



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

**KAPASİTELERİ AYNI BİYOGAZ TESİSLERİNİN FARKLI ATIK MİKTAR ve
TÜRLERİNE GÖRE VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ**

Leyla BAŞTAN TÖKE

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Eylül 2021**

KAPASİTELERİ AYNI BİYOGAZ TESİSLERİNİN FARKLI ATIK MİKTAR ve
TÜRLERİNE GÖRE VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ

Leyla BAŞTAN TÖKE

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

Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ

Konya
Eylül 2021

BİLDİRİM

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

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

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

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

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay en fazla 6 ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

20 Eylül 2021

Leyla BAŞTAN TÖKE

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

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

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

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

ETİK BEYAN

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

20 Eylül 2021

Leyla BAŞTAN TÖKE

TEŐEKKÖR

Bu çalışmanın oluşturulmasında ve sonuca ulaŐtırılmasında bana destek olan değerli hocam ve tez danıŐmanım Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ'e, eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan babam Erdal BAŞTAN'a, kızımınla ilgilenerek bana destek olan eŐim Emre TÖKE'ye ve aileme en içten dileklerle çok teşekkür ederim.

20 Eylül 2021

Leyla BAŞTAN TÖKE

ÖZET

Leyla BAŞTAN TÖKE

Kapasiteleri Aynı Biyogaz Tesislerinin Farklı Atık Miktar ve Türlerine Göre
Verimliliğinin Analizi

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2021

Küreselleşme ve kalkınma döneminde sürekli artan nüfusun taleplerinin karşılanması ve gelişim sürecinin devam etmesi durumu beraberinde enerjiye olan talebin artmasına neden olmaktadır. Fakat enerjiye olan talebin ağırlıklı olarak fosil ve ithal kaynaklardan karşılanması sürdürülebilir kalkınma adına toplumların refahı açısından tehdit unsuru olarak görülmektedir. Bu noktada bütün tehditlere bütünsel çözüm sunulması amacıyla enerji ihtiyacının giderilmesi, ekonomik ve çevresel kalkınmanın sürdürülebilirliği için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ülkeler açısından büyük öneme sahip hale gelmiştir. Bu çalışmada çevre tahribatının önüne geçmek amacıyla; çevre sorunlarının bütün yönüyle ele alınıp, ekosistemi alt üst etmeden faaliyetlere devam etmenin yolları aranmaktadır. Dolayısıyla, çevreye zarar vermeyi önleyecek teknolojilerin kullanıldığı endüstri faaliyetleri, geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı, biyolojik çeşitliliği ve çevreyi koruma, geleceğimizi tehlikeden kurtarma ve ekonomimizi güçlendirme amaçlarına uygun planlama ve eylemler gündeme getirilmiştir.

Çalışmada kaynak israfını önlemenin yanında, hayat standartlarını yükseltmek ve ortaya çıkan enerji krizleri ile baş edebilmek için uygun metotlar kullanılmak suretiyle, atıkların enerji veya materyal olarak geri kazanılmasının ön plana çıkarılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda analizi yapılacak karar verme birimleri olarak beş senaryo ile biyogaz tesisinin excel üzerinden verimlilik analizinin yapılmıştır. Tesislerde girdi olarak büyükbaş hayvan dışkısı, yumurta tavukçuluğu dışkıları, pazaryeri bitkisel atıkları, market muhtelif gıda atıkları, buğday samanı, arpa samanı, şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıkları ve şeker fabrikası şilempesi atıklarının kullanılması planlanmıştır.

Anahtar Kelimeler

Enerji, Sürdürülebilir Enerji Politikaları, Çevre, Yenilenebilir Enerji, Kompost, Biyogaz

ABSTRACT

Leyla BAŞTAN TÖKE

Analysis of the Efficiency of the Same Biogas Facilities According to Different Waste Amounts and Types

Master's Thesis

Konya, 2021

Meeting the demands of the ever-growing population in the period of globalization and development and the continuation of the development process cause to increase in the demand for energy. However, meeting the demand for energy from fossil and imported sources threatens the welfare of societies for sustainable development. Therefore, in order to provide a holistic solution to all threats, the use of renewable energy resources has become of great importance for countries to meet the energy need, to ensure economic and environmental development, and to ensure the sustainability of development.

In this study, in order to prevent environmental destruction; All aspects of environmental problems are addressed and ways are sought to continue activities without upsetting the ecosystem. For this reason, planning and actions in line with the aims of industrial activities using technologies to prevent harm to the environment, use of recyclable materials, protecting biological diversity and the environment, saving our future from danger and strengthening our economy come into prominence.

In this study, in addition to preventing the waste of resources in order to raise the living standards and to cope with the emerging energy crises; It is aimed to emphasize the recovery of wastes as energy or materials by using appropriate methods. For this purpose, five scenarios were used as decision-making units to be analyzed. Efficiency analysis of the biogas plant was made using excel. Cattle dung, laying hen feces, market vegetable wastes, market various food wastes, wheat straw, barley straw, sugar beet leaves, corn silage wastes and sugar factory pickle waste were used as inputs in the facilities.

Keywords

Energy, Sustainable Energy Policies, Environment, Renewable Energy, Compost, Biogas

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ÇEVRESEL AÇIDAN ENERJİ ve ATIK	3
2.1. Dünya'da Atık ve Enerji Durumu.....	8
2.2. Türkiye’de Atık ve Enerji Durumu.....	13
2.3. Enerji Kaynakları.....	17
2.3.1. Enerji Kaynaklarının Çevreye Etkisi.....	23
3. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÇERÇEVESİNDE GELİŞTİRİLEN ENERJİ POLİTİKALARI ve EKONOMİK YAKLAŞIMLAR.....	33
3.1. Enerji Politikaları.....	33
3.1.1. Enerji Verimliliği.....	37
3.1.2. Enerji Yoğunluğu.....	38
3.1.3. Enerji Tasarrufu.....	40
3.2. Ekonomik Yaklaşımlar.....	41
3.2.1. Yeşil Ekonomi.....	41
3.2.2. Döngüsel Ekonomi.....	43
3.2.3. Sıfır Atık.....	47
3.2.4. Endüstriyel Simbiyoz.....	52
4. KOMPOST ve BİYOGAZ.....	55
4.1. Kompost.....	55
4.1.1. Kompostlaştırma Süreci	54

4.1.2. Kompostlaştırma Sürecinde İhtiyaç Duyulan Parametreler.....	55
4.1.3. Kompostlaştırma Sürecinde Kullanılan Atıklar.....	56
4.1.4. Kompost Tesisinin Genel ve Teknik Özellikleri.....	57
4.1.5. Kompostlaştırma Yöntemi İle Elde Edilecek Avantajlar.....	59
4.2. Biyogaz.....	60
4.2.1. Biyogaz Üretimi Aşamaları.....	60
4.2.2. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilecek Atıklar.....	61
4.2.3. Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler.....	63
4.2.4. Biyogaz Üretimi ile Elde Edilecek Avantajlar.....	65
4.2.5. Biyogazın Kullanım Alanları.....	65
4.2.6. Biyogaz Tesisi Çeşitleri.....	66
4.2.7. Biyogaz Üretimi için Kullanılan Sistemler.....	67
5. BİYOGAZ TESİSİ SENARYOLARI ve VERİMLİLİK ANALİZİ.....	71
6. SONUÇ.....	112
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	125

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Nüfuslara Göre Ülkeler Listesi.....	8
Tablo 2. 2008-2018 Yılları Arasında Enerjinin Bölgelere Göre Tüketim Oranları.....	11
Tablo 3. Türkiye'nin Enerji Denge Durumu Orijinal Değerleri.....	15
Tablo 4. Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırması.....	18
Tablo 5. Yenilenemez Kaynaklar ile Yenilenebilir Kaynakların Literatüre Göre Karşılaştırması.....	21
Tablo 6. Biyogazın İçeriği ve Organik Atık Cinslerine Göre Metan Yüzdeleri.....	64
Tablo 7. Biyogaz, Biyokütle, Atık ısı ve Piroolitik Yağ Enerji Santralleri.....	71
Tablo 8. 2010-2019 Yılları Arası Kanatlı Hayvan Sayısı.....	76
Tablo 9. Hayvan Sayıları Değişim Oranları (2019-2020).....	77
Tablo 10. Hayvan Cinslerine Göre Yaş Gübre Ağırlıkları.....	77
Tablo 11. Biyogaz Üretiminde Hammaddelere Göre Metan Miktarı Değişimi.....	78
Tablo 12. Hayvan Türlerinin Gübrelere Göre Biyogaz Üretim Potansiyeli.....	78
Tablo 13. 1 m ³ Biyogazın Farklı Yakıt Tipleri İçin Enerji Eşdeğerleri.....	78
Tablo 14. Tavuk ve Sığır Gübrelere Farklı Sıcaklıklara Göre Biyogaz Verimleri....	79
Tablo 15. Atık Oranlarında Yapılan Değişiklikler.....	80
Tablo 16. Birinci Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı...	81
Tablo 17. Birinci Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti.....	83
Tablo 18. Birinci Senaryoya Göre Atıkların Kullanımında, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları.....	87
Tablo 19. İkinci Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı.....	90
Tablo 20. İkinci Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti.....	91
Tablo 21. İkinci Senaryoya Göre Atıkların Kullanımında, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları.....	92
Tablo 22. Üçüncü Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı.....	95
Tablo 23. Üçüncü Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti.....	96
Tablo 24. Üçüncü Senaryoya Göre Atıkların Kullanımında, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları.....	97
Tablo 25. Dördüncü Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı.....	100
Tablo 26. Dördüncü Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti.....	101

Tablo 27.Dördüncü Senaryoya Göre Atıkların Kullanımda, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları.....	102
Tablo 28. Beşinci Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı.....	105
Tablo 29. Beşinci Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti.....	106
Tablo 30. Beşinci Senaryoya Göre Atıkların Kullanımda, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları.....	107
Tablo 31. Oluşturulan Senaryoların Karşılaştırılması.....	110

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Atık Yönetimi Hiyerarşisi.....	7
Şekil 2. AB Kaynaklı Atıklar İçin Ana Varış Noktaları.....	10
Şekil 3. Enerji Kaynaklarının Yıllara Göre Kullanım Durumu.....	12
Şekil 4. Toplam ve Kişi Başına Düşen Sera Gazı Emisyonu.....	25
Şekil 5. Sektörlere Göre Sera Gazı Emisyonları.....	26
Şekil 6. İklim Değişikliği.....	29
Şekil 7. Döngüsel Ekonomi.....	45
Şekil 8. Döngüsel Ekonominin Fırsatları.....	46
Şekil 9. Sıfır Atık Nedir.....	47
Şekil 10. Sıfır Atık Yönetim Hiyerarşisi.....	49
Şekil 11. Kompostlama Prosesi.....	55
Şekil 12. Anaerobik Ayrışma Basamaklarının Genel Gösterimi.....	61
Şekil 13. Atıksu Arıtma Tesisi Akış Şeması.....	68
Şekil 14. Çiftlik Tipi Biyogaz Tesisi.....	69
Şekil 15. Biyogaz Tesisi.....	69
Şekil 16. Birinci Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması.....	89
Şekil 17. İkinci Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması.....	94
Şekil 18. Üçüncü Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması.....	99
Şekil 19. Dördüncü Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması.....	104
Şekil 20. Beşinci Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması.....	109

SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbondioksit
O ₃	Ozon
CFC	Kloroflorokarbon
N ₂ O	Diazotoksit
°C	Derece
N	Azot
O ₂	Oksijen
SO ₂	Kükürtdioksit
NO	Azot oksit
CO	Karbonmonoksit
HNO ₃	Nitrik asit
H ₂ SO ₄	Sülfirik asit
C/N	Karbon/Azot
pH	Power of Hydrogen
H	Hidrojen
%	Yüzde

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
BM	Birleşmiş Milletler
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AB	Avrupa Birliği
Toe	Ton eşdeğer
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TC	Türkiye Cumhuriyeti
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
Mt	Milyon ton
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
OECD	Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü
ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü
AVM	Alışveriş Merkezi
Ar-Ge	Araştırma-Geliştirme
Kg	Kilogram
UK	Uçucu Katı
LFG	Çöp Gazı
m ³	metreküp
TL/ton	Türk Lirası/ton
Kcal/m ³	Kalori/metreküp
TL	Türk Lirası
TL/kWh	Türk Lirası / kilowatt saat
Kcal/saat	Kalori/saat
MW	Megawatt
MWe	Megawatt elektrik

1. GİRİŞ

Küreselleşme süreciyle birlikte sınırların ortadan kalkmasıyla dünya genelinde ekonomi, siyaset, teknoloji, üretim ve tüketim dahil olmak üzere her alanda bütünleşmeye ve değişime gidilmiştir. Bu süreçte rekabet odaklı üstünlük kurma yarışı içinde kalkınma temel alınarak çevre geri plana itilmiş ve çevre ile kalkınma arasında bir paradoks oluşmuştur. Dolayısıyla kalkınma için gösterilen çabalar doğrultusunda yürütülen sanayileşme faaliyetlerinde çevre önemsiz bir unsur olarak görülmüştür.

1970'li yıllarda bu kötü gidişatın önlenmesi bilinci içinde sürdürülebilir kalkınma kavramı gündeme gelmiştir. Küreselleşme ve kalkınma birbiriyle bağlantılı hale gelerek kalkınma sağlanırken çevreye zarar vermeden rekabet edilebilirliğin yolları aranmaya başlanmıştır. Bu kapsamda kalkınmanın sacayaklarından olan enerjide fosil kaynak kullanımının azaltılması, yerli kaynak kullanımının artırılması, yenilenebilir enerji kaynak kullanımının sağlanması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına yönelik olan çalışmalar önem kazanmıştır.

Bu çalışmada ilk olarak çevresel açıdan enerji, enerjinin önemi ve atıklar üzerinde durularak dünyada ve Türkiye'de atık ve enerjinin durumu ele alınmıştır. Enerji kaynaklarının genel sınıflandırılması incelenerek yenilenemez enerji kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynaklarının karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca enerji kaynaklarının çevreye etkisinin ele alındığı bölümde sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı ele alınmıştır. Çevresel olumsuzluklardan olan küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarının 19. yüzyıldan itibaren genel durumundan bahsedilmiştir.

Çalışmada ikinci olarak çevresel ve ekonomik sorunların önüne geçilmesi amacıyla geliştirilen enerji yönetimi politikaları ve ekonomik yaklaşımlar üzerinde durulmuştur. Enerji yönetimi politikaları kapsamında enerji yönetimi, enerji verimliliği, enerji tasarrufu ve enerji kaynakları ile yenilenebilir enerji kaynaklarına değinilerek kaynakların hızla tükendiği tüketim çağında enerji ihtiyacı karşılanırken gelecek nesillerin de refah seviyesinin korunması gerektiği vurgulanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde geliştirilen yeni ekonomik yaklaşımlar hakkında bilgi verilmesi amacıyla yeşil ekonomi, döngüsel ekonomi, sıfır atık ve endüstriyel simbiyoz kavramları açıklanmıştır.

Çalışmada son olarak kompost ve biyogaz hakkında genel hususlar ele alınmıştır. Kompost ve biyogaz üretiminde dikkat edilmesi gereken kritik konular üzerinde durularak son bölümde biyogaz enerjisi üzerinde odaklanılmıştır. Atıkların oranlarında yapılan değişikliklerle oluşturulan senaryolarla ileride yapılacak çalışmalarda veya kurulacak tesislerde verimliliğin yükseltilmesi amacıyla yol haritası olabilecek nitelikte senaryolar oluşturularak hesaplamalar sunulmuştur. Bu hesaplamalar ile kurulumu planlanan tesislerin düşük maliyetle daha yüksek biyogaz enerjisinin elde edilebilirliğinin gösterilmesiyle hem çevresel hem de ekonomik kazanımlara eş zamanlı ulaşılması hedeflenmiştir. Çalışmada teorik değerlerin pratikte kullanılabilirliğinin gösterilmesi planlanmaktadır. Bu hedefler doğrultusunda yapılan çalışmanın akademik literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

2. ÇEVRESEL AÇIDAN ENERJİ ve ATIK

Yaşamın her alanında zorunlu ihtiyaç haline gelen enerji, “bir işi yapabilme yeteneği ve endüstriyel açıdan üretim” olarak tanımlanmaktadır (Çolak, Bayındır ve Demirtaş, 2008). Soyut ve ölçülemeyen bir kavram olan enerji, Yunanca “iç” ve “iş” kelimelerinden türetilip dilimize girmiştir ve bir sistemin fiziksel manada yapabileceği iş ya da üretilebilecek ısıyı ifade eden bir fonksiyondur (Yıldız, 2017).

Enerji, her maddenin bileşiminde vardır. Maddelerin yapısında mevcut olan enerji yanma, sürtünme, düşme vb. hareketler ile ortaya çıkmaktadır ve ortaya çıkan bu güçten makinelerin çalışması, aydınlanma ve ısınma gibi pek çok işi yapmakta faydalanılmaktadır (Doğanay ve Coşkun, 2017). Enerjinin gelişimi incelendiğinde ilk olarak insan gücü kullanılmıştır. Zamanla hayvan gücünden faydalanılmıştır. Ardından odun/kömür kullanımı ile ateş enerjisi keşfedilmiştir. Gelişimin ilk basamağı olarak görünen bu süreçte ateş enerjisinin dönüşümüyle buhar gücü keşfedilerek buhar enerjisi önemli bir enerji kaynağı haline gelmiştir (Güven, 2017).

Zamanla sanayinin, kalkınmanın ve hizmet sektörünün temel girdisi olan enerji, tarih boyunca bütün politikaların merkezi konumunda olup anlaşmaların hatta savaşların dahi temel sebebi olmuştur (Baş, 2018). Fakat sürekli gelişen bir dünyada enerji talebinin yerel kaynaklar ile karşılanamayıp ithal ve fosil kaynak kullanımı ülkelerin ekonomisini ve çevreyi olumsuz etkilemektedir. Bu durum enerjiyi sanayi, ekonomi ve çevresel açıdan bütünsel olarak ele alınması gerekli bir husus haline getirmektedir (Bozkurt, 2008).

Enerji, dönüştürülmüş bir formda elektrik enerjisi olarak ihtiyaçlarımızı karşılamaktadır. Evlerde nihai mal, şirketlerde ara mal olan elektrik enerjisi, ikame edilmesi zordur ve fiyat/gelir esnekliğine sahip değildir. Stoklama imkanı yüksek maliyetinden dolayı çok zor olan elektrik güvenilir, ucuz, sabit frekanslı ve kesintisiz olmalıdır. Bu özellikleri sebebiyle elektrik enerjisinin etkin bir planlama ile proje, tesis ve dağıtım aşamalarında koordineli bir şekilde düzenlenmesi ve alternatif enerji kaynaklarının mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir (Çolak vd., 2008).

Gelişim sürecinde mevcut koşulların dönüşüme uğramasıyla sınırların olmadığı dünyada küreselleşmenin de kapsamı değişerek kalkınmayı kapsayan bir hal almıştır. Yenilenen kalkınma konsepti kapsamında “milenyum kalkınma hedefleri” olarak gündeme alınan “insani ve ekolojik sorunların sadece olduğu yerde değil genel olarak bütün toplumları

etkilediği ve çevre sorunlarının da ciddi anlamda tehlike barındırdığı” anlaşılmıştır (Polat, 2012).

Milenyum kalkınma hedefleri kapsamında çevresel sorunların önüne geçilmesi gerektiği bilincine kavuşulması ile 1970’li yıllardan itibaren toplumların gelişim hızında ivme kazanılması için ekonomik gelişmeyi destekleyecek çalışmaların yanında çevrenin de korunmasına dikkat edilmeye başlanmıştır. Doğaya hakimiyet kurma çabasının aksine kaynakların güvence altına alınarak üretimde ve tüketimde sürdürülebilirliğin sağlanmasının hedeflendiği “sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir çevre” olarak nitelendirilen bakış açısına geçiş yaşanmıştır (Hekimci, 2012).

1972 yılında “Büyümenin Sınırları” adlı çalışmada mevcut düzenle devam edilirse 100 yıl içinde kıt kaynaklar ile büyümenin sınıra ulaşacağı vurgulandıktan sonra 1987 yılında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından sürdürülebilir kalkınma anlayışına odaklanılmıştır. Komisyon tarafından sürdürülebilir kalkınma, “şimdiki nesillerin ihtiyaçlarını karşılarken gelecekteki nesillerin ihtiyaçlarını karşılama imkanlarını sınırlandırmadan karşılamak” olarak tanımlanmıştır (Polat, 2012).

Ülkelerin kalkınma sürecini destekleyen enerjinin kesintiye uğramadan, güvenilir bir şekilde ve yeterli miktarda sağlanması ve bu süreçte verimliliğin artırılması, ekolojik dengeye zarar verilmemesi gerekmektedir (Bozkurt, 2008). Bu sebeple çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması, yeni, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişiminin desteklenmesi ülkelerin sürdürülebilir kalkınma yaklaşımında refah seviyelerini yükseltebilmeleri için önem arz etmektedir.

Küresel çağda yaşam standartlarının yükselmesiyle “tüketim toplumu” haline gelmesi kaynak sıkıntısının ve çevresel tahribat boyutunun artmasına sebep olmaktadır. Çevrenin doğal dengesinin bozulmasını tetikleyen bir unsur olan ve atık olarak adlandırılan maddelerin miktarı da hızla artmaktadır. Arz ve talep faaliyetlerinin doğal sonucu olarak oluşan ve çevreye zarar veren atıkların birden fazla tanımlaması yapılmaktadır (Çetinkaya, 2019). Atık Yönetimi Yönetmeliği’ne göre atık, “atığı üretici konumunda olan ya da üreten kişiler tarafından çevreye salınan veya bırakılmak zorunda kalınan madde ve materyaller” olarak tanımlanmaktadır (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015).

Üretim, tüketim, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre sınıflandırılan atıklar; katı atıklar, sıvı atıklar, gaz atıklar ve ambalaj atıkları olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Gündüzalp ve Güven, 2016).

Yapılan bu sınıflandırmaya göre;

- Katı atıklar, üretici tarafından atılmak istenen ya da insan sağlığı ve çevrenin korunması için bertaraf edilmesi gereken katı maddelerdir (Çevre Kanunu, 1983).

Katı atıkların genel sınıflandırılması;

- Evsel katı atık
 - Hurda ve iri katı atıklar
 - Sanayiden çıkan katı atıklar
 - Bahçe atıkları
 - Sokak ve caddelerden çıkan süprüntü atıkları
 - Tehlikeli katı atıklar
 - Zehirli atıklar
 - Ahır ve mezbaha atıkları şeklindedir (Kızılcam, 2020).
- Sıvı atıklar, temel olarak hastanelerden çıkan kan, diyaliz makinesi suyu ve dişçilik faaliyetleri suyu, evlerden çıkan temizlik suları ve kanalizasyon suları gibi atıklardır (Karasu, 2013).
- Gaz atıklar, sprey ve egzoz gazları, fabrikaların bacalarından çıkan gazlar ve genel olarak yakma faaliyetleri sonucunda açığa çıkarak çevreye ve sağlığa zarar veren partikül formunda azot oksit, kükürt oksit, karbon monoksit, klor ve hidro karbon gibi gazlardır (Anonim, 7, Erişim Tarihi: 08.05.2021).
- Azot oksit, enerji santralleri ve araçların egzozlarından çıkan, kalp-karaciğer-akciğer hastalıklarına sebep olan zehirli gazlardır.
 - Kükürt oksit, sanayi ve ısınma faaliyetleri için kullanılan kömürden kaynaklanan insanlarda boğucu etki bırakan gazlardır.
 - Karbon monoksit, refleks yavaşlamasına hatta ölüme sebep olabilecek tehlikeye sahip, egzoz gazları, fosil yakıtlar ve yangınların sebep olduğu gazlardır.

- Hidro karbon, motorlu taşıt kullanımında tam yanma gerçekleşmemesi sonucu gözlere ve solunuma zarar veren gazlardır (Gül, 2020).
- Ambalaj atıkları, üretim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan atıklar haricinde ürün veya hizmetlerin tüketiciye ulaştırılması aşamasında kullanılan ve kullanılabilir nitelikte olan ömrü tamamlanmış ambalajlar ile çevreye bırakılan satış ve nakliye atıklarıdır (Gündüzalp ve Güven, 2016).

Atık Yönetimi Yönetmeliği'ne göre atıklar:

1. Madenlerin çıkarılması, aranması, işlenmesi esnasında ortaya çıkan atıklar,
2. Tarım faaliyetleri, ormancılık, balıkçılık, gıda üretimi, su ürünleri üretimi faaliyetlerinden kaynaklanan atıklar,
3. Ahşap işleme, kağıt, karton ve mobilya üretiminin sebep olduğu atıklar,
4. Kürk ve tekstil endüstrisinden açığa çıkan atıklar,
5. Petrol, kömür ve doğalgazın işlenmesinden kaynaklanan atıklar,
6. Anorganik kimyasal işlemlerden dolayı açığa çıkan atıklar,
7. Organik kimyasal işlemlerden dolayı açığa çıkan atıklar,
8. Yapışkan, yalıtıcı, astar, baskı mürekkebi imalatı, tedariği ve kullanımından kaynaklanan atıklar,
9. Fotoğraf endüstrisi faaliyetleri atıkları
10. Isıl işlem kaynaklı atıklar,
11. Metal kaplama işlemlerinden açığa çıkan atıklar,
12. Metal ve plastik malzemelerin yüzey işlemleri ve bu malzemelerin şekillendirilmesi esnasında açığa çıkan atıklar,
13. Yağ ve sıvı yakıt atıkları (yenilenebilir atıklar ve 5. ile 12. madde hariç)
14. Atık organik çözücü atıklar, itici gazlar ve soğutucular (7. ve 8. maddeler hariç)
15. Silme bezleri, koruyucu giysiler, atık ambalajlar
16. Listede farklı şekillerde yer almayan atıklar
17. Kirli alanlardan çıkarılan hafriyat atıkları dahil olmak üzere inşaat ve yıkım faaliyetlerinden kaynaklanan atıklar,
18. İnsan ve hayvan sağlığı araştırmalarından kaynaklanan atıklar (sağlıkla doğrudan ilişkili olmayan mutfak atıkları hariç),

19. Atık yönetim tesislerinden, atıksu arıtma tesislerinden ve tüketim için hazırlanan su hazırlama tesislerinden açığa çıkan atıklar,
20. Kaynağında ayrı toplanan fraksiyonlar dahil olmak üzere açığa çıkan evsel, endüstriyel ve kurumsal atıklar şeklinde sınıflandırılmaktadır (Atık Yönetimi Yönetmeliği EK-4, 2015).

Sürekli farklılaşan faaliyetler ve teknolojidten kaynaklı olarak atıkların oranları ve türleri de farklılaşmaktadır. Atıkların zararlı etkilerinin kaldırılması ya da en aza indirgenmesi için disiplinler arası bir yaklaşım olan “atık yönetimi” yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır (Çetinkaya, 2019).

Atık yönetimi, “atığın oluşmasının önüne geçilmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanımı, atıkların özelliklerine ve türlerine göre ayrıştırılması, biriktirilmesi, geçici süreliğine depolanması, taşınması, ara depolanması, geri dönüşümü, geri kazanımı, enerji olarak kazanılması, bertaraf edilmesi, bertaraf işleminin ardından izlenmesi, kontrol edilmesi ve denetlenmesi” faaliyetlerini içeren bir yaklaşımdır (Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015, Madde:4).

Atık yönetimi, “üretici sorumluluğu” ve “atık yönetimi hiyerarşisi” ilkelerine dayanan bir sistemdir (Öktem, 2016). Şekilde atık yönetimi hiyerarşisi gösterilmektedir:



Şekil 1. Atık Yönetimi Hiyerarşisi

(Kaynak: Sıfır Atık by evreka, 2018)

Atıkların sürdürülebilir kullanımını sağlayan atık yönetimi hiyerarşisinde öncelikli hedef piramitin en üstünden başlamaktadır. Atık hiyerarşisinde öncelikle atığın ortaya çıkması önlenmeye çalışılmaktadır. Bu sistemde atığın oluşumunu önlemek mümkün değilse azaltılması, azaltılamıyorsa tekrar kullanımı, tekrar kullanım mümkün değilse geri

dönüşümü veya kazanımı sağlanamadığı takdirde son alternatif bertaraf edilmesi sağlanmaktadır (Aydın ve Deniz, 2017). Dört aşamalı olan bu karar sürecinde başarıya ulaşılması için toplumun aktif olarak bu sürece katılması, eğitim, donanım ve maddi desteklerin verilmesi gerekmektedir (Tezel ve Yıldız, 2020).

Giderek artan atık miktarının önüne geçilmesi için entegre atık yönetimini toplumun her boyutu benimsemelidir. Entegre atık yönetimi, atık yönetimi sistemini bütünsel ele alan bir sistem olarak atık yönetiminin her elemanını yüksek verimliliğe ulaşılması amacı içinde incelemektedir. Entegre atık yönetimi sisteminde, atıkların ekonomik ve çevresel açıdan zararlarının ortadan kaldırılması veya minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda önceden belirlenmiş hedefler çerçevesinde etkin bir planlamanın oluşturulması ve bu planlamanın yerelden küresele her boyutta uygulanabilir olması gerekmektedir (Tezel ve Yıldız, 2020).

2.1. Dünya’da Atık ve Enerji Durumu

İkinci Artış hızında bir yavaşlama olsa dahi sürekli olarak artarak 2020 yılında 7.794.798.739 kişiye ulaşan dünya nüfusu her 35 yılda iki katına ulaşmaktadır. Nüfusun artmasına bağlı olarak açığa çıkan atık miktarı ve tüketilen enerji miktarı da artmaktadır.

Dünya genelinde nüfusun en fazla olduğu ilk 20 ülkenin sıralaması tabloda gösterilmiştir:

Tablo 1. Nüfuslarına Göre Ülkeler Listesi

Sıralama	Ülke	Nüfus	Dünya Nüfusuna Oranı
1	Çin	1.402.340.000	% 18.30
2	Hindistan	1.361.160.000	% 17.50
3	ABD	329.661.000	% 4.30
4	Endonezya	266.890.900	% 3.44
5	Pakistan	220.652.000	% 2.77
6	Brezilya	211.685.000	% 2.74

7	Nijerya	206.392.500	% 2.54
8	Bangladeş	168.029.000	% 2.16
9	Rusya	146.877.088	% 1.93
10	Japonya	125.560.000	% 1.66
11	Meksika	127.982.528	% 1.63
12	Filipinler	108.466.000	% 1.39
13	Mısır	100.532.000	% 1.27
14	Etiyopya	94.352.000	% 1.24
15	Vietnam	93.700.000	% 1.23
16	Kongo Demokratik Cumhuriyeti	82.521.653	% 1.09
17	İran	82.300.000	% 1.07
18	Türkiye	83.154.997	% 1.07
19	Almanya	82 003 882	% 1.06
20	Fransa	67.201.000	% 0.88

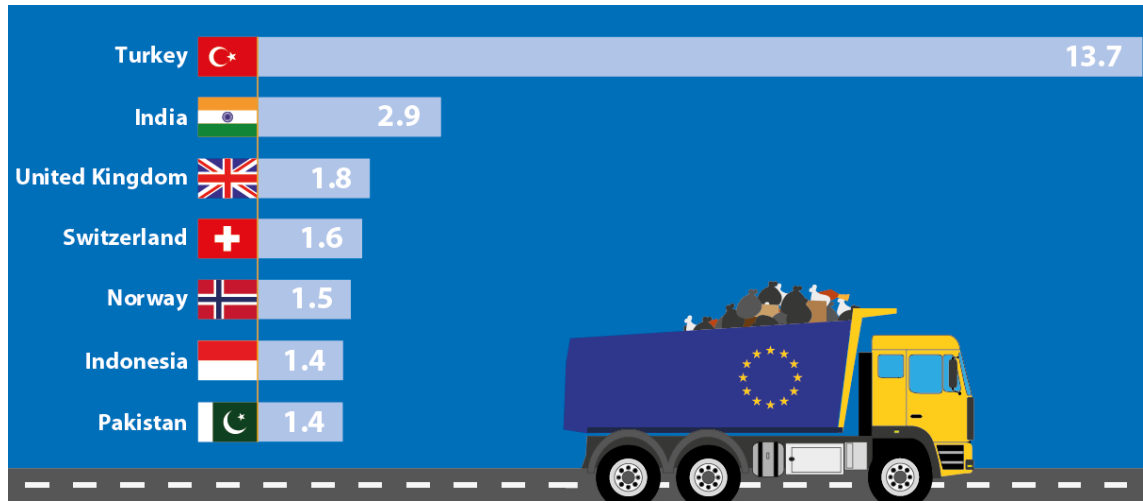
(Kaynak: Habertürk)

Tabloda görüldüğü gibi en fazla nüfusa sahip ilk üç ülke Çin, Hindistan ve ABD'dir. Dünya genelinde açığa çıkan çöp miktarında da ilk üç sıralamada bu üç ülke bulunmaktadır. Bbc News 2019 yılı verilerine göre;

- Dünyada her yıl 2,1 milyar ton çöp üretimi yapılmaktadır.
- Açığa çıkan çöplerin sadece %16'sı geri dönüşümde kullanılmaktadır ve %46'sı kullanılamaz niteliktedir.
- Çöp üretiminin %27'si, dünya nüfusunun %36'sını oluşturan Çin ve Hindistan'a aittir.
- ABD'de her yıl kişi başı 773 kilogram (kg) çöp açığa çıkmaktadır.

- ABD'nin çöp miktarı küresel ortalamadan üç kat daha fazla olup bu miktar Çin'den 3, Etiyopya'dan ise 7 kat daha fazladır (BBC NEWS, Erişim Tarihi:02.06.2021).

Açığa çıkarılan atık miktarı ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile bağlantılı bir durumdur. Fakat gelişmiş toplumlarda atık miktarı artıyor olmasına karşılık atık ihracatı yapılarak gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerde atıklar toplanmaktadır. Şekilde AB (Avrupa Birliği) ülkelerinin atıklarını ihraç ettiği ülkelerin sıralaması milyon ton değeri üzerinden gösterilmektedir:



Şekil 2. AB Kaynaklı Atıklar İçin Ana Varış Noktaları

(Kaynak: Eurostat)

Eurostat verilerine göre Türkiye, 2004 yılına kıyasla yaklaşık 4 kat artarak 2020 yılında AB'den 13,7 milyon ton ithal etmiştir. 2004 yılında Pakistan'a 0,1 milyon ton atık ihraç edilirken 2020 yılına gelindiğinde bu miktar 1,4 milyon tona yükselmiştir. Çin'e yapılan ihracatta ise durum tam tersine dönerek atık ihracatı 10,1 milyondan 0,6 milyon tona düşmüştür (Eurostat, Erişim Tarihi: 31.05.2021).

Enerjiye olan talep durumu ele alındığında enerji tüketiminin en fazla gelişmekte olan ülkelerde olduğu görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde daha fazla olan nüfus artışının refah seviyesini yükseltmesi ise enerji talebinin sorunsuz karşılanmasına bağlıdır.

2008-2018 yılları arasında enerjinin bölgelere göre tüketim oranları tabloda gösterilmiştir.

