

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI: BİYOKÜTLE

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI: BİYOKÜTLE

Celal TAŞDOĞAN
Hacı Bayram Veli Üniversitesi
İktisat Bölümü

ANKARA, 2022

Bu rapor ‘‘Türkiye Ekonomisinin Yeşil Büyüme Yolunda Kalkınmasını Desteklemek Amacıyla Sürdülebilir Biyokütle Kullanımı Projesi’’ kapsamında hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Prof. Dr. Celal TAŞDOĞAN

Hacı Bayram Veli Üniversitesi
İktisat Bölümü

İletişim Adresi

Kızılırmak Mahallesi Dumlupınar Bulvarı

Next Level A Blok K:16 D:81

Söğütözü/Çankaya/Ankara

Tel: 0312 970 20 34 / Fax: 0850 220 04 51

www.enerjihukuku.org.tr / info@enerjihukuku.org.tr

Grafik & Dizgi - Baskı ve Cilt

SALMAT BASIM YAYINCILIK AMBALAJ SAN. ve TİC. LTD. ŞTİ.

Sebze Bahçeleri Caddesi Arpacıoğlu İş Hanı No:95/1

İskitler/ANKARA

Tel: (0312) 341 10 24 • Faks: (0312) 341 30 50

www.salmatbasim.com.tr • email: salmatbasim@gmail.com

İçindekiler

YÖNETİCİ ÖZETİ.....	XIII
1. Giriş.....	1
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	8
2.1. RÜZGÂR ENERJİSİ.....	10
2.2. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	12
2.3. JEOTERMAL ENERJİ	14
2.4. BİYOKÜTLE ENERJİSİ	15
3. BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK.....	17
3.1. ÇEVRESEL BOYUT	22
3.2. EKONOMİK BOYUT.....	29
3.3. SOSYAL BOYUT	35
4. BİYOKÜTLE ÇEVİRİM TEKNOLOJİLERİ	37
5. BİYOKÜTLE KAYNAKLARI VE RİSKLER	38
6. TÜRKİYE’DE BİYOKÜTLE YATIRIMLARI VE RİSKLER.....	44
6.1. TÜRKİYE’DE BİYOKÜTLE SEKTÖRÜNDE REKABET.....	47
6.2. TÜRKİYE’DE BİYOKÜTLE SEKTÖRÜNDE FİNANSMAN OLANAKLARI.....	49
6.3. TÜRKİYE’DE BİYOKÜTLE ENERJİ TEŞVİKLERİNDE GÜNCEL DURUM.....	52
7. BİYOKÜTLE YATIRIMLARINDA MALİ DEĞERLENDİRME	54
8. BİYOKÜTLE SEKTÖRÜNÜN GELECEĞİ.....	56
YARARLANILAN KAYNAKLAR	58

Şekiller Listesi

Şekil 1.	Yıllara Göre Mineral Yakıtlar, Mineral Yağlar ve Bunların Damıtılmasından Elde Edilen Ürünler, Bi-tümenli Maddeler, Mineral Mumlar İthalatı.....	2
Şekil 2.	Yıllara Göre Toplam Birincil Enerji Arzı ve İthalat Oranı	3
Şekil 3.	Yıllara ve Sektörlere Göre Toplam Sera Gazı Emisyonları.....	3
Şekil 4.	2020 Yılı İçin Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretim Kaynaklarının Dağılımı	8
Şekil 5.	Türkiye’nin Yıllara Göre Rüzgar Enerjisine Dayalı Elektrik Kurulu Gücü ..	11
Şekil 6.	Türkiye’nin Yıllara Göre Rüzgar Enerjisine Dayalı Elektrik Üretiminin Toplam İçindeki Payı.....	11
Şekil 7.	Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	12
Şekil 8.	Yıllara Göre Türkiye’nin Güneş Enerjisi Kurulu Gücü.....	13
Şekil 9.	Yıllara Göre Türkiye’de Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Toplam İçindeki Payı	13
Şekil 10.	Türkiye’de Yıllara Göre Jeotermal Kaynaklı Elektrik Üretimi Kurulu Gücü.....	15
Şekil 11.	Türkiye’de Yıllara Göre Jeotermal Elektrik Üretiminin Toplam İçindeki Payları	15
Şekil 12.	Türkiye’de Yıllara Göre Biyokütle Elektrik Üretimi Kurulu Gücü.....	17
Şekil 13.	Türkiye’de Yıllara Göre Biyokütle Elektrik Üretiminin Toplam İçindeki Payları	17
Şekil 14.	Entegre Katı Atık Yönetim Şeması.....	23
Şekil 15.	2020 Yılı Ambalaj Atıklarının Geri Kazanım Oranları (%).....	24
Şekil 16.	Toplama-Ayırma ve Geri Dönüşüm Tesislerinin Yıllara Göre Dağılımı (Adet)	24
Şekil 17.	Biyometanizasyona Uygun Olan Belediye Atıklarının İllere Göre Dağılı	25
Şekil 18.	Bertaraf ve Geri Kazanım Yöntemine Göre Belediye Atıklarının Dağılımı (%).....	25
Şekil 19.	2018 Yılı Özel Tehlikeli Atık ve Tıbbi Atıkların Dağılımı	28
Şekil 20.	2018 Yılı Tehlikeli Atıkların İşleme Dağılımı (%)	29
Şekil 21.	Yıllara Göre Biyokütle Kaynaklı Isı Üretimi (TJ).....	30
Şekil 22.	2019 Yılı Elektrik Üretiminde Biyokütle Kurulu Güç Dağılımı	30

Şekil 23. 2016-2020 Yılları Arasında Yenilenebilir Enerji Santralleri Ortalama Çalışma Oranları (%).....	31
Şekil 24. 2018 Yılı Yenilenebilir Enerji Sektörlerinde Küresel İstihdam Dağılımı (%)	33
Şekil 25. 2018 Yılı Biyoenerji Sektöründeki Küresel İstihdamın Dağılımı	34
Şekil 26. 2018 Yılı Türkiye’de Biyoenerji Sektöründeki İstihdam Dağılımı	34
Şekil 27. Biyokütle Enerji Üretiminde Sosyal Etkilere Genel Bakış.....	36
Şekil 28. Biyokütle Çevrim Teknolojileri	38
Şekil 29. Hayvansal Atıkların Enerji Eşdeğerinin İllere Göre Dağılımı (TEP/Yıl)....	39
Şekil 30. Bitkisel Enerji Eşdeğerinin İllere Göre Dağılımı (TEP/Yıl).....	40
Şekil 31. Belediye Atıkları Enerji Eşdeğerinin İllere Göre Dağılımı (TEP/Yıl).....	41
Şekil 32. Orman Atıkları Enerji Eşdeğerinin Bölgelere Göre Dağılımı (TEP/Yıl)..	43
Şekil 33. Biyodizel Üreten Firmaların Dağılımı	45
Şekil 34. Biyoetanol Üreten Firmaların Dağılımı	45
Şekil 35. Biyokütle Kaynaklı Lisanssız Elektrik Üreten Firmaların İllere Göre Dağılımı (kWe).....	46
Şekil 36. Biyokütle Kaynaklı Lisanslı Elektrik Üreten Firmaların İllere Göre Dağılımı (MWe)	47
Şekil 37. 2021 Yılında Biyokütle Sektöründe Önde Gelen Firmaların Kurulu ve Planlanan Güç Dağılımı (MWe).....	48
Şekil 38. 2021 Yılında Biyokütle Sektöründe Önde Gelen Firmaların Geçmiş Lisans Süreleri ve Kalan YEKDEM sürelerinin Karşılaştırılması (Yıl)....	49
Şekil 39. 2019 Yılında Sürdürülebilir Finansman İmkanlarının Küresel Dağılımı (Milyar \$).....	50
Şekil 40. Türkiye’de 2021 İtibariyle TurSEFF Tarafından Sağlanan Finansman İmkânları	51
Şekil 41. TurSEFF Başvuru ve Finansman Süreci	52

Tablolar Listesi

Tablo 1.	2022-2031 Yılları Brüt Elektrik Tüketim Tahmini (GWh).....	1
Tablo 2.	2020 Yılı İçin Türkiye’de Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı.....	9
Tablo 3.	Türkiye’de Potansiyel Rüzgar Enerji Kapasitesi-50 M.....	10
Tablo 4.	Türkiye’de Biyokütle Enerji Potansiyeli	16
Tablo 5.	Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesis Sayıları; 2018,2020	26
Tablo 6.	Toplam Atık Miktarının Dağılımı; 2018,2020	27
Tablo 7.	2018 Yılında Tehlikeli Atık Miktarının En Fazla Olduğu Başlıca İller	28
Tablo 8.	2020 Yılı Santrallerin Azami Üretim Miktarı ve Kapasitesi.....	31
Tablo 9.	Biyokütle Yan Ürünleri ve Kullanım Alanları	33
Tablo 10.	2021 Yılında Biyokütle Sektöründe Önde Gelen Firmaların Lisanslı Kapasiteleri (MWe)	47
Tablo 11.	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) .	53
Tablo 12.	Güncel YEKDEM Uygulaması.....	53
Tablo 13.	Biyokütle Yatırımlarında Öngörülen Maliyetler	54
Tablo 14.	Yatırım Harcamalarının Dağılımı	55

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
AYM	Avrupa Yeşil Mutabakatı
BEPA	Biyokütle Enerji Potansiyel Atlası
BES	Biyokütle Enerji Santrali
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi
COP 21	Taraflar Konferansı
EBRD	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası
ESG	Çevresel, Sosyal, Yönetişim
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Denetleme Kurumu
ETBK	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerjisi Santrali
GWh	Gigawatt Saat
HES	Hidroelektrik Santrali
ICMA	Uluslararası Sermaye Piyasaları Birliği
IPCC	International Panel on Climate Change
KWh	Kilowatt Saat
MTEP	Milyon Ton Eşdeđer Petrol
MW	Mega Watt
ORC	Organik Rankine Çevrimi
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
REPA	Rüzgar Enerji Potansiyel Atlası
TurSEFF	Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı
TEP	Ton Eşdeđer Petrol
UNEP	United Nations Environment Program
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

YÖNETİCİ ÖZETİ

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) 2019-2023 Stratejik Planı'nda belirlendiği amaçlardan ilki “Sürdürülebilir Enerji Arz Güvenliğini Sağlamak” şeklinde belirtilirken bu kapsamda belirlenen hedeflerden biri “Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının yüzde 59'dan yüzde 65 seviyesine yükseltilmesidir”. Diğer bir amaç ise “Enerji Verimliliğini Önceliklendirmek ve Artırmak” şeklinde belirtilmekte ve buna bağlı olarak belirlenen hedefler de “Enerji verimliliğine yönelik kamuoyu farkındalığını artıracak çalışmaların yapılması” ve “Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmaların sürdürülmesi” şeklinde ilan edilmiştir.
- Tarım ve Orman Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı'nda da bakanlığın faaliyetlerini etkileyen önemli bir değişken olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda sektöründe kullanımının yaygınlaştırılması da yer almaktadır.
- Yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi amacıyla yapılacak olan yatırımlar, enerji arzının yerel kaynaklar aracılığıyla sağlanması, ithal enerji faturasının düşürülmesi ve enerjide ithal bağımlılığının azaltılmasının yanı sıra, istihdam, üretim, katma-değer ve emisyon üzerindeki etkileri ile On Birinci Kalkınma Planı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Plan'ı hedefleri örtüşmektedir.
- On Birinci Kalkınma Planı hedefleri doğrultusunda işsizliğin düşürülmesi (madde 216), cari işlemler ve ödemeler dengesinin güçlendirilmesi (madde 229), yerel ve yenilenebilir enerji yatırımları ile enerji arzı güvenliğinin sağlanması ve ithalat bağımlılığının azaltılması (madde 144), yatırımlar için gerekli ekipman ve parçaların yerel sektörlerde üretiminin sağlanması durumunda rekabet gücünün artırılması (madde 177) gibi önemli hedefler olduğu görülmektedir. Bu bakımdan toplam enerji arzı içerisinde ithalat oranının azalması söz konusu hedeflere yaklaşılmasını da pozitif yönde etkileyebilme potansiyeline sahip görmektedir.
- Enerji üretiminin çevresel etkileri ise ihmal edilmemesi gereken bir başka alan olarak karşımıza çıkmaktadır. IPCC tarafından Şubat 2022'de yayımlanan raporda sera gazı salınımlarının küresel ısınmaya neden olduğu açıkça ifade edilmiştir. Fosil kullanımı kaynaklı CO₂ emisyonlarının, küresel yıllık sera gazı salınımlarının yüzde 73,6'sını oluşturduğu, global sıcaklık artışının 1,5 °C altında tutulması amacı için en önemli adımın, toplam CO₂ gazı salınımlarının yüzde 88,6'sını oluşturan enerji üretimi amacıyla fosil yakıt kullanımını azaltmak ve yenilenebilir enerji yatırımlarına öncelik verilerek enerji verimliliğinin artırılması gerektiği önerilmektedir.
- Türkiye'de 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ile yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırıl-

ması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi planlanmıştır.

- En düşük enerji tüketim senaryosunda dahi önümüzdeki 10 yıl içerisinde 415.042 GWh ihtiyaç bulunduğu mevcut hali ile kurulu gücün de 304.611 GWh üretim yapabildiği görülmektedir. Hızla büyüyen elektrik enerjisi talebinin karşılanması için yenilenebilir enerji arzının artırılması gerektiği çok açık görülmektedir.
- Türkiye’de alternatif yenilenebilir enerji kaynakları içinde rüzgar enerjisi toplam kurulu güç içinde yüzde 8,15’lik bir pay ile oldukça dikkat çekmekle birlikte güneş yüzde 3,59, jeotermal yüzde 3,26, biokütle yüzde 1,46 pay ile sıralanmaktadır.
- Sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olan biyokütle fosil temelli yakıtlara kıyasla üretimi ve kullanımı genel olarak karbon nötr olarak kabul edilmektedir. Fosil yakıtlara kıyasla biyoenerji üretiminin yüzde 80-85 daha düşük emisyon oranlarına sahip olması dikkate değer bir alan olarak görülmektedir.
- Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre Türkiye’deki atıkların toplam ekonomik enerji eşdeğeri 3,9 MTEP/yıl civarındadır.
- Biyokütle kullanımı uygun şekilde yönetilir ve düzenlenirse atmosferik CO₂ seviyelerini düşürebilmekte ve enerji amaçlı kullanıldığında, yaşam döngüsü içinde CO₂ emisyonlarında olumlu etki oluşturmaktadır. Biyoenerji, karbon yakalama ve depolama ile kullanıldığında, karbon atmosfere geri döndürülmemekte ve net bir CO₂ düşüşüne yol açmaktadır. Benzer şekilde, biyokütle biyo bazlı malzemelerde kullanıldığında ürünlerin kullanım ömrü boyunca malzemelerde depolanan biyojenik karbonu artırmakta ve bazı durumlarda ortam için CO₂ tutmanın olumlu etkisi olabilmektedir.
- Türkiye’de 2016-2020 dönemi incelendiğinde yenilenebilir enerji santralleri yıllık ortalama çalışma saatleri ile mevcut potansiyelinin altında kullanılmıştır. Rüzgar santralleri 2016-2020 döneminde ortalama yüzde 31,92 kapasite ile çalışırken güneş enerji santralleri yüzde 15,92, hidrolik enerji santralleri yüzde 28,36, biyokütle santralleri yüzde 42,84 ve jeotermal santralleri yüzde 67,32’lik bir kapasite ile çalışmıştır. Biyokütleden enerji üretimi esneklik, değişken rüzgar ve güneş enerjisi payının yüksek olduğu elektrik şebekelerindeki üretimi dengelemeye yardımcı olmaktadır.
- Biyokütle kullanımı ile ortaya çıkan ana ürünler elektrik, ısı ve biyoyakıt olmak üzere üç başlıkta incelenebilmektedir. Ana ürünlere ek olarak, biyokütlenin enerjiye çevrim işlemleri sırasında oluşan yan ürünler de pazarlanıp satılarak gelir kaynağı oluşturabilmekte veya tekrar bir işleme dahil edilerek farklı çıktıların üretiminde kullanılabilir. Genel olarak karbon bazlı olan bu yan ürünler arasında organik gübre, biyokömür ve kül gibi oldukça değerli ürünler bulunmaktadır. Elde edilen diğer ürünler arasında çeşitli kullanım alanları bulunan, gliserin, selüloz elyaf, karbonlu malzeme, biyoplastik ve furfural gibi ürünler de bulunmaktadır.

- Biyokütle enerjisinden tüm toplum kesimlerinin yararlanabileceğini söylemek mümkün gözükmemektedir. Buradaki değişimlere yeterince uyum sağlayamayanlar veya yeni fırsatlara erişemeyenler için elbette bir direnç söz konusu olacaktır. Dolayısıyla sosyal kabulün kolaylaştırılmasına katkı sağlaması bakımından biyokütle enerjisinin faydalarının daha fazla öne çıkarılmasında yarar bulunmaktadır.
- Biyokütle kaynakları, genel olarak hayvansal atıklar, bitkisel atıklar, kentsel atıklar ve endüstriyel atıklar ile ormansal atıklar olarak sınıflandırılabilir.
- Türkiye’de 20 ilde hayvansal atıkların enerji eşdeğerinin yüksek olduğu görülmektedir. Söz konusu bu iller ise ağırlıklı olarak Ege, Marmara, İç Anadolu ve Akdeniz bölgesinde yer almakta ve toplam enerji eşdeğerinin yüzde 75’i kanatlı hayvanların atıklarından elde edilmektedir.
- Türkiye’de bitkisel enerji eşdeğeri dağılımında 15 il öne çıkmaktadır. Bu iller İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ege, Akdeniz ve Trakya bölgelerine dağılmakta ve bitkisel enerji eşdeğerinin yüzde 77’si tarla bitkilerinin atıklarından elde edilmektedir.
- Belediye atıklarında ise 15 ilde yoğunlaşan kaynakların dağılımına bakıldığında İstanbul başta olmak üzere Ankara, İzmir ve Bursa öne çıkmaktadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde biyometanizasyon kaynaklı enerji eşdeğeri yüzde 14 iken yakma yoluyla enerji eşdeğeri yüzde 86 olarak hesaplanmaktadır.
- Türkiye’deki orman atıklarının enerji eşdeğerinin bölgelere göre dağılımında Kastamonu, Adapazarı, Balıkesir, Denizli, Antalya ve Adana bölge müdürlüklerinin görev sahası içinde yer alan 7 bölgede orman atıklarının enerji eşdeğerinin yoğunlaştığı görülmektedir.
- Biyoenerji sektöründeki işletmeler alternatif enerji kaynaklarının kullanıldığı bir sektörde rekabet etmektedir. Biyoenerji kaynakları diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla bazı avantajlara sahip olmakla birlikte fosil yakıtlara göre halen daha yüksek maliyetle kullanılmaktadır ve çeşitli destekler olmadığı takdirde rekabet gücü düşük kalmaktadır. Yüksek maliyetlerin ilk sırasında hammadde maliyetleri yer alırken altyapı, alternatif kaynakların maliyeti ve düzenleyici tedbirlerin getirdiği ek maliyetler biyoenerji sektörünü olumsuz etkileyebilmektedir.
- Biyokütle sektöründe öncü ve genç firmaların en önemli rekabet gücü YEKDEM teşviklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Haziran 2021 öncesi tamamlanmış santrallerin YEKDEM uygulamasından yararlanırken daha avantajlı konuma gelmesi firmaların yatırımlarının da hızlanmasına neden olmuştur.
- Biyokütle yatırımları için en önemli meselelerden biri de finansman imkânlarıdır. Sektörde finansman imkânları sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında yeşil enerji üretimi ve talebi doğrultusunda sürekli olarak gelişmektedir. Sürdürülebilir finansman kapsamında çevreye uyumlu projelerin desteklenmesi için ilk uygulamalardan biri yeşil tahvillerdir. 2007 yılından itibaren ihraç edilmeye başlanan bu tahvillerin yanı sıra 2014 yılında Sürdürülebilir Tahvil, 2015 Yılında Sosyal Tahvil, 2016 yılında Yeşil Krediler ve 2017 yılında Sürdürülebilir Bağlantılı Krediler şeklinde yeni araçlar ortaya çıkmıştır.

- Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF) dikkat çekmektedir. Bu program kamu ve özel sektör tarafından uygulanacak Sürdürülebilir Enerji ve Kaynak Verimliliği yatırımları için finansman ve teknik destek sağlamak üzere Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) tarafından geliştirilmiştir bir programdır. TurSEFF kapsamında verilen teknik destekler Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye Cumhuriyeti Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından finanse edilmektedir.
- 30.06.2021 tarihine kadar devreye giren tesisler için eski YEKDEM uygulamaları devam etmektedir. Güncel YEKDEM uygulamasında ise teşvikler TL bazlı hesaplanmakta ve 01.07.2021 tarihi itibari ile devreye giren biyokütle tesisleri için teşvik süreleri aynı olmakla birlikte alım garantileri çöp gazı tesisleri için 32 kuruş/KWh, biyometanizasyon tesisleri için 54 kuruş/KWh ve termal bertaraf tesisleri için 50 kuruş/KWh olarak belirlenmiştir. Yerli katkı teşvikleri ise 8 kuruş/KWh olarak sabitlenmiştir. Ortaya çıkan bu yeni durum elbette sektöre yeni giren firmalar açısından geçmiş yıllardaki avantajlı alım garantilerinin olmadığı bir piyasa oluşturmaktadır.
- Finansal sürdürülebilirlik biyokütle sektöründeki yatırımcıların sorunlarının merkezinde yer almaktadır. Biyokütle yatırım süreci incelendiğinde en büyük riskin işletme döneminde olduğu görülmektedir. İşletme dönemi riskleri ise kaynak bulma-doğrulama ve proje geliştirme süreçleri ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle proje geliştirme safhasında yapılan hatalar biyokütle tesisleri işletme sürecine geçtiğinde finansal sürdürülebilirliği etkilemektedir. Sorunların çözümü kimi zaman yanlış bir yaklaşım ile elektrik alım garantisinde aranmaktadır. Bu açıdan bakıldığında tartışmaların özellikle YEKDEM alım garantisi üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Diğer yandan çok disiplinli yapıda olan biyokütle enerji kaynağının sadece YEKDEM ile desteklenerek elektrik alım garantileri ile devam etmesi ekonomik olarak sürdürülebilir değildir.
- Biyokütle ve biyoenerji geçtiğimiz yıllarda önemli gelişmeler göstermiş olsa da küresel gelişimi zorlaştıran çeşitli engeller bulunmaktadır. Bu engeller, düzenlemelerin yetersizliği ve farkındalık eksikliği gibi kültürel nedenleri de kapsamaktadır.
- Biyokütle enerji üretiminin diğer enerji kaynaklarına karşı sera gazı emisyonlarını azaltıcı ve iklim değişikliğine yavaşlatıcı etkisinin olması da dahil olmak üzere önemli avantajları bulunmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma yalnızca çevresel kaygılarla sınırlı olmayıp, sürdürülebilirliği çevresel, sosyal ve yönetim (Environmental, Social, and Corporate Governance; ESG) olmak üzere üç boyutta kapsamakta ve bunlar şirketlerin gelecekteki finansal performansının daha iyi belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilirlik ve ESG çoklu etki ve amaç sağlayarak şirketin tam potansiyel değerine yaklaşmasına imkan sunmaktadır. Fosil yakıtlardan erken uzaklaşan ve yeşil gelir elde eden firmalar, daha iyi performans sergileyerek ESG uygunluğunun hissedar getirilerini pozitif etkilediğini göstermektedir.

1. GİRİŞ

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) 2019-2023 Stratejik Planı'nda 7 amaç, 31 hedef belirlenmiştir. Söz konusu amaçlardan ilki “Sürdürülebilir Enerji Arz Güvenliğini Sağlamak” şeklinde belirtilirken bu kapsamda belirlenen hedeflerden biri “Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının yüzde 59'dan yüzde 65 seviyesine yükseltilmesidir”. Diğer bir amaç ise “Enerji Verimliliğini Önceliklendirmek ve Artırmak” şeklinde belirtilmekte ve buna bağlı olarak belirlenen hedefler de “Enerji verimliliğine yönelik kamuoyu farkındalığını artıracak çalışmaların yapılması” ve “Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmaların sürdürülmesi” şeklinde ilan edilmiştir.¹ Ayrıca Tarım ve Orman Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı'nda da bakanlığın faaliyetlerini etkileyen önemli bir değişken olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda sektöründe kullanımının yaygınlaştırılması da yer almaktadır².

Türkiye'deki 21 elektrik dağıtım şirketinin 2022-2031 yılları arasındaki 10 yıllık elektrik tüketim talebi tahmini Tablo 1'de gösterilmektedir. Üç farklı senaryo çerçevesinde yapılan tahmin sonuçlarına göre düşük talebin olması durumunda 10 yıllık talep artışı yüzde 25,5 olurken baz senaryo tahmininde yüzde 31 ve yüksek talep senaryosunda ise yüzde 44,1'lik artış öngörülmektedir³.

Tablo 1. 2022-2031 Yılları Brüt Elektrik Tüketim Tahmini (GWh)

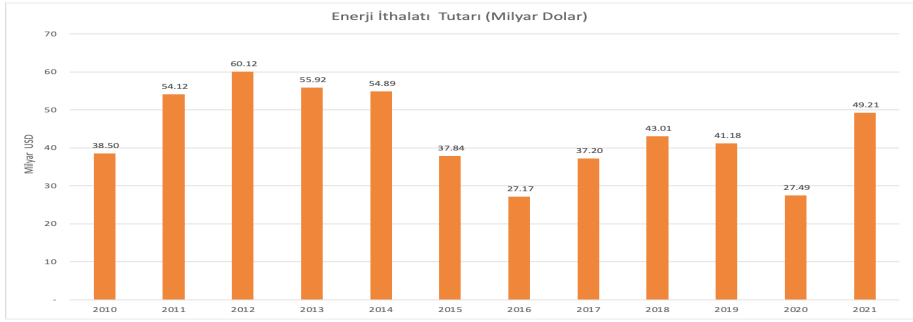
	DÜŞÜK	%	BAZ	%	YÜKSEK	%
2022	308.903		324.536		340.810	
2023	317.755	2,9	335.819	3,5	354.446	4,0
2024	329.911	3,8	350.716	4,4	371.927	4,9
2025	344.265	4,4	367.792	4,9	391.806	5,3
2026	357.757	3,9	383.426	4,3	409.551	4,5
2027	369.703	3,3	397.438	3,7	425.790	4,0
2028	378.902	2,5	408.872	2,9	439.739	3,3
2029	389.682	2,8	421.925	3,2	455.387	3,6
2030	400.825	2,9	435.418	3,2	471.572	3,6
2031	415.042	3,5	452.210	3,9	491.224	4,2

Kaynak: TEİAŞ, 2021

- 1 ETKB, 2019-2023 Stratejik Planı, https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Planı.pdf, s. 23.
- 2 Tarım ve Orman Bakanlığı (2022), 2019-2023 Stratejik Plan, <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/stratejikplan.pdf>, s.49.
- 3 TEİAŞ, 2021, 10 Yıllık Talep Tahminleri Raporu (2022-2031), s. 54.

Yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi amacıyla yapılacak olan yatırımlar, enerji arzının yerel kaynaklar aracılığıyla sağlanması, ithal enerji faturasının düşürülmesi ve enerjide ithal bağımlılığının azaltılmasının yanı sıra, istihdam, üretim, katma-değer ve emisyon üzerindeki etkileri ile On Birinci Kalkınma Planı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Plan'ı hedefleri örtüşmektedir. Yatırımlar ile arttırılan elektrik üretim kapasitesi, ithal enerji tüketiminin düşürülmesi ile dengeleme olacak olup, özellikle Türkiye'nin ithal enerji faturasında gerçekleşecek olası düşüşler ile üretim ve istihdamda yaşanabilecek kayıpların önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi 2021 yılında toplam enerji ithalatı olarak bilinen mineral yakıtlar, mineral yağlar ve bunların damıtılmasından elde edilen ürünler için harcanan toplam tutar 49,2 milyar dolara ulaşmıştır.

Şekil 1.Yıllara Göre Mineral Yakıtlar, Mineral Yağlar ve Bunların Damıtılmasından Elde Edilen Ürünler, Bi-tümenli Maddeler, Mineral Mumlar İthalatı

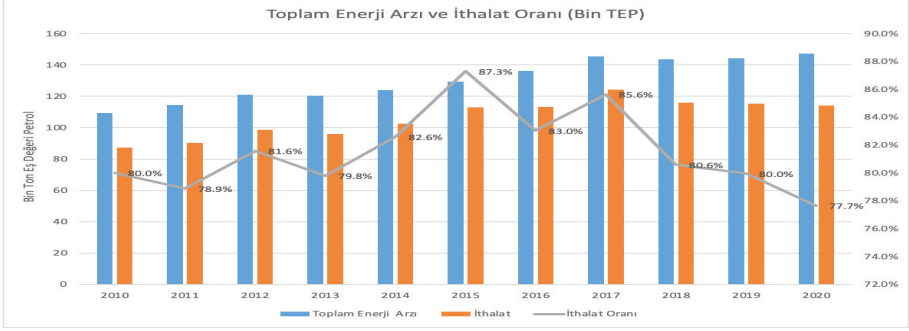


Kaynak: Dış Ticaret İstatistikleri HS2 (Fasıl) Sınıflamasına göre İthalat (2022)

Şekil 2'de Türkiye'de 2010'dan bu yana toplam birincil enerji arzı ve ithal enerjinin oranı gösterilmektedir. Buna göre 2010-2020 yılları arasında ithal enerji kullanımını ortalama yüzde 3,21 oranında artış göstermiş ve 2020 yılı itibariyle ithal edilen enerji toplam enerji arzının yaklaşık yüzde 77,7'sini oluşturmaktadır⁴

4 ETBK, (2020), Ulusal Enerji Denge Tabloları, <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tabloları>, Erişim Tarihi, 10.04.2022.

Şekil 2. Yıllara Göre Toplam Birincil Enerji Arzı ve İthalat Oranı

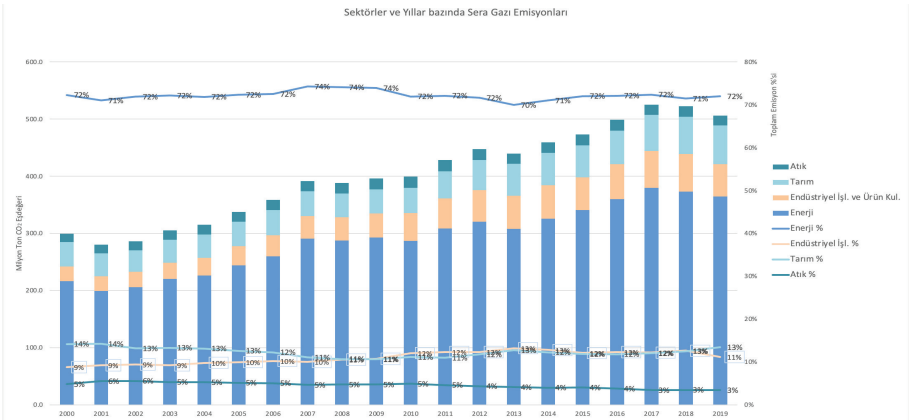


Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ulusal Enerji Denge Tabloları (2020)

On Birinci Kalkınma Planı hedefleri doğrultusunda işsizliğin düşürülmesi (madde 216), cari işlemler ve ödemeler dengesinin güçlendirilmesi (madde 229), yerel ve yenilenebilir enerji yatırımları ile enerji arzı güvenliğinin sağlanması ve ithalat bağımlılığının azaltılması (madde 144), yatırımlar için gerekli ekipman ve parçaların yerel sektörlerde üretiminin sağlanması durumunda rekabet gücünün artırılması (madde 177) gibi önemli hedefler olduğu görülmektedir⁵. Bu bakımdan toplam enerji arzı içerisinde ithalat oranının azalması söz konusu hedeflere yaklaşılmasını da pozitif yönde etkileyebileceği potansiyeline sahip gözükmektedir.

Enerji üretiminin çevresel etkileri ise ihmal edilmemesi gereken bir başka alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 3'e bakıldığında sera gazı emisyonlarının büyük ölçüde enerji sektörü kaynaklı olduğu görülmektedir. 2019 yılında toplam sera gazı emisyonlarının yüzde 72'si enerji sektörü faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 3. Yıllara ve Sektörlere Göre Toplam Sera Gazı Emisyonları



Kaynak, TÜİK, Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları (CO₂ eşdeğeri), 1990 – 2019

5 SBB, (2019), On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirincikalkinmaPlanı.pdf>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.

IPCC tarafından Şubat 2022’de yayımlanan raporda sera gazı salınımlarının küresel ısınmaya neden olduğu açıkça ifade edilmiştir⁶. Fosil kullanımı kaynaklı CO2 emisyonlarının, küresel yıllık sera gazı salınımlarının yüzde 73,6’sını oluşturduğu⁷, global sıcaklık artışının 1,5 °C altında tutulması amacı için en önemli adımın, toplam CO2 gazı salınımlarının yüzde 88,6’sını oluşturan enerji üretimi amacıyla fosil yakıt kullanımını azaltmak⁸ ve yenilenebilir enerji yatırımlarına öncelik verilerek enerji verimliliğinin artırılması gerektiği önerilmektedir⁹.

Bunlara ek olarak yenilenebilir enerji yatırımlarının ekonomik büyüme yaratarak istihdam artışı yaratmasının yanı sıra emisyon salınımını azalttığı konusunda uzlaşan bir çok çalışma bulunmaktadır¹⁰. İstihdam artışı ise yatırımların yarattığı doğrudan ve dolaylı etkiler olarak dikkate alınmaktadır¹¹. Amerika için yapılan bir çalışmada yenilenebilir enerji sektöründe yıllık 150 milyar dolarlık yatırımın 1,7 milyon doğrudan ve dolaylı iş yaratacağı tahmin edilmiştir¹². Literatüre genel olarak bakıldığında ortak noktanın yenilenebilir enerji yatırımlarının istihdamı pozitif yönde etkilediğidir. Brezilya, Almanya, Endonezya, Güney Afrika ve Güney Kore için yapılan bir çalışmada; her bir ülke için yıllık gayrisafi yurt içi hasılabın yüzde 1 ila yüzde 1,5 kadarlık kısmının yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği yatırımlarına harcanması ile aynı tutarın fosil enerji sektörü yatırımlarına harcanması karşılaştırılarak ortaya çıkan istihdam artışının yenilenebilir enerji lehine olduğu hesaplanmıştır¹³. Benzer bir şekilde 1 milyon dolarlık yatırım sonucunda yenilenebilir enerji sektöründe ortalama 7,49 ila 7,72 kişi için iş yaratıldığı, aynı yatırımların fosil enerji sektörlerine yapılması durumunda ise 2,65 kişi için iş yarattığı tespit edilmiştir¹⁴. Bununla birlikte dikkat çe-

-
- 6 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Sixth Assessment Report, “Climate Change 2021, The Physical Science Basis”, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf, Erişim Tarihi: 10.04.2022.
- 7 United Nations Environment Programme, (UNEP), 2021. Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered – Executive Summary. Nairobi, <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.
- 8 PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2020, “Trends in Global CO2 and Total Greenhouse Gas Emissions”, <https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2020-report>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.
- 9 United Nations Environment Programme, (UNEP), 2021. Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered – Executive Summary. Nairobi, <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.
- 10 Ayrıntı için bkz., Zhe vd. 2021, Keçek vd., 2019, Ramos vd. 2018, Bouzaher vd. 2015, Pollin vd. (2009), Wei vd. (2010), Garrett-Peltier (2017), Silva vd. (2013).
- 11 Fankhauser S., Sehleier F. ve Stern, N., 2008, “Climate change, innovation and jobs”, CLIMATE POLICY Earthscan ISSN 80513, 421–429.
- 12 Pollin R., Heintz J. ve Garrett-Peltier H., 2009, “The economic benefits of investing in green energy: How the economic stimulus program and new legislation can boost US economic growth and employment”, Amherst, MA: Political Economy Research Institute, University of Massachusetts at Amherst.
- 13 Pollin R, Heidi Garrett-Peltier H, Heintz J, Glyn A, Chakraborty S, 2015, “Global Green Growth: Clean Energy Industrial Investments and Expanding Job Opportunities”, Vienna and Seoul: United Nations Industrial Development Organization and Global Green Growth Institute
- 14 Garrett-Peltier H., 2017, “Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model”. *Econ. Model.* 2017, 61, 439–447.

ken husus tüm yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımların ithal edilmesi durumunda ise istihdam üzerinde negatif etkiler ortaya çıkabileceği de iddia edilmektedir¹⁵. Bir diğer konu ise bu yatırımların finansmanı ile ilgilidir. Yenilenebilir enerji yatırımlarının finansmanı fosil yakıtlara verilen desteklerin azaltılması ile finanse edilebilmesi durumunda istihdam etkisinin negatif olduğu da görülmektedir¹⁶.

Türkiye için yapılan çalışmalarda ise yenilenebilir enerji tüketiminin büyümeyi olumlu etkilediği¹⁷, brüt pozitif istihdam yarattığı¹⁸, cari açığa iyileşme¹⁹ ve karbon salınımı üzerinde negatif etkisi²⁰ olduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır. Bir çalışmada ise gayrisafi yurtiçi hasılanın yüzde0,1'ine denk gelen kömür sübvansiyonlarının kaldırılması ve karbon vergisi uygulanmasının, ikili ekonomik yapı üzerindeki (yüksek-orta gelir gurubu ve düşük gelir grubu) makroekonomik etkileri incelenmiş ve pozitif büyüme ile istihdam etkisi gözlemlenmiştir²¹. İstanbul Politika Merkezinin yayımlandığı çalışmada ise güneş ve rüzgâr enerjisi kurulu güçlerinin arttırıldığı dört farklı senaryo için istihdam faktörü yaklaşımı kullanılmış, güneş enerjisinden 3.000 ile 25.000 arasında, rüzgâr enerjisinden ise 9.300 ile 23.300 brüt iş yaratılacağı hesaplanmıştır²². Diğer bir çalışmada ise güneş, rüzgâr, jeotermal, biokütle ve hidroelektrik santrallerine yapılacak kapasite artırımları üç farklı senaryoya ve iki farklı ithal girdi kullanımı senaryosuna göre istihdam faktörü yaklaşımı ile incelenmiş, toplam 106.000 ila 133.016 brüt iş yaratılacağı hesaplanmıştır²³.

Bir taraftan yenilenebilir enerji arzının artışı için çaba harcanması önemli hale gelirken diğer taraftan enerji verimliliği bir başka tamamlayıcı unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı ile 2017-2023 döneminde Türkiye'nin birincil enerji tüketiminde kümülatif olarak 23,9 MTEP azaltım sağlanması hedeflenmektedir. Bu kapsamda 6 farklı başlık altında eylem planları hazırlanmıştır. Bunlar;

15 Garrett-Peltier H., 2017, a.g.e.

16 Ayrıntılı bilgi için bkz., Pollin vd., 2015, Böhringer vd., 2013, Mu vd., 2018, Chatri vd., 2018

17 Apaydın., Ş., A. Güngör ve C. Taşdoğan, 2019, Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki asimetrik etkileri, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6 (1),117-134.

18 Çetin M. ve Eğrican N., 2011, "Employment impacts of solar energy in Turkey". Energy Policy 2011, 39, 7184–7190

19 Gökce, C. & Demirtaş G., 2018, "Cari Denge Açısından Yenilenebilir Enerjinin Rolü: Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye İçin Panel Veri Analizi", Yönetim ve Ekonomi Dergisi , 25 (3) , 641-654 . DOI: 10.18657/yonveek.452107

20 Çağlar, A. E. ve Mert, M., 2017, "Türkiye'de Çevresel Kuznets Hipotezi ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Karbon Salımı Üzerine Etkisi: Yapısal Kırımlı Eşbütünlüşme Yaklaşımı", Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 24 (1), 21-38. DOI: 10.18657/yonveek.307485

21 Acar, S., Voyvoda, E., & Yeldan, E.,2018, "Macroeconomics of climate change in a dualistic economy: A regional general equilibrium analysis". Elsevier

22 İstanbul Politikalar Merkezi (IPM) ve Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS), 2019, "Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiyle Beceri ve İstihdam Gelişimi: Elektrik Sektörünün Karbonsuzlaştırmanın Yan Faydalarının Analizi"

23 Yılmaz S. A., 2014, "Yeşil İşler ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alanındaki Potansiyeli", Kalkınma Bakanlığı, Yayın No 2827.

1. Yatay Konular

- Enerji Yönetim Sistemlerinin Kurulması ve Etkinliğinin Artırılması
- Ulusal Enerji Verimliliği Finansman Mekanizmasının Geliştirilmesi
- Enerji Verimliliği Projelerinin Enerji Verimliliği Yarışmaları ile Desteklenmesi
- Enerji Verimliliği Projelerinde Teknik, Hukuki ve Finansal Hususları İçeren Kılavuz, Tip Sözleşme vb. Altlıkların Oluşturulması
- Enerji Verimliliği Faaliyetlerinde Kayıt, Veri Tabanı ve Raporlama Sistemlerinin Geliştirilmesi
- Uluslararası Enerji Verimliliği Finansman İmkânlarının ve Etkinliğinin Artırılması, Koordinasyon ve Kontrolü
- İdari ve Kurumsal Yapılanmanın Güçlendirilmesi
- Farkındalık, Eğitim ve Bilinçlendirme Faaliyetlerinin Yürütülmesi
- Enerji Verimliliği Etütleri
- Kamuda Sürdürülebilir İşletme ve Satın Alma Yaklaşımının Benimsenmesi
- Enerji Dağıtım veya Perakende Şirketlerine Yönelik Enerji Verimliliği Yüklülük Programı

2. Bina ve Hizmetler Sektörü

- İnşaat Sektöründe Kullanılan Malzeme ve Teknolojiye İlişkin En İyi Uygulamaların Tespiti ve Paylaşılması
- Binalar İçin Enerji Tüketim Verilerini de İçeren Bir Veri Tabanı Oluşturulması
- Kamu Binaları İçin Enerji Tasarrufu Hedefi Tanımlanması
- Belediye Hizmetlerinde Enerji Verimliliğinin Artırılması
- Mevcut Binaların Rehabilitasyonu ve Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi
- Merkezi ve Bölgesel Isıtma/Soğutma Sistemlerinin Kullanımının Özendirilmesi
- Mevcut Binaların Enerji Kimlik Belgesi Sahiplik Oranının Artırılması
- Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Yerleşmelerin Belgelendirilmesinin Özendirilmesi
- Yeni Binalarda Enerji Verimliliğinin Özendirilmesi
- Mevcut Kamu Binalarında Enerji Performansının İyileştirilmesi
- Binalarda Yenilenebilir Enerji ve Kojenerasyon Sistemlerinin Kullanımının Yaygınlaştırılması
- Kobi Niteliğindeki Binalara Yönelik Enerji Verimliliği Etüt Programları ve Etütler için Kaynak Tahsisi

3. Sanayi ve Teknoloji Sektörü

- Isı Kullanan Büyük Endüstriyel Tesislerde Kojenerasyon Sistemlerinin Yaygınlaştırılması
- Sanayide Enerji Verimliliği Projelerini ve Çeşitliliğini Artırmak İçin Destek Sağlanması
- Sanayi Sektöründe Verimliliği Artırmak
- Cihazlarda Enerji Verimliliği Performans Standartları ve Çevre Duyarlı Tasarım, Üretim, Etiketleme Sisteminin Uygulanması
- Sanayi Sektöründe Verimlilik Artırıcı Projelerin Desteklenmesi
- Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli Haritasının Çıkarılması
- Gönüllü Anlaşmaların İyileştirilmesi

4. Enerji Sektörü

- Kojenerasyon ve Bölgesel Isıtma-Soğutma Sistemlerinin Potansiyelinin Belirlenmesi ve Yol Haritasının Hazırlanması
- Doğal Gaz Altyapısı İçin Verimlilik Standartları Uygulanması
- Tüketicie Kıyaslanabilir ve Daha Detaylı Bir Fatura Bilgisinin Sunulması, Ölçüm Bilgisinin Akıllı Yönetimi için Enerji Veri Platformunun Oluşturulması
- Elektrik Sayaçlarının Okunması ile İlgili Düzenleyici Çerçevenin Avrupa Birliği Müktesebatı ile Belirlenen Ana Esaslarla Uyumlaştırılması (Akıllı Sayaçların Yaygınlaştırılması)
- Transformatörlerde Asgari Performans Standartlarının Uygulanması
- Isıtma ve Soğutma Kaynaklı Puant Yükün Yönetilmesi
- Genel Aydınlatmada Enerji Verimliliğinin Artırılması
- Elektrik İletim ve Dağıtım Faaliyetleri Verimlilik Artışının Geliştirilmesi
- Mevcut Elektrik Üretim Santrallerinde Verimliliğin Artırılması
- Talep Tarafı Katılımı (Demand Side Response) Uygulaması İçin Piyasa Alt yapısının Oluşturulması

5. Ulaştırma Sektörü

- Enerji Verimli Araçların Özendirilmesi
- Alternatif Yakıtlar ve Yeni Teknolojilerle İlgili Karşılaştırmalı Çalışmanın Geliştirilmesi
- Bisikletli ve Yaya Ulaşımının Geliştirilmesi ve İyileştirilmesi
- Şehirlerdeki Trafik Yoğunluğunun Azaltılması: Otomobil Kullanımının Azaltılması
- Toplu Taşımanın Yaygınlaştırılması
- Kentsel Ulaşım için Kurumsal Yeniden Yapılanmanın Geliştirilmesi ve Uygulanması
- Denizyolu Taşımacılığının Güçlendirilmesi
- Demiryolu Taşımacılığının Güçlendirilmesi
- Ulaşım Yönelik Veri Toplanması

6. Tarım Sektörü

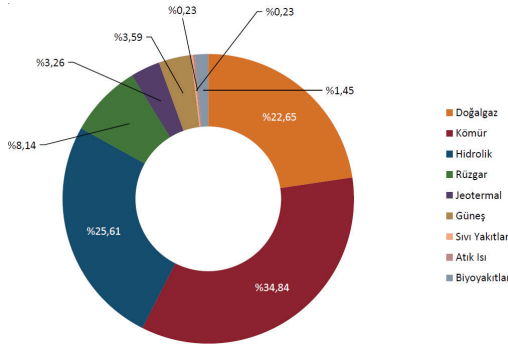
- Traktörlerin ve Biçerdöverlerin Enerji Verimliliği ile Yenilenmesinin Özen verilmesi
- Enerji Verimli Sulama Yöntemlerine Geçilmesi
- Tarım Sektöründe Enerji Verimliliği Projelerinin Desteklenmesi
- Tarımsal Üretimde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Özendirilmesi
- **Biyokütle Elde Etmek Amacıyla Tarım Yan Ürün ve Atık Potansiyelinin Belirlenmesi ve Kullanımının Teşvik Edilmesi**
- Su Ürünleri Sektöründe Enerji Verimliliğinin Desteklenmesi

2017-2023 yılları arasında uygulanacak Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı kapsamında bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplam 6 kategoride tanımlanan 55 eylem ile 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin yüzde 14 azaltılması hedeflenmektedir. 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23,9 MTEP tasarruf sağlanması ve bu tasarruf için 10,9 milyar ABD Doları yatırım yapılması öngörülmektedir. 2017 fiyatları ile 2033 yılına kadar sağlanacak kümülatif tasarruf 30,2 milyar ABD Doları olup bazı tasarrufların etkisinin 2040 yılına kadar devam edeceği öngörülmektedir²⁴.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye'de 2020 yılı için toplam elektrik enerjisi üretim kaynaklarının dağılımına bakıldığında yüzde 34,84 ile kömürün ilk sırada yer aldığı bunun da yüzde 20,49'unun ithal kömür ile karşılandığı bilinmektedir. Şekil 4'e göre fosil yakıtlardan elde edilen enerji miktarının payı doğalgaz ile birlikte yüzde 57,49 olarak hesaplanmaktadır. Burada dikkat çeken husus yenilenebilir enerji kaynağı olan hidro-elektrik santrallerinin payının yüzde 25,61'e ulaşmış olmasıdır.

