



**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA YENİLENEBİLİR  
ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI VE ÖNEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tolga Orkun KAYA**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Mustafa KARATAŞ**

**AKSARAY, 2018**





**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA YENİLENEBİLİR  
ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI VE ÖNEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tolga Orkun KAYA**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Mustafa KARATAŞ**

**AKSARAY, 2018**

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ONAY BELGESİ**

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 142301409 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Tolga Orkun KAYA", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI VE ÖNEMİ" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** Doç. Dr. Mustafa KARATAŞ

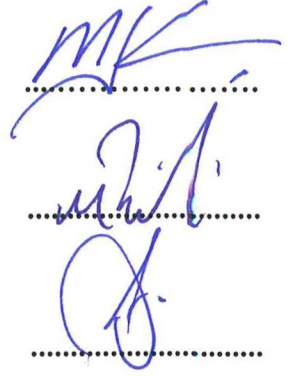
Aksaray Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** Doç. Dr. Melayib BİLGİN

Aksaray Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** Doç. Dr. Erkan KALIPCI

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi



**Teslim Tarihi:**

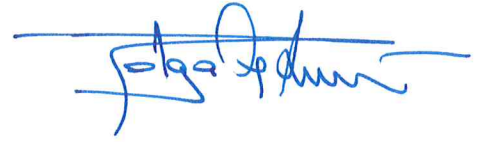
**Savunma Tarihi: 29.03.2018**

## DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**Tolga Orkun KAYA**



## ÖNSÖZ

Sürdürülebilirlik kapsamında; sürdürülebilir kalkınmanın ve temiz enerjinin sağlanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminin vurgulandığı bu çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, yardımlarını hiç bir zaman esirgemeyen tez danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa KARATAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen sevgili ailem ve değerli arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

|                                                     | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------|--------------|
| ÖNSÖZ.....                                          | vi           |
| İÇİNDEKİLER .....                                   | vii          |
| ÖZET.....                                           | ix           |
| ABSTRACT .....                                      | x            |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                               | xi           |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                             | xiii         |
| KISALTMALAR DİZİNİ .....                            | xiv          |
| 1. GİRİŞ.....                                       | 2            |
| 1.1 Literatür Araştırması .....                     | 3            |
| 2. ENERJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMLARI .....     | 5            |
| 2.1 Enerji Kavramı .....                            | 5            |
| 2.2 Enerji Kaynakları Kavramı .....                 | 6            |
| 2.3 Sürdürülebilirlik Kavramı .....                 | 7            |
| 3. YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI .....            | 11           |
| 3.1 Dünyada Enerji Durumu .....                     | 12           |
| 3.2 Türkiye’de Enerji Durumu .....                  | 12           |
| 3.2.1 Türkiye’de enerji tüketimi .....              | 12           |
| 3.2.2 Türkiye’de enerji üretimi .....               | 13           |
| 3.3 Petrol .....                                    | 14           |
| 3.3.1 Türkiye’de petrol durumu.....                 | 15           |
| 3.4 Doğalgaz.....                                   | 18           |
| 3.4.1 Türkiye’de doğalgaz durumu.....               | 19           |
| 3.5 Kömür.....                                      | 22           |
| 3.5.1 Dünya kömür durumu.....                       | 23           |
| 3.5.2 Türkiye’de kömür durumu.....                  | 25           |
| 3.6 Nükleer Enerji .....                            | 28           |
| 3.6.1 Türkiye’de nükleer enerji durumu .....        | 29           |
| 3.6.1.1 Akkuyu nükleer santral projesi .....        | 30           |
| 3.6.1.2 Sinop nükleer santral projesi.....          | 30           |
| 4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI .....            | 32           |
| 4.1 Güneş Enerjisi .....                            | 36           |
| 4.1.1 Fotovoltaik güneş teknolojileri .....         | 37           |
| 4.1.2 Isıl güneş teknolojileri .....                | 38           |
| 4.1.3 Türkiye’de güneş enerjisi durumu .....        | 38           |
| 4.2 Rüzgâr Enerjisi .....                           | 43           |
| 4.2.1 Türkiye’ de rüzgâr enerjisi durumu .....      | 45           |
| 4.3 Hidroelektrik Enerji.....                       | 49           |
| 4.3.1 Türkiye’ de su kaynakları durumu.....         | 50           |
| 4.3.2 Türkiye’de hidroelektrik enerjisi durumu..... | 53           |
| 4.4 Jeotermal Enerji.....                           | 54           |
| 4.4.1 Türkiye’de jeotermal enerji durumu .....      | 56           |

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5 Biyokütle Enerjisi.....                                   | 59        |
| 4.5.1 Biyokütle kaynakları.....                               | 61        |
| 4.5.2 Biyokütle yetiştiriciliği.....                          | 62        |
| 4.5.2.1 Enerji ormanları .....                                | 62        |
| 4.5.2.2 Enerji tarımı .....                                   | 63        |
| 4.5.3 Biyodizel üretimi .....                                 | 63        |
| 4.5.4 Biyogaz üretimi .....                                   | 64        |
| 4.5.5 Türkiye’de biyokütle durumu .....                       | 65        |
| <b>5. TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARINA GENEL BAKIŞ .....</b> | <b>68</b> |
| 5.1 Yenilenebilir Enerji Alanında Türkiye’nin Geleceği .....  | 72        |
| 5.2 Yenilenebilir Enerjinin Türkiye İçin Ekonomik Önemi.....  | 76        |
| 5.3 Yenilenebilir Enerjinin Türkiye İçin Çevresel Önemi ..... | 79        |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                              | <b>83</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                                        | <b>87</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                          | <b>91</b> |