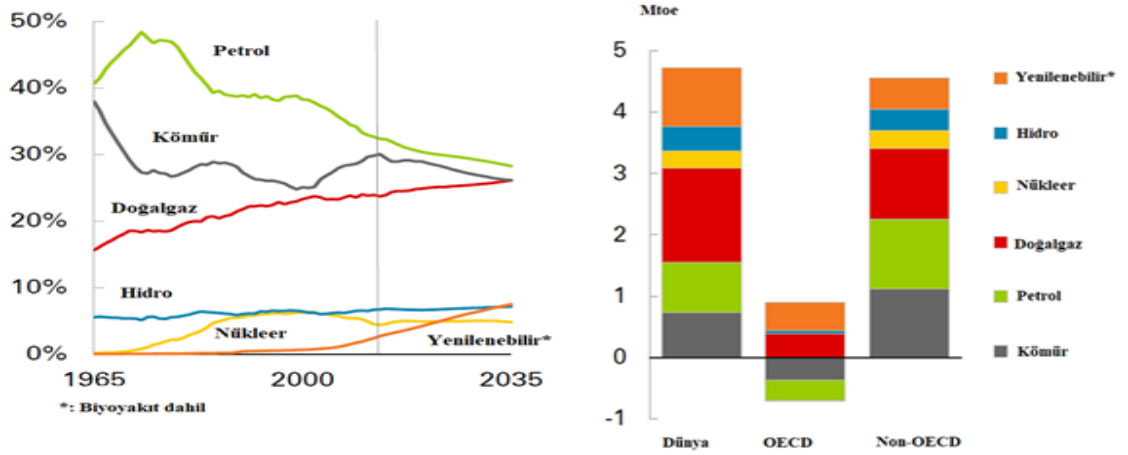
Tablo 2. 2008-2018 Yılları Arasında Enerjinin Bölgelere Göre Tüketim Oranları

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
K. Amerika	2751.0	2623.1	2709.8	2714.4	2657.4	2730.1	2758.9	2736.2	2737.2	2755.5	2832.0
S.&Cent. Amerika	600.8	594.2	627.1	655.3	670.9	685.9	692.9	695.3	691.1	699.8	702.0
Avrupa	2173.3	2048.4	2124.6	2077.7	2072.3	2054.7	1978.3	1996.8	2027.5	2050.0	2050.7
CIS	844.7	810.2	843.2	878.0	886.7	872.1	880.3	867.9	881.5	891.2	930.5
Ortadoğu	653.7	673.8	709.8	738.4	767.3	792.5	717.2	843.7	864.9	881.4	902.3
Afrika	365.4	372.0	383.8	385.3	399.2	409.7	422.6	430.1	439.4	448.6	461.5
Asya Pasifik	4316.2	4418.7	4701.5	4954.5	5121.6	5274.4	5389.6	5475.7	5587.0	5748.0	5985.8
Dünya Geneli Toplam (mtoe)	11705.1	11540.3	12099.9	12403.7	12575.5	12819.4	12939.8	13045.6	13228.6	13474.6	13864.9

(Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2019)

BP Statistical Review, 2019 verilerine göre 2008-2018 yılları arasında enerji tüketim miktarında sürekli bir artış yaşanmıştır. Dünya genelinde 2018 yılında tüketilen enerji miktarı 13864.9 milyon toe olmuştur ve tüketimin %43.2'si Asya Pasifik Bölgesi tarafından yapılmıştır. En az tüketim ise %3.3'lük pay ile Afrika tarafından yapılmıştır.

Enerji tüketim oranı artarken talebin karşılanmasında kullanılan kaynaklarda yıllara göre değişiklikler yaşanmaktadır. BP Energy Outlook, 2015 verilerine göre 1965-2035 yılları arasında dünya genelinde enerji tüketim durumu ve tüketilen enerjinin kaynaklara göre dağılımı şekilde gösterilmiştir:



Şekil 3. Enerji Kaynaklarının Yıllara göre Kullanım Durumu

(Kaynak: BP Energy Outlook, 2015)

- Grafiğe göre enerji tüketimi için sırayla en fazla petrol, kömür, doğalgaz, hidroelektrik, nükleer ve yenilenebilir kaynaklar kullanılmıştır ve bu durumun devam etmesi beklenmektedir.
- 2035 yılına kadar petrol ve kömür kullanımında azalma, doğalgaz ve yenilenebilir kaynak kullanımında ise artış yaşanacağı öngörülmektedir.
- Hidroelektrik santrallerin ve nükleer enerji kaynağında da durağan bir ilerlemenin olacağı beklenmektedir.
- Kömür ve petrol kullanımının %25'e kadar düşmesi, doğalgazın toplam tüketimdeki payının yaklaşık %25'e yükselmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının payının ise %10'a yaklaşacağı tahmin edilmektedir.
- 2013 yılında fosil yakıtların toplam tüketimdeki payı %86 iken bu oranın 2035 yılına kadar %81'e düşmesi beklenmektedir. Bu oran fosil kaynakların hala baskın olarak kullanılan enerji kaynağı olduğunu göstermektedir (BP Energy Outlook, 2015).

2025-2040 yılları arasında enerji talebinde %8 oranında artış yaşanması beklenmektedir. Enerji tüketim oranları kaynak bazında incelendiğinde en çok fosil kaynakların tüketildiği ve bunun yakın gelecekte de böyle devam edeceği tahmin edilmektedir (Yıldırım, 2016). Bu durum enerji kaynaklarının yakın zamanda tükenme ihtimalini ve çevre kirliliğini artırmaktadır. Ek olarak yapılan araştırmalara göre yaklaşık olarak petrolün 30, doğalgazın 40, kömürün ise 130 yıl ömürlerinin kaldığı tahmin edilmektedir (Camcı, 2020). Dolayısıyla ekonominin büyük kısmının enerjiye ayrıldığı ülkelerde enerji

kaynaklarına yönelik yeni alternatiflerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu yönelim sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir çevre anlayışının birlikte ilerleyebilmesi açısından üzerine odaklanması gereken bir husustur.

2.2. Türkiye’de Atık ve Enerji Durumu

Türkiye’de 2020 yılı sonu verilerine göre 83.614.362 kişilik nüfusa sahip bir ülke olarak artan tüketim sebebiyle atık miktarında da artış yaşanmaktadır. Atıkların miktarları ve tabi oldukları işlemlerin değişimi ele alındığında;

- İmalat sanayi işyerleri, organize sanayi bölgeleri, sağlık kuruluşları, termik santraller ve maden işletmelerinden çıkan atık miktarı 2010 yılında 37,1 milyon ton iken 2018 yılında 66,8 milyon tona yükselmiştir.
- 2016 yılı istatistiki verilerine göre 1397 belediyeden 1390 belediye atık toplama hizmeti verirken bu sayı 2018 yılında 1399 belediyeden 1395 belediye şeklinde değişmiştir.
- Belediyelerde 2016 yılında 31,6 milyon, 2018 yılında 32,2 milyon ton atık toplanmıştır.
- 2010 yılında toplanan tıbbi atık miktarı 60 bin iken 2018’de 89 bin tona yükselmiştir.
- 2016 yılında toplanan atıkların %61,2’si düzenli depolama tesislerine, %28,8’i belediye çöplüklerine, %9,3’ü diğer geri kazanım tesislerine ve %0,5’i kompost tesislerine gönderilmiştir. 2018 yılında atıkların %67,2’si düzenli depolama tesislerine, %20,2’si belediye çöplüklerine, %11,9’u diğer geri kazanım tesislerine ve %0,4’ü kompost tesislerine gönderilmiştir.
- 2014 yılında geri kazanım tesislerinde 20 milyon ton atık geri kazanılmış, düzenli depolama tesislerinde 41 milyon ton ve yakma tesislerinde 43 bin ton atık bertarafı yapılmıştır. 2018 yılında geri kazanım tesislerinde kazanılan atık miktarı 48 milyon tona yükselmiş ve 56 milyon ton düzenli depolama tesislerinde, 494 bin ton atık ise yakma tesislerinde bertaraf edilmiştir.

- TÜİK verilerine göre Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynağı olarak atıklardan elde edilen elektrik enerjisinin payı 2010 yılında %26,4 iken 2019 yılında bu oran %43,9'a yükselmiştir (TÜİK, Erişim Tarihi:02.06.2021).

Atıkların değerlendirilmesine yönelik olarak T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2023 yılı hedeflerine göre;

- 2023 yılında açığa çıkan atıkların %35'inin geri kazanılması, %65'inin düzenli depolama yöntemi ile bertaraf edilmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda;
 1. 2014 yılında kaynağında ayrı toplanan atık miktarı %5,3 iken 2023 yılında bu oranın %12'ye çıkarılması,
 2. 2014 yılında belediye atıkların biyolojik yöntemler kullanılarak geri kazanım oranı %0,2 iken bu oranın %4'e çıkarılması,
 3. 2014 yılında belediye atıklarının mekanik prosesler aracılığı ile geri kazanım oranı %5,4 iken bu oranın %11'e çıkarılması,
 4. 2014 yılında belediye atıklarının termal yöntemler aracılığı ile geri kazanım oranı %0,3 iken bu oranın %8'e çıkarılması,
 5. 2014 yılında belediye atıklarının %88,7'si depolama metodu ile bertaraf edilirken bu oranın 2023 yılında %65'e indirilmesi,
- Ülke genelinde inşaat yıkıntı atıkları ve hafriyat toprağı yönetiminin benimsenmesi,
- Vahşi döküm alanlarının rehabilite edilmesi,
- Tehlikeli atıkların geri kazanılması için ek tesislerin yapılması ve yatırımların artırılması,
- Özel atık yönetiminde geri kazanım ve toplamadan alınan verimin yükseltilmesi hedeflenmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2023).

Atıkların değerlendirilmesine yönelik olarak denetim mekanizmalarının daha verimli çalışmasının sağlanması, yatırımların teşviklerle desteklenmesi, ekonomik faydanın artırılması için atıkların nakliye giderlerinin azaltılması, geri kazanım tesislerinin artırılması ve çevrenin korunması için yeşil büyüme planı içinde faaliyetlerin yürütülmesi gerekliliği içinde sürdürülebilir atık yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma anlayışları temel alınarak düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Doğal kaynakların verimli kullanılmadığı, ekonomik maliyetlerin arttığı, enerjinin kayıplar ile karşılandığı, atıkların

değerlendirilmediği dünyanın ekolojik dengesini bozan her türlü faaliyetin engellenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye gelişmekte olan ülkelerden biri olduğu için enerjiye olan ihtiyacı her geçen artmaktadır. Kalkınmanın en önemli göstergelerinden biri olan enerjinin karşılanmasında aksaklık yaşanmaması ve yerli kaynaklardan sağlanması büyük öneme sahiptir. Türkiye jeopolitik konumu itibarıyla enerji kaynakları açısından zengin bir ülke olmasına rağmen enerji talebinin karşılanmasında yerli kaynak kullanımını oldukça azdır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında yabancı kaynaklara bağımlılık arttıkça ekonomik maliyetlerde de artış yaşanmaktadır. Fosil kaynak kullanımı, çevreyi tahribata uğratmaktadır. Ek olarak teknolojik altyapıya sahip olunmaması Türkiye'yi enerji talebinin karşılanmasında yetersiz bırakmaktadır.

Türkiye'nin enerji denge durumu değerleri ile tabloda gösterilmektedir:

Tablo 3. Türkiye'nin Enerji Denge Durumu Orijinal Değerleri

Enerji Kaynak Türleri	Yerli Üretim	İthalat	İhracat	Birincil Enerji Arzı	Toplam Nihai Enerji Tüketimi	Elektrik Enerjisi Üretimi	Kurulu Güç Kapasitesi
Taş Kömürü (Bin Ton)	1206	38.141	57	40.288	10.373	63.698	9.778
Linyit (Bin Ton)	83.695		1	82.882	6.699	46.872	10.101
Asfaltit (Bin ton)	2.188	-	-	2.188	830	2.324	405
Kok (Bin Ton)	-	653	1	521	4.800	-	-

Kömür Katramı (Bin Ton)	-	13	140	-108	36	-	-
Ham Petrol (Bin Ton)	2.986	31.075	-	33.760	0	-	-
Petrol Ürünleri (Bin Ton)	0	20.872	9.435	6.249	40.312	336	312
Doğalgaz (10⁶sm³)	483	45.211	763	45.004	31.239	57.288	25.904
Biyoenerji Ve Atıklar (Bin Ton)	10.907	-	-	10.907	8.249	4.624	1.163
Hidrolik (Gwh)	88.823	-	-	88.823	0	88.823	28.503
Rüzgar (Gwh)	21.731	-	-	21.731	0	21.731	7.591
Elektrik (Gwh)	-	2.212	2.789	-577	0	303.897	91.267
Diğer Isı (Bin Tep)				0	2.513	-	-
Jeotermal (Bin Tep)	9.651	-	-	9.651	1.954	8.952	1.515
Güneş (Bin Tep)	1.622	-	-	1.622	826	9.250	5.995

Nüfus: 83,15 milyon

Fert Başına Enerji Tüketimi (tep/k):1,734

Fert Başına Elektrik Tüketimi (kWh) Net: 3.094 Brüt: 3.648

(Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019 Ulusal Enerji Denge Tablosu)

2019 yılı ulusal enerji denge tablosundan alınan verilere göre Türkiye’de enerji kaynaklarının yerli üretimi 44.821 bin TEP olmasına karşılık ithal edilen enerji 115.453 bin TEP olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılında enerji ürünleri arzı 144.390 bin TEP olmuştur. Enerji arzının 110.834 bin TEP’i çevrim ve enerji sektörüne ayrılmıştır.

Enerji kaynaklarının nihai tüketim miktarları;

- Doğalgaz 25.772 bin TEP,
- Petrol ürünleri 41.173 bin TEP,
- Kömürlü enerji kaynaklarının (taş kömürü, linyit, asfaltit, kok ve kömür katranı) kullanımı 13.714 bin TEP ve
- Yenilenebilir enerji kaynak kullanımı (biyoenerji ve atıklar, hidrolik, rüzgar, jeotermal, güneş) 5.326 bin TEP olmuştur.

Verilere göre yenilenebilir enerji kullanımı minimum seviyede kalmıştır. Bu durum enerji ihtiyacının karşılanması için yerli kaynaktan daha çok yabancı kaynak kullanıldığını ve fosil kaynak kullanımının fazla olduğunu göstermektedir.

Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılama şekli ile hem ekonominin hem de çevrenin dengesi bozulmaktadır. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, ithal kaynaklara olan bağımlılığın azaltılmasına, ekonominin iyileşmesine ve çevre kirliliğinin önlenmesine katkı sağlayacaktır.

2.3. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları, kullanım şekli ve dönüştürülebilirliğine göre iki gruba ayrılmaktadır. Yapılan bu sınıflandırmada kullanımına göre enerji kaynakları; yenilenemeyen enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynakları, yeniden oluşumu mümkün olmayan ya da çok uzun zaman alan, kullanım ömürleri sınırlı, fosil kaynaklı (kömür, petrol, doğalgaz) ve çekirdek kaynaklı (uranyum, toryum) kaynaklardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğada var olan, kullanımı ile doğayı tahrip etmeyen ve kendini tükenmeden yenileyen kaynaklar olup hidrolik, güneş, rüzgar, biyokütle, dalga/gel-git, hidrojen ve jeotermal enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Bu kaynaklar çevreye zarar vermeyen, kesintisiz ve yerli kaynaklardır (Lüle, 2018).

Dönüştürülebilirlik durumuna göre enerji kaynakları ise birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere iki grupta incelenmektedir (Koç ve Kaya, 2015). Dönüştürülebilirlik durumuna göre yapılan ayırmda birincil enerji, doğada bulunan ham haliyle kullanılan herhangi bir değişime uğramamış enerjidir. Kömür, petrol, doğalgaz, nükleer, biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgar ve dalga/gel-git enerjisi birincil enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ile elde edilen enerji kaynaklarıdır. Elektrik, benzin, mazot, kok kömürü, havagazı (LPG), ikincil kömür, motorin ikincil enerji kaynakları grubunda yer almaktadır (Koç ve Kaya, 2015).

Tabloda enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmiştir:

Tablo 4. Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırması

KULLANIŞLARINA GÖRE	DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİRLİKLERİNE GÖRE
A) Yenilenemez (Tükenir)	A) Birincil (Primer)
<p>a) Fosil Kaynaklı</p> <p>-Kömür</p> <p>-Petrol</p> <p>-Doğalgaz</p> <p>b) Çekirdek Kaynaklı</p> <p>-Uranyum</p> <p>-Toryum</p>	<p>-Kömür</p> <p>-Petrol</p> <p>-Doğalgaz</p> <p>-Nükleer</p> <p>-Biyokütle</p> <p>-Hidrolik</p> <p>-Güneş</p> <p>-Rüzgar</p> <p>-Dalga, Gel-Git</p>
B) Yenilenebilir (Tükenmez)	B) İkincil (Sekonder)
<p>-Hidrolik</p> <p>-Güneş</p> <p>-Biyokütle</p> <p>-Jeotermal</p> <p>-Dalga, Gel-Git</p>	<p>-Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin</p> <p>-İkincil Kömür</p> <p>-Kok, Petrokok</p> <p>-Hava Gazı</p> <p>-Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)</p>

-Hidrojen

(Kaynak: Koç ve Şenel, 2013)

Fosil enerji kaynakları, içeriğinde hidrokarbon bileşikleri barındıran, yeraltında kalan canlı organizmaların oksijensiz ya da bataklık alanlarında milyonlarca yılın ardından birikmesi ve biriken tabakanın değişime uğraması ile oluşan yakıtlardır (Kıyılmaz, 2019).

Kömür, organik maddelerin kimyasal açıdan değişime uğraması ile oluşan maddeleri içinde barındıran, optimum nem ve sıcaklığın olduğu ortamda çürümeye uğramış bitkilerin su altına inmesiyle oluşan, koyu renge sahip ve yapı olarak katı formda olup karbon açısından zengin olan kayaçlardır (Sevim, 2019).

Ham petrol, yerküre içinde bulunan organik maddelerin farklılaşması ile oluşup gözenekli kayaçlarda bulunan hidrokarbonlardır. Ham petrolün işlenmesiyle yaklaşık %43 petrol, %18 fueloil ve %11 oranında LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) elde edilmektedir (Lüle, 2018).

Doğalgaz, yeryüzüne çıkarıldığında atmosferin sıcaklık ve basınç şartları altında gaz formunda bulunan hidrokarbonlardır. Doğalgaz üretimine jeolojik ve jeokimyasal yöntemler aracılığı ile yerin altındaki katmanların yeryüzünde bulunması muhtemel uzantıların incelenmesiyle yapay ses dalgalarının yeraltı katmanlarından zaman, hız ve yansımalarının kayıt altına alındığı sismik yöntemler ile yeraltı haritaları oluşturularak başlanmaktadır. Sondaj işlemi sonucunda ekonomik açıdan değeri olan doğalgaz bulunursa sondaj kuyularının üretim kuyusuna dönüştürülmesiyle doğalgaz üretimi yapılmaktadır. Üretim açıdan elverişli doğalgazın bulunmaması halinde kuyular muhafaza borusu içine beton tapayla güvenlik önlemleri alınarak bırakılmaktadır. İlerleyen zamanda üretime karar verilirse tapaların delinmesiyle üretime başlanmaktadır (Sevim, 2019).

Uranyum ve toryum, çekirdek kaynaklı olan nükleer enerjinin ana maddelerdir. Nükleer enerji, fisyon-atom çekirdeklerinin tepkimeye girerek bölünmesi ile elde edilen enerjidir. Uranyum çekirdeklerine nötronların çarpmasıyla çekirdekler nötr yani kararsız hale gelir. Çekirdeklerin kararsız hale gelmesiyle fisyon tepkimesi oluşmaktadır ve enerji açığa çıkmaktadır (Baghirova, 2018).

Hidrolik enerji, suyun akış ve düşüş hızına bağlı olarak akarsu havzasında üretilen enerji türüdür. Hidroelektrik enerji üst sınırı suyun potansiyeline bağlıdır. Dolayısıyla hidrolik enerjinin elde edilmesinde kullanılan teknolojiden kaynaklı olan düşü, akım ve dönüşümün sebep olduğu kayıpların göz ardı edilmesinden dolayı teknik olarak değerlendirilebilecek hidroelektrik potansiyel, brüt potansiyelin bir parçasıdır (Çolak vd., 2008).

Güneş enerjisi, güneşin çekirdek kısmında bulunan füzyon süreci sonucunda ortaya çıkan ve çevreye karbon salınımına neden olmayan ışımaya enerjisidir (Yolcan ve Köse, 2020, <https://www.myenerjisolar.com/> 09.02.2021). Hem yenilenebilir enerji hem de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının oluşumunun ana kaynağı olan güneş enerjisinin, doğal (fotosentez), ısı, direkt ve diğer alanlar olarak dört kullanım alanı vardır. Sıcak su ihtiyacının karşılanmasında, ısınma ihtiyacında, havuzlarda veya balık tesislerinin sularının ısıtılmasında veya tarım ürünlerinin depolarında soğutma işlemi için güneş enerjisinden rahatlıkla faydalanılmaktadır (Yolcan ve Köse, 2020, Taşova, 2018).

Rüzgar enerjisi, dünyanın kendi ekseninde yaptığı dönme hareketi ve güneşin yeryüzünde bölgeleri farklı derecelerde ısıtmasıyla oluşan yenilenebilir enerjidir (Baş, 2018). Rüzgar enerjisi; çevre ile dost, tarım faaliyetlerine zarar vermeyen, yerli kaynak olduğundan dolayı dışa bağımlılığı azaltan ve teknolojik ilerlemeler sayesinde üretilen enerjide birim maliyetlerin az olduğu bir enerji çeşididir.

Biyokütle, belli bir zamanda yaşayan bitki ve hayvanlardan elde edilen, henüz fosilleşmemiş olan maddelerdir. Dünyada biyokütlenin yaklaşık %90'ı ormanlarda ağaçlar, bitkiler, döküntüler ve hayvanlar ile mikroorganizmalardan oluşup yıllık net 5×10^{19} ton biyolojik üretim dünya ormanlarından elde edilmektedir (Demirtaş, Gün, 2007). Direkt yakma, piroliz, co-firing, gazlaştırma ve aneorobik çürütme yöntemleriyle kullanılan biyokütlenin değerlendirilmesiyle biyogaz enerjisi açığa çıkmaktadır. Biyogaz enerjisi içeriğinde metan (CH_4) bulunduğu için doğalgazın kullanıldığı alanlarda rahatlıkla kullanılabilir bir enerji türüdür (Şenol vd., 2017).

Jeotermal enerji, yer kabuğunun farklı bölgelerinde bulunan sıcak su, gaz ve buhardan elde edilen, kaynağı ısı ve yeraltı suyu olan yenilenebilir bir enerji türüdür (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Dalga enerjisi, çevresel olaylara bağı olarak okyanus ve deniz dalgalarından çıkan potansiyel enerjinin kullanılmasıyla üretilen yenilenebilir enerji kaynağıdır (Uygur vd., 2006).

Hidrojen, enerji kaynaklarının (fosil kaynaklar, biyokütle, su vb.) hammadde olarak kullanılarak elde edilen, kullanımının ardından atmosfere sera gazı çıkarmayıp saf su bırakan, kolay taşınabilen, temiz, kesintisiz, ısı/elektrik/mekanik enerjiye kolayca dönüşebilen, hafif ve ekonomik sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır (Bayraç, 2010).

Yenilenebilir enerji kaynakları ile yenilenemez enerji kaynaklarının kıyaslaması tabloda gösterilmektedir:

Tablo 5. Yenilenemez Kaynaklar ile Yenilenebilir Kaynakların Literatüre Göre Karşılaştırması

Ana Sorunlar	Yenilenemez Kaynakları	Enerji Yenilenebilir Kaynakları	Enerji
Kaynak kıtlığı	Çok önemli	Kritik malzemeler dışında önemli değil	
Konumun önemi	Yüksek	Orta	
Kaynaklar üzerinde kontrol	Merkezileştirilmiş	Merkezi olmayan	
Jeopolitik güç	Asimetrik	Daha az simetrik	
Uluslararası yarışma	Yüksek	Düşük	
Uluslararası karşılıklı bağımlılık	Yüksek	Kaynak yerli ise düşük/ithale yüksek	
Arz güvenliği	Çok önemli	Orta	
Jeopolitik gerilimler	Sık	Görüşler büyük ölçüde değişebilir	

Çatışma türü	Büyük ölçekli ve şiddetli	Küçük ölçekli ve şiddet içermeyen
Kritik malzemeler	Önemsiz	Önemli
Siber güvenlik	Önemsiz	Önemli
Önemli Pazar yönleri	Talep ve arz, ihracat ve ithalat	Depolama, aralıklılık, altyapı yönetimi

(Kaynak: Vakulchuk, Overland, Scholten, 2020)

Yenilenemeyen enerji kaynakları çevreyi yüksek tahribata uğratmaktadır ve ülkelerde kalkınmanın gücü olan ekonomik büyümeyi de olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla bu kaynakların tükeneyeceğinin bilincine sahip olan toplumlar sürdürülebilir büyümenin sağlanması için artan enerji talebini karşılamada güvenli bir yol izlemek ve yaşanabilecek kesintilerin önüne geçmek amacıyla çeşitlendirmeye giderek yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde hem enerji güvenliği sağlanmakta hem de üretim ve tüketimin vazgeçilmez unsuru olan enerji talebi karşılanabilmektedir (Dertli ve Yinaç, 2018).

Yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji verimliliği ve enerji yoğunluğu bağlantılı unsurlardır. Şöyle ki; enerjide verimliliğin yüksek olması için yenilenebilir enerji kullanım miktarının artırılması gerekmektedir. Enerjide verimlilik sağlandığında enerji talebindeki büyüme azaltılmış olacaktır ve aynı mutlak yenilenebilir enerji miktarı daha fazla yenilenebilir enerji payı sağlayabilecektir. Enerji yoğunluğundaki iyileştirmelerin yaklaşık %20'si yenilenebilir enerji kullanımı sayesinde olmaktadır. Fosil kaynaktan elde edilen verim %25-60 oranlarındayken yenilenebilir enerji kaynakları tam verim sunmaktadır (Gielen vd., 2019).

Enerjide yenilenebilir kaynak kullanımı, dışa bağımlılığın azaltılmasında, bu sayede arz güvenliği ile ülkenin ekonomisinin ve geleceğinin riskten kurtarılmasında önem arz etmektedir. Ülkemiz açısından yenilenebilir kaynakların kullanımının artırılması yerli elektrik üretim payını artıracaktır (Türkyılmaz, 2011).

Günümüzde enerji ihtiyacının büyük çoğunluğu yenilenemez kaynaklar olarak gruplandırılan kömür, petrol ve doğalgazdan karşılanmaktadır. Enerjinin ekonomik kalkınmada önemli bir gösterge olmasına rağmen bu kaynakların sınırlı olması, doğada eşit dağılmamış olması ve çevreyi de tahribata uğratması gibi negatiflikler enerjinin arz güvenliği konusunun önemini artırmıştır (İslatince ve Haydaroğlu, 2009). Bu kaynaklara erişimin kolay olmaması ve yeniden oluşumunun çok uzun zaman alması enerji ürünlerinin maliyetlerini artırmaktadır. Ayrıca enerji kaynaklarının zararlı olan bu formunun kullanımının krizleri ve ekolojik tehditleri tetiklemesi beklenmektedir (Kavak, 2005). Bu olumsuz durumun giderilmesi adına bütün toplum tarafından yeni, yenilenebilir ve temiz olan enerji kaynaklarının araştırılması, yatırım ve teşviklerin artırılması gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanan bir enerji sistemi devletler arasındaki arz ve talep ilişkisinin temel unsurudur. Ayrıca yenilenebilir enerji odaklı enerji sistemi dünyanın her yerinde elde edilebilir olduğu için fosil kaynaklı enerji sisteminden daha simetrik dağılmış bir yapıya sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynak kullanımı, yönetim ve dağıtım sisteminde fosil yakıtlardan daha demokratik süreç içerdiği için enerji demokrasisine daha uygundur. Demokratik enerji sistemine dayanan dünyaya geçiş jeopolitik istikrarı da sunmaktadır. Yeni teknolojik çağa ayak uydurabilen yenilenebilir enerji, enerji arzını demokratikleştirerek “enerji interneti” olarak adlandırılabilen yeni ağ yapılarını oluşturmaktadır. Eşit dağılıma sahip yenilenebilir enerji kaynak kullanımının bu şekilde yaygınlaşması ise “Üçüncü Sanayi Devrimi’ne” yol açmasını tartışma konusu haline getirmektedir (Vakulchuk vd., 2020).

2.3.1. Enerji Kaynaklarının Çevreye Etkisi

Çevre, canlıların birbirleri ile sürekli iletişimde ve etkileşimde buldukları biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamdır (Çevre Kanunu, 1983). Canlı ve cansız bütün varlıkların hayatının tamamını etkileyen dış faktörler çevreyi oluşturmaktadır.

Doğal dengede içinde bulunduğumuz atmosfer başta su buharı olmak üzere karbondioksit (CO₂), ozon (O₃), kloroflorokarbon (CFC), diazotoksit (N₂O) ve metan (CH₄) gazlarından oluşmaktadır. Bu gazlar sayesinde güneşten gelen radyasyon absorbe edilerek yeryüzünün ortalama sıcaklığı -18 °C (derece) yerine yaşanabilir bir sıcaklık olan 15

°C’de tutulmaktadır. Canlılar için hayati önem taşıyan bu dengeli sıcaklık durumuna “sera etkisi” adı verilmektedir (Serengil, 1995).

Çevre üzerinde olumsuz etki yaratan ve bütün ekosistemin dengesini bozan insan kaynaklı olan bozulmalar “çevre kirliliği” olarak adlandırılmaktadır (Erdoğan, 2020, Çevre Kanunu, 1983). Çevre kirliliği; teknolojik gelişme, sanayileşme, enerji çalışmaları sonucunda veya kendiliğinden ortaya çıkabilmektedir (Erdoğan, 2020).

Çevre kirliliği; hava, su ve toprakta farklı tahribatlara sebep olmaktadır. Şöyle ki; %78 azot (N), %21 oranında oksijen (O₂) ve %1 oranında diğer gazların bulunması hava için dengeli bir durumdur. Ancak havanın normal bileşimi olmayan kirletici unsurların miktarının artması çevre kirliliğini arttırmaktadır (Kaymaz ve Tut, 2020).

Fosil yakıtların kullanımı sonucunda karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve ozon (O₃) gibi zehirli gazların salınımı ile atmosferdeki sera gazları artmaktadır. Bu gazların artması sebebiyle güneş ışınlarından yeryüzü daha fazla ısınmaktadır ve küresel ısınma sorunu yaşanmaktadır (Gül, 2018). Fosil yakıtların yakılması ile karbondioksit (CO₂), kükürtdioksit (SO₂), azot oksit (NO) gazları havaya salınmaktadır ve tam yakılmaması sonucunda da karbonmonoksit (CO) gazı havaya karışmaktadır (Erdoğan, 2020). Havaya karışan bu kirleticiler yedi güne kadar asılı kalmakta hatta rüzgar ile taşınmaktadır. Zararlı gazların (SO₂, SO₃, NO_x) havada su molekülleri ile temas etmesi sonucunda nitrik (HNO₃) ve sülfürik asitler (H₂SO₄) oluşmaktadır ve bu asitleri içeriğinde barındıran yağışlara “asit yağmuru” adı verilmektedir. Asit yağmurları bütün ekosistemin doğal dengesini tahrip etmektedir (Kant ve Kızıloğlu, 2003).

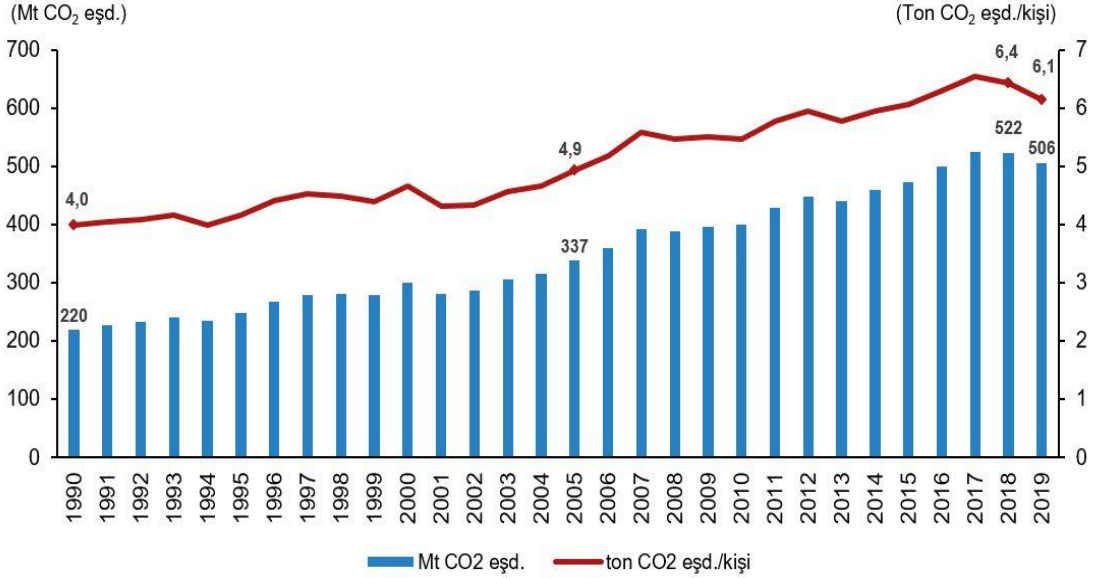
Yeryüzünün normal sıcaklık dengesindeki artış olarak tanımlanan, ortalama sıcaklık değerlerindeki artış olan “küresel ısınma” ve bu sıcaklık değerlerindeki değişimden dolayı yaşanan “iklim değişikliği” sorunlarından dolayı yaşamın doğal sürdürülebilirliği bozulmakta, suların azalması, nüfusun iç kesimlere doğru kayması, enerji kaynaklarında kıtlık yaşanması, tarım ve orman ürünlerinin azalması, flora ve faunanın dengesinin bozulması, ozon tabakasının incilmesi sorunları ile karşılaşılmaktadır (Davarcıoğlu ve Lelik, 2018).

Çevrenin maruz bırakıldığı zararın göstergesi olarak kabul edilen sera gazı emisyonu her geçen yıl artış göstermektedir. Yapılan araştırmalarda sera gazı emisyonlarında yaşanan artışta ve iklim değişikliğinde gelişmiş ülkelerin payının daha fazla olduğu görülmüştür.

Endüstriyel açıdan gelişmiş olan toplumların sera gazı emisyonlarındaki miktarın gelişmekte olan toplumlardan daha fazla olması, çevre sorunlarının ana sebebinin ekonomik faaliyetler olduğunu göstermektedir (Avaner, 2019).

Türkiye'nin 1990-2019 yılları arasındaki sera gazı emisyonlarındaki değişim TÜİK'ten alınan veriler ile şekil 4'te gösterilmiştir:

Toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2019



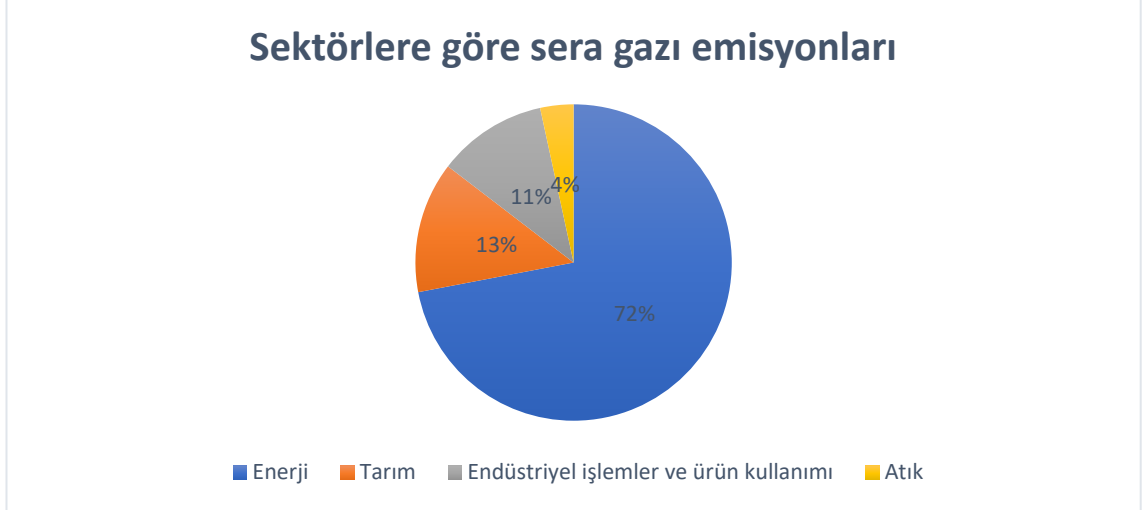
Şekil 4. Toplam ve Kişi Başı Sera Gazı Emisyonu

(Kaynak: TÜİK)

Çevresel zarara sebep olan sera gazının 2019 yılı ölçümlmelerine göre toplam sera gazı emisyonu 506,1 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Bu miktar 1990 yılında 4 ton CO₂ eşdeğerindeyken büyük bir hızla artış göstermiştir (TÜİK, Erişim Tarihi: 21.05.2021).

