



**KTO KARATAY
ÜNİVERSİTESİ**

T.C.
KTO Karatay Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN KULLANIMI VE POTANSİYELİ

Ayşe ASLANTAŞ

Yüksek Lisans Tezi

KONYA
Şubat, 2018

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN KULLANIMI VE
POTANSİYELİ

AYŞE ASLANTAŞ

KTO Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

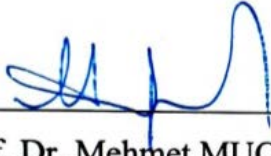
KONYA
Şubat, 2018

KABUL VE ONAY

Ayşe Aslantaş tarafından hazırlanan “Dünya'da Ve Türkiye'de Biyokütle Enerjisinin Kullanımı Ve Potansiyeli” başlıklı bu çalışma, 12.02.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Fatma Didem TUNÇEZ

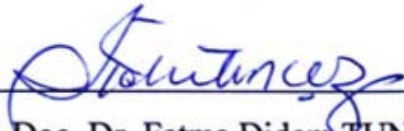


Prof. Dr. Mehmet MUCUK



Yrd. Doç. Dr. Bilge AFŞAR

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

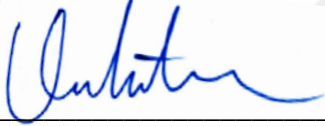


Yrd. Doç. Dr. Fatma Didem TUNÇEZ

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez/Proje Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



19.01.2018

Ayşe Aslantaş

TEŞEKKÜR

Hazırlamıő olduğum bu tez çalıőmamın her aşamasında bŸyŸk emeiği geçen, kıymetli bilgilerini ve değerli vakitlerini benden esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatma Didem TUNÇEZ hocama, yŸksek lisansa baőlamam konusunda beni cesaretlendiren aileme ve tecrŸbeleriyle çalıőmalarım sŸresince bana yol gŸsteren sevgili babama sonsuz teőekkŸrlerimi sunarım.

Ayşe ASLANTAş

Konya, 2018

ÖZET

DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİSİNİN KULLANIMI VE POTANSİYELİ

ASLANTAŞ, Ayşe

Yüksek Lisans, İşletme Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Fatma Didem Tunçez

Şubat 2018

Son yıllarda, yaşanan sosyal ve ekonomik gelişmelerin doğal bir sonucu olarak ortaya çıkan küresel enerji talebindeki hızlı yükseliş, sınırlı bir enerji kaynağı olan fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükeneceği endişeleri ve bu kaynakların kullanımının neden olduğu hava kirliliğinin giderek artması gibi problemlere çözüm arayan ülkeleri biyoenerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir.

Biyoenerji, ağaç, hayvan ve bitki gibi organik atıkların oluşturduğu biyokütle kaynaklarının modern teknolojiler vasıtasıyla dönüştürülmesi sonucu elde edilen, temiz, sürekli ve güvenilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. İnsanlığın var oluşundan itibaren biyokütle, ham haliyle, ısınma, pişirme ve hayvan besleme gibi en temel ihtiyaçların karşılanması amacıyla kullanılmaya başlanmış ve günümüzde katı, sıvı ya da gaz formuna dönüştürülerek, elektrik üretimi, ısınma ve taşıt yakıtı olarak halen kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, küresel biyoenerji profilini ortaya koymak suretiyle, Türkiye'nin biyokütle çeşitliliğine ve yüksek biyoenerji potansiyeline dikkat çekmek ve bu potansiyelin Türkiye'nin yenilenebilir enerji arzına sağlayabileceği katkıyı gözler önüne sermektir. Bu bağlamda çalışmada, öncelikle biyoenerji kaynakları ve biyoenerji konusunu genel hatlarıyla ele alınmıştır ve sonrasında dünya biyoenerji profili incelenerek sektörde lider durumundaki ülkelerin biyokütle kullanımları ve potansiyelleri araştırılmıştır. Daha sonra ise, konu ile ilgili ulaşılabilen kısıtlı verilere dayanarak Türkiye'nin biyoenerji ve biyokütle kaynaklarının potansiyeli detaylandırılmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'nin biyoenerji potansiyelinin yenilenebilir enerji arzına önemli ölçüde katkıda bulunacağı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Biyoenerji, Biyoyakıt, Türkiye, Dünya

ABSTRACT

THE UTILIZATION AND POTENTIAL OF BIOENERGY IN THE WORLD AND IN TURKEY

ASLANTAŞ, Ayşe

Master of Business Administration

Supervisor: Asst. Assoc. Dr. Fatma Didem Tunçez

February 2018

The countries that are seeking solutions to problems such as, the rapid rise in the demand for global energy which emerged as a natural result of living social and economic developments, concerning about depleted fossil fuel which are to be consumed in the near future and air pollution sourced from the increasing use of fuel, have been led to bioenergy which has a very important place among renewable energy alternatives, in recent years.

Bioenergy is considered as a clean, sustainable and reliable energy source derived from converted biomass residues that composed of any kind of organic materials like wood, animal and plant, through modern technologies. Throughout human history biomass in its crude form has been used as an important source of all our basic needs like heating, cooking and feeding, and nowadays it is also being used to generate electricity, heat or fuel by using its converted forms of solid, liquid or gas.

The purposes of this study were, to point out the wide range of biomass resources of Turkey and its high bioenergy potential by giving the global bioenergy portrait and to demonstrate the potential contribution of bioenergy to Turkey's energy supply. In this context, this thesis reviews the bioenergy resources and bioenergy in general and later examines the global bioenergy profile by investigating biomass potential and its utilization in the countries which are leading the bioenergy sector. After that, based on existing and limited literatures that can be accessed, the bioenergy and biomass potential of Turkey had been examined in detail. Consequently, it has been found out that bioenergy has a potential to contribute the renewable energy supply of Turkey.

Key Words: Biomass, Bioenergy, Biofuel, Turkey, World

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLOLAR LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

1.1. ARAŞTIRMANIN MODELİ	4
1.2. VERİ TOPLAMA TEKNİĞİ VE ARAÇLARI	4
1.3. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ	4

2. BÖLÜM

BİYOENERJİ

2.1. BİYOENERJİNİN TARİHSEL SÜRECİ.....	6
2.2. BİYOENERJİ KAYNAKLARI.....	7
2.2.1. Tarım Kökenli Kaynaklar	9
2.2.2. Orman Kökenli Kaynaklar	10
2.2.3. Kentsel ve Endüstriyel Kaynaklar.....	11
2.3. BİYOENERJİ KULLANIM ALANLARI.....	11

2.4. BİYOYAKITLAR	12
2.4.1. Biyodizel	15
2.4.2. Biyoetanol	15
2.4.3. Biyogaz	16
2.5. BİYOENERJİNİN AVANTAJLARI.....	17
2.6. BİYOENERJİNİN DEZAVANTAJLARI.....	18

3. BÖLÜM

DÜNYA'DA BİYOENERJİ

3.1. GENEL ENERJİ PROFİLİ	20
3.1.1. Enerji Arzı.....	21
3.1.2. Enerji Talebi.....	23
3.1.3. Enerji Ticareti.....	24
3.1.4. 2035 Yılı Küresel Senaryolar.....	26
3.2. DÜNYA BİYOENERJİ PROFİLİ	28
3.3. KÜRESEL BİYOENERJİ ARZI	30
3.3.1. Birincil Biyoenerji Arzı	30
3.3.2. Ormansal Biyoenerji Kaynakları.....	31
3.3.3. Tarımsal Biyoenerji Kaynakları.....	33
3.3.4. Kentsel Atıklar	34
3.4. KÜRESEL BİYOENERJİ TALEBİ	36
3.4.1. Elektrik Üretimi	37
3.4.2. Isıtma.....	38
3.4.3. Biyoyakıtlar.....	39

4. BÖLÜM

TÜRKİYE'DE BİYOENERJİ

4.1. GENEL ENERJİ PROFİLİ	41
4.2. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI	44

4.2.1. Yenilenebilir Enerji Düzenlemeleri	44
4.2.2. Yenilenebilir Enerji Profili ve 2023 Hedefleri.....	45
4.3. BİYOENERJİ POLİTİKALARI.....	48
4.4. BİYOENERJİ POTANSİYELİ.....	52
4.4.1. Bitkisel Atıklar	53
4.4.2. Hayvansal Atıklar.....	57
4.4.3. Ormansal Atıklar	61
4.4.4. Kentsel Atıklar	64
4.5. BİYOYAKITLAR	65
4.5.1. Biyodizel	66
4.5.2. Biyoetanol	68
4.5.3. Biyogaz	71
4.6. BİYOENERJİNİN TÜRKİYE'YE GETİRİSİ.....	76
SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKÇA	87
EKLER.....	94
ÖZGEÇMİŞ	99

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Biyokütle Kaynakları ve Dünya Birincil Enerji Arzı Payları 2010.....	9
Tablo 2. Kaynaklar Bazında Dünya Toplam Birincil Enerji Arzı (EJ).....	21
Tablo 3. Kaynaklar Bazında Dünya Toplam Birincil Enerji Tüketimi (EJ).....	24
Tablo 4. Kıtalar Bazında Dünya Toplam Birincil Enerji Tüketimi 2014 (EJ).....	24
Tablo 5. Kıtalar Bazında Toplam Enerji İthalatı 2014 (EJ).....	25
Tablo 6. Kıtalar Bazında Toplam Enerji İhracatı 2014 (EJ).....	26
Tablo 7. Dünya Toplam Birincil YE Arzı (EJ).....	29
Tablo 8. Kaynaklar Bazında Dünya Toplam Birincil BE Arzı (EJ).....	30
Tablo 9. Kıtalar Bazında Dünya Toplam Birincil BE Arzı 2014 (EJ).....	31
Tablo 10. Kıtalar Bazında Dünya Orman Varlığı 2015 (Milyon ha).....	32
Tablo 11. Ormansal Atıkların Küresel Potansiyeli	33
Tablo 12. Kentsel Atıkların Toplam Enerji Arzı (EJ).....	35
Tablo 13. Kıtalar Bazında Kentsel Atıklardan Üretilen Enerji Toplamı 2014 (EJ).....	35
Tablo 14. Biyokütleden Elektrik Üretimi (Twh).....	37
Tablo 15. Kıtalar Bazında Biyokütleden Elektrik Üretimi 2014 (Twh).....	38
Tablo 16. Biyokütleden Isı Üretimi 2014 (EJ).....	39
Tablo 17. Kıtalar Bazında Biyogaz Üretimi	40
Tablo 18. Türkiye’de Başlıca Biyoenerji Düzenlemeleri.....	51
Tablo 19. Türkiye’nin Biyokütle Kaynakları ve Yıllık Potansiyeli.....	53
Tablo 20. BE Üretiminde Kullanılabilecek Tarımsal Atıkların Potansiyeli.....	54
Tablo 21. Tarlalarda Yığın Halde Bırakılan Atıkların Üretim Miktarları.....	56
Tablo 22. Tarlalarda Dağınık Halde Bırakılan Atıkların Üretim Miktarları.....	56
Tablo 23. Yağlı Tohumlardan Üretilebilecek Biyodizel Miktarı.....	68
Tablo 24. Bazı Tarımsal Ürünlerin Biyoetanol Potansiyeli.....	69
Tablo 25. Sektör Bazında Biyogaz Tesislerinin Dağılımı ve Kapasiteleri.....	72

Tablo 26. Büyükbaş Hayvan ve Tavuk Gübresinden Üretilebilecek Biyogaz Miktarı...	73
Tablo 27. Düşük Verim Isıl Gücüne Göre Üretilebilecek Elektrik Enerjisi.....	73
Tablo 28. Yüksek Verim Isıl Gücüne Göre Üretilebilecek Elektrik Enerjisi.....	74
Tablo 29. Kaynaklara Göre Biyogaz Potansiyeli.....	75
Tablo 30. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilecek BE Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli.....	77



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Biyoyakıt Teknolojisi.....	14
Şekil 2. Dünya Birincil Enerji Tüketimi 2006-2016.....	21
Şekil 3. Küresel Enerji Arzında YE'nin ve BE'nin Payı 2014.....	22
Şekil 4. Kıtalar Bazında YE'nin Küresel Enerji Arzındaki Payı 2014.....	23
Şekil 5. Yeni Politikalar Senaryosunda Dünya Birincil Enerji Kaynaklarının Payı	28
Şekil 6. Kaynaklara Göre Küresel Enerji Tüketimi 2013	36
Şekil 7. Türkiye Ekonomisinde 2006-2013 Dönemi Büyüme Hızı.....	41
Şekil 8. Birincil Enerji Arzı Gelişiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (MTEP).....	42
Şekil 9. 2017 Yılı Eylül Ayı Sonu İtibarı İle Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı.....	45
Şekil 10. Elektrik Enerjisi Üretiminin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı.....	46
Şekil 11. YE Kaynaklarından Elektrik Üretimi: 2013 Verileri ve 2023 Hedefleri	48
Şekil 12. Türkiye'de Enerji Düzenlemeleri 2007 - 2012.....	49
Şekil 13. Türkiye'de Enerji Düzenlemeleri 2005 - 2013.....	49
Şekil 14. Büyükbaş Hayvan Sayısı Bazında İşletmelerin Dağılımı	58
Şekil 15. Bölgelere Göre Büyükbaş Hayvan Gübresi Üretimi.....	59
Şekil 16. Belediye Atıklarının İçeriği.....	65
Şekil 17. Biyogaz Santrallerinin dağılımı.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
BE	: Biyoenerji
BEPA	: Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası
BP	: British Petrol Şirketi
TÇV	: Türkiye Çevre Vakfı
DBFZ	: Alman Biyokütle Araştırma Merkezi (Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum)
EJ	: Egzajoule
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
FAOSTAT	: Gıda ve Tarım Örgütü İstatistikler Veritabanı
GSYH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
GWh	: Gigawatt saat
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
MTEP	: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
Nm ³	: Nanometreküp
OECD	: Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
PJ	: Petajoule
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TEPGE	: Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü

TİGEM	: Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü
TJ	: Terajoule
TP	: Türkiye Petrolleri
TPES	: Toplam Birincil Enerji Arzı (Total Primary Energy Supply)
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
Vd.	: Ve diğerleri
WBA	: Dünya Biyoenerji Birliği (World Bioenergy Agency)
WEC	: Dünya Enerji Konseyi (World Energy Council)
YE	: Yenilenebilir Enerji
YEEP	: Yenilenebilir Enerji Eylem Planı
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu

GİRİŞ

Diğer canlıların ve bitkilerin aksine insanoğlunun enerji ihtiyacı doğal yollardan açığa çıkan enerji ile yetinemeyeceği kadar artmış ve artmaya devam etmektedir. Sanayi devriminin başında ihtiyaç duyulan enerji çoğunlukla kömürden ve odundan elde edilmiş ve ihtiyaç karşılanmışken, içten yanmalı motor teknolojisinin bulunması ile hızla artan ilave ihtiyaç fosil yakıtlardan (petrol) karşılanmıştır. Endüstriyel gelişimin olağanüstü hızlanması ve refahın yaygınlaşmasının dolaylı fonksiyonu olarak ortaya çıkan hızlı nüfus artışı enerji kaynaklarının aşırı tüketilmesi sonucunu doğurmuş ve enerji meselesi Dünya siyasetinin en önemli birkaç meselesinden biri olarak yarım yüzyıldır ağırlığını artırarak sürdürmektedir.

Günümüzde baş döndürücü bir şekilde sürmekte olan yüksek teknolojiye sahip olma ve silahlanma yarışının arka planında, global bazda enerji kaynaklarına direkt veya dolaylı olarak sahip olma/yönetme isteğinin olduğu herkesin bildiği bir sırdır. İlaveten, dünyanın bilinen birincil enerji kaynaklarının (kömür, petrol ve doğal gaz) kapasiteleri konusunda çeşitli spekülasyonlar yapılsa da bunların bir gün gelip tamamen tükeneceği herkes tarafından bilinmektedir. Bu gerçeklere dayanarak, küresel enerji üretiminin %81'inin halen fosil kaynaklardan temin edinildiği hususu da dikkate alındığında, alternatif enerji kaynaklarına hızlıca erişimin önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Küresel enerji talebindeki bu hızlı artışı karşılayabilmek amacıyla, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesinin yanı sıra, öne çıkan diğer bir başlık da fosil kaynakların kullanımının çevreye ve havaya verdiği zararları bertaraf etme konusudur. Bu nedenle, alternatif enerji kaynak arayışında ülkeler daha çok yenilenebilir enerji (YE) kaynaklarının kullanımını ve çeşitliliğini artırma yönünde çalışmalar yürütmektedir. Bu kaynaklar arasında bulunan biyokütle ise, dünya genelinde en yaygın kullanılan YE kaynağı olup, elektrik üretiminde rüzgârdan sonra ikinci sırada gelmektedir. Geçmişten günümüze kadar insanoğlunun ihtiyaç duyduğu ısınma, pişirme, hayvan besleme, elektrik üretimi ve taşıt yakıtı gibi enerji ihtiyaçlarının birçoğu biyokütle kaynaklarından karşılanmaktadır. Biyoenerji (BE) ise, bitkisel, ormansal, hayvansal ve kentsel atıklar ile enerji ormanları ürünleri ve enerji bitkileri gibi her türlü organik maddenin, klasik

yöntemlerle ya da modern teknolojiler vasıtasıyla dönüştürülmesi sonucu elde edilmektedir.

Son on yılda, dünya genelinde BE kullanımı yaygınlaşmış ve hızlı bir artış göstermiştir. BE özellikle çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltması yönüyle fosil yakıtlara alternatif olarak gösterilmektedir. Kyoto Protokolü'nde belirtilen sera gazı emisyonunu azaltması hususunda belirlenen prensiplerin gereklerini yerine getirmek amacıyla, bugün birçok ülkede biyokütle kaynaklarının kullanımını artırmaya yönelik hedefler belirlenmiştir.

2009 yılında Kyoto Protokolü'ne taraf olan Türkiye'de enerji arzında yerli ve YE kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırma politikaları doğrultusunda, biyokütle kaynaklarına dayalı enerji üretimini artırma hedefleri belirlemiştir. Türkiye'nin, tüm dünya ülkeleri arasında en büyük yedinci tarım ülkesi olması, Türkiye'nin zengin biyokütle kaynaklarına sahip olduğunun bir göstergesidir. Ancak gerek kayıt dışı faaliyetler ve gerekse konu ile ilgili yapılmış olan kısıtlı çalışmalar, Türkiye'nin BE profilini tam olarak ortaya koyulmasının ve bu potansiyelden yeteri kadar fayda sağlanmasının önünde bir engel teşkil etmektedir.

Bu araştırmanın, YE kaynakları arasında önemli bir yeri olan ve fosil yakıtları ikame edebilecek yüksek bir potansiyel taşıyan BE'nin, küresel anlamda enerji arzına katkısı ve potansiyeli gözler önüne serilmek suretiyle, enerjide %76'lık bir oranla dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye'nin, biyokütle kaynaklarının çeşitliliğinin, bu kaynakların sahip olduğu yüksek BE potansiyelinin ve bu potansiyelin daha etkin ve verimli bir şekilde değerlendirilmesinin, YE kaynaklarına dayalı enerji üretimini artırmaya yönelik hedeflerine ve dolayısıyla enerji arzına büyük oranda katkı sağlayabileceğinin bir göstergesi olması yönüyle önem arz etmektedir. İlaveten, bu çalışmanın nihai amacı BE konusunda gelecekte yapılacak olan diğer akademik çalışmalara, projelere ve sektörde faaliyet göstermek isteyen yatırımcılara bir ışık tutmaktır.

Bu bağlamda, Türkiye'de BE'ye yönelik yapılmış dar kapsamlı ve kısıtlı çalışmaların yanı sıra çoğunluğunu yabancı kaynakların oluşturduğu meşakkatli bir literatür taraması gerektiren bu çalışmada, araştırma, bilgi toplama ve yorumlama yöntemleri kullanılarak ulaşılan bilgiler, "Dünya'da ve Türkiye'de BE Kullanımı ve Potansiyeli" konusu çalışmanın amacına uygun olarak üç ana bölümde incelenmiştir. Birinci bölümde, konunun bütününe görülmesi açısından, biyokütle ve BE kavramlarına

değinilerek BE kaynakları genel hatlarıyla ele alınmıştır. İkinci bölümde, dünya enerji profiline kısa bir bakış sağlandıktan sonra, sektörde öncü konumdaki ülkelerinin verilerine dayanarak, biyokütle kaynaklarının küresel BE arzına sağladığı katkıya ve potansiyeline ilişkin bilgiler verilmiştir. Son bölümde ise, öncelikle Türkiye'nin enerji profili ana hatları ile ortaya koyulduktan sonra, BE konusu Türkiye açısından ele alınmış, biyokütle kaynakları ve bu kaynakların potansiyelleri detaylandırılmıştır. Sonuç kısmında ise, çalışmanın önemli noktaları tekrar gözden geçirilerek Türkiye'de BE kullanımını artırmaya yönelik önerilerde bulunulmuştur.



BİRİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

1.1. ARAŞTIRMANIN MODELİ

Araştırmada, nitel araştırma yöntemlerinden biri olan genel tarama modeli kullanılmıştır. Genel tarama modelleri, geçmişte veya halen var olan bir durumu var olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımlarıdır (Karasar, 2014: 77).

1.2. VERİ TOPLAMA TEKNİĞİ VE ARAÇLARI

Araştırmada tarama modellerinden belgesel tarama tekniği kullanılmıştır. Belgesel tarama tekniği, var olan kayıt ve belgeleri inceleyerek veri toplanmasını ifade etmektedir. Tarananlar; geçmişteki olguların anında iz bıraktığı, resim, film, plak, ses ve resim kayıtlı bantlar, araç gereç, bina heykel vb., kalıntılarla; olgular hakkında sonradan yazılmış her türlü mektup, rapor, kitap, ansiklopedi, resmi ve özel yazı ile istatistikler, tutanak, anı, yaşam öyküsü vb.'dir (Karasar, 2014: 183).

Bu bağlamda çalışmada, kaynak tarama tekniğine ilaveten araştırma, bilgi toplama ve yorumlama yöntemleri de kullanılarak ulaşılan bilgiler çalışmanın amacına uygun olarak ele alınmış ve bir bütün haline getirilerek yorumlanmıştır. Çalışmada kaynak olarak; ulusal ve uluslararası kuruluşlardan elde edilen veriler, yasalar, kitaplar, bilimsel dergiler, tezler, makaleler, resmî kurumlar tarafından yayınlanmış raporlar ve diğer çeşitli literatür taraması sonucu elde edilen verilerden yararlanılmıştır.

1.3. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Günümüzde küresel anlamda ekonomik ve politik istikrarın sağlanması, direkt olarak enerji arzının sürekliliğine ve güvenliğinin sağlanmasına bağlıdır. Dünya geneline bakıldığında birincil olarak kullanılan enerji kaynaklarının belirli ülkelerin elinde olması enerji arz güvenliği sorununu doğurmaktadır. Bu bağlamda, son yıllarda ülkeler, enerji

güvenliğine ilişkin endişeleri ve giderek artan enerji bağımlılıkları sebebiyle çözüm arayışına girmişler ve YE kaynaklarına yönelmişlerdir.

Mevcut verilere dayanarak, Türkiye'nin de birincil enerji kaynakları bakımından talebi karşılayabilecek büyüklükte rezervlere sahip olmadığı bilinmektedir. Bu nedenle YE üretimine yönelik çalışmalara hız verilmiş ve 2023 yılı hedefleri doğrultusunda yerli ve yenilenebilir yatırımların gerçekleştirilmesi öncelik kazanmıştır.

Bu araştırma, YE kaynakları arasında önemli bir yeri olan ve fosil yakıtları hızla ikame edebilecek yüksek bir potansiyel taşıyan BE'nin, küresel enerji arzına katkısını ve potansiyelini ortaya koymak suretiyle, enerjide dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye'nin biyokütle kaynaklarının zenginliğini ve BE potansiyelini ortaya koyması yönüyle önem arz etmektedir. Çalışmanın diğer bir önemi de Türkiye'nin BE potansiyelinin daha etkin ve verimli bir şekilde değerlendirilmesiyle üretilebilecek olan enerjinin, YE kaynaklarına dayalı enerji üretimini artırmaya yönelik hedeflerine ve dolayısıyla enerji arzına büyük oranda katkı sağlayabileceğinin bir göstergesi olmasıdır.

Bu araştırmanın temel amacı; Türkiye'nin biyokütle kaynaklarının zenginliğini ve bu kaynakların oluşturduğu yüksek BE potansiyelini ortaya koymak, böylece BE konusunda gelecekte yapılacak olan diğer akademik çalışmalara, projelere ve sektörde faaliyet göstermek isteyen yatırımcılara yardımcı olabilmektir.

İKİNCİ BÖLÜM

BİYOENERJİ

Biyokütle enerjisi, ya da diğer bir deyişle BE, yeryüzünde yaşayan her türlü biyolojik kökenli organizmaların (bitkiler, ağaçlar, tohumlar vb.), güneş enerjisi yardımıyla gerçekleştirdikleri fotosentez sonucu bünyelerinde depoladıkları organik maddelerin, doğrudan ya da dolaylı olarak oluşturduğu biyokütlelerin (bitkisel atık, hayvan dışkı vb.), fiziksel ya da kimyasal dönüştürme yöntemleriyle üretilen biyoyakıtlardan elde edilen ve ısınma, elektrik ya da sıvı yakıtlar gibi ihtiyaçların karşılanması amacıyla kullanılan bir enerji türüdür (Rosillo vd., 2007: 1; Akdağ, 2007).

BE kaynakları, ülkelerin coğrafi konumları, iklimleri ve bitki örtülerine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle biyokütlenin ve BE'nin birden fazla tanımı bulunmaktadır. Türkiye'de, 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" da; "Biyokütle; kentsel atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat atıkları dâhil olmak üzere tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünler ile atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynakları ve sanayi atık çamurları ile arıtma çamurları" olarak tanımlanmaktadır (T.C. Resmî Gazete, 2005: 25819).

2.1. BİYOENERJİNİN TARİHSEL SÜRECİ

Biyokütle kaynaklarının, enerji üretiminde kullanımını yaygınlaştırma çalışmaları, enerji üretimi konusunda son yılların en çok üzerinde durulan konularından biri haline gelmiştir. Aslında insanlığın var oluşundan itibaren, biyokütlenin bütün formları; beslenme, hayvan besleme, yakıt, hammadde ve gübre gibi temel ihtiyaçların karşılanması amacıyla kullanılan bir enerji kaynağı olagelmiştir. Özellikle geçmiş medeniyetler BE'nin insan hayatındaki rolünün en önemli tanıklarındır. Çünkü biyokütle enerjisinin, köylerin ve şehirlerin kurulmasında, tarım arazilerinin oluşturulmasında, yerleşik yaşama geçilebilmesinde yani kısaca dünyanın uygarlaşmasında çok belirleyici bir etkisi olmuştur. Bugün, temel enerji kaynağı olarak kullandığımız fosil yakıtlar bizim için ne anlam ifade ediyorsa, BE'de geçmiş medeniyetler için aynı anlamı ifade

etmekteydi. Özellikle orman kökenli BE kaynaklarının geçmiş toplumların temellerini oluşturduğu ve bu kaynaklar olmasa medeniyetleşmenin gerçekleşmeyeceği belirtilmektedir. Örneğin odunkömürü binlerce yıldır demiri eritmek için kullanılan bir kaynaktır. Arkeologlar odun kömürünün bu amaçla kullanımını yaklaşık 2500 yıl öncesine ve Orta Afrika'ya dayandırmaktadır (Aktaran: Rosillo vd., 2007: 2-3).

Sanayileşmeye yönelik ilk adımların atılması da BE kaynaklarının kullanımıyla mümkün olmuştur. Hatta bazı tarihçiler, Amerika ve Avrupa'nın zengin orman kaynakları olmasa gelişemeyeceklerini, çünkü sanayi devriminin öncelikli olarak ormansal BE kaynaklarına erişilmesiyle gerçekleştirebildiğini savunmaktadırlar (Calle vd., 2007).

Yaklaşık 500.000 yıldır ısınma, pişirme ve demir işleme gibi her türlü enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan biyokütle kaynakları, geçtiğimiz yüzyılda yerini fosil kaynaklara bırakmıştır. Ancak günümüzde, hızlı nüfus artışı, kentleşme, yaşam standartlarında iyileşmeye gidilmesi ve çevresel sorunlar, biyokütle enerjisi ile yeniden doğal, temiz ve sürdürülebilir kaynaklara dönüşü başlamıştır.

2.2. BİYOENERJİ KAYNAKLARI

Biyokütle, dünya üzerinde var olan ve fotosentez yoluyla üretilen tüm organik maddeleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir. BE'nin tüm tanımlarından hareket ederek biyokütlenin; bitkilerin yaptığı fotosentez sonucunda doğrudan ya da dolaylı olarak ortaya çıkmış olan bütün organik maddeler olduğu anlaşılabilir. Yani, kök, gövde ve yaprak gibi bitkisel materyaller doğrudan fotosentez sonucu oluşurken, hayvanların bu bitkisel ürünlerle beslenmesi sonrası oluşturdukları atıklar ise dolaylı fotosentez ürünlerine örnek olarak gösterilebilir (Deloitte, 2014: 5)

BE ise, bitkilerin fotosentez sırasında karbondioksiti havadan alarak bitkinin temel yapıtaşlarını oluşturan selüloz, hemiselüloz, lignin ve karbonhidrat formuna dönüştürmesi esnasında kullanılan güneş enerjisinin depolanmış hali olduğu söylenebilir. Fotosentez süreci boyunca, bitkilerdeki klorofil, hava, su ve topraktan aldığı karbondioksiti; karbon, hidrojen ve oksijenin kompleks bileşiminden oluşan karbonhidrata dönüştürme esnasında güneş enerjisini yakalar. Bu karbonhidratlar yakıldıkları zaman yeniden karbondioksit ve suya dönüşerek bünyelerinde bulunan

güneş enerjisini serbest bırakırlar. Bu yolla, biyokütle, güneş enerjisini depolamak için bir tür doğal pil görevi görmektedir (IEA, 2007: 9).

Araştırmalara göre; biyokütle kaynakları bünyelerinde dünyada yaygın olarak kullanılan fosil yakıtların yerini alabilecek kadar büyük miktarda karbonhidrat kaynağı barındırmaktadır (Parikka, 2003: 6). Biyokütlenin en basit formları, yemek pişirmek, sıcak su temin etmek ve evlerimizi ısıtmak amacıyla yakılan ateşlerdir. Bu enerjiyi açığa çıkartacak ve onu etkili bir şekilde ısı ve enerji formuna dönüştürebilecek daha sofistike teknolojiler bulunmaktadır. Bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılması sayesinde BE üretimi sırasında havaya bırakılan karbondioksit miktarı azaltılmış olur (Calle vd., 2007: 9).

BE'nin hammaddesi, geleneksel orman ürünlerinden, tarımsal ürünlere ve hatta evsel atıklara kadar geniş bir yelpazeden oluşmaktadır. BE üretmek için kullanılan biyokütle kaynakları genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir (IEA, 2009: 81-82; Çağal, 2009: 3);

- Akarsu tarafından sürüklenen atıklar,
- Ağaç atık ve artıkları (orman kalıntıları, odun işleme atıkları, inşaat kalıntıları),
- Odun, geri dönüşümlü ağaç (kısa rotasyon ormancılık, enerji ormancılığı),
- Tarımsal artık ve atıklar (dal, sap, saman, hayvan gübresi, vb.),
- Endüstriyel artıklar,
- Kentsel atıklar (çöpler, kanalizasyon çamuru vb.),
- Enerji bitkileri (ayçiçeği, pancar, sorgum, kenevir vb.).

BE kaynaklarının genişliği ve ülkelere göre gösterdikleri çeşitlilik göz önünde bulundurulacak olursa, bu kaynakları standart bir sınıflandırmaya tabi tutmak kolay değildir. Ancak ana hatlarıyla, enerji üretiminde kullanılan biyokütle kaynakları; tarımsal kökenli kaynaklar, orman kökenli kaynaklar, kentsel ve endüstriyel atıkların oluşturduğu kaynaklar şeklinde genel bir gruplandırma yapılabilir. IPCC'nin sınıflandırmasına göre; biyokütle kaynakları ve bunların 2010 yılı enerji arzına katkı oranları Tablo 1'de gösterilmiştir (WBA, 214: 15).

Tablo 1. Biyokütle Kaynakları ve Dünya Birincil Enerji Arzı Payları 2010

BE Kaynakları	MTEP'e Etkisi	Enerji Değeri (EJ)
Ormansal Atıklar	%87	47,14
Bitkisel Atıklar	%3	1,63
Hayvansal Atıklar	%4	2,17
Enerji Bitkileri	%3	1,63
Kentsel Atıklar	%3	1,63
2010 Yılı Toplam Birincil Enerji Arzı		54,2

Kaynak: WBA, 2014: 15

2.2.1. Tarım Kökenli Kaynaklar

Tarımsal kökenli biyokütle kaynakları, BE üretimi için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu kaynaklar içerisinde, hayvansal atıklar, tarımsal yan ürünler, zirai ürün atıkları ve enerji bitkileri bulunmaktadır (WBA, 2014: 15).

Hayvansal atıklar; büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının dışkılarından (gübre) oluşmaktadır. Gübre, özellikle kırsal alanlarda klasik bir yöntem olan kurutma işlemi sonrası yakıt olarak ve ayrıca toprağın verimini artırmak amacıyla direkt olarak herhangi bir işleme tabi tutulmadan tarlalarda kullanılmaktadır. Gübrenin BE kaynağı olarak dünyada yaygın olarak kullanılan formu ise, modern yöntemlerle dönüştürülmesi sonucu elde edilen biyogazdır (Akdağ, 2007; Bayramoğlu, 2013: 129).

Zirai artıklar; zirai faaliyetler sonrasında tarlalarda kalan, sap, yaprak, koçan ve samanın oluşturduğu büyük miktarlardaki hasat artıkları diğer bir adıyla anızlardır. Yapılan araştırmalar, dünya genelinde bu artıkların %15'inin gübre, %2,5'inin kâğıt hammaddesi, %24'ünün de hayvan yemi olarak değerlendirildiğini göstermiştir. Geriye kalan %58,7'lik kısmının ise halihazırda BE kaynağı (biyoyakıt) olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Aktaran: Tao vd., 2012: 3482). Ancak, günümüzde özellikle gelişmekte olan ülkelerde, bu hasat artıkları çiftçiler açısından ekonomik bir değer taşımamaktadır. Haşereleri yok etmek için, toprağın işlenmesini kolaylaştırmak ve hasat atıklardan daha kolay, daha hızlı ve masrafsız bir şekilde kurtulmak amacıyla bu anızlar yakılmak suretiyle bilinçsiz bir şekilde yok edilmektedir. Oysa anız yakmak, potansiyel enerji

kaybına sebep olmasının yanında, bitkiler için hayati önemi olan toprağın üst katmanındaki organik maddeleri de yok etmekte, toprağın erozyon direncini düşürmekte ve ayrıca büyük oranda hava ve toprak kirliliği de yaratmaktadır (Tao vd., 2012).

Tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıkların haricinde, biyoyakıt üretmek amacıyla yetiştirilen özel bitkiler de bulunmaktadır. Bu bitkilere enerji bitkileri; programlı bir şekilde ülke ihtiyacına göre gerçekleştirilen bu tür tarımsal faaliyetlere de enerji tarımı denilmektedir. Enerji bitkileri; sorgum, şeker kamışı ve mısır gibi C4 bitkilerini, buğday, arpa, çavdar ve şeker pancarı gibi C3 bitkilerini, şeker ve nişasta ihtiva eden şeker pancarı ve patates gibi bitkileri, kanola, aspir, ayçiçeği ve soya gibi yağlı tohumlu bitkiler ile bazı su otları ve su alglerini kapsamaktadır (Akdağ, 2007).

2.2.2. Orman Kökenli Kaynaklar

Yakın gelecek için öngörülen küresel enerji talebindeki artışı karşılayabilecek önemli BE kaynaklarından biri de ormanlardır. Geçtiğimiz yüzyılın başlarından itibaren, ormancılık ve ağaç sanayi atıklarından faydalanılarak BE üretimine yönelim artmış ve ormansal ürünler BE üretiminde en sık kullanılan hammaddeler olarak yerini almıştır.

Orman kökenli BE kaynakları şu şekilde sıralanabilir (Parikka, 2003: 6):

- Ağaçların kesilmesinden sonra geride kalan, uç dallar, yapraklar, yan dallar ve ağaç köklerinden oluşan atıklar.
- Ağaçların işlenmesinden sonra geride kalan, kabuk, kıymık talaş ve bıçkı tozları gibi artıklar.
- Kabuk, çekirdek, çekirdek içi ve tohum gibi meyve atıklarından oluşan yan ürünler.

Dünyada yaklaşık 3870×10^6 hektar orman alanı bulunmakta ve bu ormanlık alanlar dünya yüzeyinin %30'unu kaplamaktadır. Bu miktarın yaklaşık %95'ini doğal ormanlar oluştururken %5'lik kısmını ise yapay ormanlar oluşturmaktadır. Ayrıca, ağaç hasadından elde edilen ürünlerin %75'e yakın bir kısmı YE kaynağı olarak kullanılmakta ya da kullanılma potansiyeline sahiptir. Bu potansiyelin tamamının kullanılması halinde ise yaklaşık 1700 EJ'lük enerji üretilebilmektedir (Parikka, 2003: 6). Bu miktarın içerisinde, geleneksel ormancılık yöntemleriyle ağaçların kesilmesi ve işlenmesi sonrası geride bırakılan artıklar bulunmamaktadır (FAO, 2009).

2.2.3. Kentsel ve Endüstriyel Kaynaklar

Kentsel ve endüstriyel atıklar arasında, evsel atıklar (organik ve inorganik atıklar), (kâğıt, cam, metal), belediye atıkları (park, bahçe, plaj süprüntüleri, hurdalar, hayvan ölüleri, arıtma tesisleri artıkları, çamur vb.), sanayi atıkları, hastane atıkları ve ısı ve güç üretmek üzere yakılan ürünlerden geriye kalan atıklar (küller) bulunmaktadır (IEA, 2016: 14). Yüksek yaşam standartlarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla sanayideki hızlı gelişmeler atık maddelerin artmasına sebep olmuş ve bu maddelerin çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi hususunda sorunları ortaya çıkarmıştır.

Bu tür katı atıklar geleneksel olarak, açık sahalarda depolama, deniz, göl ya da nehirlerle boşaltma veya yakma yöntemleri kullanılarak bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Ancak özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki, kentsel ve endüstriyel atıklar enerji üretimi için yüksek bir potansiyele sahip olup, mevcut teknolojilerin iyileştirilerek ya da yeni teknolojilerin kullanılmasıyla BE üretiminde kullanılabilirler. Bu tür atıklardan, düzenli depolama, anaerobik çürütme, yakma ya da gazlaştırma yöntemleriyle BE'nin en önemli kaynağı olan biyogaz üretimi gerçekleştirilebilmektedir (Kapluhan, 2014: 118; Doğanay ve Coşkun, 2017: 247-248).

2.3. BİYOENERJİ KULLANIM ALANLARI

Genellikle, elektrik, ısıtma ve taşıt yakıtı olarak kullanılan BE kaynakları, geleneksel biyokütle kaynakları ve modern biyokütle kaynakları olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir. Geleneksel biyokütle kaynakları; odun, odun kömürü ve hayvan gübresi gibi bitkisel ve hayvansal atıkların ham haliyle, doğrudan ya da dolaylı şekilde yakılarak ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülmesi suretiyle kullanılmaktadırlar. Çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde ve özellikle kırsal kesimlerde ısıtma ve yemek pişirme gibi temel enerji ihtiyaçları geleneksel biyokütle kaynaklarından karşılanmaktadır. Bugün Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın içinde bulunduğu birçok ülkenin ormanlık alandan yoksun bölgelerinde hayvan gübresinden elde edilen tezeğin temel enerji kaynağı olduğu bilinmektedir (Calle vd., 2007: 11; Doğanay ve Coşkun, 2017: 246).

Modern biyokütle kaynakları ise; gelişmiş teknolojiler kullanılarak, bitki ya da hayvan kökenli organik maddelerin katı, sıvı ya da gaz formunda biyoyakıtlara dönüştürülmesiyle elde edilmektedirler. Modern teknolojilerin yoğun olarak kullanıldığı, Avusturya, Finlandiya ve İsveç gibi sanayileşmiş ülkelerde enerji verimliliği %60 ile %80 arasında seyrederken; bu oran daha çok geleneksel biyokütle kaynaklarının kullanıldığı gelişmekte olan ülkelerde %2 ile %20 arasında değişmektedir (Calle vd., 2007: 13). Geleneksel biyokütle kaynaklarının modern teknolojiler kullanılarak enerjiye dönüştürülmesi sayesinde, biyokütlenin bünyesinde barındırdığı potansiyel enerji kaybı önlenirken, çevre ve hava kirliliğinin de azaltılması sağlanır (Doğanay ve Coşkun, 2017: 246-247).

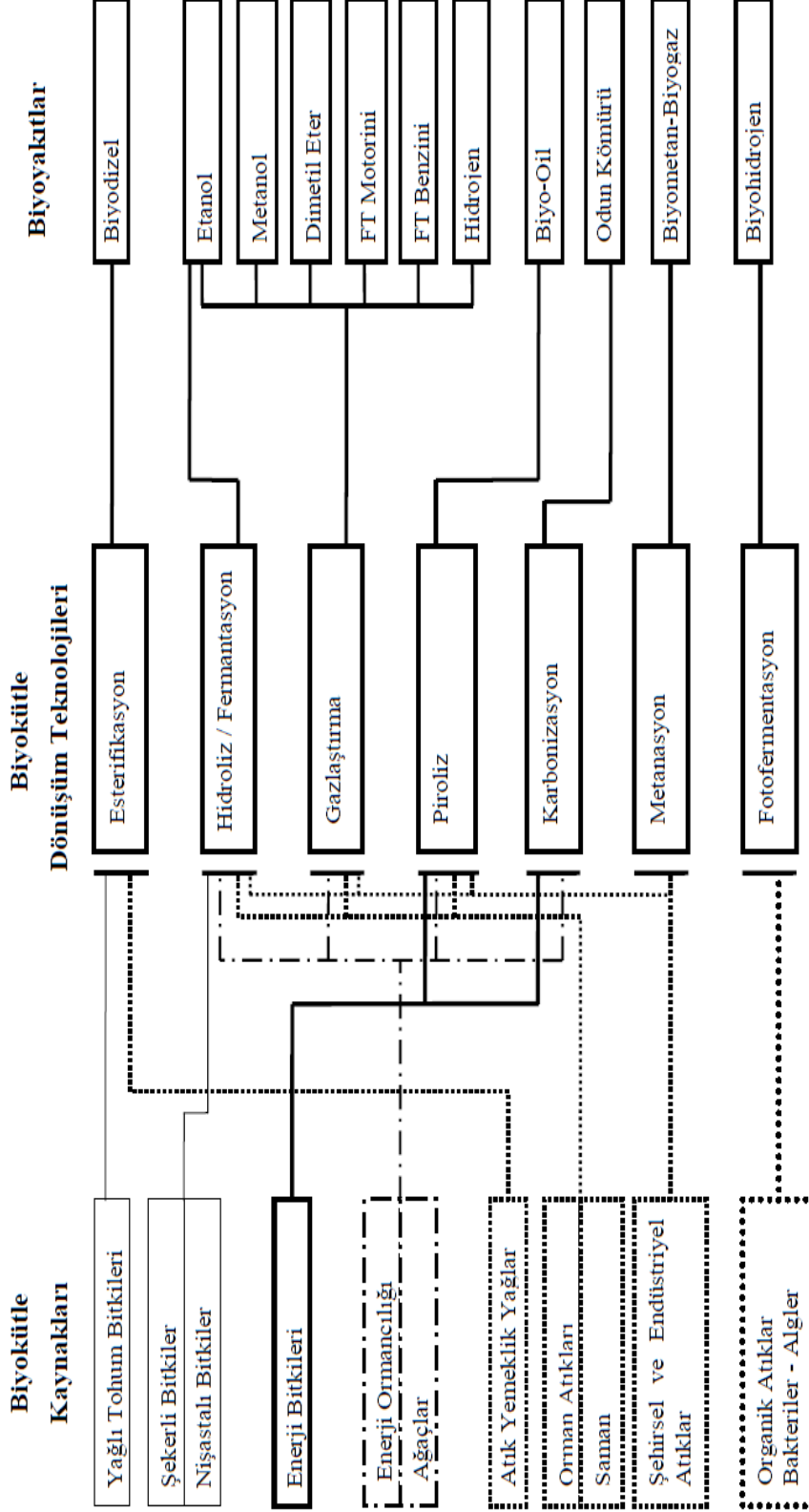
2.4. BİYOYAKITLAR

Bitkiler, gelişimlerini tamamlayabilmek için gerçekleştirdikleri fotosentez süreçleri ve sonrasında meydana getirmiş oldukları organik maddeler bakımından temelde benzer özellikler gösterse de aslında, buldukları çevre şartlarına ve iklim koşullarına göre değişiklik gösteren farklı fiziksel ve kimyasal yapılara sahiptirler. Bu sebeple, çok çeşitli bitki türlerinin bulunması ve bu türlerden elde edilen biyoyakıtların da farklı kimyasal yapıda olmaları olağandır (Kılıç, 2011: 98). Hatta, fiziksel ya da kimyasal içerik bakımından aynı tür içerisinde bulunan bitkilerden elde edilen biyoyakıtların özellikleri ve miktarları da farklılık gösterebilmektedir. Bunlara ilaveten, aynı bitkinin farklı organlarından/uzuvlarından (yaprak, kök, kabuk, çekirdek vb.) elde edilen biyoyakıtların da farklı kimyasal özelliklere (kimyasal içeriklere) sahip olduğu bilinmekte ve bunun sebebinin bitkilerin yapı taşı olan organik ve inorganik maddelerin, bitkinin farklı uzuvlarında farklı oranlarda ve düzensiz dağılmış bir halde bulunmalarından kaynaklandığı görüşü yaygındır (Tao vd., 2012: 3482).

Biyokütle kaynaklarının, biyoyakıtlara ve diğer kimyasal maddelere dönüştürülerek enerji üretiminde etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayabilmek için, bu kaynakların temel özelliklerini, çevreye olan etkilerini ve hangi işlemlerden sonra hangi formlara dönüştüklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca bitkisel atıklar bünyelerinde yüksek miktarda su barındırmaları sebebiyle düşük ısıl değere sahiptirler. Bu ve bunun gibi BE üretimini verimsizleştiren dezavantajları ortadan kaldırabilmek amacıyla biyokütle

kaynaklarının tabii tutulduğu proseslerin başında; termal prosesler, biyolojik prosesler, mekanik prosesler ile küçültme, gtme ve kurutma gibi fiziksel prosesler gelmektedir (Karaosmanoğlu, 2006: 113). Biyoyakıtların üretilmesinde kullanılan biyokütle kaynakları, dönüşüm teknolojileri ve elde edilen yakıtlar Şekil 1’de detaylı olarak gösterilmiştir. Dünya genelinde, gelişen teknolojilere dayalı üretim artışı en yüksek olan ve küresel BE arzına en fazla katkıyı yapan biyoyakıtların başında; biyogaz (biyometan), biyodizel ve biyoetanol (etanol) gelmektedir (Doğanay ve Coşkun, 2017: 249; Karaosmanoğlu, 2006: 116).





Kaynak: Karasmanoğlu, 2006: 116

Şekil 1. Biyoyakıt Teknolojisi

2.4.1. Biyodizel

Fosil kaynaklı yakıtlara eşdeğer bir YE kaynağı olan biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlar ile bu tür yağ atıklarından elde edilmektedir. Biyodizel modern teknolojiler kullanılarak farklı metotlarla üretilebilmektedir. Bu yöntemlerden en sık kullanılanı, yağ asitlerinin etanol ve metanol gibi katalizörler ile reaksiyona tabi tutulması ile gerçekleştirilen transesterifikasyon yöntemidir. Bu yöntemle elde edilen biyodizel belirli ve düşük oranlarda dizel yakıtlara eklenerek motorlu taşıtlarda herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan kullanılabilir. Daha yüksek oranlarda biyodizel kullanımı için ise taşıtlarda bazı değişiklikler gerekmektedir (Alaettin vd., 2006: 38, YEGM, 2017; www.eie.gov.tr).

Biyodizel, bitkilerden elde edilmesi yönüyle diğer fosil yakıtlara göre daha çevreci bir yakıttır. Örneğin biyodizel, diğer dizel yakıtlara kıyasla havaya %80 daha az CO₂ vererek yanmakta ve dolayısıyla sera etkisini sınırlı ölçüde artırıcı etki göstermektedir. Ayrıca biyodizel yakıtlarda, asit yağmurlarının oluşmasına sebep olan kükürt bileşenleri de yok denecek kadar azdır (www.eie.gov.tr). Biyodizelin diğer önemli bir avantajı ise alevlenme noktasının dizel yakıtlara kıyasla daha yüksek olmasıdır. Bu özelliği sayesinde taşıma, depolama ve kullanım açısından daha güvenli bir yakıttır. Ayrıca biyodizel, özellikle son yıllarda sıklıkla karşılaşılan enerji açığı sorununu bertaraf etmek için kullanılacak bir alternatif enerji kaynağı olması yönüyle stratejik bir öneme de sahiptir. Türkiye gibi enerji de dışa bağımlı ülkeler için biyodizel kullanımının yaygınlaştırılmasının elzem hale geldiği belirtilmektedir. Örneğin, nüfusun önemli bir kısmının tarımla uğraştığı Türkiye’de, çiftçilerin kendi ürettikleri mahsuller ve bunların artıklarıyla kendi ihtiyaçları olan enerjiyi (mazot, elektrik, ısınma) karşılayabilecek hale getirilmesi, kırsal kesimin kalkınmasına ve tarımın daha verimli hale gelmesine büyük katkı sağlayacaktır (Akdağ, 2007; Klass, 1998).

2.4.2. Biyoetanol

Etanol (biyoetanol); bünyesinde nişasta ve selüloz barındıran, mısır, şeker pancarı ve buğday gibi ürünlerin fermantasyon ve distilasyon yöntemleri kullanılarak dönüştürülmesi sonucu elde edilen bir yakıt türüdür. Biyoetanol doğaya zarar vermeden

çözünür ve içeriğinde bulunan oksijen sayesinde daha temiz bir yanma sağlar. Kanserojen özellikleri bulunan butadin ve benzen emisyonlarını yarı yarıya azaltır. Bu yönüyle sera etkisi yaratmayan doğal bir dönüşüm sürecine sahiptir. Biyoetanol, yakıtlara belirli oranlarda karıştırılarak bu yakıtların oksijen seviyesini artırmakta ve daha verimli yanmasını sağlamaktadır. Ayrıca, araçlarda egzoz çıkışındaki zehirli gazların emisyon değerlerini düşürerek hava kirliliğinin de azaltmaktadır (Kılıç, 2011: 98).

Biyoetanol, küçük ev aletlerinde (fırın, ısıtma ve soğutma sistemleri), kimyasal ürün sektöründe ve ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. Diğer taraftan bazı motor türlerinde hiçbir modifikasyona gerek kalmadan belirli bir oranda karıştırılarak kullanılabilirdiği gibi, ayrıca dizel motorlarda katkı maddesi olarak, hibrid ve yakıt hücreli araçlarda, tarım makinalarında, fosil yakıt tüketilen sanayi tesislerindeki CO₂ salınımının azaltılmasında ve suyun tuzdan ayrıştırılması (suyun tuzluluğunun giderilmesi) işlemlerinde de biyoetanolden faydalanılmaktadır (Akdağ, 2007).

2.4.3. Biyogaz

Biyogaz (biyometan); organik maddelerin fermantasyonu sonucunda ortaya çıkan, bileşiminde metan, karbondioksit, su buharı, hidrojen sülfür, amonyak, azot ve hidrojen barındıran, havadan hafif ve yanıcı bir gaz karışımıdır (Horuz, 2015: 79; Doğanay ve Coşkun, 2017: 247). Biyogaz üretiminde kullanılan organik maddeler; sığır, koyun ve tavuk gibi hayvanların dışkıları, hayvansal ürün işleme tesisleri atıkları, tarımsal ve bitkisel atık ve artıklar ile kentsel ve endüstriyel atıklardan (çöpler, kanalizasyon çamurları, sanayi atıkları) oluşmaktadır. Dolayısıyla biyogaz elde etmek için kullanılan organik maddelerin başında tarımsal ve hayvansal atıklar bulunmaktadır. Özellikle kırsal kesimlerde tarlalarda geleneksel yöntemlerle gübre olarak kullanılan hayvan dışkıları, ısı değerinin çok düşük olması sebebiyle biyogaz üretimi için en çok tercih edilen organik hammaddelerdir. Gelişmiş ülkelerde, küçük ve orta ölçekli çiftlikler, hayvan dışkılarını anaerobik bozunuma tabi tutarak biyogaz elde etmekte ve bu gaz çiftliğin ihtiyaç duyduğu enerjiyi (pişirme, ısınma, elektrik vb.) sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Daha büyük işletmelerde ise elde edilen biyogaz çiftliklerde kullanıldığı gibi elektrik enerjisine dönüştürülerek dışarıya da satılabilmektedir (Doğanay ve Coşkun, 2017: 247-248; Kılıç, 2011: 101).

Biyogaz, üretim sürecinde ve sonrasında ortaya çıkan yan ürünlerin de kullanılabilir olması sebebiyle çevre dostu ve ekonomik bir yakıt olarak kabul edilmektedir. Örneğin, geleneksel yöntemlerle ısınma amacıyla yakılan hayvan dışkıları, yakma işlemi sonucunda geriye kül kalıntısı bırakmakta ve bu küller çevreye zarar vermektedir. Ancak biyogaz tesislerinde girdi olarak kullanılan bu dışkılarından, doğal gazın kullanıldığı birçok alanda rahatlıkla kullanılabilen biyogaz üretilirken, yan ürün olarak da organik sıvı gübre ve toprak verimini arttırmada kullanılacak katı gübre elde edilmektedir. Sıvı halde üretilen bu gübrede, anaerobik fermantasyona tabi tutulması sebebiyle patojen mikroorganizmalar yüksek oranda yok olmakta ve gübrenin işlem görmemiş ham haline göre toprağa %10 daha fazla verim sağlamaktadır. Bu organik gübre toprağa direkt sıvı formda uygulanabileceği gibi granül forma getirilerek de kullanılabilir (www.eie.gov.tr; Kılıç, 2011: 101).

2.5. BİYOENERJİNİN AVANTAJLARI

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın verilerine göre, biyokütle kaynaklarının ihtiyaca göre katı, sıvı ya da gaz formuna dönüştürülerek kullanılması sonucu elde edilen ve kesintisiz bir enerji kaynağı olarak görülen BE, yüksek enerji potansiyeli sebebiyle önümüzdeki yıllarda da istikrarlı artışını sürdürecektir. BE'nin dünya genelinde en yaygın kullanılan formu biyogaz olup, ısıtma, elektrik enerjisi üretimi ve motorlu araçlarda yakıt olarak kullanım alanları bulunmaktadır. Enerji kaynağı olarak biyokütle kullanımının faydalarını aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz (Calle vd., 2007; Deloitte, 2014; Çağal, 2009; www.eie.gov.tr):

- Biyokütle enerjisi, zengin çeşitliliği olan, güvenli, çevre dostu ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Biyokütle yakıt olarak kullanıldığı takdirde, havaya saldığı miktarda karbonu emdiği için atmosferde karbondioksit oranını yükseltmez.
- Biyokütlenin en önemli avantajlarından biri, fosil yakıtları yakmak için kullanılan mevcut teknolojilerde ya da elektrik üreten santrallerde kullanılabilmesidir.
- Biyokütle enerjisi, asit yağmurları, açık maden ocakları, petrol sızıntıları, radyoaktif atıkların yok edilmesi, deniz ve nehirlerin kirlenmesi gibi çevresel sorun yaratmaz. Bu yönüyle doğal enerji kaynaklarını ve çevreyi kirletmez.

- Biyokütle yakıtların elde edildiği yeşil bitkiler havada bulunan karbondioksit oranını düşürür ve bu nedenle atmosferdeki karbon seviyesini artırmaz.
- Bitkisel ve hayvansal atıklardan elde edilen biyogaz üretiminden sonra ortaya çıkan atıklar gübre olarak toprağın verimini arttırmak amacıyla değerlendirilebilir.
- Çöplerin biyoyakıtlara dönüştürülebilmesi çöp depolama alanlarının artmasını önler.
- Biyokütle ile üretilen yakıtlar ve alkoller oldukça verimli ve nispeten temiz yakıtlardır ve sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır.
- Biyokütle, kolaylıkla kullanılabilir ve dünyanın her yerinde rahatlıkla erişilebilir bir enerji kaynağıdır. Bu sayede enerji tarımının gelişmesini sağlar ve istihdam olanağı yaratarak kırsal kesimin sosyo-ekonomik gelişimine ve sanayinin gelişmesine katkıda bulunur.
- Enerjide dışa bağımlılığı yani enerji ithalatını azaltır.

2.6. BİYOENERJİNİN DEZAVANTAJLARI

Enerji güvenliği, yükselen petrol fiyatları ve iklim değişikliğine ilişkin endişeler ülkeleri YE kaynakları arasında yüksek bir potansiyele sahip olan BE'ye yönlendirmiştir. Fosil yakıtlara kıyasla daha temiz ve sürdürülebilir olması sebebiyle BE'nin birçok avantajı bulunmaktadır. Ancak yapılan araştırmalar; BE üretiminin, doğru teknolojiler ve doğru politikalarla yönetilmemesi halinde birçok dezavantajı da beraberinde getireceğini göstermiştir. BE üretiminin ve tüketiminin doğurabileceği dezavantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Biyoyakıt üretimi için kullanılan enerji bitkilerinin yetiştirilmesi için geniş arazilere ve diğer tarım ürünlerine kıyasla daha fazla sulama suyuna ihtiyaç duyulur. Bu durum tarım arazilerinin verimsiz kullanılmasına ve kuraklığa yol açabilir (BP, 2014: 17-18; Montgomery, 2014: 275-276).
- Küresel tarımın, 2050 yılında 9 milyara ulaşacak olan dünya nüfusunun artan gıda talebini karşılamada yetersiz kalacağı endişesi, verimli toprak ya da sulama suyu gibi kıt kaynakların biyoyakıt ürünlerinin yetiştirilmesi amacıyla kullanılmasının önünde bir engel teşkil etmektedir (BP, 2014: 50).

- Enerji bitkileri yetiştirmek için gereken alanların, ormanlar, tropik bitkiler ve doğal bitki örtüsünün tahrip edilerek açılması ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir (Montgomery, 2014: 276).
- Birçok hayvana ev sahipliği yapan ormanların, biyoyakıt bitkilerinin üretimi için tahrip edilmesi, bu hayvanların yaşam alanlarını ve beslenme alanlarını kısıtlayarak biyolojik çeşitliliği tehlikeye atmaktadır (BP, 2014: 51). Ayrıca, ormanların ve bataklıkların yok edilmesi, bu alanlarda tutulan karbonun havaya salınmasına ve dolayısıyla küresel ısınmanın artmasına sebep olmaktadır (Pearce ve Aldhous, 2007).
- Biyoyakıt bitkilerinin üretiminde kullanılan azotlu gübre, sera gazı salınımını artırmaktadır. Ayrıca azot, toprağın yapısının bozulmasına ve su kaynaklarına sızarak doğal su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır (Pearce ve Aldhous, 2007; BP, 2014; IEA, 2017).
- Biyokütle kaynakları belirli bir oranda karbon içermeleri sebebiyle tamamen temiz bir enerji kaynağı değildir. Tüm biyoyakıtlar fosil yakıtlara kıyasla daha düşük oranda CO2 salınımına sebep olsalar da yanlış ve fazla miktarlarda kullanımı hava ve toprak kirliliğine sebep olur (BP, 2014: 24; Montgomery, 2014: 272-275).
- Biyoyakıtların verimleri fosil yakıtlara göre daha düşüktür. Bu durum; aynı miktarda enerji üretimi için daha fazla miktarlarda biyoyakıt kullanılmasına ve dolayısıyla karbon salınımının artarak iklim üzerinde fosil yakıtlara kıyasla daha fazla olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Montgomery, 2014: 277).
- BE üretimini ve verimini artırmak için gerekli olan teknolojilerin maliyetleri oldukça yüksektir. Ayrıca, biyokütle kaynaklarının BE tesislerine transfer edilmesi, özellikle kırsal kesimlerde faaliyet gösteren dar gelirli çiftçiler için yüksek maliyetler oluşturmaktadır (BP, 2014: 41-45; IEA, 2017: 36-37).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

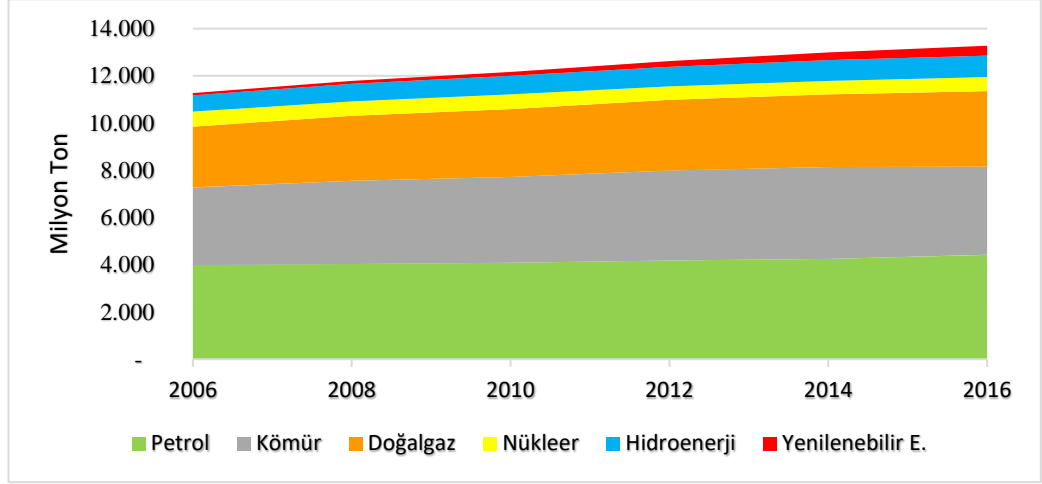
DÜNYA'DA BİYOENERJİ

Günümüz modern yaşamının sürdürülebilir olması ancak sürdürülebilir enerji üretimine bağlıdır. Dünya hızla gelişmeye devam ederken, enerji ihtiyacının da aynı hızla artması, kullanılan mevcut enerji kaynaklarının tükenmek üzere olduğu gerçeği, geleneksel enerji üretim yöntemlerinin hava kirliliğine yol açarak iklim değişikliğini beraberinde getirmesi ve bütün bunların sonucunda yakın gelecekte karşılaşılabilecek olumsuzluklar enerji üretim ve tüketim metotları konusunda sıkı tedbirlerin alınması gerekliliğini ortaya çıkarmış ve bu yönde yapılan çalışmaların gerek önemi ve gerekse hızı artmıştır. Enerji alanında yapılan çalışmaların ağırlığını, fosil yakıtları ikame etme gücüne sahip olan YE kullanımının artırılması oluşturmaktadır. BE, üretim ve enerji potansiyeli itibariyle YE kaynakları arasında önemli bir konum edinmektedir.

3.1. GENEL ENERJİ PROFİLİ

Nüfus artışı, kentsel gelişim, sanayileşme ve gelir artışının doğal bir sonucu olarak küresel birincil enerji talebi giderek artmaktadır. Yapılan projeksiyonlar, Dünya nüfusunun 2030 yılında 8,5 milyara ulaşacağını ve 1,5 milyar insana daha enerji arzı sağlanması gerekeceğini ortaya koymaktadır (PI, 2017).

WBA'nın "Küresel Biyoenerji İstatistikleri" raporuna göre dünya genelinde kullanılmakta olan toplam enerjinin yaklaşık %81'ini fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Fosil yakıtlar içerisinde ise petrol ilk sırada yer alırken; bunu sırayla kömür ve doğal gaz takip etmektedir (Şekil 2) (WBA, 2017: 72).



Kaynak: BP, Dünya Enerji İstatistikleri Görünümü 2017, <https://www.bp.com>, (E.T. 10.02.2018) verilerine dayanarak oluşturulmuştur.

Şekil 2. Dünya Birincil Enerji Tüketimi 2006-2016

3.1.1. Enerji Arzı

WBA'nın yayınladığı "Dünya Küresel Biyoenerji İstatistiği 2017" raporuna göre, 2000 ve 2014 yılları arasında küresel enerji arzı yıllık %2,2 oranında bir artış göstermiştir (WBA, 2017: 12). Kömür %3,8 ve doğal gaz %2,4'lük oranlarla en yüksek artışı gösteren kaynaklar olmuştur. Aynı yıllar arasında toplam enerji arzında YE'nin oranı ise; yıllık %2,8 artış göstererek 2014 yılında %14,1'e yükselmiştir. Bu yıllarda küresel nükleer enerji arzı ise düşüş gösteren tek enerji kaynağı olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Kaynaklar Bazında Dünya Toplam Birincil Enerji Arzı (EJ)

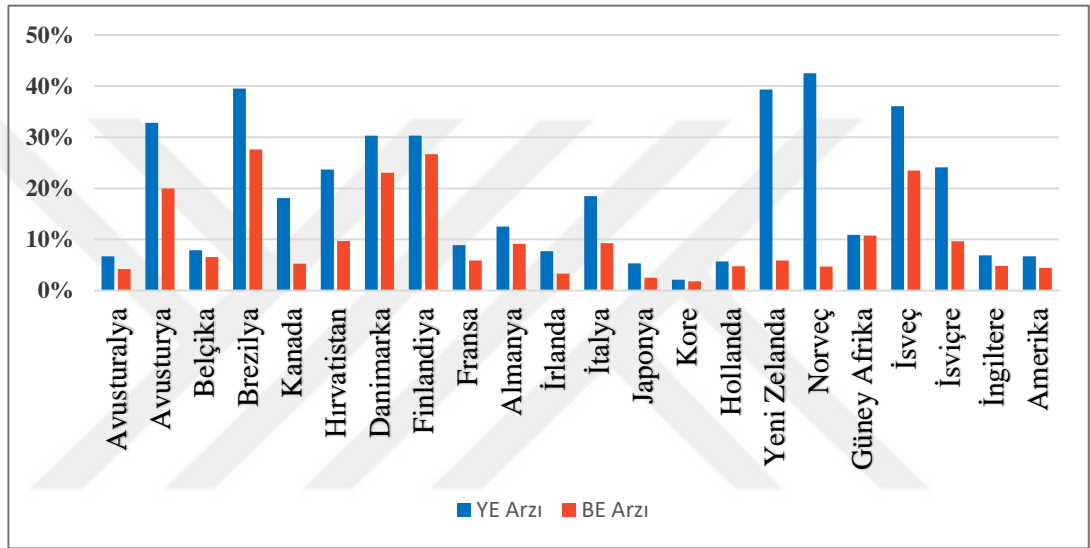
Yıl	Toplam	Kömür	Petrol	Doğal gaz	Nükleer	YE Kaynakları	YE Kaynakları (%)
2000	420	97	153	86,7	28,3	0,55	13,1
2005	483	125	168	98,8	30,2	60,9	12,6
2010	542	153	173	115	30,1	71,2	13,1
2014	573	164	179	121	27,7	80,8	14,1
Büyüme (%)	2,2	3,8	1,1	2,4	-0,2	2,8	

Kaynak: WBA, 2017: 12

Bu verilere göre, küresel enerji sistemlerinin büyük oranda fosil kaynaklara dayandığı görülmektedir. 2014 yılında dünya toplam birincil enerji arzı (TPES)'nin

%81'i kömür, petrol ve doğal gazdan oluşurken YE kaynaklarının oranı yalnızca %14,1'dir (WBA, 2017).

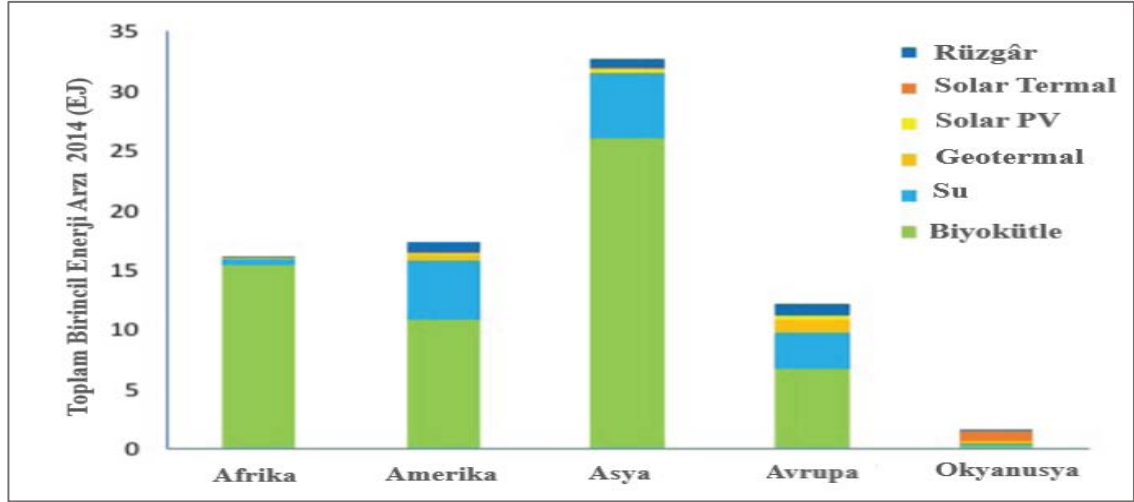
Son yıllarda YE kaynaklarına dayalı enerji üretimi konusunda önemli yatırımlar yapılmış ve bu yolla enerji kaynak çeşitliliği artırılmıştır. IEA'nın raporuna göre, 2014 yılı toplam birincil enerji arzında, YE arzı oranının en yüksek olduğu ülkeler sırasıyla Norveç, Brezilya ve Yeni Zelanda olmuştur. Rapora göre, BE arzı en yüksek olan ülkeler ise; Brezilya, Finlandiya, Danimarka, İsveç ve Avusturya'dır (Şekil 3) (IEA, 2017: 6).



