasite (MW)
Tarım (hayvansal atıklar, bitkiler)	2	0,68	12	11,99	14	12,58
Gıda Sanayi (atıksu, organik atık)	17	13,68	2	3,88	19	17,56
Belediye (çöpgazı, atıksu)	17	96,98	12	34,72	29	131,70
Belediye (çöpgazı)	13	93,04	9	32,03	22	125,08
Belediye (atıksu)	4	3,94	3	2,69	7	6,62
Sınıflandırılmamış	0	0	23	61,16	23	61,16
Toplam	36	111,23	49	111,76	85	222,99

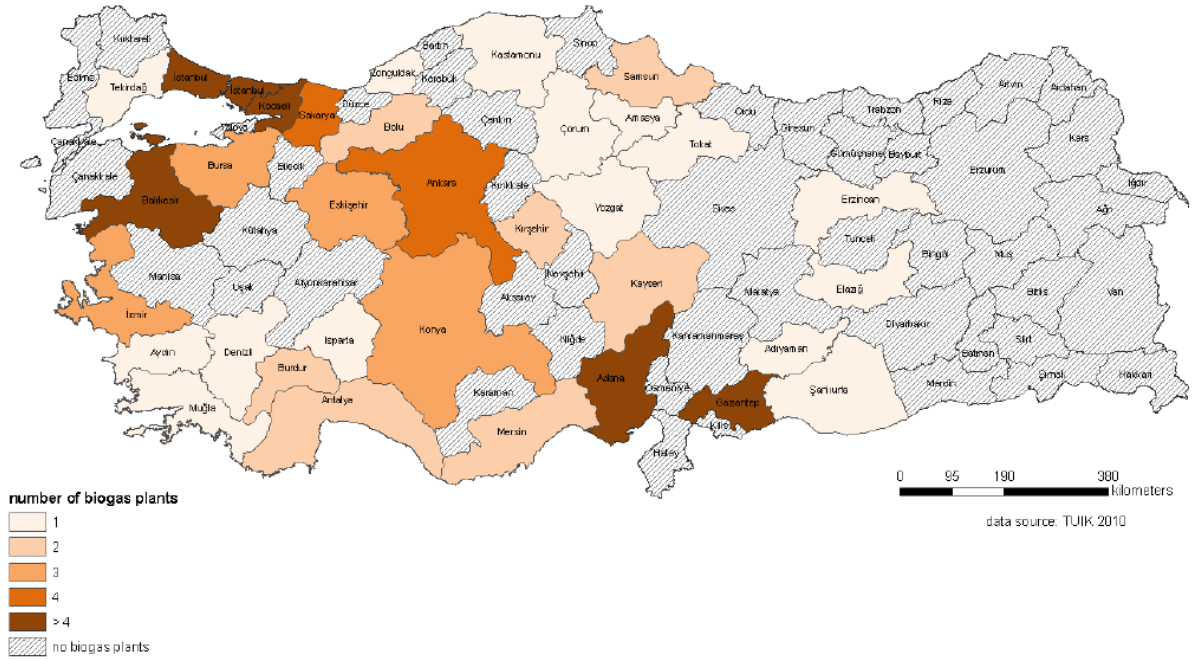
Türkiye’de hem planlamada, hem de işletmede olan biyogaz tesislerinin dağılımını gösteren haritalar sırasıyla aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

Türkiye’de biyogaz arıtma ve saflaştırma konusunda eksiklikler yaşanmaktadır. Üretilen biyogaz, gaz motorlarında kullanılmak üzere, yalnızca hidrojen sülfid ve kondensattan ayrılmaktadır. Pek çok biyogaz tesisi EPDK’ dan sertifika/lisans almak için beklerken, yalnızca çok azı işletmeye alınmıştır.

İşletmede olan pek çok biyogaz tesisi, Gaziantep, İstanbul ve Kocaeli illeri civarında konumlanmıştır. Türkiye’de özellikle belediyeler, yüksek kapasiteli biyogaz tesisleri kurma konusunda daha ilgilidir. Şebeke bağlantı uygulamalarına (elektrik, gaz, boru hattı) dair mevcut durum ise hala net değildir. Biyogaz tesislerinden çıkan katı ürünün (gübre-digestat), özelliklerine ve kullanım yöntemlerine dair hiç bir yönetmeliğin olmaması da diğer bir sorunu teşkil etmektedir.



Şekil 2.8. Türkiye’deki Biyogaz Tesislerinin Dağılımı (İşletmedeki Tesislerin Sayısı) (DBFZ-Deutches Biomasse Forchungs Zentrum, 2011).



Şekil 2.9. Türkiye’deki Biyogaz Tesis Sayıları (İşletmede ve Planlamada) (DBFZ-Deutches Biomasse Forchungs Zentrum, 2011)

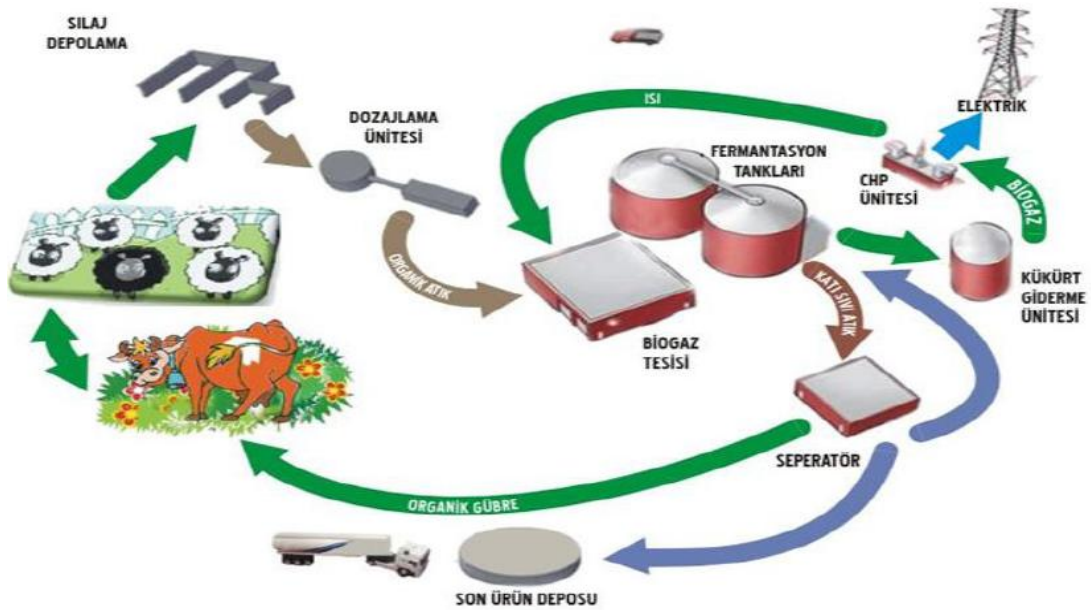
Türkiye’de bulunan biyogaz tesislerinden biri, İSTAÇ tarafından evsel çöp döküm sahalarında depolanan organik içeriği yüksek atıklardan enerji üretimi amacı ile işletilmektedir. İstanbul’un Avrupa yakasındaki (Odayeri – Eyüp) ve Asya yakasındaki (Kömürcüoda – Şile) düzenli depolama sahalarında oluşan depo gazının bertaraf edilmesi ve aynı zamanda değerlendirilmesi maksadı ile ‘Depo Gazından Enerji’ projeleri başlatılmıştır. Odayeri ve Kömürcüoda Düzenli Depolama Sahalarında 2005 yılında pompaj testi ve gaz tahmin modeli ile depo gazı üretim miktarı ve enerji üretim projeksiyonu ortaya konmuştur. Odayeri Düzenli Depolama Sahası için maksimum kurulu gücün 25 ila 30 MW arasında olacağı hesaplanmıştır. Böylece, 2007–2030 yılları arasında yaklaşık 2.203 GWh elektrik enerjisi üretim projeksiyonu ortaya konmuştur. Aynı şekilde Kömürcüoda Düzenli Depolama Sahası için maksimum kurulu gücün 10 ila 15 MW arasında olacağı hesaplanmıştır.

ve 2007–2030 yılları arasında yaklaşık 1.136 GWh elektrik enerjisi üretim projeksiyonu ortaya konmuştur. Her iki sahanın toplam kurulu gücünün 35 ila 45 MW aralığında olacağı ve yaklaşık 3.339 GWh elektrik enerjisi üretileceği hedefi ortaya konmuştur. Bu rakam yaklaşık 200.000 haneli bir şehrin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacak kapasitededir. Ayrıca yapılan gaz ölçüm sonuçlarına göre her iki sahadaki metan oranı yaklaşık %50 ila %60 arasında ölçülmüştür. Bu projeler elektrik satışlarına ek olarak karbon emisyonu azaltımı geliri sağlamaktadır. Proje kapsamında kurulan sistemler, metan gazını yakarak karbondioksit'e çevirdiği için, uluslararası gönüllü karbon pazarlarında satılabilecek "karbon kredisi" üretmektedir. Bu sistemler ile yaklaşık olarak 600.000 aracın trafikte yaydığı karbon emisyonuna tekabül eden miktarda emisyon azaltımı sağlanmış olacaktır.



Şekil 2.10. İSTAÇ Atıktan Enerji Üretimi Tesisi.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, bitkisel ve hayvansal atıkların bertarafı ve enerji üretimi projesine başlamış ve tesis inşaatı 2010 yılında tamamlanmıştır. Tesisin şematik gösterimi aşağıda verilmektedir. Tesisin günlük yükleme miktarı 19-20 t/gün hal atıkları ve hayvansal atık olarak belirlenmiştir. Tesiste toplam katı madde içeriği %11-12, fermantasyon sıcaklığı 35oC, nem içeriği %75 ve fermantör hacmi 1650 m³'dür. Tesisten elde edilecek biyogaz üretimi 2095 m³ ve toplam ısı ve elektrik ise 329,98 kW/gün olarak belirtilmiştir.



Şekil 2.11. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Biyometanizasyon Tesisi (Sayın ve diğ., 2011)

Almanya'da bulunan Kupferzell Tarımsal Biyogaz Tesisi, 2001 yılında işletmeye alınmıştır. Tesiste hammadde kaynağı olarak hayvan dışkısı ve çürümüş sebzeler kullanılmaktadır. Tesiste elde edilen biyogazdan elektrik ve ısı üretimi amacıyla birleşik elektrik ve ısı üretim (CHP) sistemi kullanılmaktadır. Tesisin her yıl 1.500 MW elektrik ve 2.800 MW ısı üretimi yapması beklenmektedir. Biyogazın elektrik ve ısı üretim sistemleri kullanımı ile 500-1160 kg CO₂/MW-saat değerlerinde karbon emisyon salınımının önüne geçilmiş olacaktır.

27 Mayıs 2012'de Amerika'nın Auburn Eyaleti'nde Cayuga Bölgesi'nin toprak ve su çürütücüsünün işletmeye alınışının açılışı gerçekleştirilmiştir. Bölgede oluşan dışkının yönetimi kapsamında 35.000 galon hacminde, bölgedeki çiftliklere hizmet verecek bir çürütücü tasarlanmıştır. İşletme prensibi olarak, çürütücüde hayvan dışkısı yemek artıkları ile birlikte çürütülecektir. Bu proje, EPA AgSTAR Programı kapsamında, hayvan dışkısından metan üretiminin sağlanması amacıyla desteklenmektedir.

Mureck Biyogaz Tesisi, 2004 yılında ısıtma amaçlı biyokütle kullanımı ve biyodizel üretimi amaçlarıyla işletmeye alınmıştır. Tesis, 3000m³ hacimli bir karıştırma ünitesi, 230m³ hacimli bir hidroliz tankı, 4 adet her biri 1000m³ hacimli sıvı tanklar ve 4 adet yine her biri 1000m³ çürütücü tanktan oluşmaktadır. Tesiste, sıvı dışkı (domuz ve sığır dışkısı) ile silaj-tahıl-mısır ürünleri, karıştırma tanklarında karıştırılarak, fermantasyon prosesini hızlandırmak amacıyla, hidroliz tankına verilmektedir. Çürütücüden gelen karışımın ayırıcı ile katı kısmı ayrılarak, bu kısım, bahçelerde gübre olarak kullanılmak üzere satışa sunulacaktır. Tesisten elde edilen biyogaz ise, birleşik ısı ve güç üretim tesislerinde (CHP) ısı ve elektrik üretimine sokulur. Tesiste kullanılan hammadde miktarlarına karşılık olarak, yılda 3.333.000 m³ gaz üretimi gerçekleştirilir. Bu tesisten elde edilen yıllık elektrik üretimi 999 kW, ısı üretimi ise 1.165 kW şeklinde belirtilmiştir.



Şekil 2.12. Mureck Biyogaz Tesisi (Puchas, K. and Sakulin, C., 2008).

2.3.5. Biyogazdan Enerji Üretimi

Biyogaz, yenilenebilir bir enerji çeşididir. Tesiste oluşan biyogaz sürekli olarak kullanılabilirdiğinden, reaktörün biyogaz depolama bölümü 24 saat biyogazı depolayacak kapasitede olmalıdır. Biyogaz doğrudan ısınma ve elektrik üretimi için kullanılabilirdiği gibi CO2 gideriminden sonra basınçlandırılarak araç yakıtı veya doğal gaz sisteminde kullanımı da söz konusu olabilmektedir.

Almanya'daki güncel biyogaz kullanımı, tesisin bulunduğu yerdeki elektrik üretimine dayanır. Bu amaçla, ağırlıklı olarak elektrik üretimi için jeneratörü çalıştıran içten yanmalı motorlar kullanılır. Bunun ötesinde biyogazı mikro gaz türbinlerinde, yakıt hücrelerinde ve stirling motorlarında da kullanma imkânı bulunmaktadır. Jeneratör ile elektrik enerjisi üretimi dışındaki değerlendirme yöntemlerinin, kazanılan biyogazın elektriğe dönüştürülmesine hizmet etmesine rağmen, bugüne kadar yok denecek ölçüde az gerçekleştirilmiştir. Bir diğer kullanım alanı ise, uygun brülörlerde veya ısıtma kazanlarında ısı enerjisi üretimi amaçlı kullanımdır.

Bunun yanı sıra, son yıllarda, biyogazın hazırlandıktan sonra doğalgaz şebekesine verilmesi seçeneği de yaygın kullanım alanı bulmuştur. Almanya'da Ağustos 2010 tarihinde üretilen biyometanı doğalgaz hattına veren 38 tesis bulunmaktadır. Çok sayıda başka proje de önümüzdeki yıllarda gerçekleştirilecektir. Almanya Federal Hükümeti'nin 2020 yılına kadar altı milyar metreküp doğalgazı biyogaz ile ikame etmeye yönelik iddialı bir hedefi vardır. Şebeke beslemesine alternatif olarak biyometanın doğrudan yakıt olarak kullanılması da söz konusudur. Ancak, bu dünya genelindeki uygulamalarda henüz çok küçük bir oranda gerçekleşmiştir.

Kazanılan ham gazın doğrudan kullanımı, gazın içinde biyogaza özgü kükürt gibi maddelerin bulunmasından ötürü mümkün değildir. Bu nedenle biyogaz, çeşitli kombinasyonlarda kullanım imkânlarının ön koşulu olarak, çeşitli gaz arındırma ve hazırlama işlemlerinden geçer. Bu işlemler; desülfürizasyon, kurutma, karbondioksit ayrışması, oksijenin ayrılması, diğer eser gazların ayrılması ve doğalgaz kalitesine dönüştürme olarak sıralanabilir.

2.4. Organik Gübre Üretimi

Biyogaz üretiminde organik maddenin ayrışmasından sonra kalan katı materyal gübre (digestat) olarak adlandırılır. Organik maddelerde bulunan ve bitkilerin gereksinimi olan azot, fosfor ve potasyum, arta kalan materyal içinde korunmakta ve bu ürün tarımsal gübre olarak kullanılabilir.

Biyogaz üretiminde kullanılan en önemli organik madde hayvan dışkıdır. Gübre Kanunu'nun 1. Maddesi'nin 2. Fıkrası'nda hayvan dışkıları "... kültür bitkilerinin büyümesini desteklemek, verimlerini arttırmak veya kalitelerini yükseltmek amacıyla dolaylı olarak veya doğrudan kültür bitkilerine uygulanmaları öngörülen hayvan dışkıları, sıvı hayvan dışkısı, gübre şerbeti, ahır gübresi, saman ve tarımsal üretim kaynaklı benzer yan ürünler ve türevleri" şeklinde tanımlanmaktadır. Anaerobik fermantasyon, hayvan atıklarına uygulanan tipik bir ileri işlem şeklidir. Hayvansal atıklar ile tarımsal üretim kaynaklı bitkisel maddelerin birlikte fermente edilmesi sonucunda oluşan ürünler de çiftlik atıkları olarak değerlendirilebilir. Anaerobik fermantasyon sonrasında ortaya çıkan işlenmiş hayvan dışkısı, atık mevzuatının değil, gübre mevzuatının kapsamında değerlendirilebilir. Böylece çiftçi, enerji üreticisi olarak da hayvan dışkısı üretebilir konuma getirilebilir.

Biyogaz tesislerinden çıkan fermente gübre, katı ve sıvı formdadır. Fermantasyon yoluyla sıvı gübrenin organik maddeleri ayrıştırılabilir. Bu sayede organik katı madde (KM) içeriği %40'a kadar ulaşabilir. KM içeriği arttırılmış fermente sıvı gübre, ham sıvı gübre ile kıyaslandığında pompalanabilir ve püskürtülebilir. Bu özellikleri ile tarımsal alanlarda kullanımı kolaylaşır. Fermantasyon yoluyla sıvı gübre özelliklerinin pozitif değişimleri ve sıvı gübrenin dezavantajları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 2.23. Fermente Sıvı Gübre ile Ham Sıvı Gübrenin Karşılaştırılması
(Köttner, 2011)

Fermente Sıvı Gübre	Ham Sıvı Gübre
AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI

Organik maddelerin ayrıştırılması (katı madde içeriğinin arttırılması)	Arıtım ve üretim süresince istenmeyen koku etkisi
Koku azaltma	Patojenik bakterilerin yayılması
Temizleme	Botanik oluşumun zarar görmesi ve mevcut çayrılardaki tipik “Sıvı Gübre Florasının” oluşması
Yabani ot tohumlarının ortadan kaldırılması	Toprak özelliklerinin kötüleşmesi
Gübre değerinin gelişimi (Kısa zamanlı N-Fertilizer etkisi)	Yer altı ve yerüstü sularının kirlenmesi

Biyogazın üretiminde, fermantasyon artıklarının üretimi, işlenmesi ve kullanılan “giriş” maddelerine bağlı olarak tarım arazilerine uygulanmasına ilişkin çeşitli yasal düzenlemeler dikkate alınmak durumundadır. Bu düzenlemeler AB ülkelerinde uygulanmaktadır. Ancak Türkiye’de, biyogaz tesislerinden çıkan katı ürünün (digestat), özelliklerine ve kullanım yöntemlerine dair hiç bir yönetmelik bulunmamaktadır. Bu durum Türkiye’de uygulama açısından bir sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle, AB’de uygulanan Gübre Yönetmeliği kapsamı Türkiye’de de yönetmelik kapsamında düzenlenmelidir. Bu çalışmada, mevcut durumda Türkiye’de Gübre Yönetmeliğinin bulunmaması ve uygulama esaslarına ilişkin doğru ve uygulayıcı bilgiler vermek adına AB’de de uygulanmakta olan gübre yönetmeliği esasları dikkate alınacaktır.

Alman Gübre Mevzuatı

Fermantasyon ürünü gübrelerin, gübre mevzuatı bakımından öneme sahip olan amaçlar doğrultusunda piyasaya arz edilmeleri halinde, bu maddeler Gübre Yönetmeliği (DüMV) ile Gübre Uygulamaları Yönetmeliği’nin (DüV) hükümleri kapsamına girer. Henüz Türkiye’de fermante gübrenin kullanımına yönelik yasal düzenlemelerin yapılmamış olmasından ötürü uygulamalarda A.B.D’deki mevzuatlara uygunluk dikkate alınabilir.

Türkiye’de mevcut durumda biyogaz tesislerinden çıkan katı gübrenin kullanımına dair yönetmelik olmamasına karşın çevre, insan ve hayvan sağlığını korumak amacı ile Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral, Özel, Mikrobiyal ve Enzim İçerikli Organik Gübreler ile Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalatı, İhracatı, Piyasaya Arzı ve Denetimine Dair Yönetmelik’te ifade edilen organik gübrelerdeki ilgili parametreler aşağıdaki tabloda verilen değerleri geçemez.

Tablo 2.24. Yönetmelikte Belirtilen Sınır Değerler (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2011).

Ağır Metal Sınırları	Birim	Değer
Kadmiyum , (Cd)	(mg/kg veya ppm)	: 3
Bakır, (Cu)	(mg/kg veya ppm)	: 450
Nike, (Ni)	(mg/kg veya ppm)	: 120
Kurşu, (Pb)	(mg/kg veya ppm)	: 150
Çinko, (Zn)	(mg/kg veya ppm)	: 1100
Civa, (Hg)	(mg/kg veya ppm)	: 5
Krom, (Cr)	(mg/kg veya ppm)	: 270
Sağlık Parametreleri	Birim	Değer
Dışkı mikrobu	hücre/g	: 1.0x10 ³
Toplam bakteri (Anaerob, Mikroaerofil)	hücre/g	: 1.0x10 ³
Toplam aerobik mikroorganizmaları	5cfu/ml	: Yok
Enterobacteriaceae grubu bakteriler	cfu/ml	: < 3
Toplam laktöz pozitif bakteriler	cfu/ml	: < 1
Escherichia coli	-	: Yok
Clostridium spp	5cfu/ml	: <2
Salmonella spp	-	: Yok
Mycobacterium spp	-	: Yok
Staphylococcus aureus	-	: Yok
Bacillus anthracis	-	: Yok

Bacillus cereus	-	: Yok
Toplam flaman fungus ve mayalar	cfu/ml	: <3

Yönetmelik kapsamında, bitkisel ve hayvansal kaynaklı atıklardan, fiziksel ve kimyasal işlemler sonucu elde edilen organik ürünlerin kullanımına dair uygun görülen kriterler ise aşağıda verilmektedir.