Şekil 4. 2020 Yılı İçin Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretim Kaynaklarının Dağılımı



Kaynak: EÜAŞ, 2020, Elektrik Üretimi ve Ticareti Sektör Raporu, s.16

24 ETBK, 2018, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)

Tablo 2 ise sözkonusu bu kaynakların kullanımı neticesinde 2020 yılı için kurulu güç elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımını göstermektedir.

Tablo 2. 2020 Yılı İçin Türkiye’de Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı

Kaynaklar	MWh
Hidrolik	78.095.897
Doğal Gaz	68.710.315
Linyit+Taş Kömürü	62.406.953
İthal Kömür	41.637.308
Rüzgar	24.812.088
Güneş	10.941.368
Jeotermal	9.942.531
Biokütle	4.435.221
Sıvı Yakıtlar* + Asfaltit	2.928.105
Atık Isı	701.775
Toplam	304.611.543

Kaynak: EÜAŞ, 2020 Yılı Faaliyet Raporu, s.22; * Sıvı Yakıtlar (Fuel Oil + Motorin + Nafta)

2020 yılı için her ne kadar kömür kullanımının toplam içindeki payı yüksek olsa da elektrik enerjisi üretim performansı açısından hidrolik santrallerin toplam içindeki payı yüzde 25,64 ile ilk sırada yer alırken doğal gaz yüzde 22,56 ile ikinci sırada, kömür ise toplamda yüzde 21,82’lik pay ile üçüncü sırada yer almaktadır²⁵.

Bu sonuçları değerlendirdiğimizde en düşük enerji tüketim senaryosunda dahi önümüzdeki 10 yıl içerisinde 415.042 GWh ihtiyaç bulunduğu mevcut hali ile kurulu gücün de 304.611 GWh üretim yapabildiği görülmektedir. Hızla büyüyen elektrik enerjisi talebinin karşılanması için yenilenebilir enerji arzının artırılması gerektiği çok açık görülmektedir. Hidrolik enerji üretimi HES projeleri ile birlikte önemli mesafeler almış ve ortaya çıkan enerji talebi için ciddi ölçüde yenilenebilir enerji arzına katkı yapmıştır. Elbette bu katkının alternatif yenilenebilir kaynaklarla da desteklenmesi kaçınılmaz gözükmektedir. Bu noktada alternatif yenilenebilir enerji kaynakları içinde rüzgar enerjisi toplam kurulu güç içinde yüzde 8,15’lik bir pay ile oldukça dikkat çekmekle birlikte güneş yüzde 3,59, jeotermal yüzde 3,26, biokütle yüzde 1,80 pay ile sıralanmaktadır²⁶. Görüldüğü gibi yenilenebilir enerji kaynakları olarak rüzgar, güneş, jeotermal ve biokütle henüz yeterli mesafeyi alamamış ve önemli bir yatırım alanı olarak karşımızda durmaktadır.

25 EÜAŞ, 2020 Yılı Faaliyet Raporu, s.22

26 EÜAŞ, 2020, a.g.e., s.22

2.1. RÜZGÂR ENERJİSİ

Rüzgâr hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilmektedir. Rüzgâr hızı yükseklikle artmakta ve teorik gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişmektedir. Rüzgâr enerjisi kaynaklı elektrik üretim uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin düşük olması, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları olmakla birlikte bazı üstünlükleri de şöyle sıralanabilir;

- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır, çevre dostudur.
- Tükenme ve zamanla fiyatının artma riski yoktur.
- Maliyeti günümüz güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir.
- Bakım ve işletme maliyetleri düşüktür.
- Teknolojisinin tesisi ve işletilmesi göreceli olarak basittir.
- İşletmeye alınması kısa bir sürede gerçekleşebilir.

Türkiye’de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiş olup Tablo 3’te detaylar sunulmaktadır²⁷.

Tablo 3. Türkiye’de Potansiyel Rüzgar Enerji Kapasitesi-50 M

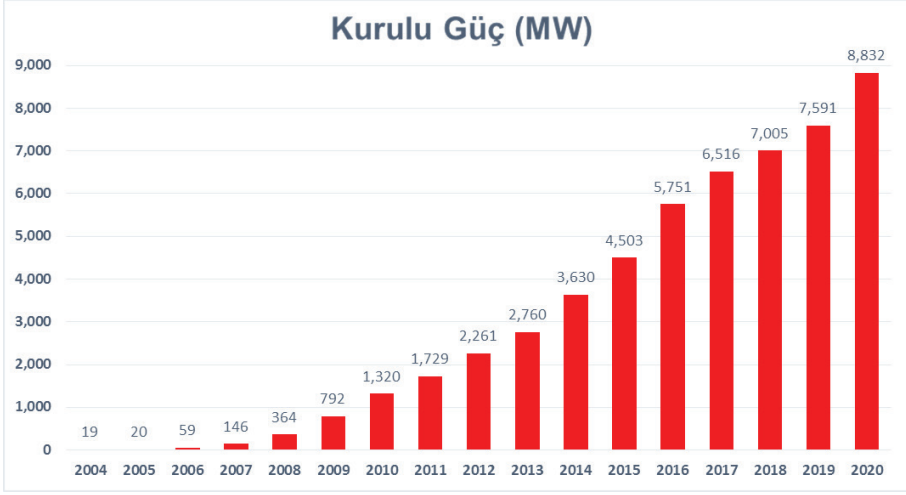
Rüzgar Sınıfı	Yıllık Güç Yoğunluğu (W/m ²)	Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Kapasite (MW)
4	400-500	7,0 - 7,5	29 259,36
5	500-600	7,5 – 8,0	12 994, 32
6	600-800	8,0 – 9,0	5 399, 92
7	> 800	> 9,0	195,84
Toplam Kapasite			47 849, 44 Karasal: 37 836 Deniz Üstü: 10 013

Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>

2020 sonu itibarıyla Türkiye’nin rüzgar enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü 8.832 MW, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı ise yüzde 8,09’dır. Şekil 5’te yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam elektrik üretimi içerisindeki payı gösterilmektedir.

²⁷ <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>

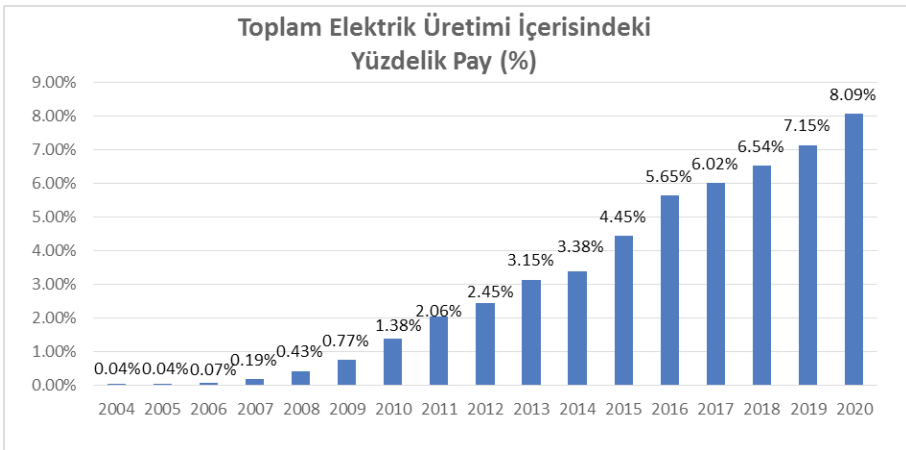
Şekil 5. Türkiye'nin Yıllara Göre Rüzgar Enerjisine Dayalı Elektrik Kurulu Gücü



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>

Türkiye'de rüzgar enerjisine dayalı elektrik üretimi 2010 yılından itibaren hızla yükselerek 2020 yılında yaklaşık 6,7 kat artmıştır. Bununla birlikte toplam elektrik üretimi içindeki rüzgar enerjisi kaynaklı elektrik üretiminin payı da aynı dönem itibarı ile yaklaşık 5,8 kat artmıştır. Şekil 6'da görüldüğü gibi 2010 yılında rüzgar kaynaklı elektrik üretiminin toplam içindeki payı yüzde 1,38 iken 2020 yılında bu pay yüzde 8,09'a ulaşmıştır.

Şekil 6. Türkiye'nin Yıllara Göre Rüzgar Enerjisine Dayalı Elektrik Üretiminin Toplam İçindeki Payı



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>

Sonuç olarak rüzgar enerjisi ile elektrik üretiminin yaklaşık 48.000 MW kurulu gücün de 8.332 MW olduğu dikkate alındığında bu alanda önemli yatırım ve üretim imkanları olduğu görülmektedir. Bu çerçevede Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığının 2023 hedefi kurulu gücün 11.883 MW seviyesine ulaştırılması hedeflenmektedir²⁸.

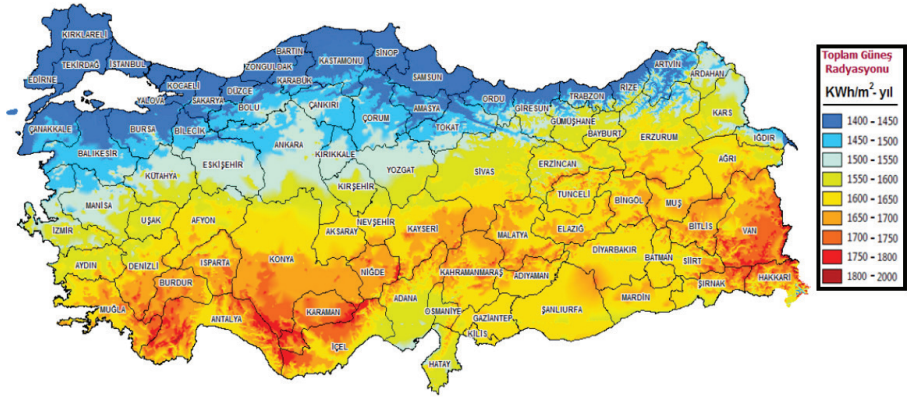
2.2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş ışığından dünyanın yüzeyine ulaşan bir dakikalık enerji miktarı dünya genelinde bir yılda kullanılan enerjiden daha fazla olduğu iddia edilmektedir. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş önemli bir alternatif olarak görülmektedir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için birden fazla metot olmasına rağmen genel olarak eğilim güneşten gelen ışığın doğrudan elektrige çevrildiği fotovoltaiik sistemlerdir. Aynı zamanda temiz bir enerji kaynağı olması ve kurulumdan sonra düşük maliyetle çalışması nedeni ile güneş enerjisinin önemini artmaktadır.

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741,07 saat olup ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır²⁹.

Şekil 7. GEPA'ya göre Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini göstermektedir.

Şekil 7. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli



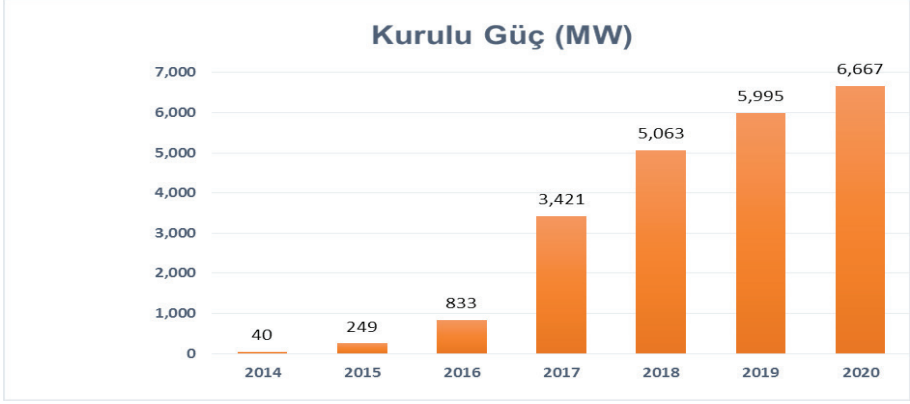
Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>

2020 sonu itibarıyla Türkiye'nin güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü 6.667 MW, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı yüzde 3,6'dır. Şekil 8 yıllara göre Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücündeki değişimi sunmaktadır.

28 ETKB, 2019-2023 Stratejik Planı, https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Planı.pdf, s. 76.

29 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>

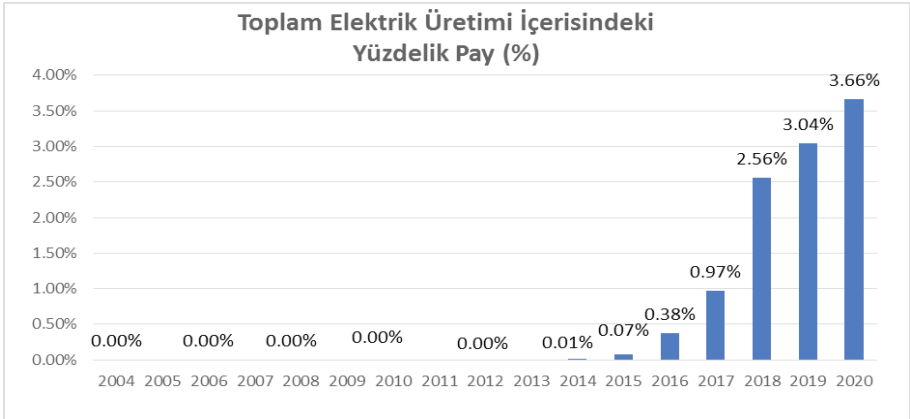
Şekil 8. Yıllara Göre Türkiye'nin Güneş Enerjisi Kurulu Gücü



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>

Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücündeki en büyük değişim 2017 yılında gerçekleşmiş bu tarihten itibaren artış devam ederken 2017-2020 döneminde yaklaşık 2 katlık bir büyüme gerçekleşmiştir. Söz konusu bu dönemde ise güneş enerjisinin toplam enerji arzındaki payı ise yaklaşık 3,5 kat artmıştır. Şekil 9’a bakıldığında güneş enerjisinin toplam enerji arzındaki payı 2017 yılında yüzde 0,97 iken 2020 yılına gelindiğinde yüzde 3,66’ya ulaşmıştır.

Şekil 9. Yıllara Göre Türkiye’de Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Toplam İçindeki Payı



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>

Bu ivmeye ek olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2023 hedefine göre güneş enerjisi kurulu gücünün 10 000 MW' a ulaşması hedeflenmektedir³⁰.

2.3. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısı ve basıncın oluşturduğu sıcaklıkların; bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla çözülmüş mineraller, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su, buhar ve gazlar ile yüzeye taşınan ısı enerjisidir. Elektrik üretimi, ısı üretimi ve termal turizm amaçlı kullanılmaktadır.

Türkiye jeolojik ve coğrafi konumu itibarı ile aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer aldığı için jeotermal açıdan zengin bir konumdadır ve ülkenin her tarafına yayılmış yaklaşık 1.000 adet doğal çıkış şeklinde değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynaklara sahiptir. Türkiye jeotermal potansiyeli bakımından Avrupa'nın 1. ülkesi ve kurulu güç bakımından ise Dünyanın 4. ülkesi konumundadır.

Türkiye'nin jeotermal potansiyel alanlarının yüzde 78'i Batı Anadolu'da, yüzde 9'u İç Anadolu'da, yüzde 7'si Marmara Bölgesi'nde, yüzde 5'i Doğu Anadolu'da ve yüzde 1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynakların yüzde 90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, yüzde 10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur.

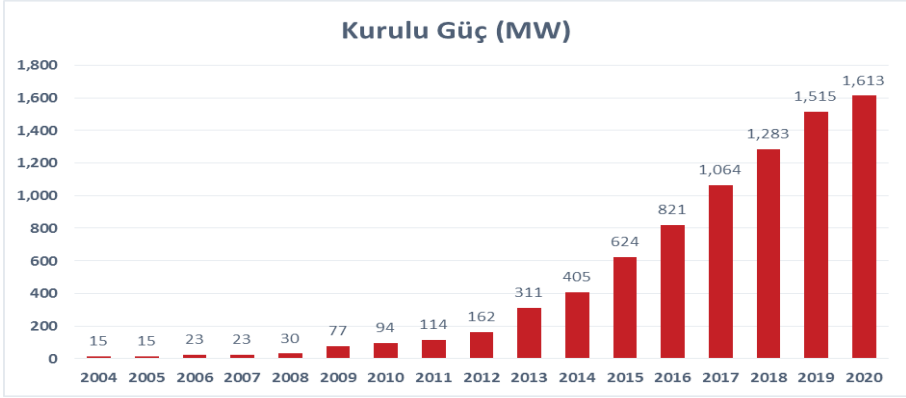
Son yıllarda, sondajlı jeotermal enerji aramaları 2.000 m seviyelerinden 28.000 m seviyelerine çıkarılmıştır. 2005 yılından itibaren mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranması çalışmalarına ağırlık verilmesi nedeniyle, 2004 sonu itibarı ile 3.100 MWt olan kullanılabilir ısı kapasitesi, 2008 yılında, "Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu" nun yürürlüğe girmesi ve özel sektörün de jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmaları ile birlikte toplam jeotermal ısı kapasitesi (görünür ısı miktarı) 35.500 MWt'e ulaşmıştır. Türkiye'nin muhtemel jeotermal ısı potansiyeli 31 500 MWt elektrik üretimi için olan potansiyel 2 000 MWe olarak tahmin edilmektedir³¹.

Türkiye'de jeotermal enerji elektrik üretimi 2020 sonu itibarıyla 1.613 MW, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı ise yüzde 3,25'e ulaşmıştır. Bu kapsamda yıllara kurulu güç değişimi ve toplam elektrik üretimi içerisindeki payı sırasıyla Şekil 10 ve 11'de verilmektedir.

30 ETKB, 2019-2023 Stratejik Planı, https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Planı.pdf, s. 76.

31 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>

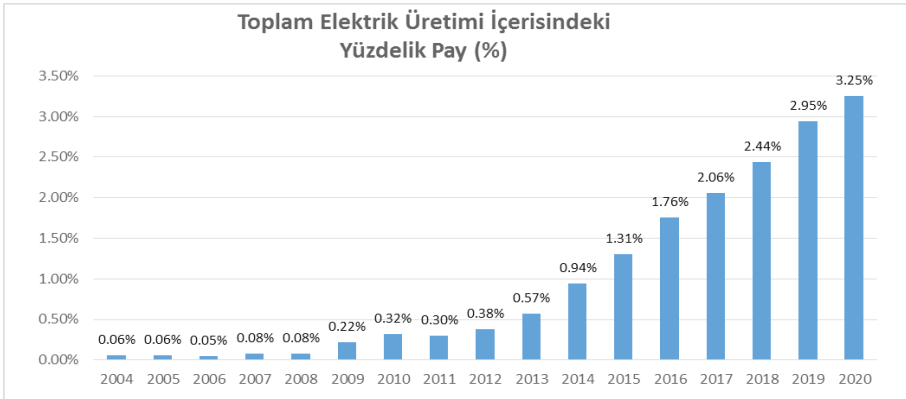
Şekil 10. Türkiye’de Yıllara Göre Jeotermal Kaynaklı Elektrik Üretimi Kurulu Gücü



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>

Jeotermal enerji ile elektrik üretimi 2013 yılından itibaren istikrarlı bir şekilde artmaya devam etmiştir. Gelineen noktada 2013 yılında 311 MW olan elektrik üretimi 2020 yılında 1.613 MW’a yükselmiştir. Şekil 11’de bakıldığında ise toplam elektrik üretimi içindeki jeotermal enerjinin payının 2013-2020 döneminde yaklaşık 6 kat arttığı görülmektedir.

Şekil 11. Türkiye’de Yıllara Göre Jeotermal Elektrik Üretiminin Toplam İçindeki Payları



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>

2.4. BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak tanımlanmakta ve aynı zamanda bir organik karbon olarak da kabul edilmektedir. 5346 sayılı Kanun’a göre ise biyokütle; İthal edilmemek kaydıyla; 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.

Biyokütle kaynakları sırasıyla;

1.Bitkisel

- Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçek, soya, aspir v.b.)
- Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı v.b.)
- Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, v.b.)
- Protein bitkileri (bezelye, fasulye v.b.)
- Bitkisel ve tarımsal artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.)

2. Orman ve Orman Ürünleri

- Odun ve orman atıkları(enerji ormanları ve enerji bitkileri, çeşitli ağaçlar)

3. Hayvansal

- Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar.

4. Organik çöpler, Şehir ve Endüstriyel ,

- Kanalizasyon ve dip çamurları, kağıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, endüstriyel ve evsel atık sular, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıkları³²

Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre Türkiye'deki atıkların toplam ekonomik enerji eşdeğeri 3,9 MTEP/yıl civarındadır. Tablo 4'te bu potansiyelin detayları sunulmaktadır.

Tablo 4. Türkiye'de Biyokütle Enerji Potansiyeli

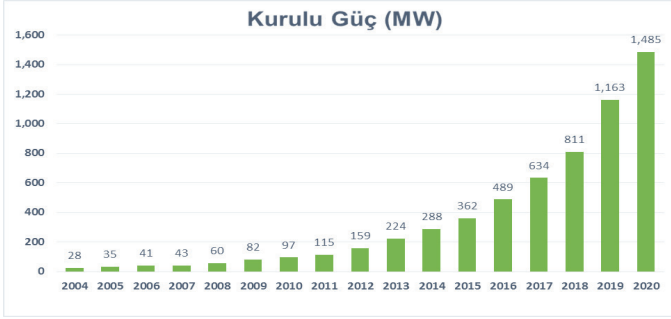
Biyokütle Kaynakları	Miktar
Toplam Hayvan Sayısı	422.832.374 Adet
Hayvansal Atık Miktarı	193.878.079 ton/yıl
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (Teorik)	4.385.371 TEP/yıl
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (Ekonomik)	1.084.506 TEP/yıl
Bitkisel Üretim Miktarı	171.399.002 ton/yıl
Bitkisel Atık Miktarı	62.206.754 ton/yıl
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri (Teorik)	25.384.268 TEP/yıl
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri (Ekonomik)	1.462.159 TEP/yıl
Belediye Katı Atık Miktarı	32.170.975 ton/yıl
Belediye Atıklarının Enerji Değerleri (Teorik)	3.373.011 TEP/yıl
Belediye Atıklarının Enerji Değerleri (Ekonomik)	485.858 TEP/yıl
Orman Atıklarının Enerji Değeri (Ekonomik)	859.899 TEP/yıl
Atıkların Toplam Ekonomik Enerji Eşdeğeri:	3.892.422 TEP/yıl

Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle>

32 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle>

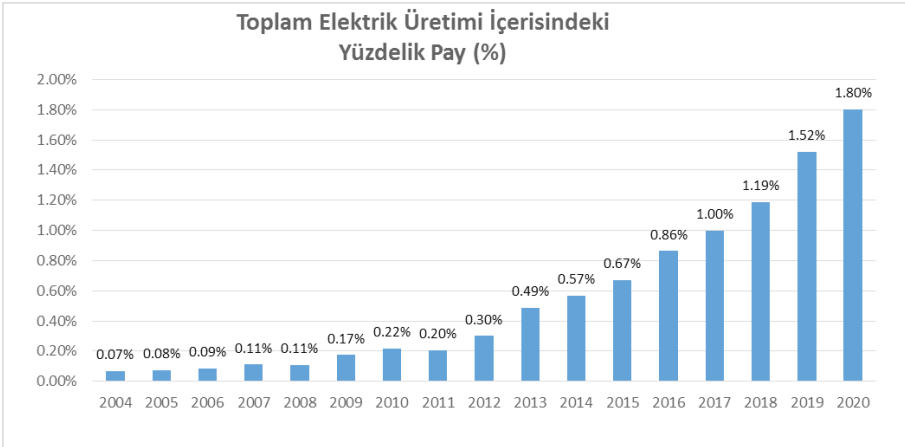
Türkiye’de elektrik üretiminde de yaygın bir şekilde kullanılan biyokütle enerjisine dayalı kurulu güç 2020 sonu itibariyle 1.485 MW (369 MW’ı atık ısı), toplam elektrik üretimi içerisindeki payı ise yüzde 1,80’dir. Şekil 12’de de yıllara göre kurulu güç değişimi ve Şekil 13’te toplam elektrik üretimi içerisindeki payı yer almaktadır.

Şekil 12. Türkiye’de Yıllara Göre Biyokütle Elektrik Üretimi Kurulu Gücü



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle>

Şekil 13. Türkiye’de Yıllara Göre Biyokütlele Elektrik Üretiminin Toplam İçindeki Payları



Kaynak: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle>

Biyokütle kurulu gücün 2012-2020 döneminde istikrarlı bir şekilde arttığı gözlenmektedir. 2012 yılında toplam elektrik üretimi içinde biyokütle kaynaklı elektrik üretiminin payı yüzde 0,3 iken 2020 yılında yüzde 1,80’e çıkmıştır.

3. BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİ-DÇS)’ne 2003 yılında Resmi Gazete’de yayınlanan 25266 ve 4990 sayılı kanunlar kapsamında 24 Mayıs 2004 yılında 189. Taraf olarak katılmıştır. Sözleşme sera gazı emisyonlarında azaltımı, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliğini ve sera gazı yu-

taklarının (ormanlar, okyanuslar gibi) korunmasını amaçlamaktadır. Sözleşme kapsamında gelişmiş ülkeler ve Ek-I'de yer alan diğer Taraflar sera gazı emisyon azaltımı yapmakla; gelişmiş ülkeler ve Ek-II'de yer alan diğer Taraflar da diğer ülkelere mali destek sağlamakla yükümlüdür. Sözleşme yürürlüğe girdiği esnada Türkiye her iki ekte de yer almış olup, 2001'de gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı'nda alınan 26/CP.7 sayılı Kararla Türkiye'nin adı BMİDÇS'nin EK-II listesinden çıkarılmış fakat özel şartları kabul edilerek EK-I listesinde kalmıştır.

Kyoto Protokolü ise 1997 yılında kabul edilmiş ve 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Protokolde, Ek-I taraflarına sayısallaştırılmış emisyon azaltım hedefleri belirtilmiştir. Türkiye 5386 Sayılı Kanun'un 5 Şubat 2009'da Türkiye Büyük Millet Meclisi'nce kabulü ve 13 Mayıs 2009 tarih ve 2009/14979 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararı'nın ardından, katılım aracının Birleşmiş Milletlere sunulmasıyla 26 Ağustos 2009 tarihinde Kyoto Protokolü'ne Taraf olmuştur. Kyoto Protokolü kabul edildiğinde BMİDÇS tarafı olmayan Türkiye'nin, Ek-1 ülkesi olmasına rağmen Protokol kapsamında sayısallaştırılmış emisyon azaltım taahhüdü bulunmamaktadır.

Paris Anlaşması, temel olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne dayanmaktadır ve Kyoto Protokolü'nün sona erme tarihi olan 2020 sonrası iklim değişikliği rejimini düzenlemeyi amaçlamaktadır.

2020 sonrası iklim değişikliği rejiminin çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te düzenlenen BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. COP 21'de, 2020 sonrası için ilk kez **küresel ölçekte bütün ülkeler sera gazı emisyon azaltımı taahhüdünde** bulunmuşlardır. Anlaşma, 5 Ekim 2016 itibariyle, küresel sera gazı emisyonlarının yüzde 55'ini oluşturan en az 55 tarafın anlaşmayı onaylaması koşulunun karşılanması sonucunda, 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe girmiştir.

Türkiye, Paris Anlaşması'nı, 22 Nisan 2016 tarihinde, New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte imzalamış ve Ulusal Beyanımızda adı geçen Anlaşma'yı geliştirmekte olan bir ülke olarak imzaladığı vurgulanmıştır.

"7335 sayılı Paris Anlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulduğuna Dair Kanun" ile Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin 21 inci Taraflar Konferansında kabul edilen ve Türkiye Cumhuriyeti adına 22 Nisan 2016 tarihinde imzalanan "Paris Anlaşması"nın beyan ile birlikte onaylanması uygun bulunmuştur. 06.10.2021 tarihli ve 7335 sayılı onaylanması uygun bulunan Paris Anlaşması "9 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesine" göre onaylanmak suretiyle Resmi Gazetede yayımlanmıştır³³.

33 <https://iklim.esb.gov.tr/bmidcs-ve-turkiye-i-4376>, Erişim Tarihi, 11.04.2022.

Bir taraftan uluslararası anlaşmalara uyum süreci devam ederken diğer taraftan Türkiye'nin Avrupa Birliği hedefi kapsamında yeni gelişmeler ile karşı karşıya olduğunu söylemek mümkündür. Avrupa Birliği'nin çevre politikası, kirliliği ortadan kaldırmayı, azaltmayı ve önlemeyi, doğal kaynakların, ekolojik dengeye zarar vermeyecek biçimde kullanılmasını temin ederek sürdürülebilir kalkınmayı sağlamayı, çevresel zararın kaynağında önlenmesini ve çevreyi korumanın diğer sektörel politikalarla (enerji, ulaştırma v.b.) entegrasyonunu güvence altına almayı amaçlamaktadır.

Avrupa Birliği'nin çevre politikasının temel ilkeleri, "kirleten öder", "bütünleyicilik", "yüksek seviyede koruma", "kaynakta önleme", "önleyicilik" ve "ihtiyat"tır.

Avrupa Birliği'nin çevre politikasının gelişiminde, 1973 yılından bu yana hazırlanan Çevre Eylem Programları oldukça etkili olmuştur.

14 Ekim 2020 tarihinde Avrupa Komisyonu 8. Çevre Eylem Programı'nın hazırlanmasına yönelik bir teklif sunmuştur. 8. Çevre Eylem Programının hedefleri aşağıda sıralanmaktadır;

- 2030 sera gazı emisyon azaltım hedefinin karşılanması ve 2050 yılına kadar iklim-nötr düzene geçişin gerçekleştirilmesi,
- İklim değişikliğine yönelik adaptasyon kapasitesi ve direnç gücünün artırılması ile kırılganlığın azaltılması,
- Yenileyici büyüme modeline geçişin sağlanması, ekonomik büyümenin kaynak kullanımı ve çevresel bozulmadan ayrıştırılması, döngüsel ekonomiye geçişin hızlandırılması.
- Hava, su ve toprakta sıfır kirlilik hedefinin gerçekleştirilmesi ile vatandaşların sağlık ve refahının korunması.
- Doğal sermayenin güçlendirilmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması, muhafaza edilmesi ve güçlendirilmesi,
- Üretim ve tüketim faaliyetlerinin çevre ve iklim üzerindeki baskısının azaltılması (özellikle enerji, endüstri, altyapı ve inşaat ile ulaşım ve gıda sektöründe)

1 Aralık 2009 tarihinde yürürlüğe giren Lizbon Antlaşması ile çevre, AB ile üye ülkeler arasında paylaşılan yetki alanlarından biri olarak kabul edilmiştir. Lizbon Antlaşması uyarınca, Birliğin çevre politikası, aşağıdaki hedeflerin takibine katkıda bulunur:

- Çevre kalitesinin muhafaza edilmesi, korunması ve iyileştirilmesi,
- İnsan sağlığının korunması,
- Doğal kaynakların basiretli ve rasyonel biçimde kullanılması
- Bölgesel veya dünya çapındaki çevre sorunlarının ele alınmasına yönelik uluslararası düzeydeki tedbirlerin teşvik edilmesi ve özellikle iklim değişikliğiyle mücadele edilmesi.

11 Aralık 2019 tarihinde, Avrupa Komisyonu Başkanı tarafından açıklanan Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM), Avrupa'yı 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarının net olarak sıfırlandığı dünyanın ilk iklim-nötr kıtası haline getirmeyi hedefleyen AB'nin **yeni büyüme stratejisidir**. AB'yi kaynak-verimli, rekabetçi ve modern bir ekonomik yapıya kavuşturmayı öngören AYM, üretimden ticarete, enerjiden ulaştırmaya, tarımdan vergilendirmeye kadar pek çok alanı kapsayan köklü bir dönüşüm planıdır. AYM uyarınca, AB ekonomisinin tüm sektörlerinin AB'nin 2050 yılında iklim-nötr olma hedefine katkıda bulunacak şekilde yeniden yapılandırılması öngörülmektedir. AYM'nin hedeflerine ulaşılabilmesi için gelecek 10 yıllık dönemde yaklaşık 1 trilyon avro tutarında sürdürülebilir yatırımın hayata geçirilmesi planlanmaktadır.

Avrupa'nın iklim-nötr düzene geçişine yönelik siyasi taahhüdün hukuki açıdan bağlayıcı bir yükümlülüğe dönüştürülmesi amacıyla, 30 Haziran 2021 tarihinde "Avrupa İklim Yasası" kabul edilmiştir. Yasa kapsamında ayrıca, AB'nin 2030 yılına yönelik öngördüğü sera gazı emisyonlarında 1990'a kıyasla yüzde 40 azaltım sağlanması hedefi de "1990'a kıyasla en az yüzde 55 azaltım" olarak güncellenerek bağlayıcı hale getirilmiştir. Söz konusu güncellenmiş hedef Aralık 2020'de, AB'nin Paris Anlaşmasına yeni katkısı olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) sunulmuştur.

AYM ile öngörülen köklü dönüşüm süreci Türkiye'nin AB'ye katılım süreci ve Birlik ile olan ticari ve ekonomik ilişkileri kapsamında yakından takip edilmekte ve gereken hazırlık çalışmaları ilgili kurumların eşgüdümünde yürütülmektedir. Bu çerçevede AYM Eylem Planına ilişkin Cumhurbaşkanlığı Genelgesi 16.07.2021 tarihli ve 31543 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Aynı tarihte kamuoyuyla paylaşılan ve 9 ana başlık ("Sınırdaki Karbon Düzenlemesi", "Yeşil ve Döngüsel Bir Ekonomi", "Yeşil Finansman", "Temiz, Ekonomik ve Güvenli Enerji Arzı", "Sürdürülebilir Tarım", "Sürdürülebilir Ulaşım", "İklim Değişikliğiyle Mücadele", "Diplomasi", "Bilgilendirme ve Bilinçlendirme Faaliyetleri") altında toplam 32 hedef ve 81 eylemi içeren AYM Eylem Planı, Türkiye'nin yeşil dönüşüm alanında gerçekleştireceği uyum çalışmalarına yönelik detaylı bir yol haritası sunmaktadır. Türkiye'nin 2021 tarihi itibarıyla Paris Anlaşmasına taraf olması ve 2053 yılına yönelik net sıfır emisyon hedefini açıklaması da AYM Eylem Planının uygulanma sürecini hızlandıracaktır³⁴.

Tüm bunlara paralel bir şekilde Türkiye'de 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi **Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun**" ile yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi planlanmıştır.

34 https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html, Erişim Tarihi, 11.04.2022.

Söz konusu kanunda Biyokütle, organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlar olarak tanımlanmakta ve biyokütle kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi veya yakıt üretimine yönelik AR-GE tesis yatırımlarının Bakanlar Kurulu kararı ile teşviklerden yararlandırılabilceği ifade edilmektedir³⁵ 28/2011 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamede ise *“biyokütle; tarım (bitkisel ve hayvansal maddeler dahil), ormancılık ve balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği, kamu ve özel yeşil alanlardan biçme ve budama dahil olmak üzere ilgili endüstrilerden kaynaklanan ürünlerin, atıkların ve biyolojik kaynaklı kalıntıların biyolojik olarak parçalanabilen kısmı”* olarak tanımlanmıştır³⁶.

Sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiğinde önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olan biyokütle fosil temelli yakıtlara kıyasla üretimi ve kullanımı genel olarak karbon nötr olarak kabul edilmektedir. Fosil yakıtlara kıyasla biyoenerji üretiminin yüzde 80-85 daha düşük emisyon oranlarına sahip olması dikkate değer bir alan olarak görülmektedir. Elbette bu emisyon oranlarının gerçekleşmesi sürdürülebilir biyokütle kaynaklarına ve bu kaynakların yönetim ve işleme aşamalarındaki verimlilik düzeylerine bağlı kalmaktadır. Bununla birlikte, biyoenerji üretimi için arazi kullanımı, verimli kullanılmayan ve terk edilmiş arazileri tekrar üreten bir kullanıma çevirerek üretim ve verimliliğin artırılması konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Ayrıca, biyoenerji üretimi hammaddeleri olarak hasat kalıntılarının kullanılması, kaynak verimliliğinin artırılmasının yanı sıra, toprak kullanımında olumsuz bir etki yaratmadan sera gazı emisyonunun azaltılmasını sağlamaktadır. Ayrıca biyoenerji üretimi için kullanılan araziler, biyoçeşitliliğin azalmasına veya artmasına neden olabilmekte ve bu nedenle biyoenerji üretiminde gerekli önlemlerin alınması çok büyük önem taşımaktadır.

Biyoenerji üretimi için tarımsal ürünlerin veya birincil kalıntıların kullanılması toprak kalitesinin düşme ve besin maddelerinin tükenme risklerini beraberinde getirmektedir. Diğer taraftan, atıkların işlenmesinin toprak kalitesi üzerindeki olumlu etkisi de bunların gübre olarak kullanılmasıdır. Sürdürülebilir uygulamalar ile uygun biyokütle hammaddelerinin kullanılması, bozulmuş arazilerin rehabilitasyonuna katkıda bulunarak iyileştirilmiş toprak kalitesi ile sonuçlanabilmektedir. Biyoenerji üretiminin, çevresel etkilere ilişkin risklerinin ve potansiyel faydalarının hammadde, yönetim sistemi, kullanılan teknoloji, işletme bölgesi gibi etkenlere göre farklılık gösterdiği söylenebilmektedir.

35 <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518-1.htm>, Erişim Tarihi, 11.04.2022.

36 Bereket-Baş, Z., (2022), Biyokütlenin Yenilenebilir Enerji ve Tarımdaki Hukuksal Durumunun Analizi, 11-13 Mayıs 2022 Biyoküttele Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Bunlara ek olarak biyokütle hammaddelerinin kontrolsüz yöntemlerle yakılması, karbon emisyonlarına yol açarak hava kirliliğine ve birtakım sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Ancak, modern sistemlerin ve kontrollü yöntemlerin kullanılması ile hava kalitesi gereksinimleri karşılanabilmektedir. Biyokütle kaynaklarının arazi bazlı kullanımı ile üretim alanında ve çevresinde bulunan su kaynaklarının tükenmesi veya kirlenmesi riski oluşmaktadır. Diğer taraftan, biyoenerji üretimi için atık su kullanımının ve biyoyakıtlar için yosun kullanımının, kirlenmiş veya besin açısından zengin su akışlarını temizlemek gibi birçok faydası da bulunmaktadır. Sürdürülebilir uygulamalar ile kullanılan uygun biyokütle hammaddeleri, bozulmuş arazilerin rehabilitasyonuna katkıda bulunabilmekte ve bu durum su havzalarının korunması ile sonuçlanmaktadır. Biyoenerji üretimi ve kullanımının toprak ve su kalitesi, arazi kullanım hakkı ve güvenli çalışma koşulları gibi birçok konu üzerindeki etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, biyoenerji üretimi ve kullanımının ortaya çıkaracağı sonuçlar göz önünde bulundurularak kontrollü yöntemlerle yapılması gerekmektedir³⁷.

Bilindiği üzere yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının yerini alma ve böylece iklim değişikliğini azaltma konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının uygun bir şekilde uygulanması, sosyal ve ekonomik kalkınmaya, enerji erişimine ve enerji tedarikinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunabilmektedir. Yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların, iyileştirilmiş enerji erişimi, azaltılmış emisyon yoluyla daha iyi sağlık koşullarının oluşturulması ve istihdam yaratılması gibi kalkınma etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, orman ve arazi kullanımı, iklim eylemini desteklemektedir ve önemli doğal kaynakları ile çevreyi korumakla birlikte, toplumlar için sürdürülebilir geçim kaynakları sağlamaktadır³⁸.

Tüm bunlar dikkate alındığında biyokütle kaynaklarının kullanımı ve enerji üretiminin sürdürülebilirlik unsurları olan çevresel, sosyal ve ekonomik unsurlar açısından değerlendirilmesinde yarar bulunmaktadır

3.1. ÇEVRESEL BOYUT

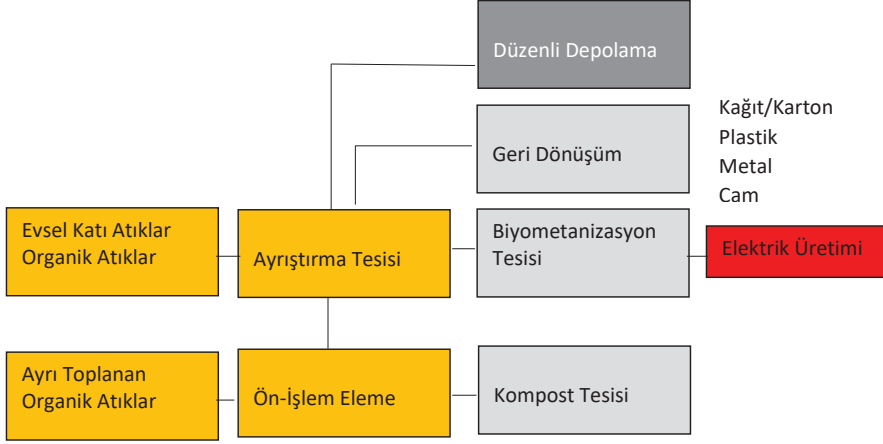
Biyokütle kullanımı uygun şekilde yönetilir ve düzenlenirse atmosferik CO₂ seviyelerini düşürebilmekte ve enerji amaçlı kullanıldığında, yaşam döngüsü içinde CO₂ emisyonlarında olumlu etki oluşturmaktadır. Biyoenerji, karbon yakalama ve depolama ile kullanıldığında, karbon atmosfere geri döndürülmemekte ve net bir CO₂ düşüşüne yol açmaktadır. Benzer şekilde, biyokütle biyo bazlı malzemelerde kullanıldığında ürünlerin kullanım ömrü boyunca malzemelerde depolanan biyojenik karbonu artırmakta ve bazı durumlarda ortam için CO₂ tutmanın olumlu etkisi olabilmektedir. Döngüsel karbon ekonomisinde biyoenerji, sisteminin sadece bir parçasıdır.

37 PwC, (2021), Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış, www.pwc.com.tr, Erişim Tarihi, 11.04.2022, s.8-9.

38 PwC, (2021), a.g.e., s. 12.

Biyoenjerji, tedarik zinciri boyunca üretilen kalıntılar ve atıkların yakılması, israf veya imha edilmesi yerine gelir akışları oluşturarak tüm biyokütle sistemini güçlendirmektedir. Ayrıca, metan emisyonları gibi çevresel sorunların da önlenmesine yardımcı olmaktadır³⁹.

Şekil 14. Entegre Katı Atık Yönetim Şeması



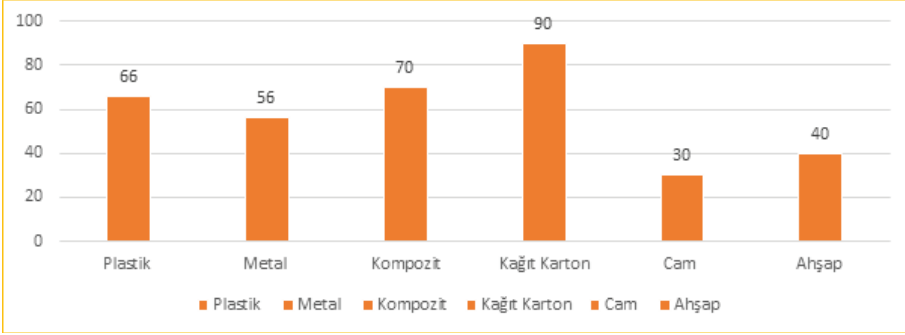
Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s.59

Biyokütle çeşitli çevrim teknolojileri kullanılarak katı, sıvı, ve gazlı yakıtlara dönüştürülmektedir. Türkiye’de yer alan biyokütle tesislerinde hayvansal atık, tarımsal atık, ormansal atık, kentsel ve endüstriyel atık kullanımının yanı sıra enerji bitkilerinin kullanımı ile de enerji üretilmektedir. Entegre katı atık yönetim şeması bu atıkların geri dönüşüme ve elektrik üretimine dönüşüm ilişkilerini tanımlamaktadır. Şekil 14’te görüldüğü gibi ayrı toplanan organik atıklar doğrudan kompost tesislerine giderken evsel atıklar içinde yer alan organik atıklar ayrıştırma tesisinde işlemden geçirilerek kompost tesisine yönlendirilmektedir. Ayrıştırma tesisi bir taraftan biyometanizasyon için hammadde temini sağlayarak elektrik üretimini desteklerken diğer taraftan geri dönüşüm ile kağıt/karton, plastik, metal ve cam’ın geri kazanımına destek vermektedir.

Şekil 15’te görüldüğü gibi ambalaj atıklarının geri kazanım oranlarında en düşük verimlilik cam ve ahşap atıklarda en yüksek geri kazanım oranı ise kağıt ve karton ambalajlarda gerçekleşmektedir. Türkiye’de ortalama geri kazanım oranı ise yüzde 62 olarak hesaplanmıştır.