Kaynak: IEA, Biyoenerji Ülkeler Raporu: Biyoenerji politikaları ve uygulama durumu 2016, www.icabioenergy.com, (E.T. 12.01.2017), verilerinden hareketle oluşturulmuştur.

Şekil 3. Küresel Enerji Arzında YE'nin ve BE'nin Payı 2014

Dünya geneli için, biyokütle kaynaklarının zenginliği sebebiyle Asya ve Afrika kıtasının en yüksek BE arzına sahip kıtalar olduğu görülmektedir (Şekil 4). Asya kıtasının, YE kaynaklarına dayalı toplam birincil enerji arzı 33,7 EJ'dur. Afrika kıtası ise %48,7 ile enerji karmasında YE oranı en yüksek olan bölgedir. Afrika'da YE kullanımının yüksek olmasının nedeni; Nijerya, Etiyopya ve Kongo Cumhuriyeti gibi bazı ülkelerde, yemek pişirme ve ısınma ihtiyacının büyük ölçüde biyokütle kaynaklarından karşılanıyor olmasından kaynaklanmaktadır (WBA, 2017: 19).



Kaynak: WBA, 2017: 19

Şekil 4. Kıtalar Bazında YE'nin Küresel Enerji Arzındaki Payı 2014

3.1.2. Enerji Talebi

BP'nin "Dünya Enerji İstatistikleri Görünümü 2017" raporuna göre, küresel birincil enerji tüketimi 2014 yılından itibaren yıllık %1,8'lik bir artış göstererek 2016 yılında 13.276 milyon ton eşdeğere ulaşmıştır. Birincil enerji tüketiminde, Çin 3.053 MTEP ile ilk sırada yer alırken, Amerika 2.272 MTEP enerji tüketimiyle Çin'den sonra en fazla enerji tüketen ülke olmuştur (BP, 2017: 8).

2000 - 2014 yılları arasında ise elektrik, ısınma ve ulaşım sektörlerinde kullanılan küresel enerji miktarı yıllık %2,1'lik bir artış göstererek, 2014 yılında toplam birincil enerji tüketimi 360 EJ olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3). Enerji tüketiminde en büyük payı, ulaşım sektöründe kullanılan ham petrol ve petrol ürünleri almıştır. Genel enerji tüketiminin %38'i petrol ve petrol ürünlerinin çeşitli formlarda kullanılması kaynaklı gerçekleşmiştir. 2014 yılında YE'ye dayalı tüketim oranı ise bir önceki yıla kıyasla %0,2'lik bir artışla %18,6'ya yükselmiştir. 2000 yılından itibaren YE tüketim oranı yıllık %2,5'lik bir oranda artış gösterse de toplam enerji tüketiminde de neredeyse aynı oranda bir artış gözlemlenmektedir. 2014 yılında, küresel toplam enerji tüketiminde YE dayalı enerji tüketiminin ise %14'ünün BE kaynaklarına dayalı olduğu belirlenmiştir (WBA, 2017: 15).

Tablo 3. Kaynaklar Bazında Dünya Toplam Birincil Enerji Tüketimi (EJ)

Yıl	Toplam	Kömür	Petrol	Doğal gaz	Nükleer	YE Kaynakları	YE Kaynakları (%)
2000	269	43,3	115	55,7	7,65	47,6	17,7
2005	305	57,6	125	61,6	8,22	52,1	17,1
2010	338	70,7	129	69,8	8,25	60,1	17,8
2014	360	76,3	136	73,2	7,59	66,9	18,6
Büyüme Oranı (%)	2,1	4,1	1,2	2	-0,1	2,5	

Kaynak: WBA, 2017: 15

Afrika kıtası ısınma ve pişirme gibi enerji ihtiyaçlarını karşılamak için büyük oranda YE kaynaklarından biri olan biyokütleyle başvurmaktadır. Bu yönüyle Afrika, diğer bütün kıtalar arasında, YE'ye dayalı enerji tüketim oranı (%57) en yüksek olan bölgedir (Tablo 4). Avrupa ve Okyanusya ülkeleri ise %11,5 ve %12'lik oranla en düşük YE tüketim oranına sahiptirler. Bu verilere bakılarak, Asya kıtasının, küresel YE tüketiminin neredeyse yarısı olan 30.4 EJ'lük enerji tüketimiyle, en yüksek orana sahip olduğu görülmektedir (WBA, 2017).

Tablo 4. Kıtalar Bazında Dünya Toplam Birincil Enerji Tüketimi 2014 (EJ)

	Toplam (EJ)	Kömür	Petrol	Doğal gaz	Nükleer	YE Kaynakları	YE Kaynakları (%)
Afrika	23,1	1,55	6,49	1,83	0,04	13,2	57,1
Amerika	93,7	7,36	45,4	24,1	2,95	13,8	14,8
Asya	168	59,4	54,3	22,4	1,17	30,4	18,1
Avrupa	71,6	8,14	27,3	24,1	3,43	8,57	12
Okyanusya	3,94	0,6	2,1	0,79	0	0,45	11,5
Dünya	360	76,3	136	73,2	7,59	66,9	18,6

Kaynak: WBA, 2017: 15

3.1.3. Enerji Ticareti

Küresel enerji arz ve talep dengelerine bakıldığında, dünya enerji ticaretinin genellikle petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil kaynaklara dayalı olduğu görülmektedir.

YE henüz bu ticaret akışında önemli bir rol oynamamaktadır. YE'ye dayalı elektrik üretimi genellikle aynı ülke içerisinde tüketilmektedir. YE üretiminde belirgin rolü bulunan BE ise, enerji ticaretine sadece odun ve odun artıklarından üretilen pelet yakıtı ve sıvı biyoyakıtlarla katkıda bulunmaktadır. 2016 yılında dünya genelinde 16,5 milyon ton pelet ticareti gerçekleştirilmiştir (IEA, 2017: 20).

2014 yılı enerji ithalatı rakamlarına bakıldığında, Avrupa Birliği üyesi 28 ülkenin toplam 59 EJ'lük enerji ithalatı gerçekleştirdiği ve bu rakamın tüm Afrika kıtasının enerji ithalatının 9 kat fazlası olduğu görülmektedir (Tablo 5). Bu durum, Avrupa birliği üyesi ülkelerin enerjide yüksek oranda ham petrole ve petrol ürünlerine bağımlı olmasının bir sonucudur (Kaynak: WBA, 2017: 14).

Tablo 5. Kıtalar Bazında Toplam Enerji İthalatı 2014 (EJ)

	Toplam (EJ)	Kömür	Petrol	Doğal gaz	YE	Elektrik
Afrika	6,38	0,31	5,63	0,3	0	0,14
Amerika	37,7	1,73	29,7	5,65	0,14	0,47
Asya	104	25,2	65	13,5	0,03	0,28
Avrupa	66,2	8	40,2	15,6	0,68	1,7
Okyanusya	2,4	0,02	2,17	0,25	0	0
AB - 28	59,4	6,69	37,2	13,4	0,67	1,39

Kaynak: WBA, 2017: 14

2014 yılı ihracat rakamlarına bakıldığında ise, ithalatın aksine, Avrupa üyesi ülkelerinin ihracat miktarının, bütün Afrika kıtasının ihracatına yakın olduğu görülmektedir. Asya kıtası ise, ağırlıklı olarak Orta Doğu'dan ham petrol ihraç etmesi sebebiyle, en büyük enerji ihracatı yapan bölgedir (Tablo 6) (Kaynak: WBA, 2017: 14).

Tablo 6. Kıtalar Bazında Toplam Enerji İhracatı 2014 (EJ)

	Toplam (EJ)	Kömür	Petrol	Doğal gaz	YE	Elektrik
Afrika	20,5	2,08	15,1	3,18	0,2	0,11
Amerika	40,6	5,59	28,5	5,77	0,24	0,43
Asya	80,3	11,6	59,4	9,01	0,07	0,17
Avrupa	64,6	6,6	38,7	17	0,46	1,77
Okyanusya	12,1	10,2	0,69	1,14	0	0
AB - 28	22,3	1,57	15,3	3,73	0,42	1,34

Kaynak: WBA, 2017: 14

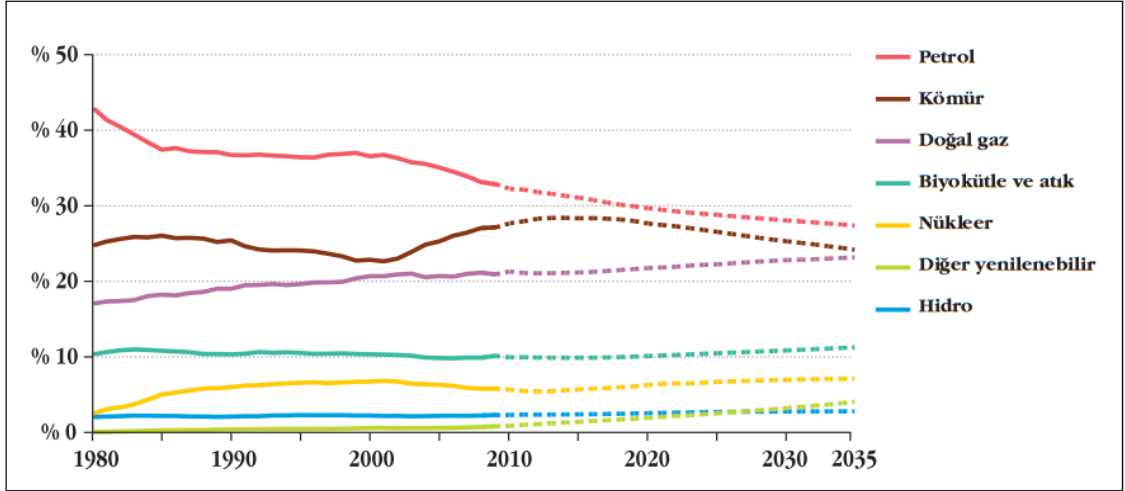
3.1.4. 2035 Yılı Küresel Senaryolar

Dünya’da ve Türkiye’de enerji politikalarının nasıl şekillendiğini anlayabilmek için dünyanın yakın gelecekteki enerji profilini ve ülkelerin muhtemel enerji arz ve talep potansiyelinin bilinmesi gerekmektedir.

IEA, küresel enerji piyasalarının mevcut durumuna ve geleceğine yönelik analizler içeren” Dünya Enerji Görünümü 2011” raporunda, küresel enerji piyasalarının bugününe ve gelecek 25 yılına ilişkin analizler sunmuştur. Bu raporda yapılan tahminler belirgin bir şekilde farklılık gösteren üç farklı senaryo üzerine kuruludur. Yeni Politikalar Senaryosu, WEO-2011’in ana senaryosunu oluşturmaktadır. Bu senaryoya göre, dünya ülkelerinin enerji profili ile ilgili önemli ve temel bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir (IEA, 2011b) (Şekil 5):

- 2010 yılından 2035 yılına kadar, dünya birincil enerji talebi, %30’dan fazla bir artış gösterecektir.
- Küresel enerji talebindeki artışın %90’ı, Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) dışındaki ülkelere kaynaklanacaktır.
- Çin’in tek başına enerji talebi ise bu artışın %30’dan fazlasını oluşturacaktır.
- 2035 yılı itibarıyla Çin, ikinci en büyük tüketici olan Amerika’dan %70 daha fazla enerji tüketecektir.

- Rusya, Hazar Bölgesi ve Katar gibi en büyük gaz üreticileri başta olmak üzere, 2035 yılında OECD üyesi olmayan ülkeler küresel gaz üretiminin %70'inden daha fazlasını gerçekleştirecektir.
- Avrupa Birliği (AB), en önemli gaz ithalatçısı olmaya devam edecektir.
- Dünya, 2035 yılında küresel toplamın yarısından daha fazlasına ulaşacak olan OPEC'in petrol üretimine daha fazla bağlı olacaktır.
- Şu anda 90-91 milyon varil olan petrol talebi, 2035 yılında günlük 101 milyon varile ulaşacaktır.
- Petrol ürünleri talebi Asya ve Orta Doğu'ya kayacaktır.
- Çin 2030 yılında en önemli petrol ithalatçısı olacaktır.
- Amerika 2015'ten 2030'ların başına kadar dünyanın en önemli petrol üreticisi olacaktır.
- Brezilya önemli bir petrol ihracatçısı haline gelecektir.
- Birincil enerji talebi %20 artacak ve doğal gaz en yüksek artışı göstermekle birlikte petrol en önemli enerji kaynağı olmaya devam edecektir.
- 2035 yılına kadar olan dönemde, dünya birincil enerji kaynaklarının %82'sini oluşturan fosil yakıtların payları %75'e düşmekle birlikte, bu yakıtlar hâkim kaynaklar olmaya devam edecektir.
- YE kaynaklarının 2035 yılındaki payı %17'ye çıkacaktır.
- Dünyada elektrik üretimindeki artışın yarısı YE kaynaklarından sağlanacaktır ve toplamdaki payı %30'un üzerine çıkacaktır.
- Nükleer enerjinin birincil enerji kaynakları içinde payı %5,6 iken, 2035 yılında %7'yi bulacaktır.



Kaynak: IEA, 2011b: 11

Şekil 5. Yeni Politikalar Senaryosunda Dünya Birincil Enerji Kaynaklarının Payı

3.2. DÜNYA BİYOENERJİ PROFİLİ

Günümüzde BE, en dinamik ve en hızlı değişim gösteren küresel enerji ekonomisi sektörlerinden biri haline gelmiştir. BE doğaya sağlayacağı önemli ölçüde yararlı katkısı, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltması ve yeni iş imkânı sağlayarak kırsal kesimlerdeki sosyal ve ekonomik koşulları canlandırması yönüyle temiz, yenilenebilir, sürdürülebilir, verimli ve güvenilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Günümüzde, BE yıllık küresel enerji tüketiminde %10'luk bir payla YE kaynaklarına en büyük katkıyı sağlayan enerji türü olup, daha çok ısınma ve pişirme amacıyla kullanılmaktadır. Birçok gelişmekte olan ülkede toplam birincil enerji arzında BE %80'lik bir orana sahipken, gelişmiş ülkelerde ise bu oran genellikle %5'den daha düşüktür (Halder, 2011: 249). Dünyada kullanılan biyokütle kaynakları genellikle ormansal artık ve atıklar ile tarımsal ve çöp atıkları olmak üzere üç ana kategoride incelenmektedir (Gustav vd., 2008: 4050).

Modern BE sektörünün gelişimi ise ülkeler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. BE'yi destekleyici politikaları olan ve gerekli altyapıya sahip Finlandiya, İsveç, Almanya, Avusturya, Brezilya ve Amerika'nın içinde bulunduğu çok az sayıda ülke ormansal ve tarımsal kaynaklara dayalı gelişmiş BE sektörüne sahiptir (Aktaran: Halder, 2011: 249). Bununla birlikte, modern BE sektörünün geliştirilmesi çalışmalarını diğer birçok ülkede halen hazırlık aşamasında ya da başlangıç aşamasındadır ve ülkelere göre farklılık göstermektedir.

IEA'nın "Dünya Enerji Görünümü 2012" yılı raporuna göre; 2035 yılına kadar BE talebinin hızlı bir şekilde artış göstereceği ve elektrik üretimi için biyoyakıtlara ve biyokütleyle olan talebin yaklaşık 3 katına çıkması beklenmektedir (IEA, 2012: 63). Günümüzde, yemek pişirmek ve ısınmak amacıyla halen 240 milyon insan biyokütle kullanmakta ve bu rakamın 2035 yılına kadar 2,6 milyar kişiye çıkacağı öngörülmektedir (Matzenberger vd., 2013: 931). Bu değişikliklerin, ticaret akışına ve ticaret modellerine etki ederek bölgesel BE arz-talep dengelerine yansımaları kaçınılmazdır.

2014 yılı küresel toplam birincil enerji arzı 573 EJ olarak gerçekleşirken; toplam enerji tüketimi 360 EJ olmuştur. Aradaki fark ise, enerji sanayinin kendisinin kullandığı enerji ile, enerjinin dönüştürülmesi ve dağıtımı sırasında gerçekleşen kayıplardan oluşmaktadır. Bu kayıpların büyük kısmı fosil yakıt sektöründe gerçekleşmektedir. 2000 - 2014 yılları arasında, YE kaynaklarından elde edilen birincil enerji miktarlarına bakıldığında ise, yıllık %2,78'lik bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu artışta, ülkelerin son yıllarda YE kaynaklarından elektrik üretimi konusunda yaptıkları araştırma ve çalışmalar sonucu gerçekleştirilen yatırımların büyük bir etkisi bulunmaktadır (Tablo 7) (WBA, 2017).

Tablo 7. Dünya Toplam Birincil YE Arzı (EJ)

Yıl	Toplam	Biyokütle	Hidro E.	Jeotermal	Solar PV	Solar Termal	Rüzgâr	Diğer
2000	55	43	9,43	2,19	0	0	0,11	0,002
2005	60,9	47,4	10,6	2,25	0,01	0,03	0,37	0,002
2010	71,2	54,2	12,4	2,62	0,12	0,66	1,23	0,002
2014	80,7	59,2	14	2,99	0,68	0,68	2,58	0,004
Büyüme Oranı (%)	2,78	2,3	2,87	2,26	45,1	13,8	25,1	4,41

Kaynak: WBA, 2017: 18

3.3. KÜRESEL BİYOENERJİ ARZI

3.3.1. Birincil Biyoenerji Arzı

Dünya genelinde BE, odunsu yakıtlar, ormancılık artıkları, odun kömürü, pelet, tarım ürünleri ve artıkları, kentsel ve endüstriyel atıklar gibi çeşitli organik maddelerin kullanılmasıyla temin edilmektedir. Dünya Enerji Konseyi (WEC)'e göre 2014 yılında BE, dünya birincil YE arzında %73'lük bir oranla YE kaynakları arasında en yüksek paya sahip enerji kaynağıdır. Dünya toplam birincil enerji arzında ise toplam 59,2 EJ ile %10,3'lük bir pay sahibi olmuştur (Tablo 8) (WEC, 2016a: 2).

2000 - 2014 yılları arasında dünya toplam birincil BE arzındaki artış Tablo 8'de gösterilmiştir. Verilere göre; 2000 yılından itibaren BE arzı yıllık ortalama %2,3 oranında bir artış göstermiş olup bu artışın büyük oranda sıvı biyoyakıtlardan kaynaklandığı görülmektedir. 2015 yılında uluslararası biyoyakıt ticareti 27 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Aynı yılda BE arzına en fazla katkıyı ise 56 EJ ile orman kökenli biyokütle kaynakları sağlamıştır (WEC, 2016a: 4).

Tablo 8. Kaynaklar Bazında Dünya Toplam Birincil BE Arzı (EJ)

Yıl	Toplam	Belediye Atıkları	Sanayi Atıkları	Katı Biyokütle	Biyogaz	Sıvı Biyoyakıtlar
2000	43	0,74	0,47	41,1	0,28	0,42
2005	47,4	0,94	0,4	44,7	0,5	0,85
2010	54,2	1,15	0,68	49,1	0,84	2,44
2014	59,2	1,32	0,8	52,6	1,27	3,21

Kaynak: WBA, 2017: 30

Kaynaklara göre BE arzının, ülkelerin coğrafi özelliklerine ve iklimlerine göre çeşitlilik gösterdiği bilinmektedir. Biyokütle kaynakları; gelişmiş ülkelerde, biyoetanol ve biyodizel gibi sıvı yakıt formunda, ulaşımda, elektrik enerjisi üretiminde ve konut ısıtmada alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktayken, gelişmekte olan ülkeler açısından sanayi ve ekonominin gelişmesi için kullanılan önemli enerji kaynaklarından biri durumundadır. Az gelişmiş ülkelerde ise biyokütle, özellikle elektrik enerjisine erişim imkânı olmayan kırsal kesimlerde pişirme, ısınma ve aydınlatma gibi enerji ihtiyaçların

karşılandığı temel enerji kaynağıdır. Örneğin sıvı biyoyakıt üretiminde Amerika ilk sırada yer alırken, biyogaz üretiminde Avrupa kıtası lider konumundadır. Asya ve Afrika ülkelerinin enerji ihtiyaçlarının büyük oranda ham biyokütle kaynaklarına dayanması, özellikle orman kökenli BE arzında ön sıralarda yer almalarının başlıca sebebidir (Tablo 9) (WEC, 2016a). Biyokütle ithalatında ilk sırada yer alan Avrupa, ham biyokütle kaynaklarını ve bitkisel yağları büyük oranda Amerika, Afrika ve Asya ülkelerinden ithal etmektedir (BP, 2014: 36).

Tablo 9. Kıtalar Bazında Dünya Toplam Birincil BE Arzı 2014 (EJ)

	Toplam	Belediye Atıkları	Sanayi Atıkları	Katı Biyokütle	Biyogaz	Sıvı Biyoyakıtlar
Afrika	15,4	0	0	15,4	0	0
Amerika	10,7	0,3	0,06	7,86	0,21	2,3
Asya	26	0,19	0,38	24,8	0,4	0,26
Avrupa	6,71	0,82	0,35	4,26	0,63	0,65
Okyanusya	0,26	0	0	0,23	0,02	0,01
Dünya	59,2	1,32	0,8	52,6	1,27	3,21

Kaynak: WBA, 2017: 30

3.3.2. Ormansal Biyoenerji Kaynakları

Dünya orman varlığı 4 milyar hektar olup, dünya yüzeyinin %31'ini kaplamaktadır (IEA, 2017: 53). Günümüzde ormanlar, birincil ormanlar, doğal ormanlar ve enerji ormanları olmak üzere üç sınıfta incelenmektedir. Birincil ormanlar, hiçbir insan müdahalesi olmadan oluşan doğal/rejeneratif ormanlardır. İnsan müdahalesi ile korunup geliştirilen ormanlar ise doğal ormanlar olarak adlandırılırken, belirli bir plan ve program dahilinde ağaç tohumları ya da fidelerin insan eliyle ekilmesi sonucu oluşan alanlara da enerji ormanları denilmektedir (WBA, 2017: 33). Geçtiğimiz 15 yıl içerisinde, enerji ormanları yıllık yaklaşık %1,9 bir büyüme göstererek 2015 yılında 293 milyon hektara ulaşmıştır (Tablo 10). Aynı süre zarfında birincil orman alanlarında ve doğal orman alanlarında ise azalma görülmüştür. Dünyanın toplam ormanlık alanının %40'ı Amerika kıtasında bulunmaktadır. Avrupa kıtası ise %25'lik oranla ikinci sırada yer almaktadır.

Rusya 815 milyon hektar ormanlık alan ile dünyanın en geniş ormanlarına sahip olan ülkedir. En geniş enerji ormanları ise yaklaşık 79 milyon hektar ile Çin’de bulunmaktadır (FAOSTAT, 2015).

Tablo 10. Kıtalar Bazında Dünya Orman Varlığı 2015 (Milyon ha)

	Ormanlık Alanlar	Birincil Ormanlar	Doğal Ormanlar	Enerji Ormanları
Afrika	624	135	473	16,3
Amerika	1.593	720	814	58
Asya	593	117	347	129
Avrupa	1.015	278	652	85,5
Okyanusya	173	27	142	4,5
Dünya	3.999	1.277	2.428	293

Kaynak: FAOSTAT, www.fao.org/faostat/en/#data/QC, (E.T. 01.02.2018) verilerinden derlenerek hazırlanmıştır.

Ormanlık sektörünün, ekonomik, çevresel ve sosyal faydalarının yansısı, küresel enerji arzına katkıları incelendiğinde BE’nin de başlıca dayanak noktası olduğu görülmektedir. Ormanlar; odun kömürü, ormanlık ve ahşap sanayii artıkları, kurutulmuş ahşap ve siyah likör gibi biyokütle çeşitleriyle, BE sektörüne 56 EJ ile %90 oranında bir katkı sağlamaktadır (WEC, 2016a: 6). Orman kökenli biyokütle kaynaklarının %80’i klasik yöntemler kullanılarak tüketilmektedir. Bu yöntemlerle ormanlardan yıllık toplam 32 EJ enerji elde edilmekte ve yaklaşık 2 milyar insanın ısınma ve pişirme gibi temel enerji ihtiyaçları karşılanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise, klasik yöntemlerle ormanlardan elde edilen birincil enerji miktarı ise %5’ten daha azdır (BP, 2014: 16).

Enerji üretmek amacıyla ağaçların daha çok ham haliyle ve yakılarak kullanıldığı bölgeler Asya ve Afrika kıtalarıdır. Bugün, bu bölgelerde toplam 1,87 milyar m³ ağaç, yakacak olarak kullanılmaktadır. Avrupa ise ormansal atıklardan verimli bir şekilde enerji üretiminde oldukça ilerlemiş durumdadır. Ancak, ormansal biyokütle kaynakları halen kullanılmayan yüksek bir enerji potansiyeline sahiptir. WBA’nın yapmış olduğu araştırmalar sonucunda, dünyada yıllık yaklaşık 777 milyon ton ormansal atık üretilmekte ve bu atıklar ham ağaç, ince talaş tozu ya da sıvı formunda, kereste ve kâğıt fabrikalarında, kontak plak, ahşap levha ya da kâğıt üretiminde kullanılmaktadır (Tablo

11). Söz konusu atıklar halihazırda tahmini olarak 5,78 EJ ila 8,81 EJ enerji potansiyeline sahiptir. Günümüzde enerji üretiminde bu potansiyelin bir kısmından faydalanılıyor olsa da; kullanılmayan büyük bir enerji potansiyelinin var olduğu ve bu potansiyelin kullanılması için araştırmalar ve yatırımlar yapılması gerektiği belirtilmektedir (WBA, 2017: 40).

Tablo 11. Ormansal Atıkların Küresel Potansiyeli

Atık Türü	Ormansal Atıklar (Milyon Ton)	Enerji Potansiyeli Düşük (EJ)	Enerji Potansiyeli Yüksek (EJ)
Zemin Artıkları	371	0,89	2,94
Katı Yakıtlar	70	0,32	1,11
Ağaç Tozu (Talaşı)	37	0,09	0,29
Sıvı Yakıtlar	298	4,48	4,48
Toplam	777	5,78	8,81

Kaynak: WBA, 2017: 42

3.3.3. Tarımsal Biyoenerji Kaynakları

Tarım sektörü, tarımsal faaliyetler sonucu oluşan hasat atık ve artıkları, hayvancılık artıkları (gübre vb.), biyoetanol ve biyodizel üretimi için yetiştirilen özel enerji bitkileri ile dünya BE arzına %10'luk bir katkı sağlamaktadır. Biyokütleyle dayalı enerji üretimi için birçok çeşitli tarımsal ürün kullanılmaktadır. Örneğin mısır, şeker kamışı ve yağlı bitki tohumları, sıvı biyoetanol ve biyodizel üretmek amacıyla kullanılırken; diğer hububat atık/artıkları (şeker mahsulleri, saman, kabuk, sap gibi kalıntılar) ise ileri biyoyakıt üretiminde değerlendirilmektedir (Calle vd., 2007: 8).

Bitkisel tarıma yönelik en büyük sorun; verimli ve ekilebilir alanların sınırlı olmasıdır. Bu konuda ülkelerin jeopolitik konumlarının ve ekilebilir toprak alanlarının ne derecede etkin ve verimli kullanıldığı önem arz etmektedir. Örneğin, 2016 yılında buğday, mısır ve pirinç hasat miktarlarına bakıldığında verimli arazilere sahip olan Asya ve Amerika kıtasının ön sıralarda yer aldığı görülmektedir. Nitekim 2016'da Asya bölgesinde 100 milyon hektar alanda buğday, 140 milyon hektar alanda pirinç hasadı yapılırken; Amerika'da 70 milyon hektar alanda mısır üretilmiştir (FAOSTAT, 2016).

Biyoyakıt üretimi için kullanılan enerji bitkileri arasında en çok üretilen bitki; yıllık 1.890 milyon tonluk üretimle şeker kamışı olmuştur. Bugün şeker kamışının 768 milyon tonluk bir kısmı Brezilya'da ve 384 milyon tonu ise Hindistan'da üretilmektedir. Mısır bitkisi ise yılda 1.060 milyon ton üretilerek ikinci en önemli enerji bitkisi olarak belirlenmiştir. Bu miktarın yarından fazlası ise Amerika'da üretilmektedir (FAOSTAT, 2016). Her ne kadar bu bitkiler biyoyakıt üretiminde kullanılan önemli enerji bitkileri olsa da üretilen mahsullerin küçük bir kısmı BE üretiminde kullanılabilir. BE arzına henüz %10 katkısı olan tarım sektörü, aslında çok daha fazla enerji üretim potansiyeline sahiptir. Bu enerji potansiyelinin yaklaşık 14,6 EJ ila 123 EJ arasında olduğu ve dünya enerji talebinin neredeyse %20'sini karşılayabileceği tahmin edilmektedir (WBA, 2017: 38).

3.3.4. Kentsel Atıklar

Kentsel atıklar arasında; evsel atıklar, belediye atıkları, sanayi atıkları, hastane atıkları ve enerji üretmek üzere yakılan ürünlerden geriye kalan atıklar (küller) bulunmaktadır (IEA, 2016: 14). Belediye atıkları; hanelerden, üretim tesislerinden, hastanelerden ve mahalli idareler tarafından toplanılan atıklardır. Sanayi atıkları ise; katı ve sıvı haldeki hammaddelerin fabrikalarda işlenmesi sonucu oluşan atık ve artıklardan oluşur (WEC, 2016b: 6).

Kentsel atıkların küresel BE arzında, özellikle biyokütle kaynaklarının potansiyelini %3'lük bir artırıcı bir etkisi bulunmaktadır. 2014 yılında küresel ölçekte kentsel atıklardan elde edilen enerji miktarı 2,12 EJ olarak belirlenmiştir (Tablo 12). Bu miktarın önemli bir kısmını belediye atıkları oluşturmaktadır. 2000 ila 2014 yılları arasında kentsel atıklardan enerji üretim miktarı yıllık %4'lük bir artış göstermiştir (WBA, 2017: 43).

Tablo 12. Kentsel Atıkların Toplam Enerji Arzı (EJ)

Yıl	Toplam	Belediye Atıkları (Toplam)	Belediye Atıkları (Yenilenebilir)	Sanayi Atıkları
2000	1,20	0,74	0,37	0,47
2005	1,34	0,94	0,49	0,40
2010	1,83	1,15	0,60	0,68
2014	2,12	1,32	0,67	0,80

Kaynak: WBA, 2017: 43

Tabloya 13'e göre, 2014 yılında dünya genelinde ortaya çıkan çöplerin %55'i sadece Avrupa kıtasında BE'ye dönüştürülürken, aynı yılda Asya ve Amerika'da da belediye atıklarının enerji üretmek amacıyla kullanıldığı görülmektedir (WBA, 2017: 43). Kentsel atıklardan enerji üretimi yoğun olarak gelişmiş teknolojilere sahip olan Avrupa ülkelerinde gerçekleştirilmektedir. 2015 yılında dünyada genelinde kentsel atıklardan elektrik enerjisi üretim kapasitesi 12.912 MW'tır. Amerika 2.254 MW ile elektrik üretim kapasitesi en yüksek olan ülke olmuştur. Almanya ve Japonya ise sırasıyla 1.888 MW ve 1.051 MW ile kentsel atıklardan elektrik üretiminde ilk sıralarda yer almıştır (WEC, 2016b: 60-63).

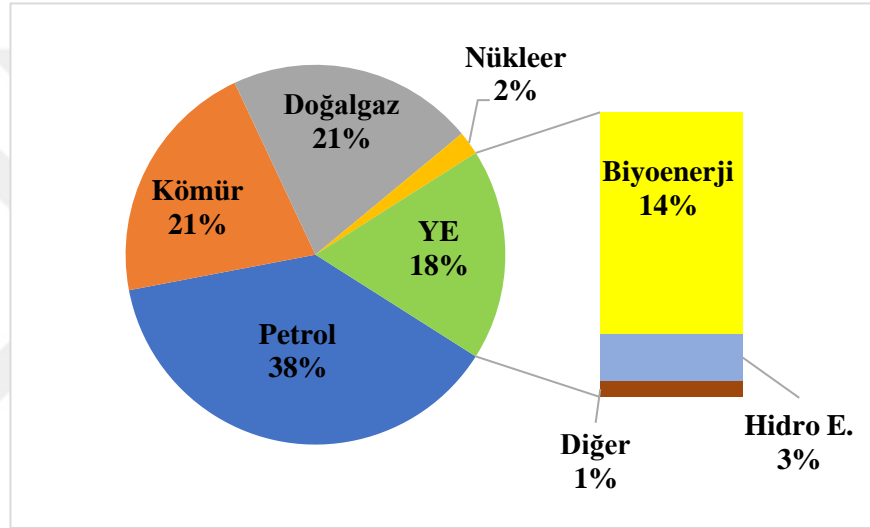
Tablo 13. Kıtalar Bazında Kentsel Atıklardan Üretilen Enerji Toplamı 2014 (EJ)

	Toplam	Belediye Atıkları (Toplam)	Belediye Atıkları (Yenilenebilir)	Sanayi Atıkları
Afrika	0	0	0	0
Amerika	0,37	0,30	0,16	0,06
Asya	0,58	0,19	0,10	0,38
Avrupa	1,17	0,82	0,42	0,35
Okyanusya	0	0	0	0
Dünya	2,12	1,32	0,67	0,80

Kaynak: WBA, 2017: 43

3.4. KÜRESEL BİYOENERJİ TALEBİ

BE, diğer enerji kaynaklarının aksine çok yönlü bir enerji kaynağıdır. Biyokütle kaynakları, modern yöntemlerle katı, sıvı ya da gaz formlarına dönüştürülerek enerji üretiminde kullanılabilirler gibi herhangi bir dönüşüme tabi tutulmaksızın geleneksel yöntemlerle de kullanılabilen bir yakıt türüdür. Ayrıca BE, elektrik üretimi, ulaşım ve ısınma sektörlerine en büyük katkıyı sağlayan YE kaynağıdır. 2013 yılında YE kaynakları arasında dünya toplam enerji tüketiminde BE'nin payı %14'tür (Şekil 6) (WEC, 2016a: 8; IEA, 2017; IEA ve FAO, 2017).