Tablo 2.25. Bitkisel ve Hayvansal Kaynaklı Organik Gübreler (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2011)

Organik Ürünün Tip İsmi	Organik ürünün elde edilmiş şekli ve ana bileşenlerine ait bilgiler.	Ürünün hammadde muhtevası, miktarı ile bünyesinde bulunması gereken bitki besin maddesi içeriği ve diğer kriterler
Katı Organik Gübre	Hayvansal kaynaklı materyallerin, fiziksel ve kimyasal işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ürünler.	Organik madde en az : % 30 Organik azot en az : % 2 Toplam (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) en az : % 6 Maksimum nem : % 20 Üründe kullanılan hammaddeler belirtilecektir. 10 mm' lik elekten ürünün % 90'ı geçecektir.
Sıvı Organik Gübre	Hayvansal kaynaklı materyallerin, fiziksel ve kimyasal işleme tabi tutulması sonucu elde edilen çözelti ya da süspansiyon haldeki ürünler.	Toplam organik madde en az : % 25 Toplam (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) en az : % 3 Üründe kullanılan hammaddeler belirtilecektir
Katı Organik Gübre	Bitkisel ve hayvansal kaynaklı materyallerin karışımının, fiziksel ve kimyasal işleme tabi tutulması sonucu elde edilen ürünler.	Organik madde en az : % 30 Organik azot en az : % 2 Toplam (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) en az : % 6 Maksimum nem : % 20 Üründe kullanılan hammaddeler belirtilecektir. 10 mm' lik elekten ürünün % 90'ı geçecektir.
Sıvı Organik Gübre	Bitkisel ve hayvansal kaynaklı materyallerin karışımının, fiziksel ve kimyasal işleme tabi tutulması sonucu elde edilen çözelti ya da süspansiyon haldeki ürünler.	Toplam organik madde en az : % 25 Toplam (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O) en az : % 3 Üründe kullanılan hammaddeler belirtilecektir

Depolama sistemlerinde, gübrenin yüzey ve yer altı sularına temas etmesini engelleyecek sızdırmaz sistemler tasarlanmalıdır. Fermante atık depolama sistemlerinde de, aynı sızdırmazlık özellikleri dikkate alınmalıdır. Gübrenin anaerobik arıtımından sonra, depolama süresince, amonyum şeklinde nitrojen kayıpları ortaya çıkmaktadır. Toprak uygulamalarında ise, uygulama süresince nitrojen kayıpları, gaz (amonyum) ve mineral şeklinde (nitrat) gösterilebilir. Tarımsal alanlara uygulanacak gübrenin besi maddesi içeriği, uygulanacak toprağın kalitesini arttırması amacıyla önem arz etmektedir. Çeşitli hayvan dışkısı toplam katı madde içinde bulunan besi maddeleri miktarları ise aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.26. Hayvan Dışkısı İçinde Bulunan Besi Maddesi Miktarı

Hayvan Cinsi	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Sığır Dışkısı	2,3-4,7	0,9-2,1	4,2-7,6	1,0-4,2	0,6-1,1
Tavuk Dışkısı	4,3-9,5	2,8-8,1	2,1-5,3	7,3-13,2	1,1-1,6

Toprak uygulamalarında, tırmıklı hortum traktör veya gübre dağıtım traktörü kullanılabilir. Bu traktörlerden ilki, yaklaşık %41 daha düşük NH₃ emisyonu salınımı yaparken, diğeri güçlü kokuya, amonyak emisyonları salınımına neden olur. Aşağıdaki şekilde sırayla tırmıklı hortum ve gübre dağıtım traktörü verilmiştir.



Şekil 2.13. Toprak Uygulama Teknikleri (Köttner, 2011).

Hayvansal atıklardan biyogaz eldesi projesi kapsamında, çiftlik atıklarının mevcut yönetiminden, biyogaz tesislerinde elde edilecek fermente gübre yönetimine geçilmesi, bölgeye ekonomik ve çevresel faydalar sağlayacaktır. Bunların en başında, mevcut atık yönetiminin toprak, su ve hava kirliliği üzerine yaptığı olumsuz etkilerin minimuma indirilmesi ve bu sayede bölgede çevreci yaklaşımların benimsenmesi olacaktır. Aydın merkez ve ilçelerinde bulunan çiftliklerde, fermente gübrenin yönetimine ilişkin yapılacak uygulamalar ile, bölgenin tarımsal ürün verimliliği artacak, bölgede dışkıdan kaynaklı koku yoğunluğu azalacaktır. Ayrıca, kimyasal gübre kullanımı azalacağından bu durum hem toprak ve su kirliliğini azaltacak, hem de kimyasal gübre kullanımında maliyetleri en aza indirecektir. Biyogaz tesisinden elde edilecek fermente gübrenin kullanımının sağlayacağı çevresel faydalar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 2.27. Fermente Gübrenin Çevresel Faydaları

Biyogaz Fermente Atığının Kullanımının Çevresel Faydaları	
Gelişmiş gübre kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> - Besin kayıplarını önler, - Bitkiler üzerindeki şiddetli etkiyi azaltır, - Akış özelliklerini artırır, - Bitki yeterliliğini artırır, - Bitki sağlığını artırır, - Yabani ot tohumlarının çimlenmesini azaltır.
Çevre sağlığı açısından kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> - Koku yoğunluğunu azaltır, - Metan ve amonyum sebebiyle oluşan hava kirliliğini azaltır, - Nitrat çöküntüsünü azaltır, - Sıvı gübreyi temizler, - Organik kalıntıları geri kazandırır, - Merkezi bir kanalizasyon bağlantı maliyetlerini engelleyebilir.

3. YASAL MEVZUAT

Bu bölümde, ilgili yönetmeliklerin tüm metinlerinin verilmesinden ziyade, atık üreticilerine ait sorumluluk ve yükümlülüklerin özellikle önemli noktalarının özetlenmesi gerçekleştirilecektir. Bu amaçla, ilgili yönetmelikler bu bölümün alt başlıklarında konu ile ilgili madde, fıkra ve bentler dikkate alınarak yorumlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında ele alınan hayvansal atıkların yönetimine ve ilgili atıklardan yenilenebilir enerji adı altında gerçekleştirilebilecek elektrik üretimine yönelik, yürürlükte olan yasal mevzuata ilişkin bilgiler verilecektir. Atık yönetimi alanında yürürlükte olan pek çok yönetmelik bulunmaktadır. Atık üreticileri, ilgili mevzuatta belirtilen yasal yükümlülükleri yerine getirmekle yükümlüdür. Bu proje kapsamında konu olan atıklar, hayvansal atıklar oldukları için hayvan sektörüyle ilgili ürünlere ilişkin yasal mevzuat da çalışma kapsamında değerlendirilmelidir.

Ayrıca atık yönetimi dışında, bu proje kapsamında, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ve enerji eldesine ilişkin yasal çerçeve de önem arz etmektedir. Hayvansal atıkların yenilenebilir enerji kaynakları olarak kullanımı ve bunun sonucunda elde edilecek ürünlerin uygulanmasına ve kullanımına ilişkin yönetmelikler şu şekilde özetlenebilir.

- Yenilenebilir Enerji Kanunu,
- İnsan Tüketimi Amacı ile Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünlere Dair Yönetmelik,
- Tarımsal Kaynaklardan Gelen Nitrat Kirliliğine Karşı Su Kaynaklarının Korunması Yönetmeliği,
- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği,
- Katı Atık Yönetimine Dair Genel Kurallar,Çevre Kanunu,
- Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral, Özel, Mikrobiyal ve Enzim İçerikli Organik Gübreler ile Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalatı, İhracatı, Piyasaya Arzı ve Denetimine Dair Yönetmelik,
- Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği.

3.1. Atık Yönetmelikleri

Üretim, tüketim ve hizmet faaliyetleri sonucunda oluşan atıkların alıcı ortamlara doğrudan veya dolaylı vermeleri uygun görülmeyen tesis ve işletmeler, yönetmeliklerde belirlenen standart ve yöntemlere uygun olarak arıtmak ve bertaraf etmekle veya ettirmekle ve öngörülen izinleri almakla yükümlüdürler. Atıkların yönetimine ilişkin mevzuat “Çevre Kanunu” kapsamında değerlendirilmektedir.

Ayrıca, atık üreticileri uygun metot ve teknolojiler ile atıklarını en az düzeye düşürecek tedbirleri almak zorundadırlar. Atıkların üretiminin ve zararlarının önlenmesi veya azaltılması ile atıkların geri kazanılması ve geri kazanabilen atıkların kaynağında ayrı toplanması esastır. Atık yönetim planının hazırlanmasına ilişkin esaslar, Bakanlıkça çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir. Atık geri kazanım, geri dönüşüm ve bertaraf tesislerini kurmak ve işletmek isteyen gerçek ve/veya tüzel kişiler, yönetmelikle belirlenen esaslar doğrultusunda, ürün standardı, ürünlerinin satışa uygunluğu ve piyasadaki denetimi ile ilgili izni, ilgili kurumlardan almak kaydı ile Bakanlıktan lisans almakla yükümlüdür.

Çevreyi kirletenler ve çevreye zarar verenler sebep oldukları kirlenme ve bozulmadan doğan zararlardan dolayı kusur şartı aranmaksızın sorumludurlar. Kirletenin, meydana gelen zararlardan ötürü genel hükümlere göre de tazminat sorumluluğu saklıdır. Çevre kirliliğinin önlenmesi ve giderilmesine ilişkin faaliyetler teşvik tedbirlerinden yararlandırılır. Bu amaçla her yılın başında belirlenen teşvik sistemine Bakanlığın görüşü alınmak sureti ile Hazine Müsteşarlığınca yeni esaslar getirilebilir.

Avrupa Birliği çevre direktifi doğrultusunda üye ülkelerin organik atıklarını 2020 yılından itibaren çöp depolama sahalarına göndermesi yasaklanacaktır. Bu nedenle, Avrupa Birliği ülkelerde pek çok büyük biyogaz tesisi organik atıkların arıtımı için uygun alternatif bir yöntem olması sebebiyle inşa edilmektedir. 2005 yılında Türkiye’de yapılan çalışma doğrultusunda, depolanacak olan organik

atıkların miktarını azaltmaya yönelik yıllık hedefler koyulmuştur. Ancak, bu hedefler belirlenen yıllar içinde gerçekleştirilememiştir. Bundan sonraki süreçte Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile depolanacak olan organik atık miktarına ilişkin yeni hedefler aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 3.1. Depolanacak Organik Miktarına İlişkin Yıllık Hedefler
(Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 2010)

Depolanacak Organik Atık Miktar Hedefleri	
Hedef Süre	Depolanacak Toplam Organik Atık Miktarının Ağırlıkça (2005 yılında üretilen toplam organik atık miktarının ağırlıkça)
5 yıl içinde	% 75
8 yıl içinde	%50
15 yıl içinde	%35

Atık Yönetimi Üzerine Genel Kurallar Yönetmeliği 05 Temmuz 2008 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Yönetmeliğin asıl amacı, atığın üretiminden bertarafına kadar olan süre içindeki zararlı etkilerinden korunmaktır. Biyokütleyle ilişkin düzenlemeler bu yönetmeliğe dâhil edilmemiştir. Bu kanuna göre:

- Tüm bakanlıklar ve sivil toplum örgütleri, atıkların yeniden kullanımı, miktarlarının azaltılması, geri dönüşümü için beraber çalışmalıdır.
- Çevreyi kirletmek yasaktır.
- Eğer üretimden kaynaklı bir atık oluşum potansiyeli var ise, işletme, çevresel etki değerlendirme raporu hazırlamalıdır. Rapor neticesinde işletme eğer onay alamazsa, çalışmaya başlaması mümkün değildir.
- Tüm işletmeler, atıklarını, kanunlarda belirtildiği şekilde geri kazanmalıdırlar. Geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda bertaraf, ilgili kanunlar çerçevesinde yapılmalıdır.
- Kirleten işletme tekrar temizlemekle yükümlüdür.
- Bakanlık, kendi atıksu arıtma tesisini işletmeyi planlayan kuruluşlar için elektrik indirimi sağlayabilir.
- Hayvan atıklarının yakılması kesinlikle yasaktır.
- İşletmeler koku emisyonlarını, izin verilen değerlerde tutmakla yükümlüdürler.

Çevre Kanunu’na göre, ilgili kanunun ihlali, çevre kirliliğine yol açabilecek her türlü eylem ve aktivite yasaktır.

Hayvansal atıkların organik içeriği ve değerlendirilebilir olmaları, hayvansal atıkların yönetiminde aerobik veya anaerobik kompostlaştırma yoluyla biyogübre ve yenilenebilir enerji geri kazanımı daha sürdürülebilir bir seçenek olarak düşünülmelidir. Atık yönetimi stratejisi özellikle organik fraksiyon için önemli bir alternatif olarak biyogaz tesislerini sunmaktadır. Bu nedenle, hayvan atıklarından anaerobik çürütme yoluyla biyometan ve kompost geri kazanımı, bu tür atıkların düzenli depolama alanları dışına yönlendirilmesi, su kirliliğinin önlenmesi ve hayvansal atıklardan kaynaklanan zararlı gazların atmosfere yayılmasının önüne geçilmesi bakımından önem taşımaktadır.

3.2. Enerji Yönetmelikleri

Türkiye'nin enerji politikasından sorumlu temel kurum Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’dır. Bunun yanı sıra, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı sorumluluğu altında çalışan pek çok devlet kuruluşu da bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 3.2. Türk Enerji Politikalarından Sorumlu Devlet Kurum ve Kuruluşları (Budak, 2009)

Kurum Adı	Sorumluluğu Altında Olduğu Kurum
DPT, Devlet Planlama Teşkilatı	Başbakanlık
TUBITAK, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu	Başbakanlık
Araştırma, Planlama ve Koordinasyon Kurulu	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Enerji İşleri Genel Müdürlüğü	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Maden İşleri Genel Müdürlüğü	
Petrol İşleri Genel Müdürlüğü	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TEUAS, Türk Elektrik Üretim A.Ş.	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TEİAŞ, Türk Elektrik İletim A.Ş.	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TEDAŞ, Türk Elektrik Dağıtım A.Ş.	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TETAŞ, Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş.	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
DSİ, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TPAO, Türk Petrol Anonim Şirketi	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
BOTAS, Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TKİ, Türk Kömür İşletmeleri	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TTK, Türk Taşkömürü Kurulu	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Ancak, şimdiye kadar biyokütleden sorumlu ve biyogazın kullanımını herhangi bir şekilde politikalarla destekleyebilecek bir kurum oluşturulmamıştır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (Kanun No. 5346), 10 Mayıs 2005 tarihinde kabul edilmiştir. Hayvansal atıkların (biyokütle) yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında değerlendirilerek elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasında bu Kanun hükümleri dikkate alınmalıdır. Bu Kanun'un amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir. Ayrıca bu Kanun; yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esasları kapsar. Bu kanun kapsamında hayvansal atıklar diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile birlikte biyokütle olarak adlandırılır.

Revize edilmiş kanun, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının geliştirilmesine dair geniş ve karmaşık bir tüzüğe sahiptir. Ana amaçlar:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretim sektöründe kullanım dağılımının artırılması,
- Uygulamalar için güvenli, maliyet-yararlı ve nitel bir yol belirlenmesi,
- Kaynak çeşitliliğini arttırmak,
- Sera gazı emisyonlarının düşürülmesi,
- Atık değerlerinin yeniden hesaplanması,
- Çevrenin korunması ile ilgili gereksinimlerini karşılamak için üretim sektörü ile birlikte çalışmaktır.

Kanunda yapılan son revize ile bazı çözümler yapılmıştır.

- Eskiden belirlenmiş 5,5 € sent, tüm yenilenebilir enerjiler için belirlenmiş aynı tarifelenendirme yerine, farklı YEK için farklı tarifeler getirilmiştir,
- Son değişiklik ile çöp gazı da yenilenebilir enerji kaynakları arasına dahil edilmiştir,
- Şebekeye besleme tarife değerleri “euro sent” yerine “dolar sent” olarak belirlenmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin iç piyasada ve uluslararası piyasalarda alım satımında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi için üretim lisansı sahibi tüzel kişiye EPDK tarafından "Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi" (YEK Belgesi) verilir. YEK Belgesi ile ilgili usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir. Bu Kanunun yürürlüğe girdiği 18/05/2005 tarihinden, 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek YEK Destekleme Mekanizmasına tabi üretim lisansı sahipleri için, bu Kanuna ekli I sayılı Cetvelde yer alan fiyatlar, on yıl süre ile uygulanır. Bu değer biyokütleyle dayalı üretim tesisleri için 13,3 ABD Dolar cent/kWh şeklinde belirtilmektedir (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 2005). Bu değer, Türkiye’de yenilenebilir enerji kanununa göre belirlenmiş şebekeye besleme tarifelendirmesidir. Ayrıca ilgili yönetmeliğin ekli II sayılı Cetvelde biyokütle enerjisine dayalı üretim tesislerinde kullanılacak imalatı yurt içinde gerçekleştirilen ekipmanlar için yerli katkı ilavesi yapılmaktadır (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Yerli Katkı İlavesi

Tesis Tipi	Yerli İmalatı Gerçekleştirilen	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
Biyokütle Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	1-Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4- Buhar veya gaz türbini	2,0
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7- Kojenerasyon sistemi	0,4

3.3. Gübre Yönetmeliği

Türkiye’de sıvı gübre genel olarak su ortamına deşarj edilmektedir. Ancak sıvı gübrenin tarımda kullanılmasına dair herhangi bir anlayış bulunmamaktadır. Bazı durumlarda, katı hayvan dışkıları gübre olarak kullanılsada, genelde, dışkıları, boş arazilere serilmekte veya özellikle küçük kasabalarda ısınma ihtiyaçlarının karşılanması için yakılmaktadır.

Yasal çerçeve içinde hayvan atıklarına ilişkin herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır. Hayvan atıkları ile ilgili düzenlemeler bir şekilde tüm yönetmeliklerden ayrı tutulmuştur. Fakat eskiden Organik Tarımın Uygulama ve Esasları Yönetmeliği’nde, hayvansal atıkların yönetimine yer verilmişti. Ne yazık ki, bu yönetmelikte bile, hayvansal atıkların organik tarımda kullanıp kullanılmayacağına yer verilmemiş ve genel olarak hayvansal atığın kontrol yöntemlerine değinilmemiştir.

Şu ana kadar, sıvı dışkının depolanmasına ve kullanımına dair herhangi bir yönetmelik yayınlanmamıştır. Bu nedenle, şu anki şartlar altında, sıvı dışkının tarımda kullanımı söz konusu olmamakla beraber, sıvı dışkının mevcut kullanım ve depolama yöntemleri, önemli çevresel problemlere sebep olmaktadır. Bu açıdan, nitrat döngüsünün de kapatılabilmesi için sürdürülebilir dışkının yönetim sistemine sahip olmak önemlidir. Dahası, var olan yönetmelik ve kanunlar, biyogaz tesislerinden gelen katı son ürün olan digestatın kullanımı için uygun değildir.

Katı dışkının yönetmeliği hususunda ise 2004’te organik tarım yönetmeliği iptal edilene kadar, katı dışkının uygulamalarının yapılması mümkündü. Organik bitkisel üretim için, toplam organik dışkı kullanımının 170 kg/N/ha/yıl geçmemesi gerekmekteydi. Dışkı depolama sahaları için belirlenmiş geçirimsizliği sağlama amaçlı standartlar mevcuttu. Fakat digestat depolaması bu yönetmelikte de düzenlenmemiştir.

Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik, 27601 sayılı Resmi Gazete ile 4 Haziran 2010 tarihinde yayınlanmıştır. Bu yönetmelik, gübre olarak kullanılabilir katı dışkı ve potansiyel diğer dışkıların doğrudan kullanımı üzerinde etkiye sahiptir. Ağır metal ve mikroorganizma oranlarına yönelik bazı kısıtlamalar, bu yönetmelikle beraber yürürlüğe girmiştir. Eğer dışkı, belirtilen değerlere uyuyor ise direkt olarak kullanılabilir.

3.4. İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği

Yönetmelik, 28152 sayılı Resmi Gazete’de, 24 Aralık 2011 günü yayınlanmıştır. Yönetmelik hükümleri, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Yönetmeliğin amacı, gıda güvenliği, halk ve hayvan sağlığını etkileyen riskleri engellemek ve minimize etmek amacı ile insan tüketimine uygun olmayan hayvansal yan ürünlerin ve türevlerinin kullanım usul ve esaslarını belirlemektir.

Yönetmelik aşağıdaki maddeleri:

- İnsan tüketimine uygun olmayan hayvansal yan ürünlerin, tanımlanması, sınıflandırılması, toplanması, taşınması, depolanması, işlenmesi, piyasaya arz edilmesi, bertarafı, kullanımı, ithalat, ihracat ve transiti ile bu ürünlerle ilgili olan işletme, kurum, kuruluş, organizasyon ve kişileri.
- İnsan tüketimi için üretilen fakat üretici tarafından insan tüketiminde kullanılmamasına karar verilen hayvansal orijinli ürünlerin imalatında kullanılan kaba malzemeleri ve
- Gıda artıklarını kapsar.

Yönetmelik, bu ürünler madde 10’da belirtilen herhangi bir uygulamada veya biyogaz tesisleri, basınçlı sterilizasyon sistemleri ve kompostlama tesislerinde kullanılmak isteniyorsa etkindir. Hayvansal yan ürünler ve türevleri, biyogaz ya da kompost tesislerinden çıkan son ürün olan digestat olarak piyasaya organik gübre veya toprak zenginleştirici olarak sunulabilir. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü’ne (OECD) üye olmayan ülkelere biyogaz ve kompost üretimi amacıyla hayvansal yan ürünlerinin ve türevlerinin ihracatı yasaktır. Bu yönetmelik 13 Haziran 2013 tarihinden itibaren etkili olacaktır ve işletmelerin 13 Aralık 2014 tarihine kadar yasada belirtilen şartlara adapte edilmesi gereklidir.

3.5. Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği

Su kirliliği yönetmeliğine dair son değişiklik 13 Şubat 2008 tarihli ve 26786 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Yönetmeliğin amacı, sürdürülebilir kalkınma planları ile su kirliliğinin önüne geçmektir. Tüm atıklar için izin kâğıdı alınmalıdır. Aşırı gübreleme eylemleri yasaktır ve kontrol işlemleri düzenli olarak yapılmalıdır.

08 Haziran 2010 tarihinde Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirletilmiş Sahalara Dair Yönetmelik 27605 sayılı Resmi Gazete’de yayımlandı. Bu yönetmelik, toprak kirliliğinin önlenmesini ve potansiyel kirletici kaynakların bulunmasını amaçlar. Toprağı kirletebilecek potansiyelle sahip her türlü atığın, toprağa direkt verilmesi yasaktır ve Çevre Kanunu’nda belirtilmiş metotlarla depolanmaları zorunludur.

Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği 25377 sayılı ve 18 Şubat 2004 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanmıştır. Bu yönetmelik, yer altı suyu, yüzey sular ile toprağın nitrojen ve türevlerinden kaynaklı kirlilikten korunması, kontrolü, kirleticilerin belirlenmesi için gerekli idari şartları içerir. Nitrojen kirliliği olduğunun söylenebilmesi için, toprak ve suyun sahip olması gerekli fiziksel ve çevresel özellikler, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Kullanılan ya da kullanılabilecek nitelikte olan tüm yüzey ve yeraltı suları 50 mg/l’den fazla nitrat içermemelidirler,
- Doğal tatlı su gölleri, diğer tatlı su kaynakları, haliçler, kıyı suları ve deniz suları ötrofik olmamalıdır.