## ÖZET

### SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMI VE ÖNEMİ

Hızlı artan nüfus, gelişen teknoloji ve sanayileşme enerji talebindeki artışı da beraberinde getirmektedir. Günümüzde enerji talebinin karşılanmasında alışlagelen fosil kaynaklar daha yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak yapılan bilimsel çalışmalar ve elde edilen bulgular yenilenmez fosil kaynaklı yakıtların yakın bir gelecekte tükeneceğini ortaya koymaktadır. Fosil kaynakların tükenme riskleri ile birlikte dünyanın doğal dengesi de bozulmaya başlamış ve çevre kirlilikleri oluşmuştur. Özellikle küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi kavramlar son dönemde hayatımıza girmiştir. Ayrıca yenilenemez kaynakların maliyetlerinin artması ve çok kısa süreler sonunda tükenecek olması da sürdürülebilirliği ortadan kaldırmaktadır. Fosil kaynaklara alternatif yenilenebilir enerji kaynakları ise günümüzde enerji, ısınma ve ulaştırma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; sürdürülebilir, yerli, yakıt maliyetleri düşük aynı zamanda temiz ve çevreci özellikleri son dönemde daha da önemli hale gelmiştir.

Bu çalışmada; sürdürülebilirliğin sağlanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminin vurgulanması amaçlanmaktadır. Yenilenemez fosil kaynaklı yakıtların kullanımı ile ortaya çıkan sorunların ancak yenilenebilir enerji kaynakları ile çözüleceği belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada; ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını azaltmak için milli ve yerli yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının önemi belirtilerek toplumda bu konuda bilinç oluşturmak hedeflenmektedir.

Bu çalışmada; ilk olarak enerji, kalkınma ve sürdürülebilirlik kavramları incelenmiştir. Yenilenemez enerji kaynakları, Türkiye'deki kullanımları ve rezervleri hakkında bilgiler verilmiştir. Devamında temiz, çevre dostu ve sürdürülebilir olan yenilenebilir enerji kaynakları hakkında detaylı bilgiler verilmiş, avantajları incelenmiş ve Türkiye'deki potansiyeli üzerinde durulmuştur. Son olarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları ve bu politikaların geleceği; ekonomik, çevresel ve toplumsal etkileri bakımından değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Kalkınma, Enerji Politikaları.

## **ABSTRACT**

### **USAGE AND IMPORTANCE OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES UNDER SUSTAINABILITY**

Rapidly growing population, developing technology and industrialization are accompanied by an increase in energy demand. Today, usual fossil resources are used more heavily in meeting energy demand. However, scientific studies and findings show that nonrenewable fossil based fuels will be consumed in the near future. Along with the risks of depletion of fossil resources, the natural balance of the world has also begun to deteriorate and environmental pollution has occurred. Especially, concepts such as global warming and climate change have recently entered our lives. In addition, the increase in the costs of non-renewable resources and the fact that they will be consumed after a very short period of time also remove sustainability. As renewable energy sources alternative to fossil resources today are used in many areas such as energy, heating and transportation. Renewable energy sources have sustainable, domestic, low fuel costs, and at the same time clean and environmentally friendly properties they have become more important in the last period.

The aim of in this study; is to emphasize the importance of renewable energy sources in ensuring sustainability. It is stated that problems arising from the use of non-renewable fossil fuels can be solved only with renewable energy sources. Also in this study; it is aimed to raise consciousness about this issue in the society by emphasizing the use of national and domestic renewable energy sources in order to reduce the external dependency of our country on energy.

In this study; firstly the concepts of energy, development and sustainability have been examined. Information on non-renewable energy sources, their usage in Turkey and their reserves has been given. Afterwards detailed information about renewable energy sources that are clean, environmentally friendly and sustainable have been given and the advantages of them and the potential in Turkey have been examined. Finally, Turkey's renewable energy policies and the future of them are examined in terms of economic, environmental and social impacts.