Kaynak: (WEC, 2016a: 8)

Şekil 6. Kaynaklara Göre Küresel Enerji Tüketimi 2013

Günümüzde 2,6 milyar insanın temel enerji ihtiyaçları halen geleneksel biyokütle kaynaklarından karşılanmaktadır. Diğer bir deyişle, dünya enerji tüketiminin %7'si yani yaklaşık 28 EJ'ü katı biyokütle kaynaklarından elde edilmektedir. BE'nin sektörlere göre kullanımına bakıldığında ise elde edilen enerjinin yaklaşık %90'ının ısınma sektöründe (modern ve geleneksel metotlarla) kullanıldığı görülmektedir (IEA, 2017: 14-18). 2010 yılında 22 EJ olan birincil BE tüketiminin yıllık %3,3 oranında bir artışla 2035 yılına kadar iki katına çıkarak yaklaşık 50 EJ'e ulaşması beklenmektedir. Biyokütle kaynaklarının geleneksel yöntemlerle kullanılması sonucu üretilen enerji miktarının dahil olmadığı bu artışın daha çok ısınma ve elektrik enerjisi tüketiminden kaynaklanacağı belirtilmektedir (BP, 2014: 12).

3.4.1. Elektrik Üretimi

Dünya genelinde enerji kaynaklarının büyük bir kısmı, enerjinin en çok kullanılan formu olan, elektrik enerjisi üretimi için kullanılmaktadır. Modern dünyanın vazgeçilmez bir unsuru olan elektriğin yakın gelecekteki talep miktarının kesintisiz olarak karşılanabilmesine yönelik gerçekleştirilen araştırmalar sonucu, biyokütleyle dayalı elektrik üretiminin (biyoelektrik) bu alanda büyük oranda katkı sağlayacağı görülmüştür (IEA ve FAO, 2017: 8).

BE, 2014 yılında YE kaynaklarına dayalı elektrik üretiminde 3. sırada yer almıştır (WBA, 2017: 46). Büyük ölçüde odun yongaları, odun peletleri, tarım artıkları ve orman artıkları gibi katı biyokütle kaynaklarına dayalı küresel biyoelektrik üretim miktarı 2014 yılında 493 TWh'e ulaşmıştır (Tablo 14). Biyokütleden elde edilen elektrik enerjisi üretim kapasitesi ise, 2000 yılından itibaren yıllık ortalama %6,5 oranında istikrarlı bir büyüme göstererek 2016 yılında dünya genelinde kurulu biyoelektrik kapasitesi 110 GW'a ulaşmıştır. Aynı yıl BE, 500 TWh'lik elektrik üretimiyle küresel elektrik enerjisi üretimine %2 oranında bir katkı sağlamıştır (IEA ve FAO, 2017: 11; IEA, 2017: 16). Yapılan projeksiyonlar, 2017 yılında biyokütleden elektrik üretim miktarının yaklaşık 530 TWh olacağını ve 2035 yılına gelindiğinde bu miktarın 1.470 TWh'ten fazla olacağını göstermektedir (BP, 2014: 12).

Tablo 14. Biyokütleden Elektrik Üretimi (Twh)

Yıl	Toplam	Belediye Atıkları	Sanayi Atıkları	Katı Biyokütle	Biyogaz	Biyoyakıtlar
2000	164,00	34,3	15,3	102	13,1	0
2005	223	46,2	11,8	143	21	1,98
2010	367	60,4	20,10	235,00	46,50	5,07
2014	493	68,7	24,8	313	80,1	6,31

Kaynak: WBA, 2017: 45

Biyoelektrik üretimi yoğunlukla OECD ülkelerinde gerçekleştirilmektedir. Ancak son yıllarda Çin ve Brezilya gibi enerji ihtiyacının giderek arttığı ülkelerde de özellikle tarımsal artıklara dayalı biyoelektrik üretimi giderek artmaktadır. Dünya genelinde biyoelektrik üretiminde Amerika ilk sırada yer alırken, onu Almanya ve Çin takip etmektedir (IEA ve FAO, 2017: 11). 2014 yılında, kıtalara göre biyokütleyle dayalı

elektrik üretim miktarları Tablo 15'te gösterilmiştir. Verilere göre; küresel biyoelektrik üretiminin yaklaşık %40'ı yani 196 Twh'i sadece Avrupa kıtasında gerçekleştirilmektedir. Avrupa, belediye atıkları kullanılarak biyoelektrik üretiminde yine ilk sırada yer alırken, sanayi atıklarından biyoelektrik üretimi en fazla olan bölge Asya kıtası olmuştur. Katı biyokütle kaynaklarından biyoelektrik üretiminde ise 118 Twh ile Amerika kıtası birinci sırada yer alırken; sıvı biyoyakıtlardan ve biyogazdan biyoelektrik üretiminin yaklaşık üçte ikisinin Avrupa kıtasında gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 15. Kıtalar Bazında Biyokütleden Elektrik Üretimi 2014 (Twh)

	Toplam	Belediye Atıkları	Sanayi Atıkları	Katı Biyokütle	Biyogaz	Biyoyakıtlar
Afrika	1,83	0	0	1,8	0,03	0
Amerika	153	16,9	2,9	118	15,4	0,21
Asya	138	11,7	15,20	106,00	3,51	1,26
Avrupa	196	40,2	6,74	85,4	59,3	4,85
Okyanusya	4,15	0	0	2,27	1,88	0
Dünya	493	68,7	24,8	313	80,1	6,31

Kaynak: WBA, 2017: 46

3.4.2. Isıtma

Biyokütle dünya genelinde, sanayide, tarımda ve hane halkı düzeyinde ısıtma amacıyla en yaygın kullanılan ve tüketim oranı oldukça yüksek olan bir enerji kaynağıdır. Biyokütle kaynakları doğrudan yakılarak ısıya dönüştürülebildikleri gibi, enerji üretim tesislerinde dönüştürülerek dolaylı ısınma amacıyla da kullanılabilirler Ancak araştırmalar, dünyadaki biyokütle kaynaklarının neredeyse %98'inin doğrudan yakılarak kullanıldığını göstermiştir (Tablo 16) (IEA ve FAO, 2017; WEC, 2016a; WBA, 2017).

Tablo 16. Biyokütleden Isı Üretimi 2000-2014 (EJ)

Yıl	Toplam	Dolaylı Isınma	Doğrudan Isınma
2000	38,2	0,41	37,8
2005	40,7	0,53	40,2
2010	43,9	0,78	43,2
2014	46	0,92	45,1

Kaynak: WBA, 2017: 49

Ham biyokütle kaynakları, belediye ve sanayi atıkları, sıvı biyoyakıtlar ve biyogaz da ısı üretiminde hammadde olarak kullanılan BE kaynakları arasında bulunmaktadır. 2014 yılında, dolaylı ısı üretiminin %53,2'lik kısmı bu kaynakların ham olarak kullanılmasıyla elde edilmiştir ve üretimin çok büyük bir bölümü de Avrupa bölgesinde gerçekleşirken; Afrika ve Okyanusya kıtasında dolaylı ısı üretimi neredeyse hiç gerçekleştirilmemiştir (WBA, 2017: 48). Asya ve Afrika kıtası %79'luk bir oranla, biyokütle kaynaklarını doğrudan ısınma amaçlı kullanılan bölgelerin başında gelmektedir. Bunun en büyük nedeni, bugün Afrika'da insanların çok büyük bir bölümünün yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek için biyokütle kaynaklarına ihtiyaç duyması ve bu tür enerji ihtiyaçlarını biyokütleleri herhangi bir dönüşüme tabii tutmadan direkt yakarak gidermeleridir. Örneğin, BE'nin doğrudan ısıtma amacıyla kullanım oranı Nijerya'da %90 Etiyopya'da ise %93,1'dir (The World Bank, 2014).

3.4.3. Biyoyakıtlar

Genellikle karayolu taşımacılığında sıvı yakıtlar formunda kullanılan BE kaynakları, deniz ve havacılık sektörlerinde de etkin bir şekilde değerlendirilmektedir. Biyoyakıt sektörü, petrol fiyatlarının düşürülmesine ve sürdürülebilirliği konusundaki çeşitli tartışmalara rağmen; 2006 yılından buyana hızlı bir büyüme kaydetmiştir (IEA, 2017). Üretilen biyoyakıtların çoğu, şeker bazlı ekinlerin fermantasyonu ile elde edilen biyoetanolden oluşmaktadır. Geri kalan üretimin önemli bir kısmı, bitkisel ve hayvansal

yağların dönüştürülmesiyle üretilen biyodizelden oluşurken, kalan kısmı diğer modern biyoyakıtlardan (yenilenebilir dizel vb.) oluşmaktadır (IEA, 2017; WBA, 2017).

2016 yılında toplam biyoyakıt üretimi 2015 yılına göre %2,6'lık bir artışla 136,5 milyar litreye ulaşmıştır. Sıvı biyoyakıt üretiminde ve tüketiminde ilk sırada yer alan ülkeler Amerika ve Brezilya'dır. 2016 yılında, toplam biyoetanol üretiminin %85'i sadece bu ülkelerde gerçekleştirilmiştir. AB, Arjantin ve Endonezya ise biyodizel üretiminde ilk sırada yer alan ülkelerdir. Biyodizel üretiminin yarısından fazlası Endonezya'da gerçekleşmiştir. Küresel biyoyakıt tüketiminin %90'ı ise; Amerika, Brezilya, AB ve Çin'de gerçekleşmektedir (BP, 2017: 45; IEA ve FAO, 2017: 19, WEC, 2016a: 7; IEA, 2017: 23).

Biyokütle kaynaklarından elde edilen diğer bir yakıt türü olan biyogaz üretimi ise, 2000 yılından itibaren yıllık %11,2 oranında bir artış göstererek 2014 yılında 58,7 milyar Nm³e ulaşmıştır (Tablo 17) (WBA, 2017: 140). Tabloya göre, küresel biyogaz üretiminin neredeyse yarısı Avrupa'da gerçekleştirilmiştir. Bu oran Asya kıtasında %32 iken Amerika kıtasında %17, Afrika ve Okyanusya kıtalarında ise toplam üretimin %2'sinden daha az oranda gerçekleşmiştir. Almanya, Hindistan ve Çin biyogaz üretiminin en yoğun yapıldığı ülkelerdir (WEC, 2016a: 7).

Tablo 17. Kıtalar Bazında Biyogaz Üretimi

Yıl	Dünya (EJ)	Dünya (Nm ³)	Afrika	Amerika	Asya	Avrupa	Okyanusya
2000	0,28	13,20	0	6,13	2,33	4,41	0,33
2005	0,50	23,10	0	7,75	6,95	7,93	0,46
2010	0,84	38,70	0,004	6,20	14,90	16,90	0,73
2014	1,27	58,70	0,018	9,79	18,30	29,70	0,89

Kaynak: WBA, 2017: 59

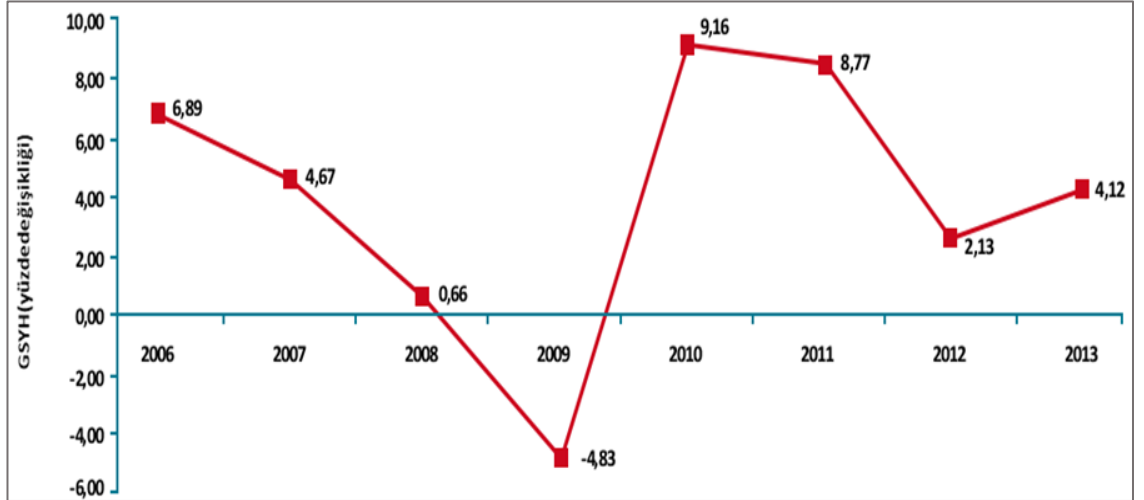
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE'DE BİYOENERJİ

4.1. GENEL ENERJİ PROFİLİ

Türkiye, 2002 yılından itibaren uygulanan etkin politikalarla birlikte son 10 yıldır istikrarlı bir ekonomik büyüme sağlayarak 2014 yılında dünyanın 16. ve Avrupa'nın ise 6. büyük ekonomisi konumuna ulaşmıştır (ETKB, 2016).

Türkiye ekonomisi, 2009 yılında yaşanan küçülmenin ardından hızlı bir toparlanma kaydederek 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla %9,16 ve %8,77 oranında büyüme hızına ulaşmıştır. 2012 yılında AB'deki ekonomik koşulların zayıflaması nedeni ile Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) artışı yavaşlamış olsa da; 2013 yılında %4,12 oranında büyüme sağlanmıştır (Şekil 7). 2003 ile 2013 yılları arasında ortalama yıllık GSYH artış oranı %4,96 olmuş ve 2013 yılında GSYH artışı 122,5 milyar TL olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte, 2018-2030 dönemi için %4,3 gibi daha yüksek büyüme oranları beklenmektedir (YEGM, 2014: 16).

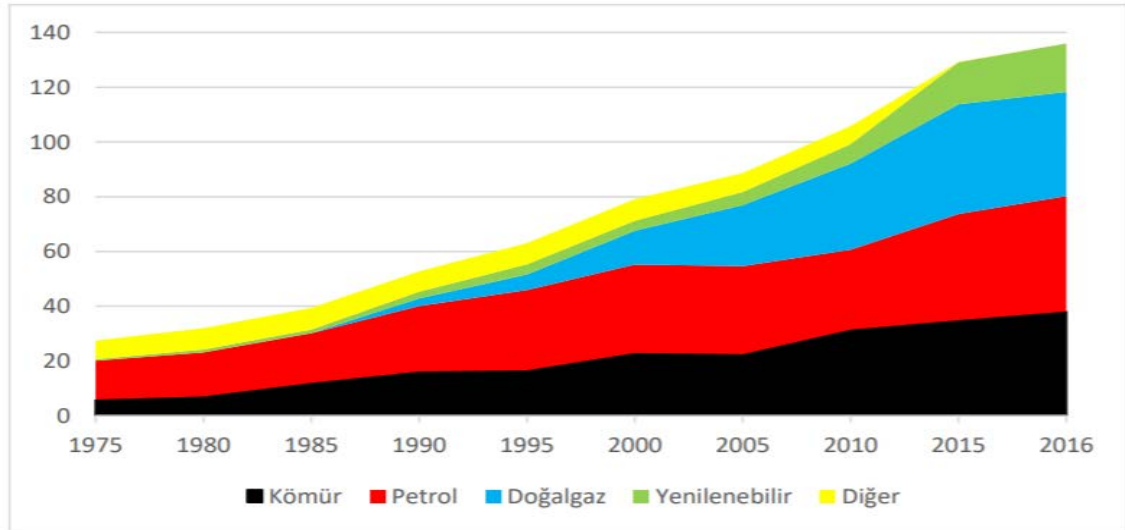


Kaynak: YEGM, 2014: 16

Şekil 7. Türkiye Ekonomisinde 2006-2013 Dönemi Büyüme Hızı

Türkiye'nin son yıllarda yaşadığı ekonomik gelişme ve refah seviyesindeki iyileşme ile beraber enerji talebinde de büyük artış yaşanmıştır. Bu dönemde Türkiye, OECD ülkeleri arasında enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke olmuştur ve önümüzdeki 10 yıllık süreçte bu talebin 2 kat artacağı öngörülmektedir (YEGM, 2014). 2002 yılında 132,6 milyar kWh olan elektrik tüketimi, yıllık ortalama %5,5 oranında artış göstererek, 2016 yılında 279,3 milyar kWh'e çıkmıştır (ETKB, 2018: 23).

2016 yılında birincil enerji arzı 136,2 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılı itibariyle birincil enerji talebi içerisinde petrolün payı %31, doğal gazın payı %28, kömürün payı %28, hidrolik enerjinin payı %5 ve diğer YE kaynaklarının payı %8 olmuştur. Sektörlere göre birincil enerji arzının dağılımı incelendiğinde ise; %25'i sanayi, %24'ü konut ve hizmet sektörü, %20'si ulaştırma, %23'ü çevrim, %5'i enerji dışı kullanım ve %3'ü tarım ve hayvancılık sektöründe kullanıldığı belirtilmektedir (ETKB, 2018: 22).



Kaynak: ETKB, 2018: 22

Şekil 8. Birincil Enerji Arzı Gelişiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (MTEP)

Birincil enerji kaynaklarının büyük bir bölümü, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de elektrik üretimi ve sanayi alanında kullanılmaktadır. Örneğin, 2002 ile 2012 yılları arasında, yıllık elektrik enerjisi tüketimi 132,6 milyar kWh'ten 242 milyar kWh'e yükselmiş yani neredeyse iki kat artmıştır. Türkiye'nin sahip olduğu enerji kaynaklarının, artan enerji talebini karşılamakta yetersiz kalması sebebiyle, birincil enerji kaynaklarına olan bu talep ağırlıklı olarak ithal edilerek karşılanmaktadır. 2013 yılı itibariyle, toplam

enerji talebinin sadece %28'i yerli kaynaklarımızdan sağlanırken, doğal gazın %98'i, petrolün %92'si ve kömürün %30'u ithal edilmiştir (ETKB, 2014). Yerli ve yenilenebilir kaynakların üretimi de dikkate alındığında 2015 yılı enerji ithal bağımlılığının %76 olduğu belirtilmektedir (TP, 2017: 31).

Türkiye geçtiğimiz 10 yıl içerisinde, başarılı politik yaklaşımlar sayesinde ekonomik olarak hızlı bir büyüme kaydetmiştir. Bunun sonucu olarak sanayi gelişmiş ve refah seviyesi artmıştır. Önümüzdeki yıllarda da Türkiye'nin ekonomik kalkınma sürecinin devam edeceği öngörülmektedir. Yaşanan bu gelişmeler doğrultusunda enerji sektöründe de hızlı bir talep artışı olmuştur. ETKB'nın 2013 yılı verilerine göre, Türkiye OECD ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumundadır ve gelecek 10 yılda da enerji talebinin 2 katına çıkması öngörülmektedir (ETKB, 2014).

Mevcut gelişmeler ışığında, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, iki katına çıkacak olan enerji talep artışını sorunsuz karşılamak ve enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla yeni stratejiler belirlenmiştir. ETKB'nın 2015 yılı stratejisinde;

“Enerji arz güvenliği, alternatif enerji kaynakları, kaynak çeşitliliği, yerli kaynakların ekonomiye kazandırılması, sürdürülebilirlik, enerji piyasalarında serbestleşme ve enerji verimliliği başlıkları öne çıkmaktadır” (ETKB, 2014).

Bu başlıklar ışığında, Türkiye'nin gelecek 10 yıllık enerji strateji ve politikaları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (ETKB, 2014):

- “- Yerli kaynaklara öncelik vermek suretiyle kaynak çeşitliliği sağlamak,
- YE kaynaklarının enerji arzı içindeki payını arttırmak,
- Enerji verimliliğini artırmak,
- Serbest piyasa koşullarına tam işlerlik kazandırmak ve yatırım ortamının iyileşmesini sağlamak,
- Petrol ve doğal gaz alanlarında kaynak çeşitliliğini sağlamak ve ithalattan kaynaklanan riskleri azaltacak tedbirleri almak,
- Jeostratejik konumumuzu etkin kullanarak, enerji alanında bölgesel iş birliği süreçleri çerçevesinde Türkiye'yi enerji koridoru ve terminali haline getirmek,
- Enerji ve tabii kaynaklar alanlarındaki faaliyetlerin çevreye duyarlı halde yürütülmesini sağlamak,

- Doğal kaynakların ülke ekonomisine katkısını artırmak,
- Endüstriyel hammadde, metal ve metal dışı madenlerin üretimlerini arttırarak yurt içinde değerlendirilmesini sağlamak,
- Maliyet, zaman ve miktar yönlerinden enerjiyi tüketiciler için erişilebilir kılmak,
- Türkiye'nin daha şeffaf bir piyasaya kavuşması ve enerji terminali olabilmesi yolunda enerji borsası ve uluslararası piyasa entegrasyonu projelerinin hayata geçirilmesi,
- Nükleer enerjinin sisteme entegrasyonun sağlanması,
- Türkiye'nin enerji alanındaki dışa bağımlılığının azaltılarak enerji maliyetlerinin ülke ekonomisi içindeki payının düşürülmesi ve cari açığın azaltılmasıdır.”

Sıralanan bu amaçlar incelendiğinde; enerji talebini maksimum düzeyde, mevcut yerli kaynaklar ile karşılamak ve enerji konusunda dışa bağımlılığı azaltmak, enerji politikalarımızın önceliğini oluşturmaktadır.

4.2. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye'nin son yıllarda uyguladığı enerji politikalarına bakıldığında, enerjide dışa bağımlılığını azaltılması gayesi ile alternatif enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına büyük önem verildiği görülmektedir. Bu bağlamda, yatırımların özellikle alternatif enerji kaynaklarına yöneltilmesi konusunda uygulanan teşvik ve diğer desteklerle son yıllarda bu sektördeki yerli ve yabancı yatırımcı sayısı artmıştır. Alternatif enerji kaynakları denilince ise akla ilk olarak YE kaynakları gelmektedir.

“Hidroelektrik santraller, ısıtma amaçlı biyokütle, termal güneş ve jeotermal enerji kullanımı Türkiye’de enerji karmasına katkıda bulunan başlıca YE kaynakları olagelmiştir. Son yıllarda ise, jeotermal ve rüzgâr enerjisine dayalı elektrik üretimi gibi teknolojiler de Türkiye’nin enerji sektöründe etkili olmaya başlamıştır” (YEGM, 2014).

4.2.1. Yenilenebilir Enerji Düzenlemeleri

Türkiye'nin genel enerji profili göz önünde bulundurulduğunda YE kaynaklarının yeri ve önemi açık bir şekilde görülmektedir. Türkiye'nin YE kaynakları bakımından

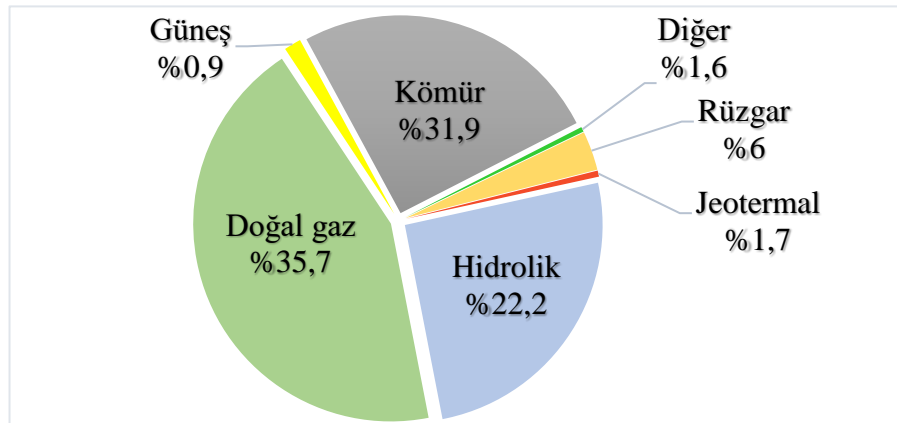
zengin olduğu gerçeği ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi hedefleri doğrultusunda, YE kaynaklarının azami düzeyde kullanımı enerji politikalarının içerisinde ilk sıralarda yer almaktadır.

Bilindiği gibi fosil kökenli enerji kaynakları Türkiye’de birincil enerji tüketiminin yaklaşık %90’ını oluşturmaktadır. YE kaynaklarının verimli ve sağlıklı bir biçimde değerlendirilmesi için gerekli strateji, plan ve politikaların önemi giderek artmakla birlikte Türkiye’de YE kaynaklarının kullanımı geçtiğimiz yıllarda oldukça düşük düzeylerde seyretmiştir. Bunun en önemli sebeplerinden biri, bu doğrultuda yapılan çalışmalarda sadece son 10 yıldır hızlı bir şekilde ilerleme kaydetmiş olmasıdır.

2005 yılı öncesine bakıldığında ise, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu” (YEK) çıkartılmasına kadar, bu alanda istenilen adımların yeterince atılmadığı ifade edilmektedir. 2005 yılında YEK kanununun yürürlüğe girmesinin ardından YE alanında önemli ilerlemeler kaydedilmeye başlanmıştır. 2010 yılından itibaren ise bu yönde atılan politik adımlar sonuç vermeye başlamış ve Türkiye’de yerli ve yabancı YE yatırımlarının sayısı artmıştır (YEGM, YEEP 2014).

4.2.2. Yenilenebilir Enerji Profili ve 2023 Hedefleri

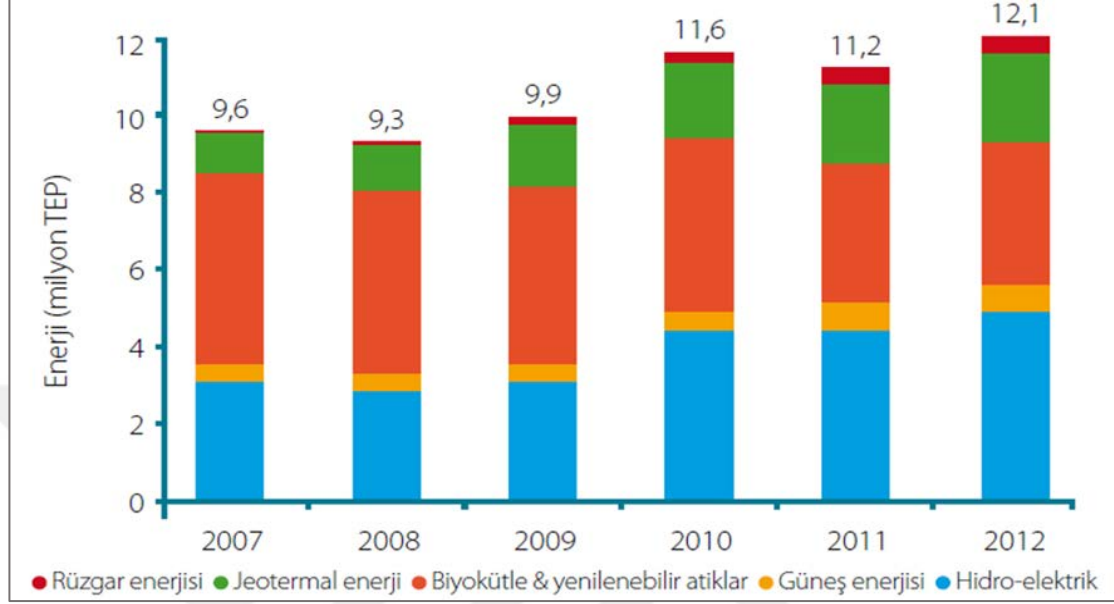
2017 yılı üçüncü çeyrek sonu verilerine göre Türkiye’de, YE kaynaklarına dayalı olarak üretilen elektrik enerjisi miktarı toplam elektrik üretiminin yaklaşık %31’lik bir kısmını oluşturmaktadır (Şekil 9) (ETKB, 2018: 23).



Kaynak: ETKB, 2018: 23

Şekil 9. 2017 Yılı Eylül Ayı Sonu İtibarı İle Kurulu Gücün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı

Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan YE kaynaklarının çeşitliliği incelendiğinde ise Türkiye'nin bu kaynaklar yönünden şanslı bir bölgede yer aldığı görülmektedir (Şekil 10).



Kaynak: YEGM, 2014: 9

Şekil 10. Elektrik Enerjisi Üretiminde Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı

Özellikle hidro-enerji, toplam elektrik enerjisi üretiminde en fazla kullanılan YE kaynaklarından biridir. 2020 yılına kadar, Türkiye'nin hidroenerji potansiyelinin yaklaşık %90'ının kullanılması amaçlanmıştır. Dünya'da enerji kaynaklarının büyük çoğunluğu elektrik üretimi ve sanayi alanında kullanılmaktadır. Türkiye'de elektrik tüketiminde 2013-2023 yılları arasında %72'lik bir artış yaşanması beklenmektedir. Elektrik üretiminde ilk sırada kullanılan birincil enerji kaynakları arasında önemli bir yeri olan ve %98,5'i yurtdışından ithal edilen doğal gazda dışarıya bağımlı olunması sebebiyle, ETKB'nin hedefleri arasında doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payının 2019 sonunda %38'e indirilmesi hedefi öncelik taşımaktadır. Bu hedefe ulaşmak amacıyla YE kaynaklarının maksimum düzeyde kullanılması amaçlanmıştır (YEGM, 2014).

Ayrıca, Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne aday ülke olması nedeniyle, AB tarafından 2009 yılında yayınlanan "Yenilenebilir Enerji Direktifi" inde belirtilen hedeflere uyum amacıyla "Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı" (YEPP) hazırlanmıştır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün (YEGM) yayınlamış olduğu bu plan ile birlikte, 2023 yılına

kadar olan dönemde enerji alanında sağlanacak gelişim detaylı olarak ortaya koyulmuştur.

“YEPP'nin amacı, 2023 yılına kadar olan dönemde, Türkiye’de YE’nin geliştirilmesini teşvik etmeye yönelik stratejileri oluşturmaktır” (YEGM, 2014).

Bu stratejiler ışığında YE kaynaklarının kullanımına yönelik amaçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir (YEGM, 2014):

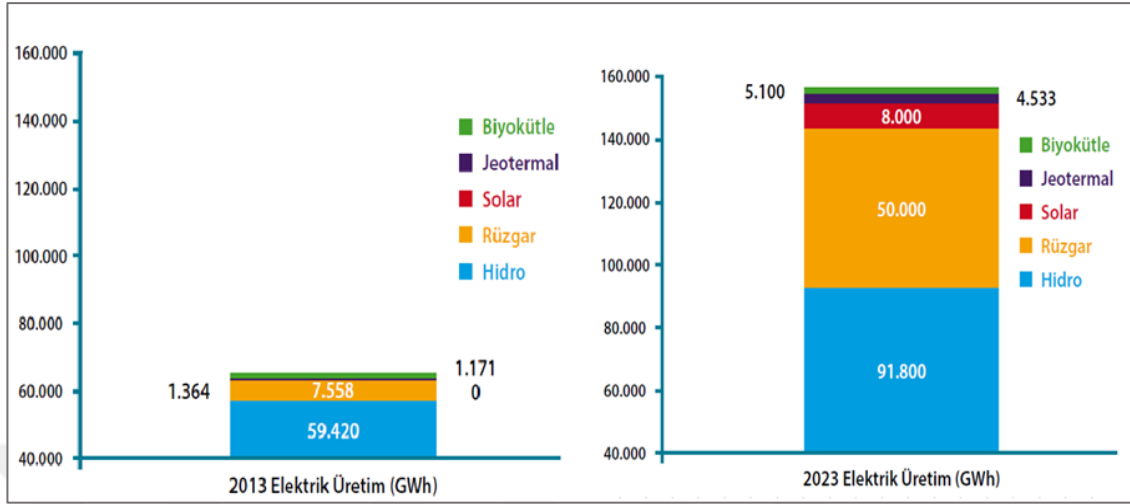
- Toplam elektrik enerjisi üretiminin %30’unun YE kaynaklarından karşılanması (2023 tahminleri, bu oranın %37 civarında olacağını öngörmektedir).
- Ulaştırma sektöründeki YE kullanımının %10’a çıkarılması.
- Tarım sektöründe biyoyakıt kullanımının maksimum düzeye çıkarılması.
- YE kullanımı için ihtiyaç duyulan teknoloji ile endüstriyel kalkınmaya katkıda bulunulması.
- YE kaynaklarının iklim değişikliğinin azaltılması amacıyla etkin bir şekilde kullanılmasının sağlanmasıdır.

Yukarıda sayılan amaçlar doğrultusunda, Türkiye’nin 2013 yılı YE kaynaklarından üretilen elektrik miktarı ile 2023 yılı üretim hedefleri Şekil 11’de gösterilmiştir. Şekle göre; YE kaynaklarına dayalı brüt elektrik üretiminin 2023 yılına kadar 159.433 GWh’e çıkarılması hedeflenmiştir. Bu miktar 2023 yılındaki tahmini toplam enerji tüketiminin yaklaşık %37’sini oluşturmaktadır. Kaynaklara göre yüzde artışın ise, hidroelektrikte %54, rüzgârda %562, jeotermalde %274 ve biyokütlede %287 oranında olması beklenmektedir (YEGM, 2014).

Bu hedeflere ulaşmaya yönelik adımlar ise;

- YE projelerine teşvik desteği sağlanması,
- Projelerin hayata geçirilmesi ile bu tesislerden üretilecek enerjiye sabit fiyat ile alım garantisi verilmesi,

- İlgili prosedürlerin yerli ve yabancı yatırımcılar için kolaylaştırılıp hızlandırılmasıdır (YEGM, 2014).