Ayrıca, Türkiye’de suyla kirlenerek sonrasında fizikokimyasal ve/veya biyolojik proseslerle arıtılıp alıcı ortamlara deşarj edilen çiftlik atıkları ile ilgili alıcı ortama deşarj limitleri, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 5.15’de verilmektedir. İlgili deşarj limitlerine göre, 24 saatlik ortalama olarak KOİ ≤ 400 mg/l, AKM ≤ 150 mg/l, NH₄-N ≤ 15 mg/l, PO₄-P ≤ 2 mg/l ve pH=6–9 olması gerekmektedir. Bu limitlere ulaşılabilmesi için, Biyolojik Azot ve Fosfor giderimli membran biyoreaktörde arıtma sonrası Nanofiltrasyon gibi pahalı ileri arıtma teknolojilerinin kullanımı gerekmektedir.

Biyogaz, iyi gübreleme yönetimleri ile gübre kullanıldığı zaman, problemlerin çözümüne bir alternatif olabilir. Gerekli bölgelerde, iyi tarım uygulamalarına yönelik programlar geliştirilmeli ve çiftçiler bu konuda eğitilmelidir. Hassas bölgeler için uygulanacak olan hayvan dışkı miktarı, yöre, toprak ve iklim özellikleri ile uygulanacak tarım rejimi dikkate alınarak Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından belirlenir. Aşağıda listelenen maddeler iyi tarım uygulamaları için yürürlüğe alınacak eylem planlarını içermektedir (DBFZ-Deutches Biomasse Forchungs Zentrum, 2011).

Gübreleme ve gübrenin toprağa uygulanmasına dair dönemler belirlenecektir.

- Hayvan gübrelerinin depolanmasına yönelik tankların kapasiteleri belirlenecektir.
- Belirlenen bu kapasite, hassas bölgede toprağa uygulamanın yasaklandığı en uzun dönem süresince, depolama için gerekli olan miktarlardan fazla olmalıdır. Depolama kapasitesini aşan miktarlardaki hayvan gübresinin, çevreye zarar vermeyecek usuller ile elden çıkarılacağı, yetkili kuruluşlara kanıtlanabilmesi istisnai durum oluşturur.
- Toprağa uygulanacak gübre miktarı; iyi tarım uygulamaları tanımına uygun şekilde ve ilgili hassas bölgenin toprak şartları, toprağın tipi ve eğimi, iklim şartları, yağış miktarı, sulama, arazi kullanımı, mevcut tarımsal uygulamalar, bitki rotasyon sistemleri ile bitkilerin öngörülebilir azot gereksinimleri ve bitkilere topraktan ve gübrelemeden gelen azot arasındaki dengeyi gözeterek şekilde sınırlandırılır.
- Bitkilere topraktan geçen azot miktarları
 - Bitkilerin önemli miktarlarda azot kullanmaya başladığı dönemde toprakta mevcut olan azot miktarı,
 - Topraktaki organik azot rezervlerinin, mineralizasyon yoluyla azot sağlama düzeyi,
 - Gübrelerden gelen azot bileşikleri.

3.6. Kokuyla Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği

Bu Yönetmeliğin amacı, kokuyla sebep olan emisyonların kontrolüne ve azaltılmasına yönelik, idari ve teknik usul ve esasları düzenlemektir. Kapsamı ise, koku şikâyetine neden olan faaliyetlerden ileri gelen koku sorunlarının belirlenmesi ve çözümü ile ilgili işlemleri ve yaptırımları içermektedir. Bu Yönetmelik, 09/08/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun Ek 9. Maddesi'ne dayanılarak hazırlanmıştır. Koku emisyonuna sebep olan faaliyetleri yürütenler; bu faaliyetlerin kurulmaları ve işletilmeleri sırasında:

- İşletmenin kamuya ve çevreye olan zararlı etkilerini teknolojik seviyeye uygun olarak azaltmak için bu Yönetmelikte belirtilen teknik şartlara uyar.
- Şikâyet olması halinde, 7nci ve 8 inci maddede belirtilen esaslar çerçevesinde kokulu emisyonlarını ve dış ortamdaki koku seviyesini ölçtürür.
- Bu Yönetmelikte belirtilen emisyon ve dış ortam sınır değerlerini aşmaz.
- 17/07/2008 tarihli ve 26939 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği kapsamında, işletmelerin Çevresel Etki Değerlendirmesi işlemleri sürecinde bu Yönetmelik açısından da değerlendirilmesi, işletmelerin yer seçimi, meskun yerlerle arasındaki uzaklık ve etrafında oluşturulacak sağlık koruma bandı, kullanılacak hammadde ve üretim teknikleri ve arıtım teknolojisi yönlerinden çevrede koku emisyonu oluşturmayacak ve/veya azaltacak şekilde ve bu Yönetmelikte belirtilen teknik şartları da göz önüne alarak kurulmasını sağlar.
- Çevre mevzuatı kapsamında izinlerini alır.

Yönetmelik kapsamında uyulması gereken koku sınır değerleri, dış ortamdaki koku sınır değerleri ve emisyon sınır değerleri olarak ayrılır. Toplam Kokulu Saat Yüzdesi, yerleşim alanlarında %15'i ve sanayi bölgelerinde %20'yi aşmıyorsa, dış ortamdaki koku sınır değerlerinin sağlandığı kabul edilir. Emisyon sınır değerlerinde ise yönetmelik kapsamında Madde 8'de belirtilen değerler dikkate alınmalıdır. Koku önleme ve giderme kapsamında ilgili yönetmeliği aşağıda belirtilen maddeleri dikkate alınmalıdır.

- MADDE 14 – (1) Faaliyetleri ve kullandığı proses nedeniyle koku emisyonuna sebep olan işletmeler/tesisler için, koku emisyonunun önlenmesinde Koku Önleme ve Kontrol Yöntemleri Kılavuzunda yer alan bilgilerden yararlanılır ve koku konsantrasyonunun 8 inci maddede verilen sınır değerlerin altına düşürülmesi sağlanır.

- MADDE 15 – (1) Kümesler, ahırlar ve kesimhaneler, hayvan yağlarının eritildiği işletmeler/tesisler, et ve balık ürünlerinin tütsülediği tesisler ve gübre (tezek) kurutma işletmeleri/tesisleri gibi faaliyetlerin koku probleminin önlenmesinde 03/07/2009 tarihli ve 27277 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği Ek-5’te yer alan hükümler geçerlidir.

3.7. Avrupa Birliği Mevzuatları ile Uyumluluk

AB ile Türkiye’deki mevzuatların uyumlulukları göz önüne alındığında bazı yönetmeliklerin AB ile uyumlu olmalarına karşın, AB’de uygulamada olan bazı yönetmeliklerin ise, henüz Türkiye’de çıkarılmadığı görülmektedir. Bu durum, hayvansal atıkların yönetimine ilişkin bazı noktaların henüz yönetmeliklerle belirli kurallar çerçevesine oturtulmadığını göstermektedir. Hayvansal atıkların yönetiminden kaynaklanan eksiklikler ise, Türkiye’ye enerji kaybı ve atık bertaraf yükü olarak yansımaktadır.

Katı Atık Yönetmeliği kapsamında, organik atıkların düzenli depolama sahalarına gönderilmesinin önüne geçilmesi/azaltılması konusunda AB yönetmeliklerinde belirlenen hedefler, Türkiye’de yapılan yönetmelik çalışmaları dahilinde de Türkiye’nin hedefleri arasına alınmıştır.

AB Yenilenebilir Enerji Yönetmeliği’ne (Energy White Paper) göre, (EWP, 2006), sera gazı salınımlarının 2050 yılına kadar %60 oranında azaltılması, 2020 yılına kadar da belirgin düzeyde azaltıcı önlemlerin yetiştirilmesi öngörülmektedir. Hayvansal atıklardan biyometan ve organik gübre geri kazanımı, sera gazı emisyonu azaltımında iki kademeli (atık kaynaklı metandan enerji üretimi ve organik gübre geri kazanımı) olarak rol oynamaktadır.

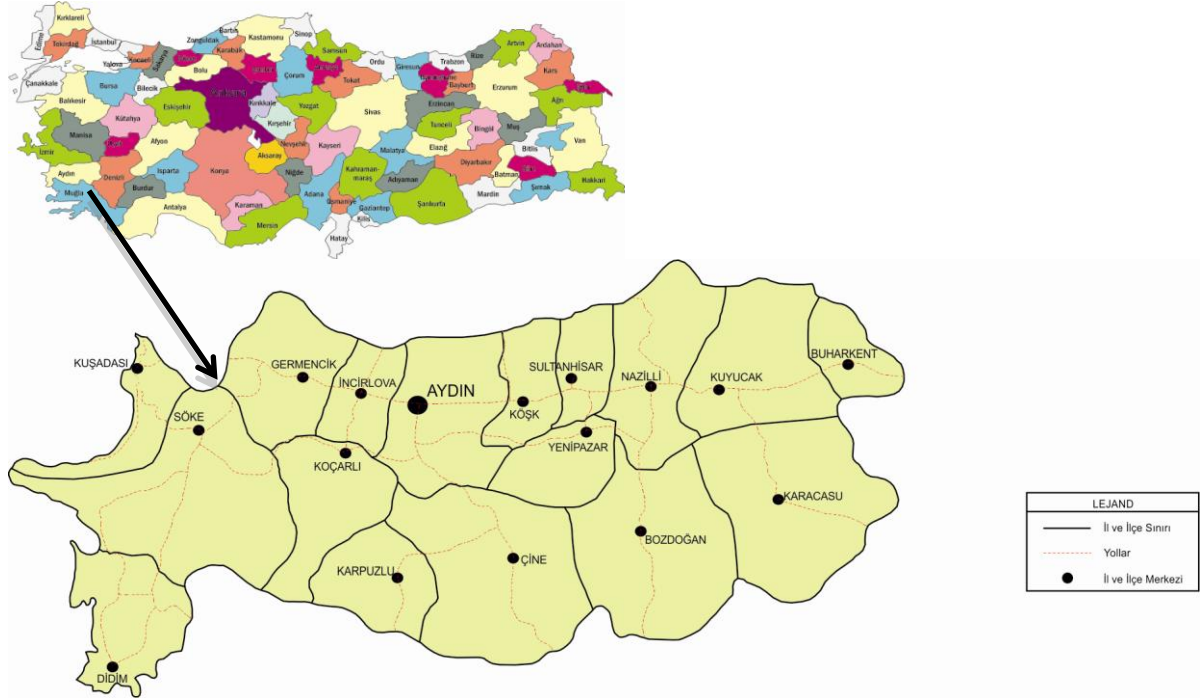
AB Hayvansal Yan Ürünler Mevzuatı’na (AbPR, 2003) göre, hayvansal yan ürünlerin (mutfak atıkları da dâhil), aerobik ve anaerobik biyokimyasal arıtma prosesleri uygulanarak, toprak şartlandırıcı ürün (kompost) halinde geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu mevzuatın esas hedefi, söz konusu biyolojik geri dönüşüm proseslerini kullanarak, hayvansal yan ürünlerden, mevcut patojen mikroorganizmaların çevreye yayılmasının önlenmesidir. Anaerobik biyoteknoloji kullanılması halinde, yüksek seviyede teknolojik işletimi ile birlikte pastörizasyon (70°C’de 1 saat tutma) uygulaması öngörülmektedir. AB Atık Azaltma ve Geri Dönüşüm Tematik Stratejisi’nde, faydalı ürünlerin geri dönüştürülmesinin verimli olduğu durumlarda, daha sürdürülebilir bir atık yönetimi stratejisi bakımından geri dönüşümün teşvik edilmesi öngörülmektedir. Hayvansal atıklardan biyometan ve organik gübre (kompost) geri kazanımı, söz konusu strateji ile tam uyum sağlamaktadır.

Bütün bunlar kapsamında biyogaz teknolojisinin Türkiye’de uygulanmasında eksik görülen yönetmelikler şu şekildedir:

- Hayvan atıklarının düzenlenmesi yönetmeliği,
- Enerji eylem planı içinde belirlenmiş biyogaz enerji hedefleri,
- Biyogaz için daha elverişli şebekeye besleme tarifeliendirilmesi,
- Hedeflerle biyoatık yönetimi ve kullanım yöntemleri.

4. SAHA ve ENVANTER ÇALIŞMALARI

Saha çalışmaları kapsamında Aydın Merkez ve 16 ilçesinde bulunan mevcut büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı çiftliklerine ilişkin işletme sayılarını ve hayvan sayıları ile bölgede bulunan mezbahaların ilçe bazlı dağılımlarına ilişkin bilgiler edinilmiştir. Çalışma boyunca, bölgedeki bazı hayvan çiftlikleri ziyaret edilerek, hayvancılık şekli, atık yönetimi ve çevre koşulları incelenmiştir.



Şekil 4.1. Aydın İlinin İl ve İlçe Sınırları ve İlçe Merkezleri

Aydın İli'ndeki ve Türkiye genelindeki toplam sığır ve inek sayılarının 2008, 2009, 2010 ve 2011 yılları arasındaki değişimleri aşağıdaki tabloda verilmektedir. Tabloya bakıldığında Aydın ilinin toplam sığır ve inek sayısı 2008 yılında Türkiye ortalamalarının altında kalırken, bunu takip eden üç yıl boyunca ortalamaların üstünde değer göstermiştir. Bu durum, Aydın'da hayvancılığın yıllar itibarı ile gelişme gösterdiğinin bir kanıtıdır.

Tablo 4.1. Türkiye ve Aydın'da Soy Kütüğüne Kayıtlı İşletmelerde İşletme Başına Ortalama Sığır ve İnek Sayıları (E-ıslah sistemi, 2011)

Yıllar	Sığır sayısı (baş)		İnek sayısı (baş)	
	Aydın	Türkiye	Aydın	Türkiye
2008	27,7	29,4	11,0	13,3
2009	28,1	25,3	11,9	11,1
2010	28,5	25,8	12,3	11,5
2011	31,2	26,5	13,2	12,0

Türkiye genelinde olduğu gibi, Ege Bölgesi'nde de hayvancılık alanında Aydın'ın önemli bir yeri vardır. E-ıslah sistemi 2011 yılı kayıtlarına göre, Aydın, inek ve sığır varlığı bakımından Ege Bölgesi'nde İzmir'den sonra 66.128 inek ve 157.789 sığır sayısı ile 2. sırada yer almaktadır. Yapılan hesaplamalarda Ege Bölgesi'nde yetiştirilen her 6 sığır ve inekten birinin Aydın'da yetiştirildiği (%17) ortaya çıkmıştır.

Birliğe üye işletme sayısı yıllar içinde artış göstermiştir. 2002 yılında 750 olan üye sayısı, yaklaşık 7 kat artarak, 2011’de 5.064’e çıkmıştır. Bunun yanı sıra, kayıtlı sığır sayısı da yaklaşık 14.000 baştan 158.000 başa yükselmiştir. Bu durum sadece birliğe kayıtlı işletme sayısındaki artışın değil, aynı zamanda işletme başına ortalama sığır sayısının da yıllar içinde arttığını göstermektedir.

Aydın’daki Çiftliklerdeki Tarımsal Faaliyet

ADSYB tarafından gerçekleştirilen AB ve Türkiye’de Danışmanlık Sistemleri ve Süt Sığırını İşletmelerinin Yönetimi Projesi kapsamında yapılan çalışmalarda, çiftlikler tarafından tarımsal üretim için kullanılan ekilebilir alanın büyüklüğünün, farklı büyüklük sınıfları arasında değişiklik gösterdiği ortaya konmuştur. Ancak, bitkisel üretim ya da hayvanların otlatılması için herhangi bir ekilebilir alanı olmayan yada kullanmayan az oranda çiftlik bulunmaktadır (% 4,8). Çalışma yapılan işletmelerin %77’si, sulanan ya da sulanmayan bir miktar ekilebilir araziye sahiptir.

Aydın’daki sığır çiftliklerinin çoğunluğu, 27 dekar arazi ve 15 baş dişi sığır ortalamasıyla 10-49 dekar Kullanılabilir Tarım Arazisine (KTA) sahiptir. Ayrıca, 500 dekarın üzerinde tarım arazisine sahip olan 7 çiftlik de dâhil olmak üzere 50 dekarın üzerinde KTA’ya sahip işletmelerin oranı oldukça yüksektir (%50).

4.1. Saha alışmaları

Aydın, merkez de dâhil olmak üzere 17 ilçesi ile geniş bir bölgedir. Bu alışma içinde birçok bölge ziyaret edilerek, Aydın’daki işletmelerde atık oluşumu ve mevcut atık yönetimi incelenmiştir.

Aşağıda belirtilen hususlarda bilgiler toplanmış ve çalışma içinde incelenmiştir;

- i. Mevcut atık yönetim sistemleri
 - a. Depolama teknikleri ve depo alanları
 - b. Atık bertarafı
- ii. Çevresel ve sosyal sorunlar
 - a. Çevresel sorunlar
 - b. Sosyal sorunlar
- iii. Alınması gereken önlemler

Büyükbaş Hayvancılık

Yaklaşık 30 büyükbaş hayvandan daha fazlasına sahip olan çiftlikler, son derece temiz ve iyi bir durumda bulunmaktadır. Bu çiftliklerde yer alan inekler, oldukça sağlıklı ve iyi görünüme sahiptir. Çoğunlukla bu tesisler yarı açık işletmelerdir.

Aşağıdaki fotoğraflar, süt ve et hayvancılığı yapan büyükbaş hayvan çiftliklerinde çekilmiştir. Buna benzer çiftliklerde, genel olarak yavrularda dâhil olmak üzere 50 ile 250 arasında hayvana bakılmaktadırlar.



Şekil 4.2. Büyükbaş Hayvan Çiftlikleri

Atık Yönetimi

• Manuel Dışkı Toplama Sistemi

Genellikle çiftliklerde otomatik dışkı toplama sistemleri kullanılmamaktadır. Hatta bazı çiftliklerde, elektrik şebeke bağlantısı bile olmadığı için, ihtiyaç halinde elektrik dizel jeneratörler ile üretilmektedir.

Ziyaret etmiş olduğumuz iki çiftlikte, manuel dışkı toplama sistemi mevcuttur. Bu sistemde, bir traktör sıyrıcı, üniteyi kanal boyunca bir baştan bir başa çekmekte ve atığı toplayarak en sonunda yer alan dışkı toplama alanına getirmektedir. Bu alanda, dışkıları, 6 ay kadar bekletilmektedir. Bu tip çiftliklerde ayda 2 veya 3 kez dışkı sıyırılmaktadır. Aşağıda yer alan fotoğraflar manuel dışkı toplama sisteminin geçtiği koridoru göstermektedir.



Şekil 4.3. Manuel Dışkı Toplama Sistemi

Büyükbaşların yaşadığı ve yem yedikleri koridor bölümünden sıyrılan dışkıları, bu koridorun en sonunda bulunan arazide biriktirmektedir. Bu alan, beton zemin seviyesinden birkaç metre daha derin olan çukur bir bölgedir. Dışkıları 6 ile 8 ay arasında bekletilip, kurutulduktan sonra bahar ve yaz döneminde tarlalara dökülmektedir. Aşağıdaki fotoğraflarda bu alan gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Dışkıların Döküldüğü Arazi Alanları

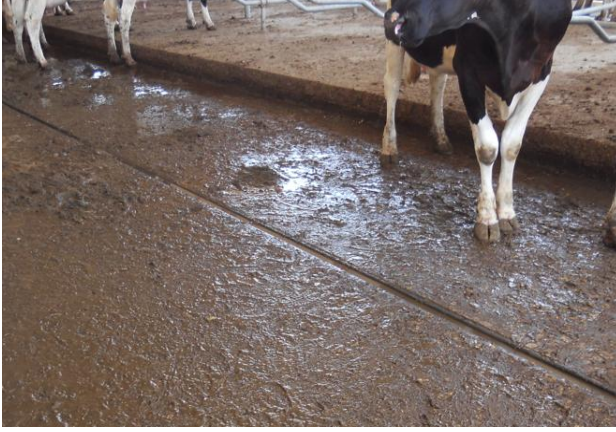
- **Otomatik Dışkı Toplama Sistemi**

Otomatik dışkı toplama sistemi bulunan hayvan çiftlikleri, diğerlerine göre çok daha iyi durumdadır. Burada bulunan hayvanlar da son derece temizdir ki bu hijyenik açıdan çok önemlidir. Otomatik sıyırıcı çift taraflı bir sistemdir. Önce bir yöne doğru giderek dışkıları yer altı tankına sürükler, daha sonrada diğer yöne doğru giderek kalan dışkıları ikinci bir yer altı tankına sürükler. Bu sıyırıcı sistem üzerinde sensörler vardır ve bu sayede önüne hayvan çıktığında durur ve onlara zarar vermez. Aşağıdaki fotoğraflarda otomatik dışkı toplama sistemi görülmektedir.



Şekil 4.5. Otomatik Dışkı Toplama Sistemi

Bu sıyırma sistemi günde 2 kez çalışmakta ve bu sayede manuel sisteme göre ortam çok daha temiz olmaktadır. Aşağıdaki fotoğraflarda otomatik sistem (sol) ve manuel sistem (sağ) arasındaki fark görülmektedir.



Şekil 4.6. Otomatik Sistem (sol) ve Manuel Sistem (sağ)

Otomatik sıyırma sistemi, dışkıları topladıktan sonra bir yeraltı tankına sürükler ve burada biriktirir. Bir pompada su ile bu dışkıları karıştırarak pompalanabilir hale getirir. Burada 1 ay bekleyen dışkılar tarlalara pompa ve borular ile gönderilir. Bu sayede tarlalara kamyon veya traktör römorkörü yerine borular vasıtasıyla taşınabilir.



Şekil 4.7. Pompa Sistemi

Riskler ve Önlemler

Saha çalışmalarımız sırasında belirlenen bazı riskler ve önerdiğimiz önlemler aşağıda sıralanmıştır;

Risk-1: Dışkı toplama sistemi hijyen açısından son derece önemlidir.

Önlem-1: Tüm çiftlikler otomatik dışkı toplama sistemine geçiş yapmalıdır.

Risk-2: Dışkı toplama alanı, hayvan yaşam alanına çok yakındır. Ayrıca bu sahada 6 aydan fazla duran dışkılar, bu süreçte sera gazı emisyonlarını atmosfere salmaktadır. Yağmur da bu dışkıların parçalanma sürecini tetiklemekte ve sıvı kirleticiler yeraltı suyuna geçerek ortamı kirletmektedir. Bunlar hem çevre hem de çiftlikte çalışanlar açısından ciddi problem oluşturmaktadır.

Önlem-2: Dışkılar, alt tarafı geçirimsiz bir katman üzerinde olacak şekilde bir havuza atılabilir. Ayrıca havuz üzeri de geçirimsiz bir malzeme ile kaplanarak, sera gazı emisyonlarının atmosfere karışması engellenebilir.