**Keywords:** Renewable Energy, Sustainability, Sustainable Development, Energy Policies.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1: 2016 yılı itibariyle fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri .....         | 11 |
| Şekil 3.2: 2016-2040 yılları arasında enerji arzı altyapısı yatırımları .....          | 11 |
| Şekil 3.3: 2016 yılında Dünya’da enerji tüketiminin kaynaklara dağılımı.....           | 12 |
| Şekil 3.4: 2016 yılında Türkiye’de enerji tüketiminin kaynaklara dağılımı.....         | 13 |
| Şekil 3.5: 2016 yılsonu itibarıyla Türkiye’de enerji kurulu gücü.....                  | 13 |
| Şekil 3.6: Ülkemizde kurulu enerji gücünün yıllar itibariyle değişimi .....            | 14 |
| Şekil 3.7: 2015 yılı itibariyle Dünya’da ispatlanmış petrol rezervi.....               | 15 |
| Şekil 3.8: 2016 yılında Türkiye’nin petrol ithal ettiği ülkeler .....                  | 18 |
| Şekil 3.9: 2015 yılında Dünya’da ispatlanmış doğalgaz rezervi dağılımı .....           | 19 |
| Şekil 3.10: 2016 yılında Türkiye’nin doğalgaz ithal edilen ülkeler .....               | 22 |
| Şekil 3.11: Dünya kömür rezervlerinin kömür kategorilerine göre dağılımı .....         | 23 |
| Şekil 3.12: Dünya kömür rezervlerinde ülkelerin payları .....                          | 23 |
| Şekil 3.13: Dünya linyit rezervlerinde ülkelerin payları .....                         | 24 |
| Şekil 3.14: Dünya kömür üretimleri .....                                               | 24 |
| Şekil 3.15: Dünya linyit üretimleri .....                                              | 25 |
| Şekil 3.16: Türkiye taşkömürü üretimleri.....                                          | 26 |
| Şekil 3.17: Türkiye linyit üretimleri .....                                            | 26 |
| Şekil 3.18: Yerli kömürün kurulu güç ve brüt elektrik üretimi içindeki payı .....      | 27 |
| Şekil 4.1: Türkiye’nin güneşlenme süreleri.....                                        | 39 |
| Şekil 4.2: Türkiye’nin global radyasyon değerleri .....                                | 39 |
| Şekil 4.3: Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücünün gelişimi .....                     | 40 |
| Şekil 4.4: Rüzgâr enerjisi üretim şeması .....                                         | 43 |
| Şekil 4.5: Türkiye’nin rüzgâr enerjisi potansiyeli .....                               | 46 |
| Şekil 4.6: Türkiye’de rüzgâr enerjisi kurulu gücünün yıllar içerisindeki gelişimi..... | 46 |
| Şekil 4.7: Hidroelektrik enerji üretim şeması .....                                    | 49 |
| Şekil 4.8: Türkiye’nin 25 havzasını gösteren harita .....                              | 53 |
| Şekil 4.9: Türkiye’de hidrolik enerjisi kurulu gücünün yıllar içerisindeki gelişimi. . | 54 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.10:</b> Jeotermal enerjinin oluşumu .....                            | 55 |
| <b>Şekil 4.11:</b> Bazı ülkelerin jeotermal üretim kapasitesi .....             | 56 |
| <b>Şekil 4.12:</b> Türkiye'nin fay hatları, volkanik ve jeotermal alanları..... | 57 |
| <b>Şekil 4.13:</b> Türkiye'de jeotermal enerjisi kurulu gücünün gelişimi .....  | 58 |
| <b>Şekil 4.14:</b> Bitkisel döngü .....                                         | 60 |
| <b>Şekil 4.15:</b> Biyokütle döngüsü.....                                       | 60 |
| <b>Şekil 4.16:</b> Biyodizel üretim döngüsü .....                               | 63 |
| <b>Şekil 4.17:</b> Türkiye'de biyokütle enerjisi kurulu gücünü gelişimi .....   | 66 |
| <b>Şekil 5.1:</b> 2016 yılı tüm ithalat içerisinde enerji ithalatı.....         | 76 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                               | <b><u>Sayfa</u></b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Çizelge 2.1:</b> Enerji kaynaklarının genel sınıflandırılması .....                        | 7                   |
| <b>Çizelge 3.1:</b> Türkiye’de ham petrol üretimi .....                                       | 16                  |
| <b>Çizelge 3.2:</b> Türkiye’de ham petrol tüketimi.....                                       | 17                  |
| <b>Çizelge 3.3:</b> Türkiye’de doğalgaz üretimi .....                                         | 20                  |
| <b>Çizelge 3.4:</b> Türkiye’de doğalgaz tüketimi .....                                        | 21                  |
| <b>Çizelge 4.1:</b> Türkiye’nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere dağılımı. .... | 39                  |
| <b>Çizelge 4.2:</b> Türkiye’nin su kaynakları potansiyeli .....                               | 51                  |
| <b>Çizelge 4.3:</b> HES potansiyeli durumu .....                                              | 52                  |
| <b>Çizelge 4.4:</b> Özel sektörcce geliştirilecek projeler .....                              | 52                  |
| <b>Çizelge 4.5:</b> Özel sektörcce geliştirilecek projeler (GAP) .....                        | 52                  |
| <b>Çizelge 4.6:</b> Türkiye'deki jeotermal uygulamaların karşılaştırılması .....              | 57                  |
| <b>Çizelge 4.7:</b> Türkiye’de orman kaynaklı biyokütle potansiyeli.....                      | 67                  |
| <b>Çizelge 5.1:</b> Yenilenebilir enerji kaynakları performans değerleri .....                | 71                  |
| <b>Çizelge 5.2:</b> Yenilenebilir enerji kaynakları ile toplam brüt elektrik üretimi.....     | 74                  |
| <b>Çizelge 5.3:</b> Yenilenebilir enerji kaynakları ile yapılan üretim ve hedefler.....       | 74                  |
| <b>Çizelge 5.4:</b> Yıllar itibariyle enerji ithalatı verileri ve tahminler .....             | 77                  |