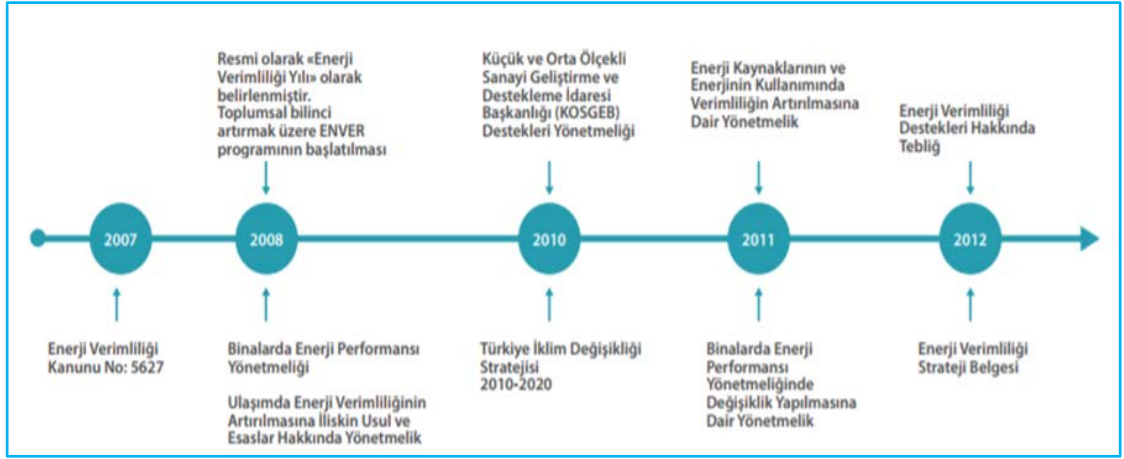


Kaynak: YEGM, 2014: 19

Şekil 11. YE Kaynaklarından Elektrik Üretimi: 2013 Verileri ve 2023 Hedefleri

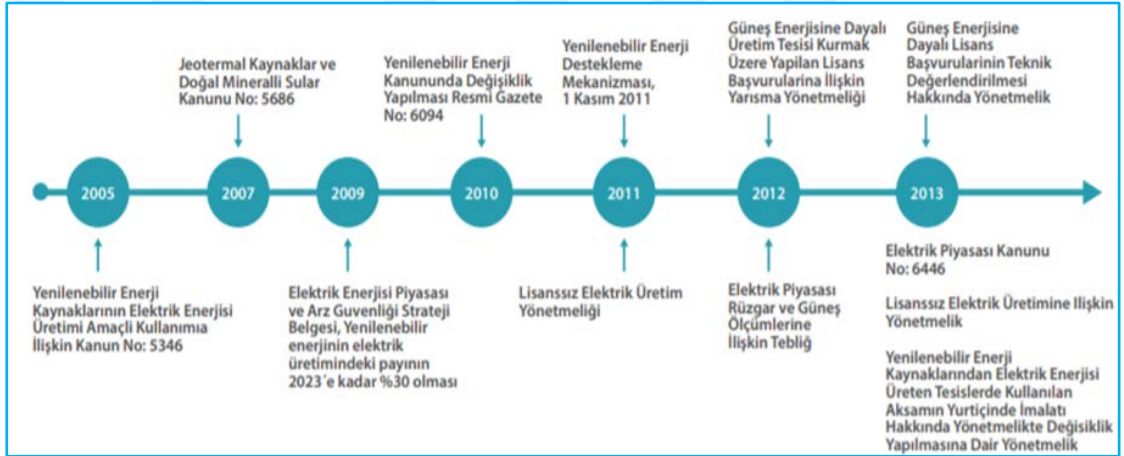
4.3. BİYOENERJİ POLİTİKALARI

Türkiye'nin temel enerji politikaları şeffaflık, güvenilirlik, yenilikçilik ve öncülük, iş birliği, etkinlik ve uyumluluk gibi temel değerlere ve ilkelere dayanmaktadır. Geçtiğimiz son on yılda, birincil enerji arzında büyük oranda dışa bağımlı olunması ve fosil kaynakların neden olduğu çevre kirliliği gibi sorunları azaltmak amacıyla Türkiye'de YE kaynaklarına yönelik politik çalışmalara daha fazla önem verilmeye başlamıştır. Özellikle, 2005 yılında yürürlüğe girmiş olan "5346 sayılı YE Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile birlikte YE kaynaklarına dayalı birincil enerji arzının artırılmasına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Türkiye'nin YE düzenlemelerinin ve politik gelişmeler Şekil 12 ve Şekil 13'de gösterilmiştir. 2005 ile 2010 yılları arasında YE kaynaklarına yönelik teşviklerin sınırlı olması sebebiyle 2010 yılında YEK'te yapılan birtakım iyileştirmeler bu tarihten itibaren YE sektörünü önemli ölçüde canlandırmıştır. Ayrıca, 2007 yılında çıkarılan "Enerji Verimliliği Kanunu" ile birlikte YE kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanımını artırma çalışmaları yapılmaya başlanmıştır (YEGM, 2014).



Kaynak: YEGM, 2014: 11

Şekil 12. Türkiye’de Enerji Düzenlemeleri 2007-2012



Kaynak: YEGM, 2014: 11

Şekil 13. Türkiye’de Enerji Düzenlemeleri 2005 -2013

Türkiye’de, BE kaynaklarına dayalı enerji arzını arttırmaya yönelik çalışmalar YEK Kanu’nun yürürlüğe girmesiyle birlikte hızla gelişmeye başlamıştır. Ayrıca 2009 yılında, fosil enerji kaynaklarının kullanımının olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla, “Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi” ne taraf olunmuş ve Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Özellikle çevre ve hava kirliliğinin bertaraf edilmesi amacıyla 2010 yılından itibaren, YE kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması, BE kaynaklarının kullanımının artırılması ve çevre dostu teknolojilerin kullanımını artırılması gibi bir dizi önlemler alınmaya başlanmıştır.

Alınan önlemler arasında, biyokütle kaynaklarının kullanımı konusunda, özellikle ulaştırma sektöründe, ciddi hedefler belirlenmiştir. Bu kapsamda biyodizel ve biyoetanol

gibi biyoyakıtların kullanımını teşvik etmek üzere, hibe ve proje destekleri, yerli hammaddeden üretilen biyoyakıtlara özel tüketim vergisi muafiyeti ve BE'ye dayalı elektrik üretiminde sabit fiyatlı alım garantisi sağlanmakta ve taşıtlarda kullanılan yakıtları, biyoyakıtlara harmanlama zorunlulukları da getirilmiştir. Ayrıca enerji bitkileri yetiştiricilerine Tarımsal Destekleme ve Yönlendirme Kurulu tarafından prim destekleri verilmektedir (T.C. Resmî Gazete, 2011: 28097).

Türkiye'de, doğrudan BE'ye ilişkin belirli bir yasal çerçeve bulunmamakla birlikte, "Çevre Kanunu" başta olmak üzere, içeriğinde BE ile alakalı yönergeler bulunan kanunlar, tebliğler, yönetmelikler, biyokütle santrallerine yönelik ikincil mevzuatlar, EPDK kurul kararları ve ETKB duyuruları genel BE mevzuatlarını oluşturmaktadır. (Deloitte, 2014). Resmî gazetede yayınlanmış olan, bu kanunlar ve tebliğler Tablo 18'de detaylı olarak gösterilmiştir.

Tablo 18. Türkiye’de Başlıca Biyoenerji Düzenlemeleri

Kanun/ Yönetmelik/ Tebliğ	Kanun No	Resmi Gazete		BE'ye İlişkin Kapsam
		Tarih	Sayı	
Özel Tüketim Vergisi Kanunu	4760	6.06.2002	4760	Türkiye’de üretilen tarım ürünlerinden elde edilen biyodizele ve biyoetanole uygulanan ÖTV oranları.
Petrol Piyasası Kanunu	5015	20.12.2003	25322	Akaryakıtla harmanlanan biyoürünler.
Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriterler Hakkında Yönetmelik	-	10.09.2004	25579	Petrol piyasasına ilişkin faaliyetler kapsamındaki tesislerin ve piyasaya sunulan petrol ve madeni yağın teknik düzenlemelere ve standartlara uygunluğu ile ilgili usul ve esaslar (akaryakıtla harmanlanan etanol, biyodizel vb.).
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanıma İlişkin Kanun	5346	18.05.2005	25819	BE kaynaklarından elektrik enerjisi üretimine ilişkin belgelendirme, usul ve esaslar.
Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik	-	4.10.2005	25956	BE kaynaklarından üretim yapan üretim lisansı sahibi tüzel kişilere YEK Belgesi verilmesine ilişkin usul ve esaslar.
- Otobiodizelin Üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği - Yakıtbiodizelin Üretimi, Yurtdışı ve Yurtiçi Kaynaklardan Temini ve Piyasaya Arzına İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği*Değişiklik 04.02.2015 R.G. Sayı 29257	-	5.01.2006	26044	Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen veya dolaşımda bulunan otobiodizel ve yakıt biodizelin standartları.
Petrol Piyasasında Ulusal Marker Uygulamasına İlişkin Yönetmelik	-	12.04.2006	26137	Yurt içinde pazarlanacak akaryakıtta (biyodizel) ulusal marker eklenmesine ilişkin usul ve esaslar.
Benzin Türlerine Harmanlama Amaçlı Yakıt Biyoetanolinin Piyasaya Arzı Hakkında Tebliğ’	-	5.09.2006	26280	Benzin türlerine harmanlanacak yakıt biyoetanolinin, piyasaya arzına ilişkin usul ve esasları.
Enerjinin Verimliliği Kanunu	5627	2.05.2007	26510	Enerji verimliliğinin artırılması amacıyla biyoyakıt kullanımının özendirilmesine ilişkin usul ve esaslar.
Motorin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği *Değişiklik 27/9/2011 R.G.Sayı: 28067	-	7.08.2009	27312	Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin ve benzin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) ve etanol içeriğinin oranları.
Otobiodizele İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği	-	21.11.2009	27413	Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen veya dolaşımda bulunan otobiodizelin standartları.
Biyogüvenlik Kanunu	5977	26.03.2010	27533	Modern biyoteknoloji kullanımının denetlenmesi, düzenlenmesi ve izlenmesine ilişkin usul ve esaslar.
Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik	-	26.03.2010	27533	Düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilecek biyobozunur atıkların azaltılması sürecine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel kurallar.
Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik	-	27.10.2011	28097	Yerli tarım ürünlerinden elde edilen biyokütle kaynaklarının, enerji ve biyoyakıt üretiminde kullanımının özendirilmesine yönelik proje desteklerine ve idari yaptırımlara ilişkin usul ve esaslar.
Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği	-	6.06.2015	29378	Bitkisel atık yağlardan biyodizel üretimi yapacak tesisler için uygulanan esaslar.
Mekanik Ayırma, Biyokurutma Ve Biyometanizasyon Tesisleri İle Fermente Ürün Yönetimi Tebliği	-	10.10.2015	29498	Biyobozunur atıkların bertaraf edilmesi, depolanması ve dönüştürülmesine ilişkin usul ve esaslar.
Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Tarıma Dayalı Yatırımların Desteklenmesi Hakkında Tebliğ *Değişiklik 11.11.2017 R.G. Sayı 30237	-	21.10.2016	29864	Biyogazdan ısı ve/veya elektrik üreten tesislere hibe desteği verilmesi.
Motorin Türlerine Biodizel Harmanlanması Hakkında Tebliğ	-	16.06.2017	30098	Motorin türlerine yerli tarım ürünlerinden ve/veya bitkisel atık yağdan elde edilen biodizelin harmanlanmasına ilişkin usul ve esaslar.

Kaynak: T.C. Resmî Gazete, <http://www.resmigazete.gov.tr/default.aspx>, (E.T. 01.12.2007) verileri kullanılarak hazırlanmıştır.

4.4. BİYOENERJİ POTANSİYELİ

Biyokütle enerjisine yönelik talebin arttığı son yıllarda, Türkiye’de de bu konuda yapılan çalışmalar hız kazanmış ve YE karmasında biyokütleyle dayalı enerji üretim oranını arttırmaya yönelik hedefler ortaya konulmuştur. Gerek enerji bitkilerinin üretilmesi için elverişli iklim koşullarına ve verimli topraklara sahip olması ve gerekse âtıl durumdaki büyük biyokütle potansiyelinden dolayı Türkiye, BE kaynakları bakımından zengin ülkeler arasında yer almaktadır (Kaygusuz ve Türker, 2002).

Türkiye’nin biyokütle kaynakları; bitkisel biyokütle kaynakları, hayvansal biyokütle kaynakları, ormansal biyokütle kaynakları ve kentsel atıklar olmak üzere dört ana grupta incelenebilir (YEGM, 2017). Türkiye Biyokütle Enerji Potansiyeli Atlası (BEPA)’nın verilerine göre; BE potansiyelinin önemli bir bölümü sırasıyla bitkisel atıklara, kentsel atıklara, hayvansal atıklara ve ormansal atıklara dayanmaktadır. Bu biyokütle kaynaklarının yıllık toplam miktarı 295.880.737 ton ve bu potansiyelin tamamının kullanılması halinde üretilebilecek yıllık toplam enerji eşdeğeri ise 44.228.796 TEP olarak hesaplanmıştır (Tablo 19) (BEPA, 2017).

Biyokütle enerjisi, dünya enerji kaynakları arasında %10’luk bir paya sahiptir. Ancak bu miktarın önemli bir kısmı, özellikle gelişmekte olan ülkelerde doğrudan, klasik yöntemlerle yakılarak ısınma amacıyla kullanılmaktadır. Türkiye’de de aynı şekilde elde edilen biyokütle kaynaklarının çok büyük bir kısmı, özellikle kırsal kesimlerde yakacak, ısınma ve yemek pişirme ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla verimsiz bir şekilde tüketilmektedir. BE kaynaklarından daha verimli bir şekilde faydalanmak amacıyla, YEPP’de belirtilen hedefler arasında, biyokütleyle dayalı elektrik üretimi için, mevcut kurulu güç üretim kapasitesini 1.000 MW (4.533 GWh)’e çıkarmak bulunmaktadır (YEPP, 2014: 51).

Tablo 19. Türkiye'nin Biyokütle Kaynakları ve Yıllık Potansiyeli

Biyokütle Kaynakları		Atık Miktarı (ton/yıl)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Bitkisel Biyokütle	Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçek, soya vb.)	96.451.594	39.877.285
	Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı vb.)		
	Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, vb.)		
	Protein bitkileri (bezelye, fasulye vb.)		
	Bitkisel ve tarımsal artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, vb.)		
Ormansal Biyokütle	Odun ve orman atıkları (enerji ormanları ve enerji bitkileri, çeşitli ağaçlar)	4.800.000	859.899
Hayvansal Biyokütle	Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar.	163.297.307	1.176.198
Kentsel Atıklar	Kanalizasyon ve dip çamurları, kâğıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, endüstriyel ve evsel atık sular, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıkları.	31.331.836	2.315.414
Toplam		295.880.737	44.228.796

Kaynak: BEPA, <http://bepa.yegm.gov.tr/>, (E.T. 10.01.2018) verilerine dayanarak oluşturulmuştur.

4.4.1. Bitkisel Atıklar

Bitkisel atıklar; tarımsal ürünlerin hasat edilmesi ve işlenmesi sonrası, tarlalarda ya da ürün işleme fabrikalarında geride kalan yan ürünler ile enerji bitkilerinden oluşmaktadır (Toklu, 2017; FAO, 2016). Bitkisel atıkların gerçek potansiyelinin belirlenebilmesi için önemli olan husus, BE üretimi için kullanılacak bu kaynaklara erişim imkanlarının durumudur. Örneğin, hasat sonrası ürün atıklarının tarlalarda yığın (toplanmış, balyalanmış, istiflenmiş vb.) halinde ya da dağınık (yayılmış) halde bulunması, bu ürünlerin toplanarak enerji üretim tesislerine transfer edilebilmesini ve enerji yakıtlarına yahut çeşitli BE formlarına çevrilebilmesini etkileyen en önemli

faktörlerdir. Kırsal kesimlerde, ürün artıkları, hasattan sonra genellikle toplanmaz ve tarlalarda yaygın halde bırakılırlar. Bu atıklar birçok bölgede, toprağı gelecek ekim sezonuna hazır etmek amacıyla tarlalarda yakılırlar. Bazı durumlarda ise, özellikle hayvancılığın yapıldığı bölgelerde bu atıklar hayvan yemi olarak ve ısınma gibi diğer bazı ihtiyaçları karşılamak amacıyla da kullanılır (FAO, 2016).

Tarlalarda dağınık halde kalan bu tür tarım atıklarına *birincil atıklar* denir ve bu atıklara erişimin, toplanmasının ve nakliyesinin zor olması, BE üretimi amacıyla kullanımlarını daha pahalı bir hale getirmektedir. *İkincil atıklar* olarak nitelendirilen, fabrikalarda bitkisel üretim ve paketlenme işlemlerinden sonra geride kalan atıklar ise, erişimi ve BE tesislerine daha kolay nakledilebilir olmaları sebebiyle, BE daha ekonomik olarak görülmektedir (FAO, 2016: 16). Ancak, ne var ki, tarlalarda yaygın halde bulunan birincil bitkisel atıkların enerji potansiyeli ikincil atıklara göre çok daha fazladır. Teknolojinin kullanılabilirliğine bağlı olarak hasat sırasında birincil atıkların balyalaması ve istiflenmesi son yıllarda nispeten kolaylaşmış olsa da bazı ürünlerin hasatları için bu imkân henüz mevcut değildir.

Türkiye’de BE üretimi için kullanılacak en elverişli hasat atıkları, yıllık üretim miktarları, tarlalarda ne şekilde buldukları ve toplam ısı değerlerine dair bilgiler Tablo 20’de verilmiştir. Tabloya göre; pamuk bitkisinin hasadı sonrasında, BE olarak kullanım değeri oldukça yüksek olan çok miktarda pamuk sapının tarlalarda dağınık halde bırakıldığı görülmektedir. Aynı şekilde mısır sapı, ayçiçeği sapı ve pirinç sapı tarlalarda dağınık halde bırakıldıkları için BE üretiminde kullanım oranları düşüktür (FAO, 2016: 28).

Tablo 20. BE Üretiminde Kullanılabilecek Tarımsal Atıkların Potansiyeli

Atık Türü	Tarlada Bulunma Şekli	Erişilebilir Üretim Miktarı (ton/yıl)	Birim Isıl Değeri (MJ/kg)	Toplam Isıl Değeri (GWh)
Ayçiçeği Kafası	Yığın	1.675.410	14,50	6.753
Mısır Koçanı	Yığın	898.695	17,70	4.422
Mısır Yaprağı	Yığın	249.638	17,40	1.207
Pirinç Yaprağı	Yığın	219.439	13,50	823

Tablo 20. (devam)

Fındık Yaprağı	Yığın	169.664	17,00	802
Fındık Kabuğu	Yığın	50.369	19,90	279
Antep Fıstığı Kabuğu	Yığın	49.322	17,70	243
Badem Kabuğu	Yığın	30.854	17,00	146
Yerfıstığı Yaprağı	Yığın	10.909	18,60	56
Pamuk Sapı	Dağınık	12.547.122	18,10	63.129
Mısır Sapı	Dağınık	7.039.781	16,40	32.093
Ayçiçeği Sapı	Dağınık	1.847.984	13,60	6.986
Pirinç Sapı	Dağınık	877.756	14,90	3.636
Soya Sapı	Dağınık	83.195	16,70	386
Tütün Sapı	Dağınık	76.655	16,20	345
Soya Yaprağı	Dağınık	13.050	15,50	56
Toplam				121.362

Kaynak: FAO, 2016: 28

*Toplam Isıl Değeri; FAO, Tarım ve Hayvancılık Artıklarından Türkiye İçin Sürdürülebilir Biyoenerji Seçenekleri Değerlendirme Raporu 2016, <http://www.fao.org/3/a-i6480e.pdf>, (E.T. 02.09.2017) verilerine göre hesaplanmıştır.

Türkiye’de üretilen tarımsal ürün atıklarından olan, ayçiçeği kafası, mısır koçanı, mısır kabuğu, pirinç kabuğu ve fındık kabuğu gibi ürün artıklarının her biri, yıllık 100.000 tonluk bir üretim kapasitesine sahiptir ve bu ürünlerin en çok yetiştirildiği iller, Edirne, Konya, Adana, Tekirdağ ve Kırklareli’dir (FAO, 2016). Bitkisel atıkların Türkiye’de, bölgelere ve illere göre üretim miktarları ve bu ürünlerin tarlalarda ne şekilde bırakıldıklarına (yığın/dağınık) dair bilgiler Tablo 21 ve Tablo 22’de gösterilmiştir (EK 1, EK 2). Verilere göre, pamuk sapı, mısır sapı ve ayçiçeği sapı yılda 1,8 milyon ton üretim miktarına sahiptir, ancak tarlalarda dağınık halde bulunmaları sebebiyle BE kaynağı olarak kullanımları, özellikle doğu bölgelerinde, yüksek nakliye maliyetlerinden ötürü tercih edilmemektedir. Mısır ve pamuk sapı üretim kapasitesi bakımından ön sırada yer alan iller; Diyarbakır, Hatay, Adana ve Aydın’dır. Doğu illerinin birçoğunda yıllık yaklaşık 35 ton bitkisel atık üretilirken; Ege, Akdeniz, Orta ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde bu üretim daha yüksek miktarlarda gerçekleşmektedir. Ege ve Akdeniz bölgesinde yıllık 700 tondan fazla badem kabuğu üretilmektedir (FAO, 2016: 31-34).

Tablo 21. Tarlalarda Yığın Halde Bırakılan Atıkların Üretim Miktarları

Bölge	Yığın Haldeki Bırakılan Atıklar	İl	Üretim Miktarı (ton/yıl)
Ege	Mısır Koçanı	Manisa	52.046
	Ayçiçeği Kafası	Denizli	42.607
Karadeniz	Fındık Kabuğu	Ordu	41.611
	Ayçiçeği Kafası	Çorum	40.279
Güneydoğu & Doğu Anadolu	Mısır Koçanı	Şanlıurfa	99.039
	Mısır Kabuğu	Şanlıurfa	27.510
Marmara	Ayçiçeği Kafası	Edirne	276.011
	Pirinç Kabuğu	Edirne	88.946
Akdeniz	Mısır Koçanı	Adana	148.042
	Ayçiçeği Kafası	Adana	112.129

Kaynak: FAO, 2016: 31-32

Tablo 22. Tarlalarda Dağınık Halde Bırakılan Atıkların Üretim Miktarları

Bölge	Yığın Haldeki Atıklar	İl	Üretim Miktarı (ton/yıl)
Ege	Pamuk Sapı	Aydın	1.423.918
	Mısır Sapı	Manisa	407.695
Karadeniz	Mısır Sapı	Samsun	137.078
	Pirinç Sapı	Samsun	120.007
Güneydoğu & Doğu Anadolu	Pamuk Sapı	Şanlıurfa	5.123.235
	Mısır Sapı	Şanlıurfa	777.810
Marmara	Mısır Sapı	Sakarya	461.601
	Pirinç Sapı	Edirne	355.785
Akdeniz	Pamuk Sapı	Adana	1.306.512
	Mısır Sapı	Adana	159.669

Kaynak: FAO, 2016: 34

Diyarbakır'da 1.169 ton ve Elazığ'da ise yıllık 708 ton badem kabuğu üretim kapasitesi bulunmaktadır. Ayrıca antepfıstığının üretim merkezi olan Güneydoğu Anadolu bölgesinde, Gaziantep, Şanlıurfa ve Siirt illerinde yılda 1.000 tondan fazla antep fıstığı kabuğu üretimi gerçekleştirilmektedir. Pamuk sapı üretimi ise genellikle Türkiye'nin güney bölgelerinde gerçekleştirilmektedir. Türkiye'nin merkezinde üretilen bitkisel atıkların %80'inden fazlasını ise ayçiçeği sapı oluşturmaktadır (FAO, 2016: 31-34).

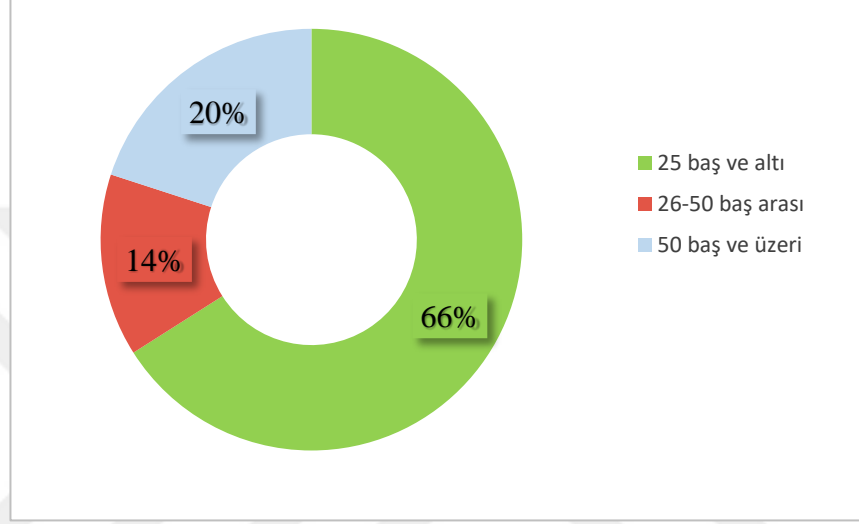
Türkiye'nin bitkisel atık potansiyeline dair veriler göz önünde bulundurulduğunda, doğu illerinde üretilen potansiyel biyokütle miktarının, batı illerinde üretilen biyokütle miktarından daha fazla olmasına rağmen, bu kaynaklardan BE üretiminde faydalanma oranının çok daha düşük olduğu görülmektedir. Yani, bir ülkenin BE kaynak potansiyelinin miktarı, o ülkenin bu kaynaktan aynı oranda faydalanabileceğinin bir göstergesi olduğu söylenememektedir. Bu kaynaklara erişim, BE üretim miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. BE kaynaklarına ulaşılabilirliği etkileyen faktörlerden bazıları; kaynakların bulunduğu lokasyonlar, bu kaynakları tarlalardan toplayabilecek tarımsal aletlerin kullanımı ve nakliye koşullarıdır. Türkiye'de yeni bitkisel biyokütle kaynağı arayışına girmeden evvel, mevcut biyokütle kaynaklarına erişimin kolaylaştırılması ve tarımla uğraşan kesimin BE konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir (Bilgen, 2015).

4.4.2. Hayvansal Atıklar

Hayvansal biyokütle atıkları, hayvan dışkılarının ve insan gıdası olarak kullanılmayan hayvansal atıkların işlenmesi sonrası oluşan atıklardan oluşmaktadır. Türkiye'de hayvan yetiştiriciliğinin, genellikle küçük ölçekli ve aile işletmelerinde gerçekleştirilmesi sebebiyle, rakamsal olarak kesin veriler sağlanamasa da hayvancılığın geleneksel olarak yapılan önemli ve yaygın bir sektör olduğu bilinmektedir. Kırsal kesimde hane halkının geçimine büyük katkısı olan hayvancılık, doğu bölgelerinde genellikle küçük işletmelerde (aile işletmeleri vd.) batı bölgelerinde ise, özellikle son yıllarda verilen teşvik ve destekler sayesinde büyük işletmelerce yapılmaktadır (TİGEM, 2013; Karagöz, 2009).

Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği genellikle; et, süt ve deri üretimi amacıyla, buldukları bölgelerin iklim koşullarına yüksek uyum sağlayabilen, ancak düşük verimliliği olan hayvan ırkları ile gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de, melez sığır, yerli

sığır, kültür sığırı ve manda olmak üzere dört tür büyükbaş hayvan üretimi yaygındır. Son yıllarda hayvancılık sektörüne yapılan yatırımlar ve devlet teşvikleri büyükbaş hayvan popülasyonunu arttırmıştır. Süt inekçiliği ise geçtiğimiz son 10 yılda %45’lik bir artışla en fazla yetiştirilen tür olmuştur. Türkiye’de, hayvan yetiştiriciliği yapan işletmelerin yalnızca %30’unda, 50 baş ve üzerinde büyükbaş hayvan bulunmaktadır (Şekil 14) (FAO, 2016; TİGEM, 2013).



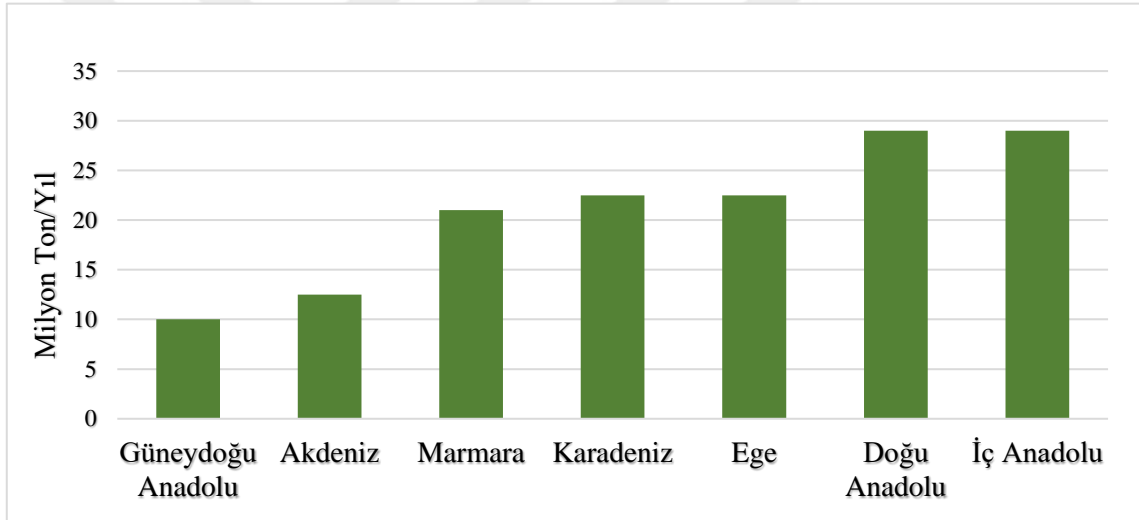
Kaynak: FAO, 2016: 45

Şekil 14. Büyükbaş Hayvan Sayısı Bazında İşletmelerin Dağılımı

Büyükbaş hayvan yetiştiricilerinin yoğun olduğu iller; Konya, Kırşehir, Bursa, Ankara, Gaziantep, Kırıkkale ve Kırklareli olmak üzere 7 ilden oluşmakta ve bu illerden sadece Konya ilinde, işletmelerin %50’sinden fazlası 50 baştan fazla büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Bu nedenle, bu illerde büyükbaş hayvan gübresine erişiminin, toplanmasının ve BE’ye dönüştürülme potansiyelinden daha yüksek olduğu belirtilmektedir (BEPA, 2017).

Hayvan yetiştiriciliğinin yaygın olduğu Türkiye’de oldukça büyük potansiyeli olan sığır gübresi, önemli bir biyokütle kaynağıdır ve aynı zamanda organik gübre olarak toprağın verimini arttırmak için de kullanılmaktadır. Türkiye’de bazı bölgelerde sığır gübresi kalıplarda kurutularak katı yakıt olarak da kullanılmaktadır. Bu nedenle, bitkisel atıklarda olduğu gibi, BE üretimi için kullanılacak hayvansal atıkların miktarı da bu atıkların mevcut kullanım alanları ve erişilebilirlikleri ile doğrudan bağlantılıdır (Toklu, 2017). TÜİK 2016 yılı verilerine göre Türkiye’de toplam 14.222.228 adet büyükbaş

hayvan (sığır cinsi ve manda) bulunmaktadır. Üretilen büyükbaş hayvan gübresinin, işletme büyüklüklerine ve bölgelere göre üretim miktarlarının dağılımı EK 3’de gösterilmiştir. ETBK’nın belirlemiş olduğu, 1 adet büyükbaş hayvandan yılda 3,6 ton yaş gübre elde edilebileceği varsayımıyla toplam yaş gübre üretim miktarının yıllık 51.200.020 ton olması gerektiği hesaplanmıştır. Bölgeler bazında gübre üretimine bakıldığında; Doğu ve İç Anadolu Bölgeleri ilk sırada yer almaktadır. Ege, Karadeniz ve Marmara bölgesinde de gübre üretim miktarları oldukça yüksektir (Şekil 15). Gübre üretim miktarlarına il bazında bakıldığında ise; en yüksek üretim Konya’da gerçekleşirken, Balıkesir, Erzurum ve İzmir illeri de üretim miktarları yüksek olan illerdir. Konya, Balıkesir, Erzurum, İzmir ve Kars yaklaşık 4’er milyon tonluk gübre üretimiyle sığır ve manda yetiştiriciliğinde en büyük potansiyele sahip şehirlerdir (FAO,2016: 41).



Kaynak: FAO, 2016: 41

Şekil 15. Bölgelere Göre Büyükbaş Hayvan Gübresi Üretimi

Türkiye’nin doğusu ile batısı arasında, hayvansal atıkların BE kaynağı olarak kullanılabilmesi açısından farklılıklar söz konusudur. Örneğin, ülkenin batısında yetiştirilen hayvan sayısı daha az olmasına rağmen; BE kaynağı olarak kullanabilecek gübre miktarının doğu illerine göre daha fazla olması, batı illerinde hayvansal atıklara erişim ve nakliyenin daha kolay yapılıyor olmasından ve ayrıca hayvan yetiştiriciliği konusunda daha modern çiftlikler ve teknolojilerin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Canlı hayvan yetiştiriciliği sistemlerine ilave olarak, çiftliklerde yetiştirilen hayvan sayısı da erişilebilecek olan hayvan gübresi miktarını etkileyen önemli faktörlerden biridir.

Daha fazla sayıda hayvan yetiştirilen çiftliklerden toplanan ve BE kaynağı olarak kullanılabilen gübre miktarı da daha fazla olmakta ve bu durum aynı bölgeden daha fazla gübre toplanmasını sağlamaktadır. Buna karşın, küçük çiftliklerden daha az ve daha düşük kalitede gübre toplanır ve büyük çiftliklerden toplanan gübre miktarına ulaşılması için daha çok sayıda küçük çiftliklere ulaşılması gerekmektedir (DBFZ, 2011: 24).

Büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yanında, geçtiğimiz yıllarda tüketim oranı ve ihracat oranı hızla yükselmekte olan kümes hayvancılığı da Türkiye’de en güçlü ve en gelişmiş gıda sektörlerinden biri haline gelmiştir. Yumurta tavuğu sayısı, et tavuğu sayısına oranla düşük olsa da; son 10 yılda istikrarlı bir artış göstermiştir. 2016 yılı TÜİK verilerine göre, Türkiye’nin toplam tavuk nüfusu 329.011.317 olup, bunun 108.689.236 adeti yumurta tavuğundan ve 220.322.081 adeti ise et tavuğundan oluşmaktadır (TÜİK, 2016b).

Türkiye’de tavuk yetiştiriciliği, genellikle ülkenin batı bölgelerinde yapılmaktadır. Ege, Marmara ve Karadeniz bölgeleri, tavuk nüfusunun en yoğun olduğu bölgelerdir. (BEPA, 2017). Türkiye’nin doğu bölgelerinde, tavuk sayısı daha düşük olmasına rağmen; bu bölgelerde yetiştirilen yumurta tavuğu sayısının, et tavuğu sayısına oranı batı bölgelerine kıyasla daha yüksektir. Diğer bir deyişle batı bölgelerinde, et tavuğu yetiştirme oranı, yumurta tavuğu yetiştirme oranına göre daha yüksektir. Örneğin, tavuk nüfusunun en yüksek olduğu Ege bölgesinde yetiştirilen tavukların %60’ını et tavuğu oluştururken, tavuk nüfusunun düşük olduğu Doğu Anadolu bölgesinde yumurta tavuğu yetiştirme oranı %78’dir (DBFZ, 2011). Bu durum, biyogaz üretimi için kullanılacak olan tavuk gübresi potansiyelini önemli ölçüde etkilemektedir. Çünkü, yumurta tavuklarının gübresi sık aralıklarla temizlenip, uygun havuzlarda depolanabilirken, et tavuklarının gübresi ise, genellikle kesim zamanları geldiğinde toplanmakta ve bu gübreye, hayvan altlığı olarak kullanılan saman, toprak vb. diğer atıklar da karışmaktadır. Bu sebeple et tavuğu gübresi, biyogaz üretimi için verimli bir atık olmamaktadır (DBFZ, 2011). ETKB’ya göre 1 adet tavuktan yılda yaklaşık 0,022 ton yaş gübre elde edilmektedir (etkb.gov.tr). TÜİK’ten elde edilen toplam tavuk sayısı da dikkate alınarak yapılan hesaplamalara göre; Türkiye’de yıllık yaklaşık 7,2 milyon ton yaş tavuk gübresi üretilmektedir. Biyogaz üretiminde daha verimli olduğu kabul edilen yumurta tavuğu gübresinin üretim potansiyelinin ise yıllık yaklaşık 2,4 ton olduğu hesaplanmıştır.