Çevreyi kirleten, sera gazı emisyonlarına sebep olan sektörlerin 2019 yılına göre paylarının oransal dağılımı şekilde gösterilmektedir:

Sektörlere göre sera gazı emisyonları



Şekil 5. Sektörlere göre sera gazı emisyonları

(Kaynak: TÜİK)

TÜİK verilerine göre 1990-2019 yılları arasında en fazla sera gazı emisyonuna sebep olan sektör, %72'lik payla enerji sektörüdür. Ardından sırayla %13,4 ile tarım, %11,2'lik payla endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %3,4 ile atık sektörü sera gazı emisyonuna neden olmuştur (TÜİK, 21.05.2021).

- Enerji sektörü emisyonları 2019 yılında, 1990 yılına göre %161 artış göstermiştir. 2018 yılı ile 2019 yılı kıyaslandığında %2,3 azalma olmuştur ve 2019 yılında enerji sektörü kaynaklı sera gazı emisyonu 364,4 Mt CO₂ eşdeğeri olmuştur.
- Tarım sektörü kaynaklı sera gazı emisyonlarında genel bir artış yaşanmıştır. 2019 yılında, 1990 yılına kıyasla %47,7, 2018 yılına göre kıyasla %4,1 artış yaşanmıştır ve 68 Mt CO₂ eşdeğerine ulaşmıştır.
- Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları 1990 yılına göre %147,1 artmıştır ve devamında 2018 yılına kıyasla %14,3 azalarak 56,4 Mt CO₂ eşdeğerinde kalmıştır. Dolayısıyla toplumsal kalkınmanın sürdürülmesi hem çevrenin korunması hem de ekonomik gelişim için öncelikle enerji sektöründe yenilikler gereklidir.
- Atık sektöründen kaynaklanan emisyonlar ise 1990 yılına göre %55,7 artmıştır. 2019 yılı 2018 yılı ile kıyaslandığında bir önceki yıla göre %5 azalarak 17,2 Mt CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 21.05.2021).

Enerji ihtiyacı karşılanırken çevresel hassasiyetin korunması, iklim değişikliğinin önlenmesi, küresel ısınma tehlikesinin azaltılması için çevreyi kirletmeyen veya az

kirleten ve sera gazının yayılmasına daha az sebep olan teknolojilerin kullanılması gerekmektedir (Çolak vd., 2008).

Küreselleşen dünyada şüphesiz ekolojik sorunlarda küresel hal almıştır ve 1970’li yıllarda çevresel sorunlar ilk kez küresel boyutta ele alınmaya başlanmıştır. 1979 yılında Birinci Dünya İklim Konferansı düzenlenmiştir ve iklim değişikliği ile mücadeleler resmi boyutta başlamıştır. 2018 yılında yayınlanan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Küresel Isınma Özel Raporu’nda sürdürülebilir kalkınmanın devam edebilmesi, yoksulluğun önüne geçilmesi için küresel ısınmanın 2°C yerine 1,5°C’de tutulması gerektiği ortaya koyulmuştur (IPCC,2020, Kaymaz ve Tut, 2020).

Küresel ısınmanın sebepleri doğal ve yapay nedenler olarak iki gruba ayrılmaktadır;

- Doğal nedenler; kıtalardaki kayma, Dünya’nın prezyon hareketi ve okyanuslarda yaşanan farklı akıntılardır.
- Yapay nedenler; enerji ihtiyacının fosil kaynaklardan karşılanması ve sera gazı etkisidir (Bayraç, 2010).

19. yüzyıl ortalarından günümüze kadar geçen süreçte küresel ısınmaya %60 pay ile en fazla fosil yakıt kullanımı ve bunun sonucunda açığa çıkan karbondioksit (CO₂) gazı sebep olmaktadır (Şanlı ve Özekicioğlu, 2007).

Küresel ısınma üzerine yapılan bir araştırmada en fazla buzulların etkilendiği ve 1950-1990’lı yıllar arasında 67 adet buzulun her yıl yaklaşık 48 cm incelendiği ortaya koyulmuştur. Bu soruna bağlı olarak Alaska’nın buzul turizmi gelirlerini, turistleri ve hatta nüfusunu kaybetmesi beklenmektedir (Sağlam vd., 2008).

Küresel ısınmanın olumsuz etkilediği alan sadece buzullar ile sınırlı değildir. Küresel ısınmadan kaynaklı ortaya çıkan iklim değişikliği sorunu bazı bölgelerde kasırga, sel, taşkın gibi doğal afetlere sebep olurken bazı bölgelerde de şiddetli kuraklık ve buna bağlı çölleşme sorununu ortaya çıkarmaktadır (Bilgin Yıldırım, 2007).

Yaşanan bu olumsuzluklara;

- Amazon Nehir Havzası’nda kuraklık,
- Sahel ve Güney Afrika’da yağışların azalması,

- Himalaya, Alpler ve Peru yükseltilerinde kar örtüsünün çok azalması Uganda ve Burundi'de salgın hastalıkların artması,
- Avrupa'da yaşanan aşırı sıcaklık,
- Hint ve Atlantik Okyanusları'nda şiddetli tropikal fırtınalar
- Kuzey Atlantik'te sıcak okyanus akıntılarında seyrekleşme,
- Yağışlarda yaşanan farklılıklardan dolayı nehirlerin rejimlerinin farklılaşması, (Pamukçu, 2006).
- Buz kütlelerinin kopması ile göllerin oluşması,
- Kutuplara doğru iklim kuşaklarının ilerlemesi
- 1975 yılında Brezilya'da don olayından sonra kahve mahsulünün yok olması,
- 1978 yılında Hindistan'da sel felaketinin yaşanması,
- 1998 yılında Orta Amerika'da sel ve toprak kayması, Endonezya'da tropikal orman yangınlarının yaşanması,
- 2003 yılında aşırı sıcaklardan dolayı Fransa'da karşılaşılan ölümler,
- 2004 yılında İstanbul'da normalin dışında kar yağışı ile karşılaşılmaması,
- 2006 yılında sıcaklıkların aşırı artması,
- 2007 yılında Türkiye'de mevsim normallerinin dışında hava olaylarının görülmesi; ağaçların çiçek açması, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yağış ve sellerin görülmesi,
- Çöllerin geniş alanlara yayılması,
- Dünya genelinde depremlerin artması örnek verilebilmektedir (Kuşkaya, 2018).

Küresel ısınma, doğal afetleri tetikleyen ve bu afetlerin etkisini arttıran bir sorundur. Önüne geçilmesi gereken olağanüstü iklim olayları küresel boyutta hem ekonomik hem de sosyal hayatı olumsuz etkilemektedir (Akalin, 2013). Bu sebepten dolayı çevre sorunlarının ilerleyen zamanlarda dünyanın bazı bölgelerini yaşanılmaz hale getirerek kıtlıklara ve savaşlara sebep olması beklenmektedir (Bilgin Yıldırım, 2007).

Karşılaşılabilecek değişimler net olarak tahmin edilememekle birlikte, insanlığın ve bütün ekosistemin bu değişimden zarar göreceği bilinmektedir. Biyolojik zenginliğin ve doğal sistemin bozulmaması adına sürdürülebilir politikalarla desteklenen etkin önlemlerin hayata geçirilmesi gerekmektedir (Demir, 2009).

Küresel ısınmaya bağlı yaşanan değişimlerden ekosistemin yanında işletmelerde olumsuz etkilenecektir. Şöyle ki; küresel ısınmaya karşı önlem alınmadığı takdirde gayri safi milli hasılanın yaklaşık %20'lik payı kayba uğrayacaktır. Buda işletmeler ile birlikte küresel boyutta ekonominin de etkilendiğini göstermektedir. Küresel ısınmadan en fazla etkilenen sektörler iklim ile bağlantılı faaliyet gösteren sigortacılık, balıkçılık, tarım, ormancılık, turizm ve gayrimenkul sektörleridir (Aliusta vd., 2016).

Endüstriyel faaliyetlerden dolayı sera gazlarının optimum düzeyinden farklılık göstermesi ve atmosferdeki miktarının yükselmesi yeryüzünün olağandan daha fazla ısınması sonucunda iklim değişikliği sorunu ile karşılaşmaktadır (Avaner, 2019).

İklim değişikliği sorunu ile ilgili yürütülen faaliyetlerin, anlaşmaların bütüncül çözümlere ve doğru sonuçlara ulaşabilmesi için aşağıdaki şekilde gösterilen dört düzeyde değerlendirmenin yapılması gerekmektedir.



Şekil 6. İklim Değişikliği

(Kaynak: Kaymaz ve Tut, 2020)

Şekil 6 ele alındığında iklim değişikliğinin temel bileşenlerinde göstergeler düzeyinde havada meydana gelen karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) kaynaklı sorunlardan ekosistemin gördüğü zarar değerlendirilmektedir (Kaymaz ve Tut, 2020).

İklim değişikliği sorununa karşı üretilecek alternatif politikalar, bu probleme yol açan temel nedenin ortaya koyulması ile netlik kazanmaktadır. Bu sebeple etmenler ile nedenler arasında belirsizliğin olmaması gerekmektedir. Etmenler düzeyinde geliştirilen politikaların etkililik düzeyi incelenirken nedenler düzeyinde politika geliştirirken ortada olan soruların doğruluğu belirlenip bu sorulara yanıt aranması ve böylelikle gerçek sorunun ortaya çıkarılmasının sağlanması gerekmektedir. Şekle bakıldığında alternatif politikaların hakim politikaları kapsadığı görülmektedir. Yani nedenler düzeyinde iklim değişikliği sorunu incelendiğinde neden ve etmen arasında karışıklık olmadan alternatif politikalar üretilebilmektedir. Etmenler düzeyinin sınırlandırması ile insan faaliyeti kaynaklı sorunlara yönelik hakim politikalar ortaya koyulmaktadır (Kaymaz ve Tut, 2020:83-84). Etmenler düzeyinde iklim değişikliği sorununa karşı önerilerin sunulduğu politikalar yer almaktadır. Bu kapsamda ilk olarak Birleşmiş Milletler (BM), Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), Avrupa Birliği (AB) ve diğer gönüllü kuruluşların öncülük ettiği “çevre odaklı” anlayışlar incelenmektedir (Özdemir, 2009).

Tarihsel açıdan çevre odaklı faaliyetler aşağıda sıralanmıştır:

- 1969 yılında çevresel hareketlerde ivme yaşanmaya başlamıştır. ABD, Çevre Kalitesi Konseyi’ni kurmuştur ve Ulusal Çevresel Politika Yasası’nı yürürlüğe koymuştur (Duygu, 2005).
- Kalkınmanın sürdürülmesi ve çevrenin korunması yaklaşımlarına eş zamanlı ulaşmayı hedefleyen Founeks Raporu 1971 yılında İsviçre’de yayınlanmıştır. Bu yaklaşımın Avrupa’nın gündemine girmesi ile OECD Konseyi tarafından “kirleten öder” prensibi hayata geçirilmiş ve Uluslararası Çevre ve Kalkınma Enstitüsü Britanya’da kurulmuştur (Duygu, 2005).
- 1972 yılında düzenlenen Stockholm Konferansı ile endüstrileşmeden kaynaklanan çevre sorunlarına odaklanılmıştır ve 5 Haziran “Dünya Çevre Günü” ilan edilerek çevrenin korunmasına pozitif etki edilmesi hedeflenmiştir (Türe, 2009).
- 1987 yılında hem çevrenin korunması hem de çevre ile kalkınma arasında bağ kurulması hedefi içinde Brundtland Raporu oluşturulmuştur. Brundtland Raporu ile “sürdürülebilir kalkınma” kavramı ilk kez gündeme gelmiştir. Sürdürülebilir kalkınma kavramı 1987’de Ortak Geleceğimiz Raporu’nda, 1992’de Gündem 21

Belgesi'nde ve Rio Yeryüzü Zirvesi'nde önem verilen öncelikli ibare olmuştur (Ozmehmet, 2008).

- 1992 yılında Rio Yeryüzü Zirvesi düzenlenerek iklim değişikliği sorununun önüne geçilmesi için Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanarak bu sorunlar uluslararası hukukun konularına dahil edilmiştir (Kaya, 2020).
- 1996 yılında Uluslararası Standart Organizasyonu tarafından firmaların çevre üzerinde ekosistemin dengesini bozmayacak şekilde faaliyetlerini yürütebilmeleri için çevrenin korunmasına yönelik düzenlenen konferansların ve imzalanan belgelerin ardından çevre ve kalkınmanın birbirinden ayıramayacak iki unsur olarak kabul edilmesi sebebi ile Çevre Yönetim Sistemleri geliştirilmiştir (Aydın ve Bedük, 2010; Alosman ve Çolak, 2004). Bu amaçla işletmelerin yürüttükleri faaliyetlerde çevreye etkilerinin kontrol edilebilmesi için ISO 9000 standartları temeline dayanan ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi Standartları hayatımıza girmiştir (Alosman ve Çolak, 2004).
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin yüklediği sorumlulukların devletler tarafından somut olarak üstlenmesi Kyoto Protokolü ile sağlanmıştır (Anlar Güneş, 2011). Kyoto Protokolü'nün 1997 yılında imzaya ve 2005 yılında yürürlüğe girmesi ile çevrenin korunması için öncelikle iklim değişikliği ve hava kirliliği sorunlarının çözülmesi gerektiği savunulmuştur, ikinci olarak ise sera etkisine sebep olan bütün gazların 2012 yılına kadar azaltılması veya sera gazı salınımının sınırlandırılması gerektiğine karar verilmiştir (Anlar Güneş, 2011; Kaya, 2020).
- 2002 yılında Rio Konferansı'nın değerlendirilmesi amacıyla Johannesburg Zirvesi (Rio+10) düzenlenmiştir. Fakirliğin engellenmesi, enerji ihtiyacının farklı kaynaklar ile çeşitlendirilerek giderilmesi ve yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artırılmasının hedeflendiği zirveye aktif olarak devletlerin yanında toplumun her kesimi dahil edilerek somut olarak sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır (Ozmehmet, 2008).

21. yüzyılda toplumlarda ve işletmelerde çevreyi koruma düşüncesi ve gelecek nesillerin refahını sağlayacak “sürdürülebilir kalkınma-sürdürülebilir çevre” anlayışından yoksun bir şekilde sadece gelir arttırmaya yönelik ilerleyen teknoloji-endüstri-yapılanma

üçgeninde gösterilen kontrolsüz gelişim çabaları kısa vadede ilerleme gibi görülse de beraberinde sorunlara ortam hazırlamaktadır.

İklim değişikliği ve küresel ısınma işletmeleri yakından ilgilendiren ve teknolojik yeniliklerle sıkı sıkıya bağlı olan konulardır. Sanayi açısından iklim değişikliği ve küresel ısınma sorunları ele alındığında yeni teknoloji ve enerji kaynaklarının kullanılması gereken yerler olarak endüstride yapılan bir yenilik sayesinde fosil yakıt kullanımı ile tehdit edici boyuta ulaşan sera gazı emisyonlarında azalma, iklim değişikliği ile mücadeleye katkı, sürdürülebilir kalkınma anlayışı içerisinde istihdama, büyümeye ve çevreye büyük katkı sağlanacaktır (Davarcıoğlu ve Lelik, 2018).

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÇERÇEVESİNDE GELİŞTİRİLEN SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ YÖNETİMİ POLİTİKALARI ve EKONOMİK YAKLAŞIMLAR

Günümüzdeki toplumların taleplerini karşılarken gelecek nesillerinde refah seviyesini yükseltecek faydaların sağlanmasını hedefleyen sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin çevreyi korurken sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı da sağlaması gerekmektedir. Bu sebeple geliştirilen enerji politikaları ve ekonomik yaklaşımlar çevreyi tahribata uğratacak yükten kurtarmaya yönelik olarak geliştirilmektedir.

3.1. Enerji Politikaları

Enerji politikalarının uzun vadeli, uygulanabilir ve faydalı olması için sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutunu (çevresel-ekonomik-sosyal) içermesi gerekmektedir (Antonio da Silva Gonçaves, Mil-Homens dos Santos, 2019). Enerji ihtiyacının karşılanmasında başarılı bir dönüşüm için küresel anlamda yürütülen politikalar yerel boyuttaki politikalara entegre edilmelidir. Bu çaba doğrultusunda toplum sağlığı, çevresel kirlilik gibi unsurların giderilmesine yönelik yürütülen yerel politikalarda hızlı bir değişime ihtiyaç duyulmaktadır (Gielen vd., 2019).

Sürdürülebilir enerji politikaları; enerji yönetimi, yenilenebilir enerji kaynakları politikaları, nükleer ve hidrojen enerjisi şeklinde dört grupta incelenebilmektedir (Bayraç, 2010).

Enerji yönetimi, üretim yapılırken kaliteden ödün vermeden, çevreyi tahribata uğratmadan, güvenliği ön planda tutarak yürütülen bir sistemdir. Enerji yönetimi, ihtiyaç duyulan enerjinin arzu edilen kalitede, ihtiyaç duyulan yerde, minimum maliyet ile karşılanmasını sağlamaktadır (Petrecca, 2014).

Doğal kaynakların azalması ve enerjiye duyulan ihtiyacın sürekli artmasına ek olarak iklim değişikliği vb. tehditlerden dolayı enerjinin verimli kullanılmasına verilen önem artmıştır. Dolayısıyla enerji tasarrufu ve enerji verimliliğini kapsayan bir sistem olan enerji yönetim sistemine verilen önem de artmıştır (Kavrar, 2018).

Enerji yönetimi sistemi, strateji ve planlama, uygulama/operasyon, enerji tüketimini ve enerji maliyetlerinde azalmayı sağlayacak kontrol çalışmaları süreci olarak enerji yönetim standardı ISO 50001:2011'e dayanmaktadır. İlgili standartta enerji yönetimi,

“enerji politikası ve enerji hedeflerinin oluşturulmasında birbiriyle ilişkili ve etkileşimli olan unsurlar kümesi ve bu hedeflere ulaşmak için ihtiyaç duyulan süreç ve prosedürler” olarak tanımlanmaktadır (Antonio da Silva Gonçalves, Mil-Homens dos Santos, 2019). Enerji yönetimi sistemi ile verimsiz kullanılan enerjiden dolayı ortaya çıkan yüksek maliyet optimum seviyeye indirgenmektedir ve kişinin veya birimlerin sebep olduğu davranıştan dolayı açığa çıkan enerji maliyeti düşürülmektedir (Kavrar ve Yılmaz, 2019). Enerji yönetimini uygulamanın, enerji kullanımını düzenlemenin, enerji verimliliğini ve tüketimini kapsayan enerji performansını iyileştirmenin yolu enerji yönetimi sisteminin kurulmasıyla mümkündür. Enerji yönetimi sisteminin kurulması mevcut yönetim sistemleriyle entegre edilebilir bir sistem olup bütün sektörler için başarıyla uygulanabilir nitelikte olan bir yaklaşımdır (Tachmitzaki vd., 2019).

Enerji yönetimi sisteminin faydaları:

- Enerjinin performansında pozitif gelişim sağlanmaktadır,
- Enerji güvenli bir şekilde tedarik edilmektedir,
- İş performansında iyileşme sağlanmaktadır,
- Enerjinin maliyetinde azalma sağlanmaktadır,
- Üretkenlik artmaktadır,
- Rekabet avantajı elde edilmektedir,
- Sera gazı emisyonlarında azalma sağlanmaktadır,
- Teknolojik gelişmelere uyum sağlanmaktadır (Elektrik Rehberiniz, <https://www.elektrikrehberiniz.com/enerji/enerji-yonetimi-nedir-22635/> Erişim Tarihi: 13.10.2020).

Enerji yönetimi politikaları;

- Yüksek enerji verimliliğinin sağlanması,
- Enerji tasarrufunun sağlanması,
- Enerji yoğunluğunun minimum seviyeye indirilmesi olmak üzere üç önemli unsurdan oluşmaktadır.

Kaynakların verimli kullanılmasını sağlayacak enerji yönetiminin amacı, birimlerde var olan sistemlerde yapılacak farklılıklar ve alınacak önlemler ile kullanılan enerjiden tasarruf sağlayarak işletmelerin kazancını arttırmaktır. Enerjiden tasarruf sağlanması ve

verimlilik için öncelikle bilgi toplama, ölçümleme, izleme ve değerlendirme yapılması gerekmektedir. Bu değerlendirmelerin yapılması için enerji verimliliği, kullanımı ve tüketimiyle ilişkili ölçülebilir nitelikte enerji performans göstergelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji performans göstergeleri; üretime özgü özelliklerin dikkate alındığı çok değişkenli modeller veya birim zamanda tüketilen enerji ve bir birim üretim için tüketilen enerji gibi modellerdir (Kıyılmaz, 2019).

Verimlilik, üretim esnasında kullanılan her kaynağın amacına uygun olarak en faydalı şekilde çıktılara dönüşmesi süreci olarak kalite, yenilik, teknolojik değişiklik ve nüfus politikalarını içine alan bir kavramdır (Harmankaya, 2019).

Mevcut kaynaklardan ne ölçüde faydalandığını gösteren verimliliğin artırılması için kaynakların etkin kullanımı gerekmektedir. Aynı kaynaklardan daha fazla ürün ve hizmetin ortaya çıkarıldığı takdirde veya ürün ve hizmetlerin daha az kaynak ile elde edilmesi halinde verimlilik elde edilmiş olacaktır (İleri, 2014).

Sadece üretimin fazla olması verimliliğin olduğunu göstermemektedir. Verimlilikten söz edilebilmesi için bütün girdiler etkin kullanılmalıdır. Bu sayede maliyetlerde azalma ve rekabet avantajının kazanılmasıyla verimlilik elde edilmiş olmaktadır (Top, 2002).

Kaynakların en iyi şekilde kullanımı ile elde edilecek olan verimliliğin hedefleri;

- Çevreyi tahribata uğratmamak,
- Üretilen ürün ve hizmetlerin yüksek kalitede olması,
- İşletmede çalışanların iyi koşullarda çalışmasını sağlayarak birim girdi başına düşen üretimi artırmaktır (Yükçü ve Atağan, 2009).

İşgücü, hammadde, enerji gibi girdilerin yanında işletmelerin koşulları, yapısı, kamusal harcamaları ve çevre girdiler arasında olduğundan dolayı yüksek verimliliğe ulaşmak ekonomik faaliyetlerin temel amacı haline gelmiştir (Eroltu, 2020). Ülkelerin büyüme oranlarını artırarak ekonomik açıdan güçlü hale gelmeleri ve refah seviyelerini yükseltmeleri her faaliyet alanında yüksek verimliliğin sağlanması ile mümkün olmaktadır.

Verimliliğe ulaşmaya çalışılırken etkililik ve etkenlik kavramları sıkça karıştırılmasına karşılık bütün kavramlar farklı anlamlar barındırmaktadır. Verimlilik, girdilerin önemine odaklı olup girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi gösteren orandır (Yılmaz, 2019, Yükçü ve

Atağan, 2009). Etkililik, hedeflenen amaçlara ulaşmadaki başarı ölçütü olup etkenlik, üretim sürecinde kullanılan faktörlerin belirlenmiş standartlara uygun olarak kullanılmasıdır (Eroltu, 2020).

Verimlilik kavramının matematiksel olarak ifadesi;

$$Verimlilik = \frac{\text{ÜretimSonucuEldeEdilen Ürün}}{\text{ÜretimdeKullanılanFaktörler}} \text{ şeklinde gösterilmektedir (İleri, 2014).}$$

Ülkelerin ekonomilerinin verimlilik kapasitelerinin modellenmesi ve bu kapasitelerin ne ölçüde verimli kullanıldığına ortaya koyulması için önem arz eden verimlilik farklı şekillerde ölçümlenebilmektedir (Dinç, 2019).

Yapılacak ölçümün sebebine bağlı olarak verimlilik türleri üç gruba ayrılmaktadır;

- Kısmi verimlilik bir girdinin verimliliğindeki gelişmeleri izlemek için kullanılmakta olup *Kısmi Verimlilik = Çıktı/Tek bir girdi* şeklinde formüle edilmektedir (Örn: *Çıktı/İşgücü*).
- Çoklu faktör verimliliği birden fazla girdinin verimliliğindeki değişimi izlemek amacıyla kullanılır ve *Çoklu Faktör Verimliliği = Çıktı/Birden fazla girdi* şeklinde hesaplanmaktadır (Örn: *Çıktı/Makine + İşgücü*).
- Bütün girdilerdeki verimliliğin gelişiminin ölçümünde toplam verimlilik kullanılmakta olup
Toplam Verimlilik =
Çıktı/Makine + İşgücü + Sermaye + Hammadde + Enerji şeklinde hesaplanmaktadır (Yükçü ve Atağan, 2009).

Uzun dönemde rekabet gücünün elde tutulması, korunması ve yükseltilmesi verimlilik yönetimi ile mümkündür (Demirtaş ve Tokat, 2012). 1970'li yıllarda literatüre giren verimlilik yönetimi kavramı, verimlilik esas alınarak yürütülen bir yönetim anlayışı olup işletmelerin bütün fonksiyonlarını kapsayan bir sistem yaklaşımıdır (Mete, 2010).

1985 yılında verimlilik yönetiminin önemini vurgulayan Sink işletmeyi etkileyen faktörleri içsel (girdiler, süreçler ve çıktılar) ve dışsal etmenler (çevresel etmenler) olarak iki gruba ayırmış ve yüksek verimliliğin sürdürülebilirliğinin içsel etmenler üzerinde verimlilik yönetiminin uygulanması ile sağlanabileceğini belirtmiştir. Verimlilik yönetimi döngüsel bir süreç olup bu döngüsel süreçte verimlilik ölçümü ve değerlendirmesi için;

- İlk aşamadan edinilen bilgiler ile verimliliğin kontrolü ve geliştirilmesi için planlama yapılması,
- Yapılan planlama kapsamında müdahale edilmesi ve önlemlerin yapılması,
- Yapılan müdahalelerin etkilerinin ölçüm ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Demirtaş ve Tokat, 2012).

Kısıtlı olan enerji kaynaklarının yenilenememesi ve sürekli azalmasına ek olarak küresel ısınma sebebiyle oluşan sera etkisi ve iklim değişikliği sorunları gelecek nesilleri tehdit ettiğinden dolayı bütün toplumların ortak problemi olmuştur. Bu sebeple ulusal ve küresel boyutta enerji politikalarının üretilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Sürdürülebilir enerji için sürdürülebilir nitelikteki enerji politikaları, talep edilen enerjinin düşük maliyetle elde edildiği ve çevrenin tahribata uğratılmadığı politika, uygulama ve teknolojilerdir (Bayraç, 2010).

Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin birbirinden farklı olmasının sebebi enerji potansiyellerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Enerji politikalarında söz sahibi olabilmek için enerji kaynaklarına sahip olunması gerekmektedir. Enerji kaynaklarını yerli kullanmak yerine ithal eden ülkeler kaynak sağlayan ülkenin bağımlısı konumuna düşerler ve cari dengeleri olumsuz etkilenir. Dolayısıyla ülkelerin enerji politikalarını belirlerken dışa bağımlılığı mümkün olduğu kadar azaltması, enerjiyi verimli kullanmaları gerekmektedir (Baş, 2018).

3.1.1. Enerji Verimliliği

Dünya nüfusundaki artış ve yaşam kalitesindeki yükselme enerji tüketiminde de artışa sebep olmuştur. Dolayısıyla talep durumu göz önünde bulundurularak enerji üretimini arttırmanın yolları aranmaktadır. Aynı zamanda nüfus artışının sürekli yükselmesine bağlı olarak çevresel etkiler, enerjiye erişim durumu, enerjinin kullanımında karşılaşılan zorluklar ve sağlık problemleri gibi sorunlarla da karşılaşmaktadır. Enerjiye erişim ve kullanım durumunun ele alınmasında enerji verimliliği önemli bir rol almaktadır (Antonio da Silva Gonçaves, Mil-Homens dos Santos, 2019).

Enerji verimliliği, “binalarda yaşam ve hizmet kalitesini düşürmeden, işletmelerde ise üretim miktarı ve kaliteyi azaltmadan tüketilen enerji miktarının azaltılmasını” ifade etmektedir (Resmi Gazete, Enerji Verimliliği Kanunu, 2007).

Enerji verimliliği, enerji israfının önüne geçen, atıkların yeniden kullanımını sağlayarak değerlendiren, çevresel tahribatı önleyen, gelişmiş teknoloji imkanları ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltan, yüksek verime sahip enerji kaynakları kullanımı, enerji geri kazanımı ve kojenerasyon gibi yüksek etkinlik sağlayan önlemlerdir (Yıldız, Akgül ve Güvercin, 2018).

Enerji verimliliği, üretimden başlayarak tüketime kadar bütün aşamalarda enerji kaynaklarının yüksek etkinlik ile değerlendirilmesini hedefleyen ve enerji tasarrufunu kapsayan geniş bir kavramdır (Kavak, 2005).

Enerji verimliliğinin 1970'li yıllarda sanayi alanında yapılan çalışmaların ana iş kolu kabul edilmesiyle küresel ölçüde ekonomik açıdan gelişmeye devam ederken enerji kaynaklarının da önemli bir girdi olarak yüksek verim ile kullanılması hedeflenir hale gelmiştir (Uzun ve Değirmen, 2018).

Avrupa İklim ve Enerji Komisyonu'nun 2016 yılında "en ucuz ve en temiz enerji kullanılmayan enerjidir" şeklinde açıklama yapması enerji verimliliğinin bir enerji kaynağı olarak kabul edilmesine zemin hazırlamıştır. Bu sebeple komisyon tarafından enerji verimliliğine yönelik olarak bazı önlem ve politikalar benimsenmiştir. Üye ülkelerde enerji tasarrufunu sağlamaya yönelik plan ve önlem oluşturmaya yönelik yasal yükümlülük ve enerji verimliliğini sağlayacak hedeflerin ve politikaların oluşturulması, enerji denetimlerinin tüm Avrupa'da yapılması için 2019 yılına ait "yeni enerji kural kitabının" tamamlanması işaret edilmiştir. Bu doğrultuda 2030 yılına kadar minimum %32,5 oranında enerji verimliliğinin sağlanması hedef olarak kabul edilmiştir (Malinauskaite vd., 2020).

Enerji yönetimi sisteminin hedeflerine doğru bir şekilde ulaşabilmesi ve enerji verimliliğinin sağlanması için enerji yoğunluğu ve özgün (spesifik) enerji tüketimi değerleri temel parametre olarak kabul edilmektedir.

3.1.2. Enerji Yoğunluğu

Bir toplumun gelişmişlik düzeyi, enerji açısından iki önemli kavram olan kişi başına düşen enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu ile belirlenmektedir. Bu açıdan ekonominin hareketli olup refah seviyesinin yüksek olması kişi başına düşen enerji tüketiminin göstergesi olup aynı enerji miktarı ile daha fazla üretim yapılması düşük enerji

yoğunluğunu göstermektedir (Karakaya, 2017). Kişi başına tüketilen enerjinin fazla olması o ülkede yürütülen ekonomik çalışmaların canlı olduğunu ve yüksek refah seviyesinde olduğunu göstermektedir. Dikkat edilmesi gereken husus enerji yoğunluğunun düşük seviyede tutulmasını sağlamaktır. Enerji yoğunluğunun yüksek olması, verimliliğin düşük olduğunu, birim başına üretilen ürün ya da hizmet için optimum değerden daha fazla enerji harcandığını göstermektedir (Kıyılmaz, 2019).

Bir birim ürün ya da hizmetin üretilmesi için üretim başına harcanan enerji olarak tanımlanan enerji yoğunluğu;

Enerji Yoğunluğu = $\frac{\text{işletmenin yıllık enerji tüketimi}}{\text{yıllık mal üretiminin ekonomik değeri}}$ şeklinde formüle edilmektedir (Kıyılmaz, 2019).

Özgül (spesifik) enerji tüketimi, enerji performansının ölçülmesi, her ay farklılık gösteren enerji üretim ve tüketim miktarının gerçek değerleriyle bilinmesi ve beklenen enerji tüketimiyle gerçekleşen enerji tüketimi değerlerinin doğru karşılaştırmasının yapılması için kullanılan enerji değeridir. Özgül enerji tüketimi, *tüketilen toplam enerji/toplam üretim* formülü ile hesaplanmaktadır (Kıyılmaz, 2019).

Enerji yoğunluğunun artması enerjinin verimli kullanılmadığının göstergesi olup ekonomiyi olumsuz yönde etkilemektedir (Kavak, 2005). Bu kapsamda refah seviyesi yükseltilirken tüketilen enerji miktarında azaltma çalışmaları yapılmalıdır. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve çevrenin korunması için kaynakların daha verimli kullanımını sağlayacak alternatiflerin araştırılması gerekmektedir. Fosil enerji kaynaklarının oluşumu uzun yıllar alıp, çevreyi de tahribata uğrattığı gerçeğinden yola çıkarak yenilenebilir enerji kaynaklarının piyasadaki payı artırılmalıdır. Bu noktada yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim, kullanım ve yatırımı için ihtiyaç duyulan teşvikler yürürlüğe koyulmalı, kaynak ihtiyacı karşılanmalıdır (İraz vd., 2014).

Türkiye gelişmekte olan bir ülke olarak enerji yoğunluğu yüksek ve enerjiyi verimli kullanma konusunda çalışmaların hız kazanmasına ihtiyaç duyan bir ülkedir. Türkiye’de yapılan denetleme çalışmalarında enerjinin verimli kullanılmasıyla sanayi tesislerinde ve endüstriyel işletmelerde %5 ile %40 arasında enerji tasarrufunun sağlanabileceği tespit edilmiştir. Sektörel bazlı olarak verimlilik ele alındığında bina sektöründe %30, ulaşım

sektöründe %15 ve sanayide yaklaşık %20 oranında tasarruf sağlanabileceği ortaya koyulmuştur. Enerji tüketiminin yaklaşık olarak %43'ü sanayide kullanıldığı için sanayi alanında enerji üzerine verimlilik çalışmalarına hız verilmesi büyük önem arz etmektedir (Yıldız vd., 2018, Doğan ve Yılankıran, 2015).

3.1.3. Enerji Tasarrufu

Kaynakların hızla tükendiği ve ihtiyaçların da hızla arttığı dönemde yapılması gereken, yeryüzünde var olan sınırlı kaynakların bilinçli ve duyarlı bir şekilde verimli kullanılmasını sağlayacak olan “sürdürülebilir tüketim ve üretim” anlayışına yönelmektir (Hekimci, 2012). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için enerjinin verimli kullanılması gerekmektedir. Dolayısıyla tasarruflu kullanıma ihtiyaç duyulmaktadır.

Enerji tasarrufu, enerjinin ve enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması için enerji tüketicileri tarafından alınan önlemler neticesinde belli orandaki üretim ve hizmetin gerçekleştirilebilmesi için tüketime kadar bütün aşamalarda harcanan enerji oranında sağlanacak azalmayı ifade etmektedir (Kavak, 2005).