39 PwC, (2021), a.g.e., s. 15

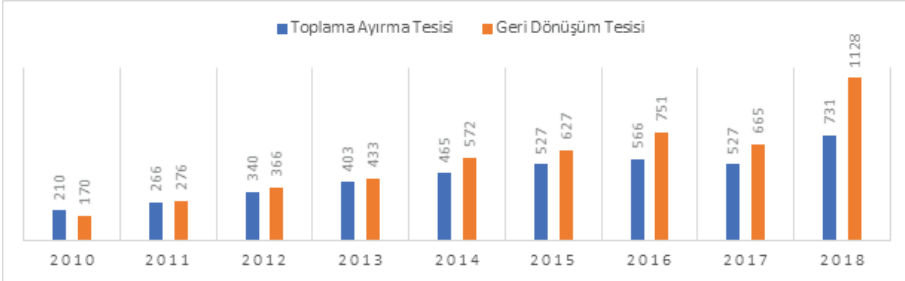
Şekil 15. 2020 Yılı Ambalaj Atıklarının Geri Kazanım Oranları (%)



Kaynak: Ambalaj Bülteni, (2020), Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/ambalajbulten-2020-20220226105845.pdf>, Erişim Tarihi, 13.04.2022

Yönetmeliğe göre, ambalaj atığı toplama ayırma ve geri dönüşüm tesislerinin lisans almaları gerekmektedir. Şekil 16’da 2018 yılı itibariyle toplam toplama ayırma tesislerinin sayısı 731, geri dönüşüm tesisi sayısı ise 1.128 seviyesine ulaştığı görülmektedir⁴⁰

Şekil 16. Toplama-Ayırma ve Geri Dönüşüm Tesislerinin Yıllara Göre Dağılımı (Adet)



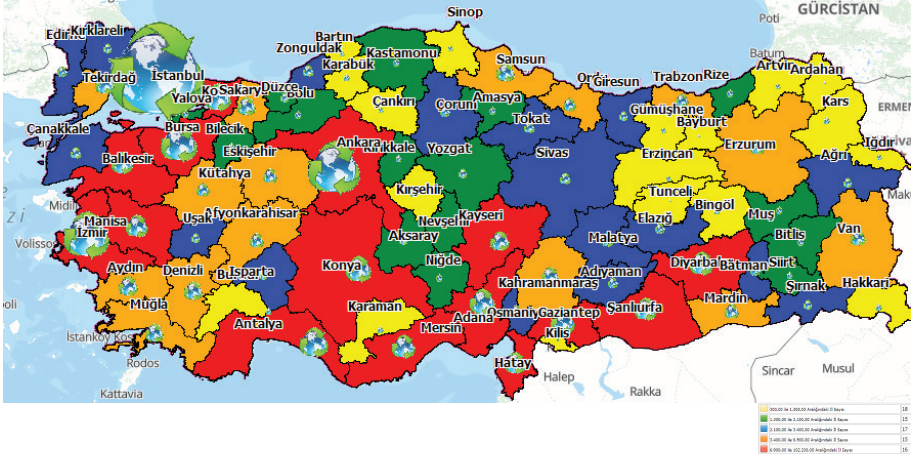
Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s. 65

Şekil 17’de göre biyometanizasyona uygun belediye atıklarının nüfus yoğunluğu fazla olan iller başta olmak üzere haritada kırmızı renkle tanımlanan 16 ilde yoğunlaştığı görülmektedir. Türkiye’de toplam belediye atıklarının yüzde 45’i biyometanizasyona uygun atık olarak kabul edilmektedir. Biyometanizasyona uygun belediye atıklarının teorik enerji eşdeğeri 466.881 TEP/yıl iken bu atıkların ekonomik enerji eşdeğeri 93.396 TEP/yıl olarak hesaplanmaktadır⁴¹.

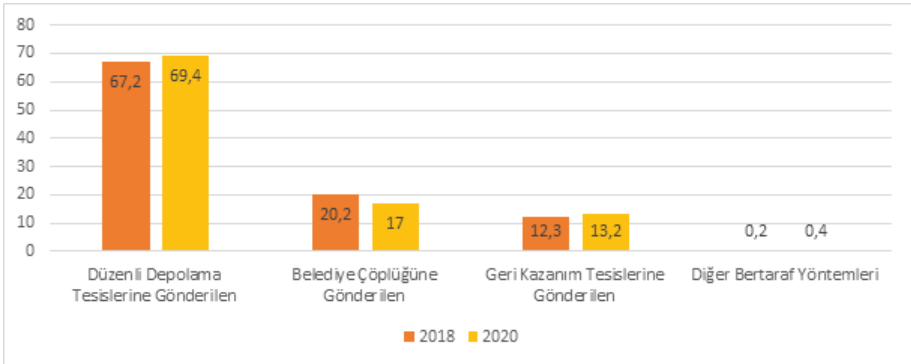
40 PwC, (2021), a.g.e., s. 65

41 <https://bepa.enerji.gov.tr/>, Erişim Tarihi, 10.05.2022

Şekil 17. Biyometanizasyona Uygun Olan Belediye Atıklarının İllere Göre Dağılımı

Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Şekil 18. Bertaraf ve Geri Kazanım Yöntemine Göre Belediye Atıklarının Dağılımı (%)



Kaynak: TÜİK, (2021), 2020 Yılı Atık İstatistikleri Bülteni, Erişim Tarihi, 10.05.2022

Şekil 18’de görüldüğü gibi 2020 yılında atık hizmeti verilen belediyelerde toplanan 32,3 milyon ton atığın yüzde 69,4’ü düzenli depolama tesislerine, yüzde 17’si belediye çöplüklerine ve yüzde 13,2’si geri kazanım tesislerine gönderilmiş, yüzde 0,4’ü ise açıkta yakılarak, gömülerek, dereye veya araziye dökülerek bertaraf edilmiştir. Belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,13 kg olarak hesaplanmıştır⁴².

42 TÜİK, (2021), 2020 Yılı Atık İstatistikleri Bülteni, Erişim Tarihi, 10.05.2022

Tablo 5. Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesis Sayıları; 2018,2020

	2018	2020
	Tesis Sayısı	Tesis Sayısı
Atık bertaraf tesisleri	166	184
Düzenli depolama tesisi	159	174
Yakma Tesisi	7	10
Atık geri kazanım tesisleri	2.057	2.568
Kompost Tesisi	8	9
Beraber yakma (ko-insinerasyon) tesisi	40	50
Diğer geri kazanım tesisi	2.009	2.509

Kaynak: TÜİK, (2021), 2020 Yılı Atık İstatistikleri Bülteni, Erişim Tarihi, 10.05.2022

Tablo 5'te görüldüğü gibi 2018 yılından 2020 yılına kadar atık bertaraf tesislerinin sayısı 18 artarken atık geri kazanım tesislerinin sayısı 511 artmıştır. 2020 yılında atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinde işlenen 127,4 milyon ton atığın⁴³ 78,3 milyon tonu bertaraf edilmiş, 49,1 milyon tonu ise geri kazanılmıştır. Toplam işlenen atık miktarı ise 2018'e göre yüzde 22 artmıştır. Düzenli depolama tesislerinin toplam kapasitesi 1,2 milyar m³ olarak hesaplanmakta ve toplam 174 düzenli depolama tesisinde 31,9 milyon tonu tehlikeli olmak üzere 77,8 milyon ton atık bertaraf edilmektedir. Atık geri kazanım lisansı olan beraber yakma (ko-insinerasyon) tesislerinde 1,3 milyon ton atık yakılarak enerji geri kazanımı gerçekleştirilirken kompost ve beraber yakma tesisleri hariç lisansı olan diğer atık geri kazanım tesislerinde toplam 47,6 milyon ton metal, plastik, kâğıt, mineral vb. atık geri kazanılmıştır⁴⁴.

İmalat sanayi işyerleri, maden işletmeleri, termik santraller, organize sanayi bölgeleri (OSB), sağlık kuruluşları ve hane halkları 2020 yılında 30,9 milyon tonu tehlikeli olmak üzere toplam 104,8 milyon ton atık oluşturmuştur. İmalat sanayi işyerlerinde 4,6 milyon tonu tehlikeli olmak üzere toplam 23,9 milyon ton atık oluşmuştur. Toplam atığın yüzde 56,3'ü satılmış veya lisanslı atık işleme tesislerine gönderilmiştir. Yüzde 24,2'si düzenli depolama tesislerine gönderilmiş, yüzde 7,1'i işyeri sahasında depolanmıştır. Yüzde 7'si tesis bünyesinde geri kazanılmış, yüzde 3,2'si belediye veya OSB yönetimleri tarafından toplanmış, yüzde 1,7'si beraber yakma (ko-insinerasyon) veya yakma tesislerine gönderilmiş, yüzde 0,4'ü dolgu malzemesi olarak kullanılmış/doğaya yeniden kazandırılmıştır. Yüzde 0,1'i ise diğer yöntemlerle bertaraf edilmiştir.

43 Atık Bertaraf ve Geri Kazanım Tesisleri Anketi kapsamında nihai atık bertaraf ve geri kazanım verilerini elde etmek amaçlandığından; atık toplama, ayrıştırma, ara depolama gibi ön-işlem tesisleri kapsam dışı tutulmuştur. Tesislerde ithal atıklar da işlenmektedir.

44 TÜİK, (2021), 2020 Yılı Atık İstatistikleri Bülteni, Erişim Tarihi, 10.05.2022

Tablo 6. Toplam Atık Miktarının Dağılımı; 2018,2020

	Toplam Atık Miktarı		Tehlikeli Atık Miktarı		Tehlikesiz Atık miktarı	
	2018	2020	2018	2020	2018	2020
Toplam (ton)	94.870.818	104.848.864	15.078.573	30.876.658	79.792.245	73.972.206
İmalat Sanayi İşyerleri	22.881.144	23.867.866	3.677.320	4.597.274	19.203.824	19.270.593
Termik Santraller	26.127.134	24.375.356	13.805	10.012	26.113.329	24.365.343
Maden İşletmeleri	17.387.029	27.581.875	11.176.581	26.044.730	6.210.448	1.537.144
OSB	286.843	279.067	111.733	116.720	175.110	162.347
Sağlık Kuruluşları	89.454	109.683	86.916	106.570	2.538	3.113
Hanehalkı	28.099.214	28.635.018	12.218	1.352	28.086.966	28.633.665

Kaynak: TÜİK, (2021), 2020 Yılı Atık İstatistikleri Bülteni, Erişim Tarihi, 10.05.2022

Tablo 6’da görüldüğü gibi 2020 yılında maden işletmelerinde dekapaj malzemesi/pasa hariç 27,6 milyon ton atık oluşmuştur. Toplam atığın yüzde 71,3’ü pasa sahalarında, atık barajlarında veya düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmiş, yüzde 26,4’ü ocak içine geri doldurulmuş, yüzde 2,3’ü ise diğer yöntemlerle geri kazanılmış ya da bertaraf edilmiştir.

Termik santrallerde 10 bin tonu tehlikeli olmak üzere toplam 24,4 milyon ton atık oluşmuştur. Toplam tehlikesiz atığın yüzde 79,5’ini kül ve cüruf atıkları, yüzde 20,5’ini ise metal, kâğıt, plastik atıklar, atıksu arıtım çamurları ile evsel ve benzeri atıklar oluşturmuştur. Toplam atığın yüzde 85,9’u kül dağı, kül barajı veya düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilirken, yüzde 13,2’si lisanslı tesislere gönderilmiş ve maden/taş ocaklarının geri doldurulmasında kullanılmıştır. Yüzde 0,9’u ise diğer yöntemlerle bertaraf edilmiştir.

OSB müdürlüklerinin altyapı hizmetleri, atıksu arıtımı vb. idari faaliyetleri sonucu 117 bin tonu tehlikeli olmak üzere 279 bin ton atık oluşmuştur. Oluşan atığın 6 bin tonu OSB bünyesinde geri kazanılmış veya geçici depolanmış, 208 bin tonu OSB dışında geri kazanılmıştır. 66 bin tonu ise OSB bünyesinde veya OSB dışında bertaraf edilmiştir. Bertaraf edilen atıkların yüzde 59,4’ü düzenli depolama tesislerinde, yüzde 40,6’sı ise belediye/OSB çöplüklerinde bertaraf edilmiştir.

Sağlık kuruluşlarından 110 bin ton tıbbi atık toplanmıştır. Toplam tıbbi atığın yüzde 23,7’si İstanbul, yüzde 7,8’i Ankara ve yüzde 5,8’i İzmir olmak üzere, yüzde 37,3’ü bu üç büyükşehirde bulunan sağlık kuruluşlarından toplanmıştır. Toplanan tıbbi atığın yüzde 90,6’sı sterilize edilerek depolama alanlarına, yüzde 9,4’ü ise yakma tesislerine gönderilerek bertaraf edilmiştir⁴⁵.

45 TÜİK, (2021), 2020 Yılı Atık İstatistikleri Bülteni, Erişim Tarihi, 10.05.2022

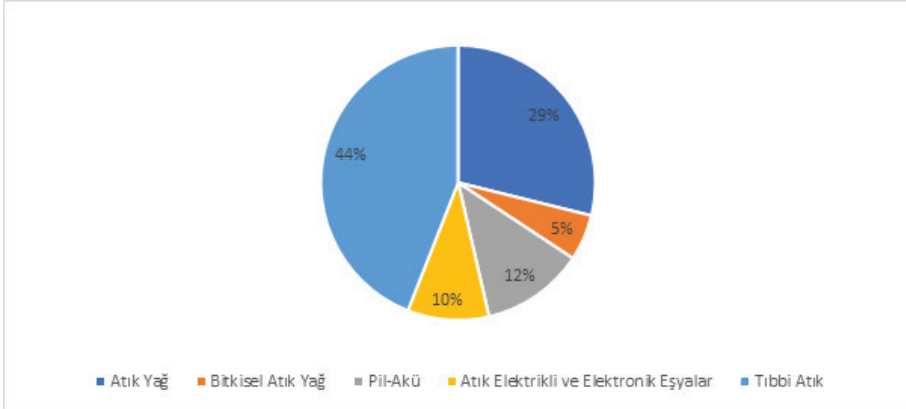
Tablo 7. 2018 Yılında Tehlikeli Atık Miktarının En Fazla Olduğu Başlıca İller

	Tehlikeli Atık Miktarları (Ton)
İstanbul	185.892
İzmir	166.512
Bursa	114.738
Ankara	74.845
Manisa	57.775
Konya	38.119
Adana	30.013
Mersin	22.998
Samsun	22.213

Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s. 68

Sanayi tesislerinin daha yoğun olduğu bölgelerde tehlikeli atık miktarının da yüksek olduğu görülmektedir. Tablo 7’de görüldüğü gibi İstanbul, İzmir ve Bursa başta olmak üzere sanayi merkezleri olan iller ilk sırada yer almaktadır. Özel Atıklar olarak değerlendirilen maddelerin çoğu geri dönüştürülebilir malzemelerden oluşmakta ve tehlikeli atık kapsamına girmektedir.

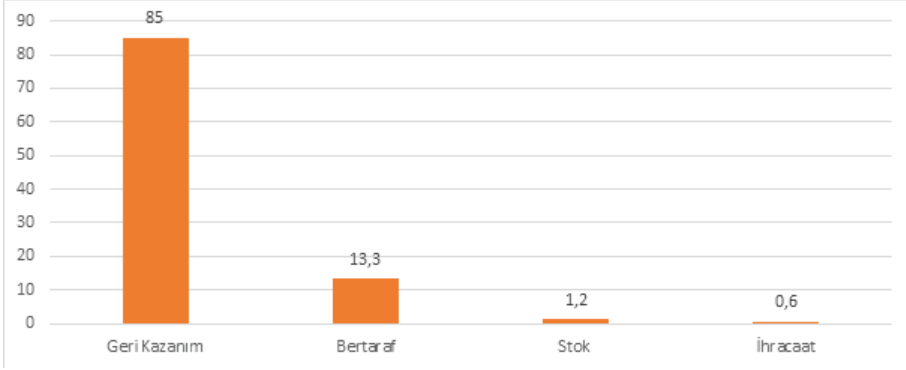
Şekil 19. 2018 Yılı Özel Tehlikeli Atık ve Tıbbi Atıkların Dağılımı



Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s. 67

Şekil 19’da görüldüğü gibi 2018 yılında özel tehlikeli atıklar içinde yüzde 44’lük pay ile tıbbi atıklar öne çıkmakta, atık yağlar ise yüzde 29’luk pay ile ikinci sırada yer almaktadır. Şekil 20’de ise tehlikeli atıkların işleme dağılımı yer almaktadır.

Şekil 20. 2018 Yılı Tehlikeli Atıkların İşleme Dağılımı (%)



Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s. 69

2018 yılında beyan edilen tehlikeli atığın yüzde 85'i geri kazanılmak üzere atık işleme tesislerine gönderilirken yüzde 13,3'ü bertaraf edilmek üzere sterilizasyon, düzenli depolama ve yakma tesislerine gönderilmiştir. Tehlikeli atığın yüzde 1,2'si tesislerde stok olarak tutulmuş ve yüzde 0,60'ı ise ihraç edilmiştir.

3.2. EKONOMİK BOYUT

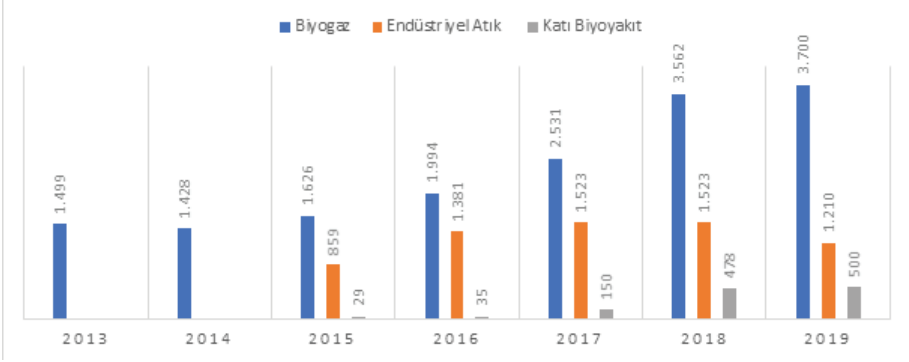
Biyokütle enerji için kullanıldığında, ya doğrudan kullanılır ya da ilk olarak nakliye ve kullanım için uygun bir forma dönüştürülür (odun peletleri ve yağ gibi) ve daha sonra tekrar ısı veya elektrik üretimi için kullanılabilir. Bitkilerde depolanan kimyasal enerji, yakma yoluyla doğrudan ısı olarak açığa çıkarılabilir (bir motor veya türbin yoluyla güce/elektriğe dönüştürülebilir) veya çeşitli ara kimyasal ve enerji ürünlerine dönüştürülerek pazarlanabilir.

Biyokütleden ısı üretimi, biyokütlenin geleneksel enerji kullanımınıdır. Biyokütlenin ısı için yakılması, katı biyokütleyi enerjiye dönüştürmenin en eski yolu olarak bilinmektedir. Doğrudan ısı uygulaması için gazlaştırıcıların kullanımı da yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyokütle kaynağının daha enerji verimli kullanımı için büyük ölçekli ısı uygulamaları genellikle kombine ısı ve güç sistemlerinde elektrik üretimi ile birleştirilmektedir.

Katı, sıvı ve gaz halindeki biyokütle ve atık yakıtlar halihazırda enerji sektöründe ısı ve elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Hammaddeler ve teknolojiler çok kapsamlıdır; tarım ve ormancılık artıklarının yakılması gibi olgun ve düşük maliyetli seçeneklerin yanı sıra gazlaştırma veya sıkı emisyon kontrollerine sahip belediye katı atık üreteçleri gibi henüz olgunlaşmamış ve pahalı seçenekler de bulunmaktadır. Bunlarla birlikte, biyokütleden elektrik üretimi çoğunlukla kombine ısı ve güç sistemleri aracılığıyla sağlanır.

Biyokütleden enerji üretimi esnek, değişken rüzgar ve güneş enerjisi payının yüksek olduğu elektrik şebekelerindeki üretimi dengelemeye yardımcı olmaktadır⁴⁶.

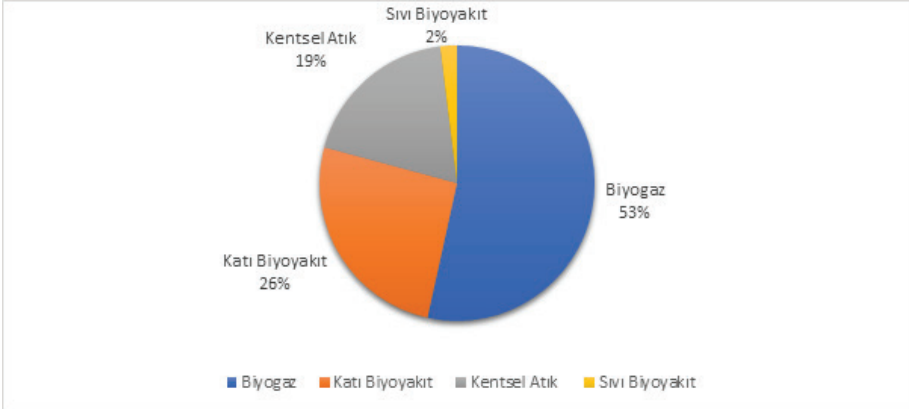
Şekil 21. Yıllara Göre Biyokütle Kaynaklı Isı Üretimi (TJ)



Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s. 61

Şekil 21’de görüldüğü gibi Türkiye’de büyük ölçüde biyogaz kullanımı ile ısı üretimi yapılmakta son dönemlerde ise endüstriyel atık ve katı biyoyakıtların da kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 22. 2019 Yılı Elektrik Üretiminde Biyokütle Kurulu Güç Dağılımı



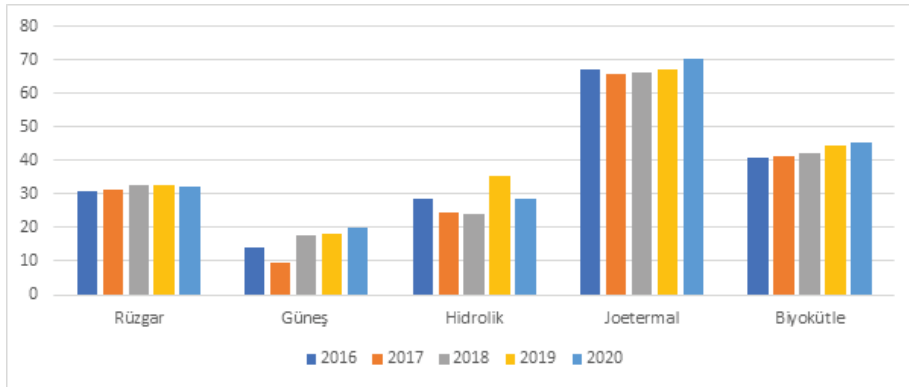
Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s. 60

2019 yılında Türkiye’de biyokütle kaynaklı elektrik üretimi 1.163 MW olurken bunun kaynaklara göre dağılımı Şekil 22’de görülmektedir. Elektrik üretiminde biyogazın yüzde 53’lük bir pay ile diğer biyokütle kaynaklarından daha büyük bir paya sahip olduğu tespit edilmiştir.

46 PwC, (2021), a.g.e., s. 79

Türkiye’de 2016-2020 dönemi incelendiğinde yenilenebilir enerji santralleri yıllık ortalama çalışma saatleri ile mevcut potansiyelinin altında kullanılmıştır. Buna rağmen rüzgar santralleri 2016-2020 döneminde ortalama yüzde 31,92 kapasite ile çalışırken güneş enerji santralleri yüzde 15,92, hidrolik enerji santralleri yüzde 28,36, biyokütle santralleri yüzde 42,84 ve jeotermal santralleri yüzde 67,32’lik bir kapasite ile çalışmıştır. Söz konusu 5 yıllık dönemde santrallerin ortalama çalışma saatleri Şekil 23’te sunulmaktadır. Buna göre yenilenebilir enerji santrallerinin çalışma saatleri karşılaştırıldığında jeotermal santralleri ilk sırada yer alırken biyokütle santralleri ikinci sırada bulunmaktadır.

Şekil 23. 2016-2020 Yılları Arasında Yenilenebilir Enerji Santralleri Ortalama Çalışma Oranları (%)



Kaynak: TEİAŞ, (2021), Üretim Kapasite Projeksiyonu, 2021-2025, s.30

Her ne kadar söz konusu santraller kapasitelerinin altında çalışmış olsa da Tablo 8’de görüldüğü gibi EPDK’nın 18.06.2020 tarihli kararına bakıldığında biyokütle santrallerinin yıllık çalışma saati 7500 ve kapasitesi yüzde 85 olarak kabul edilmektedir.

Tablo 8. 2020 Yılı Santrallerin Azami Üretim Miktarı ve Kapasitesi

Kaynak	Yıllık Çalışma Saati	Kapasite Faktörü (%)
Rüzgar	4000	45
Güneş	2000	22,8
Biyokütle	7500	85
Jeotermal	8000	92

EPDK, (2020), 18.06.2020 Tarih ve 9395 Numaralı Kurul Kararı

Isı ve elektrik üretiminin yanı sıra biyokütle kaynakları karayolu taşımacılığında içten yanmalı motoru olan binek araçlar ve kamyonlar için alternatif bir yakıt olan, çoğunlukla biyoetanol ve biyodizel olmak üzere, sıvı biyoyakıtlara dönüştürülebilmektedir. Her geçen gün fosil yakıt enerji kaynaklarının azalması ve enerji talebindeki artış ile ortaya çıkan arz-talep dengesizliği, enerji fiyatlarının yükselmesinin arkasındaki faktörlerden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Artan enerji fiyatlarıyla daha çok öne çıkan ve ulusal ekonomilerin bütçelerini olumsuz etkileyen petrol bağımlılığını azaltmak için biyoyakıt kullanımı, Türkiye dahil birçok ülkede teşvik edilmektedir. Bunun yanı sıra ülkelerin sera gazı salınımlarını azaltma taahhütleri de, biyoyakıtların teşvik edilmesinin bir diğer nedeni olarak görülmektedir. Enerji sektöründe kullanılan fosil yakıtların sera gazı salınımının yüzde 60'dan fazlasını oluşturduğu dikkate alındığında, sınırlı olsa da fosil yakıtlara alternatif olabileceği düşüncesi ile biyoyakıt kullanımına olan ilginin daha da artacağı öngörülebilmektedir. Mevcut durumda özellikle gelişmiş ülkelerde ulaşım sektörü ağırlıklı olmak üzere biyoyakıt kullanımı yaygınlaşmaktadır. Ulaşım sektörünün küresel yakıt kullanımındaki payı yaklaşık yüzde 30'a karşılık gelirken bunun yüzde 99'u fosil yakıtlardan karşılanmakta ve küresel sera gazı emisyonunun yaklaşık yüzde 21'ine sektörde kullanılan fosil yakıtlar neden olmaktadır. Biyoyakıtların ağırlıklı olarak tarımsal ürünlerden üretilmesi bir başka deyişle yenilenebilir olması, tarımsal gelirlerde artış yaratabilme imkânı, yeni istihdam olanakları yaratma potansiyeli ve fosil yakıtlarla benzer kullanım etkinliği sağlaması gibi avantajlar biyoyakıt kullanımının gelecekte daha da yaygınlaşacağına dair beklenti oluşturmaktadır⁴⁷.

Biyokütle kullanımı ile ortaya çıkan ana ürünler elektrik, ısı ve biyoyakıt olmak üzere üç başlıkta incelenebilmektedir. Ana ürünlere ek olarak, biyokütlenin enerjiye çevrim işlemleri sırasında oluşan yan ürünler de pazarlanıp satılarak gelir kaynağı oluşturabilmekte veya tekrar bir işleme dahil edilerek farklı çıktılarının üretiminde kullanılabilir. Genel olarak karbon bazlı olan bu yan ürünler arasında organik gübre, biyokömür ve kül gibi oldukça değerli ürünler bulunmaktadır. Elde edilen diğer ürünler arasında çeşitli kullanım alanları bulunan, gliserin, selüloz elyaf, karbonlu malzeme, biyoplastik ve furfural gibi ürünler de bulunmaktadır⁴⁸.

Biyokütle yan ürünleri pazarlaması açısından önemli kısıtlar ile karşı karşıya olmakla birlikte biyokütle santralleri için önemli bir potansiyel gelir kaynağı olarak görülmektedir. Santrallerin elektrik ve ısı üretimini gerçekleştirirken elde edeceği bu yan ürünleri değerlendirilmesi potansiyelinin altında elektrik üretimi yapan işletmeler açısından oldukça stratejik bir fırsat olarak değerlendirilmektedir. Tablo 9'da potansiyel yan ürünlere yer verilmektedir.

47 Rajagopal, D. ve Zilberman, D. (2007). Review of Environmental, Economic and Policy Aspects of Bio-fuels. World Bank Policy Research Working Paper, WPS4341, s.7-8.

48 PwC, (2021), a.g.e., s. 85

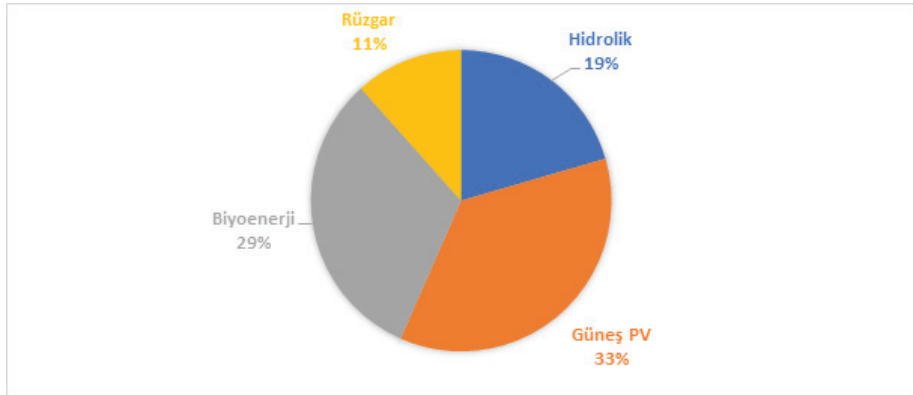
Tablo 9. Biyokütle Yan Ürünleri ve Kullanım Alanları

Yan ürün	Oluşumu ve Kullanım Alanları
Kül	Biyokütlenin yakılması ile oluşan atık kül gübre olarak toprak ıslahı, çimento hammaddesi, çimento ve beton dolgu maddeleri ve yeraltı madenciliği gibi alanlarda kullanılmaktadır
Organik Gübre	Özellikle hayvansal atıkların anaerobik çürüme işlemi sonucunda oluşan organik gübre tarımın yanı sıra saksı yetiştiriciliğinde de kullanılmaktadır.
Biyokömür	Biyokütle piroliz işlemi sonucunda yanıcı gazlar ve yağların yanı sıra biyokömür üretmektedir. Biyokömür, enerji kaynağı olarak veya toprak ıslahı için katkı maddesi olarak kullanılabilir.
Gliserin	Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel oluşturma işlemi sırasında yan ürün olarak ortaya çıkan gliserin, özellikle gıda ve kozmetik sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.
Biyoplastik	Biyoplastikler; şeker kamışı ve mısır gibi biyokütle kaynaklarından oluşmakta ve günümüzde paketleme, tarım, çiçekçilik, kompost poşetleri ve biyomedikal gibi birçok sektörde kullanılmaktadır.
Selüloz Elyafı	Buğday samanı, pirinç samanı, mısır sapları gibi biyokütle kaynaklarının kullanımı sonucunda oluşan selüloz elyafları tekstil, kağıt ve kağıt hamuru gibi çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır.

Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s. 85

Yenilenebilir enerji sektöründe küresel istihdam 2018 yılı itibarı ile 10,98 milyon kişiye ulaşmıştır. Bu istihdamın enerji türlerine göre dağılımına Şekil 24'te yer verilmektedir.

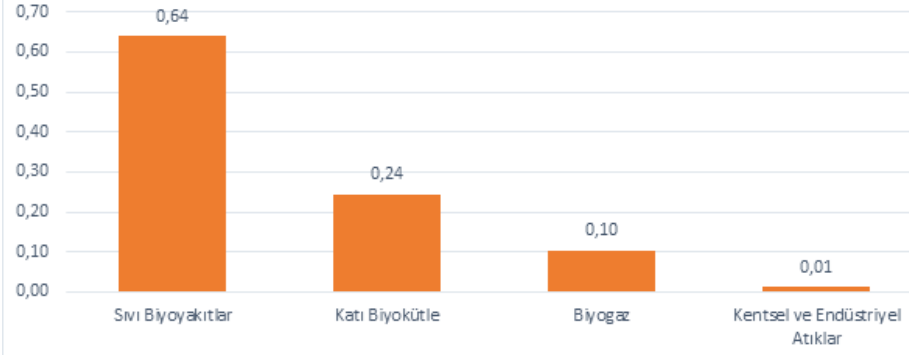
Şekil 24. 2018 Yılı Yenilenebilir Enerji Sektörlerinde Küresel İstihdam Dağılımı (%)



Kaynak: IRENA, (2019), Renewable Energy and Jobs, Annual Report 2019, www.irena.org, Erişim Tarihi 13.04.2022, s.7.

Toplam içindeki yüzde 29'luk pay ile biyoenerji sektörü biyoyakıtlar, biyokütle ve biyogaz sektörlerini kapsamakta ve 3,2 milyon kişilik bir istihdama karşılık gelmektedir. Söz konusu bu istihdamın dağılımı ise Şekil 25'te gösterilmektedir.

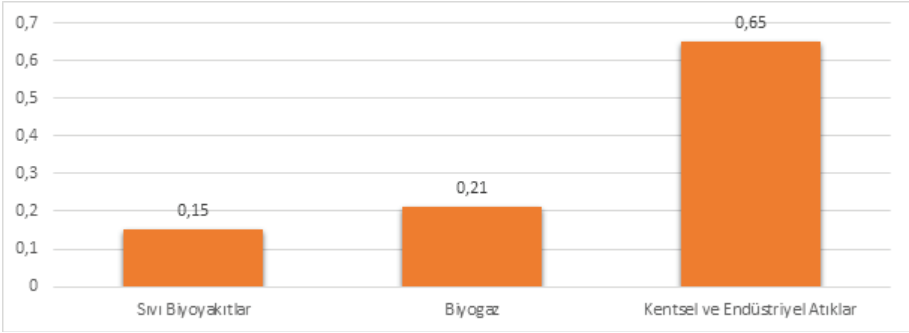
Şekil 25. 2018 Yılı Biyoenerji Sektöründeki Küresel İstihdamın Dağılımı



Kaynak: IRENA, (2019), Renewable Energy and Jobs, Annual Report 2019, www.irena.org, Erişim Tarihi 13.04.2022, s.14.

Sıvı biyoyakıtlar sektöründe çalışanlar diğerlerine kıyasla daha yüksek sayıda yer almakta, toplamda 2.063 bin kişi istihdam edilmektedir. Katı Biyokütle, Biyogaz ve Kentsel/endüstriyel atık sektörlerinde ise toplam 1.162 bin kişi istihdam edilmektedir.

Şekil 26. 2018 Yılı Türkiye’de Biyoenerji Sektöründeki İstihdam Dağılımı



Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s. 86

Şekil 26’da görüldüğü gibi Türkiye’de biyoenerji sektöründeki 3.400 kişi olarak gözükten istihdamın dağılımında yüzde 65 ile kentsel ve endüstriyel atık sektörü ilk sırada yer almaktadır.

Biyokütle potansiyelinin etkili ve yaygın bir şekilde kullanılması, biyokütlenin kullanımıyla ortaya çıkan enerjinin elektrik, ısı ve yakıtı olarak kullanılması ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlamaktadır. Biyoenerji gelişiminin gelir yaratma, istihdam artırma ve bölgesel ekonomileri güçlendirme gibi yerel konularla birlikte; ticaret dengesi ve güvenli enerji arzı gibi ulusal konularda da önemli etkisi bulunmaktadır⁴⁹.

49 PwC, (2021), a.g.e., s. 86

3.3. SOSYAL BOYUT

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen en önemli engellerden biri “sosyal kabul” olarak tanımlanmaktadır. Sosyal kabul yenilenebilir enerji üretimin kapasitesinin artırılmasını engelleyen teknik olmayan bir bariyerdir.

Sosyal kabulü etkileyen elementler şunlardır:

Farkındalık: İnsanların temiz enerji teknolojilerine yönelik kabulünü etkileyen ana faktör olan farkındalık; bilgi, tecrübe, sosyal sorumluluk ve çevresel bilincini tanımlamaktadır. Söz konusu farkındalık özellikle iklim değişikliği ve temiz enerji teknolojileri konusundaki bilgiyi ve bilinçliliği ifade etmektedir.

Açıklık/Tarafsızlık: Süreçteki konuların net ve açık olması, toplumun ve ilgili kişilerin karar verme sürecine dâhil olması ve karar vericilerin bu dâhiliyeti göz önüne alması temiz enerji teknolojilerinin toplum tarafından kabul edilmesini kolaylaştırmaktadır.

Maliyet, risk ve faydaların değerlendirilmesi: Bir temiz teknolojinin sosyal kabulü maliyetlerin, faydaların ve potansiyel risklerin değerlendirilmesi ile ilişkilidir. Söz konusu değerlendirme ya toplumun bilgi düzeyinin bir sonucudur ya da proje geliştiricilerin, hükümetin ya da ilgili bir grubun değerlendirmesi temelinde oluşmaktadır.

Yerel şartlar: Genel olarak toplumun temiz enerji teknolojilerine yönelik tutumları pozitif olurken, bireysel projeler ya da politikalar sürekli olarak yerel toplumun direnişi ile karşılaşmaktadır. Yerel kaygılar ve şartlara bağlı olarak yatırımlara yönelik tepkiler söz konusu olabilmektedir.

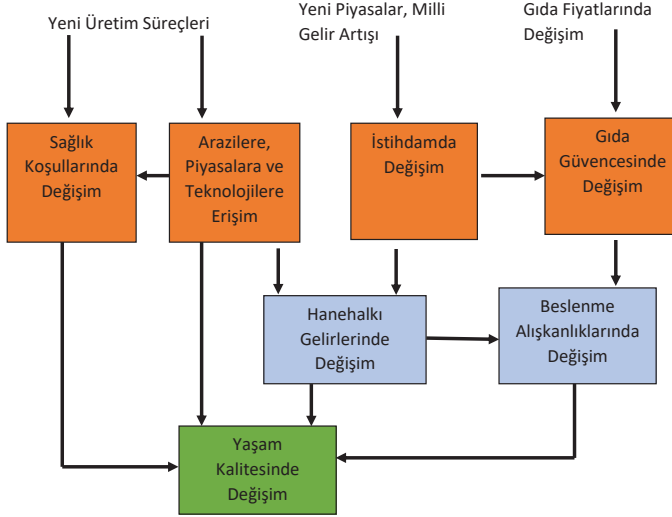
Güven: Güven faktörü, karar vericilere ve diğer paydaşlara olan güveni ifade eder. Güven faktörü, dikkate alınması gereken bağlayıcı bir konu olarak ele alınan ve diğer tüm elementlerin üzerinde etkisi olan faktör olarak görülmektedir⁵⁰.

Yenilenebilir enerji teknolojilerine ilişkin toplumsal kabul birbirlerine bağlı üç boyut ile açıklanmaktadır. Bunlar; sosyo-politik kabul, yerel kabul ve piyasa kabulüdür. Burada teknolojilerin ve politikaların kamu, ana paydaşlar ve karar vericiler tarafından benimsenmesi sosyo-politik kabule; yenilenebilir enerji projelerinin ve yerleştirme kararlarının yerel paydaşlarca, özellikle de yöre sakinleri ve yerel otoritelerce onaylanması yerel kabule ve yeniliklerin tüketiciler ve yatırımcılar tarafından kabulü ise piyasa boyutuna karşılık gelmektedir⁵¹.

50 Arslan, F. ve A. Uzun, (2017), Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Sosyal Kabul Boyutu, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı 51, Ocak, s. 105-106.

51 Peker, Z. (2013), Yenilenebilir Enerji Girişimlerinin Sosyal Boyutu, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 15, Sayı: 4, s.664-665.

Şekil 27. Biyokütle Enerji Üretiminde Sosyal Etkilere Genel Bakış



Kaynak: Hasenheit, v.d. (2016)

Şekil 27’de biyokütle enerjisinin yaratacağı sosyal etkiler ana hatları ile verilmektedir. Bu şekile bakarak biyokütle enerjisinden tüm toplum kesimlerinin yararlanabileceğini söylemek mümkün gözükmemektedir. Buradaki değişimlere yeterince uyum sağlayamayanlar veya yeni fırsatlara erişemeyenler için elbette bir direnç sözü konusu olacaktır. Dolayısıyla sosyal kabulün kolaylaştırılmasına katkı sağlaması bakımından biyokütle enerjisinin faydalarının daha fazla öne çıkarılmasında yarar bulunmaktadır. Biyokütle enerjisinin sosyal faydaları şu şekilde sıralanabilir;

- Yanan fosil yakıtlar atmosfere astım, kanser ve solunum sorunlarına neden olabilecek kükürt dioksit, cıva ve partikül madde salmaktadır. Biyokütle enerjisi ise fosil yakıtlara kıyasla daha az zararlı yan ürünler yaymakta, bu da daha temiz hava ve daha sağlıklı insanlar anlamına gelmektedir.
- Biyoyakıt, atıl kalan arazilerde biyokütle materyali yetiştirme fırsatı sağlayarak kırsal ekonomileri iyileştirebilir.
- Biyoyakıt üretmek için gerekli malzemeleri toplamak ve işlemek için ilave istihdam fırsatı yaratabilir.
- Artan istihdam sonucu ortaya çıkan gelir artışı kır ve kent arasındaki gelir eşitsizliğini azaltabilir.
- Biyokütle yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğundan, enerji sağlayıcılar vergi indirimini veya teşvik alabilirler.
- Yeterli biyokütle kaynaklarına sahip ülkeler, fosil yakıtlara bağımlılıklarını azaltarak yerel ekonomilerini kalkındırabilir.
- Artan biyokütle enerji kullanımı orman yangınlarını azaltabilir⁵².

52 <https://www.bioenergyconsult.com/tag/social-benefits-of-biomass-energy/>, Erişim Tarihi 13.04.2022

4. BİYOKÜTLE ÇEVİRİM TEKNOLOJİLERİ

Biyokütle enerjisi çevrim yöntemleri termokimyasal, biyokimyasal ve fizikokimyasal olarak 3 temel gruba ayrılmaktadır.

Termokimyasal Dönüşüm

Karbonizasyon; Organik maddelerin havasız ortamda yüksek sıcaklıklarda ısıtılarak uçucu bileşenlerinin uzaklaştırılması sonucunda karbon içeriği çok yüksek katı bir ürün elde edilmesidir.

Piroliz; Odun ve orman atıkları gibi organik katı maddelerin, oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıklarda ısıtılması ile oluşmaktadır. Bu işlem sonucunda katı, sıvı ve gaz çıktılar meydana gelmektedir.

Gazlaştırma; Bu yöntemde, karbon içerikli biyokütle, çok yüksek sıcaklıklarda kısmi oksijenli ortamda bozunmakta ve işlem sonucunda yanabilir gaz elde edilmektedir. Üretilen gaz sonrasında çeşitli uygulamalar ile birlikte doğal gaz gibi kullanılabilir.

Fizikokimyasal Çevrim

Transesterifikasyon/Esterleştirme; Bu çevrim yönteminde bitkisel ve hayvansal yağlar kullanılarak biyodizel (yağ asidi esterleri) ve gliserin elde edilmektedir. Esterleşme ile birlikte yağlar, araç motorları ve yakıt sistemleri için uygun yakıtlara dönüştürülmektedir.

Biyokimyasal Dönüşüm

Havasız(Anaerobik) Çürütme; Oksijensiz ortamda yaşayabilen mikroorganizmaların organik maddeleri çürütmesi işlemi kapsamaktadır. Bu işlem, biyokütlenin metan ve karbondioksit dönüştürülmesi olarak da ifade edilmektedir.

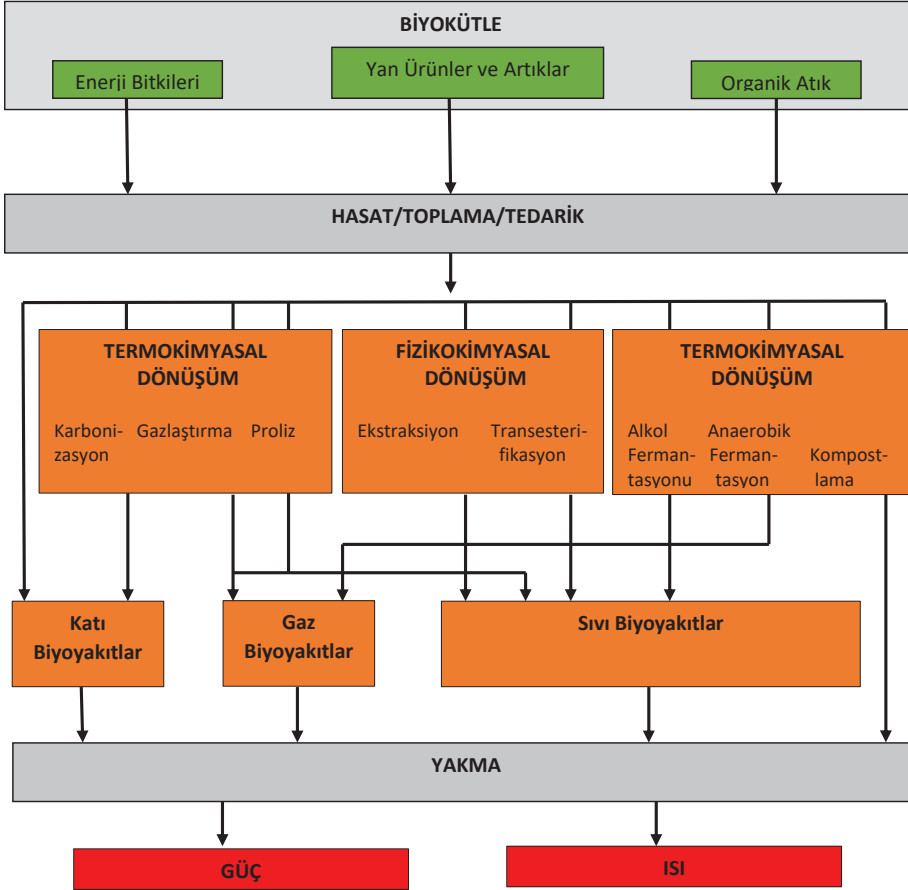
Fermantasyon: Bu işlemde organik maddenin içerisinde bulunan nişasta, ısı kullanılarak şekere dönüştürülmektedir. Ortaya çıkan şekerin mayalanması sonucunda ise etanol elde edilmektedir⁵³.

Şekil 28'de biyokütle enerjisi çevrim yöntemleri ve elde edilen ürünler özetlenmiştir. Biyokütleden biyoyakıt üretimine yönelik farklı prosesler mevcuttur. Her bir proses; kullanılan hammadde ve elde edilmek istenilen son ürünün niteliğine göre belirlenmekte, proses koşulları bu parametreler göz önüne alınarak oluşturulmaktadır⁵⁴.