## KISALTMALAR DİZİNİ

|                       |                                            |
|-----------------------|--------------------------------------------|
| <b>AB</b>             | : Avrupa Birliği                           |
| <b>ABD</b>            | : Amerika Birleşik Devletleri              |
| <b>AR-GE</b>          | : Araştırma Geliştirme                     |
| <b>BEPA</b>           | : Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası     |
| <b>CO<sub>2</sub></b> | : Karbondioksit                            |
| <b>ÇED</b>            | : Çevresel Etki Değerlendirme              |
| <b>DSİ</b>            | : Devlet Su İşleri                         |
| <b>EİE</b>            | : Elektrik İşleri Etüt İdaresi             |
| <b>EPDK</b>           | : Enerji Piyasası Denetleme Kurumu         |
| <b>ETKB</b>           | : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı      |
| <b>EÜAŞ</b>           | : Enerji Üretim Anonim Şirketi             |
| <b>GAP</b>            | : Güneydoğu Anadolu Projesi                |
| <b>GEPA</b>           | : Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası         |
| <b>GW</b>             | : Gigawatt                                 |
| <b>GWh</b>            | : Gigawatt Saat                            |
| <b>h</b>              | : Saat                                     |
| <b>HES</b>            | : Hidroelektrik Enerji Santrali            |
| <b>IEA</b>            | : Uluslararası Atom Enerjisi               |
| <b>Kcal</b>           | : Kilokalori                               |
| <b>Kg</b>             | : Kilogram                                 |
| <b>km</b>             | : Kilometre                                |
| <b>km<sup>2</sup></b> | : Kilometre Kare                           |
| <b>kW</b>             | : Kilowatt                                 |
| <b>kWh</b>            | : Kilowatt Saat                            |
| <b>m</b>              | : Metre                                    |
| <b>mm</b>             | : Milimetre                                |
| <b>m<sup>2</sup></b>  | : Metrekare                                |
| <b>m<sup>3</sup></b>  | : Metreküp                                 |
| <b>MTA</b>            | : Maden Tetkik Arama                       |
| <b>MTEP</b>           | : Milyon Ton Eşdeğer Petrol                |
| <b>MW</b>             | : Megawatt                                 |
| <b>MGM</b>            | : Meteoroloji Genel Müdürlüğü              |
| <b>NO<sub>x</sub></b> | : Azot Oksit                               |
| <b>OECD</b>           | : Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı |
| <b>OVP</b>            | : Orta Vadeli Plan                         |
| <b>PV</b>             | : Fotovoltaik                              |
| <b>REPA</b>           | : Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası        |
| <b>RES</b>            | : Rüzgâr Enerjisi Santrali                 |
| <b>SO<sub>x</sub></b> | : Sülfür Oksit                             |
| <b>TAEK</b>           | : Türkiye Atom Enerjisi Kurumu             |
| <b>TEİAŞ</b>          | : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi   |
| <b>TEP</b>            | : Ton Eşdeğer Petrol                       |

|             |                                        |
|-------------|----------------------------------------|
| <b>TKİ</b>  | : Türkiye Kömür İşletmeleri            |
| <b>TPAO</b> | : Türkiye Petrol Anonim Ortaklığı      |
| <b>TTK</b>  | : Türkiye Taş Kömürü Kurumu            |
| <b>TWh</b>  | : Terawatt Saat                        |
| <b>YEGM</b> | : Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü |
| <b>YEKA</b> | : Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları |



## 1. GİRİŞ

Günümüzde enerji üretimi ve tüketimi ülkelerin gelişmişlik ve refah seviyelerini gösteren bir dinamik olmakla birlikte sosyal ve ekonomik kalkınmanın vazgeçilmez bir ögesi haline gelmiştir. Küresel rekabetin gündemde olduğu ve rekabet şartlarının günden güne sertleştiği günümüz dünyasında, ülkelerin varlıklarını devam ettirebilmeleri için sürdürülebilir kalkınmayı ve dolayısıyla sürdürülebilir enerjiyi sağlamaları gerekmektedir.

Enerji tüketiminde daha yoğun olarak fosil kaynaklı yenilenemez yakıtlar tercih edilmektedir. Ancak bu kaynakların maliyetlerinin çok fazla olması, ülkeleri dışa bağımlı hale getirmeleri, çevremize verdiği zararlar ve en önemlisi yakıt rezervlerinin sınırlı olması ülkeleri yenilenebilir kaynaklara yönlendirmektedir. Öyle ki üretimin temel girdisi olan enerjideki fiyat artışları ülkelerin ekonomik yapısını kolaylıkla etkileyebilmektedir. Bu durum ise sürdürülebilir kalkınmayı etkilemektedir.

Sürdürülebilir kalkınma ancak çevrenin devamlılığı ile sağlanabilir. Çünkü sürdürülebilir kalkınmanın temelinde, kaynakların korunması, süreklilik ve çevreye etkilerin en aza indirmesi vardır. Bu da öncelikle yenilenebilir kaynakların kullanılması ile mümkündür. Yenilemez kaynaklarla enerji tüketiminin global ve bölgesel düzeyde meydana getirdiği çevresel etkiler, özellikle küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, ihmal edilebilecek seviyelerde emisyonu neden olan yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel önemi de ortaya koymaktadır. Ayrıca yenilenebilir kaynakların kullanımı ile güvenli ve çeşitlendirilmiş enerji de sağlanması mümkün olabilecektir. Tüm bu ekonomik ve çevresel faktörler ülkeleri son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Ülkeler yenilenebilir enerji teknolojilerinde ilerleme kaydetmeye ve enerji üretiminde bu kaynaklardan daha fazla yararlanmaya çalışmaktadırlar. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, çevrenin ve doğanın geleceğini güven altına almak, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça önemlidir.

Bu bağlamda dünyada, önümüzdeki dönemlerde artık enerji kaynağı olarak petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil kaynaklardan daha çok güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından söz edilecektir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji konusu, günden güne önemini arttırmıştır. Ülkemizde, doğalgaz ve petrol gibi fosil yakıt rezervlerinin çok sınırlı seviyede olması ve enerji üretiminin tüketimi karşılayamaması enerjide dışa bağımlılığa neden olmuştur. Ayrıca enerjiyi ithal etmede yaşanan zorluklar bir kez daha ülkemizin kendi öz kaynaklarını kullanarak milli ve yerli enerji sağlayabilme prensibini gündeme getirmiştir.