Enerji performansının iyileştirilmesi ve tasarrufun sağlanması için yeşil uygulamaların benimsenmesi bir zorunluluktur. Küresel boyutta işletmelerin farklı yapıda olması ve enerji performanslarını iyileştirmede farklı bakış açılarına sahip olmaları göz önünde bulundurulduğunda enerji yönetimine sistematik bir yaklaşım olarak ihtiyaç duyulmaktadır ve pratikte de bu uygulamanın incelenmesi gerekmektedir (Tachmitzaki vd., 2019).

Enerji tasarrufu, dünya çapında siyasi anlamda da ülkelerin odak noktasıdır. İşletmeler açısından maliyetlerinin azaltılması ve çevresel faydaların kazanılması için enerji tasarrufu büyük öneme sahiptir. Enerji konularının rasyonel yönetimi, üretim aşamasında enerji tüketimini azaltarak ve çevresel ayak izini azaltarak katma değeri ve karlılığı artırmaktadır (Tachmitzaki vd., 2019).

Enerji politikalarında enerji verimliliğinin ve tasarrufunun sağlanmasının yanında enerji arz güvenliğinin sağlanması da kritik bir unsurdur. Enerji ihtiyacının ithal kaynaklarla sağlanması siyasi ve ekonomik sorunlara, sabotajlara ve doğal afetlerin yaşanması enerji kesintisine sebep olmaktadır. Bu sebeple enerji talebi karşılanırken, kaynağından

tüketicie ulaşana kadar bütün süreçlerde (üretim, iletim, dağıtım ve depolama) kesintiye uğramadan alınan tedbirlerle arz güvenliği sağlanmalıdır (Baş, 2018:27). Enerjide arz güvenliğinin sağlanması için ihtiyacın daha çok yerli kaynaklardan karşılanması, dış kaynaklara olan bağımlılığın azaltılması, tasarrufun sağlanması ve hem enerji üretiminin artırılması hem de enerjinin verimli kullanılması gerekmektedir (Doğan ve Yıllankıran, 2015).

3.2. Ekonomik Yaklaşımlar

Sanayi devriminin ardından geçilen makineleşme süreci ile sanayileşerek kalkınma yaklaşımı İkinci Dünya Savaşı'nın (1939) ardından ülkelerin benimsediği bir yöntem olarak çevre sorunlarının hızla artmasına zemin hazırlamıştır (Önder, 2018).

Hem üretim hem de tüketim sürecinde çevrenin korunması, gelecek nesillerin refah seviyesinin ileriye taşınması adına "Sürdürülebilir Kalkınma" kavramı literatürde yerini almıştır. Sürdürülebilir kalkınmaya giden yolda "yeşil ekonomi" ve "döngüsel ekonomi" adı verilen ekonomik yaklaşımlar ile "sıfır atık" ve endüstriyel simbiyoz" kavramları önem kazanmıştır.

3.2.1. Yeşil Ekonomi

İnsanların yerleşik yaşadıkları alanlardan kopup göç etmeye başlamasıyla girilen küreselleşme süreci toplumları ekonomik, sosyal, siyasal ve teknolojik her boyutta etkisi altına almıştır.

Ekonomik küreselleşme, teknolojik gelişmeler doğrultusunda ülkeler arası emek, mal, sermaye akışının artması sebebiyle ekonomik ilişkilerinde artması ve toplumların bütünleşmesi anlamına gelmektedir. Ancak ekonomik küreselleşme, ülkeler arası ilişkilerin yoğunlaşp birbirine bağlanmasına sebep olurken küresel ısınmayı ve çevre kirliliğini fazlasıyla artırmıştır (Çiloğlu, 2018).

Çevresel sorunların önüne geçilmesine yönelik olarak sürdürülebilir kalkınma anlayışının benimsenmesiyle ekolojik dünya görüşü ortaya çıkmıştır. Ekolojik dünya görüşü yaklaşımında "çevreye zarar veren, doğal kaynakları önemsemeyen ekonomik görüşün acilen bırakılması gerektiği" vurgulanmaktadır. Bu yaklaşım ile sınırsız ilerleme düşüncesi içinde izlenen yolların etkin sonuçlar vermesi durumu araştırılmaktadır. Elde

edilen sonuçların olumsuz olması üzerine toplumlar tarafından ekolojik dengenin korunması için çevre-doğal kaynak-insan üçgeni içerisinde yeni yollar aranmaktadır (Özçağ ve Hotunluoğlu, 2015).

Ekolojik dünya görüşü yaklaşımı kapsamında ekonomik açıdan gelişim düzeyi için Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) ölçütünün kullanılması, kuşaklararası aynı şartların sağlanması, çevrenin zarara uğratılmaması, sınırlı olan doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımının sağlanması, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin önüne geçilmesi amaçları için yetersiz kaldığından dolayı ekonomik gelişim düzeyinin ölçümlenebilmesi için yeni faktörlere ihtiyaç duyulmaktadır (Al, 2019).

Bu ihtiyaç çerçevesinde dünyada sınırsız kaynak bulunduğunu ve insanların bu kaynakları sınırsız kullanım hakkına sahip olduğunu savunan klasik ekonomi anlayışının yerine yeni ekonomik yaklaşım olan “yeşil ekonomi” kavramı gündeme gelmiştir. Yeşil ekonomi, çevresel ve ekonomik sorunların önüne geçmeye çalışırken şimdiki ve gelecek nesillerin refahını ve çevreyi korumaya çalışan, gelir ve istihdamı arttıran, karbon emisyonu ve çevresel kirliliği azaltan, ekosistemi koruyan, enerji ve kaynakların verimliliğini koruyan bir ekonomik yaklaşımdır (Abdiraimov, 2016).

1987 yılında yayınlanmış olan Brundlant Raporu’nu temel alan ve 2008 yılında yaşanan finansal krizlerin ardından önemi artan yeşil ekonomi, endüstrileşme döneminden itibaren çevreye verilen zarar ile ekonomik büyümenin arasındaki farkın açılmasını, ayrıştırmanın oluşturulmasını ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasını hedeflemektedir (Kuşat, 2013).

Yeşil ekonomi yaklaşımı, yeşil büyümeye dayalı bir yaklaşımdır. Yeşil büyüme, doğal kaynakların kullanımı esnasında refah seviyesini düşürmeden kaynakların ve çevresel hizmetlerin sürdürülebilirliğinin sağlandığı ekonomik büyümeyi teşvik eden bir yaklaşımdır (Loiseau, Saikku vd., 2016). Çevreyi korurken, ekonominin kalkınmasını sağlayacak olan yeşil büyüme için çevreye faydası olan teknolojilerin ve ürünlerin geliştirilmesi ve bu ürünlerin kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. İklim değişikliğinin önüne geçilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, atık oluşumunun önlenmesi veya en aza indirgenmesi ve üretim esnasında çevresel tahribatın önüne geçilmesi yeşil büyümeye giden yolda kilit unsur kabul edilmektedir (Mealy ve Teytelboym, 2020).

Yeşil büyüme için yeşil düzen temelli yeni yatırımların teşvik mekanizmaları ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu yaklaşımın ekonomik açıdan ülkelere ne düzeyde fayda sağladığının araştırıldığı, ABD İşgücü İstatistikleri Bürosu'nun 2013-2013 yılları arasında yaptığı bir çalışmada yeşil sanayi incelenmiş ve diğer sanayilerden dört kat daha fazla büyüme hızının olduğu ortaya koyulmuştur (Dilek, 2018). Yeşil ekonomiyi temel alan firmaların geleneksel çalışan firmalara kıyasla büyüme hızının ve çalışanlarına ücretlerinin de daha fazla olduğu görülmüştür.

Yeşil büyüme için enerji ihtiyacının da verimli ve tasarruflu sağlanması gerekmektedir. Toplumların rekabet üstünlüğü sağlanması, sürdürülebilir kalkınma bakış açısı içinde gelecek referanslı olarak günümüz toplumunun da ihtiyaçlarının karşılanması için enerjide verimlilik sadece tasarruf olarak görülmemelidir. Özellikle enerjiye duyulan ihtiyacın sürekli artış gösterdiği gelişmekte olan ülkeler her alanda enerji verimliliğine dikkat ettiği takdirde rekabetçi güç ile enerji politikaları arasındaki bağlantı sayesinde yeşil ekonominin sunduğu fırsatları elde edebileceklerdir (TEVEM, 2010).

Yeşil ekonomi; üretim, endüstri, sanayi gelişimine ek olarak, refah seviyesinin durumunu irdeleyen, büyümeyi bütün boyutlarıyla ele alan, sınırsız büyümenin mümkün olmadığını, doğanın merkezde olduğunu, çevresel sorunların önüne geçilmesi gerektiğini savunmaktadır. Dolayısıyla atıkların en aza indirgenmesi, binalardan ve sanayiden zararlı gazların salınımının engellenmesi, sulara zarar verilmemesi, ormanların yok edilmemesi, ekosistemin zarara uğratılmaması ve aynı zamanda piyasa şartlarının sürekli iyileştirilmesi ekonomik kalkınmanın sürdürülebilmesi için “küresel düşün, yerel hareket et” prensibi ile yeşil ekonomi anlayışı içinde faaliyetlerin yürütülmesi gerekmektedir.

3.2.2. Döngüsel Ekonomi

Hammaddelerin ürünlere dönüştürüldükten sonra kullanımının ardından atık haline geldiğini savunan, üret-tüket-elden çıkar felsefesine dayanan doğrusal ekonominin günümüz taleplerine cevap verememeye başlaması ile işletmelerin karlarını yükselten, çevreyi koruyan, enerji ve doğal kaynakları kullanırken kirlilik oluşumunu minimum seviyeye indirgeyen, rekabet avantajı ve istihdam olanakları sunma avantajlarına sahip, kazan-kazan felsefesine dayanan döngüsel ekonomi, Japonya, Almanya, Hollanda ve Çin liderliğinde umut verici bir yaklaşım olarak uygulamaya alınmıştır (Gedik, 2020).

Döngüsel ekonomi; kaynak, ürün ve malzemenin ekonomide mümkün olduğu kadar uzun tutulduğu, açığa çıkan atık miktarının minimum seviyeye indirildiği, geri dönüşüme, yeniden kullanıma ve azaltmaya odaklanan bir ekonomik yaklaşımdır (Önder, 2018). Döngüsel ekonominin hedeflerine ulaşmasına atık hiyerarşisi destek olmaktadır.

Küresel bir niteliğe sahip olan döngüsel ekonomi, uzun vadede sürdürülebilirliği şekillendirmektedir. Çevresel ve sosyal faydaları sağlamak suretiyle ekonomik fırsatları sunan bir yaklaşım olarak sistemik düşünmeyi gerektirmektedir. Bu yaklaşımın paydaşları işletmeler, insanlar ve organizasyonlardır (Yakovleva, 2020).

Döngüsel ekonomi yaklaşımında;

- Kaynak verimliliğinin optimum seviyede korunması,
- Doğal sermayenin geliştirilmesi,
- Sistemlerin etkinliğinin sağlanması hedeflenmektedir (Önder, 2018).

Döngüsel ekonominin çevresel, ekonomik ve sosyal çıkarları eş zamanlı iyileştirmeyi hedeflemesine ek olarak iklim değişikliği ve küresel ısınma sorunlarının önüne geçilmesini sağlayabilecek nitelikte olması bu yaklaşımın benimsenme isteğini hızlandırmaktadır (Maranesi ve Giovanni, 2020).

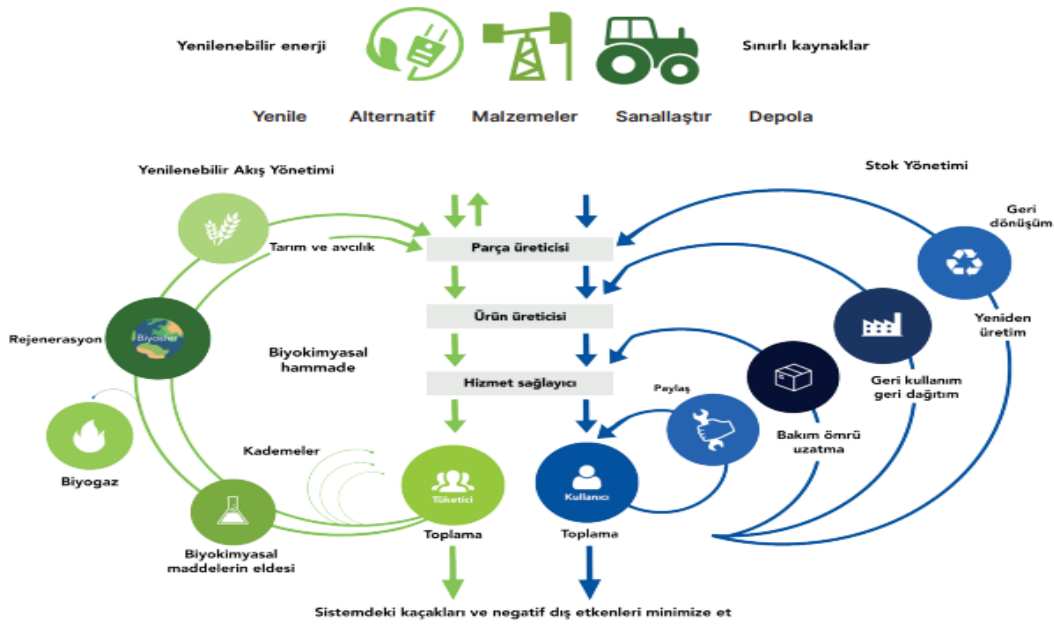
Döngüsel ekonominin benimsenmesi aşağıda açıklanan üç katmanda fayda sağlamaktadır:

- Müşteriler, daha dayanıklı ve yeniden kullanılabilir ürünleri elde ederler. Ürünlerin daha kısa sürede eskime maliyetlerinde azalma sağlanırken, daha fazla ürün seçeneklerine sahip olurlar.
- İşletmelerde malzeme faturaları ve garanti riskleri azalır. Müşteri sadakatinde artış sağlanır. Bu sayede ürünlerin karmaşıklığında azalma ve daha iyi yönetilebilir yaşam döngüsü sağlanmaktadır.
- Ekonomilerde, istihdamın artırılması, dışsallıkların azaltılması, tasarrufların artırılması ve arz risklerinin en aza indirilmesi sağlanmaktadır (Gedik, 2020).

Maksimum fayda edinimini hedefleyen döngüsel ekonomi, hammadde kullanımının sürdürülebilirliğini sağlayarak atık oluşumunu önlemektedir ve kaynakların verimliliğini sağlamaktadır (Loiseau vd., 2016). Uzun vadede sınırlı kaynakların durumu ve çevrenin

korunması gerekliliği düşünüldüğünde, çevreye bırakılan atıkların ortaya çıkmasının engellenmesini ya da en az seviyeye indirgenmesini ve hem şimdiki hem de gelecek nesillerin refahının korunmasını sağlamak doğrusal ekonomi yaklaşımı içinde sürdürülebilir görünmemektedir.

Bu ihtiyaçları karşılama doğrultusunda doğanın normal döngüsünü taklit etme prensibine dayanan, çevresel ve ekonomik faydayı eş zamanlı sağlayabilecek bir yaklaşım olan döngüsel ekonomi, Ellen Mac Arthur Vakfı tarafından biyolojik ve teknik döngü olarak iki döngüyü barındıran bir diyagram üzerinden tanımlanmaktadır:



Şekil 7. Döngüsel Ekonomi

(Kaynak: Hedefler İçin İş Dünyası Platformu, Dcube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi, 2020)

Döngüsel ekonominin dayandığı sistemi açıklayan şekilde, kullanımın ardından ortaya çıkan kalıntıların doğaya geri kazandırılması biyolojik döngü, ürün ya da malzeme israfının minimum seviyeye indirgeyecek şekilde tasarımı teknik döngü olarak tanımlanmaktadır. Bu döngüler ile materyal kullanımı sağlanarak ürün ve hizmetlerin çevreye vereceği zarar da minimum seviyeye indirgenmektedir (Hedefler İçin İş Dünyası Platformu, Dcube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi, 2020).

Çevreyi doğal yapısında bırakıp, doğal kaynakları kapalı devre malzeme akışı içerisinde korumak asıl amacı olan döngüsel ekonominin başarıya ulaşması için tedarikçiden

tüketicie kadar bütün paydaşların iş birliği içinde kapalı döngü akışı ile bilgi ve ürün alışverişini kabul etmeleri gerekmektedir (Ay Türkmen, Kılıç, 2020).

Döngüsel ekonominin sunduğu fırsatlar ise şekilde gösterilmektedir:

Sosyo-politik Fırsatlar	Ekonomik Fırsatlar	Çevresel Fırsatlar
<ul style="list-style-type: none">• İşletme ile müşteri daha uyumlu hale gelir.• İşletmeler yönetmeliklere uyumlu hareket ederler.• Yeni istihdam imkanı sağlanır.• Toplum ile endüstri arasındaki bağ güçlenir.• Çevre bilinci artar.	<ul style="list-style-type: none">• Sürdürülebilir tedarik zinciri oluşturularak maliyetlerde azalma sağlanır.• Çevrenin tahribatı önlenir.• Atık oluşumu minimum seviyeye düşürülür.• Yeni pazarlar oluşturulur.• İşletmelerin karlarında artış sağlanır.• Rekabet avantajı elde edilir.• Yerel yönetimlerin, açığa çıkan atıkları satmasıyla ilave kar elde etmeleri sağlanır.	<ul style="list-style-type: none">• Çevreye zarar vermeyen yeşil ürün üretimi yapılır.• Enerji ve doğal kaynaklar korunur.• Yenilenemeyen kaynak tüketimi azaltılarak sera gazı emisyonunun ve zehirli gazların salınımında azalma sağlanır.• Kimyasal gübre kullanımı azaltılır.• Çevreye duyarlı yönetim organizasyonları ve tedarik zinciri esnekliği elde edilir.

Şekil 8. Döngüsel ekonominin fırsatları

(Kaynak: Kumar vd., 2019)

Beşikten mezara anlayışını bırakıp “beşikten beşiğe” ürün ve hizmet tasarımına dayanan, verimlilikten ziyade etkinliğe odaklanan bir yaklaşım olan döngüsel ekonomide yeni ürün ile talebin karşılanması en az seviyeye indirilmektedir (Ay Türkmen ve Kılıç, 2020).

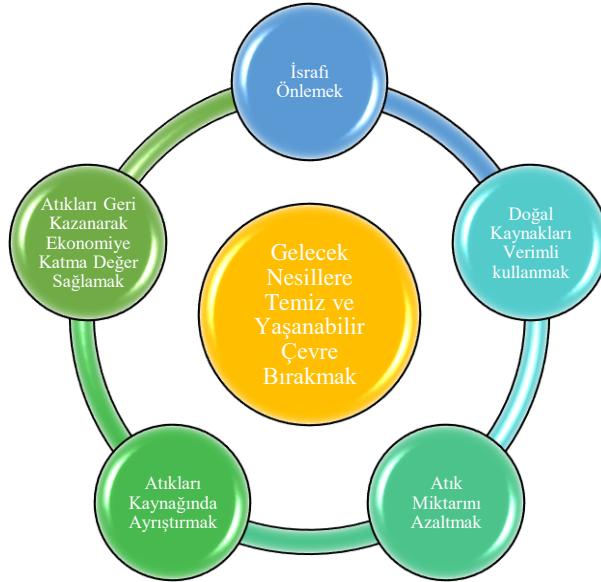
Döngüsel bir ekonomide, birikimlerin hacmi ve hızına yönelik olarak verilecek karar, işletmelerinde tasarruflarının korunması için işletme düzeyinde alınmaktadır. Bu yaklaşım hem içinde bulunulan dönem için çevresel ve maddi şartların genişletilmesi hem de gelecek nesillerin refahını artıracak fırsatların korunmasını amaçlayan bir süreçten oluşmaktadır (Bryndin, 2020).

Döngüsel ekonomiye giden yolda sıfır atık ve endüstriyel simbiyoz yaklaşımları büyük öneme sahiptir. Döngüsel ekonomide kullanılan kaynakların değerinin mümkün olduğu kadar uzun süre korunması, bu kaynakların sıkça kullanılması ve süreç sonunda faaliyetlerin en az atık ve mümkünse sıfır atık ile sonuçlanması amaçlanmaktadır (Özsoy, 2018). Kullanılan kaynakların sıfır atık veya endüstriyel simbiyoz yaklaşımı içinde değerlendirilebilmesi için kullanılan kaynağın geri dönüştürülebilir malzemelerden seçilmesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

3.2.3. Sıfır Atık

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda benimsenmesi gereken döngüsel ekonominin yapıtaşlarından biri sıfır atık yaklaşımıdır. Sıfır atık yaklaşımı kaynağın hayat döngüsünü yeniden tasarlamayı hedefleyen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım kaynakların doğada yeniden kullanımına benzeyen bir süreç olarak atıkların çöp sahalarına veya yakma tesislerine gönderilmemesi gerektiğini savunmaktadır (Song vd., 2015).

Sıfır atık, enerji, hammadde ve insan gücünden oluşan üretim girdilerinin etkin kullanımını, üretimin ardından oluşan atıkların değerlendirilmesi hedefi doğrultusunda geri kazanımını ele almaktadır (Mayaoğlu Akın, 2021). Aşağıdaki şekilde sıfır atık yaklaşımının hedefleri gösterilmektedir:



Şekil 9. Sıfır Atık Nedir?

(Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Yüksek oranda sanayileşmenin ve kentleşmenin sonucu olarak artan atık üretim miktarının azaltılması veya engellenebilmesi için atık geri kazanımı ve bertarafı çalışmaları ön plana çıkmıştır. Bu doğrultuda önem kazanan sıfır atık, “üretim, tüketim, hizmet süreçlerinde oluşan atıkların önlenmesi, önlemek mümkün değilse azaltılması, atıkların yeniden kullanımına öncelik verilmesi, bu çabalar doğrultusunda yine de oluşan atıkların ise kaynağında ayrı biriktirilerek, geri dönüşüm ya da geri kazanımı ile bertaraf

edilecek atıkların azaltılarak çevrenin, insanların ve kaynakların korunmasını hedefleyen bir yaklaşımdır” (Sıfır Atık Yönetmeliği, 2019).

Sıfır atık yeni bir kavram gibi görünmesine rağmen bu konunun öncüleri atıkları “farklı kılıklara bürünmüş kaynak” olarak nitelendiren George Washington Carver ve Henry Ford’tur. Carver’ın yaptığı tanımlamaya benzer şekilde 1930 yılında Ford, üretilen arabalarda soya fasulyesi küspesi kullanarak sıfır atık için ilk adımı atmıştır (Yaman ve Olhan, 2010).

1970’li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri (ABD) California’nın Oakland eyaletinde Zero Waste Systems Inc (Sıfır Atık Sistemleri) firmasında kimyager olarak görev yapmakta olan Paul Parmer tarafından gündeme getirilen sıfır atık yaklaşımı ile özellikle elektrik endüstrilerinde ortaya çıkan atık kimyasallarının gelişi güzel çevreye bırakılmasının önüne geçilerek yeniden kullanılması için çalışmalara başlanmıştır (Kavak, 2020). Firma, kimyasal atıkları ücretsiz olarak toplamıştır ve geri dönüşüm işleminin ardından %50 daha uyguna satışını yaparak çevresel ve ekonomik fayda sağlamıştır (Mayaoğlu Akın, 2021).

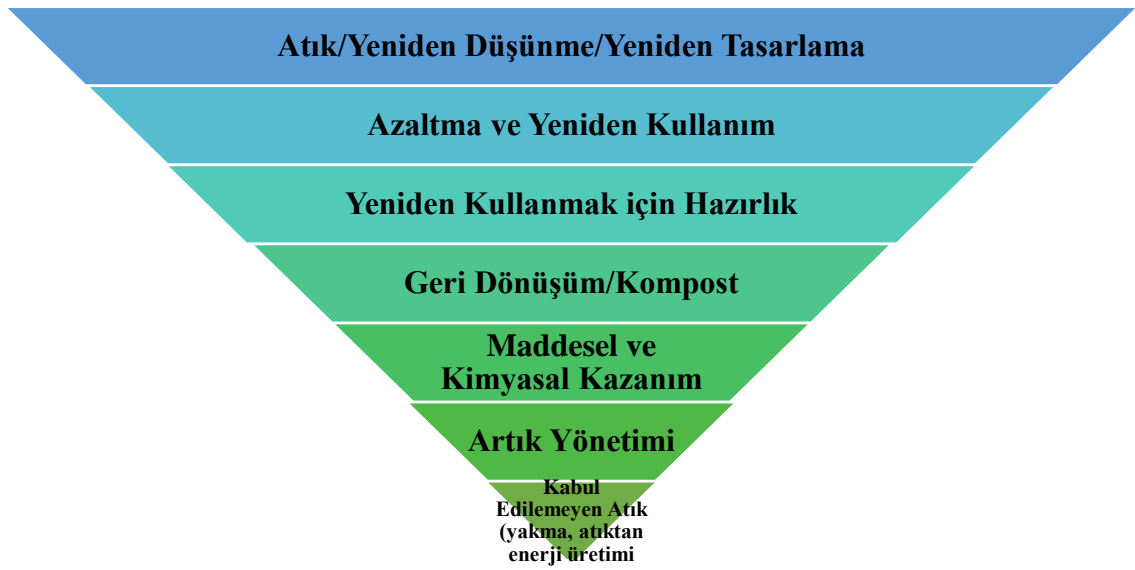
Türkiye’de sıfır atık yaklaşımı için Sıfır Atık Yönetimi Eylem Planı oluşturularak 2018-2023 yılları içerisinde kademeli olarak; kamu kurumlarından başlayarak havaalanı, otogar ve tren garlarında, okul ve üniversite gibi eğitim kurumlarında, AVM’lerde, hastanelerde, otel ve restaurant vb. işletmelerde, büyük işletmelerin ardından tüm ülkede uygulanması hedeflenmektedir (Ulaşlı, 2018).

Sıfır atık yaklaşımının benimsenmesi ile;

- Çevreye verilen zararın önüne geçilmektedir,
- İstisraf engellenmektedir,
- Kaynakların verimli kullanımı sağlanmaktadır,
- Atık yönetimi daha verimli yürütülen bir sistem haline gelmektedir,
- Enerjiden tasarruf sağlanmaktadır,
- Duyarlı üretici ve tüketici toplumu oluşturulmaktadır,
- Ülkelerarası prestij elde edilmektedir,
- Hammaddelerin gereksiz kullanımının önüne geçilmektedir,

- Ulusal ve uluslararası alanda belgelerin elde edilmesi kolaylaşmaktadır ve bunların neticesinde ekonomik fayda sağlanmaktadır.

Döngüsel ekonomiye geçişte atık yönetim hiyerarşisi sadece çevre ile ilgilendiğinden dolayı yetersiz kalmıştır. Bu sebeple aşağıdaki şekilde atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde bertaraf edilmesi yerine tükenmek üzere olan kaynakların da ekonomik ve çevre açısından korunması için geliştirilen sıfır atık yönetim hiyerarşisi gösterilmiştir (Kavak, 2020):



Şekil 10. Sıfır Atık Yönetim Hiyerarşisi

(Kaynak: Kavak, 2020)

Sıfır atık yönetim hiyerarşisi, atık yönetim hiyerarşisi ile yeniden kullanım ve geri dönüşüm adımları açısından benzerlik gösterse de ilk ve son adımlar açısından daha geliştirilmiş adımlara sahiptir.

Bu hiyerarşinin henüz ilk adımında israfın önüne geçilmesi, verimli kaynak kullanımının sağlanması ve çevrenin korunması için üretim anında atığın engellenmesi için yapılabilecek yeniden düşünme ve tasarlama gibi her türlü çalışmanın yapılması hedeflenmektedir.

İkinci aşamada açığa çıkması engellenememiş atıkların azaltılması veya yeniden kullanılarak ekonomiye kazandırılması hedeflenmektedir. Bu amaç doğrultusunda hızlı bozulabilecek gıda ürünlerin satın alınmasının azaltılması, uzun süreli veya tekrar

kullanılabilen ürünlerin tercih edilmesi tavsiye edilmektedir (Marmara Geri Dönüşüm, 2012, Erişim Tarihi:06.05.2021).

Üçüncü adımda katı atık yönetim hiyerarşisinde olduğu gibi ürünlerden maksimum fayda elde edilmesi ve yeniden kullanımının sağlanması için yapılabilecek onarım ve yenileme çalışmaları yeniden kullanıma hazırlık aşamasında yapılmaktadır.

Dördüncü aşamada açığa çıkan atıklara değer kazandırmak için geri dönüşüm veya kompostlama işlemleri uygulanarak bu atıkların tekrar hammadde ya da ürün olarak kullanımı sağlanmaktadır.

Maddesel ve kimyasal kazanım aşamasında atıklar kaynaklarında ayrı olarak toplanmaktadır. Bu doğrultuda maliyetleri arttırmadan, ürünlere değer kaybettirmeden geri kazanım işlemleri ve bu işlemlerin araştırmaları yapılmaktadır.

Altıncı adımda, ilk beş adımın ardından ortaya çıkması engellenemeyen atıkların çevreye zarar vermeyecek ve ekonomik fayda sağlayacak şekilde düzenli depolama, geri dönüşüm, arıtma gibi uygulamalar geliştirilmektedir.

Sıfır atık yönetimi hiyerarşisinin son adımında yeniden kullanılması mümkün olmayan atıkların yakma veya enerji üretimi gibi işlemler ile ortadan kaldırılması faaliyetleri yer almaktadır.

Sıfır atık yaklaşımında başarılı sonuçların elde edilmesi için;

- Odak noktasının belirlenmesi,
- Mevcut durumun analiz edilmesi,
- Planlama,
- İhtiyaçların belirlenmesi ve karşılanması,
- Eğitim/bilinçlendirme
- Uygulama ve
- Raporlama olmak üzere yedi temel adım bulunmaktadır (Ergülen ve Atıcı, 2020).

Sıfır atık yaklaşımını benimseyen sıfır atık şehirleri ve sıfır atık şirketleri aşağıda açıklanmıştır:

- Avustralya'nın başkenti Adelaide 2024 yılında Zero Waste SA adlı mevzuatla ev, işyeri ve endüstri dahil olmak üzere bütün kurum ve kuruluşlarda sıfır atık yaklaşımını benimseyen bir şehirdir.
- San Francisco, atık azaltma yasasını yürürlüğe koyarak yeni programlar geliştirmektedir. Bu doğrultuda aynı şekilde hedefleri olan atık yönetim şirketi ile ortaklık kurarak geri dönüşüm kültürü oluşturmak için çalışmak hedeflenmektedir.
- Coca cola şirketi daha az malzeme ve daha az atık ile aynı kalitede üretim yapmayı hedefleyen bir şirkettir. Bunun için plastik şişelerin ağırlığının %25 azaltılmasını, alüminyum kutuların ağırlığının %30 oranında azaltılmasını ve cam şişelerin aydınlatılmasını hedeflemektedir.
- Subaru Türkiye sıfır atık şirketi olarak kağıt ve kartonları geri dönüştürür, taşıyıcı film yapıştırıcıya geri dönüştürülür, metaller yeniden eritilerek kullanılır ve hurda odun hayvan yataklarına dönüştürülmektedir (Song vd., 2015).

Sıfır atık yaklaşımı çerçevesinde atıkların değerlendirilmesi ile elde edilecek kazanımlar aşağıda sayılmıştır:

- Metal ve plastik ürünlerin yeniden üretilmesi yerine geri kazanımının sağlanması ile enerjiden %95 oranında tasarruf sağlanır.
- Bir ton atık kağıdın geri kazanılması sayesinde 17 adet ağacın kesilmesinin önüne geçilerek ormanlar korunur, 12400 m³ sera gazı salınımı engellenir, atıkların değerlendirilmesi ile 2,4 m³ atık depolama alanı kullanılmamış olur.
- Bir ton camın geri dönüştürülmesi ile yaklaşık 100 litre petrol kullanılmamış olur ve hem atıkların kullanımı hem de kaynakların verimli kullanımı sağlanmış olur.
- Atık niteliğine sahip camlar tekrar cam ürünlere, plastik atıklar elyaf ve dolgu malzemesine, metaller ise tekrar metallere dönüştürülerek değerlendirilebilir.
- Organik atıklar kompost ve biyogaz olarak kullanılarak hem topraklara verimi yüksek gübre hem de yeni ve yenilenebilir enerji kaynağından enerji elde edilmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017, Erişim Tarihi: 06.05.2021).
- Sıfır atık yaklaşımının bütün sektörlerle ve toplumun her birimine uygulanmaya çalışılmasının sebebi sürdürülebilir üretim ve tüketimi, en uygun miktarda ve

şekilde geri dönüşümü teşvik ederek hem ekonomik kalkınmayı hem de çevresel kalkınmayı sağlayabilecek bir yaklaşım olmasından kaynaklanmaktadır (Gül, 2019).

3.2.4. Endüstriyel Simbiyoz

Sanayi faaliyetlerinin, refah seviyesinin ve kalkınma hızının artması çabalarının tek başına düşünülerek bütün kaynakların sınırsızca kullanılması ve çevrenin her ihtiyaç için doğrudan veya dolaylı yollardan zarara uğratılması sebebiyle ekolojik sorunların artması durumu pek çok faaliyet kolunu çevrenin korunması ve denge kurulması amacı içinde yeni alternatifler aramaya sürüklemiştir. Bundan dolayı alınabilecek önlemlerin üzerinde durulması, iş birliklerinin yaygınlaştırılması son yılların gündeme oturan çalışmalarıdır.

Çevrenin korunması ve endüstriyel faaliyetlerin kesintisiz yürütülebilmesi için 1989 yılında Frosch ve Gallopoulos tarafından geliştirilen “endüstriyel ekoloji” ve “endüstriyel ekosistem” kavramları, doğal çevresel döngüden esinlenilerek bir işletmenin atığını diğer bir işletme tarafından girdi olarak kullanılmasıyla çevresel etkilerin en aza indirgenmesine odaklanan bir yaklaşım olarak literatürde yerini almıştır (Özkan vd., 2018).

Endüstriyel ekosistem yaklaşımının bir parçası olan endüstriyel simbiyoz kavramı ilk kez 1995 yılında, Lowe ve Evans tarafından “çevre ve ekonomi arasında dengenin kurulması amacıyla geliştirilen, çevresel etkileri azaltan bir sistem” olarak tanımlanmıştır. Endüstriyel simbiyoz, “endüstriyel ortak yaşam” anlamına gelmekte olup “coğrafi konum açısından birbirine yakın ve farklı faaliyet kollarında olan işletmeler arasında enerji, yan ürün, malzeme, su ve üretim süreci atıklarının fiziksel açıdan değişime uğratılarak yeniden kullanılması” olarak açıklanmaktadır (Demircioğlu ve Ever, 2020). Endüstriyel simbiyoz, çevresel faydaların edinilmesi, rekabet avantajının kazanılması, döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik için benimsenen bir yaklaşımdır (Maranesi ve Giovanni, 2020).

Boon ve Berends, Baas ve Boons ile Chertow’un fikir babası olarak kabul edildiği endüstriyel simbiyoz kavramı biyolojiden bitkinin çimlenmesinden ilham alınarak ortaya çıkmış bir yaklaşım olarak “ortaya çıkış öncesi” ve “ortaya çıkış” aşamalarına

dayanmaktadır. Ortaya çıkış öncesi çimlenme süreci, ortaya çıkış süreci ise bitkinin toprak üzerine çıkma sürecidir (Mortensen ve Kornov, 2019).