53 PwC, (2021), a.g.e., s. 31

54 TÜBA, (2022), TÜBA Biyokütle Enerjisi Raporu, Ed. M.H. Alma, Ankara, s.34

Şekil 28. Biyokütle Çevrim Teknolojileri



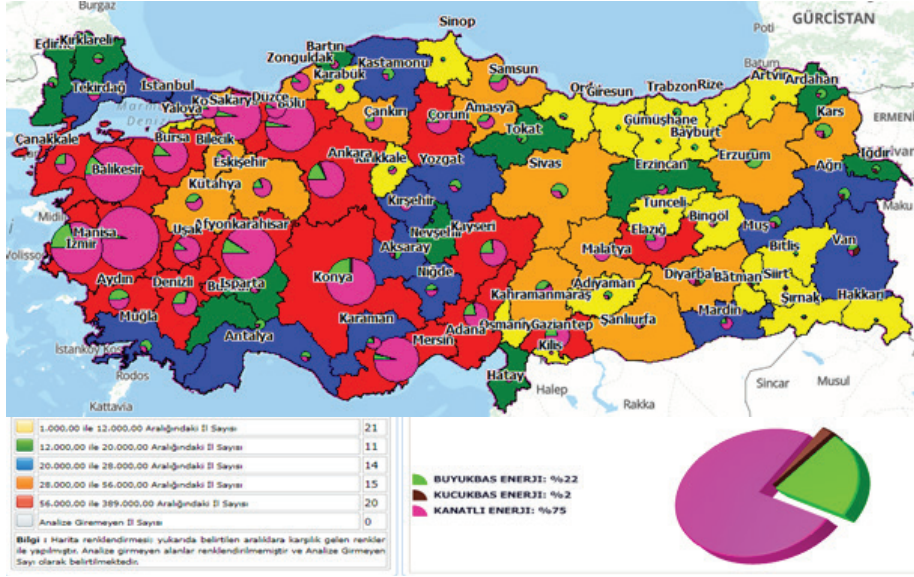
Kaynak: TÜBA, (2022), TÜBA Biyokütle Enerjisi Raporu, Ed. M.H. Alma, Ankara, s.34

5. BİYOKÜTLE KAYNAKLARI VE RİSKLER

Biyokütle kaynakları, genel olarak hayvansal atıklar, bitkisel atıklar, kentsel atıklar ve endüstriyel atıklar ile ormansal atıklar olarak sınıflandırılabilir. Buna ek olarak biyokütlenin birincil, ikincil ve üçüncül kaynaklardan elde edilebilen farklı türleri bulunmaktadır. *Birincil biyokütle kaynakları* enerji üretimi için bitki yetiştiriciliğini kapsamakta ve yetiştirilen bu bitkiler için başka bir kullanım öngörülmektedir. Birincil kaynaklar genel olarak plantasyon ağaçları (örneğin, okaliptüs) gibi odunsu biyokütleri ve enerji otu veya tahılları gibi otsu biyokütleri kapsamaktadır. İkincil *biyokütle* kaynakları enerji üretimi için kullanılan yan ürünleri ifade etmektedir. Hasat edilen ana ürün (örneğin gıda ve yem için tahıl) enerji üretimi için kullanılmazken herhangi bir artık (saman, kabuk gibi) kullanılmaktadır. Benzer şekilde, odunsu biyokütle için de ana ürün enerji üretimi için kullanılmazken (örneğin, odun

kağıt üretiminde kullanılabilir veya kalas olarak hasat edilebilir) odunun yan ürünleri enerji üretimi için kullanılmaktadır. Üçüncül biyokütle kaynakları ömrünü tamamlamış kaynaklar olan her türlü atığı kapsamaktadır. Bu atıklar; ormansal, hayvansal, tarımsal, kentsel ve endüstriyel atıklar olarak sınıflandırılabilir. Biyokütle türünün sınıflandırılmasında temel olarak biyokütle veya hammaddenin alternatif kullanımını dikkate alınmaktadır⁵⁵.

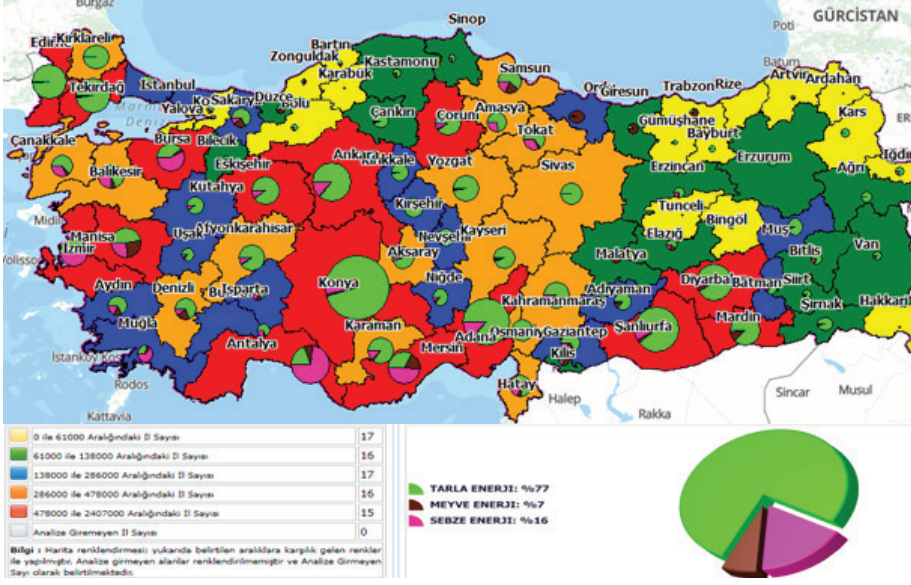
Şekil 29. Hayvansal Atıkların Enerji Eşdeğerinin İllere Göre Dağılımı (TEP/Yıl)



Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Şekil 29'da Türkiye'deki hayvansal atıkların enerji eşdeğerinin illere göre dağılımı yer almaktadır. Bu kapsamda 20 ilde hayvansal atıkların enerji eşdeğerinin yüksek olduğu görülmektedir. Söz konusu bu iller ise ağırlıklı olarak Ege, Marmara, İç Anadolu ve Akdeniz bölgesinde yer almakta ve toplam enerji eşdeğerinin yüzde 75'i kanatlı hayvanların atıklarından elde edilmektedir.

Şekil 30 Bitkisel Enerji Eşdeğerinin İllere Göre Dağılımı (TEP/Yıl)



Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

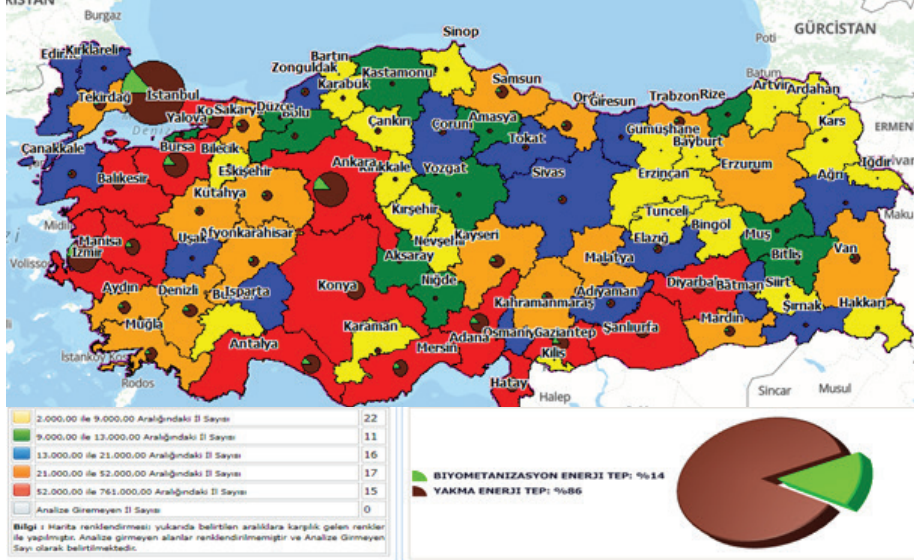
Çeşitli tarımsal ürünlerin (mısır, buğday, pamuk, şeker kamışı, vb.) gıda için kullanılan kısımlarının hasadından sonra kalan artık ve atıkları kapsamaktadır. Tarımsal atıklar bitki yaprakları, kabukları, kökleri ve gövdelerini de içermektedir. Mısır hasat edildiğinde enerjiye dönüştürülebilir biyokütle, koçan şeklinde tarlada kalmaktadır. Benzer şekilde, buğday, pamuk, soya, bezelye, şeker kamışı, zeytin, ceviz gibi tarımsal ürünlerin hasatları sonucunda da biyokütle kaynağı olarak kullanılabilir kabuk, çekirdek ve lifler ortaya çıkarmaktadır. Mevcut tarımsal uygulamalarda genellikle bu kalıntılar toprağa geri sürülmekte, yakılmakta veya çürümeye bırakılmaktadır. Bu kalıntılar, çeşitli çevrim yöntemleri ile elektrik ve ısı üretmek için kullanılabilir. Ek olarak, biyoyakıtla dönüştürülmek üzere nişasta, şeker veya yağ kullanılması için yetiştirilen tarımsal ürünler de mevcuttur. Dünya çapında her yıl önemli miktarlarda mahsul kalıntısı üretilmektedir. Tarımsal kalıntıların biyokütle kaynağı olarak kullanılmasının bir avantajı, gıda mahsulleri ile birlikte yetiştirildikleri için ek arazi kullanımına ihtiyaç duyulmamasıdır⁵⁶.

Şekil 30'da görüldüğü gibi bitkisel enerji eşdeğeri dağılımında 15 il öne çıkmaktadır. Bu iller İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ege, Akdeniz ve Trakya bölgelerine dağılmakta ve bitkisel enerji eşdeğerinin yüzde 77'si tarla bitkilerinin atıklarından elde edilmektedir.

56 PwC, (2021), a.g.e., s.73.

Şekil 31'de ise belediye atıklarının enerji eşdeğerleri yer almaktadır. Yine 15 ilde yoğunlaşan bu kaynakların dağılımına bakıldığında İstanbul başta olmak üzere Ankara, İzmir ve Bursa öne çıkmaktadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde biyometanizasyon kaynaklı enerji eşdeğeri yüzde 14 iken yakma yoluyla enerji eşdeğeri yüzde 86 olarak hesaplanmaktadır.

Şekil 31. Belediye Atıkları Enerji Eşdeğerinin İllere Göre Dağılımı (TEP/Yıl)



Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Belediye atıkları olarak iki kısma ayrılmaktadır. Bunlar;

Endüstriyel atıklar: Gıda sektörü biyokütle enerji kaynağı olarak kullanılabilircek çok sayıda kalıntı ve yan ürün üretmektedir. Katı atıklar; meyve ve sebze artıkları, kalite kontrol standartlarını karşılamayan gıda ürünleri, şeker ve nişasta ekstraksiyonundan elde edilen posa ve lifler, kahve telvesi gibi ürünleri içermektedir. Bu atıklar genel olarak çöp sahalarında toplanmaktadır. Sıvı atıklar; et, meyve ve sebzelerin yıkanması, kümes hayvanlarının ve balıkların pişirilmesi ve temizlenmesi gibi işlemler sonucunda oluşmaktadır. Oluşan atık sular; şeker ve nişasta gibi organik maddeler içermekte ve enerji üretimi için kullanılabilir. Kağıt endüstrisi ise yüksek derecede enerji ve su tüketmekte olup üretim sonrasında heterojen yapıda atık su bırakmaktadır. Bırakılan atık su, sıvı biyokütle kaynağı olarak kullanılabilir.

Kentsel atıklar: Çöpe atılan veya geri dönüşüme gönderilen atıkları kapsamaktadır. Özellikle kağıt, karton ve atılmış gıda ürünleri gibi kentsel katı atıklar, biyokütle hammaddesi için önemli kaynaklardır. Bununla birlikte, bazı kentsel atıkların (özellikle metal ve plastik atıklar) biyokütle kaynağı olarak kullanımı uygun değildir. Her yıl milyonlarca ton evsel atık toplanmakta ve çoğunlukla açık sahalarda bertaraf edil-

mektedir. Kentsel katı atıklar, çeşitli çevrim yöntemleriyle enerjiye dönüştürülmekte depolama sahalarında üretilen gaz ısı ve elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Arıtma çamuru, hayvansal atıklara benzer bir enerji kaynağı olarak biyogaz üretiminde kullanılmaktadır⁵⁷.

Birçok ülke bugün kendi ekolojik koşullarına göre en uygun ve en ekonomik tarımsal ürünlerden alternatif enerji kaynağı sağlamaktadırlar. Türkiye de bu potansiyeli ile, ekolojik yapıya sahip ülkeler arasındadır. Türkiye’de enerji ormancılığı yönünden ekonomik değeri yüksek ve hızlı büyüyen yerli ağaç türleri arasında, akkavak, titrek kavak, kızılbaş, kızılçam, meşe, dişbudak, fıstık çamı, karaçam, sedir ve servi ağaçlarını saymak mümkündür. Türkiye ortamında yetişecek yabancı kökenli ağaçlar arasında ise okoliptüs, papulus euramericana, pinus pinaster, acacia cynophilla gibi türleri saymak mümkündür. Burada kavak, söğüt gibi oldukça fazla su isteyen ağaçların yanı sıra, oldukça kurak alanlarda yetişebilecek ağaçlara da önem verilmesi gerekmektedir⁵⁸.

Türkiye’deki ormanlarda Orman Genel Müdürlüğü’nün yakacak odun üretimi dışında; ormanların ıslahı, bakımı ve hasat sonucu oluşan üretim artıkları, orman yangınları açısından tehlike oluşturan odunsu malzemeler ve bozuk baltalık ormanların belli bir ölçüde iyileştirilerek verimli hale dönüştürülmesiyle elde edilecek emvâl; kırsal kesimde yakacak olarak değerlendirilen odunlar ve özellikle Karadeniz Bölgesinde yaygın olan Şüceyrat odun olmak üzere, yıllık kabaca 5 milyon tonluk odunsu biyokütle potansiyeli olduğu tahmin edilmektedir. En büyük potansiyel ormancılık faaliyetlerinin yoğun olduğu batı ve güney kısımlarda özellikle Akdeniz Bölgesi’nde yer almaktadır⁵⁹.

Şekil 32’de Türkiye’deki orman atıklarının enerji eşdeğerinin bölgelere göre dağılımı verilmektedir. Kastamonu, Adapazarı, Balıkesir, Denizli, Antalya ve Adana bölge müdürlüklerinin görev sahası içinde yer alan 7 bölgede orman atıklarının enerji eşdeğerinin yoğunlaştığı görülmektedir.

57 PwC, (2021), a.g.e., s.73.

58 TÜBA, (2022), a.g.e., s.109.

59 TÜBA, (2022), a.g.e., s.115.

Şekil 32. Orman Atıkları Enerji Eşdeğerinin Bölgelere Göre Dağılımı (TEP/Yıl)



Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Biyokütle kaynakları her ne kadar çok çeşitli gözüksün de üretim sürecine dahil edilirken farklı risklerde barındırmakta ve bu risklerin öngörülebilir seviyelere düşürülmesi sektördeki yatırımlar için önem arz etmektedir. Karşılaşılan risklerin bir kısmı şu şekilde sıralanabilir;

Ürün yetiştirme riskleri: Biyokütle sektörünün, gıda ve ormancılık sektörleriyle paylaştığı temel risk, üretime ilişkin risklerdir. Biyoyakıt üretimi için bu riskler doğrudan mahsul üretimi ile ilgiliyken, biyoısı ve biyoenerji için bu riskler genellikle orman ve odun endüstrisinden gelen atıkların tedarikleriyle ilgilidir. Diğer taraftan, kuraklık ve hava ile ilgili diğer etmenler, yangın ve zararlı canlılar (böcekler, bitki hastalıkları ve omurgalılar gibi) biyokütle hammaddelerinin kullanılabilirliğini azaltabilmektedir. Bu riskler, uygun planlama ve yönetim ile azaltılsa da tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Daha uzun vadeli riskler ise, iklim değişikliğinin etkileriyle ortaya çıkan belirsizlikleri içermektedir. Artan sıcaklıklar ve değişen yağmur trendleri, dünyanın farklı bölgelerinde belirli mahsullerin üretimini etkilemektedir. Ek olarak, yanlış sulama uygulamaları veya mahsul kalıntıları giderilirken yapılan hatalar nedeniyle toprak ve su bozulması da üretkenliği ciddi şekilde etkileyebilir.

Tedarik riskleri: Hammade tedarikinde piyasa ihtiyaçlarının, kalitenin ve fiyatın güvence altına alınması önem taşımakla birlikte, farklı biyoenerji hammaddeleri için farklı zorluklar bulunmaktadır. Geleneksel biyokütle kullanımında gıda ve ormancılık sektörleri ile yaşanan rekabet, arz-talep dengesini ve hammadde fiyatlarını etkileyerek risk oluşturmaktadır. Enerji için özel bitki yetiştiriciliği de birtakım engellerle karşı karşıyadır. Bu biyokütle kaynaklarının büyük bir çoğunluğu için teknik, ticari, politik, ekonomik ve kültürel engeller bulunmaktadır. Çeşitli kavak ve kamış üretiminde kullanılan teknolojiler doğrudan kullanılabilirken odunsu ürünler özel tarım ve ormancılık ekipmanları gerektirmektedir. Biyokütle artıkları orman ve tarım endüstrilerinin yan ürünleridir. Bu ürünler üretimdeki değişimlerden etkilendiği için biyokütle artıklarının mevcudiyetini tahmin etmek ve güvence altına almak zordur.

Hammadde Değişkenliği: Biyoenerji çevrim yöntemlerinin birçoğu hammadde kalitesindeki ve nem içeriğindeki değişikliklere karşı çok esnek değildir. Bu durum, üretim performansını, güvenilirliğini ve dolayısıyla ekonomisini etkilemektedir.

Hammadde kullanımı: Katı biyokütle hammaddesinin düşük yoğunlukta ve çeşitli yapılarda bulunması, teknik olarak işlenmesini ve depolanmasını zorlaştırmaktadır. Kazan besleme sistemlerinin güvenilirliği özellikle basınç altında çalışan gazlaştırma üniteleri için önemli sorunlardan biridir.

Zehirli emisyonlar: Zehirli emisyonlar konusunda gittikçe artan sınırlamaları ve standartları karşılamak için baca gazı temizliği ve daha fazla Ar-Ge faaliyeti gerekmektedir. Bu, daha basit ve uygun fiyatlı çözümlere ihtiyaç duyan küçük ölçekli tesisler için özellikle önem taşımaktadır.

Teknolojilerin Ticarileştirilmesi: Yetersiz kaynak mevcudiyeti, dağıtım ve lojistik konularındaki zorluklar nedeniyle hammaddelerin büyük tesislere taşınması konularında riskler bulunmaktadır. Bu risklerin giderilmesi, gelişmiş ekonomiye sahip teknolojilerin ticarileştirilmesi ve biyokütlenin kullanılabilirliği ve lojistiği konusunda iyileştirmeler gerektirmektedir⁶⁰.

6. TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE YATIRIMLARI VE RİSKLER

Biyoenerji sektöründeki işletmeler alternatif enerji kaynaklarının kullanıldığı bir sektörde rekabet etmektedir. Biyoenerji kaynakları diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla bazı avantajlara sahip olmakla birlikte fosil yakıtlara göre halen daha yüksek maliyetle kullanılmaktadır ve çeşitli destekler olmadığı takdirde rekabet gücü düşük kalmaktadır. Yüksek maliyetlerin ilk sırasında hammadde maliyetleri yer alırken altyapı, alternatif kaynakların maliyeti ve düzenleyici tedbirlerin getirdiği ek maliyetler biyoenerji sektörünü olumsuz etkileyebilmektedir.

İstikrarlı ve destekleyici bir politika ortamı biyokütlenin farklı uygulamalarda geliştirilebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Benzer şekilde, planlama, düzenleme ve emisyon standartları gibi düzenleyici konularda netlik ve öngörüye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlara ek olarak hammadde mevcudiyeti ve fiyatı gibi çeşitli riskler yatırımcılar için önemli bir endişe kaynağı oluşturmaktadır. Hammadde maliyetleri, biyoenerji üretim maliyetlerinin büyük bir bölümü oluşturduğu için, biyokütle projelerinin belirsizliklerinin ortadan kaldırılması için, uzun vadeli tedarik sözleşmelerinin sağlanması fayda sağlayabilmektedir. Hammadde değişkenliği ve bunların çevrim yöntemleri üzerindeki etkisi yatırımcıların güvenini etkilemektedir. Öte yandan, hammadde ve teknoloji seçeneklerinin çeşitliliği yatırım kararlarına karmaşa katmaktadır. Biyokütlenin gıda ve ormancılık gibi diğer sektörlerle etkileşimi ve bunları etkileyen politikalar da bir risk kaynağı olmakla birlikte biyoenerji sektörünün gelecekteki gelişimine daha fazla belirsizlik getirmektedir⁶¹.

60 PwC, (2021), a.g.e., s.74.

61 PwC, (2021), a.g.e., s.75.

Şekil 33. Biyodizel Üreten Firmaların Dağılımı



Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Şekil 34. Biyoetanol Üreten Firmaların Dağılımı

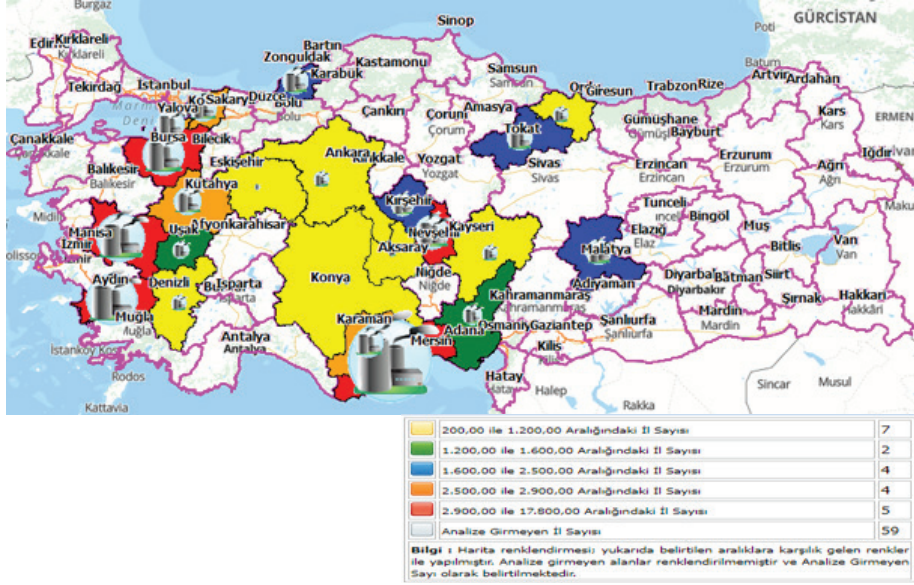


Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Türkiye’de biyodizel üretimi, yılda 244.225 ton olarak rapor edilmiştir. Biyodizel üretiminin gerçekleştirildiği ürünler, pamuk yağı (yüzde 32), atık bitkisel yağlar (yüzde 30), kanola yağı (yüzde 26), diğer yağlar (yüzde 8) ve aspir yağı (yüzde 4) şeklinde sıralanmaktadır. Şekil 33’te görüldüğü gibi biyodizel üretiminin gerçekleştirildiği toplam 5 tesis bulunmaktadır. Yine Şekil 34’te görüleceği üzere Türkiye’de Tez Kimya Tarımsal Kimya San. ve Tic. A.Ş., Tarımsal Kimya Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş., Konya Şeker San. ve Tic. A.Ş. Çumra Biyoetanol Tesisi Şubesi ve Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Eskişehir Şeker Fabrikası olmak üzere 4 firma beş farklı ilde faaliyet göstermektedir. Sıvı biyoyakıtların araçlarda kullanımına ilişkin 30098 sayılı ve 16.06.2017 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan “Benzin Türlerine Etanol Harmanlanması Hakkında Tebliğ” kapsamında; “...benzin türlerinin toplamına, en az

yüzde 3 (V/V), oranında yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanolün harmanlanmış olması zorunludur.” ibaresi yer almaktadır. Aynı zamanda, “Motorin Türlerine Biyodizel Harmanlanması Hakkında Tebliğ” kapsamında ise; “...motorininin toplamına, en az yüzde 0,5 (V/V) oranında yerli tarım ürünlerinden ve/veya bitkisel atık yağlardan üretilmiş biodizelin harmanlanmış olması zorunludur.” açıklaması bulunmaktadır⁶².

Şekil 35. Biyokütle Kaynaklı Lisanssız Elektrik Üreten Firmaların İllere Göre Dağılımı (kWe)

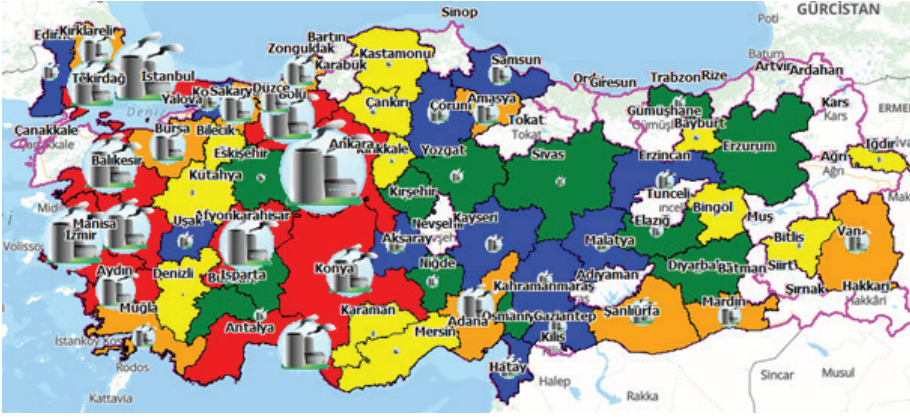


Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Şekil 35'te görüldüğü üzere Türkiye'de ağırlıklı olarak küçük ölçekli olmakla birlikte 22 ilde biyokütle kaynaklı lisanssız elektrik üreten firmalar bulunmaktadır. Geriye kalan iller dikkate alındığında bu alanda önemli bir potansiyel olduğu düşünülmektedir.

62 TÜBA, (2022), a.g.e., s.112.

Şekil 36. Biyokütle Kaynaklı Lisanslı Elektrik Üreten Firmaların İllere Göre Dağılımı (MWe)



Kaynak: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Şekil 36’da ise biyokütle kaynaklı lisanslı elektrik üretimi yapan firmaların illere göre dağılımı yer almaktadır. Kurulu kapasite bakımından sektörde ciddi ölçüde faaliyet gösteren bu firmaların 11 ilde yoğunlaştığı ve büyükşehirler başta olmak üzere toplamda 58 ilde yer aldıkları görülmektedir. Çöp gazı ve belediye atıklarından elektrik üretimi yapan bu firmaların sektörde önemli oyuncular olarak yer aldığı söylenebilir.

6.1. TÜRKİYE’DE BİYOKÜTLE SEKTÖRÜNDE REKABET

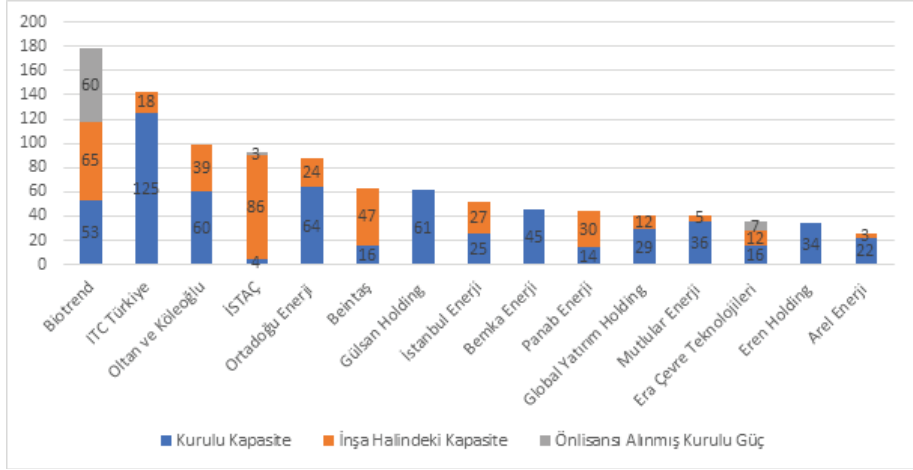
Tablo 10. 2021 Yılında Biyokütle Sektöründe Önde Gelen Firmaların Lisanslı Kapasiteleri (MWe)

Firmalar	Lisanslı Kapasite
ITC Türkiye	143
Biotrend	118
Oltan ve Köleoğlu	99
İSTAÇ	90
Ortadoğu Enerji	88
Beintaş	63
Gülsan Holding	61
İstanbul Enerji	52
Bemka Enerji	45
Panab Enerji	44
Global Yatırım Holding	41
Mutlular Enerji	41
Eren Holding	34
Era Çevre Teknolojileri	28
Arel Enerji	25

Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s.102.

Türkiye’de biyokütle sektöründe faaliyet gösteren en büyük 15 şirket, toplam lisanslı kurulu gücün yarısından fazlasını oluştururken, Tablo 10’da görüldüğü gibi Şubat 2021 itibariyle lisanslı kurulu güç bakımından en büyük şirketler ITC Türkiye, Biotrend ve Oltan Köleoğlu olarak gerçekleşmiştir. Diğer taraftan, Biotrend en fazla üretim tesisine sahip şirket olmuştur.

Şekil 37. 2021 Yılında Biyokütle Sektöründe Önde Gelen Firmaların Kurulu ve Planlanan Güç Dağılımı (MWe)

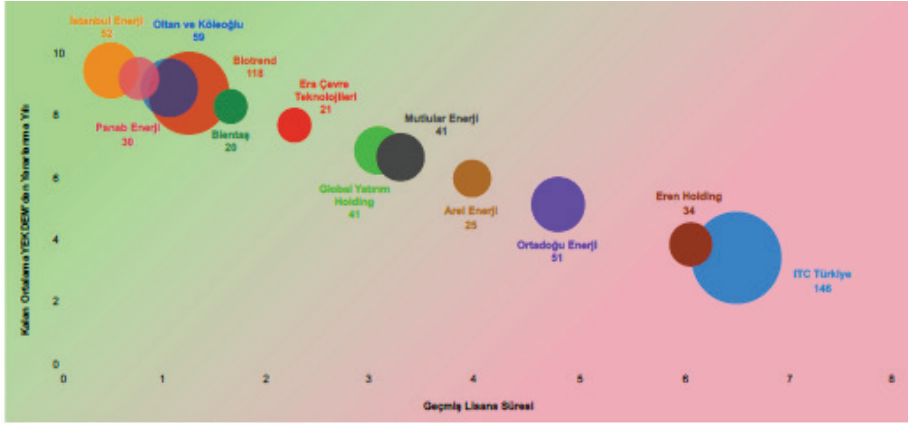


Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s.103.

Şekil 37’de görüldüğü gibi ITC Türkiye lisanslı kapasite bakımından ilk sırada yer alırken inşa halindeki kapasite ve önlisans alınmış kurulu güç toplamı dikkate alındığında Biotrend sektörde ilk sıraya yerleşmiştir. Bununla birlikte inşa halindeki kapasiteler dikkate alındığında İSTAÇ, Beintaş, Oltan ve Köleoğlu firmaları da sektörde önemli oyuncular olarak görülmektedir. Söz konusu lider firmalar dikkate alındığında evsel/endüstriyel atık ve çöp gazı ile elektrik üretimi yaptıkları küçük ölçekli firmaların ise bitkisel ve hayvansal atıklardan ısı ve elektrik üretimi yaptıkları bilinmektedir.

Biyokütle sektöründe öncü ve genç firmaların en önemli rekabet gücü YEKDEM teşviklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Haziran 2021 öncesi tamamlanmış santrallerin YEKDEM uygulamasından yararlanırken daha avantajlı konuma gelmesi firmaların yatırımlarının da hızlanmasına neden olmuştur. Bu bakımdan sektörde yer alan firmaların kuruluş tarihleri ve kalan YEKDEM süreleri dikkate alındığında söz konusu bu firmaların rekabet avantajını tespit etmek mümkün gözükmemektedir. Şekil 38 biyokütle sektöründe önde gelen firmaların ve genç santrallerin kuruluş tarihi ve kalan YEKDEM süreleri ile bir karşılaştırması verilmektedir.

Şekil 38. 2021 Yılında Biyokütle Sektöründe Önde Gelen Firmaların Geçmiş Lisans Süreleri ve Kalan YEKDEM sürelerinin Karşılaştırılması (Yıl)



Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s.104.

Şekil 38'e bakıldığında genç santrallerin ve buna bağlı olarak YEKDEM güncelleme öncesi var olan yüksek desteklerden faydalanan firmaların sektörde önemli bir yoğunluğa sahip olduğu gözlenmektedir.

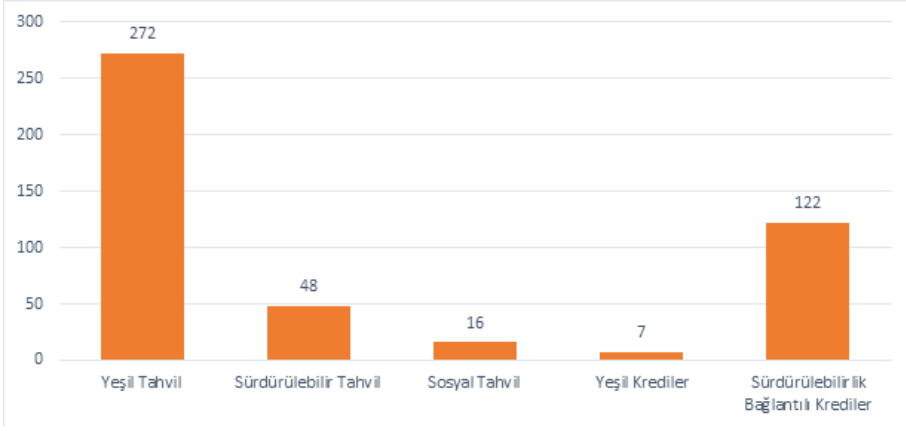
6.2. TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE SEKTÖRÜNDE FİNANSMAN OLANAKLARI

Biyokütle yatırımları için en önemli meselelerden biri de finansman imkânlarıdır. Sektörde finansman imkânları sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında yeşil enerji üretimi ve talebi doğrultusunda sürekli olarak gelişmektedir.

Sürdürülebilir finansman kapsamında çevreye uyarlı projelerin desteklenmesi için ilk uygulamalardan biri yeşil tahvillerdir. 2007 yılından itibaren ihraç edilmeğe başlanan bu tahvillerin yanı sıra 2014 yılında Sürdürülebilir Tahvil, 2015 Yılında Sosyal Tahvil, 2016 yılında Yeşil Krediler ve 2017 yılında Sürdürülebilir Bağlantılı Krediler şeklinde yeni araçlar ortaya çıkmıştır⁶³.

63 PwC, (2021), a.g.e., s.26.

Şekil 39. 2019 Yılında Sürdürülebilir Finansman İmkanlarının Küresel Dağılımı (Milyar \$)



Kaynak: PwC, (2021), a.g.e., s.26.

2019 yılında toplam küresel sürdürülebilir borçlanma ihracı 465 milyar dolara ulaşmıştır. Bu borçlanma araçları içerisinde en büyük paya sahip olan araç 272 milyar dolar ile yeşil tahviller olmuştur. 2007 yılından itibaren bankalar tarafından çıkarılmaya başlanmış olan yeşil tahviller gelişmeye devam etmektedir. İhtiyaç ve kullanım arttıkça ilkeler ve standartlar gibi dünyada özel mevzuatlar hazırlanmıştır. Bu tahvillerin kullanım yöntemlerine göre farklı türleri de oluşmuştur. Faizsiz finans uygulamalarının gerçekleştiği ülkelerde yeşil sukuk adıyla işlem görmektedir. Türkiye’de ihraç hacmi çok düşüktür. İklim Tahvilleri Girişimi (Climate Bonds Initiative) verilerine göre Türkiye kümülatif ihraç hacmi ile 2020 yılında 65 ülke arasında 59. Sırada yer almaktadır. Ayrıca Borsa İstanbul ve SPK’da özel bir uygulama veya mevzuat bulunmamaktadır. Ancak, iklim finansmanı uygulamaları yürütülmektedir. Bu yönü ile özellikle Türkiye’de de gelişmeye açık olduğu düşünülmektedir⁶⁴. 2017 yılından itibaren ihracı gerçekleşen sürdürülebilirlik bağlantılı krediler ise 122 milyar dolar ile ikinci sırada yer almaktadır.

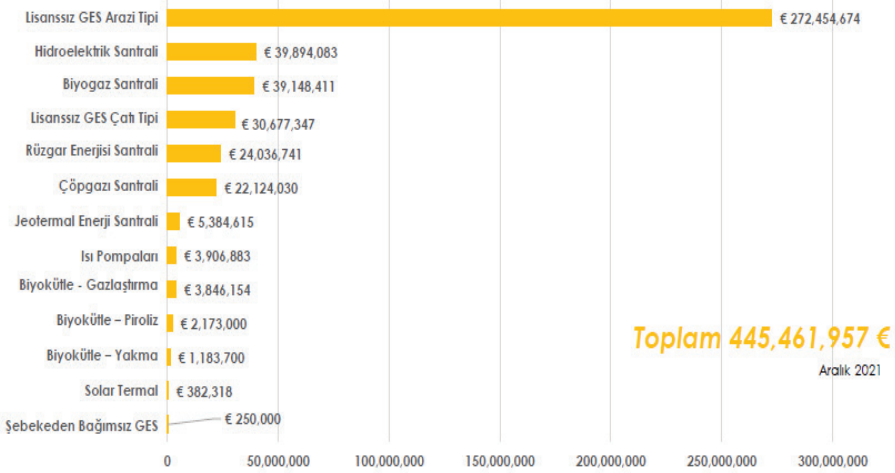
Çevreci ve sürdürülebilirlik bağlantılı krediler, çevre dostu konut projelerine, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji, sürdürülebilir su yönetimi, çevreci taşımacılık, girişimci kadınlara destek gibi alanlarda sağlanmaktadır. Buna ek olarak, bankacılık sektörü tarafından ihraç edilen çevreci/sürdürülebilir tahvil miktarı da gittikçe artarak 2016 yılından bu yana toplam 2,7 milyar ABD dolarına ulaşmıştır. Uluslararası kuruluşlar ve çok taraflı kalkınma bankaları da sürdürülebilirlik odaklı projelere finansman sağlayabilmekte olup, Türkiye’deki çevreci projelere başta Avrupa İmar ve

64 Menteşe, (2021), Yeşil Tahvilin Gelişimi ve Türkiye’deki Uygulamaları, Uluslararası Muhasebe ve Finans Uygulamaları Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, s. 96.

Kalkınma Bankası (EBRD) olmak üzere Dünya Bankası, Avrupa Konseyi Kalkınma Bankası, Fransız Kalkınma Ajansı ve Alman Sanayileşme Fonu gibi kuruluşlarca finansman sağlanmaktadır⁶⁵.

Bu kapsamda Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı (TurSEFF) dikkat çekmektedir. Bu program kamu ve özel sektör tarafından uygulanacak Sürdürülebilir Enerji ve Kaynak Verimliliği yatırımları için finansman ve teknik destek sağlamak üzere Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) tarafından geliştirilmiştir bir programdır. TurSEFF kapsamında verilen teknik destekler Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye Cumhuriyeti Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından finanse edilmektedir.

Şekil 40. Türkiye’de 2021 İtibariyle TurSEFF Tarafından Sağlanan Finansman İmkânları



Kaynak: İnal, S., (2022), Türkiye’de Biyokütle Tesislerinde Kredilendirme ve Dünyadaki Sistemlerden Örnekler, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Şekil 40’ta görüldüğü gibi TurSEFF her türlü yenilenebilir enerji projelerine finansman sağlamakla birlikte toplam krediler içinde en büyük payı GES projeleri almaktadır. TurSEFF finansmanına başvuru ve proje geliştirme süreçleri, proje tipine, finansman yöntemine ve sektörler göre değişiklikler gösterebilmekle beraber, genel süreç Şekil 41’de görülmektedir.

65 TCMB, (2021), Finansal İstikrar Raporu, Mayıs, s.17. , <https://www.tcmb.gov.tr/>, Erişim Tarihi, 13.04.2022

Şekil 41. TurSEFF Başvuru ve Finansman Süreci



Kaynak: İnal, S., (2022), Türkiye’de Biyokütle Tesislerinde Kredilendirme ve Dünyadaki Sistemlerden Örnekler, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Bunlara ek olarak ticari bankaların finansman imkanları da sürekli geliştirilmekte, yeşil kredilerde; elde edilen gelirler yalnızca yeşil yatırımlarda kullanılabilirken sürdürülebilirlikle bağlantılı kredilerde elde edilen gelirler her hangi bir alanda (işletme kredi ihtiyacı, nakit yönetimi, dış ticaret ürünleri gibi) kullanılabilir. ⁶⁶

Yeşil tahvillerin yanı sıra son yıllarda Sosyal Tahviller ve Sürdürülebilirlik Tahvilleri de ihraç edilmektedir. Uluslararası Sermaye Piyasaları Birliği (ICMA) tarafından Sosyal Tahviller, tahvil gelirlerinin sosyal faydalar sağlama amacına yönelik yeni veya mevcut projelerin finansmanında kullanıldığı tahviller olarak tanımlanmıştır. Sürdürülebilir tahviller ise, gelirlerinin tamamen veya kısmen yeşil ve sosyal projelerde kullanılacak şekilde tanımlanmıştır. ICMA, entegre bir tahvil piyasası oluşturmak amacıyla sosyal ve sürdürülebilir tahviller için saydamlık, açıklama ve raporlama standartlarını Haziran 2018’de açıklamıştır ⁶⁷.

6.3. TÜRKİYE’DE BİYOKÜTLE ENERJİ TEŞVİKLERİNDE GÜNCEL DURUM

Enerji sektörüne verilen mevcut kredilerin ve özel sektör enerji yatırımlarının bu denli büyümesinde etkili olan dolar bazlı YEKDEM garanti fiyat mekanizması 2021 yılı Temmuz ayı itibarıyla son bulmuştur. Yeni YEKDEM mekanizması, yılın ikinci yarısında devreye girmiştir. Sektörde TL bazlı YEKDEM mekanizması ile yapılacak finansmanlarda, özkaynak/kredi oranında ve finansman vadelerinde dolar bazlı YEKDEM’de uygulanan finansman yapısına göre değişikliğe gidilmesi beklenmektedir. 01.07.2021 tarihinden itibaren işletmeye girmiş ya da girecek olan lisanslı üretim tesislerinin ve 21.06.2018 tarihinden sonra bağlantı anlaşmasına çağrı mektubu almaya hak kazanan lisanssız üretim tesislerinin YEKDEM kapsamında döviz kredi-

66 GarantiBBVA, (2022), Yeşil Finansmanda Banka Stratejileri, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

67 Turgutopbaş, N. (2020), Sürdürülebilirlik, Yeşil Finans ve İlk Türk Yeşil Tahvil İhracı, Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, Cilt 12, Sayı 22, s. 275.

si kullanma imkânı bulunmamaktadır. YEKDEM kapsamı dışındaki firmalara döviz geliri olmadan döviz kredisi kullanma imkânı sağlayan; 15 milyon dolar fazla risk bakiyesine sahip olunması, Genelge'ye uygun şartlarda Yatırım Teşvik Belgesi'ne sahip olunması, Genelge'nin Geçici 1. maddesi kapsamında holding bünyesinde döviz kredisi kullanılabilmesi gibi istisna hükümleri ise devam etmektedir. Bu istisnaların kapsamını belirleyen maddeler halen yürürlüktedir⁶⁸.

Tablo 11. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM)

Tesis Türü (30.06.2021'e kadar devreye giren santraller)	Garantili Fiyat (dolar cent/KWh)	Yerli Aksam Teşviki (dolar cent/KWh)
Hidroelektrik üretim tesisi	7,3	1,0—2,3
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3	0,6—3,7
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5	0,7—2,7
Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3	0,4—5,6
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3	0,5—6,7

Kaynak: Karakaya ve Çakırlar, (2022), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Sürdürülebilir Finans, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Tablo 12. Güncel YEKDEM Uygulaması

01.07.2021'den sonra devreye giren santraller Yeni- lenebilir Santral Türü	Fiyat Kuruş/ KWh	Yerli Katkı Kuruş/KWh	Yeni Üst Sınır dolar cent/KWh	
Hidroelektrik üretim tesisi	40	8	6,4	
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	32	8	5,1	
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	54	8	8,6	
BES	Çöp Gazı/Atık Lastik	32	8	5,1
	Biyometanizasyon	54	8	8,6
	Termal Bertaraf	50	8	8,0
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	32	8	5,1	

Kaynak: Karakaya ve Çakırlar, (2022), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Sürdürülebilir Finans, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Tablo 11'de 30.06.2021 tarihine kadar devreye giren tesisler için eski YEKDEM uygulamaları devam edecektir. Biyokütle tesisleri için öngörülen 13,3 dolar cent/KWh alım garantisi 10 yıl süre ile devam ederken yerli aksam teşvikleri için

68 Karakaya E. ve B. Çakırlar, (2022), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Sürdürülebilir Finans, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

öngörülen süre 5 yıl olarak devam etmektedir. Tablo 12’de görülen güncel YEKDEM uygulamasında ise teşvikler TL bazlı hesaplanmakta ve 01.07.2021 tarihi itibari ile devreye giren biyokütle tesisleri için teşvik süreleri aynı olmakla birlikte alım garantileri çöp gazı tesisleri için 32 kuruş/KWh, biyometanizasyon tesisleri için 54 kuruş/KWh ve termal bertaraf tesisleri için 50 kuruş/KWh olarak belirlenmiştir. Yerli katkı teşvikleri ise 8 kuruş/KWh olarak sabitlenmiştir. Ortaya çıkan bu yeni durum elbette sektöre yeni giren firmalar açısından geçmiş yıllardaki avantajlı alım garantilerinin olmadığı bir piyasaya oluşturmaktadır.

7. BİYOKÜTLE YATIRIMLARINDA MALİ DEĞERLENDİRME

Finansal sürdürülebilirlik biyokütle sektöründeki yatırımcıların sorunlarının merkezinde yer almaktadır. Biyokütle yatırım süreci incelendiğinde en büyük riskin işletme döneminde olduğu görülmektedir. İşletme dönemi riskleri ise kaynak bulma-doğrulama ve proje geliştirme süreçleri ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle proje geliştirme safhasında yapılan hatalar biyokütle tesisleri işletme sürecine geçtiğinde finansal sürdürülebilirliği etkilemektedir. Sorunların çözümü kimi zaman yanlış bir yaklaşım ile elektrik alım garantisinde aranmaktadır. Bu açıdan bakıldığında tartışmaların özellikle YEKDEM alım garantisi üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Diğer yandan çok disiplinli yapıda olan biyokütle enerji kaynağının sadece YEKDEM ile desteklenerek elektrik alım garantileri ile devam etmesi ekonomik olarak sürdürülebilir değildir. Son 10 yıllık dönemde özellikle güneş enerjisi alanında yakalanan yatırım maliyeti düşüşleri diğer yenilenebilir kaynaklara verilecek desteklerin birbirleri ile uyum içerisinde yürütülmesi gerekliliğini doğurmuştur. Bu sorunların aşılması atık bertaraf hizmetinin hak ettiği karşılığını bulmasına ve yüksek standartlarda yan ürünler elde edilmesine bağlıdır. Döngüsel ekonomi gereklilikleri proje geliştirme safhasında en üst düzeyde aranmalı ve planlama çalışmalarında göz önünde bulundurulmalıdır⁶⁹.