Bu güne kadar yenilenebilir enerji sektörüne yeterli destek ve önem verilmemiş olsa da ülkemizde oldukça önemli potansiyele sahip olan hidroelektrik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle enerjisi vardır. Bu nedenle son dönemde ülkemiz hızla bu kaynaklara yönelme ve kaynakları en verimli şekilde kullanma çabasına girmiştir. Ülkemiz enerjide çevre uyum hedefi ile sürdürülebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma konusunda çok önemli adımlar atmaktadır. Bu bağlamda fosil kaynak kullanımını giderek azaltılıp karbon emisyonu son derece düşük olan yenilenebilir enerji tercih edilerek gelecek kuşaklara yönelik sorumluluklar yerine getirilmelidir.

### **1.1 Literatür Araştırması**

Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili daha önce birçok çalışma ve araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle bölgesel potansiyeller ortaya konmuş, kullanım alanlarını belirlenmiş ve ekonomik analizler yapılmıştır. Bu konuda yapılan çeşitli çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Ataman (2007), “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları” isimli yüksek lisans tez çalışmasında; küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunlar ile çevre ve insan sağlığına zarar veren fosil kaynaklı yakıtlar yerine ihtiyaç duyulan enerjinin yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanması gerektiğini vurgulamıştır [1].

Bozkurt (2008), “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi” konusundaki yüksek lisans tez çalışmasında gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçlarının kendi öz kaynaklarından sağlaması gerektiğini ayrıca fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ülkemizin enerji politikasını belirlemede teşkil ettiği önem üzerinde durmuştur [2].

Cingil (2008), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ekonomik Etüdü” konulu yüksek lisans tez çalışmasında; yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin dünya ve Türkiye’deki perspektifini ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki maliyet analizini incelemiştir [3].

Bayındır (2010), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye Uygulamaları” konulu yüksek lisans tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili detaylı bilgiler vermiş ayrıca bu konuda AB ve Türkiye’deki uygulamaları incelenmiştir [4].

Öztaşkan (2011), “AB Sürdürülebilir Kalkınma Politikaları Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yönelim ve Türkiye’nin Durumunun Değerlendirilmesi” konulu yüksek lisans tez çalışmasında Avrupa Birliği ve Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini ve bu kaynaklara ilişkin politikaları incelemiş; ayrıca Avrupa Birliği politikaları karşısında Türkiye’nin durumu değerlendirmiştir [5].

Çelik (2012), “Türkiye’nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi” konusundaki yüksek lisans tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının konusunda bilgiler vermiş ve dışa bağımlılıktaki maliyetler üzerinde durmuştur [6].

Keskin (2012), “Çevre Mühendisliğinde Ar-Ge Uygulamalarının Araştırılması Yenilenebilir Enerji Örneği” konusunda yüksek lisans tez çalışmasında fosil kaynaklı yakıtlarla rekabet edebilecek güce sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarına değinmiştir [7].

Gezer (2013), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye” konusunda yüksek lisans tez çalışması yapmış, Türkiye’nin enerji ile ilgili kalkınma politikalarının inceleyerek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması hedeflerini ortaya koymuştur [8].

Urgun (2015), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Bakımından Türkiye’deki Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Hayata Geçirilmesine Yönelik Stratejiler” konusundaki yüksek lisans tez çalışmasında enerji talebinin sağlanmasında fosil kökenli yakıtların yerine çevreye duyarlı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerektiğine değinmiştir [9].

## 2. ENERJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMLARI

### 2.1 Enerji Kavramı

Fiziksel anlamda iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanan enerji, kök olarak yunanca “en” ve “ergon” kelimelerinin birleşiminden oluşan “energeia” kelimesinden gelmektedir. Buradaki en, iç olarak, ergon ise iş olarak tanımlanmaktadır. Kelime anlamı iç işe karşılık gelen enerji günümüzde; ısınma, ulaştırma, sanayi, aydınlatma, ulaşım, nakliye gibi günlük yaşantımızı kolaylaştırmak için kullandığımız neredeyse tüm işlerin yapılabilmesi için gerekli olan kaynaktır [10].

Enerji duyu organlarımızla algılayamadığımız ancak yapılan iş ile ölçülüp değerlendirilebilen soyut bir kavramdır. Örneğin; yürümek, yemek yemek, araba sürmek, çalışmak birer iştir ve bu işleri yerine getirebilmek için enerjiye ihtiyaç vardır. Yani enerji, cisimlerin hareket etmesini veya yer değiştirmesini sağlar.

Doğanın temel enerji kaynağı olan güneş enerjisi, bitkiler tarafından fotosentez ile kimyasal enerjiye dönüştürülür. Doğadaki enerji, ısı, ışık, kimyasal, mekanik, nükleer, elektrik gibi birçok şekilde bulunabilir ve her enerji çeşidi, başka bir enerjiye çeşidine dönüşebilir. Enerjinin Korunumu Kanununa göre, enerji bir şekilden başka şekle dönüşür, ancak hiçbir zaman yok olmaz veya yeniden oluşturulamaz. Evrenin toplam enerjisi korunarak sadece şekil ve yer değiştirmektedir. Başka bir deyişle dengeli bir proseste bütün enerji girdileriyle çıktıları birbirine eşittir [11].