Endüstriyel simbiyoz kavramı Chertow tarafından beş başlık altında toplanmıştır. Yapılan bu sınıflandırmaya göre endüstriyel simbiyozun atık veya malzeme paylaşımı;

- Atık üzerinden genellikle tek yönlü olarak ömrü tamamlanmış malzemelerin geri dönüştürülmesiyle ya da geri kazanılması ile geleneksel yöntemler ile enerji ve su akışı olmadan sadece kimyasal alışverişi şeklinde,
- Firmalar ya da yakın organizasyonlar arasında malzeme alışverişiyle,
- Eko-endüstriyel park içinde bulunan firmalar arasında malzeme, enerji, su alışverişine ek olarak taşıma ve pazarlama gibi faaliyetlerin paylaşımı ile,
- Yerleşik olmayan yerel firmalar arasında 2-3 km çapındaki firmalar tarafından yapılan paylaşım ile,
- Ülkeler arası gibi geniş çapta geniş bir ortamda sanal olarak firmaların birbirine bağlanması şeklinde yapılabilmektedir (Özkan vd., 2018).

Çevreyle dost yaklaşımlardan biri olan endüstriyel simbiyoz yaklaşımı sayesinde endüstri kuruluşları atık, yan ürün, atıl su ve enerjileri karşılıklı veya tek yönlü kullanarak kaynakları verimli kullanmakta, atıklarını değerlendirerek çevresel performanslarını artırmakta olup sürdürülebilirlik politikalarına uyumlu faaliyetler göstererek rekabet dünyasında var olma savaşında kendilerini kanıtlayabilmektedirler.

Endüstriyel simbiyoz, kaynak verimliliğini yükseltmeye odaklanan işbirlikçi yaklaşımları kapsamaktadır. İnovatif bir yaklaşım olarak nitelendirilen endüstriyel simbiyoz, bilgiyi oluşturmak, paylaşmak, ihtiyaç duyulan girdilerin tedariki, üretimin ardından kalan artıklara katma değer yüklemek ve iş sürecini iyileştirmek için birden fazla kuruluşu bir ağda toplamaktadır (Maranesi ve Giovanni, 2020).

Endüstriyel simbiyoz yaklaşımı farkındalık ve ilgi yaratma, bağlantıların ortaya çıkarılması ve araştırılması ve organizasyon olmak üzere üç kritik faktörün bileşiminden oluşmaktadır. İlk olarak ekonomik ve sosyal faydalar üzerine farkındalığın kazandırılması gerekmektedir. Çöp olarak görülen bir atığın sunduğu faydaların görülmesi kaynak akışında köklü bir değişikliğe sebep olacak ve yenilik sürecine ilk adım atılacaktır. Bir sonraki adımda finansal destek olarak nitelendirilen teşvik, yeşil yatırım vergi kredileri ve inovasyon hibeleri ile ilgi uyandırılmaktadır. Endüstriyel simbiyoz

yaklaşımının bağlantıları araştırma ve eğitim kurumlarıdır. Bu bağlantılar kolaylaştırıcı ya da koordinatör rolünü üstlenmektedirler. Son adımda organizasyonlar olarak nitelendirilen şirketler fizibilite çalışmaları ve yeni tasarlanan bu modelin mevcut duruma uygunluğunu inceleyerek düzenleme yapmaktadırlar (Mortensen ve Kornov, 2019).

Endüstriyel simbiyoz yaklaşımının benimsenmesi için girişimleri desteklemek, pazarları şekillendirmek, engelleri kaldırmak ve sürdürülebilir ürünlerin üretimini desteklemek için hükümetler tarafından çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda Avrupa Komisyonu tarafından “Döngüsel Ekonomi Eylem Planı” oluşturularak döngüsel ve yeşil ekonomiye geçişte kamu ve özel fonlar ile çalışmalar ve yatırımlar desteklenmektedir (Maranesi ve Giovanni, 2020).

Endüstriyel simbiyoz ile doğal kaynakların tüketiminde azalma, atık ve tehlikeli atık minimizasyonu, atıkların ve atıl enerji ve suyun tekrar kullanımı ile doğal hammadde kaynaklarının tüketiminde azalmalar, karbon ayak izinde indirgemeler (CO2 salınımında azalma), su ayak izinde indirgemeler, atık veya yan ürün girdileri ile üretim maliyetlerinde düşüş, yeşil endüstriler ve yeşil pazarlama kavramlarına yönelik pazar payında artışlar, ulusal ve uluslararası boyutta rekabette prestij kazanımları, yan ürün ve atıl malzemelerle sağlanan ek satışlar, özel sektör yatırımları ile yaratılan iş, istihdam imkanları, atık ve yan ürünlerin değerlendirilmesi için AR-GE çabaları ile inovasyon ve girişimciliğe katkı, çevresiyle dost/rekabetçi endüstriyel bölgeler içi işbirliği kültüründe gelişmeler sağlanmaktadır.

4. KOMPOST ve BİYOGAZ

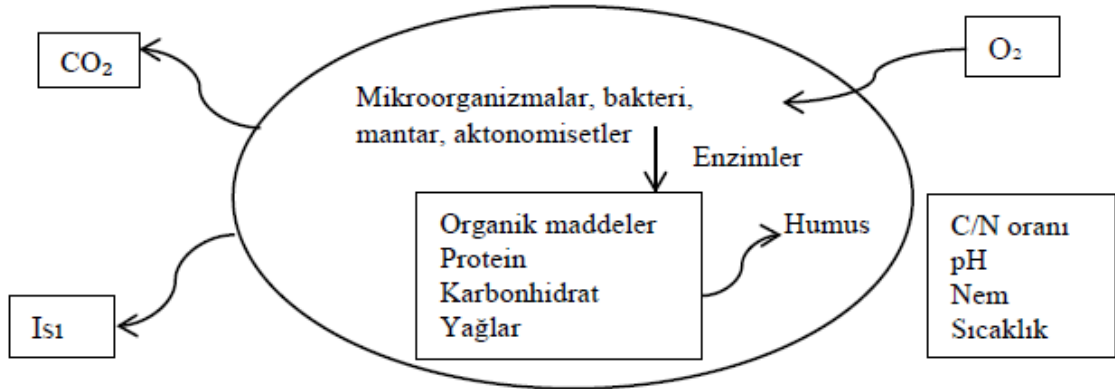
Enerji ve gübre kaynağı olan atıklar kompost ve biyogaz olmak üzere iki yöntem ile değerlendirilebilmektedir.

4.1. KOMPOST

Kompost, ayrışabilecek nitelikteki organik maddelerin belirli şartlar altında, uygun koşulların sağlanmasıyla dönüştürülerek elde edilen, toprağa benzeyen ve verimi yüksek olan maddelerdir (Nazilli, 2018).

Kompostlama, ham halde olan atığın bertaraf edilmesinin sonucunda depolama alanlarında ve toprak uygulamaları ile aerobik bakteriler ve diğer mikroorganizmalar tarafından bozunmaya uğratarak gerçekleştirilen bir süreçtir (Günay ve Dursun, 2018).

Kompostlama süreci şekilde gösterilmektedir:



Şekil 11. Kompostlama Prosesi

(Kaynak: Günay ve Dursun, 2018)

Atık yönetimi sisteminin parçası olan kompostlaştırma pek çok atığın kullanımı ile geri dönüşüm yöntemi olarak küresel anlamda kabul edilen etkili bir araçtır (Arslan Topal ve Topal, 2013; Öztürk, 2017).

4.1.1. Kompostlaştırma Süreci

Kompostlaştırma süreci için dört önemli adım bulunmaktadır:

- İlk olarak ön işlem aşamasında hammaddeler karıştırılmaktadır ve işlenmektedir.
- İkinci aşamada aktif kompostlaştırma işlemine geçilmektedir. Bu aşamada patojen gideri önem taşımaktadır.

- Üçüncü adımda olgunlaşma sürecine geçilerek olgun ve sabit ürünün elde edilmesine başlanmaktadır.
- Dördüncü adımda elde edilen kompostun dağıtımı ve satışı gerçekleştirilmektedir (Öztürk vd., 2015).

Kompostlaştırma yönteminde kullanılan metotlar pasif veya açık yığında kompostlaştırma, aktarmalı yığında kompostlaştırma, havalandırılmalı statik yığında kompostlaştırma, reaktörde kompostlaştırma, bahçe tipi kompost, olmak üzere beşe ayrılmaktadır (Kenar, 2020).

4.1.2. Kompostlaştırma Sürecinde İhtiyaç Duyulan Parametreler

Kompostlaştırma işleminin maksimum fayda ile sonuca ulaşması için ihtiyaç duyulan parametreler şu şekildedir:

- Mikroorganizmalar için minimum %5 oksijen oranı sağlamalıdır.
- Karbon/azot (C/N) oranının 30/1 düzeyinde korunması gerekmektedir.
- Karışım porozitesi %30 ile %35 oranları arasında olmalıdır.
- Oluşturulan karışımda su oranı en az %55 en çok %65 arasında olması gerekmektedir (Yaldız ve Külcü, 2018).
- Partikül boyutları 0,32-1,27 cm çap oranları arasında olmalıdır.
- pH değeri 6.5-8 olmalıdır.
- Uygun sıcaklığın 55-60 derece arasında olması gerekmektedir (Günay ve Dursun, 2018).

Kompostlaştırma yöntemi, aerobik kompostlaştırma ve anaerobik kompostlaştırma olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aerobik kompostlaştırma yöntemi, sızdırma olmayan zeminde havalandırma, karıştırma ve sulama işlemleri ile gerçekleştirilen kompost üretim şeklidir. Anaerobik kompostlaştırma yöntemi, oksijensiz ortamda kapalı reaktörlerde uygun sıcaklık, nem ve pH dengesinin sağlanmasıyla yapılan kompost üretim şeklidir (Nazilli, 2018).

4.1.3. Kompostlaştırma Sürecinde Kullanılan Atıklar

Kompostlaştırma yönteminde kullanılarak çevrenin korunmasına katkı sağlayacak atıklar aşağıda maddeler halinde listelenmiştir:

- Unlu mamuller, süt, kahve, bozulmuş meyve, sebze, yemekler, yumurta kabukları, gıda atıkları, deniz ürünü atıkları, artık yemekler, çay poşetleri ve çay atıkları gibi yemek atıkları,
- Hazır gıda paketleri, gazete, kağıt, ilaç kağıtları, kağıt mendil, buruşturulmuş kutular, meyve suyu ve süt kutuları, kağıt bardak, peçete, kağıt tabak gibi kağıt atıkları,
- Karton yemek paketleri ve giyim paketleri gibi kalın karton ve mukavva atıkları,
- Çalı, yaprak, çim kırıntısı, bahçe atıkları, dallar, ot, budama bitkileri vb. park ve bahçe grubuna giren atıklar,
- Odun atıkları grubunda yer alan talaş, yonga, kereste ve odun parçaları,
- Organik atıklar grubunda olan mısır kabuğu, mısır koçanı, pamuk yumakları, hayvan atıkları, çimen parçaları, hayvanlar için kullanılan saman ve ot atıkları, tekstil ürünleri vb. atıklar (Yıldız vd., 2009).

4.1.4. Kompost Tesisinin Genel ve Teknik Özellikleri

Bir kompost tesisinin genel ve teknik özelliklerinde dikkat edilmesi gereken hususlar maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır.

Kompost tesisinin sahip olması gereken genel özellikler;

- Düzenli depolama tesisi sınırları içerisinde kurulan tesisler dışında, kompost tesis sınırının yerleşim birimlerine en yakın mesafesinin 250 metre olması gerekmektedir.
- Kompost üretimi esnasında toprağın, yeraltı ve yerüstü sularının kirlenmesi önlenmelidir.
- Tesisin kurulacağı alanda rüzgarın yönüne dikkat edilmelidir.
- Tesiste atıkların işlenmesi sonucunda elde edilen ürünlerin yağışla temasını engelleyen kapalı ürün deposu bulunmalıdır.
- Tesisten kötü koku, toz ve zararlı gaz salınımının önüne geçilmelidir.
- Entegre bir kompost tesisinde en az birer adet kantar, araç parkı, idari bina ve yıkama ünitesi bulundurulmalıdır.
- Atıkların çevresel sisteme zarar vermeyecek şekilde alımı ve kullanımı yapılmalıdır.

- Atık kabul biriminin, atıkları işleme almadan en az bir gün bekletilebileceği kapasiteye sahip olması gerekir.
- Yağış zamanı atıkların zarar görmemesi için atık kabul birimlerinin üstü kapalı inşa edilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde tesisin tabanının da kanalizasyon ve yeraltı sularıyla temasının önüne geçilecek şekilde düzenlenmesine dikkat edilmelidir.
- Tesise gelmiş fakat işlenebilecek nitelikte olmayan ve tesisten çıkan değerlendirilemeyen ürün veya atıklar mevzuata uygun şekilde bertaraf edilmelidir.
- Tesis içinde yağmur suları, atık sularından ayrı toplanmalıdır.
- Tesise gelen atıkların kaynağı, kodu, miktarı ve tesise nasıl geldiğine dair bilgiler veri kayıt sistemine alınmalıdır.
- Tesislerde oluşan kötü koku için 2013 tarihinde yayınlanan “Koku Oluşturan Emisyonların Kontrolü Hakkında Yönetmelik” hükümlerine göre hareket edilmelidir.
- Tesiste faaliyetler yürütülürken oluşan atıksular için 2004 tarihli “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği” çerçevesince ilerlenir.
- Tesiste sızıntı sular için arıtma tesisi yoksa Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği hükümlerine göre faaliyet yürüten atıksu tesisleri ile bağlantı esaslarına uyarak bağlantı kurulması gerekmektedir (Resmî Gazete, Kompost Tebliği, 2015).

Kompost tesisinin taşınması gereken teknik özellikler;

- Kompost tesisinde bozunma sürecinin daha kolay olması için boyut küçültme, parçalama ve eleme işlemlerinin yapıldığı ön şartlandırma ünitesi, kompostlaştırma ünitesi, son şartlandırma ünitesi, son eleme ünitesi ve ürün biriktirme alanı bulunmalıdır.
- Kompostlaştırma sürecinden en iyi faydayı elde edebilmek için yığının sıcaklığının günlük, nem oranının ise haftalık kontrolü yapılmalıdır.
- Atıkların kaynağında işlendiği hahçe tipi kompost sistemleri ve solucan tipi kompost sistemlerinde atıklar kaynağında işlendiğinden dolayı bu Kompost Tebliği hükümlerine göre hareket edilmesi zorunlu değildir.

- Hayvansal atıkların kullanımında, kompostlaştırma ünitesinde minimum 1 saat boyunca 70 °C sıcaklığın sürekli olarak sağlanması ve bunun sağlandığının belgelenmesi ya da tesiste 1 saat boyunca 70 °C sıcaklığın sağlanacağı bir hijyen ünitesinin bulunması gerekmektedir.
- Kapalı veya yığın kompost tesislerinde; havalandırma sisteminin, uçucu bileşikler, çürüme sonucunda oluşan kirleticiler, mikroorganizma ve alerjenlerin sebep olabileceği gaz ve kokunun temizlenebileceği şekilde kurulması ve çalıştırılması gerekmektedir (Resmi Gazete, Kompost Tebliği, 2015).

4.1.5. Kompostlaştırma Yöntemi ile Elde Edilecek Avantajlar

Kompostlaştırma yöntemi sayesinde;

- Hastalığa ve mantara sebep olan mikroorganizmalar kompostun içinde bulunan faydalı mikroorganizmalar sayesinde yok edilmektedir.
- Zirai ürünlerde pH değerinin nötre yakın olması istenmektedir ve kompostun pH değeri nötre yakın bir değerdedir. Toprağa kompost ilave edilmesi, toprağın veriminin yükselmesini sağlamaktadır. Ayrıca toprağın havalanması, drenajı, kumlu toprakların ise suyu tutabilme yeteneği iyileştirilmektedir.
- Organik atıklardan elde edilen kompost, bitkilerin büyümesinde ihtiyaç duyulan nütrientlerin tamamını barındırmaktadır.
- Kompostun içinde bulunan organik formdaki besi maddeleri genellikle organik bir forma sahip olup mikrobiyal aktivitenin ardından atmosfere bırakılmaktadır. Toprağın serin olduğu aylarda mikrobiyal aktivite azaldığı için yıkanabilir besi madde miktarında da azalma görülmektedir.
- Kompost sayesinde ağaç yetiştirilmesinde mantar öldüren kimyasal ilaçların kullanımını azalmaktadır (Öztürk, 2017).
- Kentsel katı atıkların kompost olarak değerlendirilmesi ile organik karbon, azot ve potasyum açısından zengin mikroelement kaynağı elde edilmiş olmaktadır ve kompostun kullanımı ile bazı bitkilerin yetiştiriciliğinde verimin arttığı gözlemlenmiştir.
- Kentsel katı atıklardan elde edilen kompostun organik madde içeriği ve iyileştiricileri fazla olduğundan dolayı eğimli arazilerde kullanıldığı takdirde erozyonun önüne geçilmektedir.

- Kompost kullunımı sayesinde bitki besin element döngüsü ve toprağın katyon değişim kapasitesi iyileştirilmektedir.
- Ekonomik açıdan faydalı olan bir kaynaktır (Demirtaş, 2004).

4.2. Biyogaz

Biyogaz ile ilgili çalışmalar ilk olarak İngiltere’de 1895 yılında yapılmıştır. Ardından 2. Dünya Savaşı döneminde Almanya ve Fransa’da organik maddeler biyogaz üretimi için kullanılmıştır (Nacar Koçer vd., 2006).

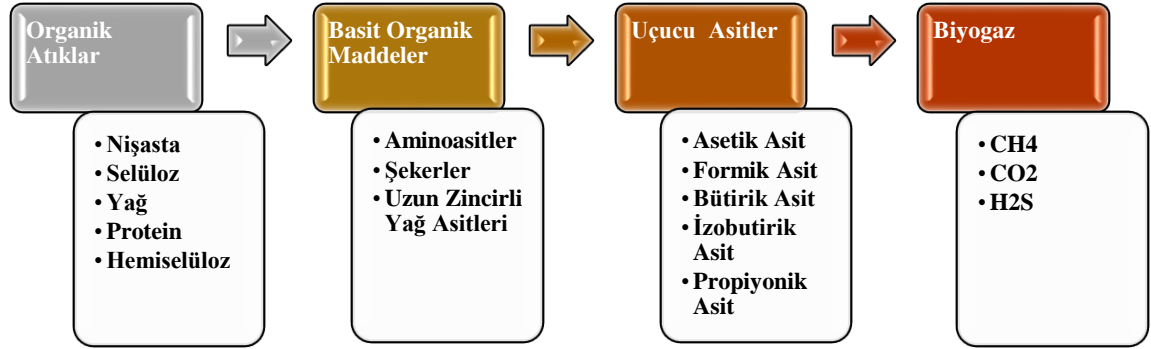
Biyogaz, bitkisel ve hayvansal kaynaklı olan organik atıkların dönüştürülmesi neticesinde metan (CH₄) ve karbondioksitten (CO₂) meydana gelen gazdır. Biyogazın elde edilebilmesi için oksijensiz ortam gerekmektedir (İlkılıç ve Deviren, 2011). Renksiz ve yanıcı bir gaz olan biyogaza “bataklık gazı”, “gübre gazı” ve “gobar gazı” isimleri de verilmektedir. Organik maddelerden yaklaşık %40 ile %60 oranlarında biyogaz elde edilmektedir (Baştan vd., 2017).

Organik ve endüstriyel atıklardan biyogaz elde edilmesi, biyogazın içeriğindeki metanın (CH₄) karbondioksite (CO₂) kıyasla 23 kat daha fazla sera etkisine sebep olmasından dolayı biyogazı hem ekonomik hem de çevresel açıdan daha avantajlı bir kaynak haline getirmektedir (Çelikkaya, 2016).

Organik maddeler genellikle çevreye direkt bırakılmaktadır veya yakılarak çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Doğrudan çevreye bırakılan bu maddeler gübre olarak kullanıldığında hayvanlarda aşılama yapıldıysa patojen bakterilerin oluşumuna sebep olarak gübreyi verimsizleştirmektedir. Bu olumsuzluk biyogaz üretimi sonucunda oluşan yan maddelerin gübre olarak değerlendirilmesiyle toprak verimini %10 artırarak ortadan kaldırılmaktadır (Şenol vd., 2017).

4.2.1. Biyogaz Üretimi Aşamaları

Biyogaz üretimi hidroliz, asit oluşumu ve metan gazının oluşumu olmak üzere üç aşamanın ardından olmaktadır. Biyogaz oluşumu şekil 12’de gösterilmiştir:



Şekil 12. Anaerobik Ayrışma Basamaklarının Genel Gösterimi

(Kaynak: Deviren vd., 2017)

Hidroliz aşamasında karmaşık yapıya sahip organik moleküller mikroorganizmaların salgıladığı enzimler aracılığıyla daha küçük yapıya getirilmektedir. Bu aşamada karbonhidratlar pentoz, glikoz ve heksoza, asitler hidrojene, proteinler polipeptid ve aminoasitlere dönüştürülmektedir (Özbaşer ve Erdem, 2013). Dönüşümün ardından karbondioksit (CO₂) ve hidrojen (H) gazı meydana gelmektedir ve biyogazın oluşumu için kullanılan atıklar büyük oranda suda çözünür hale gelmektedir (İlkılıç ve Deviren, 2011).

Asit oluşturma aşaması olan ikinci adımda, hidroliz aşamasında çözünür hale gelen maddeler asit üreten bakteriler tarafından karbon miktarı fazla olan uçucu yağ asitlerine dönüşmektedirler. Bu aşamada karbonhidratlar H₂, karbondioksit (CO₂) ve etanole, yağ asitleri H₂ ve asetata, amino asitler ise süksinik asit ve H₂'ye dönüşmektedir (Özbaşer ve Erdem, 2013).

Son adımda ise asit oluşturma aşamasından sonra elde edilen asetik asitin parçalanmasıyla ya da karbondioksit ve H₂ senteziyle metan (CH₄) oluşumu gerçekleşmektedir (Deviren vd., 2017).

4.2.2. Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler

Biyogaz üretiminin başarıya ulaşması için dikkat edilmesi gereken hususlar:

Organik Besleme Akımı: Biyogaz üretimi için sıcaklığın düzenli olarak kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bu sebeple reaktörlere sık sık besleme yapılmalıdır. Organik besleme akımı olarak isimlendirilen besleme durumu, mikroorganizmaların biyogaz üretimi yapabilmesi için tüketeceği organik madde miktarının azalmamasına ihtiyaç

duyulduğundan dolayı ve daha fazla gaz üretiminin yapılabilmesi için önem taşımaktadır (Şenol vd., 2017).

pH Değeri: Biyogaz üretiminde metan üretimi yapan bakteriler, asit üretimi yapan bakterilerden daha hızlı çoğaldıkları için biyogaz reaktörünün pH değeri sürekli olarak kontrol edilerek bu değerin 6,8 ile 7,5 arasında korunması gerekmektedir (Yağlı ve Koç, 2019).

Yükleme Oranı: Yükleme miktarının olması gerekenden fazla tutulması ortamda asit birikimine ve pH değerinin düşmesine neden olmaktadır. Şartların uygunsuz olması nötr ya da alkali ortamda yaşayan bakterilerin verimli çalışmasını engelleyerek gaz üretimini azaltmaktadır. Biyogaz üretiminde en iyi ortam şartlarının sağlanması için birim üretim hacmine uygun olarak bir gün içinde yüklenen organik kuru madde miktarı olan yükleme miktarının günde 1-5.8 kg (UK- Uçucu Katı=Hammaddelerin biyogaza dönüşen organik kısmı)/m³ arasında olması gerekmektedir. Mesofilik ortamda bu miktar en fazla 4 kg-UK/m³ olmalıdır (Özbaşer ve Erdem, 2013).

Toksik Maddeler: Deterjan, ağır metal ve mineral iyonlar atıkların içinde olan bakterilere toksik etkide buldukları için biyogaz üretimi azalmakta ya da üretim tamamen durmaktadır. Bunun yanında yüksek miktarda olmamak şartıyla sodyum, kalsiyum, magnezyum, potasyum, amonyum ve kükürt gibi mineral iyonlar bakteriler için faydalıdır. Bakır, krom, çinko, nikel ve kurşun gibi ağır metaller eser miktarda bulunduğu zaman bakterilere fayda sağlarken yüksek miktarda bulunmaları toksik etkiye sebep olmaktadır (İlkılıç ve Deviren, 2011).

Karbon/Azot (C/N) Oranı: Biyogaz üretimi için karbona ihtiyaç duyulduğu gibi anaerobik bakterilerin gelişimi için de azota ihtiyaç duyulmaktadır. Ortamda optimum miktardan daha az azot bulunursa bakterilerin gelişimi yavaşlamaktadır. Olması gerekenden daha fazla azotun bulunması ise yanmayan ve kötü kokulu bir gaz olan NH₃ oluşumuna sebep olmaktadır. En verimli şekilde biyogaz üretiminin yapılabilmesi için ideal karbon/azot oranının 25-30/1 aralığında olması gerekmektedir (Yağlı ve Koç, 2019).

Hidrolik Bekletme Süresi: Biyogaz üretimi için kullanılan maddelerin %70-80'inin yıkımlanması sırasında geçen süredir. Bu süre soğuk bölgelerde 100 güne kadar çıkarken, sıcak bölgelerde yaklaşık 40-50 gün sürmektedir. Mesofilik ortamda gübreye göre de farklılık gösteren gün sayısı sıvı tavuk gübresinde 20-40 gün, sıvı domuz gübresinde 10-

25 gün, sıvı sığır gübresinde ise 12-30 gün arasında sürmektedir. Hidrolik bekletme süresi kısa tutulursa biyogaz üretiminde azalma görülmektedir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için reaktör sıcaklığının yüksek olması gerekmektedir. Termofilik sıcaklıkta bekletme süresi 20-25 gün, mesofilik sıcaklıkta bekletme süresi 20-40 arasında sürerken psikofilik sıcaklıkta bu süre 100-300 gün sürmektedir (Özbaşer ve Erdem, 2013).

Hidrolik besleme süresi: $\frac{\text{Reaktör Hacmi}}{\text{Günlük Debi}} = \frac{m^3}{m^3/gün}$ formülü ile hesaplanmaktadır (İlkılıç ve Deviren, 2011).

Katı Madde Miktarı: Biyogaz üretiminin yüksek verimli bir şekilde yapılabilmesi için tesislerde biyokütle adı verilen katı madde miktarının %7 ile %12 oranları arasında olması gerekmektedir. Katı madde ve su miktarının olması gerekenden az veya fazla olması mikroorganizmalar açısından uygun olmayan bir ortam oluşturmaktadır (Şenol vd.,2017).

4.2.3. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilecek Atıklar

Biyogaz, atık miktarını azaltacak ve enerji ihtiyacının çevreye zarar vermeden kesintisiz karşılanmasını sağlayabilecek nitelikte bir yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Biyogaz üretiminde kaynak olarak kullanılabilecek atıklar;

- Evsel katı atıklar,
- Deri ve tekstil endüstrisi atıkları,
- Zirai atıklar,
- Orman endüstrisinden çıkan atıklar,
- Şeker endüstrisi atıkları,
- Kağıt endüstrisi atıkları,
- Maya, süt, içecek üretimi vb. gıda endüstrisi atıkları,
- Sebze, tahıl, meyve ve yağ endüstrisi atıkları,
- Yemek atıkları,

- Büyükbaş hayvancılık, küçükbaş hayvancılık ve tavukçuluk faaliyetleri kaynaklı hayvan gübrelere (Deviren vd., 2017).

Biyogaz, verimliliğini içeriğindeki metan (CH₄) gazından almaktadır. Tabloda biyogazın içeriği ve biyogaz üretiminde kullanılacak atıkların metan içeriği gösterilmektedir:

Tablo 6. Biyogazın İçeriği ve Organik Atık Cinslerine Göre Metan Yüzdeleri

Gazın Cinsi	Gazın İçeriği (% değeri)
CH₄	40-70
CO₂	30-60
H₂S	0-3
H₂	0-1
O₂	0,01-0,02
N₂	0,1-1
Organik Atıklar	Hacimce CH₄ İçeriği (% değeri)
Sığır gübresi	65
Tavuk gübresi	60
Domuz gübresi	67
Saman	59
Çimen	70
Yapraklar	58
Mutfak Çöpleri	50
Deniz Yosunu	63
Su sazi	52

(Kaynak: Şenol vd., 2017)

4.2.4. Biyogazın Sağladığı Avantajlar

Biyogazın yenilenebilir enerji kaynağı olarak sağladığı avantajlar şu şekildedir:

- Çevre ile dost bir enerji kaynağı olarak aynı zamanda gübre olarak da kullanılabilir.
- Hayvan gübrelerinin sebep olduğu hastalıkların önüne geçerek insan sağlığını korumaktadır.
- Hayvan gübrelerinden çıkan kötü koku oluşumunun önüne geçilmektedir.
- Biyogaz üretiminin ardından açığa çıkan atıklar verimi yüksek gübre olarak kullanılmaktadır.
- Atıkların geri kazanımı sağlanmaktadır.
- Temiz ve ısı değeri yüksek enerji sağlanmaktadır.
- Biyogaz üretildikten sonra hayvan gübresinden çıkabilecek ot tohumlarının çimlenme niteliği kaybolmaktadır (Yılmaz vd., 2017).

4.2.5. Biyogazın Kullanım Alanları

Biyogazın hammaddesinin atıklar olması çevresel sorunların önemli ölçüde en aza indirgenmesine katkı sağlamaktadır (Şenol vd., 2017).

Çevre ile dost, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyogaz, aynı zamanda yerli bir enerji kaynağı olarak ülkelerin enerji açısından dışarıya bağımlılığının azaltılmasına, ekonomik kalkınmasının sağlanmasına ve kalkınmanın sürdürülebilirliğine yardımcı olmaktadır.

Biyogazın enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi içeriğindeki metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) oranına bağlıdır. Karbondioksitin ısı miktarı yükseldikçe ısınma ısı azalmaktadır. Biyogazın içeriğindeki karbondioksit (CO_2) miktarının biyogazın ısı değerine katkısı yoktur. Isıl değer metan (CH_4) oranına bağlı olarak şekillenmektedir (Deviren vd., 2017:83-84). Bu sebeple biyogazın içeriğindeki karbondioksit miktarını mümkün olduğu kadar minimum seviyede tutularak verimliliğin yükseltilmesi gerekmektedir.

Temiz, yerli ve yenilenebilir bir kaynak olan biyogazın kullanılacağı alanlar aşağıda listelenmiştir:

- Termosifon, şofben, fırın ve ocaklarda ısıtma için kullanılabilir.
- Elektrik enerjisine dönüşüm ile ya da direkt yanma ile aydınlanma amaçlı enerji kaynağı olarak kullanılabilir.
- Benzin kullanılan motorlarda doğrudan, diesel motorlarda yaklaşık %18-20 oranında motorin ile karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir (Mahdıyan Nasl, 2015).
- Biyogaz üretildikten sonra elde edilen sıvı haldeki organik gübre tarlalarda kullanılabilir. Ayrıca bu sıvı gübre tercih durumuna göre “Biyokurutma ve Biyometanizasyon Tesisleri ile Fermente Ürün Tebliği” esas alınarak susuzlaştırılarak ya da havuzlarda kurumaya bırakılarak tarlalar için yüksek verimli gübre haline getirilerek kullanılabilir (Üregen Güler, 2020).

4.2.6. Biyogaz Üretimi İçin Kullanılan Sistemler

Biyogaz üretimi için kesikli (batch) fermantasyon, beslemeli-kesikli fermantasyon ve sürekli fermantasyon olmak üzere üç sistem kullanılmaktadır.

- Kesikli (batch) fermantasyon sisteminde tesiste kullanılan üretim tankı (fermantör) biyogaz üretimi için kullanılacak olan hayvansal veya bitkisel atıklar ile doldurulur. Sistemin bekleme süresi kullanılan atığın türüne ve sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Süreç sonunda sistem boşaltılmaktadır ve yeniden doldurularak üretime devam edilmektedir.
- Beslemeli-Kesikli Fermantasyon sisteminde tank ilk olarak bir miktar doldurulmaktadır. Fermantasyon süreci günlük olarak devam etmektedir. Süreç sonunda fermentör boşaltılmaktadır ve yeniden doldurularak süreç devam etmektedir.
- Sürekli fermantasyon sisteminde besleme tanklardan gaz çıkışı başladığı anda günlük olarak yapılmaktadır. Sisteme aktarılan karışım miktarı kadar gazı alınan çökelti sistemden alınmaktadır. Sistemden alınan materyal kadar tekrar yükleme yapılmaktadır (Anonim, <https://acikders.ankara.edu.tr>, Karadağ, <https://cdn.bartın.edu.tr> Erişim Tarihi: 26.05.2021).

4.2.7. Biyogaz Tesisi Çeşitleri

Biyogaz tesis çeşitlerinin genel olarak gruplandırılması,

- Belediye katı atık arıtma tesisleri
- Endüstriyel biyogaz tesisleri
- Atık su arıtma tesisleri
- Tarımsal biyogaz tesisleri
 - Çok küçük ölçekli (aile tipi) biyogaz tesisleri
 - Küçük ölçekli (çiftlik tipi) biyogaz tesisleri
 - Orta ölçekli (merkezi) biyogaz tesisleri
- Çöp gazı geri kazanım tesisleri olmak üzere beşe ayrılmaktadır (Üregen Güler, 2020).

4.2.7.1. Belediye katı atık arıtma tesisleri

Atıkların değerlendirilmesine verilen önem arttıkça birtakım işlemler ile bu atıklar enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Belediye katı atık arıtma tesisleri, evsel, organik kökenli vb. katı atıkların çevreye zarar vermeden düzenli olarak işlenmesi amacıyla kurulan tesislerdir. Atıklar, depolamak ya da yakmak yerine atık arıtma tesislerinde sıfır atık yönetim hiyerarşisi yaklaşımı içinde biyogaz üretimi için değerlendirilebilmektedir.

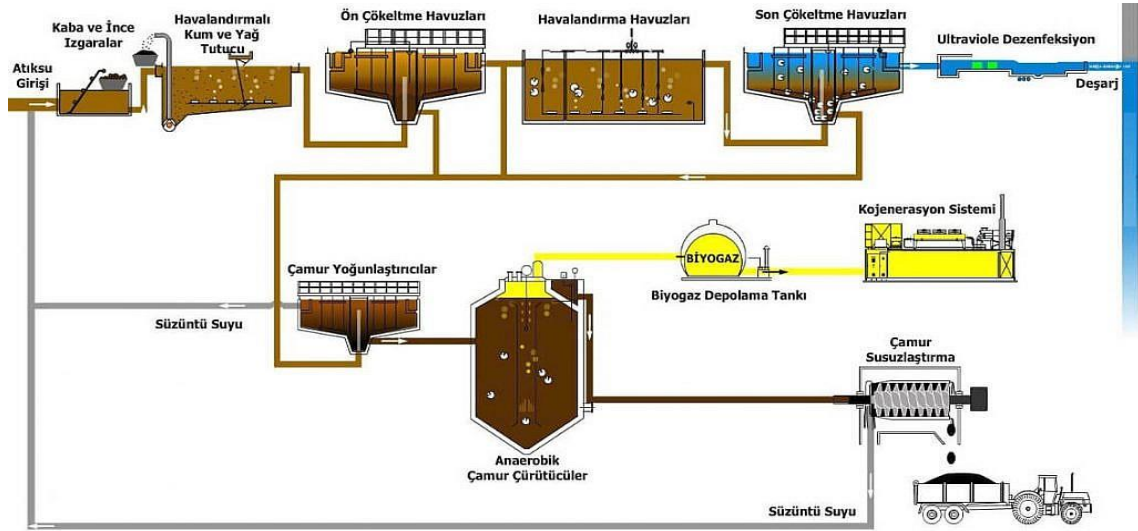
4.2.7.2. Endüstriyel biyogaz tesisleri

Çevrenin korunmasına büyük ölçüde katkı sağlayan endüstriyel biyogaz tesisleri besin geri dönüşümü ile atık bertarafı maliyetlerini minimize etmektedir, enerji ihtiyacının karşılanmasına katkı sağlamaktadır ve atıkların çevreyle dost yaklaşım içinde değerlendirilmesi sağlanmaktadır (Üregen Güler, 2020).