Tablo 13. Biyokütle Yatırımlarında Öngörülen Maliyetler

Teknoloji	1 – 5 MW _e	5 – 10 MW _e	10 – 40 MW _e
	Yatırım Bedeli (USD/kW)		
Yanma tesisi (su/buhar kazanı)	5.000 – 10.000	4.000 – 8.000	3.000 – 6.000
Yanma tesisi (ORC)	3.000 – 8.000	2.000 – 5.000	-
Biyogaz tesisi (gaz motoru)	3.500 – 6.500	-	-

Kaynak: İnal, S., (2022), Türkiye’de Biyokütle Tesislerinde Kredilendirme ve Dünyadaki Sistemlerden Örnekler, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Tablo 13’te görüldüğü gibi biyokütle yatırımlarının ortalama birim maliyetlerinin tesis ölçeği büyüdükçe azaldığı söylenebilir. Yine benzer bir değerlendirme Tablo 14’te sunulmakta biyokütle yatırım harcamalarının dağılımında ana proses ekipmanları için yapılan harcamalar en önemli maliyet kalemi olarak göze çarpmaktadır.

69 TÜBA, (2022), a.g.e., s.109.

Tablo 14. Yatırım Harcamalarının Dağılımı

Yatırım Kalemi	%
Proje geliştirme	10
Atık yönetimi/işlenmesi	10 – 20
Ana proses ekipmanları	55 – 60
İnşaat	15 – 20

Kaynak: İnal, S., (2022), Türkiye’de Biyokütle Tesislerinde Kredilendirme ve Dünyadaki Sistemlerden Örnekler, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Biyokütle yatırımlarının finansmanı için alternatif ürünlere yönelmek yakın dönemde önemli bir imkan olacak potansiyele sahip gözükmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir finans imkanlarına erişim için gerekli şartların yerine getirilmesi veya öngörülmesi projelerinin finansman maliyetlerinin düşürülmesine fırsat vermektedir. Özel sektör yatırımlarını sürdürülebilirliğe fayda sağlayan projelere ve faaliyetlere yönlendirmenin temel gereksinimlerinden biri sürdürülebilir finans piyasalarında ortak bir dil geliştirmek ve “sürdürülebilir” olarak kabul edilen faaliyetlerin net bir tanımını yapmaktır. Bu nedenle sürdürülebilir ekonomik faaliyetler için ortak bir sınıflandırma sistemi olan “AB Taksonomisi” oluşturulmuştur.

AB Taksonomisi biyokütle tesisleri açısından incelendiğinde;

- Hammaddelerin hangi alanlardan sağlanabileceği ile ilgili bazı kısıtlamalar belirtildiği,
- Biyogaz tesislerinde proses sonrası oluşan sıvı gübrenin hangi şartlarda tarım alanlarında kullanılabileceğine dair kısıtlamalar olduğu,
- Biyogaz tesislerinde metan kaçaklarının önlenmesi ve izlenmesi ile ilgili maddeler olduğu,
- Özellikle yakma tesisleri için emisyon sınır değerlerine atıflar yapılmış olduğu,
- Çevresel etki değerlendirmesi sürecinde su kaynaklarına ve biyo-çeşitliliğe potansiyel etkilerin incelenmesi ve gerektiği takdirde önlemlerin tanımlanması gerektiği,
- İklim değişikliği kaynaklı risklerin de gözetilmesi gerektiğinin ve riskli konular için iklim değişikliği adaptasyon planları hazırlanmasının beklendiği görülmektedir⁷⁰.

Sonuç olarak AB taksonomisi dikkate alınarak hazırlanan projelerinin finansman erişiminin daha kolay gerçekleşebileceği ve maliyetleri azaltarak alım garantisi uygulamalarındaki politika değişikliklerinden korunabileceği dikkate alınmalıdır.

70 Karakaya E. ve B. Çakırlar, (2022), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Sürdürülebilir Finans, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

8. BİYOKÜTLE SEKTÖRÜNÜN GELECEĞİ

Biyokütle ve biyoenerji geçtiğimiz yıllarda önemli gelişmeler göstermiş olsa da küresel gelişimi zorlaştıran çeşitli engeller bulunmaktadır. Bu engeller, düzenlemelerin yetersizliği ve farkındalık eksikliği gibi kültürel nedenleri de kapsamaktadır. Gelişmiş toplumlar enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğini sorgulamakta ve alternatif oluşturabilecek enerji seçenekleri talep etmektedir. Biyokütle, bu taleplere bir çözüm sunabilse de biyokütleyle karşı bireysel ve toplumsal farkındalığın eksik olması, biyokütlenin etkin ve verimli kullanımını engellemektedir. Karşılaşılan engellere dikkat çekilmesi, küresel anlamda başarılı bir enerji geçişi için temel oluşturmaktadır. Düzenleyici kurumların biyokütlenin gelişimini engelleyen faktörlere yönelik çeşitli önlemleri bulunmaktadır. Bu önlemler arasında hibeler, tarife garantileri ve sertifika programları gibi destek mekanizmalarının yanı sıra, atık yönetimi ve ayrıştırmasına yönelik mevzuatlar da bulunmaktadır. Ülkeler, biyoenerji teknolojilerinin geliştirilip yayılmasını teşvik edebilmektedir. Hedeflenen enerji geçişinin başarısı, benimsenen politikalara ve bu politikaların uygulanma hızına göre değişmekle birlikte uluslararası iş birlikleri ve dayanışma bu konuda önemli rol oynamaktadır.

Biyoenerjinin enerji sistemi planlamalarına entegre edilmesi ve biyokütlenin potansiyeli hakkında farkındalık yaratılması gerekmektedir. Modern biyoenerji, çeşitli sektörlerde önemli katkılar sağlayabilmektedir. Ancak, tüketiciler ve değer zincirindeki diğer paydaşların biyoenerjinin potansiyeli konusundaki farkındalığı yeterli seviyede değildir. Bu nedenle, enerji politikaları geliştirilirken bu potansiyel tam olarak araştırılmalı ve biyoenerji kullanım deneyimleri yaygın olarak paylaşılmalıdır. Ülkelerin biyokütlenin geleneksel uygulamalarının ötesindeki kullanımları konusunda farkındalık yaratmak için birlikte çalışmaları ve çeşitli pilot uygulamaları teşvik etmeleri gerekmektedir.

Uluslararası iş birliği ile bilgi ve teknoloji aktarımının teşvik edilmesi gerekmektedir. Enerji dönüşümünde biyokütle kullanımının küresel olarak artırılması gerekmektedir. Sınırlı biyokütle arzı ile ülkeler arasındaki kaynaklardaki farklılıklar, biyokütlenin uluslararası ticaretinin artmasına neden olacaktır. Günümüzde, nispeten az sayıda ülke biyokütle kullanımını araştırıp genişletmekte olup, bu konuda ülkelerin çabalarını artırması gerekmektedir. Gerekli teknik ve düzenleyici farkındalığı ve kapasiteyi oluşturmak özellikle gelişmekte olan ülkeler için oldukça zordur. Bu nedenle, en iyi uygulamaların paylaşılması, teknoloji aktarımının teşvik edilmesi ve uluslararası ticaret mekanizmalarının geliştirilmesi için daha fazla uluslararası iş birliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkelerin biyokütle kullanımını teşvik etmesi ve gelişimi hızlandırmak adına destek mekanizmalarını genişletmesi gerekmektedir. Çeşitli farkındalık programları, biyokütle kullanımı ile temiz enerji çözümlerinin benimsenmesini teşvik edebilmektedir. Devletler ve düzenleyici kurumlar, tüketicilere ve potansiyel yatırımcılara biyoenerji konusunda açık ve güvenilir bilgi sağlamakta önemli rol oynamakla birlikte, biyoenerji kullanımının yararları konusunda farkındalığın artmasına yardımcı olabilmekte ve teknolojilerin benimsenmesini teşvik edebilmektedir⁷¹.

71 PwC, (2021), a.g.e., s.131.

Türkiye’de çok önemli ithalat giderlerini oluşturan doğalgaz ve petrole bağlı dışa bağımlılığı azaltmak, çevre kirliliğinin önlenmesine katkıda bulunmak, üretimdeki en önemli gider kalemlerinden olan enerji giderini azaltarak, ürün maliyetini düşürmek hedeflenmektedir. Bunun için alternatif enerji kaynaklarına yönelmek ve bu konularda temel araştırmalar yürütmek gerekmektedir. Tarım ve orman atıkları gibi biyokütle kaynaklarının enerji kaynağı olarak kullanılması durumunda getireceği faydalar aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

- Isıl değeri 4.000 kilo kaloriyi bulmaktadır. Biyokütle gazlaştırıldığında atmosfere kükürt dioksit ve azot oksitler gibi zararlı gazlar vermez.
- Bitki yetişmesi sırasında havadan aldığı karbondioksiti, yandığında geri verdiği için, küresel ısınmaya neden olan karbondioksit miktarını arttırmaz.
- Havadaki karbondioksit miktarını etkilemeyen dünyadaki tek yakıttır. Özellikle enerji bitkileri, bitki içinde yaklaşık yüzde 15 civarında şeker bulunmakta olup, bu da daha verimli gazlaşmasını sağlamaktadır.
- Katı yakıt olarak maliyeti, yerli linyit ve ithal kömürlerden çok daha düşüktür. Kül miktarı çok düşüktür. Temiz syngaz yakıt elde etmek mümkündür.
- Ayrıca biyokütle kaynağı olarak tatlı sorgum gibi enerji bitkilerinin yaygın olarak kullanılması durumunda, özellikle kırsal kesimde büyük bir iş potansiyeli yaratılacaktır.
- Hava kirliliği azalacaktır. Tarımın gelişmesine ve erozyonun önlenmesi sağlanacaktır.

Biyokütle yakma sistemleri kendini kanıtlamış ticari bir teknoloji olup çok farklı güç seviyelerinde hem elektrik, hem ısı, hem de kojenerasyon (ısı ve elektriğin birlikte üretildiği) santrali olarak tasarlanabilmektedir. Endüstriyel alanlarda ise genel olarak etanol, metanol ve bütanol gibi depolanabilir sıvı yakıtlar kullanılmaktadır. Sıvı yakıtların depolama sorununun olmaması ve ihtiyaç durumunda kullanılabilmesi sebebiyle tercih edildiği alanlar daha fazla yoğunluktadır. Metanol üretimine geçişin katkıları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Metanol üretimi ile diğer sıvı yakıtlara kıyasla çok daha düşük CO₂ emisyonu oluşmaktadır,
- Metanol’ün yakıt olarak kullanımı sırasında SO_x ve NO_x emisyonları oluşmamaktadır,
- Metanol araçların motorlarında modifikasyona gerek kalmaksızın tek başına veya benzin ile karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir,
- Sıvı bir yakıt olması ona depolanabilirlik özelliği kazandırmaktadır,
- Oktan sayısı yüksek olması sebebiyle yüksek enerji içeriğine sahiptir,
- Metanol çevre dostudur ve gıda zincirini veya arazi kullanımını etkilememektedir.

Biyokütle enerji üretiminin diğer enerji kaynaklarına karşı sera gazı emisyonlarını azaltıcı ve iklim değişikliğine yavaşlatıcı etkisinin olması da dahil olmak üzere

önemli avantajları bulunmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma yalnızca çevresel kaygılarla sınırlı olmayıp, sürdürülebilirliği çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) olmak üzere üç boyutta kapsamakta ve bunlar şirketlerin gelecekteki finansal performansının daha iyi belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilirlik ve ESG çoklu etki ve amaç sağlayarak şirketin tam potansiyel değerine yaklaşmasına imkan sunmaktadır. Fosil yakıtlardan erken uzaklaşan ve yeşil gelir elde eden firmalar, daha iyi performans sergileyerek ESG uygunluğunun hissedar getirilerini pozitif etkilediğini göstermektedir⁷².

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Acar, S., Voyvoda, E., & Yeldan, E.,(2018), “Macroeconomics of climate change in a dualistic economy: A regional general equilibrium analysis”, Elsevier, Academic Press.

Ambalaj Bülteni, (2020),Ambalaj ve Ambalaj Atıkları İstatistikleri, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/ambalajbulten-2020-20220226105845.pdf> , Erişim Tarihi, 13.04.2022

Apaydın., Ş., A. Güngör ve C. Taşdoğan, (2019), “Türkiye’de yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki asimetrik etkileri”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6 (1),117-134.

Arslan, F. ve A. Uzun, (2017), “Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Sosyal Kabul Boyutu”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı 51, Ocak, 95-116.

Avrupa Birliği Bakanlığı, (2022), https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html, Erişim Tarihi, 11.04.2022.

Bereket-Baş, Z., (2022), “Biyokütlelenin Yenilenebilir Enerji ve Tarımdaki Hukuksal Durumunun Analizi”, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Bouzaher A., Sahin S., ve Yeldan A.E., (2015), “How to Go Green? A General Equilibrium Investigation of Environmental policies for Sustained Growth with an Application to Turkey”, Letters in Spatial and Resource Sciences, 8, 49-76

Böhringer C., Keller A., ve van der Werf E., (2013), “Are green hopes too rosy? Employment and welfare impacts of renewable energy promotion”, Energy Economics, 36: 277- 285

Chatrî, F., Masoud Y., ve Jamal O., 2018, “The Economic Effects of Renewable Energy Expansion in the Electricity Sector: A CGE Analysis for Malaysia.” Renewable and Sustainable Energy Reviews 95: 203–16. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.022>

72 TÜBA, (2022), a.g.e., s.125-129.

Çağlar, A. E. ve Mert, M., (2017), “Türkiye’de Çevresel Kuznets Hipotezi ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Karbon Salımı Üzerine Etkisi: Yapısal Kırımlı Eş-bütünlüşme Yaklaşımı”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 24 (1), 21-38.

Çetin M. ve Eğrican N., (2011), “Employment impacts of solar energy in Turkey”. *Energy Policy* 2011, 39, 7184–7190

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, (2022), <https://iklim.csb.gov.tr/bmidcs-ve-turkiye-i-4376>, Erişim Tarihi, 11.04.2022.

ETBK, 2018, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023), <https://enerji.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 11.04.2022.

ETKB, 2019-2023 Stratejik Planı, https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Planı.pdf, Erişim Tarihi, 10.04.2022

ETBK, 2020, Ulusal Enerji Denge Tabloları, <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tabloları>, Erişim Tarihi, 10.04.2022.

EÜAŞ, 2020, Elektrik Üretimi ve Ticareti Sektör Raporu, <https://www.euas.gov.tr/yillik-raporlar> , Erişim Tarihi: 10.04.2022.

EÜAŞ, 2020 Yılı Faaliyet Raporu, <https://www.euas.gov.tr/yillik-raporlar>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.

Fankhauser S., Sehleier F. ve Stern, N., 2008, “Climate change, innovation and jobs”, *CLIMATE POLICY Earthscan* ISSN 80513, 421–429.

GarantiBBVA, (2022), Yeşil Finansmanda Banka Stratejileri, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Garrett-Peltier H., 2017, “Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model”. *Econ. Model.* 2017, 61, 439–447.

Gökce, C. & Demirtaş G., 2018, “Cari Denge Açısından Yenilenebilir Enerjinin Rolü: Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye İçin Panel Veri Analizi”, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi* , 25 (3) , 641-654 .

Hasenheit, M., H. Gerdes, Z. Kiresiewa, V. Beekman, (2016), “Summary report on the social, economic and environmental impacts of the bioeconomy”, *BioSTEP*, Project No 652682.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Sixth Assessment Report, “Climate Change 2021, The Physical Science Basis”, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf, Erişim Tarihi: 10.04.2022.

IRENA, (2019), Renewable Energy and Jobs, Annual Report 2019, www.irena.org, Erişim Tarihi 13.04.2022.

İstanbul Politikalar Merkezi (IPM) ve Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS), 2019, “Türkiye’de Yenilenebilir Enerjiyle Beceri ve İstihdam Gelişimi: Elektrik Sektörünün Karbonsuzlaştırmanın Yan Faydalarının Analizi” <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200701-00075753.pdf>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.

İnal, S., (2022), “Türkiye’de Biyokütle Tesislerinde Kredilendirme ve Dünya-daki Sistemlerden Örnekler”, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Karakaya E. ve B. Çakırlar, (2022), “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Sürdürülebilir Finans”, 11-13 Mayıs 2022 Biyokütlede Risk ve Finansman Çalıştayı, İzmir.

Keçek D., Mikulić D. ve Lovrinčević Ž., 2019, “Deployment of renewable energy: Economic effects on the Croatian economy”. *Energy Policy* 2019, 126, 402–410.

Menteşe, B., (2021), “Yeşil Tahvilin Gelişimi ve Türkiye’deki Uygulamaları”, *Uluslararası Muhasebe ve Finans Uygulamaları Dergisi*, Cilt 3, Sayı 1, 94-117.

Mu Y., Cai W., Evans S., Wang C., ve Roland-Holst, D., 2018, “Employment Impacts of Renewable Energy Policies in China: A Decomposition Analysis Based on a CGE Modeling Framework.” *Applied Energy* 210: 256–67.

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2020, “Trends in Global CO2 and Total Greenhouse Gas Emissions”, <https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2020-report>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.

Peker, Z. (2013), “Yenilenebilir Enerji Girişimlerinin Sosyal Boyutu”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt: 15, Sayı: 4, 296-319.

Pollin R., Heintz J. ve Garrett-Peltier H., 2009, “The economic benefits of investing in green energy: How the economic stimulus program and new legislation can boost US economic growth and employment”, Amherst, MA: Political Economy Research Institute, University of Massachusetts at Amherst.

Pollin R, Heidi Garrett-Peltier H, Heintz J, Glyn A, Chakraborty S, 2015, “Global Green Growth: Clean Energy Industrial Investments and Expanding Job Opportunities”, Vienna and Seoul: United Nations Industrial Development Organization and Global Green Growth Institute

PwC, (2021), *Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış*, www.pwc.com.tr, Erişim Tarihi, 11.04.2022, s.8-9.

Rajagopal, D. ve Zilberman, D. (2007). *Review of Environmental, Economic and Policy Aspects of Bio-fuels*. World Bank Policy Research Working Paper, WPS4341.

Ramos C., Salomé García A., Moreno B. ve Díaz G., (2019), “Small-scale renewable power technologies are an alternative to reach a sustainable economic growth: Evidence from Spain”. *Energy* 2019, 167, 13–25.

SBB, (2019), On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.

Silva P., Oliveira C. ve Coelho D., (2013), “Employment effects and renewable energy policies: applying input-output methodology to Portugal”. *Int. J. Publ. Pol.* 9 (3), 147–166.

Tarım ve Orman Bakanlığı (2022), 2019-2023 Stratejik Plan, <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/stratejikplan.pdf>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.

TCMB, (2021), Finansal İstikrar Raporu, Mayıs, <https://www.tcmb.gov.tr/>, Erişim Tarihi, 13.04.2022

TEİAŞ, (2021), 10 Yıllık Talep Tahminleri Raporu (2022-2031)

TEİAŞ, (2021), Üretim Kapasite Projeksiyonu, 2021-2025.

Turguttopbaş, N. (2020), “Sürdürülebilirlik, Yeşil Finans ve İlk Türk Yeşil Tahvil İhracı”, *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, Cilt 12, Sayı 22, s. 275.

TÜBA, (2022), TÜBA Biyokütle Enerjisi Raporu, Ed. M.H. Alma, Ankara

TÜİK, (2021), 2020 Yılı Atık İstatistikleri Bülteni, Erişim Tarihi, 10.05.2022

United Nations Environment Programme, (UNEP), 2021. Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered – Executive Summary. Nairobi, <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>, Erişim Tarihi: 10.04.2022.

Wei M., Patadia S. ve Kammen D.M., (2010), “Putting renewables and energy efficiency to work: how many jobs can the clean energy industry generate in the US?” *Energy Pol.* 38 (2), 919–931. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.044>

Yılmaz S. A., (2014), “Yeşil İşler ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Alanındaki Potansiyeli”, *Kalkınma Bakanlığı, Yayın No 2827*.

Zhe L., Yüksel S., Dincer H., Mukhtarov S., ve Azizov M., (2021), “The Positive Influences of Renewable Energy Consumption on Financial Development and Economic Growth”, *SAGE Open* 11(3),1-10.

RENEWABLE ENERGY SOURCES: BIOMASS

Prof. Dr. Celal TAŞDOĞAN

Hacı Bayram Veli University
Department of Economy

Can ARIHAN, Attorney at Law (Translator)

Young EDAC Co-Chair
Arihan&Arihan Law Office

ANKARA, 2022

Contents

EXECUTIVE SUMMARY	XIII
1. INTRODUCTION	1
2. RENEWABLE ENERGY SOURCES	8
2.1.WIND POWER.....	10
2.2.SOLAR ENERGY.....	13
2.3.GEOTHERMAL ENERGY.....	15
2.4.BIOMASS ENERGY.....	16
3. BIOMASS ENERGY AND SUSTAINABILITY	19
3.1.ENVIRONMENTAL DIMENSION.....	24
3.2.ECONOMIC DIMENSION.....	31
3.3.SOCIAL DIMENSION.....	36
4. BIOMASS CONVERSION TECHNOLOGIES	38
5. BIOMASS RESOURCES AND RISKS	40
6. BIOMASS INVESTMENTS AND RISKS IN TÜRKİYE	45
6.1.COMPETITION IN THE BIOMASS SECTOR IN TÜRKİYE.....	50
6.2.FINANCING OPPORTUNITIES IN THE BIOMASS SECTOR IN TÜRKİYE	52
6.3.CURRENT STATUS OF BIOMASS ENERGY INCENTIVES IN TÜRKİYE.	55
7.FINANCIAL ASSESSMENT OF BIOMASS INVESTMENTS	57
8.THE FUTURE OF THE BIOMASS INDUSTRY	59
BIBLIOGRAPHY	61

List of Figures

Figure 1.	Imports of Mineral Fuels, Mineral Oils and Their Distillation Products, Bi-luminous Substances, Mineral Waxes by Years	2
Figure 2.	Total Primary Energy Supply and Import Rate by Years	2
Figure 3.	Total Greenhouse Gas Emissions by Years and Sectors.....	4
Figure 4.	Distribution of Electricity Energy Production Resources in Türkiye for 2020.....	9
Figure 5.	Türkiye’s Installed Electricity Based on Wind Energy by Years.....	12
Figure 6.	Share of Türkiye’s Wind Energy Based Electricity Production within the Total Electricity Production by Years	12
Figure 7.	Türkiye’s Solar Energy Potential.....	13
Figure 8.	Türkiye’s Solar Energy Installed Capacity by Years	14
Figure 9.	Share of Solar Energy Installed Capacity within Total Installed Capacity in Türkiye by Years	14
Figure 10.	Installed Capacity of Geothermal Power Plants in Türkiye by Years ...	16
Figure 11.	Share of Geothermal Electricity Production within the Total Electricity Production by Years in Türkiye	16
Figure 12.	Biomass Electricity Production Installed Capacity by Years in Türkiye	18
Figure 13.	Share of Electricity Production from Biomass within Total Electricity Production by Years in Türkiye	19
Figure 14.	Integrated Solid Waste Management Chart	24
Figure 15.	Recycling Rates of Packaging Waste in 2020 (%)	25
Figure 16.	Distribution of Collection-Separation and Recycling Facilities by Years (Quantity).....	26
Figure 17.	Distribution of Municipal Wastes Suitable for Biomethanization by Provinces	26
Figure 18.	Distribution of Municipal Wastes by Disposal and Recovery Method (%).....	27
Figure 19.	Distribution of Special Hazardous Waste and Medical Wastes in 2018	30
Figure 20.	Processing Distribution of Hazardous Wastes in 2018 (%).....	30
Figure 21.	Biomass Sourced Heat Production (TJ) by Years.....	31

Figure 22.	Biomass Installed Power Distribution in Electricity Generation in 2019	32
Figure 23.	Average Operating Rates of Renewable Power Plants Between 2016-2020 (%).....	32
Figure 24.	Global Employment Distribution in Renewable Energy Sectors in 2018 (%)	35
Figure 25.	Distribution of Global Employment in the Bioenergy Sector in 2018 ..35	
Figure 26.	Employment Distribution in the Bioenergy Sector in Türkiye in 2018	36
Figure 27.	An Overview of Social Impacts in Biomass Energy Production.....	37
Figure 28.	Biomass Conversion Technologies.....	39
Figure 29.	Distribution of Energy Equivalent of Animal Waste by Provinces (TEP/Year).....	40
Figure 30.	Distribution of Vegetative Energy Equivalents by Provinces (TEP/Year)	41
Figure 31.	Distribution of Energy Equivalent of Municipal Waste by Provinces (TEP/Year).....	42
Figure 32.	Distribution of Forest Waste Energy Equivalent by Regions (TEP/Year)	44
Figure 33.	Distribution of Biodiesel Producing Companies.....	46
Figure 34.	Distribution of Bioethanol Producing Companies	47
Figure 35.	Distribution of Unlicensed Electricity Producers from Biomass by Provinces (kWe)	48
Figure 36.	Distribution of Licensed Electricity Producers from Biomass by Province (MWe)	49
Figure 37.	Installed and Planned Power Distribution of Leading Companies in Biomass Sector in 2021 (MWe)	51
Figure 38.	Comparison of Past License Periods and Remaining YEKDEM Periods of Leading Companies in the Biomass Industry in 2021 (Year).....	52
Figure 39.	Global Distribution of Sustainable Finance Opportunities in 2019 (Billion \$).....	53
Figure 40.	Financing Opportunities Provided by TurSEFF as of 2021 in Türkiye	54
Figure 41.	TurSEFF Application and Financing Process.....	54

List of Tables

Table 1. 2022-2031 Gross Electricity Consumption Forecast (GWh).....	1
Table 2. Distribution of Installed Power in Türkiye by Resources for 2020	9
Table 3. Potential Wind Energy Capacity in Türkiye-50 M.....	11
Table 4. Biomass Energy Potential in Türkiye.....	18
Table 5. Number of Waste Disposal and Recovery Facilities; 2018, 2020.....	27
Table 6. Distribution of Total Waste Amount; 2018,2020	28
Table 7. Major Provinces with the Highest Amount of Hazardous Waste in 2018....	29
Table 8. Maximum Production Amount and Capacity of Power Plants in 2020	33
Table 9. Biomass By-Products and Uses	34
Table 10. Licensed Capacities of Leading Companies in the Biomass Industry in 2021 (MWe)	50
Table 11. Renewable Energy Resource Support Mechanism (YEKDEM).....	56
Table 12. Current YEKDEM Application.....	56
Table 13. Projected Costs in Biomass Investments	57
Table 14. Distribution of Investment Expenditures	58

ABBREVIATIONS

BEPA	Biomass Energy Potential Atlas
BPP	Biomass Power Plant
COP 21	Conference of the Parties
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development
EGD	European Green Deal
EMRA	Energy Market Regulatory Authority
ESG	Environmental, Social, Governance
EU	European Union
GWh	Gigawatt Hour
HEPP	Hydroelectric Power Plant
ICMA	International Capital Market Association
IPCC	International Panel on Climate Change
KWh	Kilowatt Hour
MENR	Ministry of Energy and Natural Resources
MTEP	Million Tons Equivalent Oil
MW	MegaWatts
OIZ	Organized Industrial Zone
ORC	Organic Rankine Cycle
SEPA	Solar Energy Potential Atlas
SPP	Solar Power Plant
TOE	Tons of Oil Equivalent
TurSEFF	Türkiye Sustainable Energy Finance Facility
UNEP	United Nations Environment Program
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WEPA	Wind Energy Potential Atlas
YEKDEM	Renewable Energy Support Scheme

EXECUTIVE SUMMARY

- While the first of the objective set by the Ministry of Energy and Natural Resources (MENR) in its 2019-2023 Strategic Plan is stated as “Ensuring Sustainable Energy Supply Security”, one of the objectives set in this context is “The share of the installed power of domestic and renewable energy sources within the total installed power shall be increased to 65 percent from 59 percent”. Another aim is stated as “Prioritizing and Increasing Energy Efficiency” and the targets determined accordingly are announced as “Increase public awareness regarding energy efficiency” and “Continuing activities that focus on increasing energy efficiency”.
- The 2019-2023 Strategic Plan of the Ministry of Agriculture and Forestry includes increasing the use of renewable energy resources in the agricultural sector as an important factor affecting the activities of the ministry.
- Investments to be made for the production of renewable electricity, providing energy supply from domestic resources, reducing the energy import costs and reducing dependence on imports in energy, as well as their effects on employment, production, added-value and emissions are consistent with the Eleventh Development Plan and the 2019-2023 Strategic Plan of the Ministry of Energy and Natural Resources.
- Important targets such as; reducing unemployment (article 216), strengthening the current account and balance of payments (article 229), ensuring energy supply security with domestic and renewable energy investments and reducing import dependency (article 144), increasing the competitiveness by producing the needed equipment and parts for the investments domestically (article 177) are mentioned within the objectives of the Eleventh Development Plan. In this respect, the decrease in the import rate within the total energy supply will likely have a positive impact on the attainment of these objectives.
- The environmental effects of energy production should also not be ignored. In the report published by the IPCC in February 2022, it was clearly stated that greenhouse gas emissions cause global warming. According to the report, the fossil related CO₂ emissions account for the 73,6 percent of the global greenhouse gas emissions. It is stated that the most important steps for keeping the global temperature rise below 1.5 °C are to limit energy production from fossil fuels, which accounts for 88.6 percent of the total CO₂ emissions, and to prioritize renewable energy investments and to increase the energy efficiency.
- Law on Using Renewable Energy Sources for Electricity Generation (Law No. 5346), which entered into force in 2005 in Türkiye, regulates the following targets:

expanding the use of renewable energy resources for the purpose of electricity generation, bringing these resources to the economy in a reliable, economical and high quality manner, increasing the diversity of resources, reducing greenhouse gas emissions, evaluating waste, protecting the environment, and developing the manufacturing sector needed for the realization of these goals.

- Even in the lowest energy consumption projection, it is seen that 415,042 GWh of electricity is needed in the next 10 years, and the installed power can produce 304,611 GWh in its current state. It is clear that the renewable energy supply needs to be increased in order to meet the rapidly growing electricity demand.
- Among the alternative renewable energy sources in Türkiye, wind energy draws attention with a share of 8.15 percent in total installed power, while solar with a share of 3.59%, geothermal with 3.26 percent and biomass with a share of 1.46 percent.
- Biomass, which is an important renewable energy source when evaluated in terms of sustainability, is generally accepted as carbon neutral in production and use compared to fossil-based fuels. It is seen as a critical point that bioenergy production has 80-85% lower emission rates compared to fossil fuels.
- Biomass Energy Potential Atlas (BEPA) data, the total economic energy equivalent of waste in Türkiye is around 3.9 MTEP/year.
- Biomass use, if properly managed and regulated, can reduce atmospheric CO₂ levels and, when used for energy purposes, it has a positive effect on CO₂ emissions in the life cycle. When bioenergy is used with carbon capture and storage, the carbon is not returned to the atmosphere, leading to a net reduction of CO₂. Similarly, when bio-based materials are used biomass increases the biogenic carbon stored in the materials during the lifetime of the products and in some cases, it can have a positive effect on CO₂ sequestration for the environment.
- During the 2016-2020 period in Türkiye, renewable energy power plants are used below their current potential with annual average working hours. Despite this, wind power plants operated with an average capacity of 31.92 percent in the period of 2016-2020, solar power plants with a capacity of 15.92 percent, hydropower plants with 28.36 percent, biomass power plants with 42.84 percent and geothermal power plants with a capacity of 67.32 percent. Energy production from biomass is flexible, helping to balance production in electricity grids where the share of non-stable wind and solar power is high.
- The main products resulting from the use of biomass can be examined under three topics: electricity, heat and biofuel. In addition to the main products, the by-products formed during the conversion of biomass to energy can also be marketed and sold to create a source of income or be included in a process again and used in the production of different outputs. These by-products, which are generally carbon-based, include highly valuable products such as organic fertilizer, bio-coal and ash. Other products obtained include glycerin, cellulose fiber, carbonaceous material, bioplastic and furfural, which have various uses.

- It does not seem possible to say that all segments of society can benefit from biomass energy. Of course, there will be resistance for those who cannot adapt well to the changes here or to access new opportunities. Therefore, it is useful to highlight the benefits of biomass energy more in terms of contributing to facilitating social acceptance.
- Biomass resources can be generally classified as animal wastes, vegetable wastes, urban wastes, industrial wastes and forestry wastes.
- It is seen that the energy equivalent of animal wastes is high in 20 provinces in Türkiye. These provinces are mainly located in the Aegean, Marmara, Central Anatolia and Mediterranean regions, and 75 percent of the total energy equivalent is obtained from the wastes of poultry.
- In Türkiye, 15 provinces stand out in terms of phyto-energy equivalent distribution. These provinces are distributed over Central Anatolia, Southeast Anatolia, Aegean, Mediterranean and Thrace regions, and 77 percent of the vegetable energy equivalent is obtained from the wastes of field crops.
- Considering the distribution of resources concentrated in 15 provinces for municipal waste, Ankara, İzmir and Bursa and especially Istanbul stand out. When evaluated in this context, the energy equivalent from bio-methanization is 14 percent, while the energy equivalent by incineration is calculated as 86 percent.
- In the distribution of the energy equivalent of forestry wastes in Türkiye by regions, it is seen that the energy equivalent of forestry wastes is concentrated in 7 regions within the scope of Kastamonu, Adapazarı, Balıkesir, Denizli, Antalya and Adana regional directorates.
- Businesses in the bioenergy sector compete in a sector where alternative energy sources are used. Although bioenergy resources have some advantages compared to other renewable energy resources, they are still used at a higher cost than fossil fuels and their competitiveness remains low if incentives are not available. While raw material costs are at the top of the high costs, the cost of infrastructure, alternative resources and the additional costs of regulatory measures may adversely affect the bioenergy sector.
- It is believed that the most important competing power of pioneering and young businesses in the biomass sector came from the YEKDEM incentives. The fact that the power plants completed before June 2021 benefited from the YEKDEM incentives and became more advantageous caused the investments of the companies to accelerate.
- One of the most important issues for biomass investments is financing opportunities. Financing opportunities in the sector are constantly improving in line with green energy production and demand within the scope of sustainable development goals. One of the first applications to support environmentally friendly projects within the scope of sustainable finance is green bonds. In addition to these bonds, which started to be issued since 2007, new instruments emerged in the form of

Sustainable Bonds in 2014, Social Bonds in 2015, Green Loans in 2016 and Sustainable Linked Loans in 2017.

- Türkiye Sustainable Energy Financing Facility (TurSEFF) draws attention. This program has been developed by the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) to provide financing and technical support for Sustainable Energy and Resource Efficiency investments to be implemented by the public and private sectors. Technical supports provided within the scope of TurSEFF are financed by the European Union (EU) and the Ministry of Treasury and Finance of the Republic of Türkiye .
- The old YEKDEM incentives continue for the facilities that were commissioned until 30.06.2021. In the current YEKDEM system, incentives are calculated on a TL basis and the incentive periods are the same for the biomass plants that came into operation as of 01.07.2021, but the purchase guarantees are 32 kuruş/ KWh for landfill gas facilities, 54 kuruş/ KWh for biomethanization facilities and 50 kuruş/KWh for thermal disposal facilities. Domestic contribution incentives are fixed at 8 kuruş/ KWh. This new situation, of course, creates a market where the advantageous purchase guarantees of the past years do not exist for the new companies entering the sector.
- Financial sustainability is at the center of the problems of investors in the biomass sector. When the biomass investment process is examined, it is seen that the greatest risk is during the operation period. Operational period risks are directly related to sourcing-verification and project development processes. In particular, mistakes made during the project development phase affect financial sustainability when biomass plants are in operation. The solution of the problems is sometimes wrongly sought in the electricity purchase guarantee. From this point of view, it is seen that the discussions focused especially on the YEKDEM purchase guarantee. On the other hand, it is not economically sustainable for the multidisciplinary biomass energy source to be supported only by YEKDEM and to continue with electricity purchase guarantees.
- Although biomass and bioenergy have made significant advances in recent years, there are several barriers that complicate global development. These barriers also include cultural reasons such as inadequate regulations and lack of awareness.
- Biomass energy production has significant advantages over other energy sources, such as; reducing greenhouse gas emissions and slowing down climate change. Sustainable development is not limited to only environmental concerns. It also includes sustainability in three different dimensions (Environmental, Social, and Corporate Governance; ESG) and these dimensions help determine the financial performance of companies in the future. Sustainability and ESG provide multiple effects and goals, allowing the company to approach its full potential value. Firms that move away from fossil fuels early and generate green income outperform, demonstrating that ESG compliance positively impacts shareholder returns.

1. INTRODUCTION

In the Ministry of Energy and Natural Resources (MENR) 2019-2023 Strategic Plan, 7 objectives and 31 targets were determined. While the first of these objectives is stated as “Ensuring Sustainable Energy Supply Security”, one of the targets set in this context is “to increase the ratio of the installed electricity installed power based on domestic and renewable energy sources from 59 percent to 65 percent”. Another objective is stated as “Prioritizing and Increasing Energy Efficiency” and the targets determined accordingly are announced as “Conducting studies to increase public awareness on energy efficiency” and “Continuing studies to increase energy efficiency”¹. In addition, the 2019-2023 Strategic Plan of the Ministry of Agriculture and Forestry includes the widespread use of renewable energy resources in the agricultural sector as an important factor affecting the activities of the ministry².

The 10-year electricity consumption demand forecast of 21 electricity distribution companies in Türkiye between 2022 and 2031 is shown in Table 1. According to the estimation results made within the framework of three different scenarios, the 10-year demand increase is 25.5 percent in case of low demand, 31 percent in the baseline scenario and 44.1 percent in the high demand scenario³.

Table 1 . 2022-2031 Gross Electricity Consumption Forecast (GWh)

	LOW	%	BASE	%	HIGH	%
2022	308,903		324,536		340,810	
2023	317,755	2.9	335,819	3,5	354,446	4.0
2024	329,911	3.8	350,716	4.4	371,927	4.9
2025	344,265	4.4	367,792	4.9	391,806	5.3
2026	357,757	3.9	383,426	4.3	409,551	4.5
2027	369,703	3.3	397,438	3.7	425,790	4.0
2028	378,902	2,5	408,872	2.9	439,739	3.3
2029	389,682	2.8	421.925	3.2	455.387	3.6
2030	400,825	2.9	435,418	3.2	471.572	3.6
2031	415,042	3,5	452.210	3.9	491,224	4.2

Source: TEIAS, 2021

Investments to be made for the production of renewable electricity, energy supply through domestic resources, reducing the energy import spending and reducing dependence on imports in energy, as well as their effects on employment, production, added-value and emissions, are consistent with the Eleventh Development

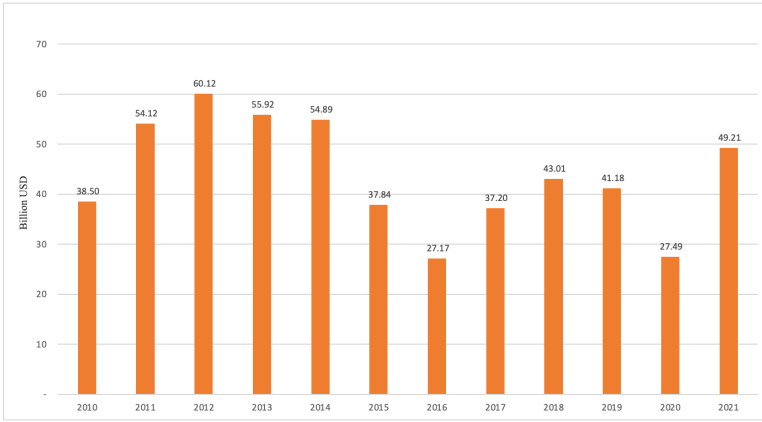
1 MENR, 2019-2023 Strategic Plan, https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Planı.pdf , p. 23.

2 Ministry of Agriculture and Forestry (2022), 2019-2023 Strategic Plan, <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/stratejikplan.pdf> , p.49.

3 TETC, 2021, 10-Year Demand Forecasts Report (2022-2031), p. 54.

Plan and the 2019-2023 Strategic Plan of the Ministry of Energy and Natural Resources. The electricity production capacity increased by investments will be balanced with the reduction of imported energy consumption, and it is aimed to losses that may occur in production and employment by the possible reductions in Türkiye's energy import spending. As seen in Figure 1, the total amount spent on mineral fuels, mineral oils and products obtained from their distillation, known as total energy imports, reached 49.2 billion dollars in 2021.

Figure 1. Imports of Mineral Fuels, Mineral Oils and Their Distillation Products, Bi-luminous Substances, Mineral Waxes by Years

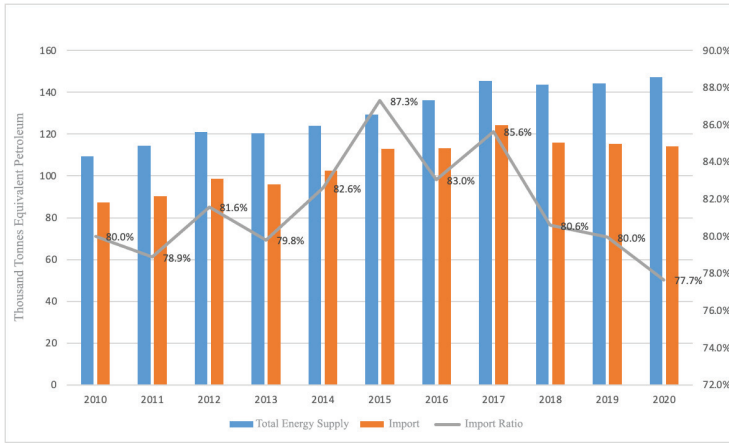


Source: Imports According to Foreign Trade Statistics HS2 (Chapter) Classification (2022)

Figure 2 shows the ratio of total primary energy supply and imported energy in Türkiye since 2010. Accordingly, between 2010 and 2020, the use of imported energy increased by an average of 3.21 percent and as of 2020, imported energy constitutes approximately 77.7 percent of the total energy supply.⁴

4 MENR, (2020), National Energy Balance Figures, <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tablolari> , Access Date, 10.04.2022.

Figure 2 . Total Primary Energy Supply and Import Rate by Years



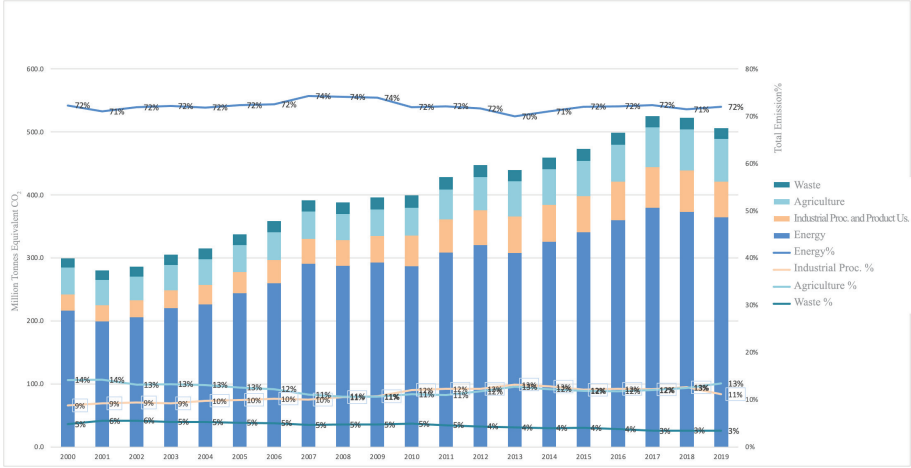
Source: TR Ministry of Energy and Natural Resources, National Energy Balance Figures (2020)

Important targets such as; reducing unemployment (article 216), strengthening the current account and balance of payments (article 229), ensuring energy supply security with domestic and renewable energy investments and reducing import dependency (article 144), increasing the competitiveness by producing the needed equipment and parts for the investments domestically (article 177) are mentioned within the objectives of the Eleventh Development Plan.⁵ In this respect, the decrease in the import rate within the total energy supply will likely have a positive impact on the attainment of these objectives.

The environmental effects of energy production should also not be ignored. Looking at Figure 3, it can be seen that greenhouse gas emissions are mostly caused by the energy sector. In 2019, 72 percent of total greenhouse gas emissions originated from energy sector activities.

⁵ PSB, (2019), Eleventh Development Plan (2019-2023), <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>, Access Date: 10.04.2022.

Figure 3 . Total Greenhouse Gas Emissions by Years and Sectors



Source, TurkStat, Total GHG emissions by sectors (CO₂ equivalent), 1990 – 2019

In the report published by the IPCC in February 2022, it was clearly stated that greenhouse gas emissions cause global warming ⁶. According to the report, the fossil related CO₂ emissions account for the 73,6 percent of the global greenhouse gas emissions.⁷

It is stated that the most important steps for keeping the global temperature rise below 1.5 C are to limit energy production from fossil fuels, ⁸which accounts for 88.6 percent of the total CO₂ emissions, and to prioritize renewable energy investments and to increase the energy efficiency⁹.

In addition to these, there are many studies that agree that renewable energy investments not only increase employment by creating economic growth but such investments also reduce emissions ¹⁰. The increase in employment is considered as the

6 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Sixth Assessment Report, “Climate Change 2021, The Physical Science Basis”, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf, Accessed Date : 10.04.2022.

7 United Nations Environment Programme, (UNEP), 2021. Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered – Executive Summary. Nairobi, <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>, Accessed Date: 10.04.2022.

8 PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2020, “Trends in Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions”, <https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2020-report>, Accessed Date: 10.04.2022.

9 United Nations Environment Programme, (UNEP), 2021. Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered – Executive Summary. Nairobi, <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>, Accessed Date: 10.04.2022

10 For details, see Zhe et al. 2021, Keçek et al., 2019, Ramos et al. 2018, Bouzaher et al. 2015, Pollin et al. (2009), Wei et al. (2010), Garrett-Peltier (2017), Silva et al. (2013).

direct and indirect effects of investments¹¹. In a study conducted for the USA, it was estimated that an annual investment of 150 billion dollars in the renewable energy sector would directly and indirectly create 1.7 million jobs¹². The common point of the academic researches in the field is that renewable energy investments affect employment positively. In a study conducted in Brazil, Germany, Indonesia, South Africa and South Korea; it is calculated that the increase in employment is in favor of renewable energy when between 1 percent and 1.5 percent of the annual gross domestic product is spent on renewable energy and energy efficiency investments and the same amount is spent on fossil energy sector investments.¹³ Similarly, it was determined that as a result of an investment of 1 million dollars, jobs were created for 7.49 to 7.72 people on average in the renewable energy sector, and if the same investments were made in the fossil energy sectors, it created jobs for 2.65 people¹⁴. However it is also claimed that if all investments in the renewable energy sector are imported, negative effects on employment may occur¹⁵. Another issue is related to the financing of these investments. It is also seen that the effect on employment is negative if the financing of renewable energy investments is created by reducing the support given to fossil fuels¹⁶.