Günümüzde modern yaşam biçimi ve hızla ilerleyen teknoloji, enerjiyi vazgeçilmez hale getirmiştir. Elektriğin, petrolün, doğalgazın, kömürün kısacası enerjinin olmadığını bir an hayal edecek olursak, birçok işi yapamaz hale gelecek ve günlük yaşam sürdürülemez olacaktır.

Enerji, toplumların gelişmişlik seviyelerini gösteren ve bu gelişmeyi doğrudan etkileyen bir faktördür. Enerji, insan hayatının her anında olmazsa olmaz bir ihtiyaçtır ve yaşamın devamı ancak enerjinin varlığı ile sağlanabilir. Sanayide, ulaşımda, haberleşmede, üretimde, nakliyyede, aydınlanmada kısacası yaşamın her aşamasında enerji kullanılmaktadır. Mekanik bilimin ilerlemesiyle birlikte, enerji terimi, iş yapabilme yeteneğinin bir ölçüsü olarak kullanılmaya başlanmıştır. Toplam enerji, doğadaki değişim ve gelişimler bağımsızdır ve miktarı değişmez. Enerjinin Korunumu Yasasında, belli bir sistem içerisindeki bir enerji türü, belli bir şekilde sınırlı kalmayıp başka bir şekle dönüşüm sağlar. Bu değişimlere konu olan türler; kütle çekimi, elektrik, ısı, kütle, ışınım ve çekirdek enerjileri ayrıca kinetik enerji ve kimyasal enerjidir.

İş yapabilme gücü olan enerji terimi evrensel bir kavramdır. Toplumların refah seviyelerini yükseltmek, ekonomik ve sosyal kalkınmayı sağlamak için enerji vazgeçilmez bir unsurdur. Ancak şu da kabul edilmelidir ki enerji konusundaki sorunlar ve çözümler de evrenseldir. Günümüzde üretimin temel girdisi olan enerji daha çok elektrik ve ısı şeklinde tüketilmektedir. Ancak enerji üretimi ve tüketimi sırasında çeşitli çevresel kirlilikler oluşmakta ve günden güne doğal yaşamı tehdit eder hale gelmektedir. Bugün çevre ve doğa kirliliğinin neredeyse üçte birinin enerji üretimi sonucu meydana geldiği tahmin edilmektedir.

## **2.2 Enerji Kaynakları Kavramı**

Enerji kaynaklarını, tükenebilirlik ya da yenilenebilirlik bakımından sınıflandırma yapmak mümkündür (Çizelge 2.1). Bu sınıflandırmada, olağan bir çevrim prosesinde değişmeden kalabilen, tüketilmesine karşın azalmayan, yenilenen enerji kaynaklarına yenilenebilir enerji kaynakları; tüketildiğinde kendini yenilemeyen, azalan ve tükenen enerji kaynakları ise yenilenemez enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları fosil ve çekirdek kaynaklı olarak ikiye ayrılmaktadır. Petrol, kömür ve doğalgaz fosil kaynaklı, nükleer enerji ise çekirdek kaynaklıdır. Hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle enerjileri ise yenilenebilir enerji kaynağıdır.

**Çizelge 2.1:** Enerji kaynaklarının genel sınıflandırılması. (URL-1)

| <b>ENERJİ KAYNAKLARI</b>                 |                                          |
|------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>A)YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI</b> | <b>B)YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI</b> |
| * PETROL (Fosil Kaynaklı)                | *HİDROLİK ENERJİ                         |
| * DOĞALGAZ (Fosil Kaynaklı)              | *GÜNEŞ ENERJİSİ                          |
| * KÖMÜR (Fosil Kaynaklı)                 | *JEOTERMAL ENERJİ                        |
| * NÜKLEER (Çekirdek Kaynaklı)            | *RÜZGÂR ENERJİSİ                         |
|                                          | *BİOKÜTLE ENERJİSİ                       |

### 2.3 Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik terimi; var olan kaynaklarımızın gelecek nesillere kalacak ve yetecek biçimde kullanılmasını ifade etmektedir. Sürdürülebilirlik başka bir ifadeyle üretebilme yeteneğinin yakın gelecekte korunması olarak da tanımlanabilir. Sürdürülebilirlik genel olarak dünyamızda yaşanan küresel ısınmanın sonucunda var olan kaynakların değişmesi ve tükenmesini baz almıştır.

Sürdürülebilir kalkınma; çevre değerleri ve doğal kaynakları savurganlık yapmadan, akılcı metotlarla, bugünkü ve gelecek kuşakların hak ve yararlarını da göz önüne alarak kullanılması prensibinden taviz vermeden, ekonomik gelişmenin sağlanmasını benimseyen çevreci dünya görüşü olarak tanımlanmaktadır [12].

Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik, sosyal ve çevresel süreçte sürdürülebilirliği kapsamaktadır. Birbirini tamamlayan bu farklı dinamiklerin arasındaki ilişkiyi ve bunların arasında denge kurmak gerektiğini ifade eder. Bu dinamikler bütünsel bir yaklaşım ile sürdürülebilirliği sağlar. Nüfus artışı, yaşam standartlarının iyileştirilmesi, ekonomik ve üretime yönelik faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi ayrıca ekonomik büyüme ile giderek artan enerji gereksiniminin karşılanması sürdürülebilir kalkınmayı vazgeçilmez hale getirmiştir.