4.2.7.3. Atıksu arıtma tesisleri

Tarımsal, endüstriyel veya evsel faaliyetlerin sonucunda çıkan atıklar ile sıvı ya da suyun taşıyabildiği atıkların temiz olan yüzey veya yeraltı sularına ve yağışlara karışmasıyla oluşan sulara “atık su” adı verilmektedir (Yüksekdağ vd., 2020).

Atık su arıtma tesisleri; kimyasal, fiziksel, biyolojik ya da nükleer kirlenmenin olduğu atık suların, alıcı mekanın özelliklerini tahrip etmeyecek şekilde zararlarını minimuma indirgeyen ya da tamamen ortadan kaldıran tesislerdir (Kınık ve Aykaç, 2021). Şekilde atık su arıtma tesisinin şematik genel gösterimi verilmiştir:



Şekil 13. Atıksu arıtma tesisi akış şeması

(Kaynak: Kentharita)

Şekilde görüldüğü gibi temel olarak atık su arıtma tesisinde suyun arıtılması için ızgaralar aracılığı ile atık su süzülmemektedir. Süzme işleminin ardından madde eklenmesi ile atıkların çökmesi sağlanmaktadır. Son olarak besleme yapılarak atık sular arıtılmaktadır. Ayrıca açığa çıkan çamurların biyogaz için kaynak olarak kullanılmasıyla enerji ihtiyacının karşılanmasına katkı sağlanmaktadır. Tesiste yapılan bu biyogaz üretimi genellikle tesisin elektrik ihtiyacını karşılamakta yeterlidir.

4.2.7.4. Tarımsal biyogaz tesisi çeşitleri

Çok Küçük Ölçekli (Aile Tipi) Biyogaz Tesisleri: 6-12 m³ kapasiteye sahip olan bu tipteki tesisler özellikle Çin’de yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok küçük ölçekli biyogaz tesislerinden elde edilen biyogaz için ayrıca bir depolama alanı oluşturulmamaktadır ve tesisin içinde kubbe kısmında toplanmaktadır. Bu durumda gaz basıncının düşmemesi için tesisler kullanım yerlerine yakın inşa edilmektedir (Gülen ve Arslan, 2005).

Küçük Ölçekli (Çiftlik Tipi) Biyogaz Tesisleri: 50, 100, 150 m³ kapasiteye sahip olan tesislerdir. Bu tipteki tesisler kısıtlı imkanlarla kurulduğu için ileri düzeydeki teknoloji kullanılmamaktadır ve yüksek verim elde edilememektedir. Çiftlik tipi biyogaz tesisinden elde edilen enerji bir ailenin ısınma, sıcak su ve mutfak ihtiyaçlarını karşılayabilecek kapasiteye sahiptir. Çiftlik tipi biyogaz tesisi şekil 14'te gösterilmektedir (Dede vd., 2017):



Şekil 14. Çiftlik Tipi Biyogaz Tesis

(Kaynak: toprakbilgi.com)

Orta Ölçekli (Merkezi) Biyogaz Tesisleri: Bu tür biyogaz tesislerinde atıklar çiftliklerden toplanarak tesise getirilmektedir ve atık toplama alanına bırakılmaktadır. Merkezi biyogaz tesislerinde gazın transferi esnasında oluşabilecek hizmet, zaman ve giderlerin kayıplarını önlemek amaçlanmaktadır. Danimarka'da sıkça kullanılan merkezi biyogaz tesis tipi hayvancılık faaliyetlerinin yürütüldüğü yerlerde kurulmaktadır (Üregen Güler, 2020).



Şekil 15. Biyogaz Tesis

(Kaynak: Gazete Ekonomi)

4.2.7.5. öp Gazı Geri Kazanım Tesisleri

Katı atık depolama alanlarından mikroorganizmalar aracılığı ile farklı gazların karışımı niteliğinde, içeriğinde %40-60 oranında metan (CH₄) kalanı ise karbondioksitten (CO₂) oluşan gaza çöp gazı (LFG) adı verilmektedir. öp gazı elde etme süreci, bir araya getirilen çöplerin sızdırmaz kil ile üzerinin örtülmesi ile başlamaktadır. Bu süreçte aerobik bakteriler zaman içinde atıkların içeriğindeki oksijeni (O₂) bitirmektedirler ve ortamda oksijenin tükenmesinden sonra anaerobik bakterilerin üremesiyle anaerobik (oksijensiz) ortamda çöp gazı üretimi gerçekleşmektedir (Elinç, 2019, Vikipedi Erişim Tarihi:26.05.2021).

İçerik açısından biyogazla benzerlik gösteren çöp gazının biyogazdan farkı sahadaki atıkların ayrışma esnasında oluşturabileceği toksik gazların oluşma ihtimalinden kaynaklanmaktadır. Maliyeti düşük, çevreyi koruyan bir enerji kaynağı olan çöp gazı, düzenli depolama alanlarının uzak yerde konumlanması sebebiyle ısınma ve yakıt gibi alanlarda ihtiyacı giderebilecek nitelikte olmasına rağmen genellikle depolama sahalarının elektrik ihtiyacının giderilmesi için kullanılmaktadır (Üregen Güler, 2020).

5. BİYOGAZ TESİSİ SENARYOLARI ve VERİMLİLİK ANALİZİ

Fosil yakıtların ekonomik ve çevresel açıdan verdiği zararlar göz önünde bulundurulduğunda hem enerji maliyetini düşürmek ve bağımlılığı azaltmak hem de çevreyi korumak için ülkemizde enerji talebinin karşılanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından elverişli bir ülke konumunda olup biyogaz üretimi açısından da zengin kaynağa sahiptir.

2019 yılı itibariyle Türkiye’de bulunan kurulu gücü en büyük 50 adet biyogaz tesisi tablo 7’de yer almaktadır:

Tablo 7. Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri

Sıralama	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1	Odayeri Çöpgazı Santrali	İstanbul	Ortadoğu Enerji	34 MW
2	Toros Tarım Samsun Atık Isı Santrali	Samsun	Toros Tarım	31 MW
3	Mutlular Biyokütle Santrali	Balıkesir	Mutlular Enerji	30 MW
4	Mamak Çöplüğü Biyogaz Tesisi	Ankara	ITC Katı Atık Enerji	25 MW (36 MW)
5	Çadırtepe Biyokütle Santrali	Ankara	ITC Katı Atık Enerji	23 MW
6	Sofulu Çöplüğü Biyogaz Santrali	Adana	ITC Katı Atık Enerji	16 MW

7	Akçansa Çimento Atık Isı Santrali	Çanakkale	Enerjisa Elektrik	15 MW
8	ITC Antalya Biyokütle Santrali	Antalya		14 MW
9	Kömürcüoda Biyogaz Santrali	Çöplüğü İstanbul	Ortadoğu Enerji	14 MW
10	Eti Alüminyum Atık Isı Elektrik Santrali	Konya	Cengiz Enerji	13 MW
11	Zeus Biyokütle Enerji Santrali	Kırklareli	Zeus Enerji	12 MW
12	Eti Maden Bandırma Atık Isı Santrali	Balıkesir	Eti Maden	12 MW
13	ITC-KA Sincan Biyokütle Gazlaştırma Tesisi	Ankara	ITC Katı Atık Enerji	11 MW
14	Bağfaş Gübre Fabrikası Biyogaz Santrali	Balıkesir	Bağfaş Gübre Fabrikası	9,92 MW

15	Hamitler Çöplüğü Biyogaz Santrali	Bursa	ITC Katı Atık Enerji	9,80 MW
16	Çimsa Atık Isı Santrali	Mersin	Enerjisa Elektrik	9,56 MW
17	Batçim Atık Isı Santrali	İzmir	Batçim Batı Anadolu	9,00 MW
18	Afyon Hayvansal Atık Biyogaz Santrali	Afyonkarahisar	Afyon Biyogaz	8,40 MW
19	Prokom Pirolitik Yağ ve Pirolitik Gaz Tesisi	Erzincan	Prokom Madencilik	7,04 MW (11.64 MW)
20	Prokom Madencilik Prolitik Yağ ve Gaz Santrali	Erzincan	Prokom Madencilik	7,04 MW
21	Kocaeli Çöplüğü Biyogaz Santrali	Kocaeli	Ortadoğu Enerji	6,51 MW
22	Aksaray OSB Gübre Gazı Elektrik Santrali	Aksaray	Sütaş Süt Enfaş Enerji	6,40 MW
23	Karacabey Biyogaz Tesisi	Bursa	Sütaş Süt Enfaş Enerji	6,40 MW
24	Şanlıurfa Biyokütle Enerji Santrali	Şanlıurfa	Full Force Enerji	6,24 MW
25	Eman Enerji Mersin Biyokütle Enerji Santrali	Mersin	Mersin Büyükşehir Belediyesi	6,02 MW
26	Avdan Biyogaz Tesisi	Samsun	Avdan Enerji	6,00 MW
27	Modern Biyokütle Enerji Santrali	Tekirdağ	Eren Enerji	6,00 MW

28	Trakya Yenişehir Cam Atık Isı Santrali	Bursa	Trakya Yenişehir Cam	6,00 MW
29	Kayseri Çöplüğü Biyogaz Elektrik Santrali	Kayseri	Her Enerji	5,78 MW
30	Konya Asım Çöplüğü Elektrik Üretim Santrali	Konya	ITC Katı Atık Enerji	5,66 MW
31	Gaziantep Çöp Gazı	Gaziantep	CEV Enerji	5,66 MW
32	Nisa Biyokütle Elektrik Üretim Tesisi	Bursa	Mendez Enerji	5,48 MW
33	Batsöke Söke Çimento Atık Isı Elektrik Santrali	Aydın	Batsöke Söke Çimento	5,34 MW
34	Çorum Mecitözü Biyokütle Enerji Santrali	Çorum	Oltan ve Kölenoğlu Elektrik	5,00 MW
35	Ovacık Biyogaz Enerji Santrali	Kırklareli	Işık Biyokütle	4,80 MW
36	Maraş Biyokütle Santrali	Kahramanmaraş	Öztürk Enerji	4,80 MW

37	Kumrular Biyogaz Tesisi	Kırklareli	Seleda Biyogaz Enerji	4,27 MW
38	Tire Biyogaz Tesisi	İzmir	Sütaş Süt Enfaş Enerji	4,27 MW
39	Pir Enerji Düzce Biyogaz Santrali	Düzce	Pir Enerji	4,26 MW (6.393 MW)
40	İskenderun Çöp Gazı Elektrik Üretim Tesisi	Hatay	Novtek Enerji	4,24 MW
41	Trabzon Rize Çöp Gazı Santrali	Trabzon	Mustafa Modoğlu Holding	4,24 MW
42	Hatay Gökçeğöz Çöp Santrali	Hatay	Atya Elektrik	4,24 MW
43	Hasdal	İstanbul	İstanbul Büyükşehir Belediyesi	4,02 MW
44	Afyon Biyogaz Enerji Santrali	Afyonkarahisar	Afyon Enerji	4,02 MW
45	Malatya Çöp Gazlaştırma ve Yakma Tesisi	Malatya	Mim Sanayi Kazanları	4,00 MW
46	Gönen Biyogaz Tesisi	Balıkesir	Gönen Yenilenebilir Enerji	3,62 MW
47	Senkron Efeler Biyogaz Santrali	Aydın	Senkron Grup	3,60 MW (4.8 MW)
48	Manavgat Çöp Gazı Santrali	Antalya	Arel Enerji	3,60 MW
49	Belka Çöp Gazı Biyogaz	Ankara	Ankara Büyükşehir Belediyesi	3,20 MW
50	Atlas İnşaat Osmaniye Çöp Gazı Santrali	Osmaniye	Atlas İnşaat	3,12 MW

(Kaynak: Enerji Atlası)

Aşağıdaki tabloda Türkiye’de biyogaz üretimi için kullanılabilecek hayvan sayılarının yıllara göre analizi verilmiştir:

Tablo 8. 2010-2019 Yılları Arası Kanatlı Hayvan Sayıları

Yıllar	Yumurta Tavuğu	Et Tavuğu	Hindi	Kaz	Ördek
2010	70.933.660	163.984.725	2.942.170	715.555	396.851
2011	78.956.861	158.916.608	2.563.330	679.516	382.223
2012	84.677.290	169.034.283	2.760.859	676.179	356.730
2013	88.720.709	177.432.745	2.925.473	755.286	367.821
2014	93.751.470	199.976.150	2.990.305	911.990	399.820
2015	98.597.340	213.658.294	2.827.731	850.694	398.387
2016	108.689.236	220.322.081	3.182.751	933.353	413.841
2017	121.556.027	221.245.322	3.872.460	978.384	491.561
2018	124.054.810	229.506.689	4.043.332	1.080.190	532.841
2019	120.725.299	221.841.860	4.541.102	1.157.049	519.575

(Kaynak: TÜİK)

Verilere göre Türkiye’de kanatlı hayvan sayılarında 2010 yılından itibaren yumurta tavuğunda 49.791.639 adet, et tavuğunda 57.857.135 adet, hindi 1.598.932 adet, kaz 441.494 adet ve ördek 122.724 adet artış yaşanmıştır.

Türkiye’de büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayılarındaki değişim tablo 9’da verilmiştir:

Tablo 9. Hayvan Sayıları Değişim Oranları, 2019-2020

(Baş)			
	2019	2020	Değişim (%)
Sığır	17.688.139	17.965.482	1,6
Manda	184.192	192.489	4,5
Koyun	37.276.050	42.126.781	13,0
Keçi	11.205.429	11.985.845	7,0

(Kaynak: TÜİK)

Tablodan da görüldüğü gibi Türkiye’de hayvan sayılarında genel bir artış yaşanmıştır. Bu durum biyogaz üretimini doğrusal olarak etkileyen hammadde miktarında da artış olduğunu göstermektedir.

Hayvan cinslerine göre bir yılda ortaya çıkan yaş gübre ağırlıkları;

Tablo 10. Hayvan Cinsine Göre Yaş Gübre Ağırlıkları

Hayvan Cinsi	Yaş Gübre Miktarı (ton/yıl)
Kanatlı Hayvan	0,022
Küçükbaş Hayvan	0,7
Büyükbaş Hayvan	3,6

(Kaynak: Şenol vd., 2017)

Buna göre adet bazında bir yılda bir adet kanatlı hayvandan 22 kg, bir adet küçükbaş hayvandan 700 kg, bir adet büyükbaş hayvandan da 3600 kg yaş gübre elde edilmektedir.

Biyogaz üretiminde hammadde olarak kullanılan bu gübrelerin metan oranları tablo 11’de gösterilmektedir:

Tablo 11. Biyogaz Üretiminde Hammaddelere Göre Metan Miktarı Değişimi

Hammadde (Hac. Yüz.)	Metan (CH ₄) Oranı
Sığır Gübresi	60-70
Kanatlı Gübresi	58-69
Domuz Gübresi	58-60
Koyun Gübresi	64

(Kaynak: Yılmaz vd., 2017)

Hayvan türlerinin gübrelerine göre biyogaz üretim potansiyeli ve hesaplaması tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12. Hayvan Türlerinin Gübrelerine Göre Biyogaz Üretim Potansiyeli

	Gübre Miktarı (ton)	Biyogaz Potansiyeli (m ³)
Sığır	1	33
Koyun	1	58
Kanatlı Hayvan Sayısı	1	78

(Kaynak: Şenol vd., 2017)

1 m³ biyogazın farklı yakıt tipleriyle karşılaştırılması tablo 13’te yapılmıştır:

Tablo 13. 1 m³ Biyogazın Farklı Yakıt Tipleri İçin Enerji Eşdeğerleri

	Elektrik	Gaz	Motorin	Butan	Propan	Kömür	Odun
1 m ³ biyogaz	4,7 kWh	0,62 L	0,66 L	0,43 kg	0,25 m ³	1,46 kg	3,47 kg

(Kaynak: Kalaycı vd., 2019)

Biyogaz üretiminde optimum sıcaklığın ayarlanması oldukça kritik bir husustur. En verimli üretim için sıcaklığın 30-35 °C’de tutulması ve 10°C’nin altına düşmemesi gerekmektedir.

Aşağıdaki tabloda farklı sıcaklıklara göre elde edilecek biyogaz verimleri gösterilmektedir:

Tablo 14. Tavuk ve Sığır Gübrelerinin Farklı Sıcaklıklara Göre Biyogaz Verimleri

Üreteç Sıcaklığı (°C)	Sığır Gübresi (1/m ³)	Tavuk Gübresi (1/m ³)
9	101,4	253,3
18	339,7	448,0
27	509,8	1008,9
36	686,0	1266,2

(Kaynak: Nacar Koçer vd., 2006)

Tablo 14 incelendiğinde sıcaklık arttıkça gübrelerden elde edilecek verimin arttığı görülmektedir.

Bu çalışmada atıkların enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi hedefi doğrultusunda yerli kaynak kullanımı ile çevrenin korunması çabaları içinde verimli kaynak kullanımının sağlanmasına ve biyogaz tesislerinin etkin çalışmasına yönelik olarak senaryolar oluşturulmuştur.

Farklı atıkların karıştırılması ile daha verimli biyogaz üretiminin sağlanmasının hedeflendiği bu çalışmada tesisin etkin çalışmasını sağlayacak hesaplamaların yapılabilmesi için büyükbaş hayvan dışkıları, yumurta tavukçuluğu dışkıları, pazaryeri bitkisel ürün atıkları, market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıkları, buğday samanı, arpa samanı, şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıkları ve şeker fabrikası şilempesi atıkları girdi olarak değerlendirilmiştir.

Bir tesiste tek bir atığın kullanılması biyogaz üretimini zorlaştıran bir husustur. Bu durum atıkların karbon/azot oranlarının, katı madde miktarlarının ve biyogaz içeriklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Verimli biyogaz üretimi için ideal karbon/azot oranının 15-30/1 değerleri arasında olması gerekmektedir. Biyogaz üretiminde karbon kullanımı ile enerji elde edilmektedir. Azot, bakterilerin uygun yaşam koşulları içinde yaşaması ve çoğalması için gerekmektedir. Katı madde miktarlarının farklı olması gübrelerdeki uçucu yapıda olan katı madde miktarlarının değişkenlik göstermesinden kaynaklanmaktadır.

Katı madde miktarının artması metan miktarını artıran bir husustur. Bu hususlar atıkların biyogaz içeriğinin de farklı olmasına sebep olmaktadır. Biyogaz üretiminde ağırlıklı olarak büyükbaş hayvan dışıklarının kullanılması günlük gübre miktarının fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Kullanılacak günlük atık miktarları ton değerleri üzerinden ele alınmıştır. Tesisin 365 gün 24 saat kesintisiz çalışması öngörülmüştür. Biyogaz alt ısı değeri 5.160 kcal/m³, tesis elektriksel güç verimi %40, organik katı gübre verimi %90, elektrik birim satış tutarı 0,54 TL/kWh, organik katı gübre birim satış tutarı 400 TL/ton değerleri sabit tutularak hesaplamalar yapılmıştır.

Hesaplamalarda beş senaryo ele alınmıştır. Kullanılacak atık miktarı 160 ton olarak sabit tutularak atıkların kullanım oranlarında değişiklikler yapılmıştır. Yapılan değişiklikler tablo 15'te gösterilmiştir:

Tablo 15. Atık Oranlarında Yapılan Değişiklikler

	1.Senaryo	2.Senaryo	3.Senaryo	4.Senaryo	5. Senaryo
Büyükbaş hayvan dışkısı	100	90	80	85	60
Yumurta tavukçuluğu dışkıları	20	25	20	10	5
Pazaryeri bitkisel ürün atıkları	10	5	10	15	5
Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıkları	10	10	5	30	70
Buğday samanı	5	10	10	5	10
Arpa samanı	5	5	10	5	5
Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıkları	5	5	20	5	5
Şeker fabrikası şilempesi	5	10	5	5	0

- Birinci senaryoda büyükbaş hayvan dışkısından 100 ton, yumurta tavukçuluğu dışkılarından 20 ton, pazaryeri bitkisel ürün atıklarından 10 ton, market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarından 10 ton, buğday samanından 5 ton, arpa

samanından 5 ton, şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarından 5 ton, şeker fabrikası şilempesinden 5 ton,

- İkinci senaryoda büyükbaş hayvan dışkısından 90 ton, yumurta tavukçuluğu dışkılarında 25 ton, pazaryeri bitkisel ürün atıklarından 5 ton, market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarından 10 ton, buğday samanından 10 ton, arpa samanından 5 ton, şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarından 5 ton, şeker fabrikası şilempesinden 10 ton,
- Üçüncü senaryoda büyükbaş hayvan dışkısından 80 ton, yumurta tavukçuluğu dışkılarında 20 ton, pazaryeri bitkisel ürün atıklarından 10 ton, market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarından 5 ton, buğday samanından 10 ton, arpa samanından 10 ton, şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarından 20 ton, şeker fabrikası şilempesinden 5 ton,
- Dördüncü senaryoda büyükbaş hayvan dışkısından 85 ton, yumurta tavukçuluğu dışkılarında 10 ton, pazaryeri bitkisel ürün atıklarından 15 ton, market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarından 30 ton, buğday samanından 5 ton, arpa samanından 5 ton, şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarından 5 ton, şeker fabrikası şilempesinden 5 ton,
- Beşinci senaryoda büyükbaş hayvan dışkısından 60 ton, yumurta tavukçuluğu dışkılarında 5 ton, pazaryeri bitkisel ürün atıklarından 5 ton, market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarından 70 ton, buğday samanından 10 ton, arpa samanından 5 ton, şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarından 5 ton, şeker fabrikası şilempesinden 0 ton kullanıldığı varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır.

1. Senaryo:

Tablo 16. Birinci Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı

	Büyükbaş hayvan dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıkları	Şeker fabrikası şilempesi	
C/N oranı	18	10	25	25	75	70	23	12	
Katı madde miktarı	15%	20%	15%	40%	40%	35%	23%	80%	
Atığın biyogaz içeriği	30	100	57	120	188	168	147	400	
Kullanılacak günlük atık miktarı (ton)	100	20	10	10	5	5	5	5	160
Atık birim fiyatları (TL/ton)	10	10	10	10	300	250	10	500	
Günlük çalışma (saat)	24								24
Yıllık çalışma (gün)	365								365
Biyogaz alt ısı değeri (kcal/m ³)	5.160								5.160
Tesis elektriksel verimi (%)	40%								0,40
Organik katı gübre verimi (%)	90%								0,90
Elektrik birim satış tutarı (TL/kWh)	0,54								0,54
Organik katı gübre birim satış tutarı (TL/ton)	400								400
C/N katsayısı	1.800	200	250	250	375	350	115	60	3.400
Karışım C/N oranı	21,25								21,25

C/N katsayısı = C/N oranı x Kullanılacak günlük atık miktarı (ton) formülü ile;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 1800,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 200,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 250,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 250,
- Buğday samanında 375,
- Arpa samanında 350,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 115,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 60,
- Toplam C/N katsayısı 3400 olarak hesaplanmıştır.

Karışım C/N oranı = C/N katsayısı : Kullanılacak günlük atık miktarı (ton) formülü ile;

- 3480 : 160 = 21,25 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 17. Birinci Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti

Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı (m ³)	125	83	24	50	39	35	31	83	470
Biyogazın yıllık enerji değeri (TEP)	565	377	107	226	177	158	138	377	2.125
Tesis ısı kapasitesi (kcal/saat)	645.000	430.000	122.550	258.000	202.100	180.600	158.025	430.000	2.426.275
Tesis toplam güç (MW)	0,750	0,500	0,142	0,300	0,235	0,210	0,184	0,500	2,821
Tesis elektriksel güç (MWe)	0,300	0,200	0,057	0,120	0,094	0,084	0,073	0,200	1,128
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı (kWhsaat)	2.627.971	1.751.981	499.314	1.051.188	823.431	735.832	643.853	1.751.981	9.885.550
Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı (ton)	4.928	1.314	493	1.314	657	575	378	1.314	10.972
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı (TL)	1.419.104	946.069	269.630	567.642	444.653	397.349	347.681	946.069	5.338.197
Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı (TL)	1.971.000	525.600	197.100	525.600	262.800	229.950	151.110	525.600	4.388.760
Kullanılacak atık yıllık maliyeti (TL)	365.000	73.000	36.500	36.500	547.500	456.250	18.250	912.500	2.445.500

Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı (m³) = (Atığın biyogaz içeriği x Kullanılacak günlük atık miktarı (ton)) / Günlük çalışma formülü kullanılarak;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 125 m³,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 83 m³,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 24 m³,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 50 m³,
- Buğday samanında 39 m³,
- Arpa samanında 35 m³,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 31 m³,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 83 m³,
- Toplam elde edilecek saatlik biyogaz miktarı 470 m³olarak hesaplanmıştır.

Biyogazın yıllık enerji değeri (TEP) = (Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı x günlük çalışma x yıllık çalışma x biyogaz alt ısı değeri) / 10000000 formülü ile;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 565 TEP,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 377 TEP,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 107 TEP,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 226 TEP,
- Buğday samanında 177 TEP,
- Arpa samanında 158 TEP,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 138 TEP,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 377 TEP,
- Toplam biyogazın yıllık enerji değeri 2.125 TEP olarak hesaplanmıştır.

Tesisin ısı kapasitesi (kcal/saat) = Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı x biyogaz alt ısı değeri formülü kullanılarak;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 645.000 kcal/saat,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 430.000 kcal/saat,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 122.550 kcal/saat,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 258.000 kcal/saat,
- Buğday samanında 202.100 kcal/saat,
- Arpa samanında 180.600 kcal/saat,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 158.025 kcal/saat,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 430.000 kcal/saat,
- Toplamda tesisin ısı kapasitesi 2.426.275 kcal/saat olarak hesaplanmıştır.

Tesisin toplam gücü (MW) = (Tesis ısı kapasitesi x 4,186) / (3600 x 1000) formülü ile;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 0,750 MW,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 0,500 MW,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 0,142 MW,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 0,300 MW,
- Buğday samanında 0,235 MW,
- Arpa samanında 0,210 MW,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 0,184 MW,

- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 0,500 MW,
- Toplamda tesisin toplam gücü 2,821 MW olarak hesaplanmıştır.

Tesis elektriksel güç (MWe) = Tesisin toplam gücü x Tesis elektriksel verimi (%40) formülü ile;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 0,300 MWe,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 0,200 MWe,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 0,057 MWe,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 0,120 MWe,
- Buğday samanında 0,094 MWe,
- Arpa samanında 0,084 MWe,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 0,073 MWe,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 0,200 MWe,
- Toplam tesisin elektriksel gücü 1,128 MWe olarak hesaplanmıştır.

Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı (kWsaat) = Tesis elektriksel güç x günlük çalışma x yıllık çalışma x 1000 formülü ile;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 2.627.971 kWsaat,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 1.751.981 kWsaat,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 499.314 kWsaat,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 1.051.188 kWsaat,
- Buğday samanında 823.431 kWsaat,
- Arpa samanında 735.832 kWsaat,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 643.853 kWsaat,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 1.751.981 kWsaat,
- Toplam elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı 9.885.550 kWsaat olarak hesaplanmıştır.

Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı = Katı madde miktarı x Kullanılacak günlük atık miktarı x yıllık çalışma x Organik katı gübre verimi formülü kullanılarak;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 4.928 ton,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 1.314 ton,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 493 ton,

- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 1.314 ton,
- Buğday samanında 657 ton,
- Arpa samanında 575 ton,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 378 ton,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 1.314 ton,
- Toplamda elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı 10.972 ton olarak hesaplanmıştır.

Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı = Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı x Elektrik birim satış tutarı formülü ile;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 1.419.104 TL,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 946.069 TL,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 269.630 TL,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 567.642 TL,
- Buğday samanında 444.653 TL,
- Arpa samanında 397.349 TL,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 347.681 TL,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 946.069 TL,
- Toplam elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı 5.338.197 TL olarak hesaplanmıştır.

Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı = Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı x Organik katı gübre birim satış tutarı formülü kullanılarak;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 1.971.000 TL,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 525.600 TL,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 197.100 TL,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 525.600 TL,
- Buğday samanında 262.800 TL,
- Arpa samanında 229.950 TL,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 151.110 TL,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 525.600 TL,

- Toplam elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı 4.388.760 TL olarak hesaplanmıştır.

Kullanılacak atık yıllık maliyeti = Kullanılacak günlük atık miktarı x Atık birim fiyatları x Yıllık çalışma formülü kullanılarak;

- Büyükbaş hayvan dışkısında 365.000 TL,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarında 73.000 TL,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarında 36.500 TL,
- Market raf ömrü dolmuş muhtelif gıda atıklarında 36.500 TL,
- Buğday samanında 547.500 TL,
- Arpa samanında 456.250 TL,
- Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıklarında 18.250 TL,
- Şeker fabrikası şilempesi atıklarında 912.500 TL,
- Toplamda kullanılan atıkların yıllık maliyeti 2.445.500 TL olarak hesaplanmıştır.

Tablo 18. Birinci Senaryoya Göre Atıkların Kullanımda, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları

	Büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel ürün atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları	Şeker fabrikası şilempesi	
Toplam atık kullanımındaki payı	62,50%	12,50%	6,25%	6,25%	3,13%	3,13%	3,13%	3,13%	100%
Toplam biyogaz üretimindeki payı Toplam elektrik üretimi ve gelirindeki payı	26,58%	17,72%	5,05%	10,63%	8,33%	7,44%	6,51%	17,72%	100%
Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı	44,91%	11,98%	4,49%	11,98%	5,99%	5,24%	3,44%	11,98%	100%
Toplam atık gideri içindeki payı	14,93%	2,99%	1,49%	1,49%	22,39%	18,66%	0,75%	37,31%	100%

Üretimde kullanılan atıkların toplam atık kullanımındaki payı = Kullanılacak günlük atık miktarı / Toplamda kullanılacak günlük atık miktarı formülü ile;

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkısının payı%62,50,
- Yumurta tavukçuluğu dışkısının payı %12,50,

- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %6,25,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %6,25,
- Buğday samanının payı %3,13,
- Arpa samanının payı %3,13,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %3,13,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %3,13 olarak hesaplanmıştır.

Toplam biyogaz üretimindeki payı = Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı / Toplam elde edilecek saatlik biyogaz miktarı formülü kullanılarak;

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkısının payı %26,58,
- Yumurta tavukçuluğu dışkısının payı %17,72,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %5,05,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %10,63,
- Buğday samanının payı %8,33,
- Arpa samanının payı %7,44,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %6,51,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %17,72 olarak hesaplanmıştır.

Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı = Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı / Toplam elde edilecek yıllık katı granül miktarı formülü ile;

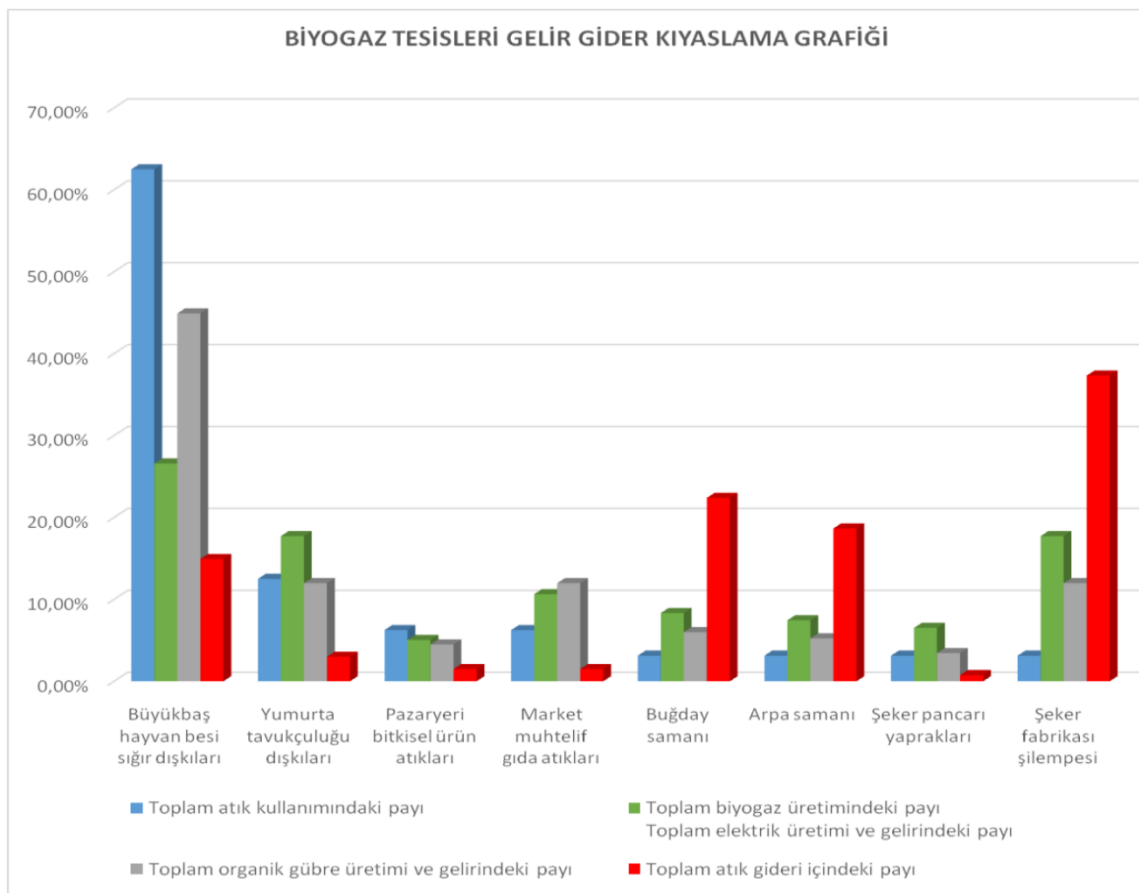
- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkısının payı %44,91,
- Yumurta tavukçuluğu dışkısının payı %11,98,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %4,49,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %11,98,
- Buğday samanının payı %5,99,
- Arpa samanının payı %5,24,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %3,44,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %11,98 olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan atıkların toplam atık gideri içindeki payı = Kullanılacak atık yıllık maliyeti / Toplam kullanılacak atık yıllık maliyeti formülü kullanılarak;

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkısının payı %14,93,
- Yumurta tavukçuluğu dışkısının payı %2,99,

- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %1,49,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %1,49,
- Buğday samanının payı %22,39,
- Arpa samanının payı %18,66,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %0,75,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %37,31 olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalara göre oluşturulan grafikte biyogaz tesislerinin gelir-gider kıyaslaması yapılmıştır:



Şekil 16. Birinci Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması

- Grafikte toplam atık kullanımında en fazla paya büyükbaş hayvan besi sığırları dışkılarının, en az paya buğday samanı, arpa samanı, şeker pancarı yaprakları ve şeker fabrikası şilempesinin sahip olduğu görülmektedir.
- Toplam biyogaz üretimindeki payı en fazla olan atık büyükbaş hayvan besi sığırları dışkıları iken payı en az olan atık pazaryeri bitkisel ürün atıklarıdır.

- Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı en fazla olan atık büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları iken, en az paya şeker pancarı yaprakları atıkları sahiptir.
- Toplam atık gideri içindeki payı en fazla olan atık şeker fabrikası şilempesi iken en az payı olan atık şeker pancarı yapraklarıdır.