The studies conducted for Türkiye, show that renewable energy consumption positively affects growth¹⁷, creates positive gross employment¹⁸, improves the current account deficit¹⁹ and has a negative effect on carbon emissions²⁰. In one study, the macroeconomic effects on the dual economic structure (high-middle income group and low income group) of the removal of coal subsidies, which corresponds to 0.1 percent of gross domestic product, and the implementation of a carbon tax are examined

-
- 11 Fankhauser S., Schelleier F. and Stern, N., 2008, "Climate change, innovation and jobs", CLIMATE POLICY Earthscan ISSN 80513, 421–429.
- 12 Pollin R., Heintz J. and Garrett-Peltier H., 2009, "The economic benefits of investing in green energy: How the economic stimulus program and new legislation can boost US economic growth and employment", Amherst, MA: Political Economy Research Institute, University of Massachusetts at Amherst.
- 13 Pollin R, Heidi Garrett-Peltier H, Heintz J, Glyn A, Chakraborty S, 2015, "Global Green Growth: Clean Energy Industrial Investments and Expanding Job Opportunities", Vienna and Seoul: United Nations Industrial Development Organization and Global Green Growth Institute
- 14 Garrett-Peltier H., 2017, "Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model". *econ. Model.* 2017, 61, 439–447.
- 15 Garrett-Peltier H., 2017, *ibid*.
- 16 For detailed information, see Pollin et al., 2015, Böhringer et al., 2013, Mu et al., 2018, Chatri et al., 2018
- 17 Apaydın., S., A. Güngör and C. Taşdoğan, 2019, Asymmetric effects of renewable energy consumption on economic growth in Türkiye, Mehmet Akif Ersoy University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences, 6 (1), 117-134.
- 18 Cetin M. and Eğrican N., 2011, "Employment impacts of solar energy in Türkiye". *Energy Policy* 2011, 39, 7184–7190
- 19 Gökce, C. & Demirtaş G., 2018, "The Role of Renewable Energy in terms of Current Account Balance: Panel Data Analysis for European Union Countries and Türkiye", *Journal of Management and Economy*, 25 (3), 641-654. DOI: 10.18657/yonveek.452107
- 20 Çağlar, AE and Mert, M., 2017, "Environmental Kuznets Hypothesis and the Effect of Renewable Energy Consumption on Carbon Emission in Türkiye: Structural Fracture Cointegration Approach", *Journal of Management and Economics*, 24 (1), 21-38. DOI: 10.18657/yonveek.307485

and positive growth and employment effects were observed²¹. In the study published by the Istanbul Policy Center, the employment factor approach was used for four different scenarios, in which solar and wind energy installed capacities were increased, and it was calculated that between 3,000 and 25,000 gross jobs would be created from solar energy and between 9,300 and 23,300 gross jobs from wind energy²². In another study, capacity increases to solar, wind, geothermal, biomass and hydroelectric power plants were examined with the employment factor approach according to three different scenarios and two different imported input scenarios, and it was calculated that a total of 106,000 to 133,016 gross jobs would be created²³.

On the one hand, efforts to increase the renewable energy supply become important, on the other hand, energy efficiency appears as another complementary element. In the National Energy Efficiency Action Plan, it is aimed to achieve a cumulative reduction of 23.9 MTEP in Türkiye's primary energy consumption in the period of 2017-2023. In this context, action plans have been prepared under 6 different headings. These are;

1. Horizontal Topics

- Establishing and Increasing the Efficiency of Energy Management Systems
- Development of the National Energy Efficiency Financing Mechanism
- Supporting Energy Efficiency Projects with Energy Efficiency Competitions
- Preparing Basic Materials for Energy Efficiency Projects such as Guidelines that Cover Technical, Legal and Financial Issues, Sample Contracts, etc.
- Development of Registration, Database and Reporting Systems in Energy Efficiency Activities
- Increasing, Coordinating and Controlling International Energy Efficiency Financing Opportunities and Efficiency
- Strengthening the Administrative and Institutional Structure
- Carrying out Awareness, Education and Informative Activities
- Energy Efficiency Studies
- Adoption of Sustainable Business and Procurement Approach in the Public Sector
- Energy Efficiency Obligation Program for Energy Distribution or Retail Companies

2. Building and Services Sector

- Identifying and Sharing Best Practices for Materials and Technology Used in

21 Acar, S., Voyvoda, E., & Yeldan, E., 2018, "Macroeconomics of climate change in a dualistic economy: A regional general equilibrium analysis". Elsevier

22 Istanbul Policy Center (IPM) and Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS), 2019, "Skills and Employment Development with Renewable Energy in Türkiye: Analysis of Co-Benefits of Decarbonization of the Electricity Sector"

23 Yılmaz SA, 2014, "Green Affairs and Its Potential in the Field of Renewable Energy in Türkiye", Ministry of Development, Publication No. 2827.

the Construction Industry

- Creating a Database Including Energy Consumption Data for Buildings
- Defining Energy Saving Targets for Public Buildings
- Increasing Energy Efficiency in Municipal Services
- Rehabilitation of Existing Buildings and Improving Energy Efficiency
- Encouraging the Use of Central and District Heating/Cooling Systems
- Increasing the Energy Performance Certificate Ownership Rate of Existing Buildings
- Encouraging the Certification of Sustainable Green Buildings and Settlements
- Promoting Energy Efficiency in New Buildings
- Improving Energy Performance in Existing Public Buildings
- Expanding the Use of Renewable Energy and Cogeneration Systems in Buildings
- Energy Efficiency Study Programs for SMEs' Buildings and Resource Allocation for Studies

3. Industry and Technology Sector

- Expansion of Cogeneration Systems in Large Industrial Facilities Using Heat
- Providing Support to Increase Energy Efficiency Projects and Diversity in the Industry
- Increasing Efficiency in the Industry Sector
- Application of Energy Efficiency Performance Standards and Environmentally Responsible Design, Production, Labeling System in Devices
- Supporting Productivity Increasing Projects in the Industry Sector
- Mapping Energy Saving Potential in Industry
- Improving Voluntary Agreements

4. Energy sector

- Determining the Potential of Cogeneration and District Heating-Cooling Systems and Preparation of a Roadmap
- Implementation of Efficiency Standards for Natural Gas Infrastructure
- Providing Comparable and More Detailed Billing Information to the Consumer, Creating an Energy Data Platform for Smart Management of Metering Information
- Harmonization of the Regulatory Framework for Reading Electricity Meters with the Main Principles Determined by the European Union Acquis (Increasing the Number of Smart Meters)
- Application of Minimum Performance Standards in Transformers
- Managing Peak Load from Heating and Cooling
- Increasing Energy Efficiency in General Lighting
- Improving Efficiency Increase in Electricity Transmission and Distribution Activities

- Increasing Efficiency in Existing Power Generation Plants
- Establishment of Market Infrastructure for Demand Side Response Application

5. Transportation Sector

- Encouragement of Energy Efficient Vehicles
- Development of Comparative Studies on Alternative Fuels and New Technologies
- Developing and Improving Cycling and Pedestrian Transportation
- Reducing Congestion in Cities: Reducing Automobile Use
- Dissemination of Public Transport
- Development and Implementation of Institutional Restructuring for Urban Transport
- Strengthening Sea Freight
- Strengthening Rail Transport
- Data Collection for Transportation

6. Agriculture Sector

- Encouraging the Renewal of Tractors and Combine Harvesters with Energy Efficient Ones
- Transition to Energy Efficient Irrigation Methods
- Supporting Energy Efficiency Projects in the Agriculture Sector
- Encouraging the Use of Renewable Energy Resources in Agricultural Production
- Identifying the Potential of Agricultural By-Products and Waste to Obtain Biomass and Promoting Its Use
- Supporting Energy Efficiency in the Fisheries Sector

Within the scope of the National Energy Efficiency Action Plan to be implemented between 2017-2023, it is aimed to reduce Türkiye's primary energy consumption by 14 percent in 2023 with 55 actions defined in 6 categories, including buildings and services, energy, transportation, industry and technology, agriculture and horizontal issues. It is envisaged to save 23.9 MTEP cumulatively by 2023 and to invest USD 10.9 billion for this saving. With 2017 prices, the cumulative savings to be achieved until 2033 is 30.2 billion USD, and it is predicted that the effect of some savings will continue until 2040 ²⁴.

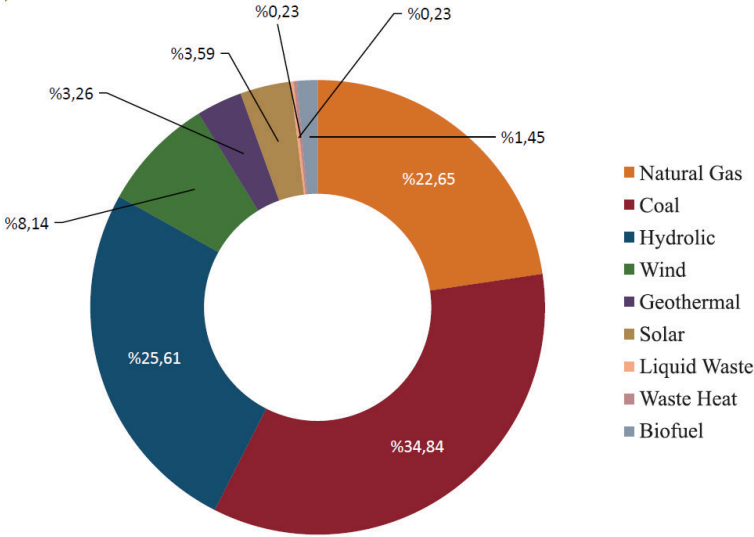
2. RENEWABLE ENERGY SOURCES

When the distribution of total electricity energy production resources in Türkiye for 2020 are examined, it is seen that coal ranks first with 34.84 percent, of which 20.49 percent is met by imported coal. According to Figure 4, the share of energy ob-

24 MENR, 2018, National Energy Efficiency Action Plan (2017-2023)

tained from fossil fuels, together with natural gas, is calculated as 57.49 percent. The point worthy of attention here is that the share of hydro-electric power plants, which are renewable energy sources, has reached 25.61 percent.

Figure 4 . Distribution of Electricity Energy Production Resources in Türkiye for 2020



Source: EGC, 2020, Electricity Generation and Trade Sector Report, p.16

Table 2 shows the distribution of installed power electricity generation by resources for 2020.

Table 2 . Distribution of Installed Power in Türkiye by Resources for 2020

Resource	MWh
Hydraulic	78,095.897
Natural gas	68,710.315
Lignite+ Hard Coal	62,406,953
Imported Coal	41,637,308
Wind	24.812,088
Sun	10,941,368
Geothermal	9,942,531
Biomass	4,435,221
Liquid Fuels* + Asphaltite	2,928,105
Waste Heat	701.775
Total	304,611,543

Source: EGC, 2020 Annual Report, p.22; * Liquid Fuels (Fuel Oil + Diesel + Naphtha)

Although the share of coal use in the total is high for 2020, the share of hydraulic power plants in the total electricity energy production performance is in the first place with 25.64 percent, natural gas is in the second place with 22.56 percent, and coal ranks third with a share of 21.82 percent²⁵.

When we evaluate these results, it is seen that even in the lowest energy consumption scenario, 415,042 GWh is needed in the next 10 years, and the installed power can produce 304,611 GWh in its current state. It is clear that the renewable energy supply needs to be increased in order to meet the rapidly growing electricity demand. Hydraulic energy production has taken significant distances with the HEPP projects and has contributed significantly to the renewable energy supply for the emerging energy demand. Of course, it seems inevitable that this contribution should be supported by alternative renewable resources. At this point, among alternative renewable energy sources, wind energy draws attention with a share of 8.15 percent in the total installed power, while solar with a share of 3.59%, geothermal with 3.26 percent and biomass with a share of 1.80 percent²⁶. As can be seen, wind, solar, geothermal and biomass as renewable energy sources have not yet come a long way and stand before us as an important investment area.

25 EGC, 2020 Annual Report, p.22

26 EGC, 2020, *ibid*, p.22

2.1.WIND POWER

Wind is expressed by two parameters, speed and direction. Wind speed increases with height, and its theoretical strength varies in proportion to the cube of its speed. Although wind energy-based electricity generation applications have disadvantages such as high initial investment cost, low capacity factors and variable energy generation, some advantages can be listed as follows;

- It is a renewable and clean energy source, which is environmentally friendly.
- There is no risk of exhaustion and increase in price over time.
- Its cost has reached a level that can compete with today's power plants.
- Maintenance and operating costs are low.
- Its technology is relatively simple to install and operate.
- Commissioning can take place in a short time.

In Türkiye, it has been accepted that 5 MW wind power plants per square kilometer can be established in areas 50 meters above ground level and with wind speeds above 7.5 m/s. In the light of these assumptions, the Wind Energy Potential Atlas (WEPA) has been prepared, in which wind resource information produced using a medium-scale numerical weather forecast model and a micro-scale wind flow model is given. Türkiye's wind energy potential has been determined as 48,000 MW and details are presented in Table 3 ²⁷.

Table 3 . Potential Wind Energy Capacity in Türkiye-50 M

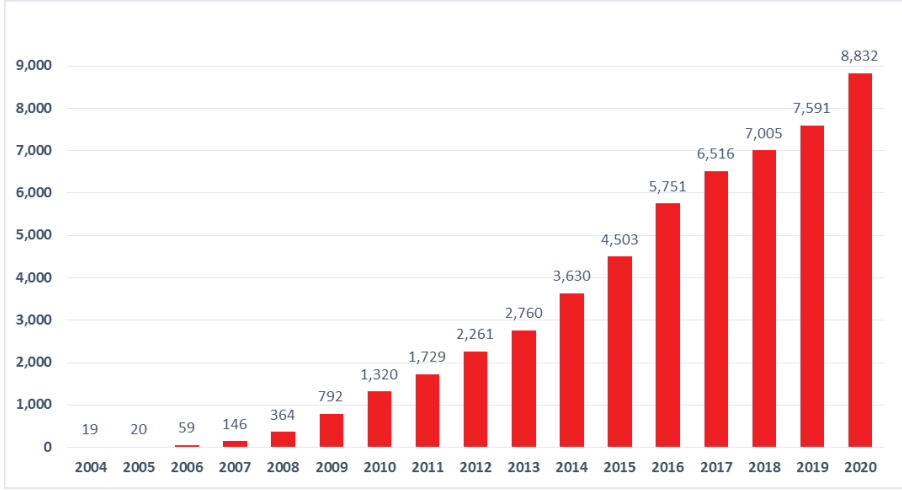
Wind Class	Annual Power Density (W/m ²)	Annual average Wind speed (m/s)	Total Capacity (MW)
4	400-500	7.0 - 7.5	29 259.36
5	500-600	7.5 – 8.0	12 994, 32
6	600-800	8.0 – 9.0	5 399, 92
7	>800	>9.0	195.84
Total Capacity			47 849, 44 Terrestrial: 37 836 Above Sea: 10 013

Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenen-enerji-kaynaklar-ruzgar>

As of the end of 2020, Türkiye's installed power based on wind energy is 8,832 MW, and its share in total electricity generation is 8,09 percent. Figure 5 shows the change in installed power over the years and its share in total electricity generation.

27 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenen-enerji-kaynaklar-ruzgar>

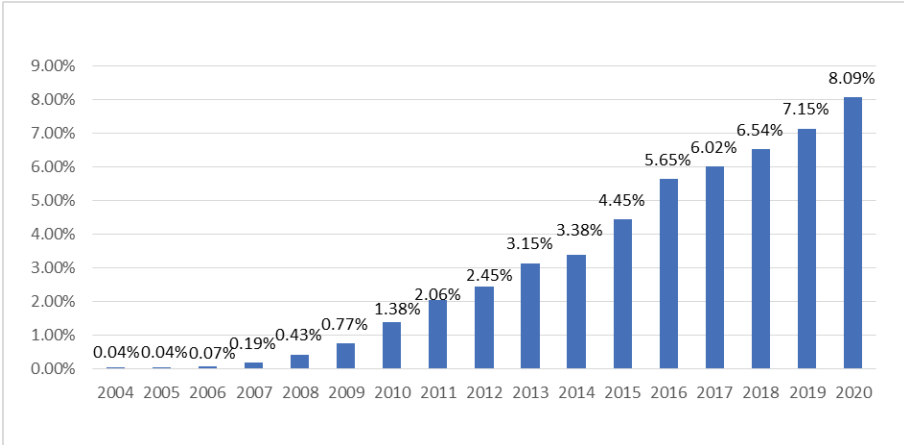
Figure 5 . Türkiye's Installed Electricity Based on Wind Energy by Years



Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilene-enerji-kaynaklar-ruzgar>

Electricity production based on wind energy in Türkiye has increased rapidly since 2010 and has increased approximately 6.7 times by 2020. In addition, the share of wind energy-based electricity generation in total electricity production has increased by 5.8 times as of the same period. As seen in Figure 6, while the share of wind-based electricity generation in the total was 1.38 percent in 2010, this share reached 8.09 percent in 2020.

Figure 6 . Share of Türkiye's Wind Energy Based Electricity Production within the Total Electricity Production by Years



Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilene-enerji-kaynaklar-ruzgar>

As a result, considering that the electricity production with wind energy is approximately 48.000 MW and the installed power is 8.332 MW, it is seen that there are significant investment and production opportunities in this field. In this framework,

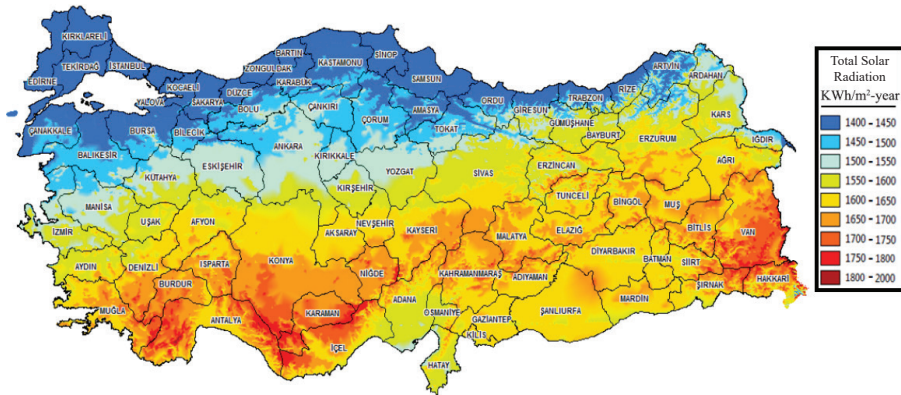
the 2023 target of the Ministry of Energy and Natural Resources is to reach the installed power level of 11,883 MW²⁸.

2.2. SOLAR ENERGY

It is claimed that the amount of energy reaching the earth's surface from sunlight in one minute is more than the energy used worldwide in a year. Therefore, the sun is seen as an important alternative as a renewable energy source. Although there is more than one method for generating electricity from solar energy, the general trend is photovoltaic systems in which the light from the sun is directly converted into electricity. At the same time, the importance of solar energy is increasing because it is a clean energy source and works at a low cost after installation.

Türkiye has high solar energy potential due to its geographical location. According to the Türkiye Solar Energy Potential Atlas (SEPA), the average annual total sunshine duration is 2,741.07 hours and the average annual total radiation value is calculated as 1.527.46²⁹kWh /m².

Figure 7 . Türkiye's Solar Energy Potential



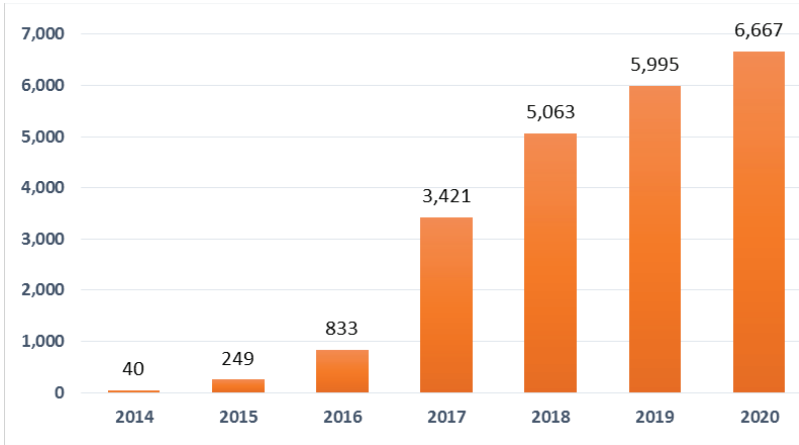
Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenen-enerji-kaynaklar-gunes>

As of the end of 2020, Türkiye's solar-based electricity installed power was 6.667 MW, and its share in total electricity generation was 3.6 percent. Figure 8 shows the change in Türkiye's installed solar power over the years.

28 MENR, 2019-2023 Strategic Plan, https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Plani.pdf, p. 76.

29 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenen-enerji-kaynaklar-gunes>

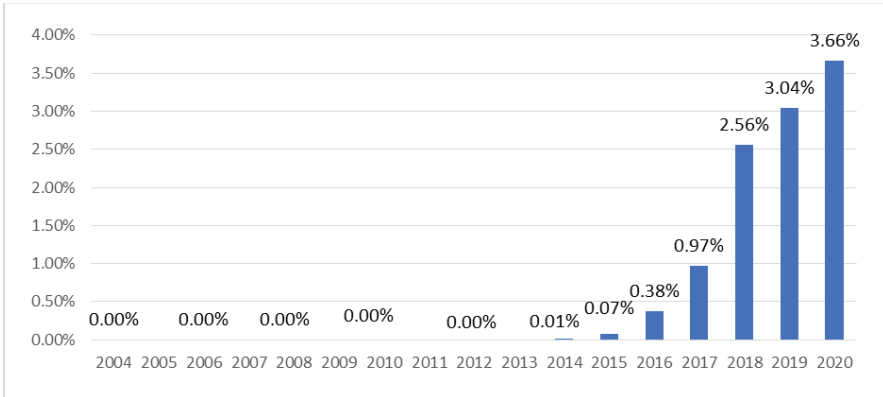
Figure 8 . Türkiye's Solar Energy Installed Capacity by Years



Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenen-enerji-kaynaklar-gunes>

The biggest change in solar energy installed power in Türkiye took place in 2017. The increase has continued since this date, while a 2-fold growth has occurred in the 2017-2020 period. In this period, the share of solar energy in the total energy supply has increased approximately 3.5 times. Looking at Figure 9, indicates that the share of solar energy in total energy supply was 0.97 percent in 2017, it reached 3.66 percent in 2020.

Figure 9 . Share of Solar Energy Installed Capacity within Total Installed Capacity in Türkiye by Years



Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenen-enerji-kaynaklar-gunes>

In addition to this acceleration , according to the 2023 target of the Ministry of Energy and Natural Resources , it is aimed that the installed solar energy capacity will reach 10 000 MW ³⁰.

30 MENR, 2019-2023 Strategic Plan, https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Plani.pdf , p. 76.

2.3.GEOTHERMAL ENERGY

Geothermal energy is the heat energy carried to the surface by hot water, steam and gases, which are above the regional atmospheric average temperature and may contain more dissolved minerals, various salts and gases than the surrounding underground and surface waters. These hot temperatures that generate geothermal energy are formed by the heat and pressure accumulated in various depths of the earth's crust. Geothermal energy is used for electricity generation, heat generation and thermal tourism.

As Türkiye is located on an active tectonic belt due to its geological and geographical location, it is in a geothermal rich location and has geothermal resources at different temperatures in the form of approximately 1,000 natural outlets spread all over the country. Türkiye is the 1st country in Europe in terms of geothermal potential and the 4th country in the world in terms of installed power.

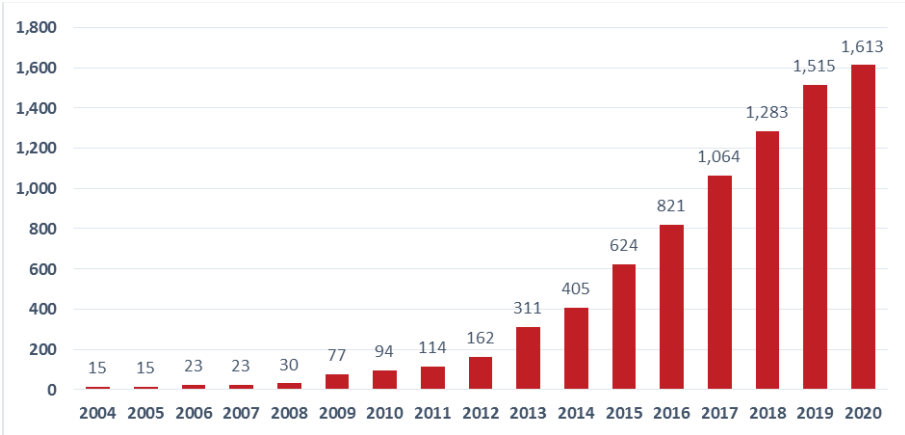
78 percent of Türkiye's geothermal potential areas are located in Western Anatolia, 9 percent in Central Anatolia, 7 percent in the Marmara Region, 5 percent in Eastern Anatolia and 1 percent in other regions. 90 percent of geothermal resources are at low and medium temperatures and are suitable for direct applications (heating, thermal tourism, various industrial applications, etc.), and 10 percent for indirect applications (electric power generation).

In recent years, drilling in geothermal energy exploration has been increased from 2,000 m to 28,000 m. The usable heat capacity was 3,100 MWt as of the end of 2004. Due to the focus on the development of existing resources and the search for new resource areas, and the preparation of "Geothermal Resources and Natural Mineral Waters Law" in 2008 and the private sector's geothermal exploration, development and investment activities the total geothermal heat capacity (apparent heat amount) has reached 35,500 MWt. Türkiye 's probable geothermal heat potential is estimated as 2 000 MWe for 31 500 MWt electricity generation ³¹.

As of the end of 2020, geothermal energy electricity generation in Türkiye has reached 1.613 MW, and its share in total electricity generation has reached 3,25 percent. In this context, the change in installed power over the years and its share in total electricity generation are given in Figures 10 and 11, respectively.

31 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenen-enerji-kaynaklar-jeothermal>

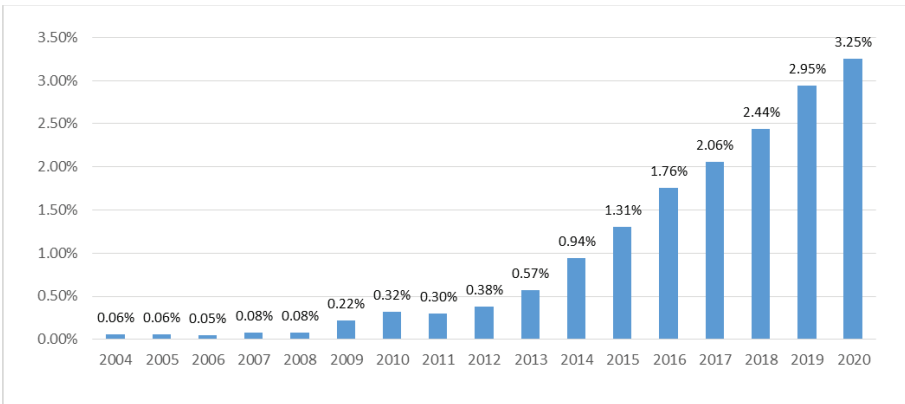
Figure 10 . Installed Capacity of Geothermal Power Plants in Türkiye by Years



Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>

Electricity production with geothermal energy has continued to increase steadily since 2013. Electricity production, which was 311 MW in 2013, increased to 1.613 MW in 2020. In Figure 11, it is seen that the share of geothermal energy in total electricity production has increased approximately 6 times in the 2013-2020 period.

Figure 11 . Share of Geothermal Electricity Production within the Total Electricity Production by Years in Türkiye



Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>

2.4. BIOMASS ENERGY

Biomass is defined as the total mass of living organisms belonging to a species or a community of various species at a given time, and is also considered an organic carbon. According to the Law No. 5346, biomass is defined as; provided that it is not

imported; In addition to urban wastes, resources obtained from agricultural and forest products, including vegetable oil wastes, agricultural harvest wastes, and by-products resulting from the processing of these products and waste tires, and industrial waste sludge and treatment sludge.

Biomass sources are respectively;

1. Herbal

- Oilseed plants (canola , sunflower, soybean, safflower etc.)
- Sugar and starch crops (potato, wheat, corn, sugar beet etc.)
- Fiber crops (flax, kenaf, hemp, sorghum, miscanthus, etc.)
- Protein crops (peas, beans, etc.)
- Vegetable and agricultural residues (branches, stems, straw, roots, bark, etc.)

2. Forest and Forest Products

- Wood and forest wastes (energy forests and energy crops, various trees)

3. Animal

- Feces of animals such as cattle, horses, sheep, chickens, slaughterhouse wastes and wastes generated during the processing of animal products.

4. Organic garbage, City and Industrial

- Sewage and bottom sludge, paper, industry and food industry waste, industrial and domestic wastewater, municipal and large industrial plant wastes³²

According to the Biomass Energy Potential Atlas (BEPA) data, the total economic energy equivalent of waste in Türkiye is around 3.9 MTEP/year. Table 4 presents the details of this potential.

32 <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenen-enerji-kaynaklar-biokutle>

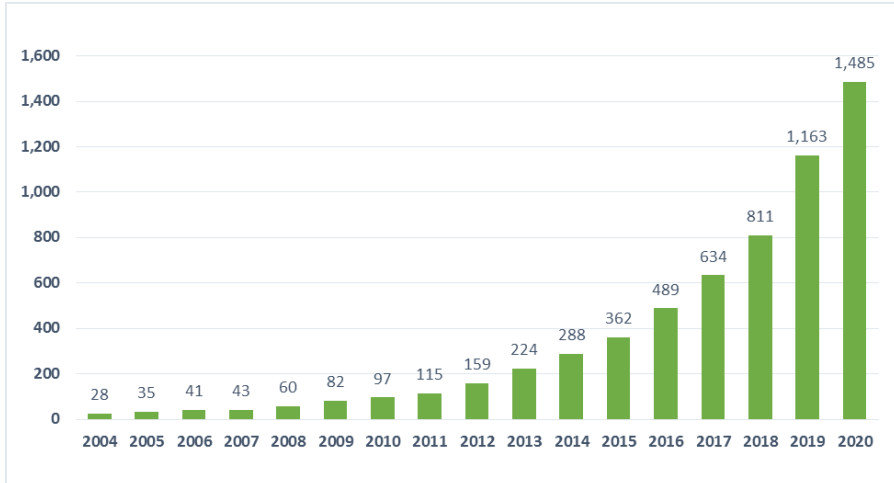
Table 4 . Biomass Energy Potential in Türkiye

Biomass Resources	Amount
Total Number of Animals	422,832,374 Quantity
Animal Waste Amount	193,878.079 tons/year
Energy Value of Animal Waste (Theoretical)	4.385.371 TOE/year
Energy Value of Animal Waste (Economic)	1,084,506 TOE/year
Vegetable Production Amount	171,399.002 tons/year
Vegetable Waste Amount	62.206.754 tons/year
Energy Equivalent of Vegetable Wastes (Theoretical)	25,384,268 TOE/year
Energy Equivalent of Vegetable Wastes (Economic)	1.462.159 TOE/year
Municipal Solid Waste Amount	32,170,975 tons/year
Energy Values of Municipal Waste (Theoretical)	3.373.011 TOE/year
Energy Values of Municipal Waste (Economic)	485,858 TOE/year
Energy Value of Forest Wastes (Economic)	859,899 TOE/year
Total Economic Energy Equivalent of Wastes:	3.892.422 TOE/year

Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilene-enerji-kaynaklar-biokutle>

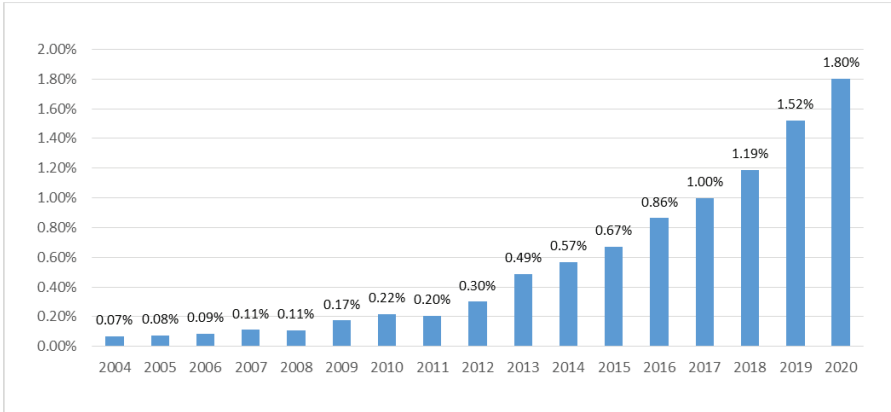
The installed power based on biomass energy, which is also widely used in electricity generation in Türkiye, is 1.485 MW (369 MW of which is waste heat) by the end of 2020, and its share in total electricity production is 1.80 percent. Figure 12 shows the change in installed power by years and Figure 13 shows its share in total electricity generation.

Figure 12 . Biomass Electricity Production Installed Capacity by Years in Türkiye



Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilene-enerji-kaynaklar-biokutle>

Figure 13 . Share of Electricity Production from Biomass within Total Electricity Production by Years in Türkiye



Source: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilene-enerji-kaynaklar-biokutle>

It is observed that the biomass installed power has increased steadily in the 2012-2020 period. While the share of biomass-based electricity generation in total electricity production was 0,3 percent in 2012, it increased to 1,80 percent in 2020.

3. BIOMASS ENERGY AND SUSTAINABILITY

Türkiye joined the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) as the 189th Party on May 24, 2004 within the scope of the laws numbered 25266 and 4990 published in the Official Gazette in 2003. The Convention aims to reduce greenhouse gas emissions, increase collaboration on research and technology, and protect greenhouse gas sinks (such as forests, oceans). Within the scope of the Convention, developed countries and other Parties included in Annex-I shall make greenhouse gas emission reductions; developed countries and other Parties included in Annex II are also obliged to provide financial support to other countries. At the time the Convention entered into force, Türkiye was included in both annexes, and with the Decision No. 26/CP.7 taken at the 7th Conference of the Parties held in 2001, Türkiye's name was removed from the UNFCCC ANNEX-II list, but its special conditions were accepted and it remained on ANNEX- I list.

The Kyoto Protocol was adopted in 1997 and entered into force in 2005. In the protocol, quantified emission reduction targets are specified for Annex I parties. Türkiye became a party to the Kyoto Protocol on August 26, 2009 by submitting the accession instrument to the United Nations, after the adoption of the Law No. 5386 by the Turkish Grand National Assembly on February 5, 2009 and the Council of Ministers Decision dated May 13, 2009 and numbered 2009/14979. Although Türkiye, which was not a party to the UNFCCC when the Kyoto Protocol was adopted, was an Annex-1 country, there was no quantified emission reduction commitment within the scope of the Protocol.

The Paris Agreement is essentially based on the United Nations Framework Convention on Climate Change and aims to regulate the post-2020 climate change regime, which is the expiration date of the Kyoto Protocol.

The Paris Agreement, which constitutes the framework for the post-2020 climate change regime, was adopted at the UNFCCC 21st Conference of the Parties held in Paris in 2015. At COP 21, for the first time after 2020, all countries on a global scale made a commitment to reduce their greenhouse gas emissions. The agreement entered into force on 4 November 2016, as a result of meeting the requirement that at least 55 parties ratify the agreement, which as of 5 October 2016 accounts for 55 percent of global greenhouse gas emissions.

Türkiye signed the Paris Agreement with the representatives of 175 countries at the High Level Signing Ceremony held in New York on April 22, 2016, and it was emphasized that it signed the Agreement mentioned in our National Declaration as a developing country.

The ratification of the “Law on the Approval of the Paris Agreement No. 7335” and the “Paris Agreement”, which was accepted at the 21st Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change and signed on 22 April 2016 on behalf of the Republic of Türkiye, were deemed appropriate to be ratified. The Paris Agreement, that was deemed to be appropriate for ratification on 06.10.2021 and numbered 7335, was approved in accordance with the “Presidential Decree No. 9” and published in the Official Gazette³³. While the harmonization process with international agreements continues, it is possible to say that Türkiye is faced with new developments within the scope of the European Union target. The environmental policy of the European Union aims to eliminate, reduce and prevent pollution, to ensure sustainable development by ensuring that natural resources are used in a way that does not harm the ecological balance, to prevent environmental damage at its source and to ensure the integration of environmental protection with other sectoral policies (energy, transportation, etc.).

The basic principles of the European Union’s environmental policy are “polluter pays”, “being integrative”, “high level of protection”, “prevention at source”, “being preventive” and “precaution”.

Environmental Action Programs, which have been prepared since 1973, have been very influential in the development of the European Union’s environmental policy.

On 14 October 2020, the European Commission submitted a proposal to prepare the 8th Environment Action Programme. 8. The objectives of the Environmental Action Program are listed below;

33 <https://iklim.esb.gov.tr/bmidcs-ve-turkiye-i-4376> , Accessed Date, 11.04.2022.

- Meeting the 2030 greenhouse gas emission reduction target and realizing the transition to climate-neutral order by 2050,
- Reducing vulnerability by increasing adaptation capacity and resilience to climate change,
- Enabling the transition to a regenerative growth model, decoupling economic growth from resource use and environmental degradation, accelerating the transition to a circular economy.
- Protecting the health and well-being of citizens by achieving the goal of zero pollution to air, water and soil.
- Strengthening natural capital, protecting, preserving and strengthening biological diversity,
- Reducing the pressure of production and consumption activities on the environment and climate (especially in the energy, industry, infrastructure and construction, transportation and food sectors)

With the Lisbon Treaty, which entered into force on 1 December 2009, the environment was accepted as one of the shared jurisdictions between the EU and its member states. Under the Lisbon Treaty, the Union’s environmental policy contributes to the pursuit of the following objectives:

- Maintaining, protecting and improving environmental quality,
- Protection of human health,
- The prudent and rational use of natural resources
- Promoting measures at the international level to address regional or global environmental problems, and in particular combating climate change.

The European Green Deal (EGD), which was announced by the President of the European Commission on 11 December 2019, is the **new growth strategy** that aims to make Europe the world’s first climate-neutral continent where greenhouse gas emissions will be net zero by 2050 . The EGD, which envisages bringing the EU to a resource-efficient, competitive and modern economic structure, is a radical transformation plan that covers many areas from production to trade, from energy to transportation, from agriculture to taxation. According to the EGD, it is envisaged that all sectors of the EU economy will be restructured in a way that will contribute to the EU’s goal of being climate-neutral by 2050. In order to achieve the EGD’s goals, it is planned to realize a sustainable investment of approximately 1 trillion Euros in the next 10 years.

European Climate Law was adopted on 30 June 2021 in order to transform a political pledge regarding the transition of Europe to the climate-neutral order into a legally binding obligation. Within the scope of the law, the target of 40 percent reduction in greenhouse gas emissions by the EU for 2030 compared to 1990 was updated as “at least 55 percent reduction compared to 1990” and became binding. This updated target was submitted to the United Nations Framework Convention on

Climate Change (UNFCCC) in December 2020 as the EU's new contribution to the Paris Agreement.

The radical transformation process envisaged by the EGD is followed closely within the scope of Türkiye's EU accession process and its commercial and economic relations with the Union, and the necessary preparatory work is carried out in coordination with the relevant institutions. In this context, the Presidential Circular on the EGD Action Plan was published in the Official Gazette dated 16.07.2021 and numbered 31543. 9 main topics of EGD Action Plan ("Border Carbon Regulation", "Green and Circular Economy", "Green Financing", "Clean, Economic and Secure Energy Supply", "Sustainable Agriculture", "Sustainable Transportation", "Combating Climate Change", "Diplomacy", "Information and Awareness Activities"), were shared with the public on the same date. The EGD Action Plan, which includes a total of 32 targets and 81 actions, provides a detailed roadmap for Türkiye's harmonization efforts in the field of green transformation. Türkiye's becoming a party to the Paris Agreement as of 2021 and announcing its net zero emission target for 2053 will also accelerate the implementation process of the EGD Action Plan³⁴.

Parallel to all of these issues, in Türkiye "Law on Use of Renewable Energy Resources for Electricity Production" numbered 5346 entered into force in 2005. With this law, following are planned; increasing the use of renewable energy resources for electrical energy generation purposes, bringing these resources into the economy in a reliable, economical and high quality manner, increasing the diversity of resources, reducing greenhouse gas emissions, making use of the waste, protecting the environment, and improving the manufacturing sector needed for the realization of these purposes.

In the said law, Biomass is defined as solid, liquid and gaseous fuels obtained from agricultural and forest products, including organic wastes, vegetable oil wastes, agricultural harvest residues, and by-products of the processing of these products. It is regulated that R&D facility investments for electricity production or fuel production using biomass resources can benefit from incentives with the decision of the Council of Ministers³⁵. In the Decree Law No. 28/2011, biomass is defined as the "biodegradable portion of products, wastes and residues of biological origin from related industries, including agriculture (including plant and animal matter), forestry and fisheries, and aquaculture, mowing and pruning from public and private green spaces³⁶."

Biomass, which is an important renewable energy source when evaluated in terms of sustainability, is generally accepted as carbon neutral in production and use compared to fossil-based fuels. It is seen as a remarkable feature that bioenergy production has 80-85% lower emission rates compared to fossil fuels. Of course, the

34 https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html , Accessed Date, 11.04.2022.

35 <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518-1.htm> , Access Date, 11.04.2022.

36 Bereket-Baş, Z., (2022), Analysis of the Legal Status of Biomass in Renewable Energy and Agriculture, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

realization of these emission rates depends on sustainable biomass resources and the efficiency levels of these resources in the management and processing stages. Additionally, land use for bioenergy production has significant potential to increase production and productivity by converting unused and abandoned lands to production facilities. In addition, the use of harvest residues as raw materials for bioenergy production not only increases resource efficiency, but also reduces greenhouse gas emissions without having a negative impact on land use. On the other hand, the lands used for bioenergy production can cause a decrease or increase in biodiversity, and therefore it is of great importance to take the necessary precautions in bioenergy production.

The use of agricultural products or primary residues for bioenergy production brings the risks of reduced soil quality and depletion of nutrients. On the other hand, the positive effect of waste treatment on soil quality is their use as fertilizer. The use of suitable biomass feedstocks with sustainable practices can contribute to the rehabilitation of degraded lands, resulting in improved soil quality. It can be said that the risks and potential benefits of bioenergy production related to environmental impacts differ according to factors such as raw materials, management system, technology used, and operation region.

In addition, uncontrolled burning of biomass raw materials can cause carbon emissions, causing air pollution and some health problems. However, air quality requirements can be met with the use of modern systems and controlled methods. With the land-based use of biomass resources, there is a risk of depletion or pollution of water resources in and around the production area. On the other hand, the use of wastewater for bioenergy production and the use of algae for biofuels also have many benefits, such as cleaning polluted or nutrient-rich water streams. Appropriate biomass raw materials used with sustainable practices can contribute to the rehabilitation of degraded lands, resulting in the protection of watersheds. Bioenergy production and use has an impact on many issues such as soil and water quality, land tenure and safe working conditions. For this reason, it should be done with controlled methods, taking into account the consequences of bioenergy production and use ³⁷.

As it is known, renewable energy sources have a great potential to replace greenhouse gas emissions from the combustion of fossil fuels and thus reduce climate change. Appropriate application of renewable energy sources can contribute to social and economic development, energy access and reducing the environmental impact of energy generation. Investments in renewable energy have development implications such as improved energy access, better health through reduced emissions and job creation. In addition, forest and land use support climate action and provide sustainable livelihoods for communities, while protecting important natural resources and

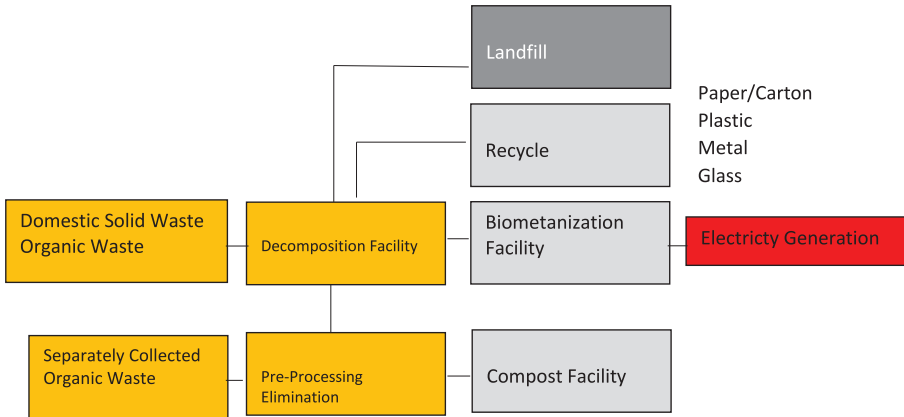
37 PwC, (2021), Biomass and Bioenergy Sectors Overview, www.pwc.com.tr , Accessed Date, 11.04.2022, p.8-9.

the environment ³⁸. Considering all of these, it is beneficial to evaluate the use of biomass resources and energy production in terms of environmental, social and economic factors, which are sustainability factors.

3.1.ENVIRONMENTAL DIMENSION

Biomass use, if properly managed and regulated, can reduce atmospheric CO₂ levels and, when used for energy purposes, has a positive effect on emissions CO₂ over its life cycle. When bioenergy is used with carbon capture and storage, the carbon is not returned to the atmosphere, leading to a net reduction of CO₂. Similarly, when biomass is used in bio-based materials, it increases the biogenic carbon stored in the materials over the lifetime of the products and in some cases can have a positive effect on CO₂ sequestration for the environment. In the circular carbon economy, bioenergy is only a part of its system. Bioenergy strengthens the entire biomass system by generating revenue streams instead of incineration, waste or disposal of residues and wastes produced throughout the supply chain. It also helps prevent environmental problems such as methane emissions ³⁹.