Ülkemizde ve dünyada sosyal ve ekonomik kalkınmanın temel girdisi olan enerjiye gün geçtikçe talebin daha çok artması, var olan enerji kaynaklarının sınırlı olması ve bu kaynakların sürekli azalması gerçeğinin daha geniş kitlelerce anlaşılması ülkeleri, enerji politikalarını yeniden gözden geçirmeye ve enerjiyi en verimli şekilde kullanmaya yöneltmiştir.

Fosil enerji kaynaklarına ilk kez 1973 yılındaki Petrol Krizi sonrasında güvensizlik olmuştur. Bu güvensizlik, tüm dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgiyi arttırmış. 1980'li yıllarda petrol fiyatları düşse de petrole dayalı enerjisi tüketen ülkeler için bu durum riskli olarak görülmüştür. Günümüzde tekrar artış trendine giren petrol ve doğalgaz fiyatları; ülkeleri enerji güvenliği ve enerji ihtiyacını karşılayacak kaynakların çeşitlendirilmesini sağlama politikalarını adeta teyit etmiştir. 1990'lı yıllarda çevre bilincinin de gelişmesiyle yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artmaya başlamıştır.

Durumun bu kadar önemli olmasının en temel nedeni ekonomidir. Ayrıca sosyoekonomik bir problem olan sürdürülebilir kalkınma ile küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunu da bu konuyu daha önemli kılmaktadır. Gelişmiş ve güçlü ekonomik yapıya sahip olan ülkeler bir yandan ekonomilerinde gerekli yapısal reformları gerçekleştirirken diğer yandan uluslararası teşkilatlar aracılığıyla enerji sorunlarına çözüm aramaya başlamışlardır. Ülkemizde ve dünyada sürdürülebilir kalkınmanın temel girdisi olarak kabul edilen enerjiye talebin her geçen gün daha da artması, var olan fosil kaynaklı yakıt rezervlerin sınırlı olması, ekonomide önemli kayıplara neden olması ve fosil yakıtların çevreye verdiği zararların daha geniş kitlelerce anlaşılması ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönetmiştir.

Kalkınma, ekonomide halkın değer yargılarını, dünya görüşlerini, tüketim ve davranışlarındaki değişimleri içeren toplumsal ve kuramsal yapıda dönüşüme yol açan büyüme olarak tanımlanmaktadır [URL-2]. Sürdürülebilir kalkınma, ise kalkınmanın anlık değil de süreklilik arz etmesini ifade etmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın amacı; doğal kaynaklar kullanılırken gelecek nesillerin de ihtiyaçlarının karşılanarak bugünün ve geleceğin kalkınmasıdır.

Sürdürülebilir kalkınma; ekonomik, sosyal, kültürel ve çevre boyutu bulunan bir kavramdır ve her bir boyut karşılıklı olarak birbirini etkilemektedir. Sürdürülebilir kalkınma; ancak sürdürülebilir bir çevre ile var olur. Çevresel sürdürülebilirlik ise doğal kaynakların sürekliliği ve devamlılığının sağlanması anlamına gelmektedir. Buradaki en önemli nokta kaynakların kullanım seviyelerinin bu kaynakların kendi kendini yenileme hızından fazla olmaması gerekliliğidir. Ayrıca doğaya salınan kirleticilerin oranının, doğanın bu kirleticileri kendi sürecinde temizleme hızından fazla olmaması gerekmektedir. Biyolojik çeşitliliğin sağlanması, insan sağlığı ile hava, su ve toprak kalitesinin korunması; hayvan ve bitki yaşamlarına herhangi bir tehdit oluşmaması çevresel sürdürülebilirlik içerisinde yer almaktadır. Sürdürülebilir kalkınma özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin öncelikli gündemlerinden birisi olacaktır. Şu bilinmelidir ki bu kavramın şu an itibarıyla karşı karşıya kaldığımız çevre sorunlarını çözebilmesi için adalet, eşitlik, demokrasi, birlik ve beraberlik gibi kavramlarını bütünüyle kapsaması gerekmektedir. Ekonomik refah, sosyal adalet, çevrenin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması ancak birbirini tamamlayan ve güçlendiren bu kavramlarla olabilecektir.

Önümüzdeki yıllarda, nüfus artışı, gelişen teknoloji ve sanayileşme neticesinde enerji talebinin artması beklenmekte bu durum da çevresel sorunları tetiklemektedir. Bu sorunların çözümü için çevreye minimum zarar verecek ve enerji üretirken ekonomik kalkınmayı da sağlayacak yenilenebilir enerji kaynakları enerji yelpazesine eklenmelidir. Bunun için ise mevcut siyasi irade; güçlü bir siyasi istikrar içerisinde, ileri görüşlü vizyonları ile ulusal ve uluslararası platformlarda etkili çevre politikaları üretmelidir.

Sürdürülebilirlik artan çevresel sorunlar nedeniyle kalkınmanın en önemli unsurlarından biri haline gelmiştir. Çevresel sorunlar ile birlikte fosil kökenli kaynakların yakın bir zaman içerisinde tükenecek olmasının anlaşılması, kalkınmanın sürdürülebilir olması gerçekliğinin insanlar tarafından anlaşılmasını sağlamıştır. Enerji üretimi ve tüketiminin sürdürülebilir kalkınma kapsamında gerçekleştirilmesi, günümüz dünyasının en önemli gündem konularındandır. Bu anlamda, insanoğlu sürdürülebilir kalkınma ve daha iyi yaşam standartları arayışına devam ettikçe, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı bir zorunluluk haline gelecektir.