Risk-3: Mevcut durumda dışkılar tarlalar için gübre olarak kullanılmaktadır. Bu sağlıklı olmadığı gibi, birçok riski de bünyesinde barındıran bir uygulamadır. Patojenler toprağa ve oradan da ekinlere geçebilir. Ayrıca dışkıların bu şekilde kullanılması, tarımsal toprağa zarar vererek, toprağın ekilebilir özelliğini kaybetmesine sebep olabilir.

Önlem-3: Dışkılar, tarlalara atılmadan önce, organik parçalanmasını yapmış olmalıdır. Bunu ya biyogaz tesisleri, ya da kompost tesisleri gerçekleştirebilir. Diğer bir metot ise, bu dışkıların geçirimsiz bir malzeme üzerinde, düzenli aralıklarla karıştırılarak kurutulması ve organik aktivitesini tamamlamasıdır. Ancak bu metot uygulanıp bu dışkılar tarlalara gönderilmeden önce çok iyi düşünülmeli ve tasarlanmalıdır.

Risk-4: Yeraltı dışkı tankları çok iyi bir uygulamadır. Ancak dışkıyı su ile karıştırmak ve tarlalara borular ile taşıyıp, gübre yerine kullanmak yukarıda bahsettiğimiz riskleri taşımaktadır. Ayrıca bu sıvı dışkı, yeraltı tankından toprağa ve yeraltı suyuna kaçarak ortamı kirletebilir. Bu sebeple tanklar, geçirimsiz malzemeler olan poletilen, polikarbonat veya takviye edilmiş beton ile yapılmış olmalıdır.

Önlem-4: Yeraltı tankları bulunan tesisler, bu tankları basit biyogaz ünitelerine çevirebilirler. Bu sayede üretilen biyogaz miktarı ve kalitesi, elektrik üretmek için uygun olmayacaktır. Ancak yinede ocaklarda veya sıcak su ısıtmada kullanılabilir bir gaz elde edilmesi mümkündür.

Kesimhaneler

Mevcut durumda, Aydın'da yer alan kesimhaneler için, planlı bir atık toplama ve bertaraf sistemi bulunmamaktadır. Bu kesimhaneler, kesim yaptıkları hayvan sayısını bilmelerine rağmen atık miktarları konusunda fikir sahibi değildir. Gelişmiş ülkelerde, bu tip atıklar lisanslı şirketler tarafından toplanmakta ve özel bertaraf tesislerine götürülmektedir.

Kesimhanelerde oluşan birkaç çeşit atık mevcuttur;

- dışkı; kesim öncesi hayvanlardan kaynaklanan.
- iç organlar; sakatat olarak kullanılmayanlar.
- kan; belediye atıksu arıtma tesislerine gönderilmektedir.
- kemikler; bazı firma veya kişiler tarafından periyodik olarak toplanmaktadır.



Şekil 4.8. Kesimhanedeki Dışkılar



Şekil 4.9. Sakatat Olmayan Organ Artıkları



Şekil 4.10. Kireç ile Kaplı kemikler

Kesimhane atıkları, genellikle satılabilir, ancak bağırsak kullanılmadığı için, bertaraf edilmesi gereken atık olarak kalmaktadır. Mevcut durumda belirli bir işletmeyle anlaşması olmayan veya atık miktarı az olması nedeniyle ihaleye açılmayan mezbaha atıkları ve değerlendirilemeyen bağırsak içeriği, bazı işletmeler tarafından belediye çöp döküm alanlarına gönderilirken, bazı büyük işletmeler de bu atıkların bertarafı için arazi kiralayarak 1,5-2 m derinliklerinde açılan çukurlara gömme işlemini gerçekleştirmektedir.

Bu atıkların finansal değeri olmasa bile, biyokütle olarak değerlidir. Ancak biyogaz tesislerine gönderilmeden önce bu tip atıkların,, biyogaz prosesinde bulunan mikroorganizmalara olan etkileri net bir şekilde ortaya konmalıdır.

4.2. Envanter Çalışması

4.2.1. Bölgedeki Hayvancılık İşletmeleri

Bölgede yer alan merkez ve ilçelerde bulunan hayvancılık çiftlikleri ve kesimhanelere ilişkin veriler toplanıp, ilçe sayıları göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır. Bu kapsamda büyükbaş hayvan çiftliklerine ilişkin 2012 değerleri mevcut iken küçükbaş ve kanatlı hayvan çiftliklerinin sayılarına ilişkin en güncel veriler 2010 yılı verilerini içermektedir.

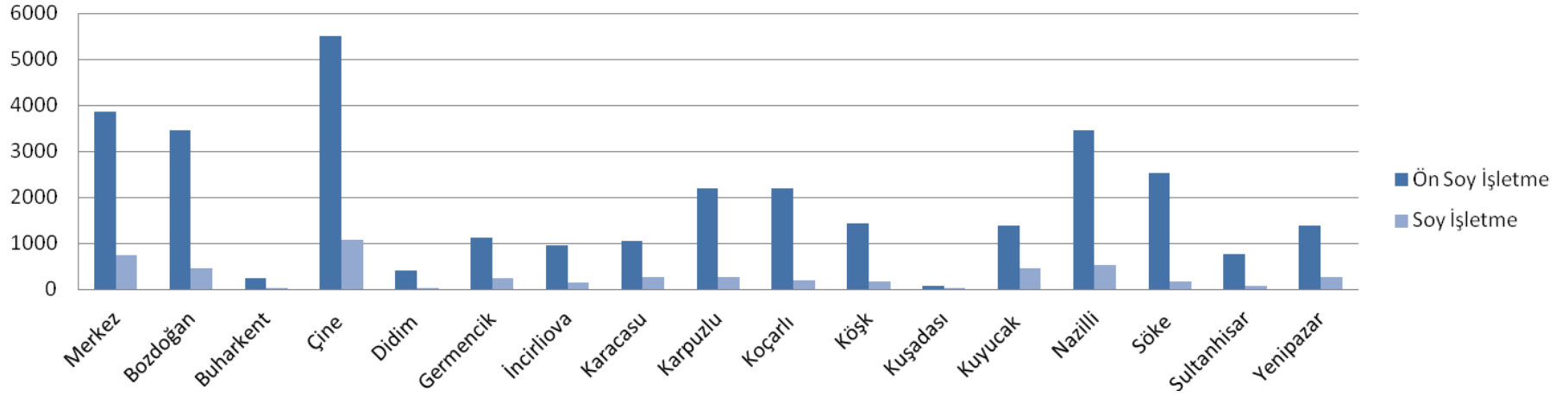
Büyükbaş hayvan çiftlikleri, soy kütük ve ön soy kütük olarak ikiye ayrılmaktadır. Soy kütük işletmeleri, ADSYB'ne kayıtlı işletmeleri, ön soy kütük ise, Birliğe bağlı olmayan işletmeleri içermektedir. Kanatlı hayvan çiftlikleri ise, ticari ve damızlık kanatlı işletmeler olarak gruplandırılmıştır. Hayvan çiftliklerine ilişkin sayılar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Toplam büyükbaş hayvan çiftlik işletme sayılarına bakıldığında, 6582 işletme ile Çine İlçesi'nde, en fazla işletmenin olduğu görülmektedir. Bunu, Aydın Merkez, Nazilli, Bozdoğan, Söke ve Karpuzlu izlemektedir. Ön soy kütük ve soy kütüğe kayıtlı işletme sayıları, ilçelere göre farklılık göstermektedir. Tablodan da görülmektedir ki, soy kütüğe kayıtlı olmayan işletme sayıları oldukça fazladır. Büyükbaş hayvan çiftliklerinin, ön soy kütük ve soy kütüğe bağlı olan işletme sayılarının kıyaslanması aşağıdaki grafikte verilmiştir.

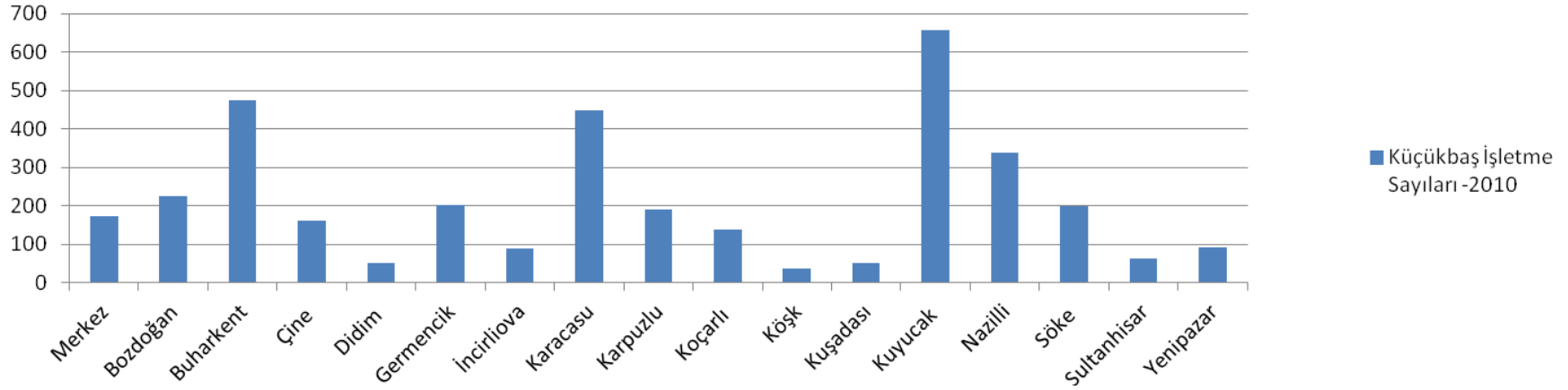
Küçükbaş hayvan işletmelerine ilişkin veriler, ticari ve damızlık işletmeleri toplamı olarak, 2010 yılı verilerine göre, ilçe bazlı olarak aşağıdaki şekilde kıyaslanmıştır. Tablo ve şekilden de görüldüğü üzere, küçükbaş işletmeler en çok 657 işletme ile Kuyucak'ta bulunmaktadır. Bunu 473 ile Buharkent ve 447 ile Karacasu takip etmektedir.

Tablo 4.2. Aydın İli Hayvan Çiftlikleri İşletme Sayıları

İLÇELER	Büyükbaş İşletme Sayıları 2012			Küçükbaş İşletme Sayıları 2010	Kanatlı İşletme Sayıları 2010
	Ön Soy İşletme	Soy İşletme	Toplam	Toplam	Toplam
Merkez	3872	746	4618	174	1
Bozdoğan	3449	454	3903	225	2
Buharkent	254	38	292	473	24
Çine	5494	1088	6582	160	2
Didim	406	36	442	50	13
Germencik	1131	237	1368	203	10
İncirliova	968	158	1126	89	4
Karacasu	1055	273	1328	447	1
Karpuzlu	2187	268	2455	191	5
Koçarlı	2200	206	2406	139	1
Köşk	1428	180	1608	37	0
Kuşadası	78	8	86	50	2
Kuyucak	1383	464	1847	657	6
Nazilli	3455	523	3978	337	5
Söke	2529	171	2700	199	10
Sultanhisar	771	88	859	62	1
Yenipazar	1399	270	1669	90	0
TOPLAM	32059	5208	37267	3583	87

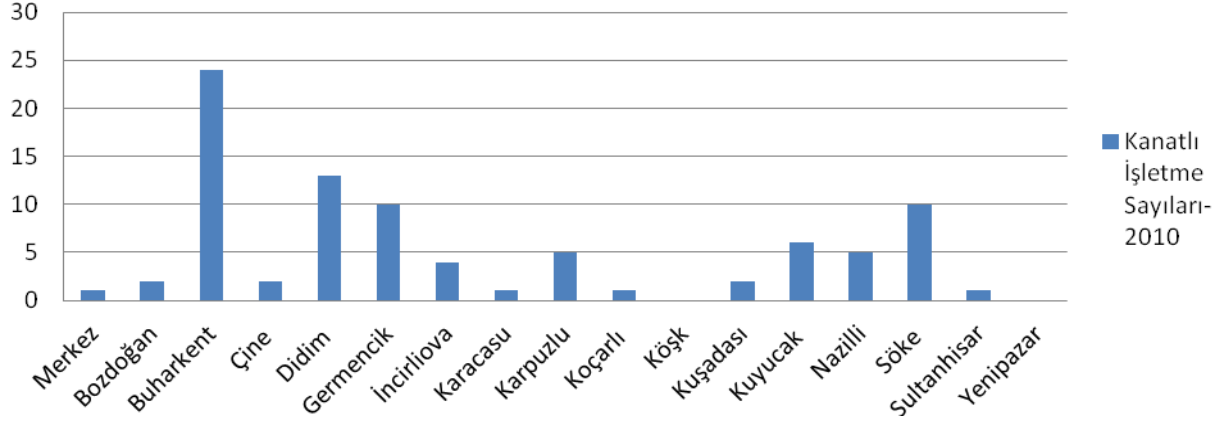


Şekil 4.11. Büyükbaş Hayvan İşletmelerinin Soy Kütük ve Ön Soy Kütüğe Bağlı Sayılarının İlçe Bazlı Karşılaştırması



Şekil 4.12. Küçükbaş Hayvan İşletmelerinin İlçe Bazlı Karşılaştırması

Kanatlı işletme sayıları kapsamında elde edilen bilgiler, Aydın Merkez ve 16 ilçesi için, ticari ve damızlık kanatlı işletme sayılarını içermektedir. 2010 yılı verilerine göre, kanatlı işletme sayılarının sırasıyla Buharkent, Didim, Germencik ve Söke’de yüksek olduğu görülmektedir. Bu ilçelerdeki kanatlı işletme sayıları sırasıyla; 24, 13, 10 ve 10 şeklinde yukarıdaki tabloda verilmiştir. Bu ilçeler içinde kanatlı işletme bulunmayan ilçelerin Köşk ve Yenipazar olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Kanatlı İşletme Sayılarının İlçeler Bazında Dağılımı

Aydın İli’nde, çalışma izni almış et ve et ürünleri tesisleri içindeki mezbahalara ilişkin bilgiler ve buldukları ilçeler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tabloda isimleri ve buldukları ilçeleri verilen mezbahalar, büyüklüklerine ve verdikleri hizmetlere göre, büyükbaş ve küçükbaş hayvan kesimleri gerçekleştirmektedir. Sınıflandırmaları belirtilen mezbahalar, buldukları sınıfın özellikleri kapsamında, hayvan kesim sayılarını gerçekleştirebilmektedir. Sınıflandırma özellikleri ve buna bağlı hayvan kesim limitleri, proje içindeki ilgili bölümde (Kesimhaneler/Mezbahalar) verilmiştir.

Tablo 4.3. Çalışma İzni Almış Mezbahalar

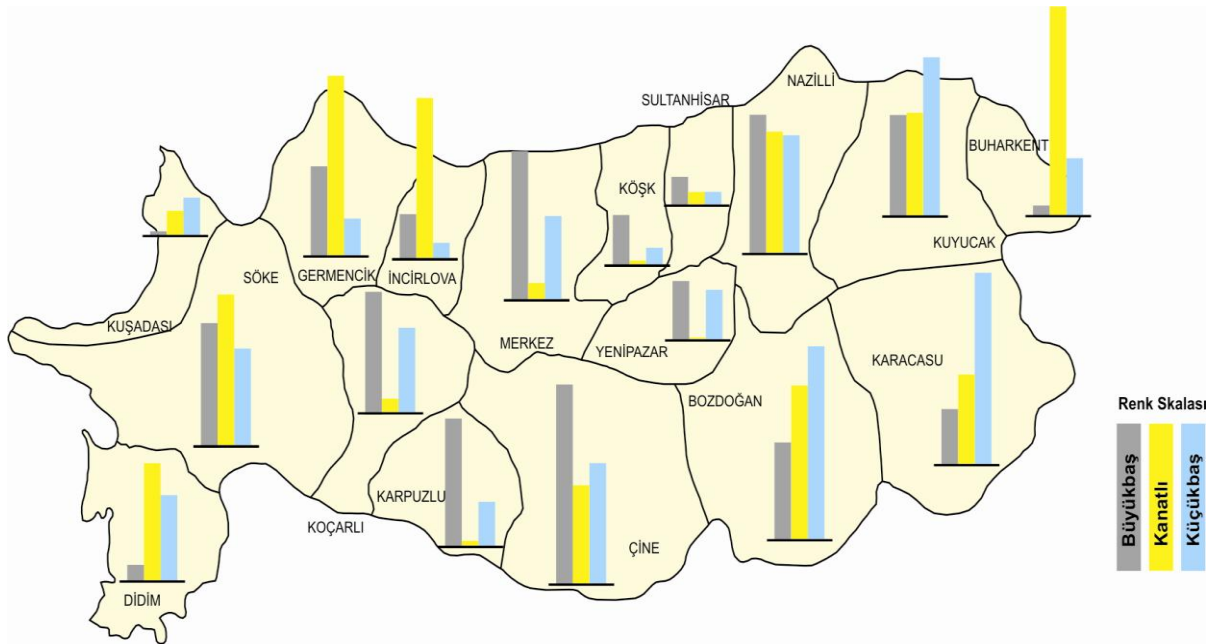
İşletme Adı	Bulunduğu İlçe
KOMBİNALAR	
Ege Et A.Ş	ÇİNE
Paşa Can Et Ürünleri	Savrandere Köyü-MERKEZ
1.SINIF MEZBAHALAR	
Akçaova Belediye Mezbahası	Akçaova-ÇİNE
Öznaz Ltd.Şti.	NAZİLLİ
Aydın Belediye Mezbahaları	AYDIN-MERKEZ
3.SINIF MEZBAHALAR	
Karpuzlu Belediye Mezbahası	KARPUZLU
İncirliova Belediye Mezbahası	İNCİRLİOVA
Germencik Belediye Mezbahası	GERMENCİK
Bozdoğan Belediye Mezbahası	BOZDOĞAN
Kuyucak Belediye Mezbahası	KUYUCAK
Yenipazar Belediye Mezbahası	YENİPAZAR
Köşk Belediye Mezbahası	KÖŞK
Sultanhisar Belediye Mezbahası	SULTANHİSAR
Atça Belediye Mezbahası	Atça-SULTANHİSAR
Davutlar Belediye Mezbahası	Davutlar-KUŞADASI
Bıyıklı Belediye Mezbahası	Bıyıklı-KOÇARLI
Bağarası Belediye Mezbahası	Bağarası-SÖKE
Ortaklar Belediye Mezbahası	Ortaklar-GERMENCİK
Didim Belediye Mezbahası	DİDİM

Karacasu Belediye Mezbahası	KARACASU
Umurlu Belediye Mezbahası	UMURLU
Dalama Belediye Mezbahası	DALAMA
EgeAy Ltd.Şti.	KUŞADASI
Boran Gıda LTD.ŞTİ	Pamukören-Kuyucak
Çamlıdere Köy Muhtarlığı Mezbahası	Çamlıdere Köyü-Bozdoğan

Yeni Gıda Yönetmeliği kapsamında, mezbahalarda hijyenik koşulların sağlanması amacıyla, AB standartlarına uygunluk çalışmaları başlatılmıştır. Küçük mezbahaların gerekli hijyenik koşulları sağlayamadıkları ve bu işletmelerde gerçekleşen kesim maliyetlerinin belediyelere bir yük olmasından dolayı, bu tip küçük mezbahaların kapatılması gündeme getirilmiştir.

4.2.2. Bölgedeki Hayvan Sayıları

Aydın bölgesinde hayvancılık sektörü, büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı (kümes) hayvancılık alanlarında gelişmiştir. Büyükbaş kapsamında inek, düve, dişi ve erkek buzağı, dişi ve erkek dana, tosun ve boğa, küçükbaş kapsamında ise, koyun, keçi ve kanatlı hayvanlar içinde de yumurta ve broiler tavuk, kaz, ördek ve hindi yetiştiriciliği yapılmaktadır. İlçe bazlı elde edilen en güncel veriler ile hayvan sayıları aşağıdaki tabloda verilmiştir.



Şekil 4.14. Hayvan Sayılarının İlçe Bazlı Değerleri

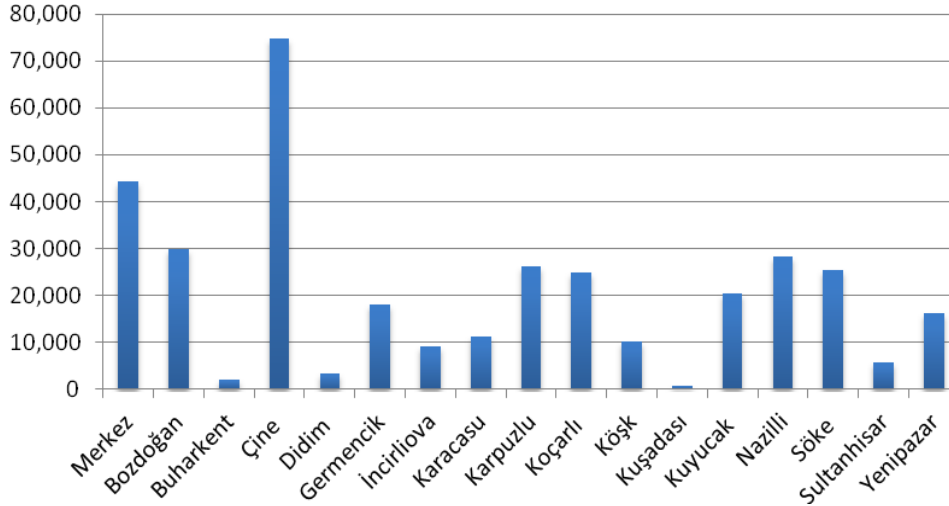
Tablo 4.4. Aydın Merkez ve İlçelerinde Bulunan Çifliklerdeki Hayvan Sayıları

İLÇELER	BÜYÜKBAŞ - 2012				KANATLI-2010					KÜÇÜKBAŞ 2012			
	Soy ve Ön Soy Kütük Birlikte				Tavuk -Birlik		Birliğe Dahil Olmayan Kısım			Toplam	Koyun	Keçi	Toplam
	İnek	Yavru**	Boğa	Toplam	Yumurta	Broiler	Yumurta	Broiler	Diğer*				
Merkez	18.132	26.311	1	44.444	0	30.000	20.000	34.000	30.000	114.000	19.843	6.028	25.871
Bozdoğan	11.773	18.025	0	29.798	0	79.000	25.000	79.000	503.420	686.420	17.121	35.285	52.406
Buharkent	825	1.196	0	2.021	360.420	143.000	301.646	81.098	393.500	1.279.664	8.508	2.511	11.019
Çine	28.909	45.767	1	74.677	0	110.000	26.000	77.000	327.060	540.060	19.362	9.972	29.334
Didim	1.260	2.150	0	3.410	0	393.500	12.800	396.000	0	802.300	14.528	7.746	22.274
Germencik	6.904	11.094	2	18.000	0	600.000	0	443.000	0	1.043.000	5.577	1.595	7.172
İncirliova	3.741	5.385	0	9.126	162.060	165.000	182.206	170.000	222.500	901.766	2.808	280	3.088
Karacasu	4.525	6.650	0	11.175	0	40.000	17.364	0	343.000	400.364	25.441	29.751	55.192
Karpuzlu	9.979	16.272	2	26.253	0	0	2.221	0	0	2.221	7.910	695	8.605
Koçarlı	8.126	16.802	0	24.928	0	35.000	0	30.000	0	65.000	15.500	1.116	16.616
Köşk	3.887	6.224	0	10.111	0	0	9.205	0	0	9.205	3.094	193	3.287
Kuşadası	325	364	0	689	0	45.000	15.700	48.000	0	108.700	3.446	3.991	7.437
Kuyucak	8.721	11.725	0	20.446	0	222.500	17.800	220.000	0	460.300	24.360	14.318	38.678
Nazilli	11.663	16.709	0	28.372	0	304.000	37.500	205.000	0	546.500	18.215	4.945	23.160
Söke	8.188	17.171	1	25.360	0	343.000	0	337.000	0	680.000	12.733	6.032	18.765
Sultanhisar	2.187	3.480	0	5.667	0	25.000	5.450	25.000	0	55.450	2.294	156	2.450
Yenipazar	6.357	9.963	0	16.320	0	0	750	0	25	775	6.392	3.361	9.753
TOPLAM	135.502	215.288	7	350.797	522.480	2.535.000	673.642	2.145.098	1.819.505	7.695.725	207.132	127.975	335.107

*Diğer; işletmelerdeki hindi, kaz ve ördek sayılarının toplamını vermektedir.