2. Senaryo:

Tablo 19. İkinci Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı

	Büyükbaş hayvan dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıkları	Şeker fabrikası şilempesi	
C/N oranı	18	10	25	25	75	70	23	12	
Katı madde miktarı	15%	20%	15%	40%	40%	35%	23%	80%	
Atığın biyogaz içeriği	30	100	57	120	188	168	147	400	
Kullanılacak günlük atık miktarı (ton)	90	25	5	10	10	5	5	10	160
Atık birim fiyatları (TL/ton)	10	10	10	10	300	250	10	500	
Günlük çalışma (saat)	24								24
Yıllık çalışma (gün)	365								365
Biyogaz alt ısı değeri (kcal/m ³)	5.160								5.160
Tesis elektrikselsel verimi (%)	40%								0,40
Organik katı gübre verimi (%)	90%								0,90
Elektrik birim satış tutarı (TL/kWh)	0,54								0,54
Organik katı gübre birim satış tutarı (TL/ton)	400								400
C/N katsayısı	1.620	250	125	250	750	350	115	120	3.580
Karışım C/N oranı	22,38								22,38

Atıkların kullanım oranlarında yapılan değişiklikler ile oluşturulan ikinci senaryoda:

- C/N katsayısı toplamda 3.580,
- Karışım C/N oranı 22,38,

Tablo 20. İkinci Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti

Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı (m ³)	113	104	12	50	78	35	31	167	589
Biyogazın yıllık enerji değeri (TEP)	509	471	54	226	354	158	138	753	2.663
Tesis ısı kapasitesi (kcal/saat)	580.500	537.500	61.275	258.000	404.200	180.600	158.025	860.000	3.040.100
Tesis toplam güç (MW)	0,675	0,625	0,071	0,300	0,470	0,210	0,184	1,000	3,535
Tesis elektriksel güç (MWe)	0,270	0,250	0,028	0,120	0,188	0,084	0,073	0,400	1,414
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı (kWsaat)	2.365.174	2.189.976	249.657	1.051.188	1.646.862	735.832	643.853	3.503.961	12.386.502
Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı (ton)	4.435	1.643	246	1.314	1.314	575	378	2.628	12.532
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı (TL)	1.277.194	1.182.587	134.815	567.642	889.305	397.349	347.681	1.892.139	6.688.711
Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı (TL)	1.773.900	657.000	98.550	525.600	525.600	229.950	151.110	1.051.200	5.012.910
Kullanılacak atık yıllık maliyeti (TL)	328.500	91.250	18.250	36.500	1.095.000	456.250	18.250	1.825.000	3.869.000

- Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı 589 m³,
- Biyogazın yıllık enerji değeri 2.663 TEP olmuştur.
- Tesis ısı kapasitesi 3.040.100 kcal/saat
- Tesis toplam güç 3,535 MW,
- Tesis elektriksel gücü 1,414 MWe,
- Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı 12.386.502 kWsaat değerlerine sahip olmuştur.
- Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı 12.532 ton,
- Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı 6.688.711 TL,
- Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı 5.012.910 TL,
- Kullanılacak atık yıllık maliyeti 3.869.000 TL olmuştur.

Tablo 21. İkinci Senaryoya Göre Atıkların Kullanımda, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları

	Büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel ürün atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları	Şeker fabrikası şilempesi	
Toplam atık kullanımındaki payı	56,25%	15,63%	3,13%	6,25%	6,25%	3,13%	3,13%	6,25%	100%
Toplam biyogaz üretimindeki payı									
Toplam elektrik üretimi ve gelirindeki payı	19,09%	17,68%	2,02%	8,49%	13,30%	5,94%	5,20%	28,29%	100%
Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı	35,39%	13,11%	1,97%	10,48%	10,48%	4,59%	3,01%	20,97%	100%
Toplam atık gideri içindeki payı	8,49%	2,36%	0,47%	0,94%	28,30%	11,79%	0,47%	47,17%	100%

Atıkların kullanım oranlarında yapılan değişiklikler ile büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları %56,25, yumurta tavukçuluğu dışkıları %15,63, pazaryeri bitkisel ürün atıkları %3,13, market muhtelif gıda atıkları %6,25, arpa samanı %3,13, şeker pancarı yaprakları %3,13 ve şeker fabrikası şilempesi %6,25 oranında kullanılmış olacaktır.

Kullanılan atıkların toplam biyogaz üretimindeki payı, toplam elektrik üretimi ve gelirindeki durumları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %19,09,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %17,68,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %2,02,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %8,49,
- Buğday samanının payı %13,30,
- Arpa samanının payı %5,94,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %5,20,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %28,29 olarak hesaplanmıştır.

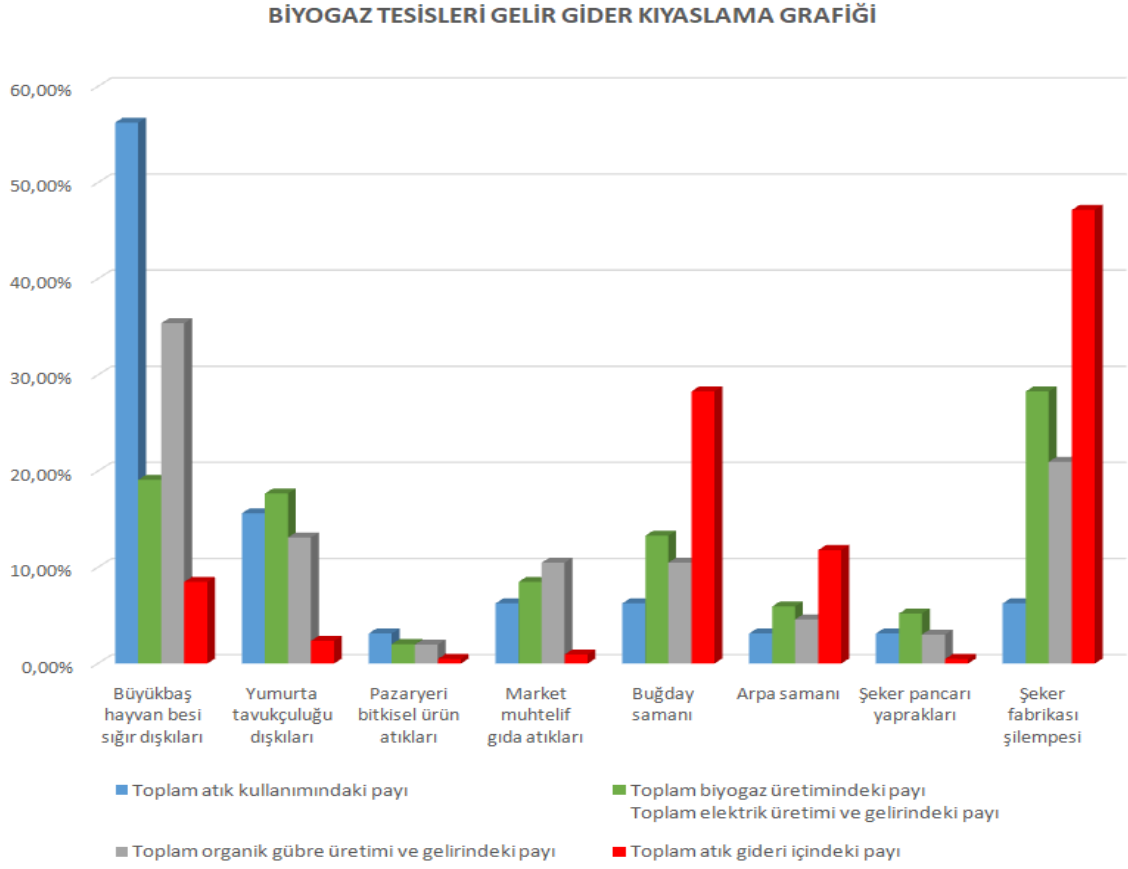
Kullanılan atıkların toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki oranları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %35,39,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %13,11,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %1,97,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %10,48,
- Buğday samanının payı %10,48,
- Arpa samanının payı %4,59,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %3,01,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %20,97 olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan atıkların toplam atık gideri içindeki payları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %8,49,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %2,36,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %0,47,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %0,94,
- Buğday samanının payı %28,30,
- Arpa samanının payı %11,79,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %0,47,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %47,17 olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalara göre oluşturulan grafikte biyogaz tesislerinin gelir-gider kıyaslaması yapılmıştır:



Şekil 17. İkinci Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması

- Grafikte toplam atık kullanımında en fazla paya büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının, en az paya pazaryeri bitkisel ürün atıkları, arpa samanı ve şeker pancarı yapraklarının sahip olduğu görülmektedir.
- Toplam biyogaz üretimindeki payı en fazla olan atık büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları iken payı en az olan atık pazaryeri bitkisel ürün atıklarıdır.
- Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı en fazla olan atık büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları iken, en az paya pazaryeri bitkisel ürün atıkları sahiptir.
- Toplam atık gideri içindeki payı en fazla olan atık şeker fabrikası şilempesi iken en az payı olan atık pazaryeri bitkisel ürün atıkları ve şeker pancarı yapraklarıdır.

3. Senaryo:

Tablo 22. Üçüncü Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı

	Büyükbaş hayvan dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıkları	Şeker fabrikası şilempesi	
C/N oranı	18	10	25	25	75	70	23	12	
Katı madde miktarı	15%	20%	15%	40%	40%	35%	23%	80%	
Atığın biyogaz içeriği	30	100	57	120	188	168	147	400	
Kullanılacak günlük atık miktarı (ton)	80	20	10	5	10	10	20	5	160
Atık birim fiyatları (TL/ton)	10	10	10	10	300	250	10	500	
Günlük çalışma (saat)	24								24
Yıllık çalışma (gün)	365								365
Biyogaz alt ısı değeri (kcal/m ³)	5.160								5.160
Tesis elektriksel verimi (%)	40%								0,40
Organik katı gübre verimi (%)	90%								0,90
Elektrik birim satış tutarı (TL/kWh)	0,54								0,54
Organik katı gübre birim satış tutarı (TL/ton)	400								400
C/N katsayısı	1.440	200	250	125	750	700	460	60	3.985
Karışım C/N oranı	24,91								24,91

Atıkların kullanım oranlarında yapılan değişiklikler ile oluşturulan üçüncü senaryoda:

- C/N katsayısı toplamda 3.985,
- Karışım C/N oranı 24,91,

Tablo 23. Üçüncü Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti

Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı (m ³)	100	83	24	25	78	70	123	83	586
Biyogazın yıllık enerji değeri (TEP)	452	377	107	113	354	316	554	377	2.650
Tesis ısı kapasitesi (kcal/saat)	516.000	430.000	122.550	129.000	404.200	361.200	632.100	430.000	3.025.050
Tesis toplam güç (MW)	0,600	0,500	0,142	0,150	0,470	0,420	0,735	0,500	3,517
Tesis elektriksel güç (MWe)	0,240	0,200	0,057	0,060	0,188	0,168	0,294	0,200	1,407
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı (kWsaat)	2.102.377	1.751.981	499.314	525.594	1.646.862	1.471.664	2.575.411	1.751.981	12.325.183
Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı (ton)	3.942	1.314	493	657	1.314	1.150	1.511	1.314	11.695
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı (TL)	1.135.283	946.069	269.630	283.821	889.305	794.698	1.390.722	946.069	6.655.599
Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı (TL)	1.576.800	525.600	197.100	262.800	525.600	459.900	604.440	525.600	4.677.840
Kullanılacak atık yıllık maliyeti (TL)	292.000	73.000	36.500	18.250	1.095.000	912.500	73.000	912.500	3.412.750

- Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı 586 m³,
- Biyogazın yıllık enerji değeri 2.650 TEP olmuştur.
- Tesis ısı kapasitesi 3.025.050 kcal/saat
- Tesis toplam güç 3,517 MW,
- Tesis elektriksel gücü 1,407 MWe,
- Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı 12.325.183 kWsaat değerlerine sahip olmuştur.
- Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı 11.695 ton,
- Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı 6.655.599 TL,
- Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı 4.677.840 TL,
- Kullanılacak atık yıllık maliyeti 3.412.750 TL olmuştur.

Tablo 24. Üçüncü Senaryoya Göre Atıkların Kullanımda, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları

	Büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel ürün atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları	Şeker fabrikası şilempesi	
Toplam atık kullanımındaki payı	50,00%	12,50%	6,25%	3,13%	6,25%	6,25%	12,50%	3,13%	100%
Toplam biyogaz üretimindeki payı									
Toplam elektrik üretimi ve gelirindeki payı	17,06%	14,21%	4,05%	4,26%	13,36%	11,94%	20,90%	14,21%	100%
Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı	33,71%	11,24%	4,21%	5,62%	11,24%	9,83%	12,92%	11,24%	100%
Toplam atık gideri içindeki payı	8,56%	2,14%	1,07%	0,53%	32,09%	26,74%	2,14%	26,74%	100%

Atıkların kullanım oranlarında yapılan değişiklikler ile büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları %50, yumurta tavukçuluğu dışkıları %12,50, pazaryeri bitkisel ürün atıkları %6,25, market muhtelif gıda atıkları %3,13, buğday samanı 6,25, arpa samanı %6,25, şeker pancarı yaprakları %12,50 ve şeker fabrikası şilempesi %3,13 oranında kullanılmış olacaktır.

Kullanılan atıkların toplam biyogaz üretimindeki payı, toplam elektrik üretimi ve gelirindeki durumları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %17,06,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %14,21,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %4,05,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %4,26,
- Buğday samanının payı %13,36,
- Arpa samanının payı %11,94,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %20,90,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %14,21 olarak hesaplanmıştır.

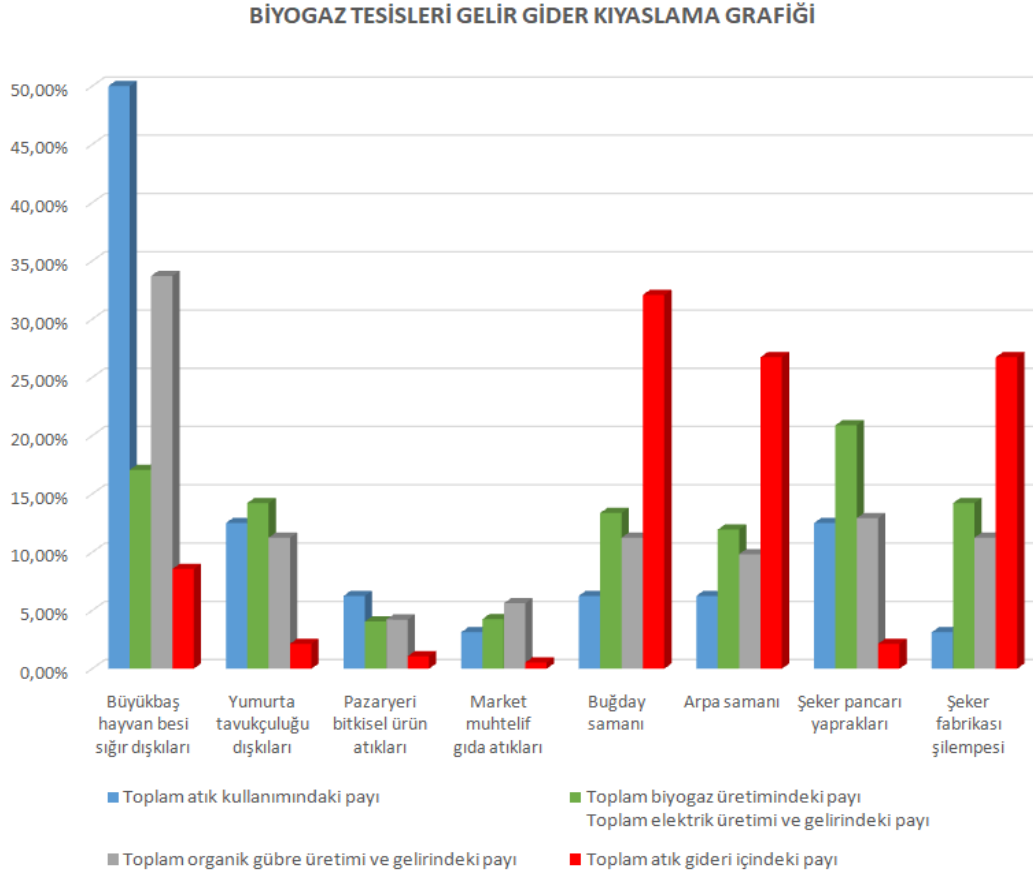
Kullanılan atıkların toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki oranları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %33,71,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %11,24,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %4,21,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %5,62,
- Buğday samanının payı %11,24,
- Arpa samanının payı %9,83,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %12,92,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %11,24 olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan atıkların toplam atık gideri içindeki payları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %8,56,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %2,14,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %1,07,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %0,53,
- Buğday samanının payı %32,09,
- Arpa samanının payı %26,74,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %2,14,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %26,74 olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalara göre oluşturulan grafikte biyogaz tesislerinin gelir-gider kıyaslaması yapılmıştır:



Şekil 18. Üçüncü Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması

- Grafikte toplam atık kullanımında en fazla paya büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının, en az paya market muhtelif gıda atıkları ve şeker fabrikası şilempesinin sahip olduğu görülmektedir.
- Toplam biyogaz üretimindeki payı en fazla olan atık büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları iken payı en az olan atık pazaryeri bitkisel ürün atıklarıdır.
- Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı en fazla olan atık büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları iken, en az paya pazaryeri bitkisel ürün atıkları sahiptir.
- Toplam atık gideri içindeki payı en fazla olan atık buğday samanı iken en az payı olan atık market muhtelif gıda atıklarıdır.

4. Senaryo:

Tablo 25. Dördüncü Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı

	Büyükbaş hayvan dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıkları	Şeker fabrikası şilempesi	
C/N oranı	18	10	25	25	75	70	23	12	
Katı madde miktarı	15%	20%	15%	40%	40%	35%	23%	80%	
Atığın biyogaz içeriği	30	100	57	120	188	168	147	400	
Kullanılacak günlük atık miktarı (ton)	85	10	15	30	5	5	5	5	160
Atık birim fiyatları (TL/ton)	10	10	10	10	300	250	10	500	
Günlük çalışma (saat)	24								24
Yıllık çalışma (gün)	365								365
Biyogaz alt ısı değeri (kcal/m ³)	5.160								5.160
Tesis elektrikli verimi (%)	40%								0,40
Organik katı gübre verimi (%)	90%								0,90
Elektrik birim satış tutarı (TL/kWh)	0,54								0,54
Organik katı gübre birim satış tutarı (TL/ton)	400								400
C/N katsayısı	1.530	100	375	750	375	350	115	60	3.655
Karışım C/N oranı	22,84								22,84

Atıkların kullanım oranlarında yapılan değişiklikler ile oluşturulan dördüncü senaryoda:

- C/N katsayısı toplamda 3.655,
- Karışım C/N oranı 22,84,

Tablo 26. Dördüncü Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti

Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı (m ³)	106	42	36	150	39	35	31	83	522
Biyogazın yıllık enerji değeri (TEP)	480	188	161	678	177	158	138	377	2.358
Tesis ısı kapasitesi (kcal/saat)	548.250	215.000	183.825	774.000	202.100	180.600	158.025	430.000	2.691.800
Tesis toplam güç (MW)	0,637	0,250	0,214	0,900	0,235	0,210	0,184	0,500	3,130
Tesis elektriksel güç (MWe)	0,255	0,100	0,085	0,360	0,094	0,084	0,073	0,200	1,252
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı (kWsaat)	2.233.775	875.990	748.972	3.153.565	823.431	735.832	643.853	1.751.981	10.967.398
Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı (ton)	4.188	657	739	3.942	657	575	378	1.314	12.450
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı (TL)	1.206.239	473.035	404.445	1.702.925	444.653	397.349	347.681	946.069	5.922.395
Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı (TL)	1.675.350	262.800	295.650	1.576.800	262.800	229.950	151.110	525.600	4.980.060
Kullanılacak atık yıllık maliyeti (TL)	310.250	36.500	54.750	109.500	547.500	456.250	18.250	912.500	2.445.500

- Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı 522 m³,
- Biyogazın yıllık enerji değeri 2.358 TEP olmuştur.
- Tesis ısı kapasitesi 2.691.800 kcal/saat
- Tesis toplam güç 3.130 MW,
- Tesis elektriksel gücü 1,252 MWe,
- Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı 10.967.398 kWsaat değerlerine sahip olmuştur.
- Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı 12.450 ton,
- Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı 5.922.395 TL,
- Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı 4.980.060 TL,
- Kullanılacak atık yıllık maliyeti 2.445.500 TL olmuştur.

Tablo 27. Dördüncü Senaryoya Göre Atıkların Kullanımda, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları

	Büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel ürün atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları	Şeker fabrikası şilempesi	
Toplam atık kullanımındaki payı	53,13%	6,25%	9,38%	18,75%	3,13%	3,13%	3,13%	3,13%	100%
Toplam biyogaz üretimindeki payı									
Toplam elektrik üretimi ve gelirindeki payı	20,37%	7,99%	6,83%	28,75%	7,51%	6,71%	5,87%	15,97%	100%
Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı	33,64%	5,28%	5,94%	31,66%	5,28%	4,62%	3,03%	10,55%	100%
Toplam atık gideri içindeki payı	12,69%	1,49%	2,24%	4,48%	22,39%	18,66%	0,75%	37,31%	100%

Atıkların kullanım oranlarında yapılan değişiklikler ile büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları %53,13, yumurta tavukçuluğu dışkıları %6,25, pazaryeri bitkisel ürün atıkları %9,38, market muhtelif gıda atıkları %18,75, buğday samanı 3,13, arpa samanı %3,13, şeker pancarı yaprakları %3,13 ve şeker fabrikası şilempesi %3,13 oranında kullanılmış olacaktır.

Kullanılan atıkların toplam biyogaz üretimindeki payı, toplam elektrik üretimi ve gelirindeki durumları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %20,37,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %7,99,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %6,83,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %28,75,
- Buğday samanının payı %7,51,
- Arpa samanının payı %6,71,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %5,87,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %15,97 olarak hesaplanmıştır.

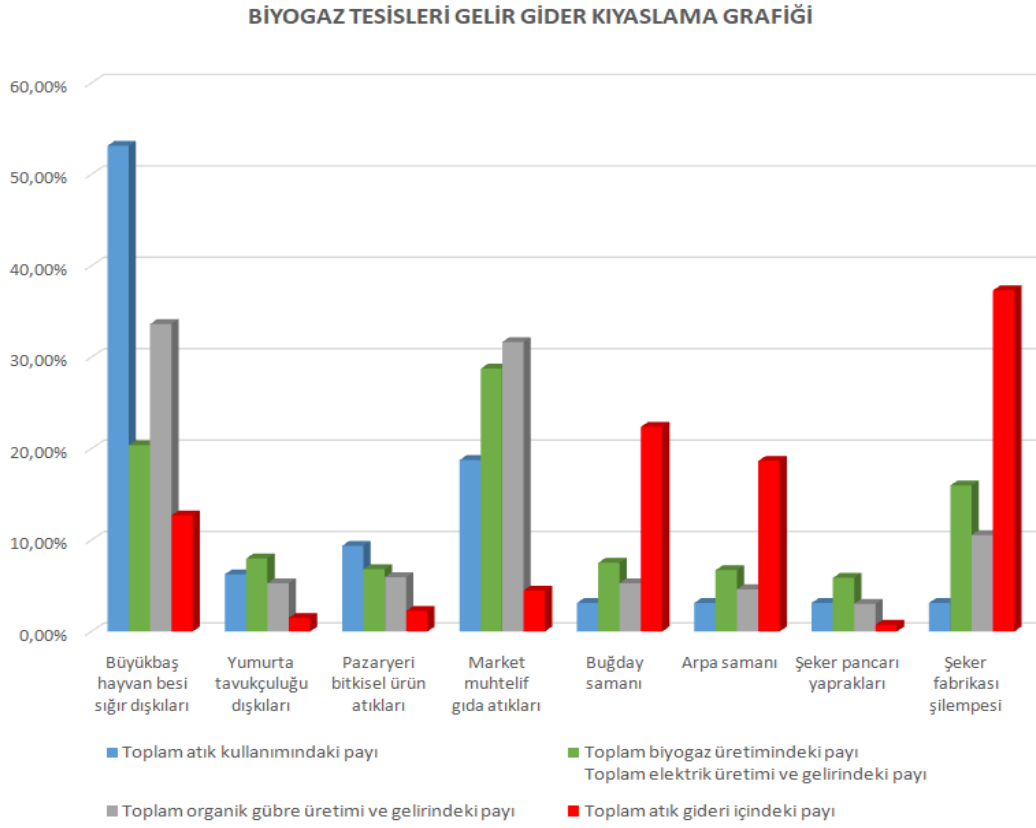
Kullanılan atıkların toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki oranları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %33,64,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %5,28,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %5,94,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %31,66,
- Buğday samanının payı %5,28,
- Arpa samanının payı %4,62,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %3,03,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %10,55 olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan atıkların toplam atık gideri içindeki payları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %12,69,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %1,49,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %2,24,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %4,48,
- Buğday samanının payı %22,39,
- Arpa samanının payı %18,66,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %0,75,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %37,31 olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalara göre oluşturulan grafikte biyogaz tesislerinin gelir-gider kıyaslaması yapılmıştır:



Şekil 19. Dördüncü Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması

- Grafikte toplam atık kullanımında en fazla paya büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının, en az paya buğday samanı, arpa samanı, şeker pancarı yaprakları ve şeker fabrikası şilempesinin sahip olduğu görülmektedir.
- Toplam biyogaz üretimindeki payı en fazla olan atık market muhtelif gıda atıkları iken payı en az olan atık şeker pancarı yapraklarıdır.
- Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı en fazla olan atık büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları iken, en az paya şeker pancarı yaprakları sahiptir.
- Toplam atık gideri içindeki payı en fazla olan atık şeker fabrikası şilempesi iken en az payı olan atık şeker pancarı yapraklarıdır.

5. Senaryo:

Tablo 28. Beşinci Senaryoya Göre Kullanılan Atık Miktarları ve Karışım C/N Oranı

	Büyükbaş hayvan dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları mısır slaj atıkları	Şeker fabrikası şilempesi	
C/N oranı	18	10	25	25	75	70	23	12	
Katı madde miktarı	15%	20%	15%	40%	40%	35%	23%	80%	
Atığın biyogaz içeriği	30	100	57	120	188	168	147	400	
Kullanılacak günlük atık miktarı (ton)	60	5	5	70	10	5	5	0	160
Atık birim fiyatları (TL/ton)	10	10	10	10	300	250	10	500	
Günlük çalışma (saat)	24								24
Yıllık çalışma (gün)	365								365
Biyogaz alt ısı değeri (kcal/m ³)	5.160								5.160
Tesis elektriksiz verimi (%)	40%								0,40
Organik katı gübre verimi (%)	90%								0,90
Elektrik birim satış tutarı (TL/kWh)	0,54								0,54
Organik katı gübre birim satış tutarı (TL/ton)	400								400
C/N katsayısı	1.080	50	125	1.750	750	350	115	0	4.220
Karışım C/N oranı	26,38								26,38

Atıkların kullanım oranlarında yapılan değişiklikler ile oluşturulan beşinci senaryoda:

- C/N katsayısı toplamda 4.220,
- Karışım C/N oranı 26,38,

Tablo 29. Beşinci Senaryoya Göre Tesisin Genel Gücü ve Kullanılacak Atıkların Yıllık Maliyeti

Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı (m ³)	75	21	12	350	78	35	31	0	602
Biyogazın yıllık enerji değeri (TEP)	339	94	54	1.582	354	158	138	0	2.720
Tesis ısı kapasitesi (kcal/saat)	387.000	107.500	61.275	1.806.000	404.200	180.600	158.025	0	3.104.600
Tesis toplam güç (MW)	0,450	0,125	0,071	2,100	0,470	0,210	0,184	0,000	3,610
Tesis elektriksel güç (MWe)	0,180	0,050	0,028	0,840	0,188	0,084	0,073	0,000	1,444
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı (kWsaat)	1.576.782	437.995	249.657	7.358.318	1.646.862	735.832	643.853	0	12.649.299
Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı (ton)	2.957	329	246	9.198	1.314	575	378	0	14.996
Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı (TL)	851.463	236.517	134.815	3.973.492	889.305	397.349	347.681	0	6.830.622
Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı (TL)	1.182.600	131.400	98.550	3.679.200	525.600	229.950	151.110	0	5.998.410
Kullanılacak atık yıllık maliyeti (TL)	219.000	18.250	18.250	255.500	1.095.000	456.250	18.250	0	2.080.500

- Elde edilecek saatlik biyogaz miktarı 602 m³,
- Biyogazın yıllık enerji değeri 2.720 TEP olmuştur.
- Tesis ısı kapasitesi 3.104.600 kcal/saat
- Tesis toplam güç 3,610 MW,
- Tesis elektriksel gücü 1,444 MWe,
- Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı 12.649.299 kWsaat değerlerine sahip olmuştur.
- Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı 14.996 ton,
- Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı 6.830.622 TL,
- Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı 5.998.410 TL,
- Kullanılacak atık yıllık maliyeti 2.080.500 TL olmuştur.

Tablo 30. Beşinci Senaryoya Göre Atıkların Kullanımda, Elektrik Üretimi Gelirlerinde, Gübre Üretimi Gelirlerinde ve Atık Gideri İçindeki Payları

	Büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları	Yumurta tavukçuluğu dışkıları	Pazaryeri bitkisel ürün atıkları	Market muhtelif gıda atıkları	Buğday samanı	Arpa samanı	Şeker pancarı yaprakları	Şeker fabrikası şilempesi	
Toplam atık kullanımındaki payı	37,50%	3,13%	3,13%	43,75%	6,25%	3,13%	3,13%	0,00%	100%
Toplam biyogaz üretimindeki payı									
Toplam elektrik üretimi ve gelirindeki payı	12,47%	3,46%	1,97%	58,17%	13,02%	5,82%	5,09%	0,00%	100%
Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı	19,72%	2,19%	1,64%	61,34%	8,76%	3,83%	2,52%	0,00%	100%
Toplam atık gideri içindeki payı	10,53%	0,88%	0,88%	12,28%	52,63%	21,93%	0,88%	0,00%	100%

Atıkların kullanım oranlarında yapılan değişiklikler ile büyükbaş hayvan besi sığır dışkıları %37,50, yumurta tavukçuluğu dışkıları %3,13, pazaryeri bitkisel ürün atıkları %3,13, market muhtelif gıda atıkları %43,75, buğday samanı 6,25, arpa samanı %3,13, şeker pancarı yaprakları %3,13 ve şeker fabrikası şilempesi %0 oranında kullanılmış olacaktır.

Kullanılan atıkların toplam biyogaz üretimindeki payı, toplam elektrik üretimi ve gelirindeki durumları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %12,47,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %3,46,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %1,97,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %58,17,
- Buğday samanının payı %13,02,
- Arpa samanının payı %5,82,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %5,09,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %0 olarak hesaplanmıştır.

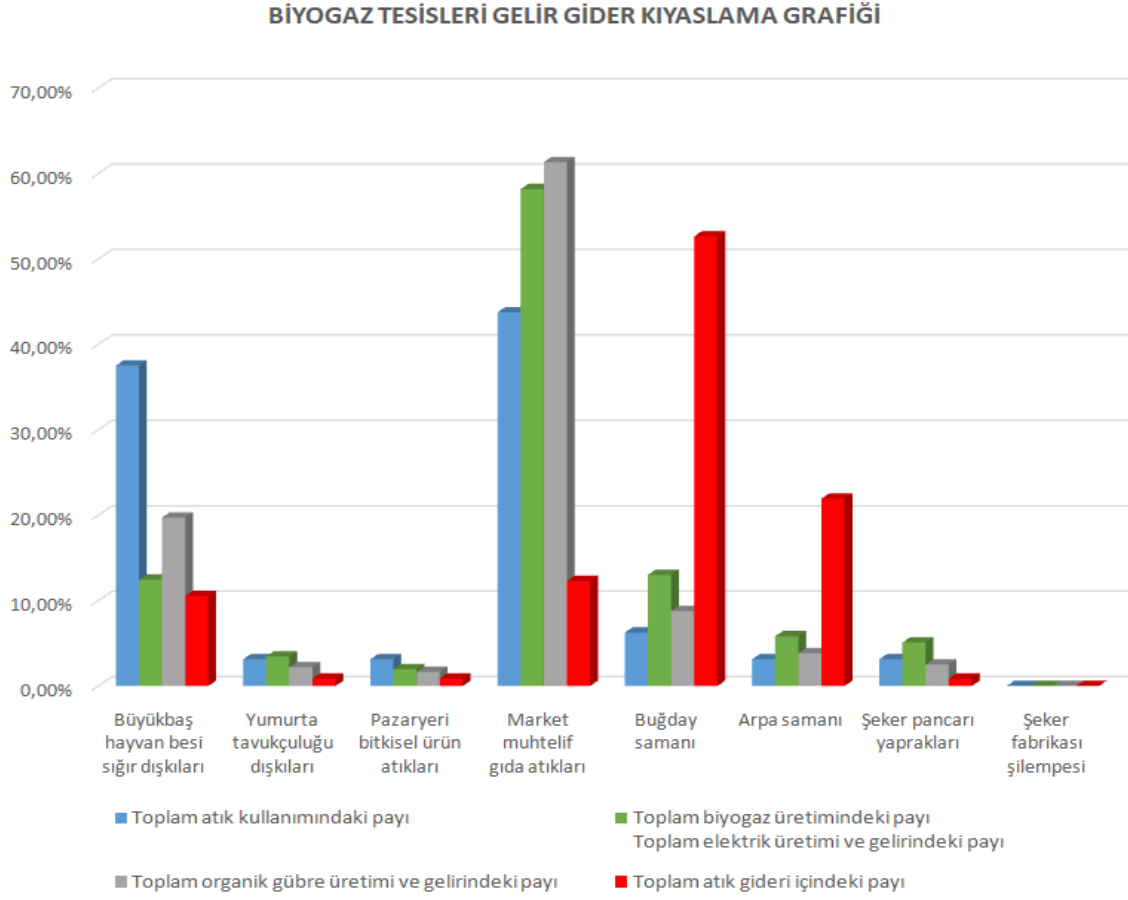
Kullanılan atıkların toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki oranları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %19,72,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %2,19,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %1,64,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %61,34,
- Buğday samanının payı %8,76,
- Arpa samanının payı %3,83,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %2,52,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %0 olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan atıkların toplam atık gideri içindeki payları:

- Büyükbaş hayvan besi sığır dışkılarının payı %10,53,
- Yumurta tavukçuluğu dışkılarının payı %0,88,
- Pazaryeri bitkisel ürün atıklarının payı %0,88,
- Market muhtelif gıda atıklarının payı %12,28,
- Buğday samanının payı %52,63,
- Arpa samanının payı %21,93,
- Şeker pancarı yapraklarının payı %0,88,
- Şeker fabrikası şilempesinin payı %0 olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalara göre oluşturulan grafikte biyogaz tesislerinin gelir-gider kıyaslaması yapılmıştır:



Şekil 20. Beşinci Senaryoya Göre Oluşturulan Tesisin Gelir-Gider Kıyaslaması

- Grafikte toplam atık kullanımında en fazla paya market muhtelif gıda atıklarının, en az paya şeker fabrikası şilempesinin sahip olduğu görülmektedir.
- Toplam biyogaz üretimindeki payı en fazla olan atık market muhtelif gıda atıkları iken payı en az olan atık şeker fabrikası şilempesidir.
- Toplam organik gübre üretimi ve gelirindeki payı en fazla olan atık market muhtelif gıda atıkları iken, en az paya şeker fabrikası şilempesi sahiptir.
- Toplam atık gideri içindeki payı en fazla olan atık buğday samanı iken en az payı olan atık şeker fabrikası şilempesidir.