Figure 14 . Integrated Solid Waste Management Chart



Source: PwC, (2021), supra, p.59

Biomass is converted into solid, liquid and gaseous fuels using various conversion technologies. In addition to the use of animal waste, agricultural waste, forestry waste, urban and industrial waste in biomass facilities in Türkiye, energy is also produced by the use of energy plants. The integrated solid waste management scheme defines the transformation relationships of these wastes to recycling and electricity generation. As seen in Figure 14, the organic wastes collected separately go directly

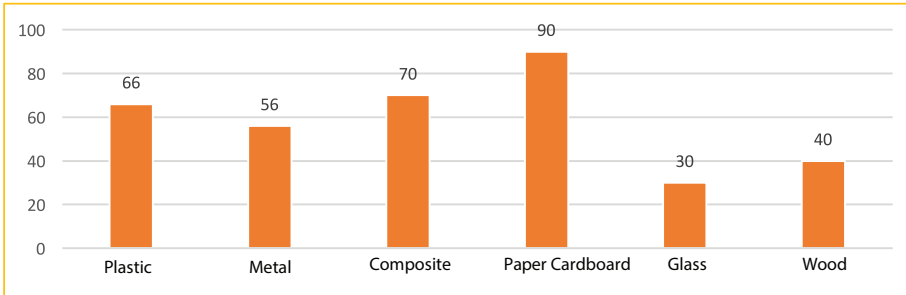
38 PwC, (2021), ibid, p. 12.

39 PwC, (2021), ibid, p. 15

to the compost facilities, while the organic wastes included in the domestic wastes are processed in the separation facility and directed to the compost facility. While the separation facility supports electricity generation by providing raw materials for biomethanization, it also supports recycling of paper/cardboard, plastic, metal and glass.

As seen in Figure 15, the lowest efficiency in the recycling rates of packaging wastes occurs in glass and wood wastes, and the highest recovery rate in paper and cardboard packaging. The average recycling rate in Türkiye is calculated as 62 per cent.

Figure 15 . Recycling Rates of Packaging Waste in 2020 (%)

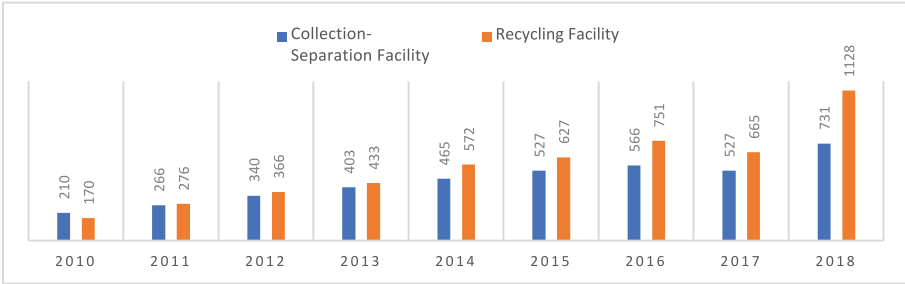


Source: Packaging Bulletin, (2020),Packaging and Packaging Waste Statistics, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/ambalajbulten-2020-20220226105845.pdf> , Access Date, 13.04.2022

According to the directive, packaging waste collection, sorting and recycling facilities are required to obtain a license. In Figure 16, it is seen that the total number of collection and separation facilities reached 731 and the number of recycling facilities reached 1,128 as of 2018.⁴⁰

40 PwC , (2021), *ibid.* , p. 65

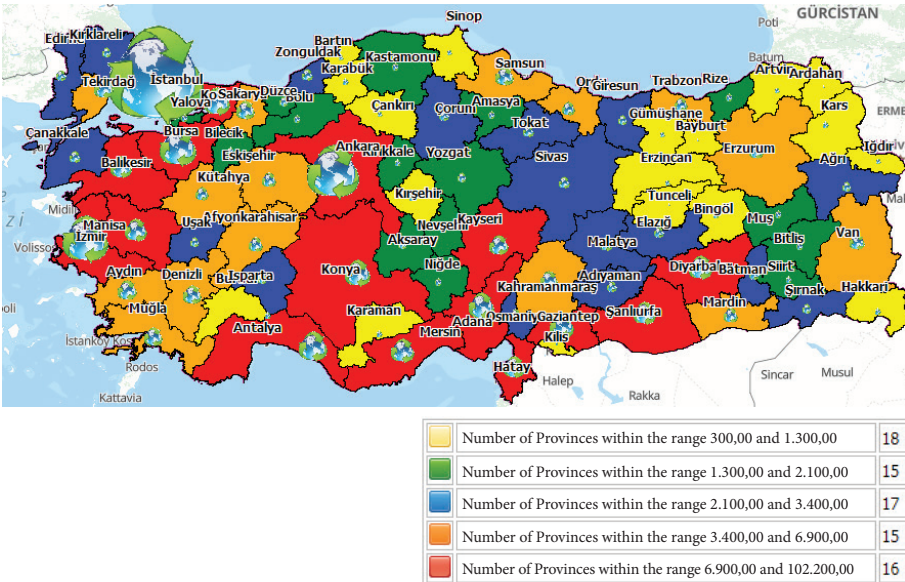
Figure 16 . Distribution of Collection-Separation and Recycling Facilities by Years (Quantity)



Source: PwC, (2021), supra, p. 65

According to Figure 17, it is seen that municipal wastes suitable for biomethanization are concentrated in 16 provinces marked with red on the map, especially in provinces with high population density. In Türkiye, 45 percent of total municipal waste is considered as waste suitable for biomethanization. While the theoretical energy equivalent of municipal wastes suitable for biomethanization is 466,881 TEP/year, the economic energy equivalent of these wastes is calculated as 93,396 TEP/year⁴¹

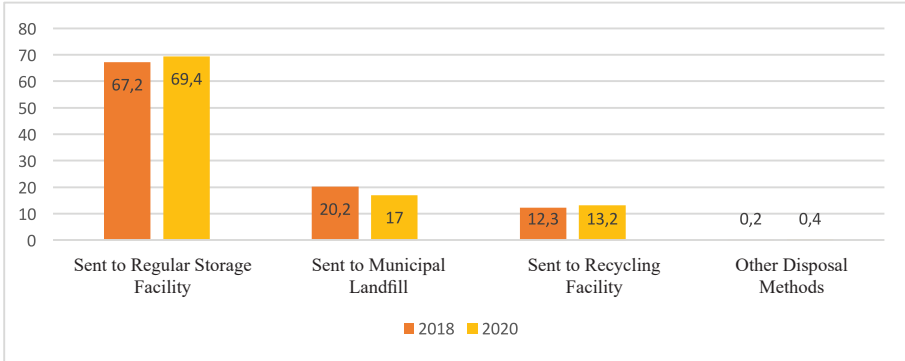
Figure 17 . Distribution of Municipal Wastes Suitable for Biomethanization by Provinces



Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

41 <https://bepa.enerji.gov.tr/>, Access Date, 10.05.2022

Figure 18 . Distribution of Municipal Wastes by Disposal and Recovery Method (%)



Source: TURKSTAT, (2021), Bulletin of Waste Statistics for 2020, Accessed Date, 10.05.2022

As seen in Figure 18, 69.4 percent of the 32.3 million tons of waste collected in municipalities that provide waste services in 2020 was sent to landfills, 17 percent to municipal dumps and 13.2 percent to recycling facilities, 0.4 percent were disposed of by burning in the open, burial, dumping into a stream or land. The average daily amount of waste per person collected in municipalities is calculated as 1,13 kg ⁴².

Table 5 . Number of Waste Disposal and Recovery Facilities; 2018, 2020

	2018	2020
	Number of Facilities	Number of Facilities
Waste disposal facilities	166	184
Landfill facility	159	174
Combustion Plant	7	10
Waste recovery facilities	2.057	2,568
Compost Plant	8	9
Co-combustion plant	40	50
Other recovery facility	2009	2,509

Source: TURKSTAT, (2021), Bulletin of Waste Statistics for 2020, Accessed Date, 10.05.2022

As seen in Table 5, while the number of waste disposal facilities increased by 18 from 2018 to 2020, the number of waste recycling facilities increased by 511. In 2020, 78.3 million tons of 127.4 million tons of waste processed in waste disposal and recycling facilities were⁴³ disposed of and 49,1 million tons were recovered. The total amount of processed waste increased by 22 percent compared to 2018. The total

⁴² TURKSTAT, (2021), Waste Statistics Bulletin for 2020, Access Date, 10.05.2

⁴³ As it is aimed to obtain the final waste disposal and recovery data within the scope of the Waste Disposal and Recovery Facilities Survey; Pre-treatment facilities such as waste collection, sorting, and intermediate storage are excluded. Imported wastes are also processed in the facilities.

capacity of the landfill facilities is calculated as 1.2 billion m³ and 77.8 million tons of waste, 31.9 million tons of which is hazardous, is disposed of in a total of 174 landfills. While energy is recovered by burning 1.3 million tons of waste in co-incineration facilities with a waste recovery license, a total of 47.6 million tons of metal, plastic, paper, mineral waste is recovered in other waste recovery facilities that have a license, excluding compost and co-incineration facilities etc.⁴⁴.

Manufacturing industry workplaces, mining enterprises, thermal power plants, organized industrial zones (OIZ), health institutions and households generated a total of 104.8 million tons of waste in 2020, 30.9 million tons of which was hazardous. A total of 23.9 million tons of waste, 4.6 million tons of which is hazardous, was generated in manufacturing industry workplaces. 56.3 percent of the total waste was sold or sent to licensed waste treatment facilities. 24.2 percent of it was sent to landfills and 7.1 percent was stored at the workplace. 7 percent was recovered on site, 3.2 percent was collected by the municipality or OIZ administrations, 1.7 percent was sent to co-incineration or incineration facilities, 0.4 percent was used as filling material or was returned to nature. 0.1 percent was disposed of by other methods.

Table 6 . Distribution of Total Waste Amount; 2018,2020

	Total Waste Amount		Hazardous Waste Amount		The amount of non-hazardous waste	
	2018	2020	2018	2020	2018	2020
Total (tonnes)	94,870,818	104,848,864	15,078,573	30,876.658	79,792,245	73,972,206
Manufacturing Industry Workplaces	22,881,144	23,867,866	3,677,320	4,597,274	19,203,824	19.270.593
Thermal Power Plants	26,127,134	24,375,356	13,805	10.012	26,113.329	24.365.343
Mining managements	17,387.029	27,581,875	11.176.581	26,044,730	6.210.448	1,537,144
OSB	286,843	279,067	111,733	116,720	175,110	162,347
Health Organizations	89,454	109,683	86,916	106,570	2,538	3.113
household	28,099,214	28,635,018	12,218	1,352	28,086,966	28,633,665

Source: TURKSTAT, (2021), Bulletin of Waste Statistics for 2020, Accessed Date, 10.05.2022

As can be seen in Table 6, 27.6 million tons of waste, excluding stripping material/waste, was generated in mining operations in 2020. 71.3 percent of the total waste was disposed of at waste sites, tailings dams or landfills, 26.4 percent was backfilled into the quarry, and 2.3 percent was recovered or disposed of by other methods.

A total of 24.4 million tons of waste, 10 thousand tons of which is dangerous, was generated in thermal power plants. Ashes and slag wastes accounted for 79.5 per-

44 TURKSTAT, (2021), Waste Statistics Bulletin for 2020, Access Date, 10.05.2022

cent of the total non-hazardous waste, while metal, paper, plastic wastes, wastewater treatment sludge and domestic and similar wastes accounted for 20.5 percent. While 85.9 percent of the total waste was disposed of in ash mountain, ash dam or landfill facilities, 13.2 percent was sent to licensed facilities and used for backfilling mines/quarries. 0.9 percent was disposed of by other methods.

As a result of administrative activities such as infrastructure services, wastewater treatment, of OIZ managements 279 thousand tons of waste, 117 thousand tons of which is dangerous, was generated. 6 thousand tons of the waste was recycled or temporarily stored within the OIZ, and 208 thousand tons were recovered outside the OIZ. 66 thousand tons were disposed of within or outside the OIZ. 59.4 percent of the disposed wastes were disposed of in landfills, and 40.6 percent in municipal/OSB landfills.

110 thousand tons of medical waste was collected from health institutions. 37.3 percent of the total medical waste was collected from health institutions located in three largest metropolitan cities: 23.7 percent in Istanbul, 7.8 percent in Ankara and 5.8 percent in Izmir. 90.6 percent of the collected medical waste was sterilized and sent to landfills, and 9.4 percent was disposed of by incineration ⁴⁵.

Table 7 . Major Provinces with the Highest Amount of Hazardous Waste in 2018

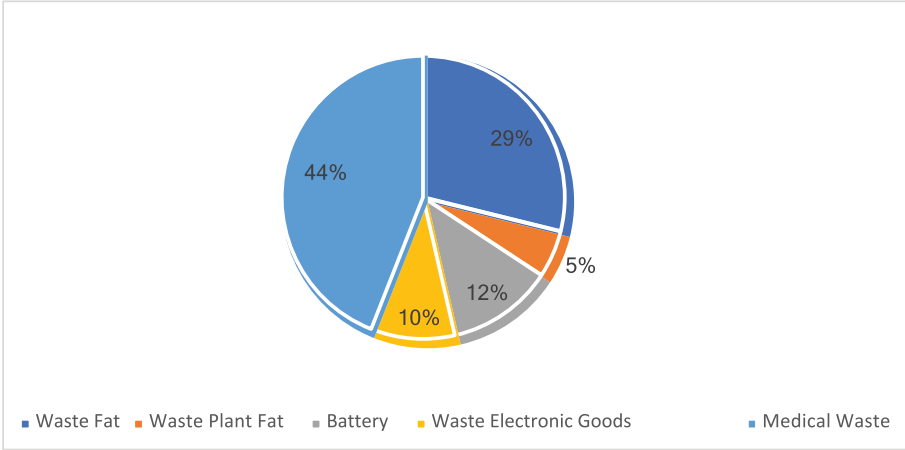
	Hazardous Waste Quantities (Ton)
Istanbul	185,892
Izmir	166,512
Bursa	114,738
Ankara	74,845
Manisa	57,775
Konya	38.119
Adana	30,013
Mersin	22,998
Samsun	22.213

Source: PwC, (2021), supra, p. 68

It is seen that the amount of hazardous waste is high in regions where industrial facilities are concentrated. As can be seen in Table 7, provinces with industrial centers, especially Istanbul, Izmir and Bursa, are at the top. Most of the materials considered as Special Wastes consist of recyclable materials and fall under the scope of hazardous waste.

45 TURKSTAT, (2021), Waste Statistics Bulletin for 2020, Access Date, 10.05.2022

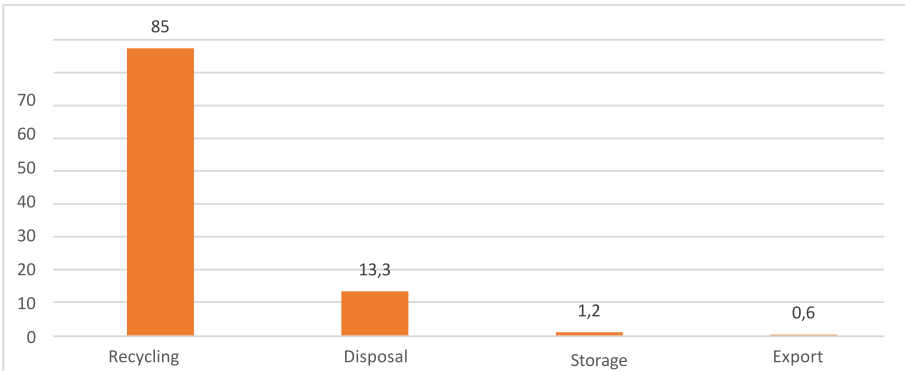
Figure 19 . Distribution of Special Hazardous Waste and Medical Wastes in 2018



Source: PwC, (2021), supra, p. 67

Figure 19 shows that medical wastes stand out with a share of 44 percent among special hazardous wastes in 2018, while waste oils take the second place with a share of 29 percent. Figure 20 shows the processing distribution of hazardous waste.

Figure 20 . Processing Distribution of Hazardous Wastes in 2018 (%)



Source: PwC, (2021), supra, p. 69

While 85 percent of the hazardous waste declared in 2018 was sent to waste processing facilities for recycling, 13.3 percent was sent to sterilization, landfill and incineration facilities for disposal. 1.2 percent of the hazardous waste is kept as stock at the facilities and 0.60 percent is exported.

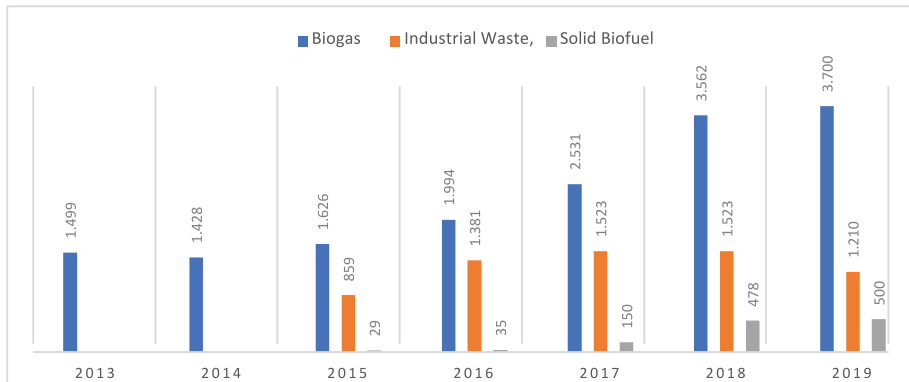
3.2.ECONOMIC DIMENSION

When biomass is used for energy, it is either used directly or first converted into a form suitable for transport and use (such as wood pellets and oil) and then reused for heat or electricity generation. Chemical energy stored in plants can be directly released as heat by combustion (converted to power/electricity via an engine or turbine) or marketed by being converted into various chemical intermediates and energy products.

Heat generation from biomass is the traditional energy use of biomass. Burning biomass for heat is known as the oldest way of converting solid biomass into energy. The use of gasifiers for direct heat application is also widely used. Large-scale heat applications are often combined with electricity generation in combined heat and power systems for more energy efficient use of the biomass resource.

Solid, liquid and gaseous biomass and waste fuels are currently used in the energy sector to generate heat and electricity. Raw materials and technologies are numerous; apart from well-established and low-cost options such as incineration of agricultural and forestry residues, there are recently developing and expensive options such as gasification or municipal solid waste generators with strict emission controls. Still, electricity generation from biomass is mostly facilitated through combined heat and power systems. Energy production from biomass is flexible, helping to balance production in electricity grids where the share of variable wind and solar power is high⁴⁶.

Figure 21 . Biomass Sourced Heat Production (TJ) by Years

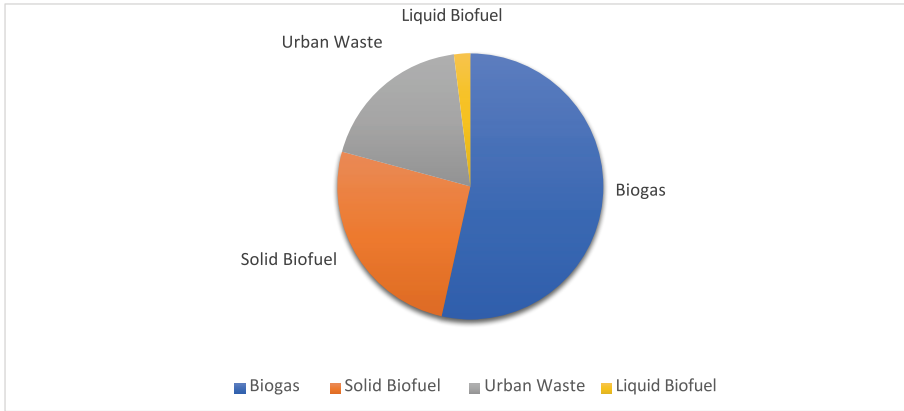


Source: PwC, (2021), supra, p. 61

As can be seen in Figure 21, heat production is carried out with the use of biogas to a large extent in Türkiye, and it is seen that industrial waste and solid biofuels are also used recently.

46 PwC, (2021), supra, p. 79

Figure 22 . Biomass Installed Power Distribution in Electricity Generation in 2019

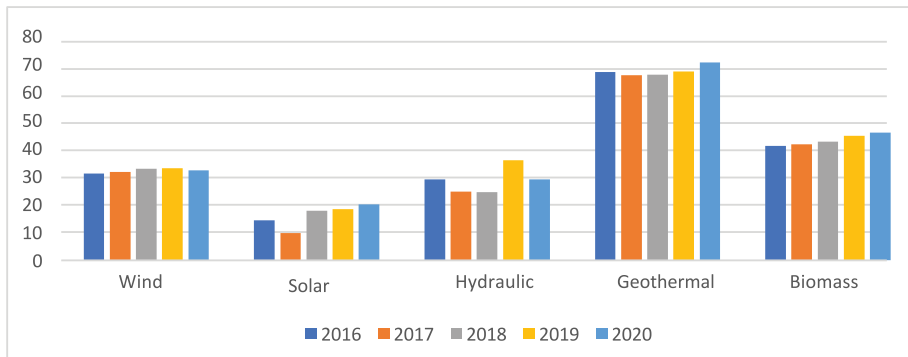


Source: PwC, (2021), supra, p. 60

In 2019, electricity generation from biomass in Türkiye was 1,163 MW, and its distribution by resources is shown in Figure 22. It is observed that biogas has a larger share than other biomass resources with a 53 percent share in electricity production.

During the 2016-2020 period in Türkiye, renewable energy power plants are used below their current potential with annual average working hours. Despite this, wind power plants operated with an average capacity of 31.92 percent in the period of 2016-2020, solar power plants with a capacity of 15.92 percent, hydraulic power plants with 28.36 percent, biomass power plants with 42.84 percent and geothermal power plants with a capacity of 67.32 percent. Average working hours of the power plants in the mentioned 5-year period are presented in Figure 23. Accordingly, when the working hours of renewable energy power plants are compared, geothermal power plants are in the first place, while biomass power plants are in the second place.

Figure 23 . Average Operating Rates of Renewable Power Plants Between 2016-2020 (%)



Source: TETC, (2021), Production Capacity Projection, 2021-2025, p.30

Although the said power plants worked below their capacity, as seen in Table 8, considering the EMRA's decision dated 18.06.2020, the annual working hours of biomass power plants are 7500 and the capacity is 85 percent.

Table 8 . Maximum Production Amount and Capacity of Power Plants in 2020

Source	Annual Working Hours	Capacity Factor (%)
Wind	4000	45
Sun	2000	22.8
Biomass	7500	85
Geothermal	8000	92

EMRA, (2020), Board Decision dated 18.06.2020 and numbered 9395

In addition to heat and electricity generation, biomass resources can be converted into liquid biofuels, mostly bioethanol and biodiesel, which are an alternative fuel for passenger cars and trucks with internal combustion engines in road transport. The supply-demand imbalance resulting from the decrease in fossil fuel energy sources and the increase in energy demand with each passing day emerges as one of the factors behind the increase in energy prices. The use of biofuels is encouraged in many countries, including Türkiye, in order to reduce the dependence on oil, which is more influential in increasing energy prices and negatively affects the budgets of national economies. In addition, the commitments of countries to reduce greenhouse gas emissions are also seen as another reason for promoting biofuels. Considering that fossil fuels used in the energy sector account for more than 60 percent of greenhouse gas emissions, it can be predicted that the interest in biofuel use will increase even more because they can substitute fossil fuels at least to some degree. Currently, the use of biofuels, especially in the transportation sector of the developed countries, is becoming widespread. While the share of the transportation sector in global fuel use corresponds to approximately 30 percent, 99 percent of this is met by fossil fuels and approximately 21 percent of global greenhouse gas emissions are caused by fossil fuels used in the sector. Advantages such as the production of biofuels mainly from agricultural products, in other words, being renewable, the possibility of creating an increase in agricultural incomes, the potential to create new employment opportunities, and the use of similar efficiency with fossil fuels create an expectation that the use of biofuels will become more widespread in the future⁴⁷.

The main products produced from the use of biomass can be examined under three headings: electricity, heat and biofuel. In addition to the main products, the by-products formed during the conversion of biomass to energy can also be marketed

47 Rajagopal, D. and Zilberman, D. (2007). Review of Environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels. World Bank Policy Research Working Paper, WPS4341 , pp.7-8.

and sold to create a source of income or be included in a process again and used in the production of different outputs. These by-products, which are generally carbon-based, include highly valuable products such as organic fertilizer, biochar and ash. Other products obtained include glycerin, cellulose fiber, carbonaceous material, bioplastic and furfural, which have various uses ⁴⁸.

Biomass by-products are seen as an important potential source of income for biomass power plants, although they face significant constraints in terms of marketing. It is considered as a very strategic opportunity for businesses that produce electricity below their potential to utilize these by-products that the power plants will obtain while producing electricity and heat. Table 9 lists potential by-products.

Table 9 . Biomass By-Products and Uses

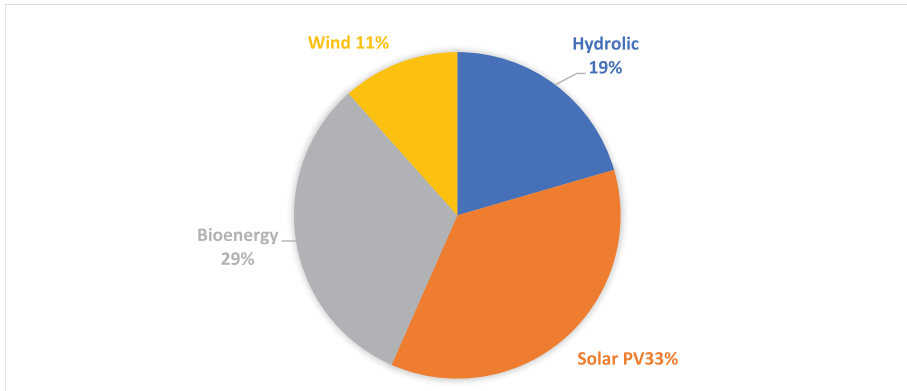
By-Product	Formation and Usage Areas
Ash	Waste ash generated by the burning of biomass is used as fertilizer in areas such as soil improvement, cement raw materials, cement and concrete fillers, and underground mining.
Organic Fertilizer	In particular, organic fertilizer formed as a result of the anaerobic decay process of animal wastes is used in pot cultivation as well as agriculture.
Biochar	As a result of the biomass pyrolysis process, it produces biochar as well as combustible gases and oils. Biochar can be used as an energy source or as an additive for soil improvement.
Glycerin	Glycerin, which is produced as a by-product during the biodiesel formation process by the transesterification method, is widely used especially in food and cosmetics industries.
Bioplastic	Bioplastics; consists of biomass rocks such as sugar cane and maize and is used today in many industries such as packaging, agriculture, floriculture, compost bags and biomedical.
Cellulose Fiber	Cellulose fibers, which are formed as a result of the use of biomass sources such as wheat straw, rice straw, corn stalks, are used in various sectors such as textile, paper and pulp.

Source: PwC, (2021), supra, p. 85

Global employment in the renewable energy sector reached 10.98 million people as of 2018. The distribution of this employment by energy types is given in Figure 24.

48 PwC, (2021), supra, p. 85

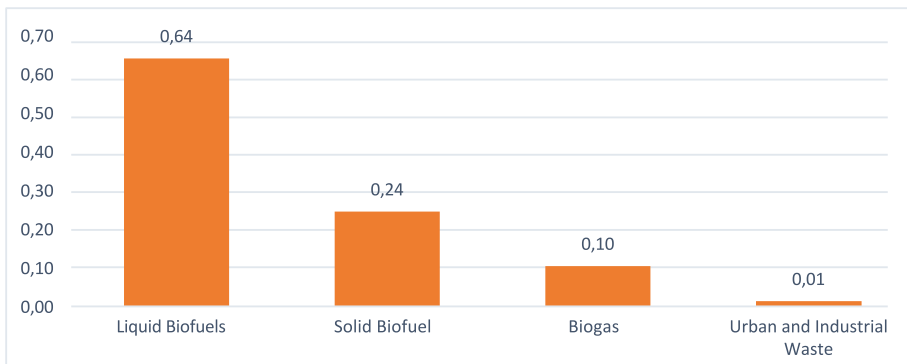
Figure 24 . Global Employment Distribution in Renewable Energy Sectors in 2018 (%)



Source: IRENA, (2019), Renewable Energy and Jobs , Annual Report 2019, www.irena.org , Accessed 13.04.2022, p.7.

The bioenergy sector covers the biofuels, biomass and biogas sectors with a 29 percent share in the total and corresponds to an employment of 3.2 million people. The distribution of this employment is shown in Figure 25.

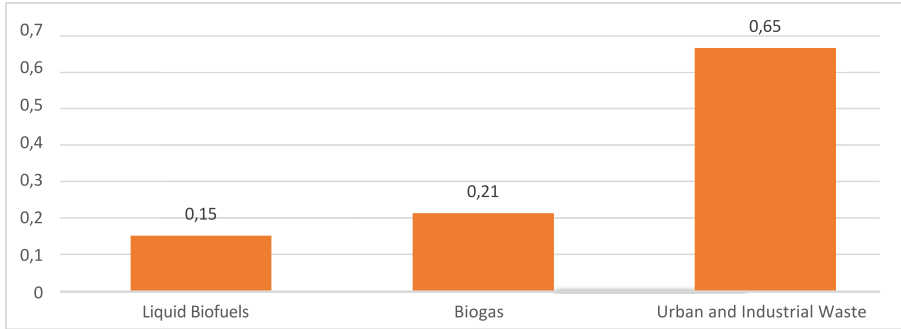
Figure 25 . Distribution of Global Employment in the Bioenergy Sector in 2018



Source: IRENA, (2019), Renewable Energy and Jobs , Annual Report 2019, www.irena.org , Accessed 13.04.2022, p.14.

The number of employees in the liquid biofuels sector is higher than the others, and a total of 2,063 thousand people are employed. A total of 1,162,000 people are employed in the Solid Biomass, Biogas and Urban/industrial waste sectors.

Figure 26 . Employment Distribution in the Bioenergy Sector in Türkiye in 2018



Source: PwC, (2021), supra, p. 86

As can be seen in Figure 26, in the distribution of employment, which is recorded as 3,400 people in the bioenergy sector in Türkiye, the urban and industrial waste sector ranks first with 65 percent.

The effective and widespread use of biomass potential and the use of the energy generated by the use of biomass as electricity, heat and fuel make a significant contribution to the country's economy. Along with local issues of bioenergy development such as income generation, job creation and strengthening regional economies ; development of bioenergy has a significant impact on national issues such as the balance of trade and secure energy supply ⁴⁹.

3.3.SOCIAL DIMENSION

One of the most important barriers preventing the widespread use of renewable energy sources is defined as “social acceptance”. Social acceptance is a non-technical barrier to increasing the capacity of renewable energy generation.

Elements that affect social acceptance include:

Awareness: Awareness, which is the main factor influencing people's acceptance of clean energy technologies; defines knowledge, experience, social responsibility and environmental awareness. This awareness refers to the knowledge and consciousness about climate change and clean energy technologies.

Openness/Impartiality: The clarity and precision of the discussed issues, the involvement of the society and relevant people in the decision-making process, and the fact that the decision-makers consider this involvement facilitate the acceptance of clean energy technologies by the society.

49 PwC, (2021), supra, p. 86

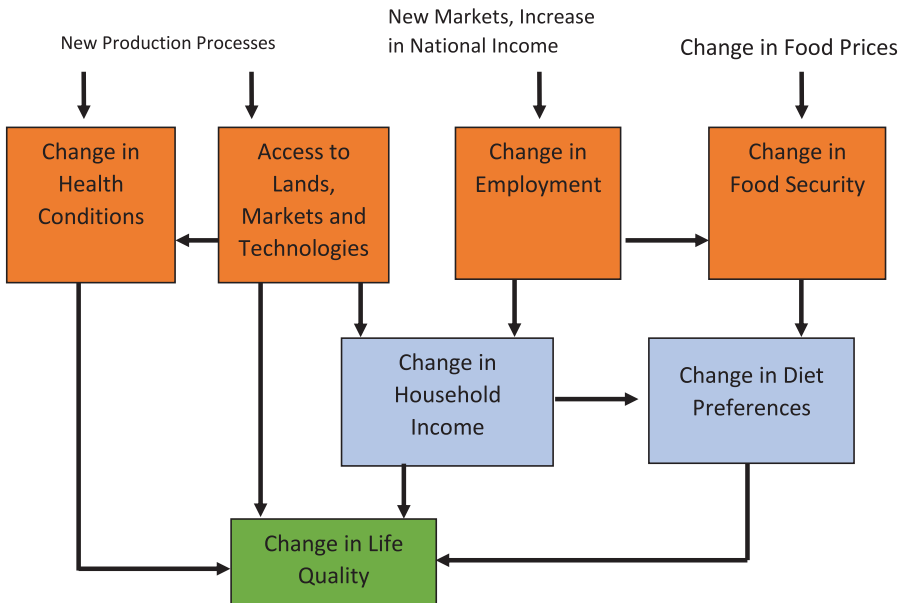
Evaluation of costs, risks and benefits: Social acceptance of a clean technology is associated with an assessment of costs, benefits and potential risks. The evaluation is either a result of the knowledge level of the society or is based on the evaluation of the project developers, the government or a relevant group.

Local conditions: While overall society's attitudes towards clean energy technologies are positive, individual projects or policies constantly encounter resistance from the local community. Depending on local concerns and conditions, there may be reactions to investments.

Trust: The trust factor refers to the trust in decision makers and other stakeholders. The trust factor is seen as the factor that is considered as a binding issue to be considered and has an impact on all other elements⁵⁰.

Social acceptance of renewable energy technologies is explained by three interconnected dimensions. These are socio-political acceptance, local acceptance and market acceptance. The adoption of technologies and policies by the public, key stakeholders and decision makers correspond to socio-political acceptance; approval of renewable energy projects and deployment decisions by local stakeholders, especially residents and local authorities, correspond to local acceptance, and acceptance of innovations by consumers and investors correspond to market acceptance⁵¹.

Figure 27 . An Overview of Social Impacts in Biomass Energy Production



Source: Hasenheit, et al (2016)

50 Arslan, F. and A. Uzun, (2017), Social Acceptance Dimension of Renewable Energy Investments, Dumlupinar University Journal of Social Sciences, Issue 51, January, p. 105-106.

51 Peker, Z. (2013), Social Dimension of Renewable Energy Initiatives, Dokuz Eylul University Journal of Social Sciences Institute, Vol: 15, No: 4, pp.664-665.

In Figure 27, the social effects of biomass energy are outlined. Looking at this figure, it does not seem possible to say that all segments of society can benefit from biomass energy. Of course, there will be resistance for those who cannot adapt well to the changes here or to access new opportunities. Therefore, it is useful to highlight the benefits of biomass energy more in terms of contributing to facilitating social acceptance. The social benefits of biomass energy can be listed as follows;

- Burning fossil fuels releases sulfur dioxide, mercury and particulate matter into the atmosphere that can cause asthma, cancer and respiratory problems. Biomass energy, on the other hand, emits fewer harmful by-products than fossil fuels, which means cleaner air and healthier people.
- Biofuel can improve rural economies by providing the opportunity to grow biomass material on land that remains idle.
- It could create additional employment opportunities to collect and process the materials needed to produce biofuels.
- The increase in income resulting from increased employment can reduce the income inequality between rural and urban areas.
- Because biomass is a renewable energy source, energy providers can receive tax breaks or incentives.
- Countries with sufficient biomass resources can develop their local economies by reducing their dependence on fossil fuels.
- Increased biomass energy use can reduce forest fires ⁵².

4. BIOMASS CONVERSION TECHNOLOGIES

Biomass energy conversion methods are divided into 3 main groups as thermochemical, biochemical and physicochemical.

Thermochemical Conversion

Carbonization; it is producing a solid product with a very high carbon content as a result of removing the volatile components by heating organic materials at high temperatures in an airless environment.

Pyrolysis; in this method organic solid materials such as wood and forest wastes are heated at high temperatures in an oxygen-free environment. As a result of this process, solid, liquid and gaseous outputs are formed.

Gasification; in this method, carbon-containing biomass decomposes in a partially oxygenated environment at very high temperatures and combustible gas is obtained as a result of the process. The produced gas, can be used like natural gas with various applications.

52 <https://www.bioenergyconsult.com/tag/social-benefits-of-biomass-energy/> , Accessed 13.04.2022

Physicochemical Conversion

Transesterification/Esterification; in this conversion method, biodiesel (fatty acid esters) and glycerin are obtained by using vegetable and animal oils. With esterification, oils are converted into suitable fuels for vehicle engines and fuel systems.

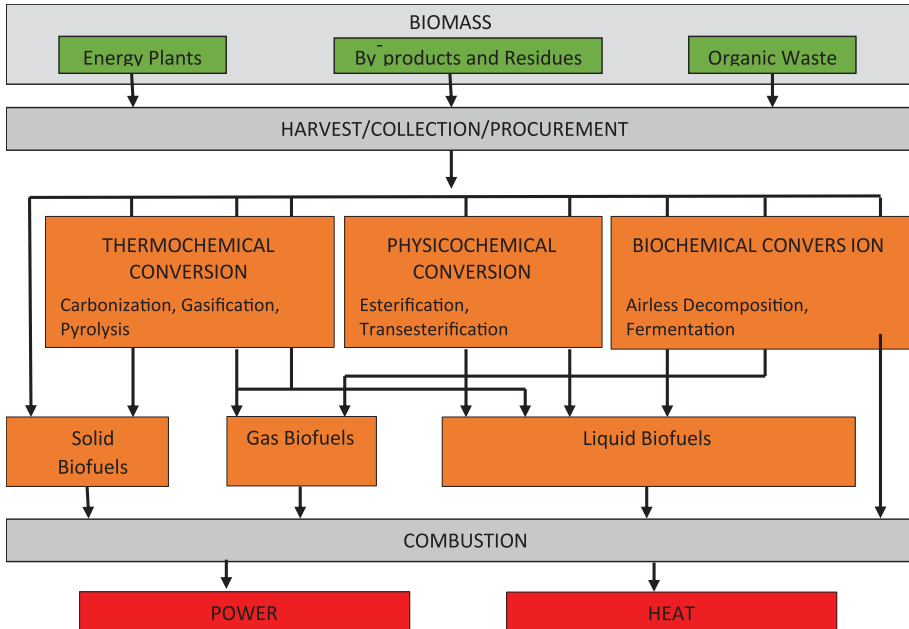
Biochemical Conversion

Airless (Anaerobic) Decomposition; it covers the process of decomposing organic matter by microorganisms that can live in an oxygen-free environment. This process is also referred to as the conversion of biomass into methane and carbon dioxide.

Fermentation: in this process, the starch in the organic matter is converted into sugar using heat. Ethanol is obtained as a result of fermentation of the resulting sugar⁵³.

In Figure 28, biomass energy conversion methods and the products obtained are summarized. There are different processes for biofuel production from biomass. Each process; is determined according to the nature of the raw material used and the end product desired to be obtained, and the process conditions are formed by considering these parameters⁵⁴.

Figure 28 . Biomass Conversion Technologies



Source: TÜBA, (2022), TÜBA Biomass Energy Report, Ed. MH Alma, Ankara, p.34

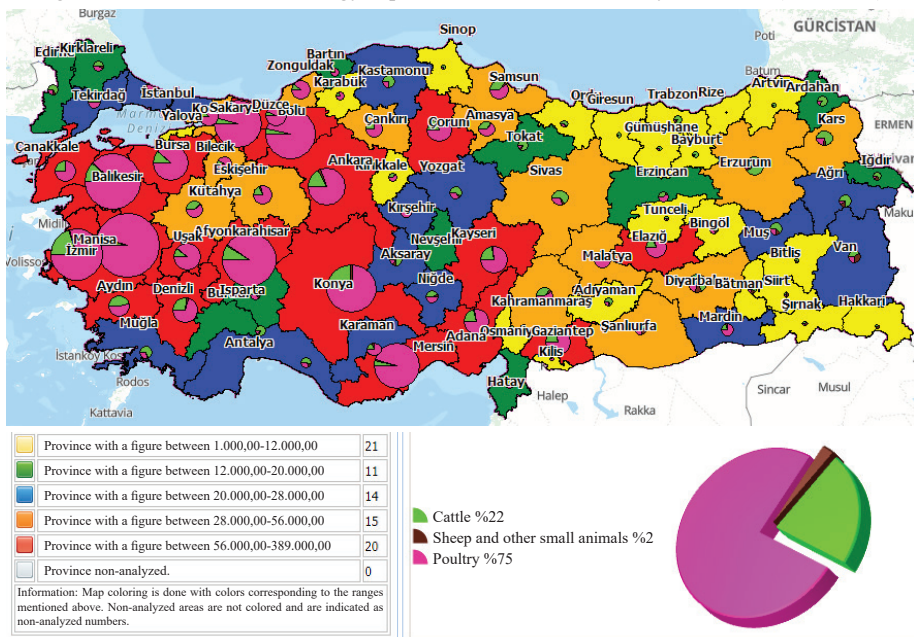
53 PwC, (2021), supra, p. 31

54 TÜBA, (2022), TÜBA Biomass Energy Report, Ed. MH Alma, Ankara, p.34

5. BIOMASS RESOURCES AND RISKS

Biomass resources can be classified as animal wastes, vegetable wastes, urban wastes, industrial wastes and forestry wastes. In addition, there are different types of biomass that can be obtained from primary, secondary and tertiary sources. Primary biomass sources cover the cultivation of plants for energy production and no other use is foreseen for these plants. Primary sources generally include woody biomass such as plantation trees (e.g. eucalyptus) and herbaceous biomass such as energy grass or cereals. Secondary biomass resources refer to by-products used for energy production. The main harvested product (e.g. grain for food and feed) is not used for energy production, while any residue (such as straw, bark) is used. Similarly, for woody biomass, the main product is not used for energy production (for example, wood can be used to make paper or harvested as timber), while the by-products of wood are used for energy production. Tertiary biomass sources cover all kinds of wastes, which are end-of-life resources. These wastes; can be classified as forest, animal, agricultural, urban and industrial wastes. Alternative use of biomass or raw material is taken into account in the classification of biomass type⁵⁵.

Figure 29 . Distribution of Energy Equivalent of Animal Waste by Provinces (TEP/Year)



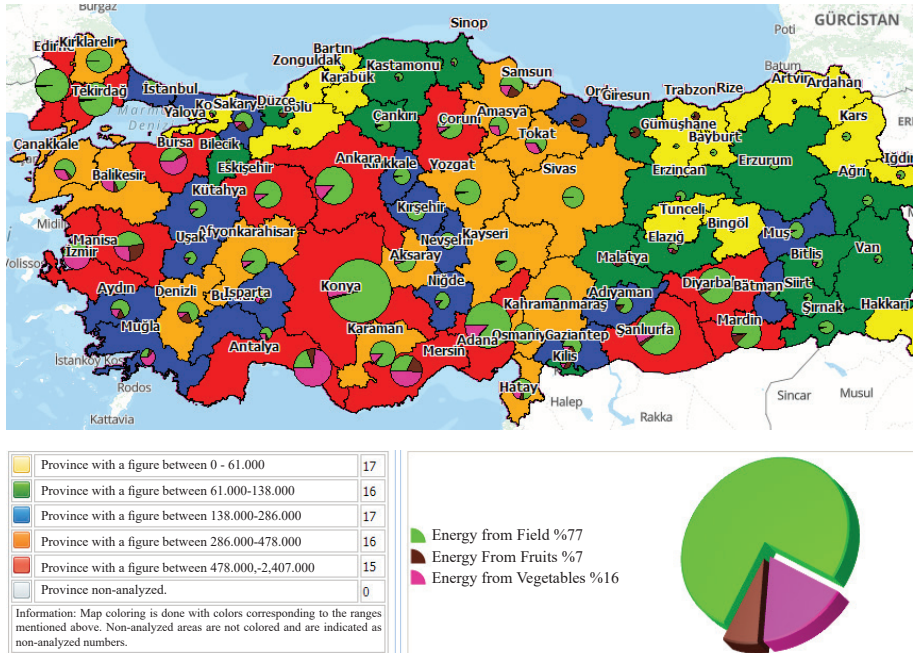
Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Figure 29 shows the distribution of the energy equivalent of animal waste in Türkiye by provinces. In this context, it is seen that the energy equivalent of animal

55 PwC, (2021), supra, p.72.

wastes is high in 20 provinces. These provinces, are mainly located in the Aegean, Marmara, Central Anatolia and Mediterranean regions, and 75 percent of the total energy equivalent is obtained from the wastes of poultry.

Figure 30 Distribution of Vegetative Energy Equivalents by Provinces (TEP/Year)



Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

It covers the residues and wastes left after the harvest of parts of various agricultural products (corn, wheat, cotton, sugarcane, etc.) used for food. Agricultural waste also includes plant leaves, bark, roots and stems. When the corn is harvested, the biomass, which can be converted into energy, remains in the field in the form of a cob. Similarly, as a result of the harvesting of agricultural products such as wheat, cotton, soybean, pea, sugar cane, olive and walnut; shells, seeds and fibers that can be used as a source of biomass are revealed. In current agricultural practices, these residues are often given back into the ground, incinerated or left to decompose. These residues can be used to generate electricity and heat by various conversion methods. In addition, there are agricultural products that are grown to use starch, sugar or oil to be converted into biofuels. Significant amounts of crop residue are produced each year around the world. One advantage of using agricultural residues as a source of biomass is that there is no need for additional land use as they are grown together with food crops⁵⁶.

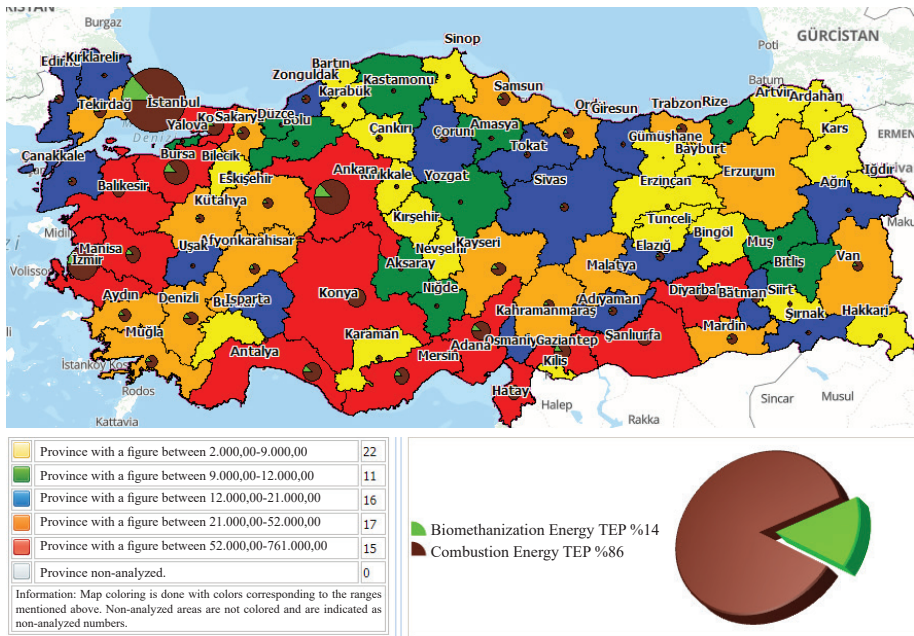
As it is seen in Figure 30, 15 provinces stand out in the vegetative energy equiv-

56 PwC, (2021), supra, p.73.

alent distribution. These provinces are distributed over Central Anatolia, Southeast Anatolia, Aegean, Mediterranean and Thrace regions, and 77 percent of the vegetable energy equivalent is obtained from the wastes of field crops.