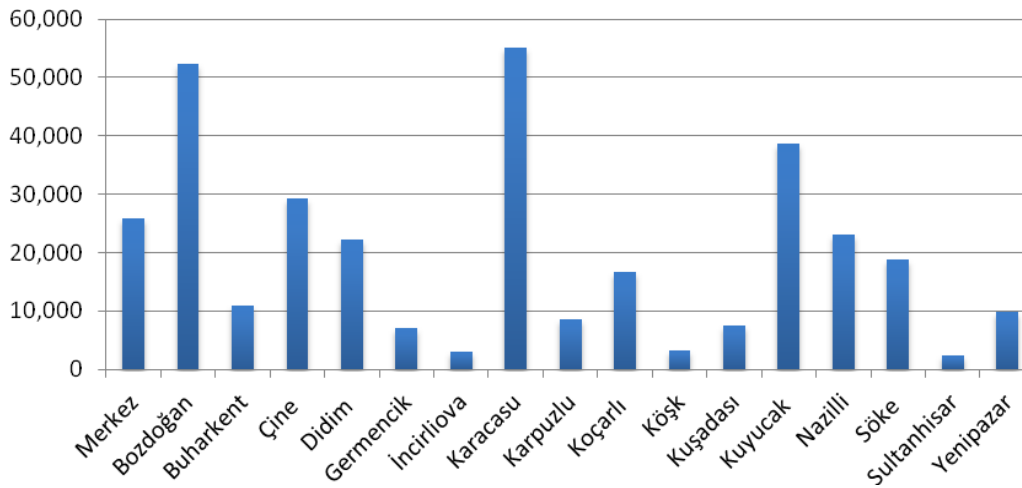
**Yavru büyükbaş hayvanlar altında düve, dişi/erkek buzağı, dişi/erkek dana, tosun sayıları verilmiştir.

Hayvan sayılarının verildiği tablodan da görüldüğü üzere, 2012 verilerine göre, Aydın İli'nde toplam büyükbaş hayvan sayısı 350.797'dir. Bunun en büyük kısmını, 74.677 büyükbaş sayısı ile Çine ve 44.444 büyükbaş sayısı ile Merkez oluşturmaktadır. Bunları, Bozdoğan, Nazilli, Karpuzlu, Söke, Koçarlı, Kuyucak, Germencik, Yenipazar, Karacasu, Köşk, İncirliova, Sultanhisar, Didim, Buharkent ve Kuşadası izlemektedir.



Şekil 4.15. Büyükbaş Hayvan Sayılarının İlçe Bazlı Dağılımı

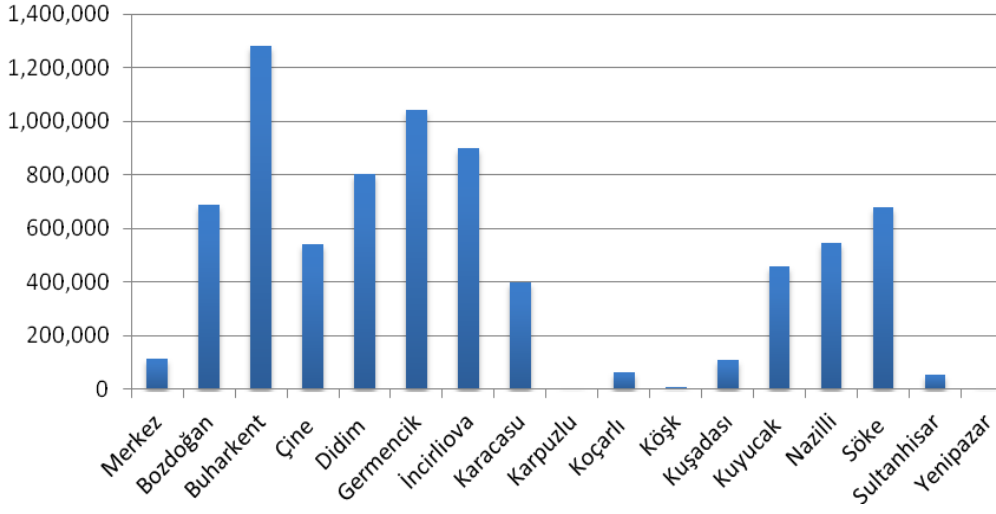
Aydın İli toplam küçükbaş hayvan sayıları 335.107 olarak belirlenmiştir. Bu toplam değer içinde koyun sayıları 207.132 ile toplam atığın yaklaşık %62'sini, keçi ise, 127.975 ile %38'ini oluşturmaktadır. Küçükbaş hayvan sayısının en yüksek olduğu ilçe, 55.192 ile Karacasu ve onu takip eden 52.406 değeri ile Bozdoğan İlçesi'dir. Buna karşın, en düşük küçükbaş hayvan sayıları, 2.450 ile Sultanhisar, 3.088 ile İncirliova ve 3.287 ile Köşk ilçelerinde gözlenmektedir.



Şekil 4.16. Küçükbaş Hayvan Sayılarının İlçe Bazlı Dağılımı

Yukarıdaki tabloya göre, Aydın ilindeki toplam kanatlı hayvan sayısı 7.695.725'tir. Buharkent İlçesi, 1.279.664 kanatlı hayvan sayısı yetiştiriciliği ile en yüksek hayvan sayısına sahipken, bu değeri 1.043.000'lük kanatlı hayvan sayısı ile Germencik İlçesi, 901.766'luk kanatlı hayvan sayısı ile İncirliova İlçesi ve 802.300'lük kanatlı hayvan sayısı ile Didim takip etmektedir. Öte yandan,

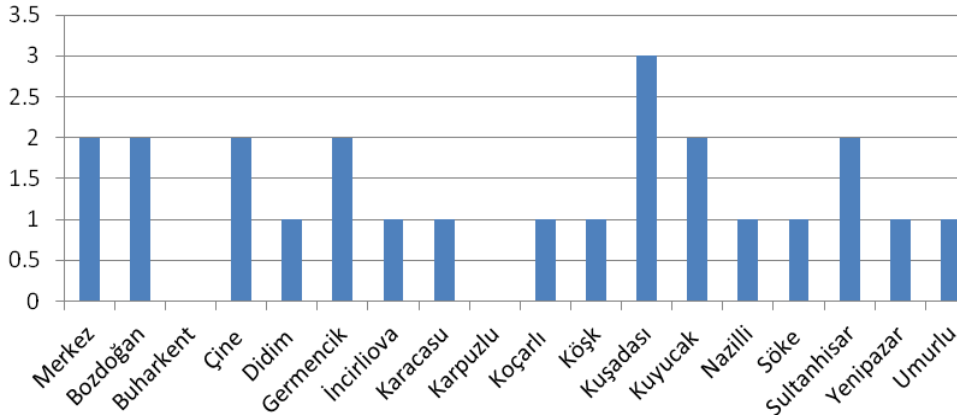
Yenipazar İlçesi sadece 775 adet kanatlı yetiştiriciliği ile en az kanatlı hayvan sayısına sahip ilçedir. Diğer en düşük kanatlı hayvan sayısına sahip ilçeler, 2.221 kanatlı hayvan sayısı ile Karpuzlu İlçesi ve 9.205 adet kanatlı hayvan sayısına sahip Köşk İlçesidir.



Şekil 4.17. Kanatlı Hayvan Sayılarının İlçe Bazlı Dağılımı

4.2.3. Bölgedeki Kesimhane Sayıları

Bölgede bulunan mezbahalara ilişkin bilgiler, Bölüm 4.2.1’de çalışma izni almış mezbahalar tablosu olarak verilmiştir. 20 adet 3. Sınıf mezbaha, 3 adet 1.Sınıf mezbaha ve 2 adet kombina olmak üzere, bölgede toplam 25 adet mezbaha bulunmaktadır. Mezbahaların ilçe bazlı dağılımı aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.18. Mezbaha Sayılarının İlçe Bazlı Dağılımı

5. BÖLGEDEKİ ATIK MİKTARLARININ BELİRLENMESİ

Başarılı bir biyogaz tesisi çalışması için, tesise sağlanacak atık kaynağının (hammadenin) güvenceye alınması, bu tip işletmelerin en önemli konusunu oluşturmaktadır. Tesis devreye alındıktan sonra, hammadde gelişinde olacak dalgalanmalar, prosesin durmasına sebep olabilir ki, bu tam anlamıyla bir sistem hatası olur. Bu amaçla, bölgede bulunan hayvansal atıkların miktarı bu çalışma kapsamında verilen güncel hayvan sayısı ve yapılan günlük hayvansal atık miktar kabulleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Hayvan Çiftliklerindeki Atık Miktarları

Aydın hayvancılık sektöründe bulunan hayvan tiplerine göre atık miktar ve karakterizasyon verileri mevcut değildir. Bu nedenle, çalışma kapsamında, Türkiye hayvancılık sektöründe kabul gören günlük atık miktarları ve özellikleri kabul edilmiştir. Hayvan tiplerine bağlı günlük atık miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.1. Atık Miktar Kabulleri

Hayvan Tipi	Atık Miktarı kg dışkı/hayvan*gün	Kaynaklar
Büyükbaş Hayvanlar		
İnek ve Boğa	37,5	www.biyogaz.web.tr
Buzağı	9,4	www.biyogaz.web.tr
Küçükbaş Hayvanlar		
Koyun ve Keçi	2	Berkes ve Kışlalıoğlu, 1993
Kanatlı (Kümes) Hayvanlar		
Broiler Tavuk	0,19	www.biyogaz.web.tr
Yumurta Tavuğu	0,13	www.biyogaz.web.tr
Hindi-Kaz-Ördek	0,07	Koçer ve diğ., 2006

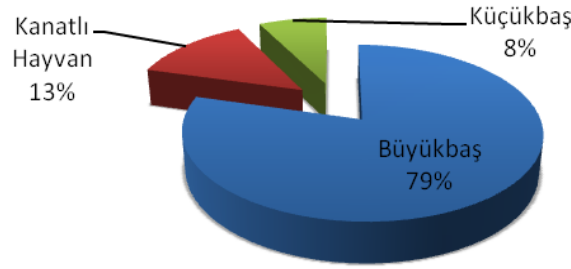
Yapılan kabuller doğrultusunda Tablo 4.4’de verilen güncel hayvan sayılarına bağlı olarak, toplam atık miktarları ton.dışkı/yıl olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar doğrultusunda elde edilen yıllık hayvan atık miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.2. Hayvan Atık (Dışkı) Miktarları

İLÇELER	Hayvan Dışkı Miktarları			
	Büyükbaş Dışkı Miktarı (ton/yıl)	Kanatlı Dışkı Miktarı (ton/yıl)	Küçükbaş Dışkı Miktarı (ton/yıl)	Toplam Dışkı Miktarı (ton/yıl)
Merkez	338.468	6.154	18.886	363.508
Bozdoğan	222.987	25.006	38.256	286.249
Buharkent	15.396	57.010	8.044	80.450
Çine	552.732	22.559	21.414	596.705
Didim	24.623	55.359	16.260	96.242
Germencik	132.589	72.332	5.236	210.157
İncirliova	69.681	45.253	2.254	117.188
Karacasu	84.752	12.362	40.290	137.404
Karpuzlu	192.444	105	6.282	198.831

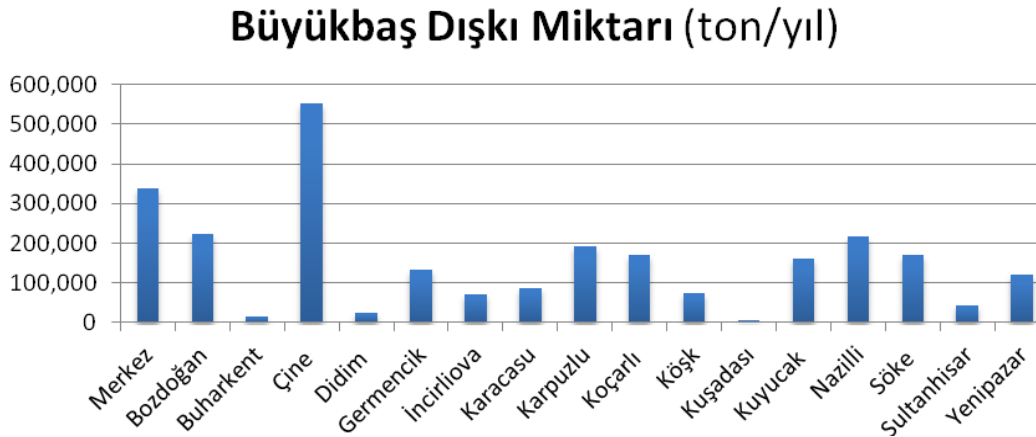
Koçarlı	168.872	4.508	12.130	185.510
Köşk	74.558	437	2.400	77.394
Kuşadası	5.697	7.195	5.429	18.321
Kuyucak	159.597	31.532	28.235	219.364
Nazilli	216.966	37.079	16.907	270.951
Söke	171.001	47.158	13.698	231.857
Sultanhisar	41.874	3.726	1.789	47.389
Yenipazar	121.194	36	7.120	128.350
TOPLAM	2.593.433	427.809	244.628	3.265.870

Hayvan türlerine ve sayılarına bağlı oluşan atık miktarlarına bakıldığında en fazla atık oluşturan türün büyükbaş hayvanlar olduğu görülmektedir. Yıllık toplam değerlere göre oluşan atık miktarları, büyükten küçüğe şu şekilde sıralanabilir: 2.593.433 ton dışkı/yıl ile büyükbaş hayvanlar, 427.809 ton dışkı/yıl ile kanatlı hayvanlar ve 244.628 ton dışkı/yıl küçükbaş hayvanlar. Küçükbaş hayvanların günlük atık miktarları, kanatlı hayvanlardan daha yüksek olmasına karşın, Aydın'da bulunan toplam kanatlı hayvan sayısının daha fazla olması, atık miktarlarının da daha fazla olmasına sebep olmuştur. Hayvan türlerinden kaynaklanan atık miktarlarının genel dağılımı aşağıdaki pasta grafikte verilmiştir.



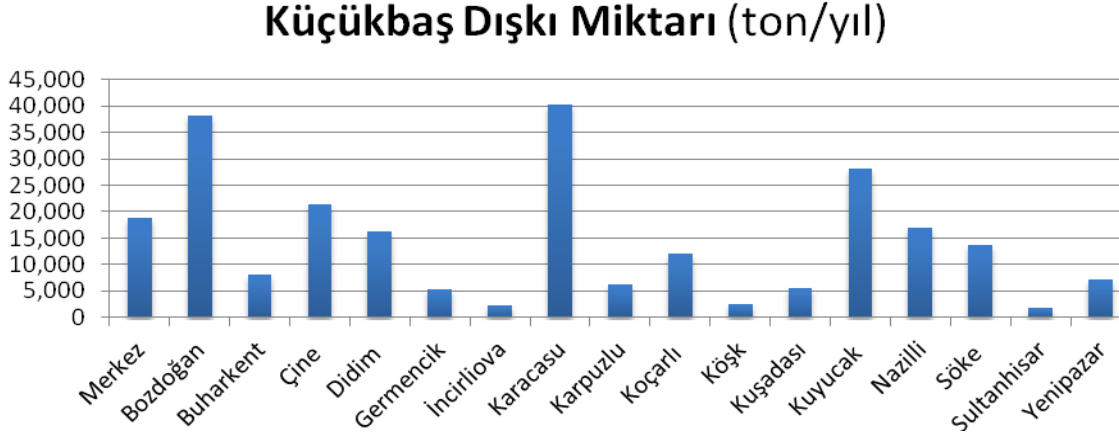
Şekil 5.1. Hayvan Atıklarının Kaynağına Göre Dağılımı.

Büyükbaş hayvanlardan kaynaklı atık miktarları, toplam atık miktarları içinde %79 ile en büyük payı oluşturmaktadır. Hayvan atık miktarları tablosundan da görüleceği üzere, en yüksek büyükbaş kaynaklı atık miktarı yine büyükbaş hayvan sayısı en fazla olan Çine İlçesi'nde gerçekleşmektedir. Çine'de oluşan büyükbaş kaynaklı atık miktarı 552.732 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Bunu; Merkez, Bozdoğan ve Nazilli sırasıyla 338.468 ton/yıl, 222.987 ton/yıl ve 216.966 ton/yıl atık miktarları ile takip etmektedir. Büyükbaş hayvan atık miktarlarının ilçe bazlı dağılımı aşağıdaki şekilde verilmiştir.



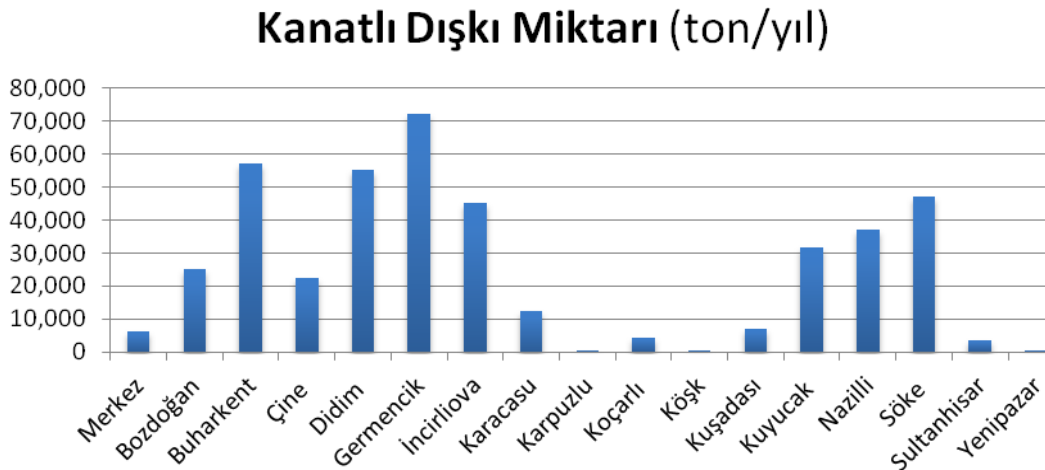
Şekil 5.2. Büyükbaş Hayvan Atık Miktarları

Yıllık küçükbaş hayvan miktarının en fazla gözlemlendiği ilçe 40.290 ton/yıl ile Karacasu ve 38.256 ton/yıl ile Bozdoğan ilçeleridir. Bu ilçeler aynı zamanda, hayvan sayısının en fazla olduğu ilçelerdir. Bu ilçeleri 28.235 ton/yıl ile Kuyucak, 21.414 ton/yıl ile Çine, 18.886 ton/yıl ile Merkez, 16.907 ton/yıl ile Nazilli ve 16.260 ton/yıl ile Didim izlemektedir. Küçükbaş hayvan atıklarının ilçeler arası dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.3. Küçükbaş Hayvan Atık Miktarları

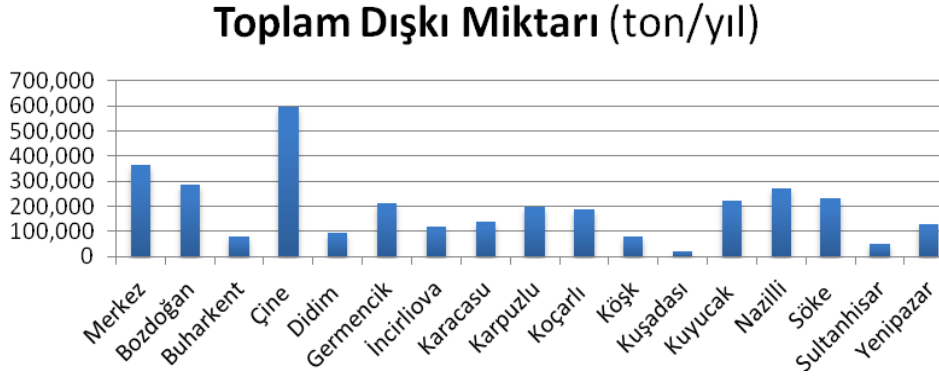
Kanatlı hayvan sayısının en fazla Buharkent’de olmasına karşılık en yüksek atık miktarı Germencik İlçesi’nde gözlenmektedir. Bunun sebebi Buharkent’de toplam hayvan sayısı içinde bulunan hindi, kaz ve ördek sayılarının bu ilçede yüksek olmasına rağmen, bu hayvanların günlük atık üretim miktarlarının, tavuk türlerine nazaran çok daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple, kanatlı hayvan atık miktarlarının en yüksek olduğu ilçe 72.332 ton/yıl ile broiler ve yumurtacı tavuk sayısının daha yüksek olduğu Germencik İlçesi’dir. Bunu, 57.010 ton/yıl ile Buharkent, 55.359 ton/yıl ile Didim, 47.158 ton/yıl ile Söke ve 45.253 ton/yıl ile İncirliova izlemektedir. Diğer ilçelerde oluşan atık miktarları 40.000ton/yıl’ın altında değerlerdir. Kanatlı hayvanlardan kaynaklanan atık miktarının ilçe bazlı dağılımı aşağıda verilmektedir.