İl bazında tavuk gübresi üretimine bakıldığında ise; Manisa, Balıkesir, Bolu, Afyon ve Sakarya illerinin ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir (EK 4). Bu illerde yıllık 600.000 tondan fazla tavuk gübresi üretilmektedir. Manisa ili ise, yıllık 1 milyon ton tavuk gübresi üretimi ile ilk sırada yer almaktadır. Yumurta tavuğu ve et tavuğu gübre üretim miktarları ayrı ayrı incelendiğinde ise yıllık yumurta tavuğu gübresi üretim miktarları 20.000 tondan fazla olan iller Afyon, Konya, Manisa, Balıkesir ve İzmir iken, et tavuğu gübresi üretiminde yıllık 340.000 tondan fazla üretimle Bolu, Manisa, Balıkesir, Sakarya ve İzmir illeri ilk sıralarda bulunmaktadır (FAO, 2016: 43).

4.4.3. Ormansal Atıklar

Dünya nüfusunun hızla artması, sanayileşme, hava kirliliği gibi faktörler diğer tüm doğal kaynaklarda olduğu gibi ormanlar üzerinde de ciddi baskılar oluşturmaktadır. Geçmişten günümüze kadar tüm medeniyetlerin, gıda, barınak, yakıt, temiz hava, ilaç ve su gibi en temel ihtiyacını karşılayan, bunlara ilaveten biyoçeşitlilik, erozyonu önleme, toprak verimliliğini koruma ve su üretimi gibi önemli fonksiyonları da bulunan ormanlar, küresel BE arzına en yüksek katkıyı sağlayan enerji kaynaklarıdır. Ormanlardan verimli ve sürekli bir fayda elde etmek, öncelikle ormanların mevcut varlığı, biyolojik çeşitliliği, yapısı ve potansiyelinin detaylı bir şekilde ortaya koyulması ile mümkün kılınabilir (Acaroğlu ve Aydoğan, 2012).

Türkiye’de, ormanların çok büyük kısmı devlet tasarrufu altında olup, “Orman Genel Müdürlüğü” (OGM) tarafından idare edilmektedir. Türkiye’nin orman varlığına yönelik ilk çalışmalar 1963 yılında başlamıştır. OGM’nin verilerine göre 1973 yılında Türkiye’nin ormanlık alanı 20,2 milyon hektar olduğu açıklanmıştır. 2008-2012 yıllarında “Orman ve Su İşleri Bakanlığı” tarafından “Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı” yürürlüğe konulmuş ve sonucunda Trakya bölgesinin yüzölçümü kadar bir alanda rehabilitasyon ve ormanlaştırma çalışmaları yapılmaya başlamıştır. Sürdürülen bu çalışmaların sonucunda, 2015 yılı verilerine bakıldığında Türkiye ormanlık alanlarının toplamının yaklaşık 22,3 milyon hektara ulaştığı görülmektedir. Bu alan ülkenin toplam yüzey alanının %28,6’sını kaplamaktadır (EK 5) (OGM, 2015).

Türkiye’de ormanlık alanların %33’ünü, meşe, gürgen, kestane, kızılâğaç gibi yapraklı ağaçlar, %28’ini sedir, kızılçam, sarıçam, ladin, karaçam, göknar (köknar) gibi iğneli (ibrelî) yapraklı ağaçlar, geri kalan %19’luk kısmını ise hem ibre hem yaprak karışık ağaçlar oluşturmaktadır (OGM, 2015).

Günümüzde, ormanlardan elde edilebilecek biyokütle kaynakları ise, küresel enerji talebini sürdürülebilir bir şekilde karşılayabilecek önemli bir enerji taşıyıcısı durumundadır. Dünyada, orman sanayii faaliyetlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan, talaş, toz ve yonga gibi yan ürünlerin %75’lik bir kısmı BE kaynağı olarak kullanılmakta ya da kullanılma potansiyeli barındırmaktadır. Bu miktarın içerisinde, geleneksel ormancılık yöntemleriyle ağaçların kesilmesi ve işlenmesi sonrası geride kalan ağaç ve tomruk artıkları bulunmamaktadır (Parikka, 2003).

Doğal orman atıklarının, kerestecilik ve mobilyacılık gibi odun işleme iş kollarının atıklarının yoğun olduğu Türkiye’de de hem potansiyeli hem de ekonomiye sağlayacağı katkılardan dolayı orman kaynaklı biyokütlenin önemi oldukça büyüktür. Örneğin kâğıt ve kereste üretim tesislerinde ihtiyaç duyulan enerjinin yaklaşık %60’lık bir kısmı odun ve odun artıklarının yakılmasıyla elde edilir (Bilgili vd., 2017). Doğal gaz erişiminin olmadığı kırsal kesimlerde ormansal biyokütle kaynakları, hane halkı düzeyinde pişirme ve ısınma amaçlı kullanılırken, büyük sanayi tesislerinde elektrik enerjisi üretiminde doğrudan yakılarak kullanılmaktadır. Elektrik üretim santrallerinde, yanmayla oluşan buhar basıncı, bu tesislerde bulunan tribünlerin dönmesini ve jeneratörün çalışmasını ve elektrik üretmesini sağlar. Ancak biyokütle kaynaklarının doğrudan yakılmasıyla ortaya çıkan büyük miktarlardaki kül ve karbondioksit BE kaynakların etkin kullanılmasını kısıtlamakta ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Enerji kaynağı olarak, orman kökenli biyokütle kaynaklarının kullanılmasının en önemli sebeplerinden birisi de ormanlar tarafından üretilen oksijen miktarı ve havadan tutulan karbondioksit miktarıdır. Türkiye’de 2015 yılı verilerine göre, yaklaşık 1,9 milyar ton karbon ormanlar tarafından tutulmuş ve buna karşın 42 milyon ton oksijen üretilmiştir (OGM, 2015).

Orman kökenli biyokütle kaynaklarının verimli bir şekilde ve çevreye zarar vermeden kullanılmasını sağlamak, ancak modern biyokütle çevirim teknolojileri kullanarak mümkün olabilir. Türkiye’de bu yönde çalışmalara 1993 yılından sonra başlanmıştır. BE üretimi için modern teknolojiler kullanılarak, ormansal biyokütle kaynakları çeşitli formlarda biyoyakıtlara dönüştürülmekte ve bu sayede kullanımı

sırasında ve sonrasında çevreye olan zararlı etkileri minimum düzeye çekilmektedir (Bilgili vd., 2017; Acaroğlu ve Aydoğan, 2012).

Türkiye’de, ormanlarda yıllık yaklaşık 36 milyon m³ ağaç artığı oluşmakta ve 16,3 milyon m³ ağacın kesimine izin verilmektedir. Yıllık toplam ağaç üretimi ise 26 milyon m³ olup bunun %46’sı yakacak odun olarak tüketilmektedir (Aktaran: Bilgili vd., 2017). Türkiye’de, ormansal biyokütle kaynaklarına dayalı BE üretimini artırma çalışmaları hızla devam etse de; doğal ormanlardan elde edilebilecek biyokütle kaynaklarının Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmadığı bilinmektedir. Bu sebeple enerji ormancılığı konusu son yıllarda alternatif enerji üretimi konusundaki önemli gündem maddelerinden biri haline gelmiştir. Kavak, meşe, dişbudak, kızılçam, kızılğaç, karaçam, fıstık çamı, sedir ve servi ağaçları Türkiye’de enerji ormancılığı denilince akla gelen yerli ağaç türleri arasında bulunmaktadır. Bu ağaçlar hızlı büyümeleri ve iklim koşullarına yüksek adaptasyonları sayesinde ekonomik değeri yüksek olan türlerdir. Türkiye’nin iklimine ve toprak yapısına uyum sağlayabilecek olan yabancı ağaç türleri ise okaliptüs, papulus, pinus pinaster, acacia cynophilla ve euramericana gibi henüz Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilmeyen ağaçlardır (Gizlenci ve Acar, 2008: 16; Gülay, 2008).

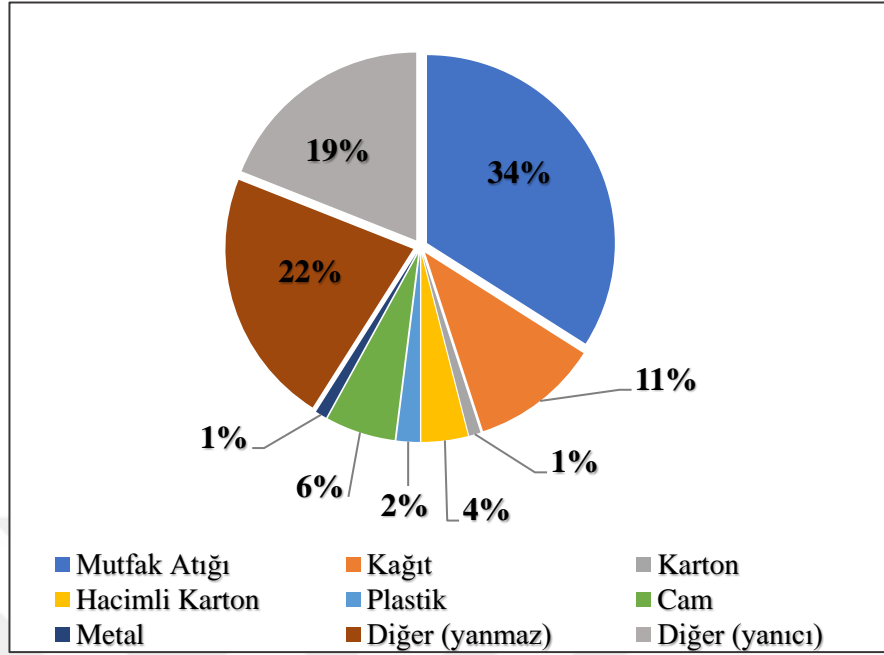
Yapılan araştırmalar, 1 milyon ha (hektar) alana kurulacak olan enerji ormanından, yıllık 30 milyon varil ham petrole eşdeğer miktarda, yani neredeyse 7 milyon ton BE kaynağı üretilebileceğini göstermiştir (Gülay, 2008: 85). Bu potansiyelin etkin bir şekilde kullanılması halinde hem çevre kirliliğinin azaltılması ve hem de mevcut doğal ormanların korunmasının mümkün olacağı ve BE enerji arzına büyük oranda katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Yüksek enerji taşıyıcılığı özelliği bulunan ormanlar, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi gelişmekte olan ülkelerde de birincil enerji arzına büyük oranda katkı sağlayarak fosil kaynakları yüksek oranda ikame etme potansiyeline sahiptir. Türkiye’de de bu enerji potansiyelinden yeterince ve doğru bir şekilde faydalanabilmek, ancak elverişli, ekonomik, çevre ve hava kirliliğine duyarlı teknolojilerin kullanılmasıyla mümkün kılınabileceği belirtilmektedir.

4.4.4. Kentsel Atıklar

Kentsel atıklar; çöpler (organik ve inorganik atık ve artıklar, kâğıt, cam, metal vb.), belediye atıkları (park, bahçe, plaj süprüntüleri, hurdalar, hayvan ölüleri, arıtma tesisleri artıkları, çamur vb.), sanayi atıkları, hastane atıkları, ısı ve enerji üretmek amacıyla yakılan ürünlerden geriye kalan atıkları (kül vb.) kapsamaktadır (IEA, 2016). Son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki kentsel atıklar, enerji üretimi için oldukça yüksek bir potansiyele sahip olup, mevcut teknolojilerin iyileştirilmesiyle ya da yeni teknolojilerin kullanılmasıyla BE üretiminde kullanılabilir. Bu atıklar, düzenli depolama, anaerobik çürütme, yakma ya da gazlaştırma yöntemleriyle, biyokütle kaynaklarının en önemli ürünü olan biyogaza dönüştürülebilmektedirler (DBFZ, 2011).

Türkiye’de, yüksek yaşam standartlarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla sanayide yaşanan hızlı gelişmeler, kentsel atık maddelerin artmasına sebep olmuş ve bu durum atıkların, toprağa, suya, havaya ve diğer canlılara zarar vermeden nasıl ortadan kaldırılacağı konusunda ciddi sorunları da beraberinde getirmiştir. Özellikle belediye atıklarından oluşan çöpler, genellikle açık sahalarda depolama, deniz, göl ya da nehirlerle boşaltma veya yakma yöntemleri kullanılarak bertaraf edilmeye çalışılmaktadır. Bu atıklar genellikle, mutfak atığı, kâğıt, karton, plastik cam, metal ve diğer sanayi atıklarından oluşmaktadır (Şekil 16). Türkiye’de belediye atıklarının bertaraf yöntemleri genellikle, katı atık depolama sahalarına yığmak ya da denize boşaltmak şeklindedir (DBFZ, 2011; Turan vd., 2009).



Kaynak: DBFZ, 2011: 65

Şekil 16. Belediye Atıklarının İçeriği

Deloitte'un 2014 yılı verilerine göre, Türkiye'de 423 milyon ton toplam kapasiteye sahip 52 adet düzenli katı atık depolama alanı bulunmaktadır. 2010 yılında toplanan 25,28 milyon ton atığın %54,4'ü bu sahalarda toplanırken; geri kalan kısmı ise belediyelere ait çöplüklere dökülmüştür. Aynı yıl bu tesislerde, %95'ini belediye atıklarının oluşturduğu çöplerin çok büyük bir kısmı bertaraf edilmiş, %5'lik bir kısmı ise satılmak ya da hibe edilmek yoluyla tesislerden atılmıştır (Deloitte, 2014).

4.5. BİYOYAKITLAR

Biyokütle kaynakları her ne kadar yüksek enerji potansiyeline sahip olsalar da; önemli olan bünyelerinde barındırdıkları enerjiyi ortaya çıkarabilecek doğru teknolojileri geliştirmek ve kullanmaktır. Biyoyakıt üretimi için kullanılan bu tür yeni ve modern teknolojik altyapının oluşturulması, yüksek maliyetli yatırımlar gerektirir. Yapılan araştırmalara göre, mevcut teknolojik alt yapıdaki ufak geliştirmeler ve iyileştirmeler ile daha verimli ve çevre dostu yakıt üretimi mümkün olmaktadır. Dünya genelinde en çok kullanılan biyoyakıtlardan olan biyodizel ve biyoetanol, her ülkenin coğrafi özellikleri ve

iklim koşullarına göre farklılık gösteren tarımsal faaliyetleri sonucu yetişen, farklı bitki atık ve artıklarından üretilmektedir. Örneğin Amerika'da biyodizel üretimi için soya kullanılırken; Avrupa ülkelerinde kanola (kolza) bitkisi kullanılmaktadır. Biyoyakıt üretiminde Malezya, Brezilya ve Hindistan'da yaygın olarak kullanılan bitkiler ise sırasıyla palm, soya ve jotraba bitkileridir (Gizlenci ve Acar, 2008; Balat, 2005).

Elverişli iklim koşulları, geniş ve verimli tarım arazileri ile zengin bir tarım ülkesi olan Türkiye, bu avantajların sağlamış olduğu bitkisel çeşitlilik sayesinde biyoyakıt üretim potansiyeli oldukça fazla olan ülkelere göre bir durumdadır. Türkiye'de BE kaynağı olarak kullanılacak, tarımsal üretim artıkları ve kurutulmuş bitki artıklarının yıllık toplam miktarının yaklaşık 55 milyon tonu bulunduğu ve bu rakamın yıllık 16 milyon ton toplam enerjiye eşdeğer olduğu belirtilmektedir (Toklu, 2017: 238). Araştırmalara göre, Türkiye'nin enerji açığının önemli bir kısmını kapatabilecek miktarda biyoyakıt üretimi için ihtiyaç duyulan hammaddeye sahip olduğunu ancak mevcut potansiyelin kullanılabilmesi için, bu kaynaklara erişim olanaklarının artırılması, biyokütle kaynaklarının özelliklerinin değerlendirilip sınıflandırılması, biyokütle dönüştürme teknolojilerinin geliştirilmesi ve bu konularda gerekli yasal düzenlemelerin yapılması gerektiği savunulmaktadır. Özellikle kırsal kesimlerde karşılaşılan teknolojik kısıtlar ve alt yapı problemleri özel sektör girişimcileri ve kamu sektörünün ortak çalışmalarıyla çözümlenebilecek düzeydedir. Bu sayede daha etkin ve verimli bir şekilde BE üretiminin gerçekleştirileceği ve Türkiye'nin enerji karmasının zenginleşerek yakın gelecekte birincil enerji üretiminde YE kaynaklarının payının en yüksek seviyeye ulaşacağı öngörülmektedir (Toklu, 2017; Kaygusuz ve Şekerci, 2016).

4.5.1. Biyodizel

Biyodizel, bitkisel (kolza, aspir, ayçiçeği, hindistan cevizi, soya, hurma vb.) ya da hayvansal yağlar ve ayrıca bu yağların kullanımı sonucu oluşan atıklardan elde edilebilen depolanabilir bir dizel yakıt türüdür. Biyodizel, üretiminin tarım ve sanayi sektörlerine dayanıyor olması, bu sektörler için sağladığı olumlu katkısı (istihdam vs.) ve ayrıca diğer YE kaynaklarına kıyasla daha düşük üretim maliyetine sahip olması gibi sebeplerle dünya çapında giderek üretimi yaygınlaşan bir yakıt haline gelmiştir. Ayrıca biyodizelin saf

olarak ya da diğ er dizel yakıtlarla karıştırılarak araç yakıtı olarak kullanılabilmesi de önemli bir avantaj sağlamaktadır (Karaosmanoğlu, 2006; YEGM, 2017).

Yapılan araştırmalara göre; küresel anlamda biyodizel üretimi 90'lı yılların başlarından itibaren günümüze kadar olan süreçte istikrarlı bir artış göstermiştir. Bugün dünya biyodizel üretiminin %95'i, İtalya ve Almanya'nın başı çektiği Avrupa lkelerinde gerçekleşmekte ve 2002 yılından itibaren Avrupa'da biyodizel üretim kapasitesi yıllık yaklaşık %81 oranında bir artış ile, bugünkü AB yakıt ihtiyacının %1,4'lk bir kısmını karşılar hale gelmiştir (Bölük ve Koç, 2008: 111). Avrupa biyoyakıt pazarının neredeyse %82'sini oluşturan biyodizel çoğunlukla soya yağı ve palm yağının kullanılmasıyla elde edilmektedir (Karaosmanoğlu, 2006).

Türkiye'de ise biyodizel çalışmaları 1982 yılında başlamış olsa da; ancak 2000'li yılların başlarından itibaren bu konuda ciddi adımlar atılmaya başlanmıştır. Türkiye'de, önemli oranda bir üretim potansiyeline sahip olan biyodizele uygulanan yüksek TV ve üretimi için ihtiyaç duyulan hammaddenin büyük oranda ithalat yoluyla temin edilmesi, üretim maliyetlerini önemli lde arttırmış ve sektörde faaliyet gösteren işletmeleri, kayıt dışı ve düşük standartlı biyodizel üretimine sevk etmiştir. Kayıt dışı gerçekleştirilen üretim miktarları kesin olarak belirlenemiyor olsa da; 2008 yılı araştırmalarına göre, yaklaşık 3000 adet (lisanslı ve lisanssız) retim tesisi olduğu ve bunların sadece %10'undan elde edilebilen verilere göre 3.935 kişiye istihdam sağlandığı tespit edilmiştir (Karaosmanoğlu, 2006; Gizlenci ve Acar, 2008). 2012 yılı verilerine göre ise, Türkiye'de faaliyet gösteren lisanslı 34 firmanın bulunduğu, toplam üretim kapasitelerinin 561.217 ton olduğu ancak sadece bir firmanın 20.000 tonluk üretim gerçekleştirdiği belirlenmiştir (TAGEM, 2014). Türkiye'de biyodizel sektöründeki mevcut sıkıntılarını gidermek ve yerli teknolojiler ile yerli hammaddeler kullanılarak biyodizel üretimini arttırmak amacıyla çalışmalar başlatılmış ve özellikle enerji bitkileri yetiştiriciliği konusunda araştırmalara hız verilmiştir. Bu amaçlar doğrultusunda, 2001 yılında, Sanayi Bakanlığı tarafından "Biyodizel alışma Grubu" oluşturulmuş ve 2003 yılında ise ilk defa biyodizele, "Petrol Piyasası Kanunu" nda yer verilmiştir (Gizlenci ve Acar, 2008: 8). Ayrıca yapılan alışmalar Türkiye'nin, biyodizel üretimi için ihtiyaç duyulan hammaddenin üretilmesi için gerekli olan elverişli tarım alanlarına sahip olduğunu göstermektedir.

Biyodizel retimi için stratejik bir önemi olan yağlı tohumlu bitkilerinin, Türkiye'de toplam üretim miktarı 3.291.707 ton olup, bu üretim sırasıyla ayçiçeği,

pamuk, soya, yerfıstığı, kolza, aspir ve susam tohumlarından gerçekleşmektedir. Bu tohumların tamamının kullanılması halinde üretilebilecek yıllık teorik biyodizel miktarının ise 393.989 m³ olduğu hesaplanmıştır (TÜİK, 2016a) (Tablo 23).

Tablo 23. Yağlı Tohumlardan Üretilebilecek Biyodizel Miktarı

Yağlı Tohum Cinsi	Ekilen alan (Dekar)	Üretim Miktarı (ton)	Ortalama Verim (m ³ biyodizel /dekar)	Üretilebilecek Biyodizel Miktarı (m ³)
Ayçiçeği (yağlık)	6.167.800	1.500.000	0,045	277.551,00
Çiğit (pamuk tohumu)	4.160.098	1.260.000	-	-
Soya	381.804	165.000	0,061	23.099,14
Yerfıstığı	422.444	164.186	0,025	10.561,10
Kolza	354.530	125.000	0,200	70.906,00
Aspir	395.710	58.000	0,030	11.871,30
Susam	289.332	19.521	-	-
Toplam	12.171.718	3.291.707	-	393.989

Kaynak: TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri (2016a), www.tuik.gov.tr (E.T. 20.01.2018) ve Durmuş, Türkiye'de Yetişen Yağlı Tohumlardan Biodizel Üretim Potansiyelinin İncelenmesi. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi. 7(2), 45-49, raporu verilerinden derlenerek oluşturulmuştur.

Yağlı tohumların yanı sıra biyodizel üretiminde kullanılan diğer bir hammadde de bitkisel ve hayvansal yağ atıklarıdır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2016 yılı verilerine göre, Türkiye genelinde oluşturulan 30 bin atık yağ toplama noktasından yaklaşık 27,565 ton yağ toplanmıştır. Ayrıca, yapılan araştırmalar Türkiye'de yıllık 1,5 milyon ton bitkisel yağ tüketildiğini ve bu tüketim sonucu 350 bin ton yağ atığının ortaya çıktığını göstermiştir. Bu atıkların tamamının değerlendirilmesi halinde ise yıllık 350 milyon kg biyodizel üretilebileceği hesaplanmıştır (Öztürk, 2004). Türkiye'de, biyodizel üretiminde yağlı tohumlara kıyasla daha ucuz bir hammadde olarak görülen atık yağların kullanımının artırılması hem ekonomiye katkı sağlayacaktır hem de bu atıkların çevreye ve içme suyuna olan zararlı etkileri bertaraf edilmiş olacaktır (Bolat vd., 2016).

4.5.2. Biyoetanol

Dünya'da yaygın olarak kullanılan biyoyakıt türlerinden biri de biyoetanol diğer bir adıyla yakıt alkolüdür. Biyoetanol üretiminin çok büyük bir kısmı tarımsal faaliyetler sonucu oluşan şeker ve nişasta içeren buğday, saman, sorgum, pirinç, çavdar patates, arpa,

şeker pancarı mısır, şeker kamışı gibi bitkilerden ya da melas gibi tarımsal ürün atık ve artıklarının hammadde olarak işlenmeleriyle elde edilmektedir (Horuz vd., 2015: 73-74; TEPGE, 2012: 2; Gizlenci ve Acar, 2008: 11).

Küresel enerji talebinin sürekli artması, dünyada en çok üretilen sıvı yakıtlardan biri olan biyoetanol üretimini de artırmaktadır. Toplam biyoetanol üretiminin 2020 yılına kadar 150 milyar litreye ulaşacağı öngörülmektedir (Melikoğlu ve Albostan, 2010). Günümüzde, %95'i tarımsal ürünlere dayanan biyoetanol üretiminin büyük bir kısmı Amerika ve Brezilya'da gerçekleştirilmektedir. Amerika biyoetanol üretimi için mısır kullanırken; Brezilya'da daha çok şeker kamışı kullanılmaktadır. Dünyada, biyoyakıt kullanımını yaygınlaştırma politikaları gereğince, Avrupa başta olmak üzere birçok ülkede katkı oranları farklılık gösterse de taşıt yakıtlarına biyoetanol harmanlama zorunluluğu getirilmiştir (Horuz vd., 2015; TEPGE 2012: 10).

Türkiye'de ise, biyoetanol, 2000'li yılların başından itibaren taşıtlarda benzine katkı maddesi şeklinde ilave edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye açısından oldukça yeni bir enerji kaynağı olması sebebiyle biyoetanol sektörü henüz büyük bir gelişme kaydedememiş ve yaygın bir pazar oluşturamamıştır. Ancak Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen arpa, buğday, mısır, patates, şeker pancarı ve sorgum gibi çeşitli tarımsal ürün atıklarının oluşturduğu yüksek potansiyel, biyoetanol üretimi için sağlam bir zemin oluşturmaktadır (Tablo 24) (TÜİK, 2016a; Melikoğlu ve Albostan, 2010).

Tablo 24. Bazı Tarımsal Ürünlerin Biyoetanol Potansiyeli

Ürün	Üretim Miktarı (ton)	Biyoetanol Üretim Potansiyeli Oranı (litre/ton)	Üretilebilecek Biyoetanol Miktarı (bin litre)
Arpa	6.700.000	250	1.675.000
Mısır	6.400.000	360	2.304.000
Patates	4.750.687	109	517.825
Şeker Pancarı	19.592.731	110	2.155.200
Buğday	20.600.000	340	7.004.000
Toplam	3.291.707	-	13.656.025

Kaynak: TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri (2016a), www.tuik.gov.tr (E.T. 20.01.2018) ve Melikoğlu, Mehmet ve Albostan, Ayhan (2010). Türkiye'de Biyoetanol Üretimi Ve Potansiyeli. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26 (1), 151-160, raporu verilerinden derlenerek oluşturulmuştur.

Tablo 24'e göre Türkiye'de üretilen arpa, mısır, patates, şeker pancarı ve buğdayın tamamının biyoetanol üretiminde kullanılması durumunda elde edilebilecek toplam biyoetanol miktarı 13,5 milyar litreden fazladır. Türkiye'nin benzin kullanımına bakıldığında ise 2016 yılı verilerine göre yıllık yaklaşık 3,5 milyar litre benzin tüketimi gerçekleşmiştir (www.enerjiatlası.com). Bu tüketimin tamamının biyoetanolden karşılanabilmesi için 5,8 milyar litre saf biyoetanol üretilmesi gerekmektedir (bir litre benzine eşdeğer enerji 1,65 litre biyoetanolda bulunmaktadır). Türkiye'de üretilen buğdayın tamamının biyoetanol üretimi için kullanılması halinde, yaklaşık 7 milyar litre biyoetanol üretiminin gerçekleştirilebileceği ve bu miktarın Türkiye'nin petrol ihtiyacını fazlasıyla karşılayabileceği görülmektedir. Ne var ki Türkiye'de gıda ihtiyacının da büyük bir kısmının buğday ve arpa gibi tahıllardan karşılanıyor olması, bu ürünlerin tamamının BE üretimi için kullanılmasını mümkün kılmamaktadır. Örneğin Türkiye'de, şekerpancarı üretimi 32 milyon dekar arazi üzerinde gerçekleşmekte ve henüz üretilen ürünlerin yalnızca 2,5 milyon tonluk kısmı biyoetanol üretiminde kullanılmaktadır (Horuz vd., 2015; Akdağ, 2007). Türkiye'nin yıllık toplam biyoetanol üretim kapasitesi ise toplam 150 milyon litredir. Bu üretimin gerçekleştirilebileceği tesisler şu şekildedir (TEPGE, 2012):

- Bursa'da kurulu olan ve yıllık 40.000 m³'lük bir üretim kapasitesi bulunan, mısır ve buğday kullanılarak biyoetanol üretimi gerçekleştiren, Tarımsal Kimya Teknolojileri A.Ş. (TARKİM) tesisleri.
- Yıllık 84.000 m³ üretim kapasitesiyle, Türkiye'de ilk kez şeker pancarından biyoetanol üretimi gerçekleştiren ve Pankobirlik tarafından kurulmuş olan Çumra Şeker Fabrikası.
- 2007 yılında faaliyete geçmiş olan 40.000 m³ üretim kapasitesine sahip ve Adana'da kurulu olan Tezkim biyoetanol üretim tesisi.

Yukarıda sayılan biyoetanol üretim tesisleri haricinde, Eskişehir, Erzurum, Turhal, Amasya ve Malatya'da bulunan şeker fabrikalarında da etil alkol üretimi yapılabilecek altyapı mevcuttur. Ancak %96,5 oranında alkol ihtiva eden etil alkolün, araçlarda yakıt olarak kullanılabilmesi için susuzlaştırma işlemine tabi tutularak alkol oranının %99,5'e çekilmesi gerekmekte ve yaklaşık 68.500 m³'lük etanol üretim kapasitesi bulunan bu

tesislere susuzlaştırma üniteleri kurulabilmesi ek yatırımlar gerektirmektedir (TEPGE, 2012).

4.5.3. Biyogaz

Biyogaz, bitkisel, hayvansal ve kentsel atıklardan meydana gelen her türlü organik maddelerin anaerobik fermantasyonu sonucu elde edilen, metan ve karbondioksit gazlarını muhteva eden, renksiz ve doğal gaza alternatif olarak kullanılacak yanıcı bir gazdır. Biyogaz, doğal gaza alternatif bir yakıt olmasının yanında, motor yakıtı olarak, doğrudan yakılarak ısınma amacıyla ve elektrik üretim tesislerinde yakıt olarak da kullanılması yönüyle de dünya da rağbet gören bir yakıt türüdür (Horuz, 2015: 79; Gizlenci ve Acar, 2008: 16; Calle vd., 2007; Doğanay ve Coşkun, 2017).

Türkiye’de de biyogaz üretimi, tarımsal, ormansal, hayvansal ve kentsel atıkların kullanılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Türkiye’de toplam nüfusunun %35’ini kırsal kesim oluştururken; nüfusun %66’sı tarım sektöründe çalışmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin çoğunu hayvancılık sektörü oluştururken, çiftlik sayısının (büyük, küçük ve aile işletmeleri) yaklaşık 2,5 milyon kadar olduğu tahmin edilmektedir (DBFZ, 2011: 48). IEA’nın 2011 yılında yayınlamış olduğu raporda, Türkiye’de sadece hayvan atıklarından biyogaz üretimi yapabilecek potansiyel tesis sayısının, 2000 adet olduğu, ancak faaliyet gösteren mevcut tesis sayısının yalnızca 36 adet olduğu belirtilmiştir. Rapora göre, genellikle belediyeler ve büyük sanayi tesisleri tarafından işletilen biyogaz tesislerinin birçoğu, İstanbul ve Kocaeli başta olmak üzere, batı bölgelerinde konumlandırılmıştır (Şekil 17) (Deloitte, 2014; IEA, 2011a).

Türkiye’de faaliyet gösteren çeşitli sektörlerde ait biyogaz tesislerinin sayısı ve kapasiteleri ise Tablo 25’de gösterilmiştir. Tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin, daha çok küçük işletmeler ve aile işletmeleri tarafından gerçekleştirilmesi sebebiyle kesin verilere ulaşılamasa da tabloda verilen bilgilerden yola çıkarak, faaliyette olan biyogaz tesislerinin üretim kapasitelerinin oranlarına bakılarak Türkiye’de, belediyelerin bünyesinde üretilen biyogaz miktarının diğer sektörlerle oranla çok daha fazla olduğu söylenebilir (Kılıç, 2011).



Kaynak: Deloitte, 2014: 18

Şekil 17. Biyogaz Santrallerinin Dağılımı

Tablo 25. Sektör Bazında Biyogaz Tesislerinin Dağılımı ve Kapasiteleri

Atık Türü	Faaliyet Halindeki Tesisler	Faal İşletme Kapasitesi (MW)	Açılacak Tesisler	Açılacak Tesislerin Kapasitesi (MW)	Toplam Tesis Sayısı	Toplam Kapasite (MW)
Tarım (hayvansal ve bitkisel atıklar)	2	0,68	12	11,99	14	12,58
Gıda Sanayi (atık su, organik atık)	17	13,68	2	3,88	19	17,56
Belediye (çöp gazı)	13	93,04	9	32,03	22	125,08
Belediye (atık su)	4	3,94	3	2,69	7	6,62
Diğer	0	0,00	23	61,16	23	61,16
Toplam	36	111,34	49	111,76	85	222,99

DBFZ, 2011: 3

Hayvan dışkılarında elde edilebilecek biyogaz miktarı, farklı hayvan türlerine, bu hayvanların beslenme alışkanlıklarına ve büyüklüklerine göre farklılık göstermektedir. ETBK'nın verilerine göre bir adet büyükbaş hayvandan yılda 3,6 ton yaş gübre ve 33m³ biyogaz üretilmektedir. Tavuk başına hesaplanan yaş gübre miktarı ise yıllık 0,022 ton

olup üretilebilecek yıllık biyogaz miktarı ise 78 m³ olarak belirlenmiştir (etkb.gov.tr). Bu veriler ışığında ve TÜİK 2016 yılı hayvan sayıları kullanılarak Türkiye'nin yıllık yaş gübre üretim miktarı ve teorik biyogaz potansiyeli hesaplanmıştır (Tablo 26).

Tablo 26. Büyükbaş Hayvan ve Tavuk Gübresinden Üretilen Biyogaz Miktarı

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı	Yaş Gübre Miktarı ton/yıl	Üretilen Biyogaz Miktarı (m ³ /yıl)
Büyük Baş Hayvan Sayısı	14.222.228	51.200.021	1.689.600.686
Yumurta Tavuğu Sayısı	108.689.236	2.391.163	186.510.729
Et Tavuğu Sayısı	220.322.081	4.847.086	378.072.691
Toplam Biyogaz Üretim Potansiyeli			2.254.184.106

Kaynak: TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri (2016b), www.tuik.gov.tr (E.T. 20.01.2018) verilerine dayanarak oluşturulmuştur.

Tabloya göre, Türkiye'de üretilen büyükbaş hayvan gübresinin ve tavuk gübresinin tamamının biyogaz üretiminde kullanılması halinde yıllık yaklaşık 2,2 milyar m³ biyogaz üretilebilmektedir. Bu üretim sonucunda elde edilecek biyogazın ısı gücünün, kullanılan hammaddenin türüne göre farklılık göstereceği dikkate alınarak, üretilebilecek en yüksek ve en düşük elektrik enerjisi miktarları ise Tablo 27 ve Tablo 28'de ayrı ayrı gösterilmiştir.