Figure 31 shows the energy equivalents of municipal waste. Considering the distribution of these resources, which are also concentrated in 15 provinces, Ankara, İzmir, Bursa, and especially Istanbul come to the fore. When evaluated in this context, the energy equivalent from biomethanization is 14 percent, while the energy equivalent by incineration is calculated as 86 percent.

Figure 31 . Distribution of Energy Equivalent of Municipal Waste by Provinces (TEP/Year)



Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Municipal waste is divided into two parts. These are;

Industrial wastes: The food sector produces a large number of residues and by-products that can be used as a biomass energy source. Solid wastes include; fruit and vegetable scraps, food products that do not meet quality control standards, pulp and fibers that are obtained from the extraction of sugar and starch, coffee grounds. These wastes are generally collected in landfills. Liquid wastes are produced as a result of processes such as; washing meat, fruit and vegetables, cooking and washing of fowl and fish. The remaining waste waters; contain organic material like sugar or starch and can be used for energy production. The paper industry consumes high amounts of energy and water and waste water in heterogeneous formation remain after production. The released waste water can be used as a source of liquid biomass.

Urban wastes: includes wastes that are thrown away or sent for recycling. Especially urban solid wastes such as; paper, cardboard and discarded food products are important resources for biomass raw material. However, some municipal wastes (especially metal and plastic waste) cannot be used as a source of biomass. Millions of tons of household waste are collected each year and are mostly disposed of in open areas. Urban solid wastes are converted into energy by various conversion methods, and the gas produced in the landfills is used for heat and electricity generation. Sewage sludge is used in the production of biogas as an energy source similar to animal waste ⁵⁷.

Today, many countries provide alternative energy sources from the most suitable and economical agricultural products according to their ecological conditions. With this potential, Türkiye is among the countries with an ecological structure. It is possible to count poplar, aspen, alder, red pine, oak, ash, stone pine, black pine, cedar and cypress trees among the native tree species with high economic value and fast growing in terms of energy forestry in Türkiye. Among the foreign-origin trees that will grow in Türkiye are eucalyptus, *populus euramericana*, *pinus pinaster*, *acacia cynophilla*. Here, in addition to trees that require a lot of water, such as poplar and willow, attention should be paid to trees that can grow in very dry areas ⁵⁸.

Except for the firewood production of the General Directorate of Forestry in the forests in Türkiye; it is estimated that there is an annual woody biomass potential of roughly 5 million tons, including the following; the assets to be obtained by improving and transforming the production residues resulting from the improvement, maintenance and harvesting of forests, woody materials that pose a danger to forest fires, and degraded coppice forests to a certain extent, wood used as fuel in rural areas and Şüceyrat wood, which is common in the Black Sea Region. The greatest potential is located in the western and southern parts, where forestry activities are intense, especially in the Mediterranean Region ⁵⁹.

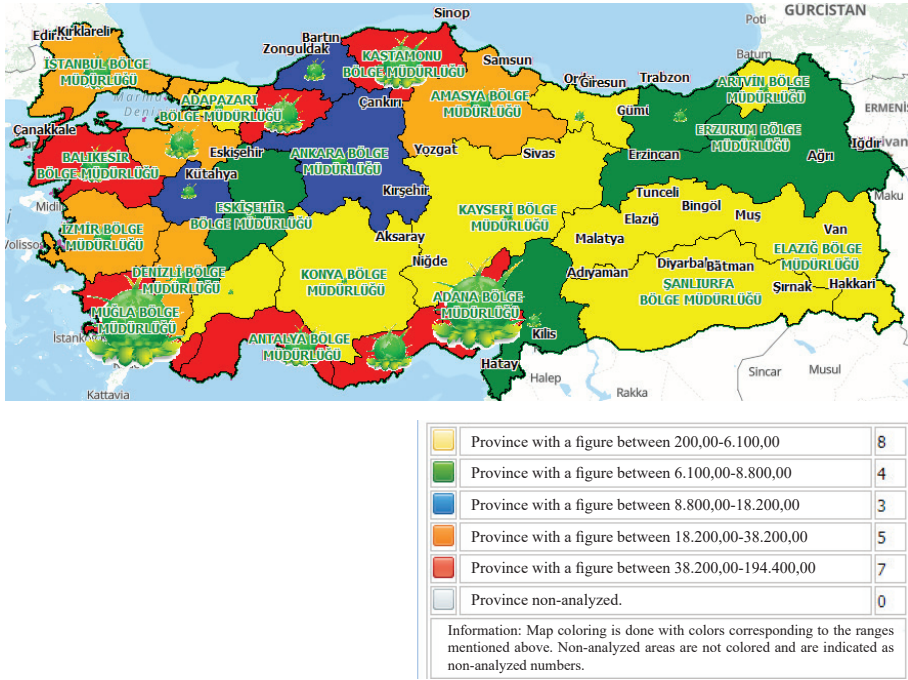
In Figure 32, the distribution of energy equivalent of forest wastes in Türkiye by regions is given. It is seen that the energy equivalent of forest wastes is concentrated in 7 regions within the scope of Kastamonu, Adapazarı, Balıkesir, Denizli, Antalya and Adana regional directorates.

57 PwC, (2021), *ibid*, p.73.

58 TÜBA, (2022), *supra*, p.109.

59 TÜBA, (2022), *ibid*, p.115.

Figure 32 . Distribution of Forest Waste Energy Equivalent by Regions (TEP/Year)



Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Although biomass resources seem very diverse, they contain different risks while being included in the production process, and it is important for investments in the sector to reduce these risks to predictable levels. Some of the risks encountered can be listed as follows;

Crop growing risks: The main risk biomass sector shares with food and forestry sectors is the risks related to production. While these risks relate directly to crop production for biofuel production, for bioheat and bioenergy, it is generally related to supply of waste from the forest and wood industry. On the other hand, other factors relating to drought and weather, fire and harmful creatures (such as insects, plant diseases, and vertebrates) can reduce the availability of biomass raw materials. Although these risks can be mitigated with proper planning and management, they cannot be completely eliminated. Longer-term risks include uncertainties caused by climate change. Rising temperatures and changing rain trends affect the production of certain crops in different parts of the world. In addition, improper irrigation practices or crop residues soil and water due to mistakes made while removing degradation can also seriously affect productivity.

Supply risks: Although providing security in market needs, quality in raw material supply and price is important for raw material supply, there are different challenges for different bioenergy raw materials. In traditional biomass use, the competition with the food and forestry sectors creates risk by affecting supply-demand balances and raw material prices. Special plant cultivation for energy is also faced with some barriers. There are technical, commercial, political, economic and cultural barriers for the vast majority of these biomass resources. While technologies can be directly used in the production of several poplar and cane types, special agriculture and forestry equipment are required for woody products. Biomass residues are the by-products of the forest and agriculture industries. Since these products are affected by changes in production, predicting and securing the presence of biomass residues is difficult.

Raw Material Variability: Many of the bioenergy conversion methods are not very flexible against changes in the quality and moisture content of the raw material. This situation affects the production performance, reliability and therefore economy.

Raw material usage: Existence of solid biomass raw material in low density and in various structures, makes it difficult to technically process and store it. Reliability of boiler feeding systems is one of the important problems especially for gasification units working under pressure.

Toxic emissions: Flue gas cleaning and more R&D activities are required to meet increasing limits and standards for toxic emissions. This is especially important for small-scale facilities that need simpler and more affordable solutions.

Commercialization of Technologies: There are risks in transporting raw materials to large facilities due to insufficient availability of resources and difficulties in distribution and logistics. Addressing these risks requires the commercialization technologies with advanced economic structures and improvements in the availability and logistics of biomass⁶⁰.

6. BIOMASS INVESTMENTS AND RISKS IN TÜRKİYE

Businesses in the bioenergy sector compete in a sector where alternative energy sources are used. Although bioenergy resources have some advantages compared to other renewable energy resources, they are still used at a higher cost than fossil fuels and their competitiveness remains low if various incentives are not available. While raw material costs are at the top of the high costs, the cost of infrastructure, alternative resources and the additional costs of regulatory measures may adversely affect the bioenergy sector.

60 PwC, (2021), *supra*, p.74.

A stable and supportive policy environment is of great importance for the development of biomass in different applications. Similarly, clarity and foresight are needed on regulatory issues such as planning, regulation and emissions standards. In addition, various risks such as availability and price of raw materials are a major concern for investors. As raw material costs constitute a large part of bioenergy production costs, long-term supply contracts can be beneficial to eliminate the uncertainties of biomass projects. Raw material variability and their impact on conversion methods affect investor confidence. On the other hand, the diversity of raw material and technology options adds complexity to investment decisions. The interaction of biomass with other sectors such as food and forestry and the policies that affect them are also a source of risk, and such factors bring more uncertainty to the future development of the bioenergy sector ⁶¹.

Figure 33 . Distribution of Biodiesel Producing Companies



Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

61 PwC, (2021), ibid ., p.75.

Figure 34 . Distribution of Bioethanol Producing Companies

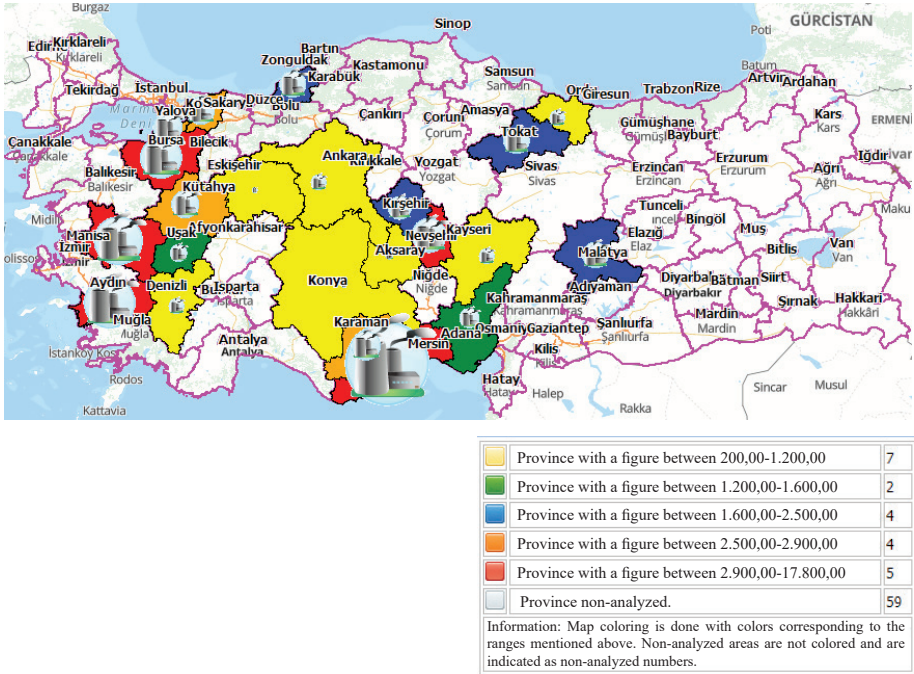


Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Biodiesel production in Türkiye has been reported as 244.225 tons per year. The products with which biodiesel is produced are listed as cottonseed oil (32 percent), waste vegetable oils (30 percent), canola oil (26 percent), other oils (8 percent) and safflower oil (4 percent). As seen in Figure 33, there are 5 facilities in total where biodiesel production is carried out. As can be seen in Figure 34, Tezkim Agricultural Chemistry Inc., Agricultural Chemical Technologies Inc., Konya Sugar Inc., Cumra Bioethanol Plant Branch and Türkiye Sugar Factories Inc. Eskişehir Sugar Factory are 4 companies that operate in five different provinces. Within the scope of the “Communiqué on Blending Ethanol with Gasoline Types” published in the Official Gazette dated 16.06.2017, numbered 30098, concerning the use of liquid biofuels in vehicles it is mentioned that “ at least 3 percent (V/V) ethanol produced from domestic agricultural products must be blended to the sum of gasoline types.” At the same time, within the scope of the “Communiqué on the Blending of Biodiesel into Diesel Types “ it is explained that “ biodiesel produced from local agricultural products and/or plant based waste oil must be blended to the diesel fuel at a rate of at least 0.5 percent (V/V).”⁶²

62 TÜBA, (2022), supra, p.112.

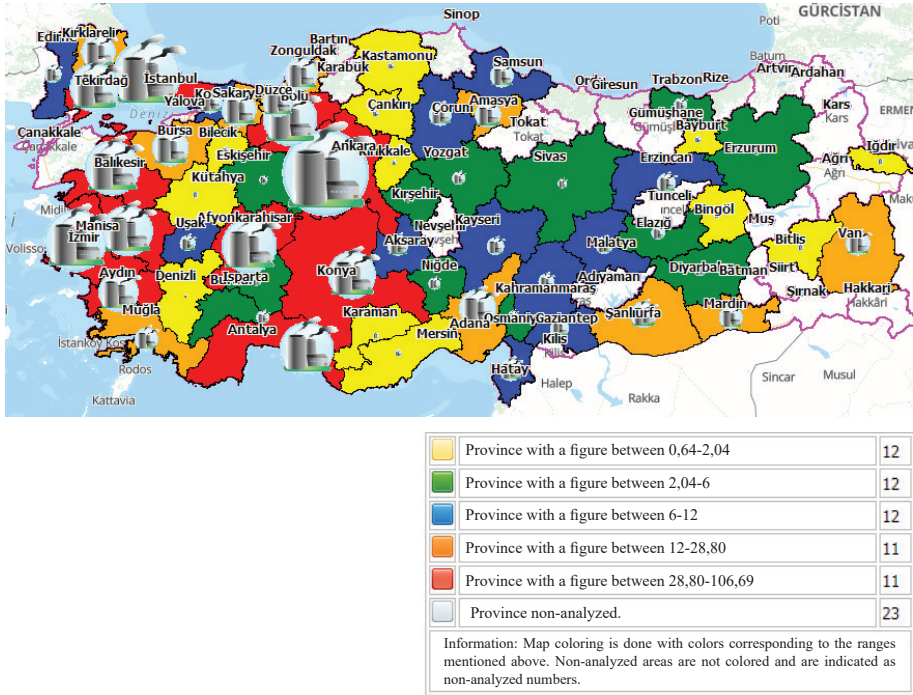
Figure 35 . Distribution of Unlicensed Electricity Producers from Biomass by Provinces (kWe)



Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Figure 35 shows that there are companies that produce unlicensed electricity from biomass in 22 provinces, although they are predominantly small-scale. Considering the remaining provinces, it is thought that there is an important potential in this field.

Figure 36 . Distribution of Licensed Electricity Producers from Biomass by Province (MWe)



Source: <https://bepa.enerji.gov.tr/>

Figure 36 indicates the distribution of licensed electricity producers from biomass by province. It is seen that these companies, which are active in the sector to a great extent in terms of installed capacity, are concentrated in 11 provinces and are located in 58 provinces in total, especially in metropolitan cities. It can be said that these companies, which produce electricity from landfill gas and municipal waste, are important players in the sector.

6.1. COMPETITION IN THE BIOMASS SECTOR IN TÜRKİYE

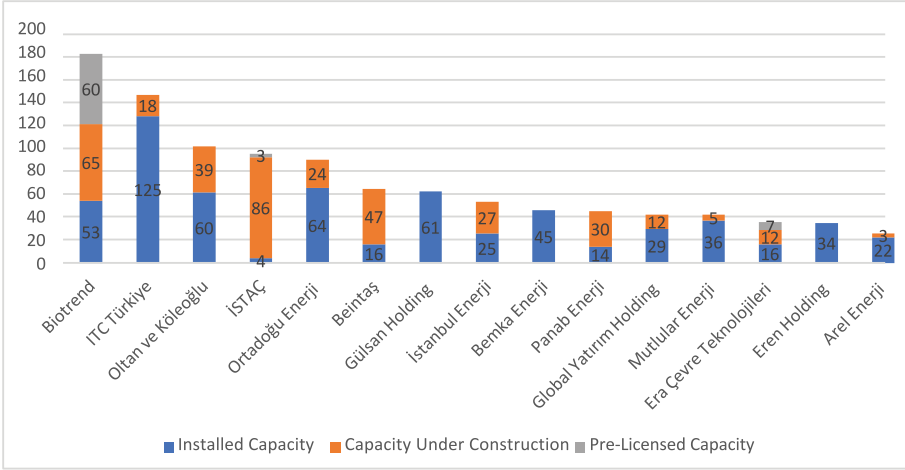
Table 10 . Licensed Capacities of Leading Companies in the Biomass Industry in 2021 (MWe)

Companies	Licensed Capacity
ITC Türkiye	143
Biotrend	118
Oltan and Köleoglu	99
İSTAÇ	90
Ortadoğu Energy	88
Beintas	63
Gülsan Holding	61
Istanbul Energy	52
Bemka Energy	45
Panab Energy	44
Global Yatırım Holdings	41
Mutlular Energy	41
Eren Holding	34
Era Environmental Technologies	28
Arel Energy	25

Source: PwC , (2021), ibid ., p.102.

While the 15 largest companies operating in the biomass sector in Türkiye constitute more than half of the total licensed installed power, as of February 2021, the largest companies in terms of licensed installed power were ITC Türkiye, Biotrend and Oltan Köleoğlu, as seen in Table 10. On the other hand, Biotrend was the company with the most production facilities.

Figure 37 . Installed and Planned Power Distribution of Leading Companies in Biomass Sector in 2021 (MWe)

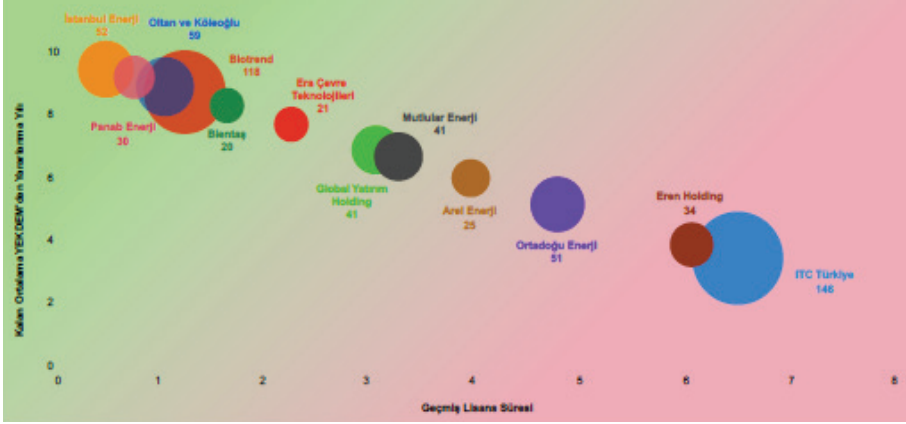


Source: PwC , (2021), ibid ., p.103.

As seen in Figure 37, Biotrend ranks first in the sector considering the total capacity under construction and installed power with pre-license but ITC Türkiye still at the top of the list in terms of licensed capacity. Furthermore, considering the capacities under construction, İSTAÇ, Beintaş, Oltan and Köleoğlu companies are also seen as important players in the sector. Considering the above-mentioned leading companies, they produce electricity from domestic/industrial waste and landfill gas. The small-scale companies, on the other hand, produce heat and electricity from plant and animal waste

The most important competitive power of pioneering and young companies is believed to be the YEKDEM incentives. The fact that the power plants completed before June 2021 benefited from the old YEKDEM incentives and became more advantageous caused the investments of the companies to accelerate. In this respect, considering the establishment dates of the companies in the sector and the remaining YEKDEM periods, it seems possible to determine the competitive advantage of these companies. Figure 38 gives a comparison of the leading companies and newly constructed power plants in the biomass sector with the establishment date and remaining YEKDEM periods.

Figure 38 . Comparison of Past License Periods and Remaining YEKDEM Periods of Leading Companies in the Biomass Industry in 2021 (Year)



Source: PwC , (2021), ibid ., p.104.

Looking at Figure 38, it is observed that the newly constructed power plants and accordingly the companies that benefited from the high supports available before the YEKDEM update have a significant density in the sector.

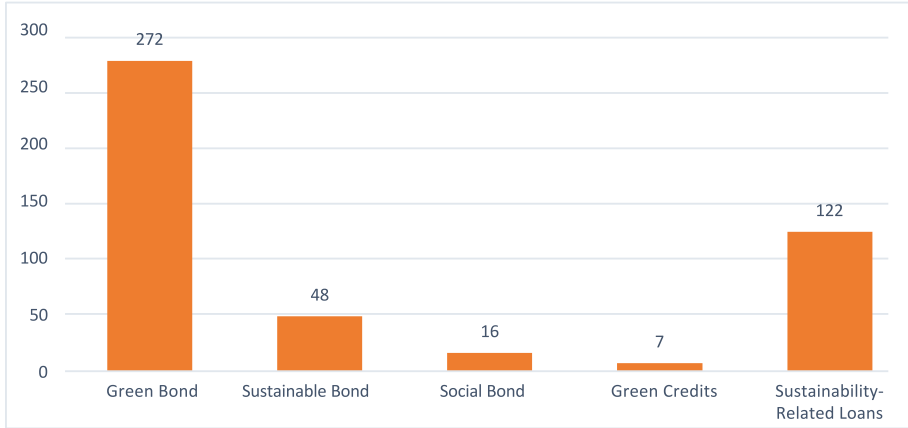
6.2. FINANCING OPPORTUNITIES IN THE BIOMASS SECTOR IN TÜRKİYE

One of the most important issues for biomass investments is financing opportunities. Financing opportunities in the sector are constantly improving in line with green energy production and demand within the scope of sustainable development goals.

One of the first applications to support environmentally friendly projects within the scope of sustainable finance is green bonds. In addition to these bonds, which started to be issued since 2007, new instruments emerged in the form of Sustainable Bonds in 2014, Social Bonds in 2015, Green Loans in 2016 and Sustainable Linked Loans in 2017.⁶³

63 PwC , (2021), ibid ., p.26.

Figure 39 . Global Distribution of Sustainable Finance Opportunities in 2019 (Billion \$)



Source: PwC , (2021), *ibid.* , p.26.

Total global sustainable debt issuance reached 465 billion dollars in 2019. The instrument with the largest share among these debt instruments was green bonds with 272 billion dollars. Green bonds, which have been issued by banks since 2007, continue to develop. As the need and use increased, special legislation was prepared around world such as principles and standards. There are different types of these bonds according to their usage methods. It is traded under the name of “green sukuk” in countries where interest-free finance practices are implemented. The volume of issuance in Türkiye is very low. According to Climate Bonds Initiative data, Türkiye ranks 59th among 65 countries in 2020 with its cumulative issuance volume. In addition, there is no special application or legislation in Borsa Istanbul or Capital Markets Board. However, climate finance practices are carried out. With this aspect, it is considered to be open to development especially in Türkiye ⁶⁴. Sustainability-related loans, which have been issued since 2017, rank second with 122 billion dollars.

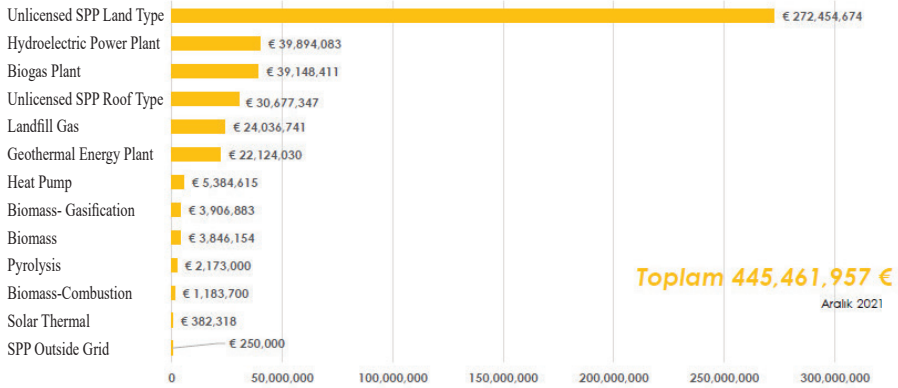
Environment friendly and sustainability-related loans are provided in areas such as environmentally friendly housing projects, energy efficiency and renewable energy, sustainable water management, environmentally friendly transportation, and support for entrepreneurial women. In addition, the amount of environmental/sustainable bonds issued by the banking sector has gradually increased and reached a total of USD 2.7 billion since 2016. International organizations and multilateral development banks can also finance sustainability-oriented projects, and environmental projects in Türkiye are financed primarily by the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), the World Bank, the Council of Europe Development Bank, the French Development Agency and the German Industrialization Fund. ⁶⁵

64 Menteşe, (2021), Development of Green Bonds and Applications in Türkiye, International Journal of Accounting and Finance Practices, Vol 3, No 1, p. 96.

65 CBRT, (2021), Financial Stability Report, May, p.17. , <https://www.tcmb.gov.tr/> , Access Date, 13.04.2022

In this context, TurSEFF draws attention. This program has been developed by the EBRD to provide financing and technical support for Sustainable Energy and Resource Efficiency investments to be implemented by the public and private sectors. Technical supports provided within the scope of TurSEFF, are financed by EU and the Ministry of Treasury and Finance of the Republic of Türkiye .

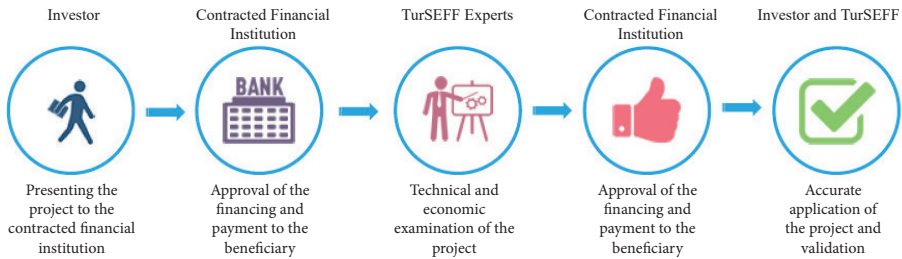
Figure 40 . Financing Opportunities Provided by TurSEFF as of 2021 in Türkiye



Source: İnal, S. , (2022), Lending in Biomass Facilities in Türkiye and Examples from Systems in the World, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

As seen in Figure 40, although TurSEFF provides financing for all kinds of renewable energy projects, SPP projects have the largest share in total loans. Although the process of applying for TurSEFF financing and project development may vary according to the project type, financing method and sectors, the general process is shown in Figure 41.

Figure 41 . TurSEFF Application and Financing Process



Source: İnal, S. , (2022), Lending in Biomass Facilities in Türkiye and Examples from Systems in the World, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

In addition to these, financing opportunities of commercial banks are constantly being developed, in green loans; the revenues obtained can only be used in green

investments. In sustainability-related loans the revenues obtained can be used in any field (such as business loan needs, cash management, foreign trade products) ⁶⁶.

In addition to green bonds, Social Bonds and Sustainability Bonds have also been issued in recent years. Social Bonds are defined by the International Capital Markets Association (ICMA) as bonds in which the proceeds of the bonds are used to finance new or existing projects for the purpose of providing social benefits. Sustainable bonds, on the other hand, are defined as bonds that their proceeds are used wholly or partially in green and social projects. In June 2018 , ICMA announced its transparency, disclosure and reporting standards for social and sustainable bonds to create an integrated bond market ⁶⁷.

6.3. CURRENT STATUS OF BIOMASS ENERGY INCENTIVES IN TÜRKİYE

Dollar-based YEKDEM guarantee price mechanism, which was affective in the growth of existing loans to the energy sector and private sector energy investments, came to an end as of July 2021. The new YEKDEM mechanism came into effect in the second half of the year. It is expected that in the financing activities in the sector to be made with TL-based YEKDEM mechanism, the equity/credit ratio and financing terms will be changed according to the financing structure applied in the dollar-based YEKDEM. Licensed production facilities that have started its operations or will be operational as of 01.07.2021 and unlicensed production facilities that have been entitled to receive a call letter for the connection agreement after 21.06.2018 cannot use foreign currency loans within the scope of YEKDEM. Exemption provisions, which provide the opportunity to use foreign currency loans without foreign currency income to companies outside the scope of YEKDEM, such as having an excess risk balance of 15 million dollars, holding an Investment Incentive Certificate in accordance with the Circular, and using foreign currency loans within the holding within the scope of the Temporary Article 1 of the Circular still continue. The clauses determining the scope of these exceptions are still in force ⁶⁸.

66 GarantiBBVA , (2022), Bank Strategies in Green Finance, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

67 Turguttopbaş , N. (2020), Sustainability, Green Finance and the First Turkish Green Bond Issue, Journal of Financial Research and Studies, Vol 12, No 22, p. 275.

68 Karakaya E. and B. Çakırlar, (2022), Sustainable Finance in Renewable Energy Resources, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

Table 11 . Renewable Energy Resource Support Mechanism (YEKDEM)

Facility Type (Power plants commissioned until 30.06.2021)	Guaranteed Price (dollar cents / KWh)	Domestic Parts Incentive (dollar cents / KWh)
Hydroelectric generation facility	7.3	1.0—2.3
Production facility based on wind energy	7.3	0.6—3.7
Production facility based on geothermal energy	10.5	0.7—2.7
Biomass based production facility (including landfill gas)	13.3	0.4—5.6
Solar energy based production facility	13.3	0.5—6.7

Source: Karakaya and Cakirlar, (2022), Sustainable Finance in Renewable Energy Resources, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, Izmir.

Table 12 . Current YEKDEM Application

Power Plants commissioned after 01.07.2021 Renewable Power Plant Type	Price Kuruş/ KWh	Domestic Contribution Kuruş/ KWh	New Upper Limit dollar cent / KWh	
Hydroelectric generation facility	40	8	6.4	
Production facility based on wind energy	32	8	5.1	
Production facility based on geothermal energy	54	8	8.6	
Biomass	Landfill Gas/Waste Tire	32	8	5.1
	Biomethanization	54	8	8.6
	Thermal Disposal	50	8	8.0
Solar energy based production facility	32	8	5.1	

Source: Karakaya and Cakirlar, (2022), Sustainable Finance in Renewable Energy Resources, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, Izmir.

Old YEKDEM practices, listed in Table 11, will continue for the facilities that were commissioned until 30.06.2021. While the purchase guarantee of 13.3 dollars cent / KWh for biomass facilities continues for 10 years, the incentives for domestic parts continue for 5 years. In the current YEKDEM application, seen in Table 12, the incentives are calculated on TL basis and the incentive periods are the same for the biomass plants activated as of 01.07.2021, but the purchase guarantees are 32 kuruş/ KWh for landfill gas plants, 54 kuruş/ KWh for biomethanization plants and 50 kuruş/ KWh for thermal disposal power plants. Domestic contribution incentives are fixed at 8 kuruş/KWh. This new situation, of course, creates a market where the advantageous purchase guarantees of the past years do not exist for the new companies entering the sector.

7. FINANCIAL ASSESSMENT OF BIOMASS INVESTMENTS

Financial sustainability is at the center of the problems of investors in the biomass sector. When the biomass investment process is examined, it is seen that the greatest risk is during the operation period. Operational period risks are directly related to resource finding-verification and project development processes. In particular, mistakes made during the project development phase affect financial sustainability after the biomass plants are commissioned. The solution of the problems is sometimes sought in the electricity purchase guarantee with a wrong approach. From this point of view, it is seen that the discussions focused especially on the YEKDEM purchase guarantee. On the other hand, it is not economically sustainable for the multidisciplinary biomass energy source to be supported only by YEKDEM and to continue with electricity purchase guarantees. In the last 10 years, the decrease in investment costs, especially in the field of solar energy, has necessitated the support to be given to other renewable resources in harmony with each other. Overcoming these problems depends on the waste disposal service getting the value it deserves and obtaining high standard by-products. Circular economy requirements should be sought at the highest level during project development phase and taken into account in planning activities⁶⁹.

Table 13 . Projected Costs in Biomass Investments

Technology	MWe	MWe	MWe
	⁵ Investment Cost (USD/kW)		
Combustion plant (water/steam boiler)	5,000 – 10,000	4,000 – 8,000	3,000 – 6,000
Combustion plant (ORC)	3,000 – 8,000	2 . 00 0 – 5 . 00 0	-
Biogas plant (gas engine)	3,500 – 6,500	-	-

Source: İnal, S. , (2022), Lending in Biomass Facilities in Türkiye and Examples from Systems in the World, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

As seen in Table 13, it can be said that the average unit costs of biomass investments decrease as the scale of the facility grows. A similar evaluation is presented in Table 14. In the distribution of biomass investment expenditures, the expenditures made for the main process equipment stand out as the most important cost item.

⁶⁹ TÜBA, (2022), supra, p.109.

Table 14 . Distribution of Investment Expenditures

Investment Item	%
Project development	10
Waste management/processing	10 – 20
Main process equipment	55 – 60
Construction	15 – 20

Source: İnal, S. , (2022), Lending in Biomass Facilities in Türkiye and Examples from Systems in the World, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

Choosing alternative products for financing biomass investments seems to have the potential to be an important opportunity in the near future. For this reason, fulfilling or foreseeing the necessary conditions for access to sustainable finance opportunities gives the opportunity to reduce the financing costs of the projects. One of the main requirements for directing private sector investments into projects and activities that benefit sustainability is to develop a common language in sustainable financial markets and to make a clear definition of activities that are considered “sustainable”. For this reason, the “EU Taxonomy”, which is a common classification system for sustainable economic activities, has been created.

The following points are observed when the EU Taxonomy is examined in terms of biomass facilities;

- Some restrictions are stated on the areas from which raw materials can be obtained,
- There are restrictions on the conditions under which the liquid fertilizer formed after the process in biogas plants can be used in agricultural areas,
- There are provisions related to the prevention and monitoring of methane leaks in biogas plants,
- Emission limit values are referred to especially for combustion plants,
- During the environmental impact assessment process, potential impacts on water resources and biodiversity should be examined and measures should be defined if necessary,
- The risks stemming from climate change should also be taken into consideration and that climate change adaptation plans should be prepared for risky issues ⁷⁰.

70 Karakaya E. and B. Çakırlar, (2022), Sustainable Finance in Renewable Energy Resources, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

As a result, it should be taken into consideration that the projects prepared by taking into account the EU taxonomy can have easier access to finance and can be protected from policy changes in purchase guarantee practices by reducing costs.

8. THE FUTURE OF THE BIOMASS INDUSTRY

Although biomass and bioenergy have made significant advances in recent years, there are several barriers that complicate global development. These barriers also include cultural reasons such as inadequate regulations and lack of awareness. Developed societies question the sustainability of energy resources and demand alternative energy options. Although biomass can offer a solution to these demands, the lack of individual and social awareness towards biomass prevents the effective and efficient use of biomass. Addressing the barriers faced lays the foundation for a successful global energy transition. Regulatory authorities have various measures to prevent the development of biomass. These measures include support mechanisms such as grants, tariff guarantees and certificate programs, as well as legislation on waste management and segregation. Countries can encourage the development and expansion of bioenergy technologies. Although the success of the targeted energy transition varies according to the policies adopted and the speed of implementation of these policies, international cooperation and solidarity play an important role in this regard.

It is necessary to integrate bioenergy into energy system planning and raise awareness about the potential of biomass. Modern bioenergy can make significant contributions in various sectors. However, awareness of consumers and other stakeholders in the value chain about the potential of bioenergy is not sufficient. Therefore, this potential should be fully explored when developing energy policies and bioenergy usage experiences should be shared widely. Countries need to work together to raise awareness regarding the uses of biomass beyond its traditional practices and encourage various pioneering applications.

It is necessary to encourage the transfer of knowledge and technology through international cooperation. Global use of biomass in energy transition should be increased. With limited biomass supply, and differences in resources between countries; international trade of biomass will increase. Currently, relatively few countries research and expand the use of biomass. The countries should increase such efforts. Especially it is very difficult for developing countries to form the necessary technical and regulatory awareness and capacity. For this reason, more international cooperation is required for sharing best practices, promoting technology transfer and developing international trade mechanisms. The countries shall encourage biomass use and expand support mechanisms to accelerate development of biomass. Various awareness programs can encourage biomass use and acceptance of clean energy solutions. Governments and regulators play an important role in providing clear and reliable information on bioenergy to consumers and potential investors, while helping to raise awareness of the benefits of using bioenergy and promoting the adoption of technologies.⁷¹

71 PwC, (2021), *supra*, p.131.

It is aimed to reduce foreign dependency due to natural gas and oil, which constitute very important import expenses in Türkiye, to contribute to the prevention of environmental pollution, to reduce the cost of products by reducing the energy cost, which is one of the most important expense items in production. For this, it is necessary to prefer alternative energy sources and to carry out basic researches on these issues. The benefits of using biomass resources such as agricultural and forestry wastes as an energy source can be explained as follows:

- Its calorific value reaches 4,000 kilocalories. Biomass, when gasified, does not emit harmful gases such as sulfur dioxide and nitrogen oxides to the atmosphere.
- It does not increase the amount of carbon dioxide that causes global warming, since the carbon dioxide taken from the air during plant growth is returned when burned.
- It is the only fuel in the world that does not affect the amount of carbon dioxide in the air. Especially in energy crops, there is about 15 percent sugar in the plant, which ensures more efficient gasification.
- Its cost as a solid fuel is much lower than domestic lignite and imported coal. The amount of ash is very low. It is possible to obtain clean syngas fuel.
- In addition, if energy crops such as sweet sorghum are widely used as a biomass source, a massive employment potential will be created, especially in rural areas.
- Air pollution will decrease. The development of agriculture and the prevention of erosion will be ensured.

Biomass combustion systems are proven commercial technologies and can be designed as both electricity, heat and cogeneration (where heat and electricity are produced together) power plants at very different power levels. In industrial areas, storable liquid fuels such as ethanol, methanol and butanol are generally used. Since liquid fuels do not have storage problems and can be used in case of need, the areas where they are preferred are wider. The contributions of the transition to methanol production can be listed as follows:

- With methanol production, much lower CO₂ emissions occur compared to other liquid fuels,
- SO_x and NO_x emissions do not occur during the use of methanol as fuel,
- Methanol can be used as fuel alone or mixed with gasoline without the need for modification in the engines of vehicles,
- Being a liquid fuel gives it storability,
- It has a high energy content due to its high octane value,
- Methanol is environmentally friendly and does not affect the food chain or land use.

Biomass energy production has significant advantages over other energy sources, including reducing greenhouse gas emissions and slowing climate change. Sustainable development is not limited to environmental concerns, but covers sustainability in three dimensions: environmental, social and governance (ESG). These help companies to better determine their future financial performance. Sustainability and ESG provide multiple impact and purpose, enabling the company to approach its full potential value. Firms that move away from fossil fuels early and generate green income outperform, demonstrating that ESG compliance positively impacts shareholder returns ⁷².

BIBLIOGRAPHY

Acar, S., Voyvoda, E., & Yeldan, E.,(2018), “Macroeconomics of climate change in a dualistic economy: A regional general equilibrium analysis”, Elsevier, Academic Press.

Apaydın ., Ş., A. Güngör and C. Taşdoğan , (2019), “Asymmetric effects of renewable energy consumption on economic growth in Türkiye ”, Mehmet Akif Ersoy University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences, 6 (1), 117- 134.

Arslan, F. and A. Uzun, (2017), “Social Acceptance Dimension of Renewable Energy Investments”, Dumlupınar University Journal of Social Sciences, Issue 51, January, 95-116.

Bereket-Baş, Z., (2022), Analysis of the Legal Status of Biomass in Renewable Energy and Agriculture, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

Bouzaher A., Sahin S., and Yeldan AE, (2015), “How to Go Green? A General Equilibrium Investigation of Environmental policies for Sustained Growth with an Application to Türkiye”, Letters in Spatial and Resource Sciences, 8, 49-76

Böhringer C., Keller A., and van der Werf E., (2013), “Are green hopes too rosy? Employment and welfare impacts of renewable energy promotion”, Energy Economics, 36: 277-285

CBRT, (2021), Financial Stability Report, May, <https://www.tcmb.gov.tr/> , Access Date, 13.04.2022

Chatri , F., Masoud Y., and Jamal O., 2018, “The Economic Effects of Renewable Energy Expansion in the Electricity Sector: A CGE Analysis for Malaysia.” Renewable and Sustainable Energy Reviews 95: 203–16. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.022>

Çağlar, AE and Mert, M., (2017) , “Environmental Kuznets Hypothesis and the Effect of Renewable Energy Consumption on Carbon Emission in Türkiye: Cointe-

72 TÜBA, (2022), supra, pp.125-129.

gration Approach with Structural Fracture”, *Journal of Management and Economics*, 24 (1), 21-38.

Çetin M. and Eğrican N., (2011), “Employment impacts of solar energy in Türkiye”. *Energy Policy* 2011, 39, 7184–7190

EGC, 2020, *Electricity Generation and Trade Sector Report*, <https://www.euas.gov.tr/yillik-raporlar> , Access Date : 10.04.2022.

EGC, 2020 *Annual Report*, <https://www.euas.gov.tr/yillik-raporlar> , Access Date : 10.04.2022 .

Fankhauser S., Sehlleier F. and Stern, N., 2008, “Climate change, innovation and jobs”, *CLIMATE POLICY Earthscan* ISSN 80513, 421–429.

GarantiBBVA, (2022), *Bank Strategies in Green Finance*, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

Garrett-Peltier H., 2017, “Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model”. *Econ. Model.* 2017, 61, 439–447.

Gökçe, C. & Demirtaş G., 2018, “The Role of Renewable Energy in Current Account Balance: Panel Data Analysis for European Union Countries and Türkiye”, *Journal of Management and Economy* , 25 (3), 641-654.

Hasenheit, M., H. Gerdes, Z. Kiresiewa, V. Beekman, (2016), “Summary report on the social, economic and environmental impacts of the bioeconomy”, *BioSTEP*, Project No 652682.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Sixth Assessment Report, “Climate Change 2021, The Physical Science Basis”*, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf , Accessed Date : 10.04.2022.

IRENA, (2019), *Renewable Energy and Jobs , Annual Report 2019*, www.irena.org , Accessed 13.04.2022.

Istanbul Policy Center (IPM) and Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS), 2019, “Skills and Employment Development with Renewable Energy in Türkiye: Analysis of Side Benefits of Decarbonization of the Electricity Sector” <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200701-00075753.pdf> , Accessed Date: 10.04.2022.

İnal, S. , (2022), *Lending in Biomass Facilities in Türkiye and Examples from Systems in the World*, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

Karakaya E. and B. Çakırlar, (2022), *Sustainable Finance in Renewable Energy Resources*, 11-13 May 2022 Risk and Finance Workshop in Biomass, İzmir.

Keček D., Mikulić D. and Lovrinčević Ž., 2019, “Deployment of renewable energy: Economic effects on the Croatian economy”. *Energy Policy* 2019, 126, 402–410.

Menteşe, B. , (2021), Development of Green Bonds and Applications in Türkiye, *International Journal of Accounting and Finance Practices*, Volume 3, Issue 1, 94-117,

MENR, 2018, National Energy Efficiency Action Plan (2017-2023), <https://enerji.gov.tr/> , Access Date : 11.04.2022.

MENR, 2019-2023 Strategic Plan, https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Plan.pdf

MENR, 2020, National Energy Balance Tables, <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tabloları> , Access Date, 10.04.2022.

Ministry of Agriculture and Forestry (2022), 2019-2023 Strategic Plan, <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/stratejikplan.pdf> , Access Date: 10.04.2022.

Ministry of Environment , Urbanism and Climate change Ministry , (2022), <https://iklim.csb.gov.tr/bmidcs-ve-turkiye-i-4376> , Access Date, 11.04.2022.

Ministry for European Union, (2022), https://www.ab.gov.tr/fasil-27-cevre_92.html , Access Date, 11.04.2022.

Mu Y., Cai W., Evans S., Wang C., and Roland-Holst, D., 2018, “Employment Impacts of Renewable Energy Policies in China: A Decomposition Analysis Based on a CGE Modeling Framework.” *Applied Energy* 210: 256–67. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.10.086W>

Packaging Bulletin, (2020), Packaging and Packaging Waste Statistics, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/ambalajbulten-2020-20220226105845.pdf> , Access Date, 13.04.2022

PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2020, “Trends in Global CO₂ and Total Greenhouse Gas Emissions”, <https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2020-report> , Access Date : 10.04.2022.

Peker, Z. (2013), Social Dimension of Renewable Energy Initiatives, *Journal of Dokuz Eylül University Social Sciences Institute*, Vol: 15, Issue: 4, 296-319.

Pollin R., Heintz J. and Garrett-Peltier H., 2009, “The economic benefits of investing in green energy: How the economic stimulus program and new legislation can boost US economic growth and employment”, Amherst, MA: Political Economy Research Institute, University of Massachusetts at Amherst.

Pollin R, Heidi Garrett-Peltier H, Heintz J, Glyn A, Chakraborty S, 2015, “Global Green Growth: Clean Energy Industrial Investments and Expanding Job Opportunities”, Vienna and Seoul: United Nations Industrial Development Organization and Global Green Growth Institute

PSB, (2019), Eleventh Development Plan (2019-2023), <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf> , Access Date: 10.04.2022.

PwC, (2021), Biomass and Bioenergy Sectors Overview, www.pwc.com.tr , Accessed Date, 11.04.2022, p.8-9.

Rajagopal, D. and Zilberman, D. (2007). Review of Environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels. World Bank Policy Research Working Paper, WPS4341 .

Ramos C., Salomé García A., Moreno B. and Díaz G., (2019), “Small-scale renewable power technologies are an alternative to reach a sustainable economic growth: Evidence from Spain”. *Energy* 2019, 167, 13–25.

Silva P. , Oliveira C. and Coelho D., (2013), “ Employment effects and renewable energy policies: applying input-output methodology to Portugal”. *int. J. Publ. Pol.* 9 (3), 147–166.

TETC, (2021), 10-Year Demand Forecasts Report (2022-2031)

TETC, (2021), Production Capacity Projection, 2021-2025.

Turguttopbaş , N. (2020), Sustainability, Green Finance and the First Turkish Green Bond Issue, *Journal of Financial Research and Studies*, Vol 12, No 22, p. 275.

TÜBA, (2022), TÜBA Biomass Energy Report, Ed. MH Alma, Ankara

TURKSTAT, (2021), Waste Statistics Bulletin for 2020, Access Date, 10.05.2022

United Nations Environment Program, (UNEP), 2021. Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered – Executive Summary. Nairobi, <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021> , Access Date : 10.04.2022.

Wei M. , Patadia S. and Kammen DM, (2010), “ Putting renewables and energy efficiency to work: how many jobs can the clean energy industry generate in the US?” *Energy Pol.* 38 (2), 919–931. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.044>

Yılmaz S. A., (2014), “Green Businesses and Its Potential in the Field of Renewable Energy in Türkiye”, Ministry of Development, Publication No. 2827.

Zhe L. , Yuksel S., Dincer H., Mukhtarov S., and Azizov M., (2021), “ The positive Influences of Renewable Energy Consumption on Financial Development and Economic Growth”, *SAGE Open* 11(3), 1-10.