Şekil 5.4. Kanatlı Hayvan Atık Miktarları

Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvanlardan kaynaklanan atıkların Aydın geneli toplam miktarı 3.265.870 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Hayvan atıklarının ilçe bazlı dağılımına bakıldığında, en fazla atığın 596.705 ton/yıl ile Çine’de gerçekleştiği görülmektedir. Çine’de oluşan bu yüksek atık miktarının ana sebebi, bu ilçede büyükbaş hayvancılığın ve dolayısıyla büyükbaştan kaynaklı atık miktarının yüksek olmasıdır. Çine’den sonra 363.508 ton/yıl ile Aydın Merkez, 286.249 ton/yıl ile Bozdoğan, 270.951 ton/yıl ile Nazilli, 231.857 ton/yıl ile Söke, 219.364 ton/yıl ile Kuyucak ve

210.157 ton/yıl ile Germencik gelmektedir. Toplam hayvan atık miktarının ilçe bazlı dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.5. Toplam Hayvan Atık Miktarlarının İlçe Bazlı Dağılımı

Kesimhane atıkları

Toplam 25 adet olan mezbahaların her birinden günlük çıkan atık miktarına ilişkin net bilgiler mevcut değildir. Mezbaha çalışanları ile görüşülerek, günlük çıkan atık miktarına ilişkin bazı bilgiler edinilmiştir.

Buna göre, kombinalar hayvan kesim işlemlerinin en fazla yapıldığı mezbahalardır. Dolayısıyla, en fazla hayvansal atık bu mezbahalardan kaynaklanmaktadır. Bu atık miktarı, hayvan kesim sayısına bağlı olarak, günde 1-3 ton arasında değişiklik göstermektedir. Buna karşın 1. Sınıf mezbahalarda, hayvan kesim sayıları, yaklaşık olarak günde 10 büyükbaş ve 20 küçükbaş olarak belirtilmektedir. Bu sınıf mezbahalardan ortalama olarak haftada 2 ton, günde de 500 kg atık oluşmaktadır. 3. Sınıf mezbahalar ise, çok küçük mezbahaları temsil ettiklerinden bu tip mezbahalarda en yoğun günlerde maksimum 10 hayvan kesim işlemi gerçekleştirilmekte, bazı günler ise, hiç hayvan kesim işlemi yapılmamaktadır. Hayvan kesim sayısına bağlı olarak bu tip mezbahalardan ise, ortalama ayda 1 ton, günde de yaklaşık 50 kg atık oluşmaktadır.

Kesilen hayvan sayısının değişken olması, mezbahalardan kaynaklanan hayvansal atık miktarının da değişken olmasına sebep olmaktadır. Bunun yanı sıra, mezbahalardan kaynaklanan hayvan atıklarının, belediye çöp döküm alanlarına veya toprak altına gömme yöntemiyle bertarafı ise, bu sektörden kaynaklanan atık miktarının belirlenmesini güçleştirmektedir. Ancak mezbahaların bazılarında alınan bilgiler ışığında, bir genelleme yapılabilirse mevcut 25 adet mezbahadan kaynaklanan atık miktarının yaklaşık olarak 2.000 ton/yıl olacağı hesaplanmaktadır.

Bu atıkların, fiziksel ve biyolojik özellikleri sebebiyle, toprak altına gömülmesi, mevcut kullanılabilir alanların zarar görmesi, toprak ve yeraltı suyu kirliliği gibi nedenlere yol açmaktadır. Bu nedenle, bu atıkların da atık yönetim planı kapsamında bertarafı önem arz etmektedir. Ancak atık miktarlarının az olması ve belirgin olmaması, sadece mezbahalara yönelik tesis kurulmasının ekonomik olmayacağını göstermektedir. Proje kapsamında önerilen biyogaz tesislerinin kurulundan sonra, bu atıkların, bu tesislere yönlendirilmesi daha mantıklı olacaktır. Buna karşın elde edilen atık miktarlarının netleştirilmesi için bu atıkların hayvancılıktan gelen atıklara proses içindeki etkisine yönelik çalışmalar yapılmadan, tesis hesaplamalarına katılmaları yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, bu atıklar bu çalışma kapsamındaki tesis hesaplamalarına katılmamıştır.

6. AYDIN İLİ ATIKTAN ENERJİ POTANSİYELİ

Hayvansal dışkıların enerji üretim potansiyelleri, bu çalışma içinde incelenmiştir. Her dışkı tipi, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı değişen enerji potansiyeline sahiptir. Bu atıkların miktarları ile ilgili hesaplamalar Bölüm 6'da verilmiştir. Hesaplamalarda hayvansal atıkların tiplerine bağlı olarak, katı madde ve organik katı madde içeriği ve biyogaz üretim potansiyeline ilişkin yapılan kabuller aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 6.1. Hayvan Atıkların Kabul Edilen Özellikleri

Atık Türü	K.M. (Katı Madde)	O.K.M. (Organik Katı Madde)	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /ton O.K.M.)
Büyükbaş hayvan dışkısı	14,5%	77,5%	250
Kanatlı hayvan dışkısı	28,0%	80,0%	400
Küçükbaş hayvan dışkısı	30,0%	80,0%	200

Ayrıca yine fizibilite hesaplamalarında temel alınan kömür, doğalgaz, elektrik fiyatları, kojenerasyon verimi, kömür ve doğalgazın kalorifik değeri aşağıda verilmiştir.

Tablo 6.2. Fizibilite Hesaplamalarında Yapılan Kabuller

PARAMETRE	DEĞER	BİRİM
1 m³ biyogaz	0,65	m ³ metan
1 m³ metan	9,97	kW enerji
Doğalgaz kalorifik değeri	8.250	kcal/Sm ³
Kömür kalorifik değeri	3.000	kcal/kg
Kojenerasyon Elektrik Üretim Verimi	42%	yüzde
Kojenerasyon Termal Verim	46%	yüzde
Doğalgaz birim fiyatı	0,60	TL/m ³ doğalgaz
Kömür birim fiyatı	150	TL/ton kömür
Elektrik birim fiyatı	0,24	TL/kWh elektrik

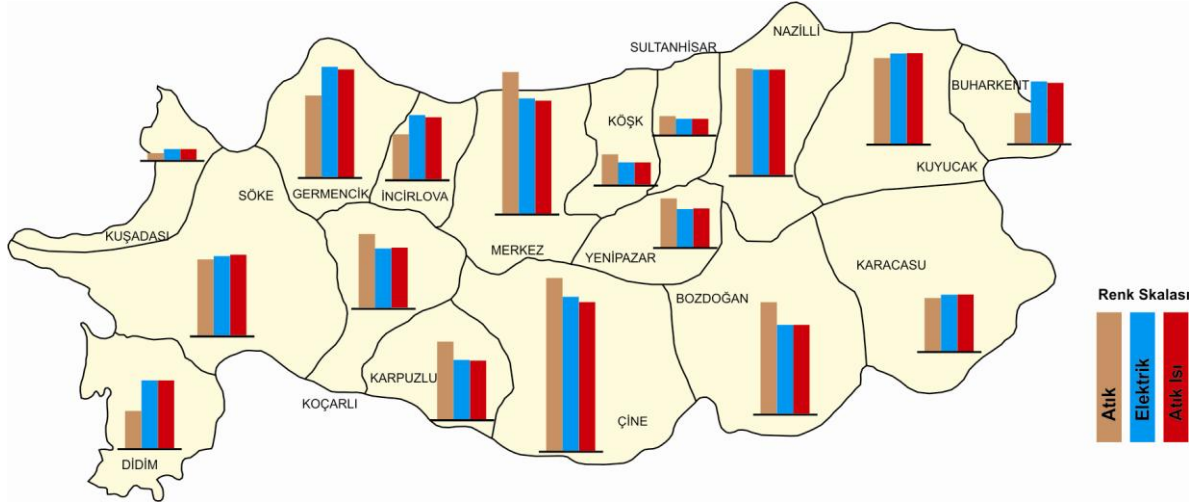
6.1. Biyogaz Üretim Potansiyeli

Aydın İli'nin toplam biyogaz potansiyelinin belirlenmesi amacıyla, bu bölgede bulunan çiftliklerdeki kayıtlı hayvan sayılarının ilçe bazlı yıllık atık üretim potansiyelleri ve bu atıkların biyogaz ve metan üretim potansiyel hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Tablo 6.3'de verilen büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan atık miktarlarının ve bu atıkların hepsinin biyogaz tesisinde değerlendirilmesine bağlı olarak üretilebilecek elektrik ve ısı miktarlarının ilçe bazlı dağılımı aşağıdaki harita üzerinde belirtilmiştir.

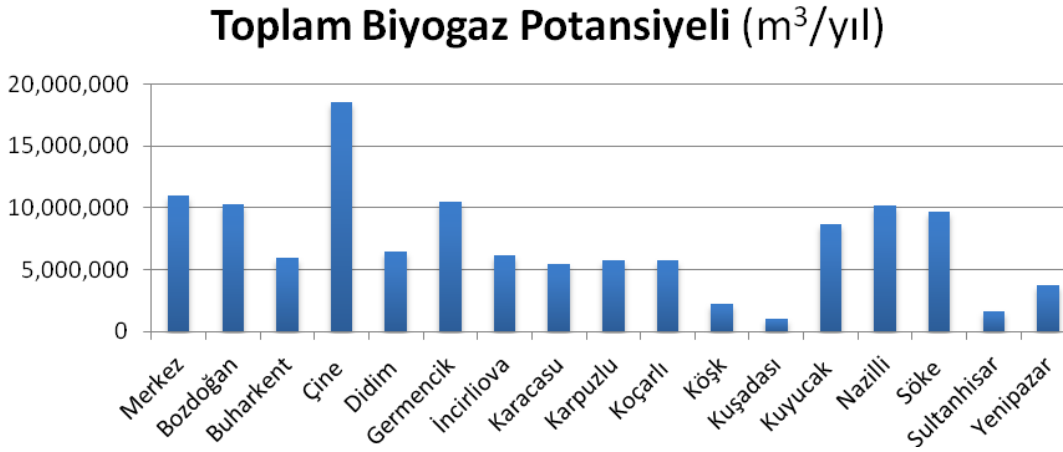
Tablo 6.3. Aydın İli Toplam Biyogaz Üretim Potansiyeli

İLÇELER	Büyükbaş Hayvan Dışkısı (ton/yıl)	Kanatlı Hayvan Dışkısı (ton/yıl)	Küçükbaş Hayvan Dışkısı (ton/yıl)	Biyogaz Potansiyeli (m ³ /yıl)	Metan Potansiyeli (m ³ /yıl)	Elektrik Üretimi (kWh _e /yıl)	Isı Üretimi (kcal/yıl)	Kurulu Güç (kW _e)
Merkez	338.468	6.154	18.886	10.966.758	7.128.393	27.461.477	28.115.322.008	3.407
Bozdoğan	222.987	25.006	38.256	10.341.371	6.721.891	25.895.466	26.512.024.990	3.213
Buharkent	15.396	57.010	8.044	5.926.737	3.852.379	14.840.937	15.194.292.488	1.841
Çine	552.732	22.559	21.414	18.577.428	12.075.328	46.519.092	47.626.688.920	5.772
Didim	24.623	55.359	16.260	6.432.414	4.181.069	16.107.183	16.490.687.234	1.999
Germencik	132.589	72.332	5.236	10.457.192	6.797.175	26.185.490	26.808.953.888	3.249
İncirliova	69.681	45.253	2.254	6.120.429	3.978.279	15.325.953	15.690.856.189	1.902
Karacasu	84.752	12.362	40.290	5.422.528	3.524.644	13.578.365	13.901.659.242	1.685
Karpuzlu	192.444	105	6.282	5.717.440	3.716.336	14.316.843	14.657.720.286	1.776
Koçarlı	168.872	4.508	12.130	5.730.375	3.724.744	14.349.232	14.690.880.639	1.780
Köşk	74.558	437	2.400	2.248.922	1.461.799	5.631.446	5.765.528.122	699
Kuşadası	5.697	7.195	5.429	1.065.280	692.432	2.667.531	2.731.043.593	331
Kuyucak	159.597	31.532	28.235	8.664.226	5.631.747	21.695.786	22.212.352.549	2.692
Nazilli	216.966	37.079	16.907	10.229.148	6.648.946	25.614.453	26.224.320.844	3.178
Söke	171.001	47.158	13.698	9.686.932	6.296.506	24.256.708	24.834.248.957	3.010
Sultanhisar	41.874	3.726	1.789	1.596.117	1.037.476	3.996.781	4.091.942.239	496
Yenipazar	121.194	36	7.120	3.749.799	2.437.369	9.389.740	9.613.305.704	1.165
TOPLAM	2.593.433	427.809	244.628	122.933.094	79.906.511	307.832.483	315.161.827.892	38.196



Şekil 6.1. Aydın İlçelerinin Toplam Atık Miktarları ve Biyogaz Tesisine Bağlı Elektrik ve Isı Üretim Potansiyelleri

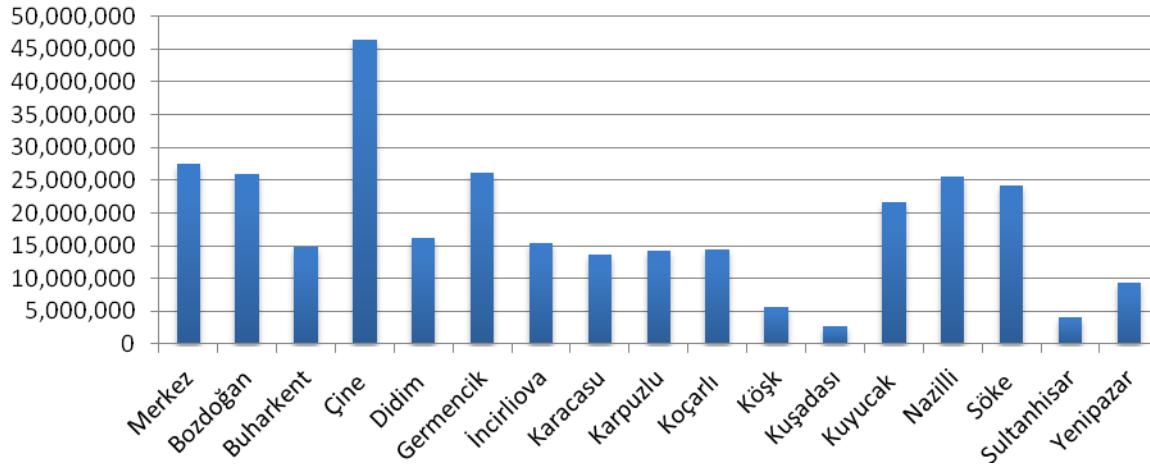
Aydın'ın toplam biyogaz potansiyeli 122.933.094 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. İlçe bazında biyogaz üretim potansiyeli incelendiğinde, en yüksek potansiyelin 18.577.428 m³/yıl ile Çine'de olduğu görülmektedir. Bunu; sırasıyla Merkez, Germencik, Bozdoğan ve Nazilli takip etmektedir. Biyogaz potansiyelinin ilçeler bazında dağılımı aşağıdaki grafikte verilmiştir. Metan içeriği, bir biyogazın, ondan elde edilebilecek enerji üretim potansiyeli açısından saflığını belirtmektedir. Genel bir varsayım olarak diyebiliriz ki, sağlıklı bir biyogaz tesisi yaklaşık %65 metan içeriği olan biyogaz üretimi temin edebilmelidir. Proje kapsamında, ortalama %65 metan üretimi olacağı varsayımıyla Aydın bölgesinin yıllık metan üretim potansiyeli 79.906.511 m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 6.2. Aydın İli Toplam Biyogaz Potansiyelinin İlçe Bazlı Dağılımı

Aydın İli toplam elektrik üretim potansiyeli yıllık 307.832.483 kWhe olarak hesaplanmıştır. Elektrik üretiminin en yüksek olduğu ilçe biyogaz üretiminin de en yüksek olduğu ilçe olan Çine'dir. Aydın'da hayvan atıklarından elektrik üretiminin ilçe bazlı dağılımı aşağıda verilmiştir.

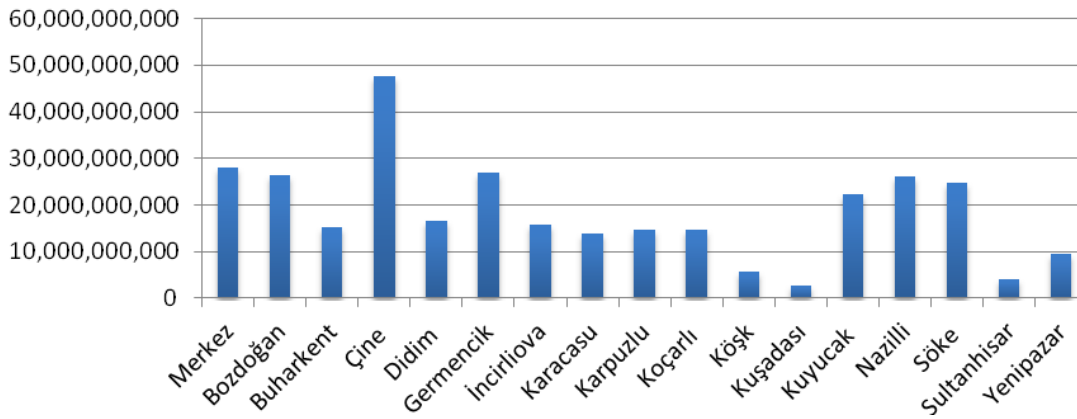
Elektrik Üretimi (kWh_e/yıl)



Şekil 6.3. Aydın ili Toplam Biyogaz Potansiyelinden Elektrik Üretimi İlçe Dağılımı

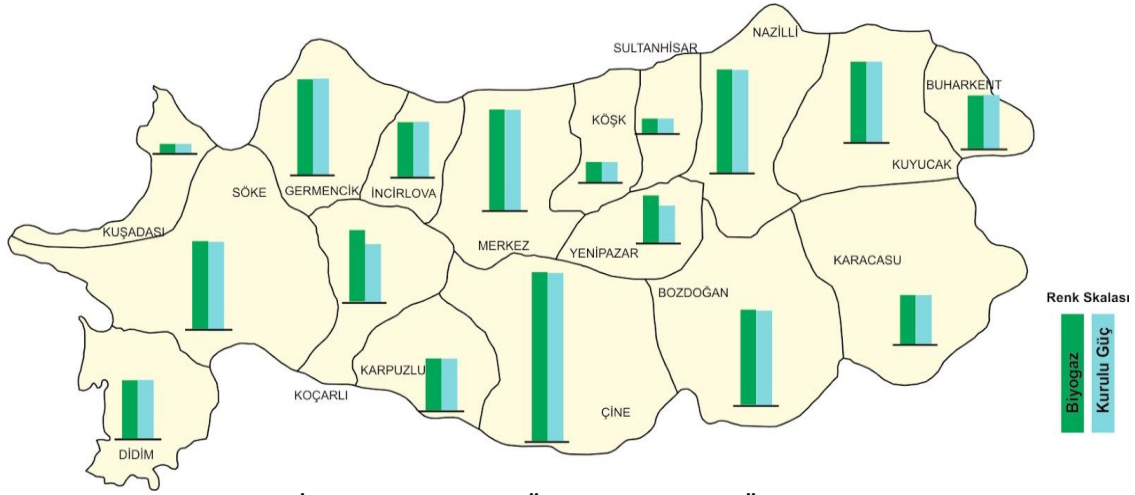
Aydın'ın toplam biyogaz üretim potansiyelinden yararlanılarak 315.161.827.892 kcal/yıl atık ısı üretimi gerçekleştirilebilir. Atık ısı üretiminde öne çıkan ilçeler de, biyogaz ve elektrik üretiminde öne çıkanlar ile aynıdır. Çok kabaca bir tahmin yapmak gerekirse, bu atık ısı ile yaklaşık 5 milyon m² sera alanı ısıtılabilir. İlçe bazlı atık ısı üretim dağılımı aşağıdaki şekilde verilmiştir.

Isı Üretimi (kcal/yıl)



Şekil 6.4. Aydın ili Toplam Biyogaz Potansiyelinden Isı Üretimi İlçe Dağılımı

Aydın İli mevcut hayvansal atıklarının, biyogaz tesislerinde değerlendirilmesi ile sağlanacak biyogaz üretimi ve buna bağlı kurulu güç değerleri aşağıdaki harita üzerinde ilçe bazlı olarak verilmiştir.



Şekil 6.5. İlçe Bazlı Biyogaz Üretim Harita Üzerinde Dağılımı

6.2. Gelir ve fayda hesaplamaları

Mevcut durumda üretilen hayvan atıklarının biyogaz tesislerinde değerlendirilmesi ile sağlanacak elektrik ve atık ısı kaynaklı faydalar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 6.4. Aydın İli Hayvan Atıklarının Biyogaz Tesislerinde Kullanılması İle Elde Edilecek Faydalar

FAYDA	Elektrik Kaynaklı Fayda		Isı kaynaklı Fayda			
			Doğalgaz Eşdeğerine Göre		Kömür Eşdeğerine Göre	
İLÇELER	Üretim (kWh/yıl)	Faydası (TL/yıl)	Miktar (m ³ /yıl)	Fayda (TL/yıl)	Miktar (ton/yıl)	Fayda (TL/yıl)
Merkez	27.461.477	6.683.849	3.407.918	2.044.751	9.372	1.405.766
Bozdoğan	25.895.466	6.302.698	3.213.579	1.928.147	8.837	1.325.601
Buharkent	14.840.937	3.612.136	1.841.732	1.105.039	5.065	759.715
Çine	46.519.092	11.322.282	5.772.932	3.463.759	15.876	2.381.334
Didim	16.107.183	3.920.327	1.998.871	1.199.323	5.497	824.534
Germencik	26.185.490	6.373.286	3.249.570	1.949.742	8.936	1.340.448
İncirliova	15.325.953	3.730.184	1.901.922	1.141.153	5.230	784.543
Karacasu	13.578.365	3.304.838	1.685.050	1.011.030	4.634	695.083
Karpuzlu	14.316.843	3.484.576	1.776.693	1.066.016	4.886	732.886
Koçarlı	14.349.232	3.492.460	1.780.713	1.068.428	4.897	734.544
Köşk	5.631.446	1.370.638	698.852	419.311	1.922	288.276
Kuşadası	2.667.531	649.250	331.036	198.621	910	136.552
Kuyucak	21.695.786	5.280.537	2.692.406	1.615.444	7.404	1.110.618
Nazilli	25.614.453	6.234.302	3.178.706	1.907.223	8.741	1.311.216
Söke	24.256.708	5.903.840	3.010.212	1.806.127	8.278	1.241.712
Sultanhisar	3.996.781	972.776	495.993	297.596	1.364	204.597
Yenipazar	9.389.740	2.285.369	1.165.249	699.150	3.204	480.665
TOPLAM	307.832.483	74.923.348	38.201.434	22.920.860	105.054	15.758.091

Aydın İli'nde meydana gelen bütün hayvan atıklarının, biyogaz tesislerinde değerlendirilmesi ile, elektrik kaynaklı olarak yıllık 74.923.348 TL fayda sağlamak mümkün olacaktır. Atık ısıdan sağlanacak fayda, doğalgaz ve kömür eşdeğer olarak verilmiş ve bu yakıtların bölgede bulunma durumlarına göre hesaplanmıştır. Eğer elde edeceğimiz atık ısıyı, doğalgazdan elde edilecek fayda ile yer değiştirirsek, sağlayacağımız fayda yıllık 22.920.860 TL olacaktır. Eğer aynı hesaplamayı kömür ile yaparsak da, kömür daha ucuz bir yakıt olduğu için yıllık fayda 15.758.091 TL olacaktır.