Tablo 27. Düşük Verim Isıl Gücüne Göre Üretilen Elektrik Enerjisi

Düşük Verim Isıl Gücü (kcal/m ³)	Düşük Verim Isıl gücü (GJ/m ³)	Toplam Isıl Değeri (GJ)	Elektrik Üretimi (GWh)
4.300	0,0180	40.575.314	11.271

Kaynak: Baştan, Erdal, Sevinç, Şeyma, Semerci, Mümin ve Tunçez Fatma D. (2017). Kompost ve Biyogaz Tesislerinde Değerlendirilebilecek Konya'daki Organik Atık Potansiyelinin Analizi. InnoPark, Konya, raporu verilerine dayanarak oluşturulmuştur.

Tablo 28. Yüksek Verim Isıl Gücüne Göre Üretilebilecek Elektrik Enerjisi

Yüksek Verim Isıl Gücü (kcal/m³)	Yüksek Verim Isıl Gücü (GJ/m³)	Toplam Isıl Değeri (GJ/m³)	Elektrik Üretimi (GWh)
4.700	0,020	44.339.801	12.317

Kaynak: Baştan, Erdal, Sevinç, Şeyma, Semerci, Mümin ve Tunçez Fatma D. (2017). Kompost ve Biyogaz Tesislerinde Değerlendirilebilecek Konya'daki Organik Atık Potansiyelinin Analizi. InnoPark, Konya, raporu verilerine dayanarak oluşturulmuştur.

Türkiye'de büyükbaş hayvan gübresi ve tavuk gübresinden elde edilebilecek biyogazın düşük verim ısıl değeri dikkate alındığında yaklaşık 11.271 GWh elektrik enerjisi üretim potansiyeli bulunurken yüksek verim ısıl değerine göre 12.317 GWh elektrik üretim potansiyeli bulunduğu hesaplanmıştır. Yani, Türkiye'de üretilen bu gübre miktarının tamamının biyogaza dönüştürülmesiyle, 2023 yılı BE ye dayalı elektrik üretimini 4533 GWh'e çıkarma hedefine ulaşılması ve hatta aşılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Elbette, teoride her ne kadar bu hedef fazlasıyla aşıyor olsa da uygulamada elde edilen hayvan gübrelerinin tamamına erişmenin ve biyogaza dönüştürmenin mevcut koşullarda mümkün olmadığı bilinmektedir. Ancak bu potansiyelin sadece yarısının BE üretimine kazandırılabilmesi halinde yaklaşık 6.000 GWh elektrik enerjisi üretilbildiği ve bu miktarın bile hedeflenen rakamın çok üstünde olduğu görülmektedir.

Verimli tarım arazilerinin %67'sinde tahıl üretimi yapılan Türkiye'de, bitkisel atıklardan biyogaz üretim potansiyelinin de yüksek olması olağandır. Örneğin, 2010 yılı verilerine göre Türkiye'de 51.452.330 ton tahıl sapı üretilmiş ve bu miktarın biyogaz üretim potansiyeli 276,74 PJ/yıl olarak bulunmuştur. Türkiye'de üretilen sebze çeşitlerine bakıldığında ise, en yüksek atık potansiyelini, toplam sebze üretiminin %40'ını oluşturan domatesin oluşturduğu belirlenmiştir. Hesaplamalara göre Türkiye'de oluşan domates atıklarının oluşturduğu teorik biyogaz potansiyeli 11.045 TJ/yıl olduğu görülmüştür. Biyogaz üretimi için Türkiye açısından yüksek bir potansiyeli olan diğer bir ürün ise şekerpancarıdır. 2010 yılı verilerine göre, Türkiye'de 3.291.669 dekar alan sadece şeker pancarı üretimi için ayrılmıştır. Yıllık üretim miktarı 17.942.112 ton olan şeker pancarının yıllık biyogaz üretim potansiyelinin ise 17.517 TJ/yıl olduğu hesaplanmıştır (DBFZ, 2011: 45).

Bu veriler ışığında, 276,74 PJ'lük bir biyogaz üretim potansiyeli bulunan tahıl saplarından yaklaşık 77 bin GWh'lik elektrik enerjisi üretilebileceği görülmektedir. Yani 2023 yılı hedefinin yaklaşık 17 katı elektrik enerjisi elde etmek mümkündür. Hayvansal atıklarda olduğu gibi tarımsal atıklarda da teorik olarak hesaplanan potansiyelin tamamının BE'ye dönüştürülmesi mümkün olmamaktadır. DBFZ 2011 yılında "Türkiye'de biyogaz yatırımları için geçerli koşulların ve potansiyelin değerlendirilmesi" raporunda biyokütle atıklarının BE'ye dönüştürülmesini engelleyen kısıtlar dikkate alınarak Türkiye'nin teorik ve teknik biyogaz üretim potansiyeli ayrı ayrı değerlendirmiştir (Tablo 29). Rapora göre her iki durumda da biyokütle kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretimi, YE arzına hedeflenenden çok daha fazla oranlarda katkı sağlayabilmektedir (DBFZ, 2011: 68).

Tablo 29. Kaynaklara Göre Biyogaz Potansiyeli

Atık Cinsi	Teorik Biyogaz Potansiyeli (PJ/yıl)	Teknik Biyogaz Potansiyeli (PJ/yıl)
Hayvansal Atıklar	144,40	78,40
Tarımsal Atıklar	305,30	36,10
Sanayi Atıkları	16,60	14,80
Belediye Atıkları	22,00	11,00
Enerji Bitkileri	325,10	81,30
Toplam	813,4 PJ	221,5 PJ

Kaynak: DBFZ, 2011: 68

4.6. BİYOENERJİNİN TÜRKİYE'YE GETİRİSİ

- IEA'nın verilerine göre, katı, sıvı veya gaz halinde bulunan ve sürekli bir enerji kaynağı olan BE, yüksek potansiyeli sebebiyle önümüzdeki yıllarda da istikrarlı bir artışla varlığını koruyacaktır. İhtiyaç duyulan enerjinin önemli bir bölümünü karşılama özelliğine sahip olduğu için Türkiye'nin BE kullanımını artırmasında fayda bulunmaktadır. Türkiye için BE kullanımının avantajları şu şekilde sıralanabilir (Scarlat vd., 2015: 53; WEC, 2013; Gizlenci vd., 2011):
- Biyokütle, zengin çeşitliliği olan bir YE kaynağıdır. Aynı zamanda bir tarım ülkesi olan Türkiye, biyokütle kaynakları bakımından oldukça geniş olanaklara sahiptir. Yapılan araştırmalara göre, Türkiye'nin farklı bölgelerinde gerçekleştirilen zirai faaliyetler sonucu ortaya çıkan biyokütle potansiyelinin tamamının kullanılabilmesi halinde, fosil kaynaklara olan bağımlılığın önemli ölçüde azalacağı belirtilmektedir. Bu sayede ülkenin enerji ithalatı da azaltılarak cari işlemler dengesine belirgin bir katkı sunulabilecektir.
- Türkiye'de halen, özellikle kırsal kesimlerde ısınma amacıyla kömür doğrudan yakılarak kullanılmakta ve kömürün doğrudan yakılması sonucu atmosfere yayılan zararlı gazlar büyük tahribatlara yol açmaktadır. BE ise; fosil yakıtların sebep olduğu tahribatı en aza indirerek, hava kirliliğini, küresel ısınmayı ve ayrıca ozon tabakasında meydana gelmiş olan zararın genişlemesini azaltıcı etki sağlar.
- Biyokütle enerjisi; asit yağmurları, açık maden ocakları, petrol sızıntıları, radyoaktif atıklar, deniz ve nehirlerin kirlenmesi gibi çevresel sorunlar yaratmaz. Biyokütleden elde edilen yakıtlar ve alkoller oldukça verimli ve nispeten temiz yakıtlardır. Bu yönüyle doğal enerji kaynaklarını ve çevreyi düşük seviyelerde etkiler.
- BE, sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Doğal bir dönüşümün sonucu oluşan biyokütle kaynakları doğru teknolojiler ve doğru yöntemlerle kullanıldığı takdirde ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır.
- Kentsel atıkların biyoyakıt üretiminde kullanılması, çöp depolama alanlarının genişlemesini önler.

- Biyokütle kaynakları, fosil yakıtları dönüştürmek için kullanılan mevcut teknolojilerde veya elektrik üretim santrallerinde, ilave bir yatırım maliyeti doğurmadan kullanılabilir.
- Biyoyakıtlar, dünya standartlarında, taşıma ve depolama kriterleri açısından “Tehlikeli Madde” kapsamına girmemesi sebebiyle güvenli yakıt olarak kabul edilmektedir.
- BE, petrol fiyatlarındaki dalgalanmalardan ve dünyada yaşanan doğal gaz krizlerinden etkilenmediği gibi kesintisiz bir enerji sağlama özelliği vardır.
- Tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin oldukça yaygın olarak yapıldığı Türkiye’de, sadece bu faaliyetler sonucu oluşan atıkların BE üretimine kazandırılması halinde 2023 yılı BE’ye dayalı elektrik üretimini 4.533 GWh’e çıkarma hedefine ulaşılmış olacaktır. Türkiye’de üretim miktarı yüksek olan ve erişim imkanları artırıldığı takdirde biyogaz üretimi için kullanılacak BE kaynakları ve bunların dönüştürülmesi sonucu elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarları özet olarak Tablo 30’da gösterilmiştir.

Tablo 30. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilir BE Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli

Bitkisel Ürünler/ Atıklar	Üretim Miktarı (ton/yıl)	Biyogaz Verimi (m ³ /ton)	Üretilebilecek Biyogaz Miktarı (bin m ³ /yıl)	Teorik Elektrik Üretimi (GWh)
Buğday	20.600.000	598	12.322.920	57.918
Arpa	6.700.000	578	3.872.600	18.201
Mısır Sapı	7.039.781	451	3.177.053	14.932
Şeker Pancarı	19.592.731	147	2.882.091	13.546
B. Baş Hayvan Gübre	51.200.021	33	1.689.601	7.941
Ayçiçeği Sapı	1.847.984	595	1.098.626	5.164
Patates	4.750.687	177	841.347	3.954
Tavuk Gübresi	7.238.249	78	564.583	2.654
Mısır Yaprağı	249.638	380	94.862	446
Kolza	125.000	645	80.563	379
Toplam				125.134

Kaynak: TÜİK, Bitkisel Üretim İstatistikleri (2016a, 2016b), www.tuik.gov.tr (E.T. 20.01.2018) ve Baştan, Erdal, Sevinç, Şeyma, Semerci, Mümin ve Tunçez, Fatma D. (2017). Kompost ve Biyogaz Tesislerinde Değerlendirilebilecek Konya’daki Organik Atık Potansiyelinin Analizi. InnoPark, Konya, raporları verilerine dayanarak oluşturulmuştur.

Bu ürünlerin biyogaz üretiminde kullanımının artırılması ile bir yandan ülke kaynaklarından üretilen enerji arzına katkı sağlanırken; diğer yandan da tarımsal kalkınmanın hızlanmasına, enerji tarımının gelişmesine ve ayrıca istihdam olanağı yaratılarak kırsal kesimin sosyo-ekonomik gelişimine katkıda bulunulmuş olur.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya’da gerçekleşen tüm ekonomik aktiviteler bir dönüşüm gerektirmekte ve bu dönüşüm ancak, tüm insanlık için hayati derecede önemi bulunan enerji aracılığıyla sağlanabilmektedir. Günümüzde, küresel anlamda ekonomik ve politik istikrarın sağlanması, direkt olarak enerji arzının sürekliliğine ve güvenliğinin sağlanmasına bağlıdır. Uluslararası kuruluşların yaptıkları çalışmalara göre; 2014 yılı dünya enerji talebinin yaklaşık %81’i kömür, petrol ve doğal gazdan oluşan fosil kaynaklardan karşılanmıştır (WBA, 2017: 12). Bu sonuca göre, ülkelerin ekonomik faaliyetlerinin aslında fosil kaynaklara bağımlı olduğu görülmektedir. Son yüzyılda küresel enerji talebindeki artışın nüfus artışından daha yüksek seyretmesi ve ekonomilerin fosil kökenli enerji kaynaklarına bağımlı olması, politik, ekonomik ve çevresel birtakım kaygıların artmasına sebebiyet vermiştir (Bilgili vd., 2017).

Bu kaygılardan ilki ve en önemlisi, fosil kaynaklara dayalı enerji arzının sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Sanayileşme, hızlı nüfus artışı, kentleşme ve ulaşımdaki gelişmeler kömür, petrol ve doğal gaz kullanımına ivme kazandırmıştır. Yapılan projeksiyonlar, küresel enerji talebinin 2012 ila 2035 yılları arasında %41 oranında artış göstereceğini ve 1,5 milyar insana daha enerji arzı sağlanması gerektiğini ortaya koymaktadır (IEA, 2012: 71). Bu büyüme trendinin aynı şekilde devam edeceği öngörüsüyle dünyadaki fosil enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte yükselen bu talebe cevap vermekte zorlanacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir gelişmenin sağlanabilmesi için mevcut enerji talebinin de sürdürülebilir bir şekilde karşılanabilmesi gerekliliği, ülkelerin en önemli enerji gündem maddesini oluşturmaktadır.

Enerji konusundaki ikinci önemli mesele ise enerji güvenliğidir. Enerji güvenliği; enerji talebinin, farklı enerji türlerinden, sürdürülebilir bir şekilde, uygun fiyatlarda ve yeterli miktarlarda, çevreye ve ekonomiye tolere edilemeyecek zararlara sebebiyet vermeden karşılanmasıdır (IEA, 2012). Enerji güvenliğinin sağlanması halinde, ülke ekonomileri ani enerji fiyat artışlarına karşı daha güçlü olabilecektir. Enerji güvenliğini sağlamak, enerji kaynaklarının ülkeler arasında eşit miktarlarda dağılmamış olması ve birçok ülkenin enerjide dışa bağımlı olması sebebiyle özellikle üzerinde durulması gereken önemli bir husustur. Dünya geneline bakıldığında, fosil enerji kaynaklarının belirli ülkelerin elinde olması, enerji arz güvenliği açısından sorun doğurmaktadır.

Mevcut durumda enerji kaynaklarına sahip ya da enerji üreten ülkeler avantajlı durumdayken, diğerleri ise bu ülkelere enerji açısından bağımlı konumdadırlar. Bu durum sadece enerji alanında değil uluslararası arenada bütün politik ilişkileri de etkilemekte ve siyasetin yönünü belirlemektedir. Zira devletler enerjinin siyasi alanda etkisinin yüksek olduğunun farkında olup bu yönde avantajlar elde edinme yönünde politikalar üretmektedirler. Dünyada süregelen savaşların, çatışmaların ve birçok terör faaliyetlerinin temelinde ise enerji kaynaklarına ulaşma ve dolayısıyla dünya ülkeleri arasında etkin bir güç olma gayesi yattığı bilinmektedir.

Ülkelerin son yıllarda özellikle üzerinde durduğu üçüncü bir problem ise 21. yy'ın en büyük tehlikesi sayılan hava kirliliği ve bunun doğurduğu bir sonuç olan küresel ısınmadır. Hava kirliliğine sebep olan faktörlerin en başında ise fosil kaynakların kullanımının havadaki karbon emisyonunu artırması bulunmaktadır. Sanayi devriminin başından itibaren, atmosferdeki karbondioksit oranı hızlı bir artış göstermiştir ve bu artışın devam etmesi halinde, meydana gelebilecek iklim değişikliklerinin bir sonucu olarak daha büyük çevresel problemlerin yaşanacağı belirtilmektedir (Bilgili vd., 2017; IEA, 2012).

Modern yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olan enerjinin, sürekliliğinin sağlanması, güvenliğinin artırılması ve çevre üzerindeki zararlı etkilerinin azaltılması enerji tedarikçilerinin olduğu kadar enerji tüketicilerini de YE kaynaklarının kullanımını artırmaya yöneltmiştir. YE karmasını zenginleştirmek için ise, fosil yakıtları hızla ikame etme yönünden yüksek bir potansiyele sahip olan biyokütle enerjisine yönelik çalışmalar önem ve hız kazanmıştır.

Dünya BE arzına baktığımızda, 2000 - 2014 yılları arasında, yalnızca %2,3'lük bir artış gözlemlenmiştir. Ancak BE, %73'lük bir oranla YE kaynakları arasında toplam birincil enerji arzına en fazla katkıyı sağlayan enerji türü olmuştur (WBA, 2017). Ülkelerin, iklimine ve bitki örtüsüne bağlı olarak kullanılan biyokütle çeşitleri de farklılık göstermektedir. Örneğin Avrupa BE üretiminde daha çok orman kökenli kaynaklar kullanırken, Asya ve Amerika kıtasında orman kökenli kaynakların yansıra, tarıma dayalı bitkisel ürünlerin de BE arzına büyük oranda katkı sağladığı görülmektedir. Biyoyakıt üretiminde ise yine Avrupa ülkeleri, özellikle kentsel atıklardan biyogaz üretiminde ilk sırada yer alırken; Amerika sıvı biyoyakıt üretiminde lider konumdadır.

2014 yılında, biyokütle kaynaklı toplam birincil enerji arzı, küresel toplam birincil enerji arzının (573 EJ), %10,3'ü kadar, yani 59.2 EJ olarak gerçekleşmiştir (WBA, 2017: 30). Küresel BE arzına en büyük katkıyı sağlayan bölgeler ise Asya ve Afrika kıtaları olmuştur. Bunun en önemli nedeni, bugün özellikle Afrika'da insanların çok büyük bir bölümünün, yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek için gereksinim duydukları enerji ihtiyaçlarını (ısınma, yemek pişirme vb.) biyokütle kaynaklarını doğrudan kullanarak (yakmak suretiyle) karşılamalarıdır. Örneğin, biyokütlenin doğrudan ısıtma amacıyla kullanım oranı Nijerya'da %90 ve Etiyopya'da ise %93,1'dir (The World Bank, 2014).

Günümüzde, yemek pişirmek ve ısınmak amacıyla, halen 240 milyon insan biyokütle kaynaklarını kullanmakta ve bu rakamın 2035 yılına kadar 2,6 milyar kişiye ulaşacağı öngörülmektedir (Matzenberger vd., 2013: 931). Aynı süre zarfında, BE'ye olan birincil talep oranının da hızlı bir artış göstereceği ve özellikle elektrik üretimi için biyokütle kaynaklarına ve biyoyakıtlara olan talebin 3 katına çıkacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2012: 63). Bu gelişmelerin, fosil yakıtlara dayanan dünya enerji ticaretinin akışını ve ticaret modellerini değiştirerek, bölgesel BE arz ve talep dengelerinde önemli etkileri olması kaçınılmazdır.

Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi, Türkiye'nin de son yıllarda enerji politikalarına yön veren en önemli gündem maddelerinden biri enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesidir. Türkiye, jeopolitik konumu itibarıyla dünya üzerindeki kanıtlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin büyük bir kısmının bulunduğu ülkelere yakın konumda bulunmaktadır. Bu sebeple Türkiye, enerji üreticisi ülkeler ile tüketici ülkeler arasında doğal bir köprü olma özelliği taşımaktadır. Bu durum, yani dünya enerji tüketiminin büyük bir bölümünün içinde bulunduğumuz bu bölgelerden karşılanacak olması, enerji güvenliğinin sağlanması hususunda Türkiye'nin göz ardı edilemez stratejik bir yeri olduğunun bir göstergesidir. Ancak, fosil enerji kaynakları bakımından Türkiye'nin, enerjide belli ölçüde dışa bağımlı olması, mevcut YE potansiyelini değerlendirme konusunda önemli adımlar atılmasını gerekli hale getirmiştir. Özellikle son dönemlerde bu yönde yapılan büyük yatırımların sürdürülmesi ülkenin gelişim performansına önemli bir destek sunacaktır.

Yapılan araştırmalar, Türkiye'nin son yıllarda ekonomik anlamda göstermiş olduğu hızlı büyüme grafiğinin, enerji ihtiyacını da büyük ölçüde artırdığını göstermiştir. ETKB'nin 2013 yılı verilerine göre, son 10 yıllık dönemde OECD ülkeleri içerisinde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke Türkiye olmuştur ve bu talebin

önümüzdeki on yıllık süreçte iki katına çıkması beklenmektedir. 2015 yılı itibariyle, toplam enerji talebinin sadece %24'ü yerli kaynaklardan karşılanırken; yerli ve yenilenebilir kaynakların üretimi de dikkate alındığında enerji bağımlılığı yaklaşık %76 seviyelerindedir (TP, 2017: 31). Türkiye, artan enerji talebini karşılayabilmek, mevcut kalkınma ivmesini sürdürebilmek ve enerji ithalatını düşürmek amacıyla, YE kaynakları içerisinde bulunan BE'yi de enerji portföyüne dahil etmiştir. BE kaynaklarına dayalı enerji arzını arttırmaya yönelik çalışmalar ise, YEK Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle birlikte hız kazanmış ve 2009 Kyoto Protokolü'nün imzalanmasıyla birlikte çevre ve hava kirliliğini bertaraf etmek üzere, YE kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması, BE kaynaklarının kullanımının ve çevre dostu teknolojilerin kullanımının artırılması gibi bir dizi hedefler belirlenmiştir. Bu hedeflerin başında, YE kaynaklarına dayalı elektrik üretimini 2023 yılına kadar %30 artırarak toplam enerji tüketiminin %20'sini sadece bu kaynaklardan temin etmek bulunmaktadır (YEGM, 2014).

Dünyada genelinde, gelişmekte olan diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de BE kaynaklarının çok büyük bir kısmı, özellikle kırsal kesimlerde yakacak, ısınma, yemek pişirme ve hayvan besleme gibi ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla tüketilmektedir. Mevcut biyokütle potansiyelinden BE üretiminde daha fazla faydalanmak ve BE kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla Türkiye'de, biyokütleyle dayalı yatırımlara hibe ve proje desteği vermek, BE'ye dayalı elektrik üreticilerine sabit fiyatlı alım garantisi sunmak, yerli hammaddelerden üretilen biyoyakıtlara özel tüketim vergisi muafiyeti sağlamak, taşıtlarda kullanılan fosil yakıtları biyoyakıtlarla harmanlama zorunlulukları getirmek, enerji bitkileri yetiştiricilerine prim destekleri vermek suretiyle BE üreticileri teşvik edilmektedir.

Türkiye dünya ülkeleri arasında 7. en büyük tarım üreticisi ülke konumundadır ve toplam nüfusun %66'sı tarım sektöründe çalışmaktadır (DBFZ, 2011: 48). Tarımsal üretiminin büyüklüğüne ve bitkisel çeşitliğe dair veriler, tarımın Türkiye'nin toplam BE arzına büyük oranda katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Ancak, biyokütle kaynaklarına dayalı enerjinin, 2013 yılı toplam birincil enerji arzına katkısı yalnızca %4,2 düzeyindedir. BE potansiyelinin belirlenmesinde, tarımsal üretim miktarının yanı sıra bu ürünlerin meydana getirdiği atık/artıkların potansiyelinin ve bu potansiyelin ne kadarının BE üretiminde değerlendirilebileceğinin de dikkate alınması gerekir.

Türkiye'nin biyokütle kaynaklarına bakıldığında, enerji potansiyelinin önemli bir bölümünün bitkisel atıklara, daha sonra sırasıyla kentsel atıklara, hayvansal atıklara ve ormansal atıklara dayandığı görülmektedir. 2017 yılı verilerine göre; üretilen bu biyokütle kaynaklarının yıllık toplam miktarı 295.880.737 ton ve bu miktarın tamamının kullanılması halinde üretilebilecek yıllık toplam enerji eşdeğeri 44.228.796 TEP olarak hesaplanmıştır (BEPA, 2017). Bu miktar, Türkiye'de teorik olarak BE kaynaklarına dayalı yaklaşık 514 bin GWh elektrik enerjisi üretilbileceği anlamına gelmektedir.

Tarımsal faaliyetler sonucu meydana gelen bitkisel atıkların miktarı göz önünde bulundurulduğunda ise, ülkenin doğu bölgelerinde oldukça yüksek bir potansiyel olmasına rağmen; bu atıkların BE üretiminde kullanımının batı bölgelerinde daha yaygın olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, doğu illerinde yüksek miktarlarda üretilen hasat artıklarının (anız) tarlalarda dağınık halde bırakılmasıdır. Bu atıkların tarlalardan toplanması, istiflenmesi ve BE üretim tesislerine sevkiyatları çiftçilere ekstra maliyet yaratması sebebiyle, anızlar genellikle tarlarda yakılmakta, toprağa sürülmekte ya da hayvan yemi olarak kullanılmaktadır.

Türkiye'de hayvancılık faaliyetleri de %35'lik bir oranla geleneksel olarak yapılan önemli ve yaygın bir sektör olagelmiştir. Özellikle biyogaz üretiminde yaygın olarak kullanılan sığır gübresi ve tavuk gübresi Türkiye açısından oldukça önemli biyokütle kaynaklarıdır. 2016 yılı büyükbaş hayvan ve tavuk sayıları dikkate alınarak yapılan hesaplamalar, bu hayvanlardan elde edilen gübrenin yaklaşık 2,2 milyar m³ biyogaz üretim potansiyeli olduğunu ortaya koymuştur. Yani bu potansiyelin tamamının kullanılması halinde 10 bin GWh'ten fazla elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilebilir. Ancak, bitkisel atıklarda olduğu gibi hayvansal atıklarda da doğu illerinde üretim miktarı batıya kıyasla fazla olmasına rağmen, bu atıklardan BE üretimi için faydalanma oranı batı bölgelerinde daha yüksektir. Bu durumun öncelikli sebebi; Türkiye'de canlı hayvan üretiminin yaklaşık %66'sının küçük işletmelerde gerçekleştiriliyor olmasıdır (DBFZ, 2011). Bu çiftliklerde ortaya çıkan az miktarda ve düşük kalitedeki gübrelerin toplanması, ayrıştırılması ve enerji üretim tesislerine transferi oldukça yüksek maliyetlerle ortaya çıkarmakta ve BE kaynağı olarak kullanılmasının önünde önemli bir engel teşkil etmektedir. BE üretiminin batı illerinde daha yüksek oranlarda gerçekleşiyor olmasının diğer bir nedeni ise, bu bölgelerde büyük ve modern hayvan çiftliklerinin kurulmasıdır.

Türkiye açısından önemli bir diğer biyokütle kaynağı da ormanlardır. Türkiye’de, ormanlarda üretilen ağaçların yaklaşık %46’sı doğal gaz erişiminin olmadığı kırsal kesimlerde hane halkı düzeyinde pişirme ve ısınma amacıyla ve büyük sanayi tesislerinde elektrik enerjisi üretiminde doğrudan yakılarak kullanılmaktadır. Bu kaynakların yakılarak kullanılması büyük miktarlarda kül çıkarmakta ve havadaki karbondioksit oranını artırmaktadır. Türkiye’de 2015 yılı verilerine göre, yaklaşık 1,9 milyar ton karbon ormanlar tarafından tutulmuş ve buna karşın 42 milyon ton oksijen üretilmiştir (OGM, 2011). Bu durum Türkiye’de, orman kökenli biyokütle kaynaklarının uygun ve çevre dostu teknolojiler kullanılarak BE üretiminde de fazla kullanılması gerektiğinin en önemli göstergesidir. Ayrıca, mevcut ormanların yanı sıra, son yıllarda enerji ormancılığı da hem hava kirliliğini azaltma hem de BE arzına katkı sağlaması yönüyle Türkiye açısından önemli bir yere sahiptir. Yapılan araştırmalar, 1 milyon ha (hektar) alana kurulacak olan enerji ormanından, yıllık 30 milyon varil ham petrole eşdeğer miktarda, yani neredeyse 7 milyon ton BE kaynağı üretilebileceğini göstermiştir (TÇV, 2006).

BE’nin, Türkiye’de en yaygın kullanım alanları, biyokütlelerin modern teknolojiler vasıtasıyla dönüştürülmesi sonucu elde edilen biyogaz, biyodizel ve biyoetanol gibi biyoyakıtların, elektrik üretimi ya da taşıt yakıtı olarak kullanılmasıdır. Avrupa biyoyakıt pazarının neredeyse %82’sini oluşturan biyodizel sektörü, Türkiye’de henüz çok yaygın değildir (Karaosmanoğlu, 2006). Bunun en büyük nedenlerinden biri hammadde tedarik sorunudur. Türkiye’de yetiştirilen yağlı tohumların tamamının biyodizel üretiminde kullanılması halinde yaklaşık 394 bin m³ biyodizel üretilmektedir. Ne var ki yurtiçi ham yağ talebinin önemli bir kısmının da ithal yolla karşılanıyor olması böyle bir üretimi mümkün kılmamaktadır. Bu sorunun aşılabilmesi için, Türkiye’de tarıma elverişli kullanılmayan arazilerde enerji bitkileri yetiştiriciliğinin teşvik edilmesi ve hammadde olarak atık yağ kullanımının artırılması gerektiği gözükmektedir.

Biyodizelde olduğu gibi Türkiye açısından oldukça yeni bir enerji kaynağı olması ve hammadde tedariki konusunda benzer kısıtların bulunması gibi sebeplerle biyoetanol sektörü yeni yeni gelişim göstermeye başlamıştır. Türkiye’de biyoetanolin en önemli hammaddesi olan tahılların üretimi oldukça yaygın olarak gerçekleştirilmektedir. Ancak gıda talebinin de çok büyük bir kısmının buğday ve arpa gibi tahıllardan karşılanıyor olması, biyoetanol üretiminde önemli bir kısıt oluşturmaktadır. Türkiye’de 2016 yılında toplam 3,5 milyar litre benzin tüketilmiştir (www.enerjiatlasi.com). Bu tüketimin

tamamının biyoetanolden karşılanması halinde 5,8 milyar litre saf biyoetanole ihtiyaç duyulacaktır. Türkiye’de üretilen buğdayın tamamının kullanılması durumunda ise yaklaşık 7 milyar litre biyoetanol üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Veriler ışığında, sadece buğdayın biyoetanol üretim potansiyeli Türkiye’nin yıllık benzin ihtiyacının fazlasıyla karşılanabileceği görülmektedir. Özellikle motorlu araç kullanımının artması ve bu taşıtlarda kullanılan yakıtın dışarıdan temin ediliyor olması biyoetanolin hammaddesi olan ürünlerin üretimini artırıcı önlemler alınması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca Türkiye’de halihazırda 68.500 m³’lük etanol üretim kapasitesi bulunan şeker fabrikalarına biyoetanol üretimi için gerekli olan susuzlaştırma üniteleri kurulması için sağlanacak ek destek ya da teşvikler, âtil durumdaki bu kapasitenin ülke ekonomisine kazandırılmasını sağlayacaktır (TEPGE, 2012).

Türkiye’de kullanılan bir diğer önemli biyoyakıt türü biyogazdır. Türkiye’de mevcut durumda üretilen biyokütle kaynaklarının tamamına erişimin sağlanması ve bu kaynakların biyogaz üretimi için kullanılmasının mümkün olmadığı bilinmektedir. Ancak yapılan hesaplamalar, Türkiye’de üretilen büyükbaş hayvan ve tavuk gübresinin sadece %50’sinin biyogaz üretimine kazandırılabilmesi halinde yaklaşık 6.000 GWh elektrik enerjisi üretilebileceğini göstermektedir. İlâveten, biyogaz üretiminde kullanılacak tarım ürünlerine bakıldığında ise, 276,74 PJ’lük bir biyogaz üretim potansiyeli bulunan tahıl saplarından yaklaşık 77 bin GWh’lik elektrik enerjisi üretilebileceği de hesaplanmıştır (DBFZ, 2011). Yani sadece tahıl atıklarının tamamının kullanılması durumunda, Türkiye’nin BE’ye dayalı elektrik üretimi için belirlemiş olduğu 2023 yılı hedefinin yaklaşık 17 katı kadar bir enerji elde etmek mümkün olmaktadır.

Bütün bu veriler ışığında, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla YE kullanımını artırma yönünde hedefleri bulunan Türkiye açısından, BE’nin diğer YE kaynakları arasında oldukça önemli ve kilit bir rolü olduğu görülmektedir. Ayrıca, sadece tarımsal faaliyetler sonucu oluşan atıkların BE’ye kazandırılması halinde bile YEGM’nün 2023 yılı BE’ye dayalı elektrik üretim hedefi olan 4.533 Gwh’e ulaşabileceği ifade edilebilir.

Yapılan bu araştırmada, Türkiye’nin teoride enerji talebinin önemli bir kısmını karşılayabilecek miktarda biyokütle kaynağına sahip olduğu görülüyor olsa da; pratikte bu kaynakların tamamını BE üretimi için kullanmak söz konusu değildir. Ancak BE kaynaklarının enerji üretimine daha fazla katkı verebilmesi için ilk olarak bu konudaki

bilgi yetersizliğinin giderilmesi gerekir. Ayrıca BE kaynaklarını enerji üretiminde kullanacak birimlere kaynak aktarımına gitmek faydalı olacaktır. Diğer taraftan üretimde verimliliği artıracak olan mühendislik hizmetlerine ait maliyetlerin minimize edilmesi için çalışmalar yürütülmelidir. Hedeflenen sonuçların alınabilmesi bakımından bürokratik işlemleri kolaylaştıracak altyapının da sağlanması önem taşımaktadır.

Ayrıca, Türkiye'nin mevcut BE kaynaklarından maksimum düzeyde faydalanarak enerji ihtiyacını kesintisiz bir şekilde sağlaması için kısa vadede, BE konusunda, özellikle tarım ve hayvancılık sektöründe faaliyet gösteren biyokütle üreticilerinde bir farkındalık yaratmak gerekir. Ayrıca üreticilere, tarlalarda toplanmış halde bulunan (erişimi daha kolay, hızlı ve düşük maliyetli olan) hasat atıklarına öncelik vermek suretiyle, her türlü bitkisel atık ve artıkların toplanarak BE tesislerine transferini kolaylaştırıcı teknolojik ve lojistik destekler sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Acaroğlu, Mustafa and Aydoğan, Hasan (2012). Biofuels energy sources and future of biofuels energy in Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 36 (2012), 69 – 76.
- Adıgüzel, Ali O. (2013). Biyoetanolün Genel Özellikleri ve Üretimi İçin Gerekli Hammadde Kaynakları. *Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 204-220.
- Akdağ, N. Funda (2007). Hidrolik Ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu. http://www.dektmk.org.tr/upresimler/2007calismagrubu/biyokutle_enerjisi_raporu_304.pdf, Erişim Tarihi: 12.04.2017.
- Balat, Mustafa (2005). Use Of Biomass Sources For Energy In Turkey And A View To Biomass Potential. *Biomass and Bioenergy*, 29 (1), 32-41.
- Baştan, Erdal, Sevinç, Şeyma, Semerci, Mümin ve Tunçez, Fatma D. (2017). Kompost Ve Biyogaz Tesislerinde Değerlendirilebilecek Konya'daki Organik Atık Potansiyelinin Analizi. Konya: InnoPark.
- Bayramoğlu, Turgut (2009). Biyokütle Enerjisi ve Yerel Ekonomik Kalkınma: Tra1 Bölgesi'nde (Erzurum-Erzincan-Bayburt) Biyokütle Potansiyeli Ve Ekonomik Etkileri Üzerine Bir Saha Araştırması, Doktora Tezi. T.C. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- BEPA (Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası). <http://bepa.yegm.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 10.01.2018.
- Bilgen, Selçuk, Sarıkaya, Sedat I. ve Kaygusuz, Erol (2015). A perspective for potential and technology of bioenergy in Turkey: Present case and future view. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 48 (Special Issue), 228-239.
- Bilgili, Faik, Koçak, Emrah, Bulut, Ümit and Kuşkaya, Sevda (2017). Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 71 (5), 830-845. <https://www.sciencedirect.com/science/journal/13640321/71>, Erişim Tarihi: 15.06.2017.
- Bolat, Dilek, Güven, Emine, C., Gedik, Kadir ve Karakuş, Perihan, B., K. (2015). Yağ Sektörü Ürün Veya Atıklarının Alternatif Yakıt Olarak Kullanılmasının Çevre Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 2016, 25-44.
- Bölük, Gülden ve Koç, Ahmet A. (2008), Dünya'da ve Türkiye'de Biyo-yakıtlar: Üretim, politikalar, maliyet ve etkileri. *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*. 23 (269), 25-50.