Oluşturulan senaryolar ile elde edilen sonuçlar tablo 31’de gösterilmektedir:

Tablo 31. Oluşturulan Senaryoların Karşılaştırılması

	SENARYOLAR				
	1.Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo	4. Senaryo	5. Senaryo
C/N Katsayısı	3.400	3.580	3.985	3.655	4.220
Karışım C/N Oranı	21,25	22,38	24,91	22,84	26,38
Elde Edilecek Saatlik Biyogaz Miktarı (m ³)	470	589	586	522	602
Biyogazın Yıllık Enerji Değeri (TEP)	2.125	2.663	2.650	2.358	2.720
Tesis Isıl Kapasitesi (kcal/saat)	2.426.275	3.040.100	3.025.050	2.691.800	3.104.600
Tesis Toplam Güç (MW)	2,821	3,535	3,517	3,130	3,610
Tesis Elektriksel güç (MWe)	1,128	1,414	1,407	1,252	1,444
Elde Edilecek Yıllık Elektrik Enerjisi Miktarı (kWhsaat)	9.885.550	12.386.502	12.325.183	10.967.398	12.649.299
Elde Edilecek Yıllık Katı Granül Gübre Miktarı (ton)	10.972	12.532	11.695	12.450	14.996
Elde Edilecek Yıllık Elektrik Enerjisi Tutarı (TL)	5.338.197	6.688.711	6.655.599	5.922.395	6.830.622
Elde Edilecek Yıllık Katı Granül Gübre Tutarı (TL)	4.388.760	5.012.910	4.677.840	4.980.060	5.998.410
Kullanılacak Atık Yıllık Maliyet	2.445.500	3.869.000	3.412.750	2.445.500	2.080.500

Oluşturulan senaryolara göre yapılan hesaplamalar ile 160 ton atığın kullanıldığı tesisler karşılaştırıldığında bir saatte üretilebilecek biyogaz miktarı, biyogazın yıllık enerji değeri, tesisin ısıl kapasitesi, en fazla güç, en fazla elektriksel güç, elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı, elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı, elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı ve elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı en fazla beşinci senaryoda elde edilmiştir. Buna karşılık kullanılacak atık yıllık maliyeti en fazla ikinci senaryoda olmuştur. Bunun sebebi ikinci senaryoda atık birim fiyatı daha yüksek olan atıkların miktar olarak daha fazla kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan hesaplamalar neticesinde aynı büyüklüğe sahip, aynı girdilerin kullanıldığı tesislerin birbirinden farklı verimliliğe ve etkinliğe sahip olabileceği görülmektedir. Oluşturulan senaryolarda girdi miktarı sabit tutularak girdi oranlarında yapılabilecek değişiklikler sayesinde oluşturulacak tesislerin getirilerinin artırılacağı ortaya koyulmuştur. Tesislerin verimli çalışması ve etkinliğin artırılması için katı madde miktarı ve biyogaz içeriği yüksek olan atıkların daha fazla kullanılması, tutarı yüksek olan

atıkların paylarının daha düşük oranda tutularak çalıştırılması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

6. SONUÇ

Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir çevre anlayışı için kesintisiz, güvenli, yerli ve çevreye zarar vermeyen enerji kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Enerji, refah seviyesinin yükseltilmesi, gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanması için temel yapıtaşları olarak sosyoekonomik politikaların yürütülmesinde en önemli faktörler arasında yer almaktadır. Ekonomik açıdan üretim maliyetlerini en aza düşürme ve küreselleşen dünyada rekabet halinde olan toplumların ayakta kalabilmeleri için üretimin en pahalı girdilerinden olan enerjinin ucuz ve kolay yoldan elde edilebilmesi rekabet edilebilirlik açısından gereklidir.

Enerji talebinin karşılanmasının önemli olduğu kadar bu talebin karşılanma şekli de önem arz etmektedir. Enerji ihtiyacının karşılanmasında fosil kaynak kullanımı zehirli gazların salınımına neden olarak hem çevre hem de toplum üzerinde negatif etkiler bırakmaktadır. Negatif etkilerin ortadan kaldırılması için toplumların enerji ihtiyacını karşılayacak yeni, yerli ve yenilenebilir kaynaklar üzerine yoğunlaşmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye’de tüketilen enerji miktarında her geçen yıl artış gözlenmektedir. Ancak enerji talebinin karşılanmasında yeterli kaynağa sahip olunmaması gerekçesiyle dışa bağımlılık söz konusudur. Bu sebeple enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynak kullanımının yaygınlaştırılması bir zorunluluktur.

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak hayvansal atıkların dönüştürülerek biyogaz üretiminin gerçekleştirilmesi, çevreyi tahribata uğratmadan enerji talebinin karşılanmasına katkı sağlayacak bir alternatiftir. Bu gerekçeyle hayvansal atıkların “çöp” olarak çevreye bırakılmasının yerine sürdürülebilir kalkınma için değerlendirilmesi gerekmektedir. Çevreye rastgele bırakılan hayvansal atıklar bütün ekosistem için olumsuzluklara neden olmaktadır. Yeni bir teknoloji olan biyogaz sayesinde atıklar hem enerji kaynağı hem de yan ürün (gübre) olarak değerlendirilerek zehirli gaz salınımında ve atık miktarında minimizasyon sağlanmaktadır. Hayvansal kökenli atıkların enerji üretiminde kullanılmasıyla enerji ihtiyacı yerli kaynaklardan karşılanarak ekonomik açıdan ulaşılmak istenen avantaj sağlanacaktır.

Bu çalışmada biyogaz tesislerinin verimlilik durumları senaryolar üzerinden incelenerek tesislerin en verimli şekilde çalışmasını sağlayacak hesaplamalar ortaya koyulmuştur. Bu

amaç doğrultusunda tesisin kapasitesi sabit tutularak analizler yapılmıştır. Analizlerin senaryolar ile yapılması sayesinde kurulumu planlanan tesislere optimum atık miktarı ve türü ile çalışmasını sağlayacak fizibilite raporları elde edilmiştir.

Kurulumu planlanan bir tesisin toplam gücü tesis ısı kapasitesine bağlıdır. Isıl kapasite arttıkça güç yükselecektir. Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı, günlük ve yıllık çalışma sabit olduğundan dolayı tesis elektriksel gücüne bağlıdır. Elektriksel güç arttıkça elde edilmesi planlanan yıllık elektrik enerjisi miktarı artacaktır. Biyogaz üretimi esnasında yan ürün olarak toprak için verimli katı granül gübre elde edilmektedir. Elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı katı madde miktarına, kullanılacak günlük atık miktarına, yıllık çalışılacak gün sayısına ve organik katı gübre verimine bağlıdır. Yıllık çalışılacak gün sayısı ve organik katı gübre verimi sabit değerlerde olduğundan dolayı katı granül gübre miktarı katı madde miktarı ve günlük kullanılacak atık miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi tutarı, elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarına bağlıdır. Elde edilecek yıllık katı granül gübre tutarı, elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarına ve organik katı gübre birim satış tutarına bağlıdır.

Kullanılacak atığın yıllık maliyeti kullanılacak günlük atık miktarına, atığın birim fiyatına ve yıllık çalışılacak gün sayısına bağlıdır. Birim fiyatı daha yüksek olan atığın daha fazla kullanılması yıllık maliyeti arttırmaktadır. Oluşturulan senaryolarda en düşük maliyetin beşinci senaryoda elde edilmesi birim fiyatı en yüksek olan şeker fabrikası şilempesinin kullanılmamasından kaynaklanmaktadır. En yüksek maliyetin ikinci senaryoda çıkması, şeker fabrikası şilempesinin en fazla bu senaryoda kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Elde edilecek yıllık elektrik enerjisi miktarı, elde edilecek yıllık katı granül gübre miktarı, tesis toplam gücü ve tesisin elektriksel gücü en fazla beşinci senaryoda elde edilmiştir. Bu durum bir biyogaz tesisinde daha düşük maliyet ile daha yüksek verimin elde edilebilirliğini göstermektedir.

Kurulumu planlanan tesislere kaynak niteliğinde olan bu çalışma ile enerji üretimi için optimal atık miktarı ve türü ile faaliyetlerin yürütülmesi sayesinde verimlilik, tasarruf, kalkınma, yeşil ekonomi, sıfır atık, endüstriyel simbiyoz yaklaşımlarına bütünsel fayda sağlanarak enerji ve kalkınma arasındaki denge kurulmuş olacaktır. Elde edilen analiz sayesinde kurulacak tesislerin maliyetlerinde azalma, çevreye bırakılan atık miktarında

azalma, çevre kirliliğini önleme, enerjide dışa bağımlılığı azaltma ve tesislerin etkinliğinin artırılması avantajları elde edilerek sürdürülebilir kalkınmanın devam ettirilebilmesine katkı sağlanacaktır.

Türkiye’de ekonomik ve ekolojik açıdan gelişmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının payı artırılmalıdır. Tesislerin verimli çalışmasını sağlayacak analizler temel alınmalıdır. Ek olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında biyogaz üretiminin yükseltilmesi için yatırımların teşvikler ve Ar-Ge projeleri ile desteklenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdiramov, M. (2016). Sürdürülebilir gelişme yaklaşımında yeşil ekonominin
- Akalın, M. (2013). Küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle oluşan doğal
- Al, İ. (2019). Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil ekonomi: Türkiye için bir endeks önerisi:
- Aliusta, H, Yılmaz, B, Kırlioğlu, H. (2016). Küresel ısınmayı önleme sürecinde
- Alosman, M, Çolak, İ. (2004). ISO 14000 çevre yönetim sistemleri ile ilgili örnek araştırma ve uygulama. *Sakarya University Journal of Science*, 8 (1), 84-90.
- Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri. *Biyogaz*. Erişim adresi: <https://acikders.ankara.edu.tr>. Erişim tarihi: 26.05.2021
- Anlar Güneş, Ş. (2011). İklim değişikliği yükümlülüklerine uygunluğun sağlanması: kyoto protokolü uygunluk mekanizması. *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 8 (31), 69-94.
- Antonio da Silva Gonçalves V., Mil-Homens dos Santos, FJ. (2019). Energy management system iso 50001:2011 and energy management for sustainable development: *Energy Policy*, 133(2019), 110868.
- Avaner, E. (2019). Küreselleşmenin sonucu küresel ısınma dünyayı yok etmeden yeni bir ekonomik sistemi benimsemek: Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(3), 843-855.
- Ay Türkmen, M., Kılıç, F. (2020). Sürdürülebilir kalkınma anlayışına yönelik döngüsel ekonomi modeli: *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(4), 2538-2556.
- Aydın, M, Deniz, K. (2018). Atık yönetiminde vergi politikasının rolü: Türkiye değerlendirmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 15 (30), 435-461.
- Baghirova, A. (2018). "Enerji kaynaklarında güvenlik sorunu ve nükleer santraller: metsamor nükleer santrali örneği". *Türk Dünyası Araştırmaları* 120 (2018): 215-232.
- Baş, K., (2018). *Türkiye’de sürdürülebilir enerji ve kooperatiflerin rolü*. Yüksek Lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Baştan, E., Sevinç, Ş., Semerci, M., Tunçez, F. D., (2017). *Konya’da biyogaz tesisi potansiyeline yönelik araştırmalar*. Konya, Innopark Konya Teknoloji Geliştirme Bölgesi.
- Bayraç, H. (2010). Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar: *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2), 229-259.
- Bilgin Yıldırım, H. (2007). Küresel ısınma, iklim değişikliği ve Türkiye: *Ziraat Mühendisliği*, (349), 22-29.
- Bozkurt, A.U., 2008. *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- BP Energy Outlook 2035 (2015). Erişim adresi: bp.com/energyoutlook. Erişim tarihi: 22 Şubat 2021

BP Statistical Review of World Energy 2019, 68th edition

Bryndin, E., (2020). Financial turnover of cyclical economy by reinvesting in ecological production of its saving: Resources and Environmental Economics.

Camcı, S., (2020). “Alışveriş merkezlerinde kullanılan enerji sistemlerinin enerji etüt raporunun hazırlanması ve güneş enerjisi ile enerji tasarrufu sağlanması: rings avm örneği” Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.

Çelikkaya, H. (2016). “Biyogaz” Fırat Kalkınma Ajansı. Erişim adresi: <https://fka.gov.tr> Erişim tarihi: 28.06.2021

Çetinkaya, M., S., (2019). “Sıfır atık yaklaşımının geri kazanılabilir atık kağıt miktarı ve kalitesine etkisi: akdeniz bölgesi ve ege bölgesi pilot örnek” Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Çiloğlu, T. (2018). Yeşil ekonomi ve küreselleşme: karşılıklı etkileşim ve dönüşümsel süreç: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1 (1), 42-48.

Çolak, İ., Bayındır, R., Demirtaş, M. (2008). Türkiye'nin enerji geleceği: TÜBAV Bilim Dergisi, 1(2), 36-44.

Davarcıoğlu, B., Lelik, A. (2018). Küresel iklim değişikliği ve uyum çalışmaları: türkiye açısından değerlendirilmesi: Mesleki Bilimler Dergisi (MBD), 7(2), 376-392.

Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi: Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 1 (2), 37-54.

Demircioğlu, E. N., Ever, D. (2020). Döngüsel ekonomiye geçişte endüstriyel simbiyozun maliyetler üzerine etkisi: Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 29(3), 461-473.

Demirtaş, E. (2004). Kentsel katı atık kompostunun tarımda kullanımı: Derim, 21 (2), 27-34.

Demirtaş, M., Gün, V. (2007). Avrupa ve Türkiye'deki biyokütle enerjisi: C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 3(1), 49-56.

Dertli, G, Yınaç, P. (2018). Yenilenebilir enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu,

Deviren, H., İlkılıç, C., Aydın, S. (2017). Biyogaz üretiminde kullanılabilen materyaller

Dilek, Ö.E. (2018). *Yeşil ekonomi ile sürdürülebilir büyüme: türkiye örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Diñç, Ö. G. (2019). *Hizmet sektöründe uzmanlaşma verimlilik ve rekabet edilebilirlik*. Doktora tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Doğanay, H., Coşkun, O., (2017). *Enerji kaynaklar*. PEGEM Akademi Güncellenmiş 3. Baskı, ISBN 978-605-318-838-4/ Nisan,2017, Ankara.

Duygu, A. E. (2005). Küreselleşme ve Çevresel Etkileri. TMMOB Türkiye V. Enerji Sempozyumu Bildirileri, Kızılay/Ankara.

- Elinç, N., (2019). *Kayseri belediyesi molu çöp toplama tesisinde çöp gazından elektrik üreten tesisin enerji ve ekserji analizleri*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Enerji Atlası. *Biyogaz, biyokütle, atık ısı ve pirolitik yağ enerji santralleri*. Erişim adresi: <https://www.enerjiatlası.com/biyogaz/>. Erişim tarihi: 28.05.2021
- enerji ithalatı ve ekonomik büyüme:türkiye örneği: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15(2), 583-606.
- Erdoğan, S. (2020). Enerji, çevre ve sera gazları: Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 10(1), 277-303.
- Ergülen, A., Atıcı, F. (2020). Toplam kalite, çevre ve sıfır atık yönetimi; yaklaşımlar, kazanımlar ve eleştiriler: Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 24(2), 299-328.
- Eroltu, T. (2020). *Havayolu Sektöründe 2016, 2017 ve 2018 Yılları Arasında Verimlilik ve Performans Analizi: THY A.O. ve PEGASUS Hava Taşımacılığı Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Eurostat, (2021). *AB atıkları nereye gidiyor*. Erişim adresi: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210420-1> Erişim tarihi: 31.05.2021
- felaketlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri: Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(2), 29-43.
- Gazete Ekonomi, (2016). *Türkiye'nin en büyük biyogaz tesisi Aksaray'da açıldı*. Erişim adresi: <http://www.gazeteekonomi.com/sector/turkiye-nin-en-buyuk-biyogaz-tesisi-aksaray-da-acildi-h217006.html>, Erişim tarihi: 25.05.2021
- Gedik, Y. (2020). Döngüsel ekonomiyi anlamak: teorik bir çerçeve. Turkish Business Journal, 1 (2), 110-137.
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N., Gorini, R., (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation: Energy Strategy Reviews, 24(2019), 38-50.
- Gül, B. (2019). *Sürdürülebilir sıfır atık yönetimi için eğitim alanlarında katı atık oluşumu ve karakterizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Gül, M., (2020). *Türkiye'de atık yönetimi ve sıfır atık projesinin değerlendirilmesi: ankara örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Gül, T. (2018). *Küresel ısınmanın doğal afetlere etkisinin artvin ili özelinde incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Gülen, J., Arslan, H. (2005). *Biyogaz: Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma 2005(4), 121-129. Erişim Tarihi: 25.05.2021
- Günay, Ü., Dursun, Ş. (2018). Arıtma çamuru ve zirai atıkların kompostlanarak tarım arazisinde kullanımı: Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(1), 14-19.

- Gündüzalp, A. A., Güven, S. (2016). *Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: çankaya belediyesi ve semt tüketicileri örneği*. Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi, Erişim adresi: <http://www.sdergi.hacettepe.edu.tr/?page=makaleler> Erişim tarihi:08.05.2021
- Güven, O. (2017)., *Türkiye'nin enerji kaynakları ve nükleer enerji politikaları: gazi üniversitesi öğrencilerinin nükleer enerji algısı*.Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Habertürk, *Nüfuslarına göre ülkeler listesi*. Erişim adresi: <https://www.haberturk.com/nufuslarına-gore-ülkeler-listesi-hbrt-2875049>, Erişim tarihi: 31.05.2021.
- Harmankaya, İ. (2019). *Türkiye'de 1992'de kurulan devlet üniversitelerinin veri zarflama analizi yöntemiyle değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans tezi, Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.
- Hedefler İçin İş Dünyası Platformu, DCube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi, 2020. *İşletmeler için döngüsel ekonomi rehberi* Erişim adresi: <https://www.business4goals.org/turkiye-dongusel-ekonomi-haftasi/> Erişim tarihi:02.04.2021
- Hekimci, F. (2012). Sürdürülebilir yarımlar için sürdürülebilir tüketim ve enerji verimliliği: 2012(3). T.C. Bilim ve Teknoloji Bakanlığı, Yıl:24, Sayı:277, 10-15.
- Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 12(1), 112-124.
- İleri, H. (2014). Verimlilik, verimlilik ile ilgili kavramlar ve işletmeler açısından verimliliğin önemi: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi, 1(2), 820-844.
- İlkılıç, C., Deviren, H. (2011). Biyogazın üretimi ve üretimi etkileyen faktörler: 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11) 16-18, Elazığ.
- İraz, R., Altınışik, İ., Peker, H.S. (2014). Güneş enerjisi yatırımlarına yönelik teşvikler ve türkiye'deki durum: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Yüksekokulu Dergisi, 13(1-2), 69-78.
- İslatince, H., Haydaroğlu, C. (2009). "Türk imalat sanayiinde enerji verimliliği ve yoğunluğunun analizi: Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi (24), 155-165.
- Kalaycı, E, Türker, G, Çağlarer, E. (2019). Kırklareli ilinin hayvansal atık potansiyelinin biyogaz üretimi çerçevesinde değerlendirilmesi ve güncel yapının yorumlanması: Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(4), 1489-1497.
- Kant, C., Kızıloğlu, T. (2011). Asit yağmurlarının canlılar üzerine etkileri/the effects on organsms of acid rains: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(2), 217-221.
- Karadağ, A. *Biyogaz Üretim Sistemleri ve Bileşenleri*. Erişim adresi: <https://cdn.bartın.edu.tr>. Erişim tarihi: 26.05.2021
- Karagöl, E.T., Kavaz, İ. (2017). Dünya'da ve türkiye'de yenilenebilir enerji:SETA Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı Sayı:197, Baskı: Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık A.Ş., İstanbul.

- Karakaya, H. (2017). Enerji verimliliği kapsamında türkiye'nin enerji tüketimi ile ekonomik büyümesi arasındaki nedensellik ilişkisinin değerlendirilmesi: Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16(2), 26-39.
- Karasu, A. (2013). *Çevresel atıklar, nedenleri, çevresel atıkların dönüştürülmesi ve yenilenebilir enerji olanaklarının araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi-Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- Kavak, F.F., (2020). *Sfır atık yönetimi: marmara üniversitesi anadoluhisarı kampüsü örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kavak, K. (2005). *Dünya'da ve türkiye'de enerji verimliliği ve türk sanayiinde enerji verimliliğinin incelenmesi*. Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı 2689 Nolu Yayını, Ankara.
- Kavrar, Ö. (2018). *Enerji yönetimi ve muhasebesi: sürdürülebilir enerji yönetimi için faaliyet tabanlı maliyetleme modeli*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Kavrar, Ö., Yılmaz, B. (2019). Enerji yönetiminde faaliyet tabanlı maliyetleme modeli: bir üretim işletmesinde uygulama: Muhasebe ve Finansman Dergisi, 2019(83), 85-110.
- Kaya, H.E. (2020). Kyoto'dan paris'e küresel iklim politikaları: Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi, 4(10), 165-191.
- Kaymaz, C., Tut, G. (2020). İklim değişikliği politikalarına yönelik bir çerçeve denemesi.-:Kent ve Çevre Araştırmaları Dergisi, 2 (1), 78-98.
- Kenar, F. (2020). *Yerleşmelerin Kompost Gübre Potansiyelinin Belirlenmesi (Sakarya Serdivan Örneği)*.Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Kent Harita Eğitim, (2016-2018). *Biyolojik Arıtma Tesisi Nasıl Çalışır*. Erişim adresi: <https://www.kentharita.com/biyolojik-aritma-tesisi-nedir/>. Erişim tarihi:25.05.2021
- Kınık, Z, Aykaç, Z. (2021). Atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri: Türk Hidrolik Dergisi, 5(1), 59-65.
- Kıyılmaz, M.B. (2019). *Sanayide Enerji Yönetimi Esasları ve Enerji Verimliliğinin Araştırılması*.Yüksek lisans tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kızılçam, G. (2020). *Türkiye'de Atık Yönetimi Uygulamaları ve Atıklardan Enerji Üretimi (Kocaeli-İzaydaş Örneği)*. Yüksek lisans tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilecik.
- Koç, E., Kaya, K. (2015). Enerji kaynakları-yenilenebilir enerji durumu: Mühendis ve Makine Dergisi, 56(668), 36-47.
- Koç, E., Şenel, M.C. (2013). Dünya'da ve türkiye'de enerji durumu-genel değerlendirme: Mühendis ve Makine Dergisi, 54(639), 32-44.

- Kumar, V., Sezersan, I., Garza-Reyes, J., Gonzalez, E., ve Al-Shboul, M. (2019). Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers: *Management Decision*, 57(4), 1067-1086.
- Kuşat, N. (2013). Yeşil sürdürülebilirlik için yeşil ekonomi: avantaj ve dezavantajları-türkiye incelemesi: *Journal of Yaşar University*, 29(8), 4896-4916.
- Kuşkaya, S. (2018). *Küresel Isınmanın Kontrol Altına Alınmasında Takip Edilen Enerji Politikalarının Etkinliği: Bir Sürekli Dalgacık Uyumu Modeli Yaklaşımı*. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Loiseau, E., Saikku, L., Antikainen R., Droste, N., Hansjürgens, B., Pitkänen, K., Pekka Leskinen, P., Kuikman, P., Thomsene M. (2016). Green economy and related concepts: an overview: *Journal Of Clear Production*, 139(2016), 361-370.
- Lüle, F. (2018). Adıyaman ilinin enerji kaynakları potansiyeli: *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*, 14(1), 1-5.
- Mahdıyan Nasl, B. (2015). *Büyükbaş hayvan dışkısından biyogaz üreten bir reaktöre peyniraltı suyu eklenmesinin reaktörün biyogaz üretimine veriminin etkilerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Malinauskaitė, J., Jouhara, H., Egilegor, B., Mansour, F., Ahmad, J., Pusnik, M., (2020). Energy efficiency in the industrial sector in the EU, Slovenia and Spain: *Energy* 208 (2020) 118398.
- Maranesi, C., De Giovanni, P. (2020). Modern circular economy: corporate strategy, supply chain, and industrial symbiosis: *Sustainability (Switzerland)* 2020, 12, 9383.
- Mayaoğlu Akın, C. (2021). *Sıfır atık kapsamında endüstriyel simbiyoz ve atık borsası uygulamalarının incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Mealy, P., Teytelboym, A. (2020). Economic complexity and the green economy: *Research Policy*, <https://www.elsevier.com/locate/respol>
- Mete, M.H. (2010). *İmalat sanayi işletmelerinde verimlilik yönetimi ve karşılaştırmalı bir alan çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Mortensen, L., Kornov, L. (2019). Critical factors for industrial symbiosis emergence process: *Journal of Cleaner Production*, 212(2019), 56-69.
- MY Enerji Solar, (2021). *Güneş enerji sistemi*. Erişim adresi: <https://www.myenerjisolar.com/> Erişim tarihi: 09.02.2021
- Nacar Koçer, N., Öner, C., Sugözü, İ. (2006). Türkiye’de hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi: *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 17-20.
- Nazilli, E. (2018). Organik katı atıkların aerobik şartlarda biyoteknolojik yöntemlerle kompostlaştırılması: *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11(2), 47-50.
- Ozmehmet, D. (2008). Dünya’da ve türkiye’de sürdürülebilir kalkınma yaklaşımları: *Journal of Yaşar University*, 3(12), 1853-1876.

- Öktem, B. (2016). Atık yönetiminde entegre uygulama: Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 6 (2/1), 135-147.
- Önder, H. (2018). Sürdürülebilir kalkınma anlayışında yeni bir kavram: döngüsel ekonomi: Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,(57), 196-204.
- önemi:Journal of International Management and Social Researches Uluslararası Yönetim ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 3(6), 29-39.
- Özbaşer, T., Erdem, E. (2013). Biyogaz üretimi ve kullanımı: Lalahan Hay. Araşt. Enstitüsü Dergisi, 53(2), 115-124.
- Özçağ, M., Hotunluoğlu, H., (2015). Kalkınma anlayışında yeni bir boyut: yeşil ekonomi: CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 13(2), 303-324.
- Özdemir, B. (2009). Küresel kirlenme sürdürülebilir ekonomik büyüme ve çevre vergileri, Maliye Dergisi, 156(0), 1-36.
- Özkan, A., Günkaya, Z., Özdemir, A., Banar, M. (2018). Sanayide temiz üretim ve döngüsel ekonomiye geçişte endüstriyel simbiyoz yaklaşımı: bir değerlendirme: Anadolu University Journal of Science and Technology B-Theoretical Sciences, 6(1), 84-97.
- Özsoy, T. (2019). Döngüsel ekonomi: almanya'daki durumun bir özeti: Global Journal of Economics and Business Studies, 7 (14), 129-143.
- Öztürk, İ., Demir, İ., Altınbaş, M., Arıkan, O. A., Çiftçi, T., Çakmak, İ., ... Kiriş, A. (2015). "Kompost El Kitabı" 2. Baskı İstanbul: İstaç A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 1.
- Öztürk, M. (2017). Hayvan gübresinden ve atıklardan kompost üretimi: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Pamukçu, K. (2006). Küresel ısınmaya karşı küresel işbirliği: Uluslararası İlişkiler Dergisi, 3 (10), 181-215.
- Petrecca, Giovanni (2014). energy conversion and management principles and applications: (3. Baskı). Switzerland: Springer International Publishing.
- Polat, M. H. (2012). *Küreselleşen kalkınma*. Açılım kitap, Pınar yayınları, birinci baskı, İstanbul.
- Resmi Gazete (2007). *Enerji Verimliliği Kanunu*. Kanun no: 5627, Sayı:26510, Kabul Tarihi:18/04/2007, Erişim tarihi: 10.10.2020
- Resmi Gazete, (1983). *Çevre Kanunu*. Cilt:22, Sayı:18132 Tertip:5, Erişim tarihi: 03.03.2021
- Resmi Gazete, (2015). *Atık Yönetimi Yönetmeliği*. Sayı:29314, Erişim Tarihi:07.05.2021
- Resmi Gazete, (2015). *Kompost Tebliği*. Sayı:29286, Erişim tarihi:10.05.2021
- Resmi Gazete, (2019). *Sıfır Atık Yönetmeliği*. Sayı:30829, Erişim tarihi: 24.06.2021
- Sağlam, N., Düzgüneş, E., Balık, İ. (2008). Küresel ısınma ve iklim değişikliği. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 25(1), 89-94.
- Serengil, Y. (1995). Küresel ısınma ve olası ekolojik sonuçları: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 45(1-2), 135-152.

- Sevim, C. (2019). *Küresel enerji stratejileri ve jeopolitik*(4). Ankara: Seçkin Yayınevi.
- Sıfır Atık by evreka, (2018). *Entegre Atık Yönetimi Hiyerarşisi Nedir*. Erişim adresi: <https://sifiratik.co/2018/10/17/entegre-atik-yonetimi-hiyerarşisi-nedir/>. Erişim tarihi: 02.04.2021.
- Song, Q., Li, J., Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy: *Journal Of Cleaner Production*, 104(2015), 199-210.
- Şanlı, B., Özekicioğlu, H. (2007). Küresel ısınmayı önlemeye yönelik çabalar ve türkiye: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 2007 (2), 456-482.
- Şenol, H., Elibol, E. A., Açıklı, Ü., Şenol, M. (2017). 2016'da Türkiye'de Kanatlı Hayvanlardan Üretilebilecek Biyogaz ve Elektrik Enerji Potansiyeli: *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-11.
- Şenol, H., Elibol, E., Açıklı, Ü., Şenol, M. (2017). Türkiye'de biyogaz üretimi için başlıca biyokütle kaynakları: *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 81-92.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017. Sıfır Atık El Kitabı: Ankara.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı *2019 Ulusal Enerji Denge Tablosu -Orijinal Birimler/Bin Tep*. Erişim adresi: <https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=103>. Erişim tarihi: 23.02.2021
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı *Güneş*. Erişim adresi: <https://enerji.gov.tr/gunes-bilgimerkezi>. Erişim tarihi: 10.02.2021
- Tachmizaki, E. V., Didaskalou, E. A., Georgakellos, D. A. (2019). Energy management practices' determinants in greek enterprises: *Sustainability*, 2020, 12, 133; doi:10.3390/su12010133.
- Taşova, M. (2018). Türkiye'nin güneş enerjisi parametre değerleri ve güneş enerjisinden faydalanma olanakları: *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 7(3), 10-17.
- TDK Türk Dil Kurumu, *BSTS/İktisat Terimleri Sözlüğü* (2004). Erişim adresi: <https://sozluk.gov.tr/>. Erişim tarihi: 15.10.2020.
- TDK, Türk Dil Kurumu, *İktisat Terimleri Sözlüğü* (2004). Erişim adresi: <https://sozluk.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 01.04.2021.
- TEVEM, (2010). Enerji ve enerji verimliliği çalışması araştırma yönetimi: Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu.
- Tezel, Ö, Yıldız, E. (2020). Sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarında dünya ve türkiye karşılaşması: edikab örneği: *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 9(2), 35-48.
- Top, A. (2002). Verimlilik ve üretkenlik üzerine düşünceler: *Önersi Dergisi*, 5(17), 31-34.
- Topal, M. (2014). Kompost standartları üzerine bir derleme: *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 85-108.
- Toprakbilgi.com, *çiftlik tipi biyogaz tesisi*. Erişim adresi: forum.toprakbilgi.com/index.php?topic=1778.0. Erişim tarihi: 25.05.2021

- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/>. Erişim tarihi: 21.05.2021
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/>. Erişim tarihi: 02.06.2021
- Türe, C. Vd. (2009). *Ekoloji*. 1. Baskı, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları
- Türkyılmaz, O., (2011). Türkiye enerjide nereye gidiyor:Mühendis ve Makine Dergisi, 52(617), 40-46.
- Ulaşlı, K. (2018). *Geri Kazanılabilir Atıkların Yönetimi ve Sıfır Atık Projesi Uygulamaları: Kadıköy Belediyesi*. Yüksek lisans tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- uygulanan piyasa temelli iktisadi araçlar: karbon ticareti ve karbon vergisi*.Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 12 (12), 382-401.
- Uygur, İ., Demirci, R., Saruhan, H., Özkan, A., Belenli, İ. (2006). Batı karadeniz bölgesindeki dalga enerjisi potansiyelinin araştırılması: Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12 (1), 7-13.
- Uzun, A., Değirmen, M. (2018). Endüstriyel işletmelerde enerji verimliliği ve enerji yönetimi: Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 4(2), 83-97.
- Üregen Güler, N., (2020). *Yerli kaynaklardan biyogaz üretimi ve oksijen yanması*.Yüksek Lisans tezi,Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Vakulchuk, R., Overland, I., Scholten, D., (2020). Renewable energy and geopolitics: a review: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 122(2020).
- ve biyogazın kullanım alanları:Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 7(2), 79-88.
- Yağlı, H., Koç, Y., (2019). Hayvan gübresinden biyogaz üretim potansiyelinin belirlenmesi: adana ili örnek hesaplama:Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(3), 35-48.
- Yakovleva, E. A., (2020). Cyclic economy in a globalized world:SHS Web of Conferences 74, 06032 (2020), Globalization and its Socio-Economic Consequences 2019.
- Yaldız, O., Külcü, R. (2018). türkiye’de kompost üretim teknolojileri ve yasal düzenlemeler: Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2(4), 8-25.
- Yaman, K., Olhan, E. (2010). Atık yönetiminde sıfır atık yaklaşımı ve bu anlayışa küresel bir bakış: Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1).
- Yıldırım, H.H. (2016). *Türkiye’de enerji sorunu, alternatif çözüm önerileri için rüzgar enerjisi ve yatırımları: güney marmara bölgesinde rüzgar enerjisi yatırımlarının risk ve getiri değerlendirmesi üzerine bir uygulama*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldız, A., Akgül, S., Güvercin, S. (2018). Enerji verimliliği ve sanayideki uygulamaları: İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 7(1), 16-22.

- Yıldız, E. (2017). *Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları, uygulama: güneş enerji santrali ve rüzgar enerji santrali kuruluş maliyetleri*. Yüksek Lisans tezi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.
- Yıldız, Ş., Ölmez, E., Kiriş, A. (2009). *Kompost Teknolojileri ve İstanbul’daki Uygulamaları* İstaç A.Ş., Kompostlaştırma Sistemleri ve Kompostun Kullanım Alanları Çalıştayı, İstanbul.
- Yılmaz, A, Ünvar, S, Koca, T, Koçer, A. (2017). Türkiye’de biyogaz üretimi ve biyogaz üretimi istatistik bilgileri: *Technological Applied Sciences* , 12(4) , 218-232.
- Yılmaz, A. (2019). *Türk Bankacılık Endüstrisinde Etkinlik ve Verimlilik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Yolcan, O. O., Köse, R. (2020). Türkiye’nin güneş enerjisi durumu ve güneş enerjisi santrali kurulumunda önemli parametreler: *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 196-215.
- Yükçü, S., Atağan, G., (2009). Etkinlik, etkililik ve verimlilik kavramlarının yarattığı karşıklık: *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 1-13.
- Yüksekdağ, M, Gökpınar, S, Yelmen, B. (2020). Atıksu arıtma tesislerinde arıtma çamurları ve bertaraf uygulamaları: *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 895-904. Alosman, M, Çolak, İ. (2004). ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri İle İlgili Örnek Araştırma Ve Uygulama. *Sakarya University Journal of Science*, 8 (1), 84-90.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Leyla BAŞTAN TÖKE

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2012, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, İşletme

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2020, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :

Sevinç, Ş., Tunçez F. D., Baştan, L., (2018). “Yeşil Ekonomi İçin İnovasyon Yaklaşımı” Yeşil Başkentler Kongresi Bildiriler Kitabı, Konya.

Baştan Töke, L. (2020). Kompost ve biyogaz tesislerinde veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü. Necmettin Erbakan Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü / İşletme Ana Bilim Dalı / Konya.

Baştan Töke, L., Ergülen, A. (2020). Küreselleşmeyle Oluşan Atık Sorununu Çözmeye Yönelik Yaklaşımlar. Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 24 (2), 201- 215.

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar : 2018, Lisansüstü Proje Asistanı, KTO Karatay Üniversitesi

Tarih: 20 Eylül 2021