7. TESİS SENARYOLARI

Fizibilite çalışmaları kapsamında, ilçe bazlı enerji üretim potansiyelleri hesaplanmıştır. İlçe bazlı değerlerin tek başına tesis kurmak için düşük olması sebebiyle Aydın bölgesinde kurulabilecek tesisler için senaryolar oluşturulmuştur. Bu senaryolar oluşturulurken birbirine yakın mesafelerde bulunan ilçelerden kaynaklı atıkların, tesisin verimli ve ekonomik çalışmasına imkân sağlayacak kurulu gücü sağlaması hedeflenmiştir.

Metan, GWP değeri 21 olan, en önemli sera gazlarından biridir. Hayvan dışkılarının biyogaz tesislerinde kullanılması ile, atmosfere salınan metan ve dolayısıyla sera gazı emisyonları azaltılmış olacaktır. Ayrıca biyogaz prosesinin bir yan ürünü olan gübre de, toprak iyileştirme malzemesi veya organik gübre olarak tarım sektöründe değerlendirilebilir bir üründür. Emisyon azaltımı ve gübre üretim miktarları da senaryolar içinde hesaplanmıştır.

İlçelerin birbirlerine olan mesafeleri 4 kritik grup içinde ele alınmıştır. Bu gruplar içinde 20 – 25 km, merkezi biyogaz tesislerinin finansal açıdan uygun olabilmesi için en uygun taşıma mesafesidir. Bu sebeple mesafe grupları belirlenmiş ve aşağıdaki tabloda hesaplama sonuçları verilmiştir.

Tablo 7.1. Uzaklık Seviyeleri

Lejand	Uzaklık	Mesafeler (km)
	1.seviye	0-20
	2.seviye	21-40
	3.seviye	41-50
	4.seviye	41-55

İlçelerin birbirlerine olan mesafeleri ve yol bağlantıları göz önünde bulundurularak, 3 biyogaz tesis senaryosu önerilmiştir. Bu çalışma içeriğinde de ilçe gruplandırılması bazında tesis fizibiliteleri hazırlanmıştır. Bu senaryolar şu şekildedir;

- Batı Aydın Enerji Tesis Projesi
- Orta Aydın Enerji Tesis Projesi
- Doğu Aydın Enerji Tesis Projesi

Tablo 7.2. Aydın İlçeler Arası Mesafeler Tablosu

	Merkez	Bozdoğan	Buharkent	Çine	Didim	Germencik	İncirliova	Karacasu	Karpuzlu	Koçarlı	Köşk	Kuşadası	Kuyucak	Nazilli	Söke	Sultanhisar	Yenipazar
Merkez	0	69	84	37	99	22	12	85	56	22	19	60	57	45	49	30	39
Bozdoğan	69	0	68	89	171	90	80	69	112	80	50	132	41	29	121	40	30
Buharkent	84	68	0	120	183	106	95	43	138	106	65	144	28	40	132	56	59
Çine	37	89	120	0	136	69	50	120	32	43	54	97	93	80	86	65	65
Didim	99	171	183	136	0	76	87	183	94	85	117	77	156	143	52	128	137
Germencik	22	90	106	69	76	0	11	107	88	22	41	34	79	66	25	51	60
İncirliova	12	80	95	50	87	11	0	96	70	10	30	45	68	56	36	41	49
Karacasu	85	69	43	120	183	107	96	0	139	106	66	144	28	41	133	56	60
Karpuzlu	56	112	138	32	94	88	70	139	0	61	73	115	111	98	66	83	83
Koçarlı	22	80	106	43	85	22	10	106	61	0	40	56	79	66	33	51	52
Köşk	19	50	65	54	117	41	30	66	73	40	0	78	39	26	67	11	20
Kuşadası	60	132	144	97	77	34	45	144	115	56	78	0	116	104	22	89	97
Kuyucak	57	41	28	93	156	79	68	28	111	79	39	116	0	13	106	29	33
Nazilli	45	29	40	80	143	66	56	41	98	66	26	104	13	0	93	16	20
Söke	49	121	132	86	52	25	36	133	66	33	67	22	106	93	0	77	86
Sultanhisar	30	40	56	65	128	51	41	56	83	51	11	89	29	16	77	0	10
Yenipazar	39	30	59	65	137	60	49	60	83	52	20	97	33	20	86	10	0

Table 7.3. Biyogaz Tesisleri İçin İlçe Seçimi

Enerji Tesis Projesi	İlçeler
Batı Aydın Enerji Tesis Projesi	Kuşadası, Söke, Didim ve Germencik
Orta Aydın Enerji Tesis Projesi	Merkez, Çine, İncirliova, Karpuzlu, Koçarlı, Köşk, Sultanhisar ve Yenipazar
Doğu Aydın Enerji Tesis Projesi	Karacasu, Bozdoğan, Buharkent, Kuyucak ve Nazilli

7.1. Batı Aydın Enerji Tesis Projesi

Batı Aydın Enerji Tesis Projesi'ne dahil edilen ilçeler ve bu ilçelere ilişkin biyogaz tesisine ilişkin toplam biyogaz ve metan miktarları, elektrik ve ısı üretimleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 7.4. Batı Aydın Enerji Tesis Projesi
Toplam Biyogaz Tesis Fizibilite Çalışması

Atık ve Biyogaz Üretimi

Açıklama	Miktar	Birim
Büyükbaş Dışkı	333.910	ton/yıl
Kanatlı Dışkı	182.044	ton/yıl
Küçükbaş Dışkı	40.623	ton/yıl
Biyogaz Üretimi	27.641.817	m ³ /yıl
Metan Üretimi	17.967.181	m ³ /yıl

Elektrik ve Isı Üretimi

Açıklama	Miktar	Birim
Elektrik Üretimi	69.216.912	kWh _e /yıl
Isı Üretimi	70.864.933.672	kcal/yıl
Kurulu Güç	8.589	kW _e

Gelir ve Gider

Açıklama	Miktar	Birim
Elektrik Geliri	16.846.704	TL/yıl
Isıl Fayda (doğalgaz eşdeğeri)	5.153.813	TL/yıl
Toplam Gelir	22.000.518	TL/yıl
Toplam Gider	6.600.155	TL/yıl
Net Gelir	15.400.363	TL/yıl

Yatırım

Açıklama	Miktar	Birim
Yatırım	44.445.791	TL
Geri Ödeme Süresi	2,9	yıl
Yatırım Oranı	5.175	TL/kW _e

Senaryo kapsamında seçilen Batı Aydın Bölgesi'nde üretilen yıllık biyogaz miktarı 27.641.817 m³ olmuştur. Bu bölgede üretilen yıllık elektrik miktarı 69.216.912 kWh ve atık ısı miktarı da 70.864.933.672 kcal olarak hesaplanmıştır.

Tesisin ilk yatırım maliyeti 44.445.791 TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sırasında, 2.000 Euro/kW_e kurulu güce bağlı yatırım oranı kullanılmıştır. Bu oran, AB ve gelişmiş diğer ülkelerde yapılan biyogaz tesis yatırımları için tipik bir değerdir.

Emisyon azaltım ve gübre üretim miktarı aşağıda verilmiştir.

Tablo 7.5. Batı Aydın Enerji Tesis Projesi ile Sağlanacak Faydalar

Emisyon Azaltımı		
<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Elektrik Üretimi Kaynaklı	35.993	ton/yıl
Metan Bertarafı Kaynaklı	189.372	ton/yıl
Toplam	225.365	ton/yıl

Karbon Geliri		
<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Karbon Kredisi Birim Fiyatı	13,8	TL/tCO _{2e}
Karbon Geliri	3.110.038	kWh _{th} /yıl

Gübre Üretimi		
<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Gübre	83.487	ton/yıl

Yukarıdaki tabloya göre, Batı Aydın bölgesi, seragazi emisyon azaltım potansiyeli yıllık 225.365 tCO_{2e} civarındadır. Tesiste üretilecek yıllık gübre miktarı ise 83.487 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

7.2. Orta Aydın Enerji Tesis Projesi

Orta Aydın Enerji Tesis Projesi'ne dahil edilen ilçeler ve bu ilçelere kurulması gereken biyogaz tesisine ilişkin biyogaz üretim potansiyeli, elektrik ve ısı üretim hesaplamaları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 7.6. Orta Aydın Enerji Tesis Projesi
Toplam Biyogaz Tesis Fizibilite Çalışması

Atık ve Biyogaz Üretimi		
<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Büyükbaş Dışkı	1.559.825	ton/yıl
Kanatlı Dışkı	82.777	ton/yıl
Küçükbaş Dışkı	72.273	ton/yıl
Biyogaz Üretimi	54.707.267	m ³ /yıl
Metan Üretimi	35.559.724	m ³ /yıl

Elektrik ve Isı Üretimi		
<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Elektrik Üretimi	107.315.379	kWh _e /yıl
Isı Üretimi	140.252.244.107	kWh _{th} /yıl
Kurulu Güç	16.998	kW _e

Gelir ve Gider		
<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Elektrik Geliri	33.342.133	TL/yıl

Isıl Fayda (doğalgaz eşdeğeri)	10.200.163	TL/yıl
Toplam Gelir	43.542.297	TL/yıl
Toplam Gider	13.062.689	TL/yıl
Net Gelir	30.479.608	TL/yıl

Yatırım

Açıklama	Miktar	Birim
Yatırım	78.190.961	TL
Geri Ödeme Süresi	2,6	yıl
Yatırım Oranı	4.600	TL/kW _e

Senaryo kapsamında seçilen Orta Aydın Bölgesi diğer bölgelere nazaran 54.707.267 m³/yıl ile en yüksek biyogaz üretiminin gerçekleştirildiği bölgeyi temsil etmektedir. Bu bölgeden üretilen yıllık elektrik miktarı 107.315.379 kWh ve atık ısı miktarı da 140.252.244.107 kcal olarak hesaplanmıştır.

Tesis ilk yatırım maliyeti 78.190.961 TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sırasında, 2.000 Euro/kW_e kurulu güce bağlı yatırım oranı kullanılmıştır. Bu oran, AB ve gelişmiş diğer ülkelerde yapılan biyogaz tesis yatırımları için tipik bir değerdir.

Emisyon azaltım ve gübre üretim miktarı aşağıda verilmiştir.

Tablo 7.7. Orta Aydın Enerji Tesis Projesi ile Sağlanacak Faydalar

Emisyon Azaltımı

Açıklama	Miktar	Birim
Elektrik Üretimi Kaynaklı	55.804	ton/yıl
Metan bertarafı Kaynaklı	374.796	ton/yıl
Toplam	430.600	ton/yıl

Karbon Geliri

Açıklama	Miktar	Birim
Karbon Kredisi Birim Fiyatı	13,8	TL/CO _{2e}
Karbon Geliri	5.942.279	kWh _{th} /yıl

Gübre Üretimi

Açıklama	Miktar	Birim
Gübre	257.231	ton/yıl

Yukarıdaki tabloya göre, Orta Aydın bölgesi seragazi emisyon azaltım potansiyeli, yıllık 430.600 tCO_{2e} civarındadır. Bu miktardaki karbon emisyon azaltımından kaynaklı gelir ise; 5.942.279 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra tesisten üretilen gübre miktarı 257.231 ton/yıl olacaktır.

7.3. Doğu Aydın Enerji Tesis Projesi

Doğu Aydın Enerji Tesis Projesi içerisine alınan ilçeler Karacasu, Bozdoğan, Buharkent, Kuyucak ve Nazilli'dir. Bu ilçelerde oluşan toplam büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan atıklarının bir biyogaz tesisinde değerlendirilmesi ile üretilen biyogaz, elektrik ve ısı üretimi aşağıda verilmiştir.

Tablo 7.8. Doğu Aydın Enerji Tesis Projesi
Toplam Biyogaz Tesis Fizibilite Çalışması

Atık ve Biyogaz Üretimi

<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Büyükbaş Dışkı	699.698	ton/yıl
Kanatlı Dışkı	162.988	ton/yıl
Küçükbaş Dışkı	131.732	ton/yıl
Biyogaz Üretimi	40.584.010	m ³ /yıl
Metan Üretimi	26.379.606	m ³ /yıl

Elektrik ve Isı Üretimi

<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Elektrik Üretimi	101.625.007	kWh _e /yıl
Isı Üretimi	104.044.650.113	kWh _{th} /yıl
Kurulu Güç	12.610	kW _e

Gelir ve Gider

<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Elektrik Geliri	24.734.510	TL/yıl
Isıl Fayda (doğalgaz eşdeğeri)	7.566.884	TL/yıl
Toplam Gelir	32.301.394	TL/yıl
Toplam Gider	9.690.418	TL/yıl
Net Gelir	22.610.976	TL/yıl

Yatırım

<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Yatırım	58.005.141	TL
Geri Ödeme Süresi	2,6	yıl
Yatırım Oranı	4.600	TL/kW _e

Senaryo kapsamında seçilen Doğu Aydın bölgesinde üretilen yıllık biyogaz miktarı 40.584.010 m³ olmuştur. Bu bölgede üretilen yıllık elektrik miktarı; 101.625.007 kWh ve atık ısı miktarı da; 104.044.650.113 kcal olarak hesaplanmıştır. Tesisin geri ödeme süresi 2,57 yıl'dır.

Tesis ilk yatırım maliyeti, 58.005.141 TL olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sırasında, 2.000 Euro/kW_e kurulu güce bağlı yatırım oranı kullanılmıştır. Bu oran, AB ve gelişmiş diğer ülkelerde yapılan biyogaz tesis yatırımları için tipik bir değerdir.

Emisyon azaltım ve gübre üretim miktarı aşağıda verilmiştir.

Tablo 7.9. Doğu Aydın Enerji Tesis Projesi ile Sağlanacak Faydalar

Emisyon Azaltımı

<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Elektrik Üretimi Kaynaklı	52.845	ton/yıl
Metan Bertarafı Kaynaklı	278.038	ton/yıl
Toplam	330.883	ton/yıl

Karbon Geliri

<i>Açıklama</i>	<i>Miktar</i>	<i>Birim</i>
Karbon Kredisi Birim Fiyatı	13,8	TL/CO _{2e}
Karbon Geliri	4.566.191	kWh _{th} /yıl

Gübre Üretimi

Açıklama	Miktar	Birim
Gübre	149.163	ton/yıl

Yukarıdaki tabloya göre, Orta Aydın bölgesi, seragazi emisyon azaltım potansiyeli, yıllık 330.883 t CO₂e civarındadır. Tesisten elde edilecek karbon geliri, 4.556.191 kWh/ yıl olarak hesaplanmıştır. Yıllık gübre miktarı, 149.163 ton olarak bulunmuştur.

8. ATIK YÖNETİMİNİN ÇEVRESEL FAYDALARI

Günümüzde, çevresel sorun yaratan atıkların, işlenerek zararsız hale getirilmesi ve enerji elde edilmesinde kullanılabilmesini sağlayan biyogaz teknolojisi, yenilenebilir enerji üretimi açısından önemli bir faktördür. Toplumda enerji üretim metodu olarak bilinen biyogaz, ülkemizde kullanılacak organik atık potansiyeli (yenilenebilir atıklar, hayvansal atıklar, vb.) olmasına rağmen, gerektiği gibi değerlendirilememektedir. Bunların değerlendirilmesi halinde, ekonomik ve çevresel açıdan büyük bir girdi sağlanması söz konusudur.

8.1. Aydın'da Biyogaz Üretimine Çevresel Faydaları

Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanmasında ve enerji sorununun çözümünde, tarımsal, hayvansal ve evsel atıkların, anaerobik işlemler ile değerlendirilmesi gerektiği açıktır. Bu amaçla, atıkların üretim potansiyelinin kullanılması, anaerobik parçalanma koşullarının ve uygun üreteç türünün belirlenmesi, konuyla ilgili çalışmaların desteklenerek, anaerobik arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda, Aydın merkez ve 16 ilçesinin sahip olduğu mevcut hayvancılık sektörü ve bu sektörde gerçekleşecek yıllara bağlı büyüme, bölgenin sahip olduğu mevcut atık miktarının artışına neden olacaktır. Mevcut durumda, açık alanlarda bekletilen veya toprak üzerine serilen işlenmemiş çiftlik dışkıları, metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) gibi iklimi ilgilendiren gazların emisyonlarının yanı sıra, amonyak (NH₃) emisyonları ve koku maddelerinin atmosfere salınımını gerçekleştirir. Bu emisyonların salınımı, iklim değişikliği dolayısıyla küresel ısınmayı etkilemektedir. Aynı zamanda bu emisyonlardan kaynaklı olarak bölgede hava kirliliği ve dışkının sebep olduğu koku oluşumu, olumsuz yaşam koşulları oluşturmaktadır. Ayrıca bu şekilde işlenmemiş hayvan dışkılarının verimli olabilecek toprak arazilerinin üzerine serilmesi, toprak kirliliğine ve dolayısı ile tarımsal verimin düşmesine neden olmaktadır.

Hayvan çiftliklerindeki atıklardan, biyogaz teknolojisi ile enerji üretimi sayesinde, bölge halkı için çevresel ve sosyo-ekonomik avantajlar sağlanacaktır. Bölgedeki hayvansal atıkların, biyogaz tesislerinde değerlendirilmesi ile çevre kirliliğine neden olan gaz salınımları önlenecek ve böylece bölgenin hava kalitesi iyileşecektir. Kurulacak tesisten elde edilecek çürütücü artığının özelliklerine bağlı olarak sağlanacak kullanım alanları ile bölgede kimyasal gübre kullanımı azalacak ve organik içerikli gübre kullanımı artacaktır. Bu durum, bölgedeki çiftçinin kimyasal gübre kullanımından kaynaklı maliyetlerinin azalmasına ve organik içeriği yüksek gübre kullanımından kaynaklı hasat veriminin artmasına sebep olacaktır.

Bölgede biyogaz üretim teknolojilerinin kullanımının gelişmesi ile yeni kurulacak tesis ve işletme aşamalarına yönelik iş imkânları doğacak ve bu sayede bölgesel kalkınmaya olanak sağlanacaktır. Ayrıca biyogaz teknolojisini kullanan tesis ve bölgelere bağlı olarak, günre yönetiminden kaynaklı masraflar azalırken, elektrik ve ısı gibi biyogaz yan ürünlerinin kullanımı işletmelerin kalkınmasına olanak yaratacaktır.

Biyogaz teknolojisinin kullanımına bağlı elde edilecek faydalar aşağıdaki tabloda halk ve çiftçiler için ayrı olarak özetlenmiştir.

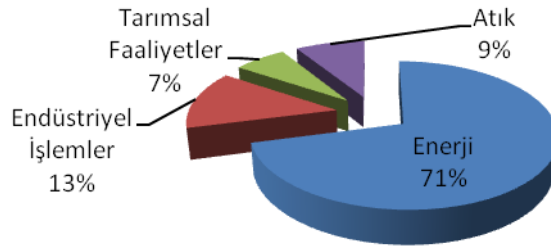
Tablo 8.1. Bölge Halkı ve Çiftçiler için Avantajlar (Al Seadi ve diğ., 2008)

Halk için Avantajlar	Çiftçiler için Avantajlar
<p>i) Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması</p> <p>ii) Sera gazı salınımının azaltılması</p> <p>iii) İthal enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılması</p> <p>iv) Avrupa Birliği enerji ve çevre hedeflerine uyum sağlanması</p> <p>v) Bertaraf edilecek atık miktarlarının azalması</p> <p>vi) İş olanaklarının artması</p> <p>vii) Biyogaz yan ürünlerinin kullanım imkânlarının geniş olması</p> <p>viii) Az su gereksinimi</p>	<p>i) Hayvancılık sektörü için ek kazanç sağlaması</p> <p>ii) Çürütücü artığının gübre olarak kullanımı ve hasat verimlerinin artması</p> <p>iii) Çiftlik gübrelerinin değerlendirilmesi</p> <p>iv) Koku ve sinek oluşumunun azalması</p>

8.2. Sera Gazlarının Çevre Üzerindeki Etkileri

Atıklardan enerji üretiminin karbon emisyonu azaltımı açısından önemi, iklim değişikliği ile mücadeledir. İklim değişikliğine neden olan ve sera gazları olarak adlandırılan gazlar, yaygınlıklarına göre şu şekilde sıralanır: Karbon dioksit (CO₂), Metan (CH₄), Nitrozoksit (N₂O) ve diğer gazlar (Hidroflüorokarbonlar, HFC; Perflorokarbonlar, PFC; SF₆ gazları). Sera gazlarının kaynakları enerji üretim tesisleri, ulaşım ve atıklar ve yeşil alan kullanımı olarak sınıflandırılabilir. Bu gazlardan CH₄, CO₂'den 21 kat, N₂O, CO₂'den 310 kat, diğer gazlar ise CO₂'den 600 ile 23.900 kat daha etkilidir.

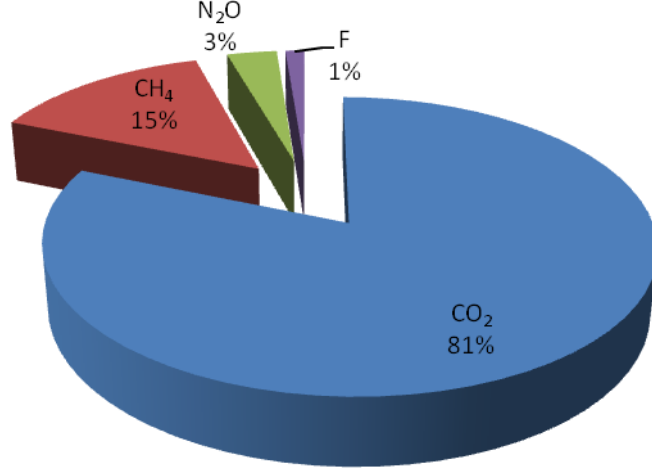
Envanter sonuçlarına göre, 2010 yılında toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 401.9 milyon ton olarak tahmin edilmiştir. CO₂ eşdeğeri olarak 2010 yılı sera gazı emisyonlarında en büyük payı %71 ile enerji kaynaklı emisyonlar oluştururken, ikinci sırayı %13 ile endüstriyel işlemler almaktadır. Atık %9, tarımsal faaliyetler ise %7 paya sahiptir.



Şekil 8.1 Karbon Emisyonlarının Sektörel Dağılımı-2010 (www.tuik.gov.tr)

2010 yılında kişi başı CO₂ emisyonunda artış gözlenmiştir. CO₂ eşdeğeri olarak 2010 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %115 artış göstermiştir. 2010 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 5.51 ton/kişi olarak hesaplanmış olup, bu değer 1990 yılında 3.39 ton/kişi'dir.