- BP (British Petroleum). (2014a). Biomass in the energy industry: an introduction, <https://www.bp.com>, Erişim Tarihi: 01.02.2018.
- BP (British Petroleum). (2014b). Energy Outlook 2035. <https://www.bp.com>, Erişim Tarihi:15.04.2017.
- BP (British Petroleum). (2017). BP Statistical Review of World Energy. <https://www.bp.com>, Erişim Tarihi:15.01.2018.
- BYSD (Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği). (2016). <http://www.bysd.org.tr>, Erişim Tarihi: 16.01.2018.
- Calle, Frank R., Groot, Peter, Hemstock, Sarah L. and Woods, Jeremy (2005). The Biomass Assessment Handbook Bioenergy for a Sustainable Environment (1th Edition). London: Earthscan.
- Çağal, Fahriye E. (2009). Biyokütle Enerjisi Potansiyelinin Türkiye Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- DBFZ (Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum) ve T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2011). Türkiye'de biyogaz yatırımları için geçerli koşulların ve potansiyelin değerlendirilmesi (Türk-Alman Biyogaz Projesi). (Çeviren: Funda Cansu Ertem). www.biyogaz.web.tr/files/docs/dbfz_turkiye_biyogaz_potansiyel_raporu.pdf, Erişim Tarihi: 10.11.2017.
- Deloitte (2014). Biyokütlenin Altın Çağı. www.deloitte.com/Documents/energy-resources/BiyokutleninAltinCag1.pdf, Erişim Tarihi: 02.04.2017.
- Doğanay, Hayati ve Coşkun, Ogün (2017). Enerji Kaynakları (3. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Durmuş, Barbaros (2017). Türkiye'de Yetişen Yağlı Tohumlardan Biodizel Üretim Potansiyelinin İncelenmesi. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi. 7(2), 45-49.
- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (2011). T.C. Resmî Gazete , 28097, 27 Ekim 2011.
- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). (2014). 2014 Yılı Bütçe Sunumu. <http://www.enerji.gov.tr>, Erişim Tarihi: 28.05.2017.
- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). (2017). 2018 Yılı Bütçe Sunumu. <http://www.enerji.gov.tr>, Erişim Tarihi: 01.02.2018.
- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). (2016). Dünya ve Ülkemiz Enerji Ve Tabii Kaynaklar Görünümü (Rapor No: 11). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara.

- ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). (2018). <http://www.enerji.gov.tr>, Erişim Tarihi: 10.23.2018.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2009). State of the World's Forests 2009, <http://www.fao.org/3/a-i0350e.pdf>, Erişim Tarihi: 10.03.2017.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2016). BEFS (Bioenergy and Food Security) ASSESSMENT FOR TURKEY: Sustainable bioenergy options from crop and livestock residues. <http://www.fao.org>, Erişim Tarihi: 02.09.2017.
- FAOSTAT (The Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, Erişim Tarihi: 10.02.2018.
- Gizlenci, Şahin ve Acar, Mustafa (2008). Enerji Bitkileri Tarımı Ve Biyoyakıtlar. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Karadeniz Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Enerji Bitkileri, Biyoyakıtlar Sektörel Rapor. <https://arastirma.tarim.gov.tr>, Erişim Tarihi: 15.11.2017.
- Gizlenci, Şahin, Acar, Mustafa ve Şahin, Mevlüt (2011). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının (biyodizel, bioetanol ve biyokütle) Projeksiyonu. Tarım Makinaları Bilim Dergisi, 8 (3), 337-344.
- Gustav, Resch, Held, Anne, Faber, Thomas, Panzer Christian, Reinhard, Haas and Toro, Felipe (2008). Potentials and prospects for renewable energies at global scale. Energy Policy, 36 (11), 4048-4056.
- Gülay, Ahmet N. (2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Halder, Pradipta, Prokop, Pavol, Chang, Chun-Yen, Usak, Muhammet, Pietarinen, Janne, Havu-Nuutinen, Sari, Pelkonen, Paavo and Cakir, Mustafa (2011). International Survey on Bioenergy Knowledge, Perceptions, and Attitudes Among Young Citizens. BioEnergy Research , 5 (1), 247-261.
- Horuz, Ayhan, Korkmaz, Ahmet ve Akınoğlu, Güney (2015). Biyoyakıt Bitkileri ve Teknolojisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 3 (2), 69- 81.
- IEA (International Energy Agency). (2007). Bioenergy Project Development and Biomass Supply: Good Practice Guidelines. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/biomass.pdf>, Erişim Tarihi: 02.04.2017.
- IEA (International Energy Agency). (2009). Bioenergy – A Sustainable and Reliable Energy Source: A Review of Status and Prospects. <http://www.ieabioenergy.com>, Erişim Tarihi: 11.04.2017.

- IEA (International Energy Agency). (2011a). Anaerobic Digestion Report Turkey's Situation in Biogas. Bioenergy Task 37. <http://task37.ieabioenergy.com/country-reports.html>, Erişim Tarihi: 02.10.2017.
- IEA (International Energy Agency). (2011b). World Energy Outlook 2011. http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/es_turkish.pdf, Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- IEA (International Energy Agency). (2012). World Energy Outlook 2012. <https://www.iea.org>, 23.09.2016-1.pdf, Erişim Tarihi:15.04.2017.
- IEA (International Energy Agency). (2013). World Energy Outlook 2013. <https://www.iea.org>, Erişim Tarihi: 15.04.2017.
- IEA (International Energy Agency). (2016). Bioenergy Countries' Report: Bioenergy policies and status of implementation 2016. <http://www.ieabioenergy.com>, Erişim Tarihi:12.04.2017.
- IEA (International Energy Agency). (2017). Technology Roadmap Delivering Sustainable Bioenergy. www.iea.org, Erişim Tarihi: 01.02.2017.
- IEA (International Energy Agency) and FAO (The Food and Agriculture Organization). (2017). Technology Roadmap: How2Guide for Bioenergy Roadmap-Development and Implementation. www.iea.org, Erişim Tarihi: 10.11.2017.
- Kapluhan, Erol (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki Ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. Marmara Coğrafya Dergisi. 2014 (30), 92-125. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/3425>, Erişim Tarihi: 01.09.2017.
- Karagöl, Erdal T. ve Kavaz, İsmail (2017). Dünya'da Ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. <https://setav.org/assets/uploads/2017/04/YenilenebilirEnerji.pdf>, Erişim Tarihi: 18.11.2017.
- Karaosmanoğlu, Filiz (2006). Biyoyakıt teknolojisi ve İTÜ araştırmaları, ENKÜS 2006- İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi. İstanbul, 22-23 Haziran, s. 110-125. http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/103/41103129.pdf, Erişim Tarihi: 10.11.2017.
- Karasar, Niyazi (2014). Bilimsel Araştırma Yöntemi: Kavramlar, İlkeler, Teknikler (26. Baskı). Ankara: Nobel Akademi Yayıncılık.
- Kaygusuz, Kamil and Şekerci, Tuncay (2016). Biomass for efficiency and sustainability energy utilization in Turkey. Journal of Engineering Research and Applied Science, 5 (1), 332-341.
- Kaygusuz, Kamil ve Türker, Mustafa F. (2002). Biomass energy potential in Turkey. Renewable Energy, 26 (4) – 661-678.

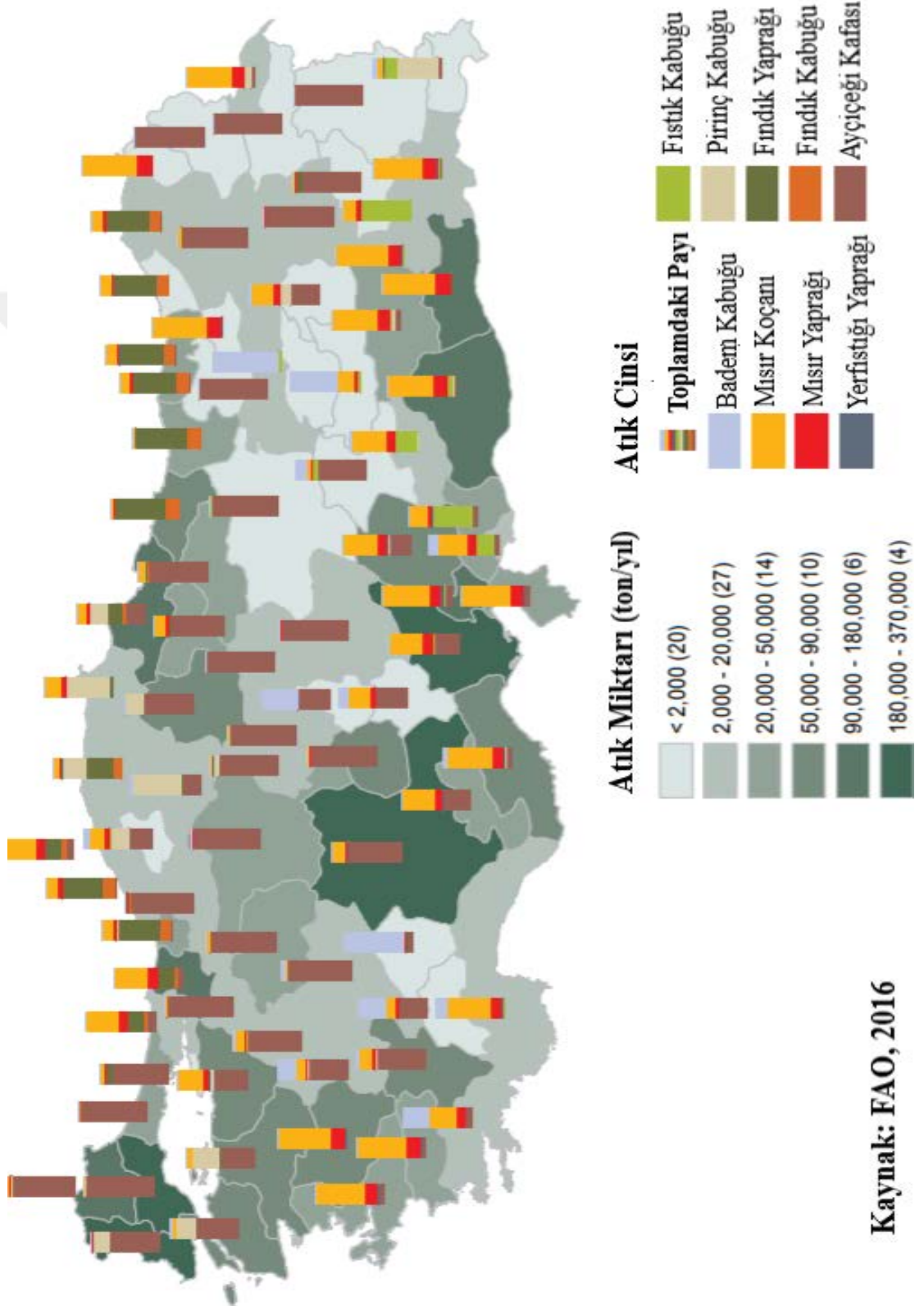
- Kılıç, Fatma Ç. (2011). Biyogaz, Önemi, Genel Durumu Ve Türkiye'deki Yeri. Mühendis ve Makine. 52 (617), 94-106.
- Klass, Donald (1998). Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals (1th Edition). Illinois: Academic Press.
- Karagöz, Hakan (2009). Türkiye Ve Konya'da Hayvancılık Sektörü, Sektörün Sorunları Ve Çözüm Önerileri. Konya Ticaret Odası, Etüd Araştırma Servisi. <http://www.kto.org.tr>, Erişim Tarihi: 11.12.2017.
- Magar, Surya B., Pelkonen, Paavo, Tahvanainen, Lisa, Toivonen, Ritva and Toppinen, Anne (2011). Growing trade of bioenergy in the EU: Public acceptability, policy harmonization, European standards and certification needs. Biomass and Bioenergy , 35 (8), 3318-3327.
- Matzenberger, Juliana, Tromborg, Eric, Junginger, Martin, Daioglou, Vassilis, Goh, Chun, S., and Keramidas, Kimon (2013). Future perspectives of international bioenergy trade. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 43(March), 926-941.
- Melikoğlu, Mehmet ve Albostan, Ayhan (2010). Türkiye'de Biyoetanol Üretimi Ve Potansiyeli. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26 (1), 151-160.
- Montgomery, Scott L. (2014). Küresel Enerjiye Yön Veren Güçler Yirmi Birinci Yüzyıl ve Sonrası. (Çeviren: Evra Günhan Şenol). Ankara. TÜBİTAK.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü). (2011). Türkiye Orman Varlığı 2015. <https://www.ogm.gov.tr>, Erişim Tarihi: 10. 15.2017.
- Öztürk, Mustafa (2004). Kullanılmış Bitkisel ve Hayvansal Yağlar. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara. www.eng.ege.edu.tr, Erişim Tarihi: 15.01.2017.
- Öztürk, Münir, Saba, Naheed, Altay, Volkan, Iqbal, Rizwan, Hakeem, Khalid Rehman, Jawaid, Mohammad and Ibrahim, Faridah H. (2017). Biomass and bioenergy: An overview of the development potential in Turkey and Malaysia. Renewable and Sustainable Energy Reviews , 79 (2017), 1285-1302.
- Parikka, Matti (2003). Global Biomass Fuel Resources. Article in Biomass and Bioenergy 27 (6) : 613-620. <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/global-biomass-fuel-resources>, Erişim Tarihi: 11.04.2017.
- Pearce, Fred and Aldhous, Peter (2007). Biofuels may not be answer to climate change. New Scientist, Volume 196, Issue 2634, 6-7.
- Petersen, Jan E., Elbersen, Berieen, Fritsche, Uwe R. (2014). Applying resource efficiency principles to the analysis of EU-27 bioenergy options by 2020 – Findings from a recent study for the European Environment Agency. Biomass and Bioenergy, 65 (2014), 170-182.

- Piotrowski, Stephan, Carus, Michael and Essel, Roland (2016). Sustainable biomass supply and demand: a scenario analysis. *Add Journal to My Library Open Agriculture*, 1 (1), 18-28.
- PI (The Population Institute). (2017). www.populationinstitute.org, Erişim Tarihi: 15.12.2017.
- Sabancı, Alaettin, Atal, Mehmet ve Yaşar, Abdulkadir (2006). Türkiye’de Biyodizel Kullanım ve Olanakları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2 (1), 33-39.
- Scarlat, Nicolae, Dallemand, Jean F., Ferrario, Fabio M. and Nita, Viorel (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development*, 15 (2015): 3–34.
- TAGEM (Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü) (2014). Tarımsal Araştırmalardan Bakış. ANKARA. <https://arastirma.tarim.gov.tr/tepege>, Erişim Tarihi: 01.05.2018
- Tao, Guangcan, Lestander, Torbjörn A., Geladi, Paul, and Xiong, Shaojun (2012). Biomass properties in association with plant species and assortments I: A synthesis based on literature data of energy properties. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 16 (5), 3481-3506.
- T.C. Resmî Gazete, <http://www.resmigazete.gov.tr/default.aspx>, Erişim Tarihi: 01.12.2017.
- TÇV (Türkiye Çevre Vakfı) (2006). www.cevre.org.tr/tr, Erişim Tarihi: 01.01.2018.
- TEPGE (Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü). (2012). Dünya ve Türkiye Biyo-enerji Piyasalarındaki Gelişmelerin ve Potansiyel Değişikliklerin Türk Tarım ve Hayvancılık Sektörleri Üzerindeki Etkilerinin Modellenmesi ve Türkiye için Biyo-enerji Politika Alternatiflerinin Oluşturulması (ISBN:978-605-4672-01-1). Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı.
- The World Bank. (2011). Household Energy Access for Cooking and Heating: Lessons Learned and the Way Forward, [https://www. Openknowledge.worldbank.org](https://www.Openknowledge.worldbank.org), Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- The World Bank. (2014). Clean and Improved Cooking in Sub-Saharan Africa, [https://www. openknowledge.worldbank.org](https://www.openknowledge.worldbank.org), Erişim Tarihi: 20.04.2017.
- TİGEM (Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü). (2013). Hayvancılık Sektör Raporu. <http://tarim.kalkinma.gov.tr>, Erişim Tarihi: 10.12.2017
- Toklu, Erdem (2017). Biomass energy potential and utilization in Turkey. *Renewable Energy* , 107(2017), 235-244.

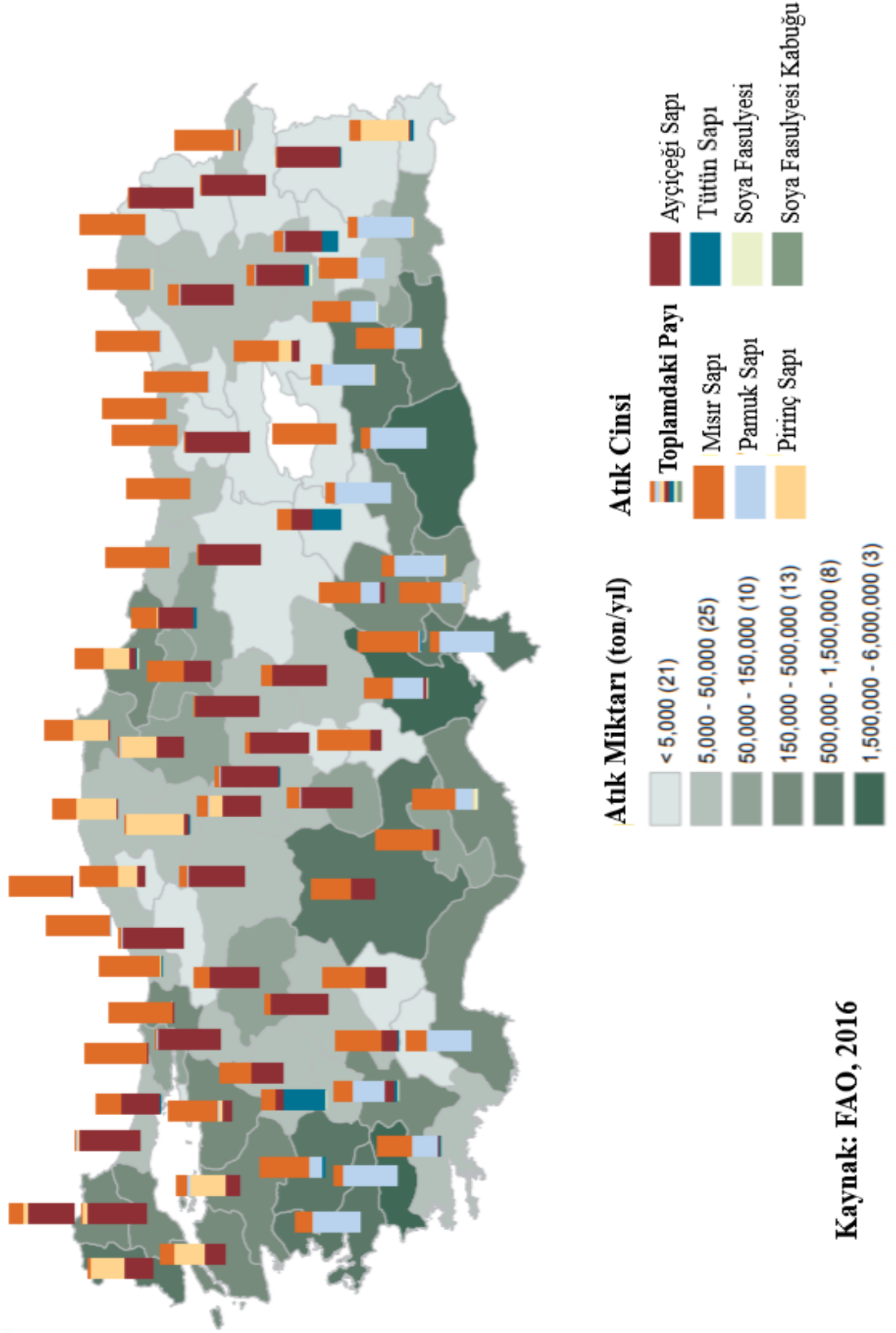
- TP (Türkiye Petrolleri). (2017). 2016 Yılı Ham Petrol Ve Doğal Gaz Sektör Raporu. http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektorrapor_2806.pdf, Erişim Tarihi: 01.01.2018.
- Turan, Gamze N., Çoruh, Semra, Akdemir, Andaç and Ergun, Osman N. (2009). Municipal solid waste management strategies in Turkey. *Waste Management*, 29 (1), 465–469.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Krumu). (2016a). Bitkisel Üretim İstatistikleri 2016. <http://www.tuik.gov.tr>, Erişim Tarihi: 20.01.2018.
- WBA (World Bioenergy Association). (2014). Global Bioenergy Statistics 2014. <http://www.worldbioenergy.org>, Erişim Tarihi: 25.03.2017.
- WBA (World Bioenergy Association). (2017) Global Bioenergy Statistics 2017. <http://www.worldbioenergy.org>, Erişim Tarihi: 17.04.2017.
- WEC (World Energy Council). (2013). World Energy Resources: Bioenergy. <https://www.worldenergy.org>, Erişim Tarihi: 01.01.2018.
- WEC (World Energy Council). (2016a). World Energy Resources: Bioenergy. <https://www.worldenergy.org>, Erişim Tarihi: 15.12.2017.
- WEC (World Energy Council). (2016b). World Energy Resources: World Energy: Resources Waste to Energy. <https://www.worldenergy.org>, Erişim Tarihi: 15.12.2017.
- Enerji Atlası (2017). www.enerjiatlası.com, Erişim Tarihi: 01.01.2018.
- YEGM (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü). (2014). Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (YEPP). <http://www.eie.gov.tr>, Erişim Tarihi: 25.06.2017.
- YEGM (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü). (2017). <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle.aspx>, Erişim Tarihi: 10.10.2017
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (2005). T.C. Resmî Gazete, 25819, 18 Mayıs 2005.

EKLER

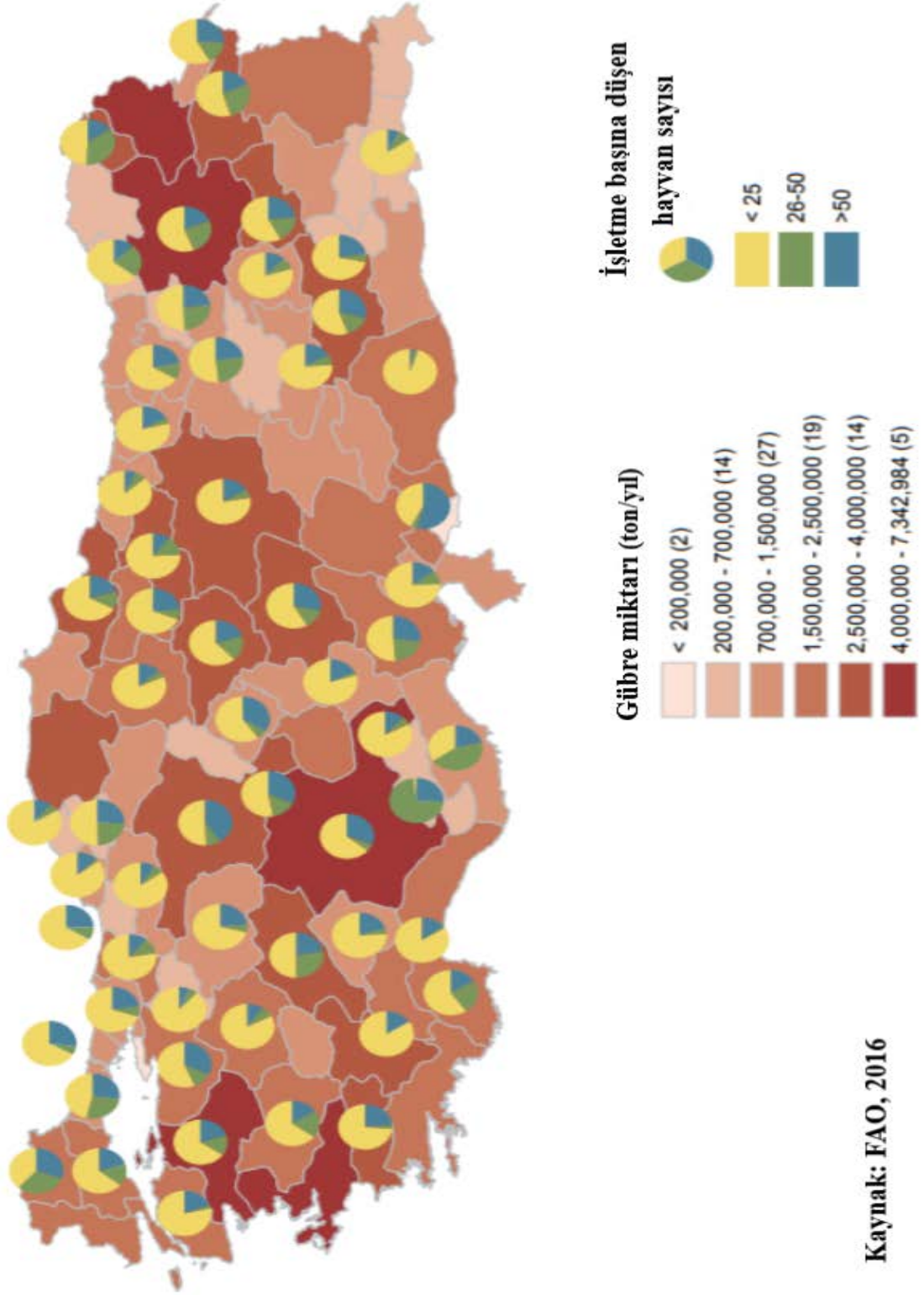
EK 1. Tarlalarda Yığın Halinde Bırakılan Hasat Artıklarının İl Bazında Üretim Miktarları



EK 2. Tarlalarda Dağınık Halde Bırakılan Hasat Artıklarının İl Bazında Üretim Miktarları

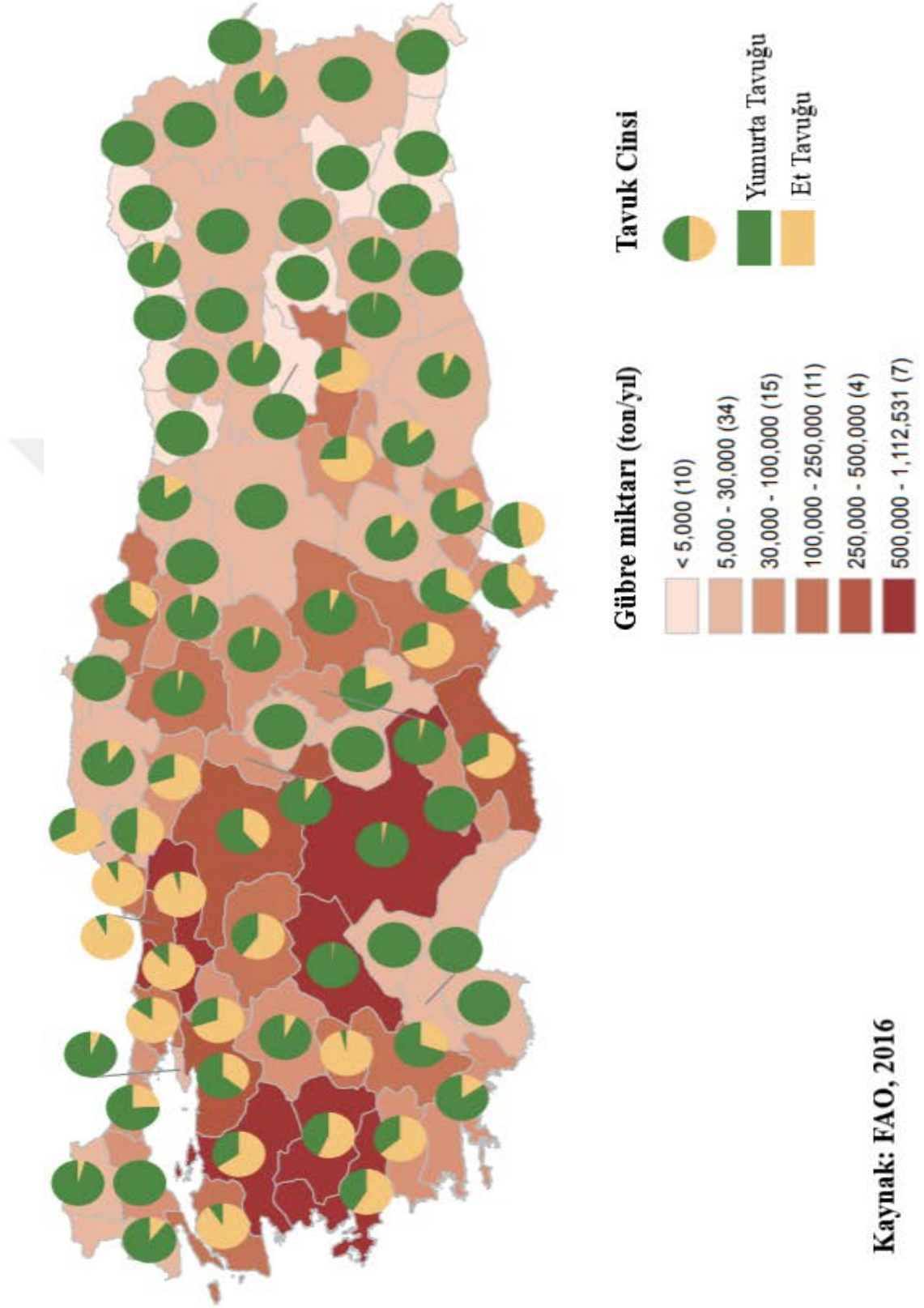


EK 3. İl Bazında Üretilen Sığır Gübresi Miktarları

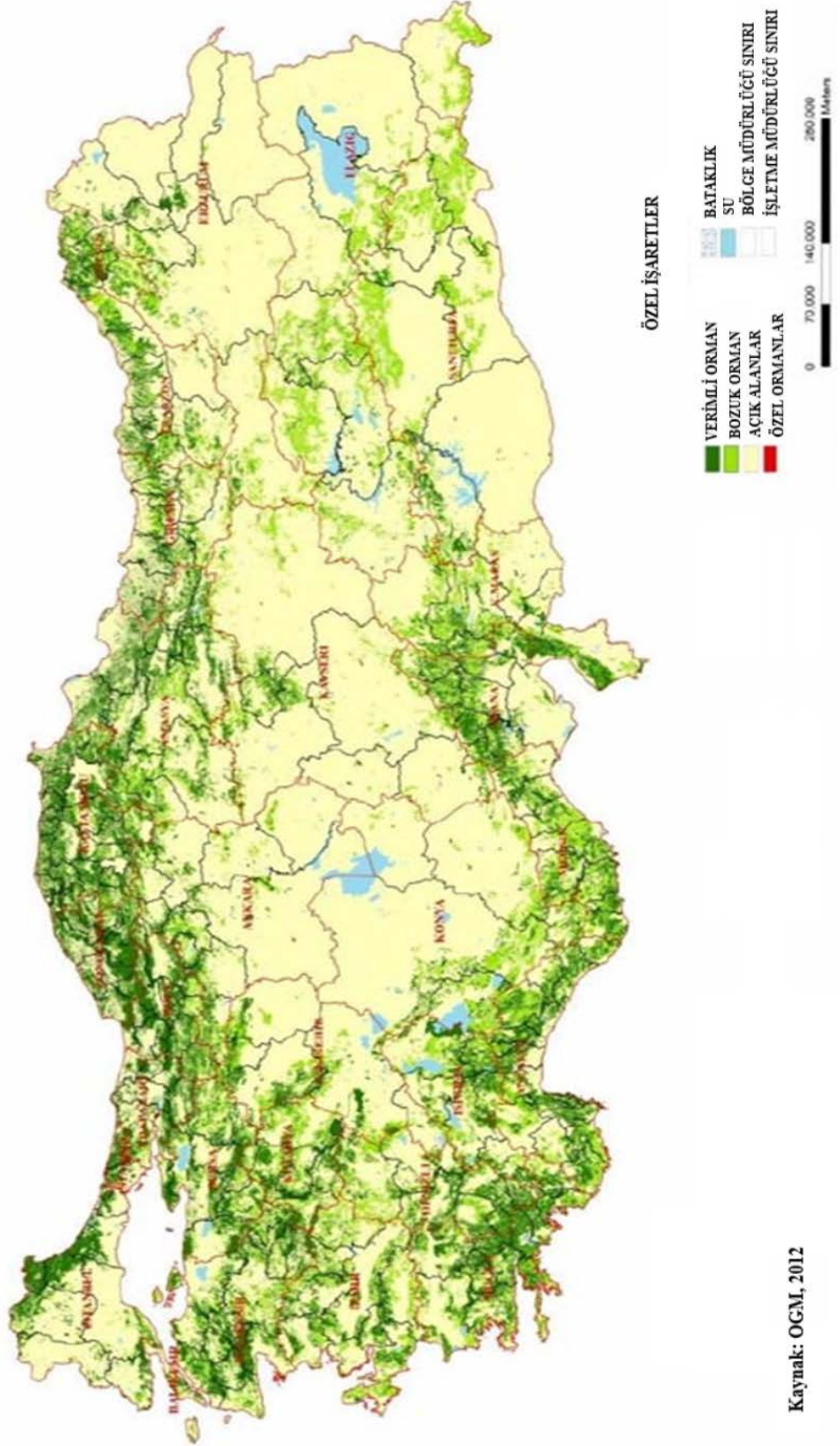


Kaynak: FAO, 2016

EK 4. İl Bazında Üretilen Tavuk Gübresi Miktarları



Ek 5. Türkiye Orman Varlığı Haritası



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ayşe Aslantaş
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA, 24.11.1980

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Başkent Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi,

İşletme

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Almanca

İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar : - Balçok Travel Agency, Viyana
- SGM İnşaat San. Tic. A.Ş., Ankara
- Kervan Gıda A.Ş., İstanbul
- T.C. Başbakanlık Yatırım Ajansı, İstanbul
- Başkonak Tarım Hay. A.Ş., Konya

İletişim

E-Posta Adresi : ayseaslantas@gmail.com

Tarih : 12.02.2018