2010 yılında CO₂ emisyonlarındaki en büyük payı, enerji kaynaklı emisyonlar oluşturmuştur. 2010 yılında toplam CO₂ emisyonlarının yaklaşık %85'i enerji, %15'i ise, endüstriyel işlemlerden kaynaklanmaktadır. CH₄ emisyonlarının %59'unun atıktan, %30'unun tarımsal faaliyetlerden, %10'unun enerjiden, N₂O emisyonlarının ise %74'ünün tarımsal faaliyetlerden, %14'ünün atıktan ve %12'sinin enerjiden kaynaklandığı tespit edilmiştir. 2010 yılında enerjiden kaynaklı CO₂ emisyonu incelendiğinde, toplam enerji kaynaklı CO₂ emisyonunun %41'inin çevrim ve enerji sektöründen kaynaklandığı, %20'sinin sanayiden, %16'sının ulaştırma sektörü, %23'ünün ise diğer sektörlerden kaynaklandığı görülmüştür.



Şekil 8.2 Toplam Sera Gazı Emisyonları (milyon ton CO₂ eşdeğeri) (www.tuik.gov.tr)

Bu proje kapsamında, Aydın İli'ndeki hayvan atık miktarlarının tiplerine ve özelliklerine bağlı olarak önerilen bertaraf metodları kapsamında atıkların değerlendirilmesi ile elektrik üretiminden ve metan üretiminden kaynaklı emisyon azaltımı gerçekleştirilecektir. Bu emisyon azaltımı, geniş ölçekte küresel ısınmaya neden olan gazların salımını azaltacağı gibi, bölgesel ölçekte Aydın hava kalitesinin ve dolayısıyla yaşam koşullarının iyileştirilmesini de sağlayacaktır. Proje çalışmalarında Aydın için uygun görülen tesis tip ve yerlerine göre sağlanacak toplam emisyon azaltımları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 8.2. Toplam Karbon Emisyon Azaltımı

Bölgeler	Emisyon Azaltımı (ton CO ₂ /yıl)
Batı Aydın	225.365
Orta Aydın	480.600
Doğu Aydın	330.883
TOPLAM	986.848

Bu tablodan da görüldüğü gibi, projenin uygulamasının sera gazı salımı azaltılmasında çok önemli bir etkisi olacaktır.

9. SONUÇLAR

“Hayvansal Atıklardan Temiz Enerjiye Aydın Atlası” Projesi ile Aydın İli’ndeki çiftliklerden kaynaklı hayvan atıklarının, atık yönetimi çerçevesinde değerlendirilmeden, belediye çöp döküm alanlarına gönderilme veya tarımsal alanlarda toprak altına gömülme yoluyla bertaraf edildiği ortaya konmuştur. Bu uygulamalar, çevre açısından son derece sakıncalıdır. Atıkların sızıntı sularının ve ortamdaki biyolojik ve kimyasal ayrışmalar sonucu oluşan ürün ve yan ürünlerin yer altı suları ve toprağa karışması ile çevre ve insan sağlığı açısından son derece önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Tarımsal alanları kullanılmaz hale getiren bu uygulama, aynı zamanda, temiz su kaynakları ile doğrudan bağlantısı olan yer altı suyunu da kirletmektedir. Enerji üretim potansiyeli yüksek olan bu atıkların, miktar ve özellik açısından değerlendirilmeden bertaraf edilmesi, ulusal enerji kaynaklarının kaybı olarak da görülebilir.

Bu çalışmanın amacı, Aydın ve çevresinde bulunan hayvancılık kaynaklı dışkıların, genel enerji potansiyelini tespit etmektir. Bu yolla, bölgede bulunan dışkıların bertarafı konusunda, biyogaz teknolojisinin en önemli bertaraf metodu olduğu ortaya konmuştur. Çalışma boyunca, hayvan nüfusu ile ilgili veriler, saha çalışmalarından, yerel enstitü ve kamu kurumlarından sağlanmıştır. Çalışmada, Aydın’daki çiftliklerde oluşan hayvansal dışkıları ve bunların biyogaz potansiyelleri hesaplanmıştır. Bu biyogaz potansiyeline bağlı olarak da, bölgedeki dışkıların enerji potansiyeli ortaya çıkarılmıştır.

Yapılan hesaplamalar ışığında, Aydın için biyogaz ve enerji üretimi değerleri ümit vericidir. Bölgede çok sayıda biyogaz tesisi kurmak için gerekli potansiyel mevcuttur. Çalışma içinde 3 adet merkezi biyogaz tesisi önerilmiştir. Ancak, bölgede bu öneriden çok daha fazla sayıda, daha küçük biyogaz tesisleri kurmak da mümkündür. Bugün, 1.500 büyükbaş veya 500.000 kanatlı hayvan nüfusuna sahip bölgeler için biyogaz tesisi kurmak finansal olarak uygundur. Bu tipte bir yatırım, kendisini kolaylıkla 5 yılın altında bir sürede ödeyebilmektedir. Bunun üzerindeki hayvan sayıları içinse, yatırım geri ödeme süresi düşmekte ve çok daha mümkün hale gelmektedir.

Aydın bölgesi, elektrik kurulu gücü açısından 39 MW’lık bir potansiyele sahiptir. Elbette bu kurulu güç kapasitesi, bölgedeki tüm hayvansal dışkıların %100 toplandığı, bütün dışkıların biyolojik olarak parçalanabilir durumda olduğu ve tüm dışkıların eşit parçalanma kapasitesine sahip olduğu öngörülerek hesaplanmıştır. Merkezi bir biyogaz tesisi kurmadan önce, hayvansal dışkıların toplanma ve taşıma metodlarının çok iyi araştırılması ve ayarlanması gerekmektedir. Hayvansal dışkıların biyogaz potansiyeli, bünyesinde bulunan biyolojik olarak parçalanabilir organik maddelere bağlıdır. Eğer dışkıları iyi bir şekilde toplanmaz veya uzun süre bekletilirse, bunların biyogaz potansiyelleri beklenen ideal durumdan daha düşük olacaktır.

Ayrıca, atmosfere salınan gazların sera etkisi yaratması sonucunda, dünya yüzeyinde sıcaklığın artması, yani küresel ısınmanın dünya iklim sisteminde neden olduğu değişiklikler, tüm dünyada hissedilmektedir. Bu sebeple, hayvansal atıklardan kaynaklanarak sera etkisi yaratan gazların atmosfere salınımının engellenmesi çevre açısından önemli bir husustur. Bu proje kapsamında önerilen biyogaz teknolojisinin kullanılması ile hem elektrik kaynaklı hem de metan azaltımı kaynaklı karbon emisyon salınımının azaltılması gerçekleştirilecektir. Üretilen elektriğin biyokütleden elde edilerek, fosil yakıtlardan sağlanacak elektrik üretiminin azaltılması ve doğal ortamında metan salınımı yapacak olan organik olarak parçalanabilir atıkların, sera gazı salınım potansiyelleri inceleme kapsamında rapor içeriğinde verilmiştir. Bölgede çalışma içeriğinde verilen çerçevede yapılacak olan uygulamalar, bölgedeki sera gazı emisyonlarını azaltmakla kalmayıp, ayrıca gönüllü karbon sertifikası kapsamında değerlendirilerek, projelerin geri ödeme sürelerini düşüren bir finansal girdi olabilecektir. Bu hesaplamalar da rapor içeriğinde verilmiştir.

Bu çalışmada verilen hayvansal veriler ile Aydın İli’nin mevcut hayvansal atık miktarı, toplamda 3.027.317 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Yıllar içinde sektörel gelişmelere bağlı olarak, Aydın ve çevresinden kaynaklanan hayvan atıklarında da artış olacaktır. Mevcut durumda, bu atıklar için sürdürülebilir bir atık yönetim sistemi kullanılmamasının yol açtığı sorunlar (koku problemi, gaz salınımlarından kaynaklı hava kalitesi ve hijyen sorunu, atık gömme ve depolamadan kaynaklı uygun alan bulma sıkıntısı), bir takım önlemler alınmadığı takdirde, sektörün atık yönetim alanındaki problemleri büyüyecek ve ortaya çıkan atıkların yönetimi finansal açıdan önemli bir yük oluşturacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen nihai bulgular ümit vericidir. Aydın bölgesinde yatırım yapılabilmesi açısından, toplam hayvan sayısı, hayvanların dışkı potansiyelleri, bu dışkıların biyogaz ve enerji kapasiteleri, bölgede artan nüfus, ekonomi ve hayvancılık, yapılacak yatırımlar açısından son derece önem arz etmektedir. Bu bölge, biyokütle ve biyogaz teknolojilerinin uygulanması açısından çok uygun olmakla birlikte, şirketler tarafından bu bölgede en uygun tesis yerlerinin tespit edilmesi için yapılacak ileri araştırmalar son derece önemlidir. Özellikle ilk yatırım finansmanı, önemli bir yük gibi görünse de enerji üretim potansiyeli yüksek olan bu kaynakların değerlendirilmesi ile kurulması önerilen tesisler kısa sürelerde kendilerini geri ödeyecektir. Hayvansal atıklardan enerji eldesi ile sürdürülebilir bir atık yönetim sistemi sağlanmış olacaktır. Böylece hem atık bertarafının yol açtığı çevresel ve mali sorunlar giderilecek, hem de hayvan atıkları enerji kaynağı olarak değerlendirilmiş olacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Akman, N., Ceylan, C., Görgülü, M., Karadağ, Y., Karakurum, Ç., Klopčič, M., Kumlu, S., Kaya Kuyululu, Y., Payık, E.S., Sancak, C., Uzmay, C., Yılmaz, İ., Yıldız, O. ve Zjalic, M., 2011. AB ve Türkiye’de Danışmanlık Sistemleri ve Süt Sığırtı İşletmelerinin Yönetimi Cilt 1. Aydın Damızlık Sığırtı Yetiştiricileri Birliği, Aydın, Türkiye.
2. Aksoy, A., Yavuz, F., 2012 “ Çiftçilerin Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğini Bırakma Nedenlerinin Analizi
3. Almanya Biyokütle Araştırma Merkezi ve Yenilebilir Hammaddeler İhtisas Ajansı (FNR) (Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü ve Alman Uluslar arası İşbirliği Kurumu (GIZ), 2010. Biyogaz Üretimi ve Kullanımı El Kitabı. Türk-Alman Biyogaz Projesi, Ankara, Türkiye.
4. Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R., 2008. Biogas Handbook, Published by University of Southern Denmark Esbjerg.
5. Arın S. ve S. Akdemir. 2002. Seralarda Doğal Gazın Isıtma Amacıyla Kullanılabilirliği. Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Dergisi B Serisi, Cilt 3, No 1: 89-99.
6. Atıktan Enerji Üretimi (www.istac.com.tr)
7. Aydın Ticaret Borsası, 2012. Aydın İli Tanıtımı. www.aydintb.gov.tr/aydin.php
8. Benli H. ve A. Durmuş. 2002. Havalı Güneş Kolektörleri ve Gizli Isı Depolama Yöntemi Kullanılarak Sera Isıtılması. Mühendis ve Makine Dergisi, cilt:48, sayı: 569
9. Berg, H., 2011. Suluova Biyogaz Tesisinin Teknik-Ekonomik Esaslarına İlişkin Rapor. Türk-Alman Biyogaz Projesi T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
10. Berkes, F. ve Kışlalıoğlu M. B., 1993. Çevre ve Ekoloji, 4. Basım, Remzi Kitabevi, İstanbul.
11. Bilgin, N., 2003. Biyogaz Nedir?, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü
12. Bostan Budak., D. 2009. Analysis Of Renewable Energy And Its Impact On Rural Development In Turkey. AgriPolicy Enlargement Network for Agripolicy Analysis.
13. Can, O., 2010. Atıklardan Enerji Üretiminin Karbon Emisyonu Azaltımı Açısından Önemi. IWES 2. Atık Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, Türkiye.
14. Capstone Turbine Cooperation, 2010. Case Study CAP395-Kupferzell Agricultural Biogas Plant, Chatsworth, CA. www.capstoneturbine.com
15. ÇANKA KILIÇ, F., 2011, 'Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri, Elektrik ve Enerji Bölümü İklimlendirme Programı, Kocaeli.
16. Çevre Kanunu, Tarih : 11/8/1983 Sayı : 18132, Cilt : 22 Sayfa : 499
17. DBFZ-Deutsches Biomasse Forchungs Zentrum, 2011. Türkiye’de biyogaz yatırımları için geçerli koşulların ve potansiyelin değerlendirilmesi. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü ve Alman Uluslar arası İşbirliği Kurumu (GIZ), Ankara, Turkey.

18. Demirbas A., Pehlivan E., Altun T., 2006. Potential Evaluation of Turkish Agricultural Residues as bio-gas, bio-char and bio-oil sources. *International Journal of Hydrogen Energy*, 31, 613-620.
19. Dettrich, B., 2011. Türk-Alman Biyogaz Projesi - Fermentasyon Artıklarının Tarımsal Alanda Değerlendirilmesine Yönelik Olarak Gübre Mevzuatı ve Atık Mevzuatında Yer Alan Hükümler. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
20. Deublein, D., and Steinhauser, A., 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany.
21. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2005. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun.
22. Entürk, E., ‘Tavuk Çiftliklerinden Kaynaklanan Gübre Atıklarının İncelenmesi ve Uygun Arıtma Sisteminin Önerilmesi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004, İstanbul.
23. Ertin, G, 1992 ‘‘Tarım, Hayvancılık, Ormancılık’’
24. Ertuğrul, M., Savaş, T., Dellal, G., Taşkın, T., Koyuncu, M., Cengiz, F., Dağ, B., Koncagül, S., Pehlivan, E., 2009. ‘‘Türkiye Küçükbaş Hayvancılığının İyileştirilmesi’’
25. Genc, O., Yuksel, A., N., Sisman, C., B., Gezer, E. ‘Balıkesir Koşullarında Sera Isı Gereksinimlerinin Belirlenmesi’, U. Ü. ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ, 2010, Cilt 24, Sayı 2, 73-84
26. Georgakakis, D. Krintas, Th., Optimal Use of the Hosoya System in Composting Poultry Manure, *Bioresource Technology*, 72 , 227-233, 2000.
27. Gokcol C., Dursun B., Alboyacı B., Sunan E., 2009. Importance of biomass energy as alternative to other sources in Turkey. *Energy Policy*, 37, 424-431.
28. Hart, S. A., The Management of Livestock Wastes, *Journal of the Water Pollution Control Federation* 3(2), 78-80, 1960.
29. Hill, D.T., 1983. Simplified Monod kinetics of methane fermentation of animal wastes. *Agricultural Wastes*, 5, 1-16.
30. IEA Bioenergy Task 37. 2011. *Anaerobic Digestion Report Turkey’s Situation in Biogas*. Available online at: http://www.ieabiogas.net/_download/publications/countryreports/april2011/Turkey_Country_Report.pdf
31. Jeffrey, E. A., Blackman, E.C., ve Ricketts, R.L., *Aerobic and Anaerobic Digestion Characteristics of Livestock Wastes*, Engineering Series Bulletin, No.57, University of Missouri, Columbia, 1963.
32. Karaman, S., 2006, ‘‘Hayvansal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunları ve Çözüm Olanakları’’
33. Kaya, D., Eyidoğan, M., Çoban, V., Çağman, S., Aydoner, C., Tırıs, M., 2009 ‘‘Türkiye’nin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli ve Ekonomisi’’.
34. Kaymakçı, M., Eliçin, A., Tuncel, E., Pekel, E., Karaca, O., Işın, F., Taşkın, T., Aşkın, Y., Emsen, H., Özder, M., Selçuk, E., Sönmez, R., 2000 ‘‘Türkiye’de Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliği’’.
35. Kendirli, B., Cakmak, B., 2011. ‘Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı’, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ANKARA
36. KobiFinans, 2011. Türkiye’de Hayvancılık Sektörü. http://www.kobifinans.com.tr/tr/alt_sektor/0121
37. Koçer, N.N., Öner, C. ve Sugözü, İ., 2006. Türkiye’de Hayvancılık Potansiyeli ve Biyogaz Üretimi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, Elazığ, Türkiye.
38. Köttner, M., 2011. 2. Biogas-Training, Gübre Yönetimi, Fermente Atık Kullanımı-Kapalı Devre Teknolojisi. International Biogas and Bioenergy Centre of Competence (İBBK), Ankara.
39. Loehr, R.C. ve Agnew, R.W., Cattle Wastes-Pollution and Potential Treatment, *ASCE Journal of the Sanitary Engineering Division*, 93(SA4), 55-72, 1967.

40. Moore, J. A., Managing Livestock to Control Pollution, Effects and Control, Water Resources Research Center, University of Minnesota Bulletin, 13 Minn., 1969.
41. Mutlu, A. 1999. Adana İli Çevresindeki Hayvancılık Tesislerinde Ortaya Çıkan Atıkların Yarattığı Çevre Kirliliği Üzerinde Bir Araştırma. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD., Yüksek Lisans Tezi, Adana, 99s.
42. Ongley, E.D. 1996. Control of Water Pollution From Agriculture. FAO Irrigation And Drainage No:55, Roma
43. Özek, E. 1994. Tarımdan Kaynaklanan Çevre Kirlenmesi ve Simülasyon Çalışmaları. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni ABD, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 79 s.
44. Öztürk, İ.,1999.Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları,,Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
45. Öztürk, M., 2005. Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
46. Öztürk, İ. Dereli, R.K., Özabalı, A., Eriçyel, K. ve Karakaya, İ., 2009. Suluova (Amasya) Besiciler Birliği (SBB) Besi Organize Sanayi Bölgesi (OSB) Merkezi Biyometan Tesisi (MBT) Fizibilite Raporu Cilt II. T.C. Amasya Valiliği Amasya İl Özel İdare Müdürlüğü ve Biosfer Danışmanlık ve Mühendislik Ltd.
47. Puchas, K. and Sakulin, C., 2008 (Local Energy Agency of Eastern Styria and Regional Energy Agency of Styria) .Biogas Regions Shining Example - Biogas Plant “Mureck” Ökstrom Mureck GmbH. Supported by Intelligent Energy Europe.
48. Red Meat Sector Report, 2006. Preparation of Sector Analysis Reports for Certain Agricultural Products (Fruit & Vegetables, Meat).
49. Reed, T.B., Das, A., 1996, Handbook of biomass downdraft gasifier engine systems, The Biomass Energy Foundation Press.
50. Sayın, U. ve Erdoğan, D.,2011. Atık Yönetiminde Biyometanizasyon Teknolojisi. Çevre ve Orman Bakanlığı Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, İstanbul, Türkiye
51. Suluova Biyogaz Tesisinin Teknik-Ekonomik Esaslarına İlişkin Rapor’Turk-Alman Biogaz Projesi,Ekim2011
52. Tainganides, E. P., and Hazen , T.E., Properties of Farm Animal Excreta, *Transactions, American Society of Agricultural Engineers*, 9(3), 374-376, 1966
53. www.tarim.gov.tr
54. Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi”,
(http://www.geridonusum.org/component/option,com_docman/task,doc_download/gid,30/Itemid,49/)
55. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, 2004. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral, Özel, Mikrobiyal ve Enzim İçerikli Organik Gübreler ile Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalatı, İhracatı, Piyasaya Arzı ve Denetimine Dair Yönetmelik (www.tugem.gov.tr)
56. Tolay,M., Yamankaredeniz, H., Yardımcı, S., Reiter,R, 17-19 Aralık 2008.Hayavnsal Atıklardan Biyogaz üretimi.VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu.,UTES’.İstanbul.
57. Townshend, A.R., Reichart, K.A. ve Nodwell, J.H., Status Report on Water Pollution Control Facilities for Farm Wastes in the Province of Ontario, Proc. of Cornell University Conference on Agricultural Waste Management, Syracuse, N.Y., 1969
58. TÜBİTAK, MAM, ESÇAE, ‘Kümes ve Ahır Gübrelerinin Geri Kazanılması ve Bertarafı Projesi, 2001, Gebze, Kocaeli.
59. Türkes, M. 2003. Sera gazı salımlarının azaltılması için sürdürülebilir teknolojik ve davranışsal seçenekler (Sustainable technological and behavioral options for reducing of greenhouse gas emissions). V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: ÇEVRE Bİ Lİ M ve TEKNOLOJİ Küresellesmenin Yansımaları, Bildiriler Kitabı,267-285, Ankara
60. TÜİK - Türkiye İstatistik Kurumu, 2012. Hayvansal Üretim İstatistikleri 2011. Haber Bülteni, Sayı:1082 <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=10820>
61. TÜİK - Türkiye İstatistik Kurumu Çiftlik Hayvanları İstatistikleri, 2010.
62. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı: 559-576, 11-15 Ocak 2010, Ankara.

63. Tüzel, Y., Gül, A., Daşgan, H.Y., Öztekin, G.B., Engindeniz, S., Boyacı, H.F., Ersoy, A., Tepe, A., Uğur, A. 2010. Örtüaltı Yetiştiriciliğinin Gelişimi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası
64. Vollenweider, R.A., Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication, Report to the Organization of Economic Cooperation and Development, Paris France, DAS/CSI/68, 1968.
65. Water Pollution Research Report, Dept. of Scientific and Industrial Research, London, HMSO, 73-77, 1964
66. Witzel, S.A., Physical, Chemical and Bacteriological Properties of Farm Wastes (Bovine Animals), Proc. of National Symposium on Animal Waste Management, SP-0366, 1966
67. Worley J. 2005. Greenhouses Heating, Cooling and Ventilation. The University of Georgia.
68. Yağcıoğlu A. 1999. Sera Mekanizasyonu, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notları:59/1 Bornova/İzmir.
69. Yıldız, O.2003.Organik Atıklardan Biyogaz Üretim tekniği, Akdeniz Üniversitesi Ziraat fakültesi Tarım Makinaları Bölümü,Antalya.
70. Yüksel A.N. 2000. Sera Yapım Tekniği. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti. İstanbul.
71. Yüksel, I. Ve Kaygusuz, K., 2010. Renewable energy sources dor clean and sustainable energy policies in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011), s: 4132-4144. www.elsevier.com/locate/rser
72. Çevre Kanunu. <http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/631.html>
73. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=yenilenebilir%20enerji%20kaynaklar%C4%B1n%C4%B1n%20elektrik%20enerjisi%20%C3%BCretimi%20ama%C3%A7l%C4%B1%20kullan%C4%B1na%20i%CC%87li%C5%9Fkin%20kanun&source=web&cd=1&ved=0CGMQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mevzuat.gov.tr%2FMetin.Aspx%3FMevzuatKod%3D1.5.5346%26sourceXmlSearch%3D%26MevzuatIliski%3D0&ei=4SPkT_PMKISp4gSFy6SACQ&usg=AFQjCNFJheb5d5Au24aZPtm9GOaSoXxTLg
74. Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik http://www.zmo.org.tr/mevzuat/mevzuat_detay.php?kod=192
75. İnsan Tüketimi Amacıyla Kullanılmayan Hayvansal Yan Ürünler Yönetmeliği <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111224-3.htm>
76. Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği. <http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/21744.html>
77. Kokuya Sebep Olan Emisyonların Kontrolü Yönetmeliği. <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.14256&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>