Çevre; toplumlar için nasıl ki yaşamsal bir ögeyse enerji de uygarlığın gelişim süreci içerisindeki belirleyici bir olgudur. Enerjinin; ekonomik büyüme ve gelişme ile toplumsal refahın temel girdisi olduğu dünyada kabul edilen bir gerçekliktir. Enerji üretimi; hangi kaynaktan sağlanırsa sağlansın ve hangi metot kullanılırsa kullanılsın çevreye mutlaka bir etkisi olacaktır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus; enerjinin kalıcı çevresel sorunlara yol açmadan, ekolojik dengeyi bozmadan ve gelecek nesillere en sağlam ve sağlıklı bir şekilde minimum zararlar bırakmak olmalıdır. Aslında bu durum sürdürülebilir enerjiye yani yenilenebilir enerji kaynaklarına işaret etmektedir. Sürdürülebilir enerji ise tüm ulusları ilgilendiren ve bütün dünya tarafından benimsenmesi gereken ortak bir anlayış olmalıdır. Sürdürülebilir enerji ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki anahtar kilit şeklinde bir ilişki vardır. Bireylerin ve toplumların temel ihtiyaçlarını karşılayabilmesi, ekonomik rahatlık ve büyüme için enerjiden yararlanılması zorunluluktur. Ancak bunu sağlarken, şimdiki ve gelecek kuşaklar için yaşam kalitesini bozmamak, ekosistemin taşıma kapasitesini aşmamak gereklidir.

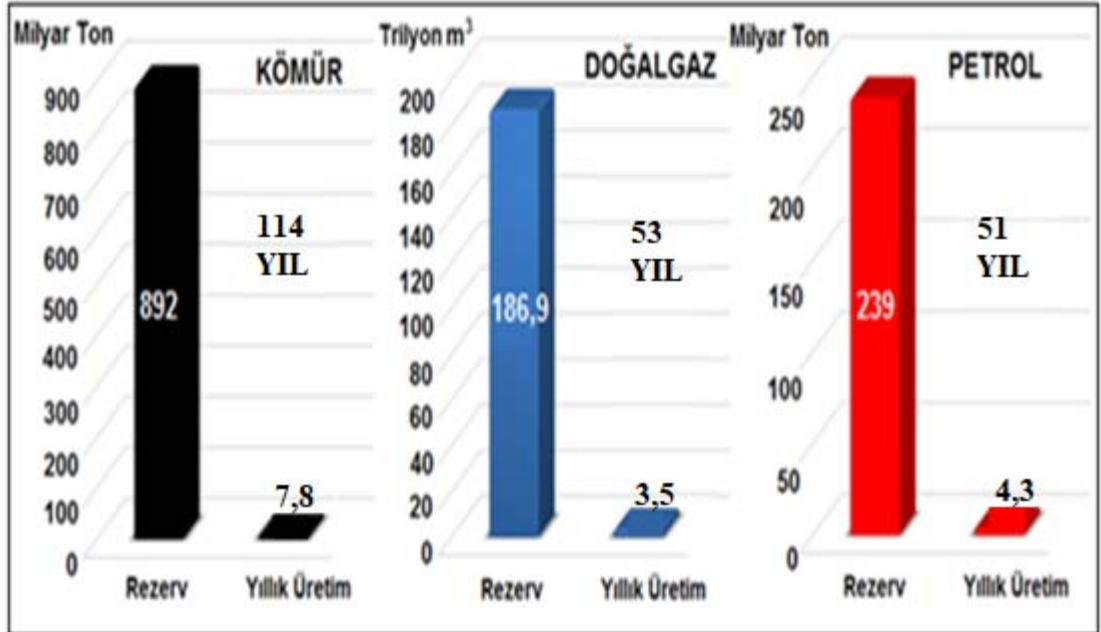
Sürdürülebilir kalkınma ancak sürdürülebilir enerji ile sağlanabilir. Bu bağlamda; sürdürülebilir enerji kavramının temel bileşeni ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması yani sürdürülebilir enerjinin kullanılması; bugünün ve geleceğin ihtiyaçlarını karşılama noktasında en önemli seçeneklerdendir. Gelecek kuşakların, kendi kalkınmalarını sağlamak; doğal ve yenilenebilir kaynakların kullanılması ile sağlanabilir. Yenilenebilir kaynakların kullanımı; sürdürülebilir kalkınma, sosyal denge, doğal çevrenin korunması, ekonomik büyüme hedeflerine ulaşılmasında önemli bir başlangıç noktasıdır. Bu nedenle insanlığın ihtiyacı olan enerjinin ekonomik ve çevreye zarar vermeden sağlanması amaçlanmalıdır.

Bu anlamda, sürdürülebilir kalkınmanın temeli olarak nitelendirilen sürdürülebilir enerji; yenilenemez enerji kaynaklarından sağlanan enerji üretimini çevre dostu temiz teknolojilerle ve en yüksek verimle gerçekleştiren, ayrıca mümkün olduğu kadar yenilenemez kaynakların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını sağlayan, bir proseste atık olarak ortaya çıkan enerjinin bir başka proseste girdi olmasını kapsayan ve bunu ekonomik büyüme ile bütünleştiren bir kavramdır.

### 3. YENİLENEMEYEN ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenemeyen, fosil kaynak veya birincil enerji olarak da adlandırılan enerji kaynakları; doğadaki hammaddesi tüketildiğinde yeniden oluşmayan, yakıldığında da zararlı gaz salınımına neden olan kömür, petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarıdır. Ayrıca nükleer enerjide yenilenemez enerji kaynağı sınıfında yer almaktadır.

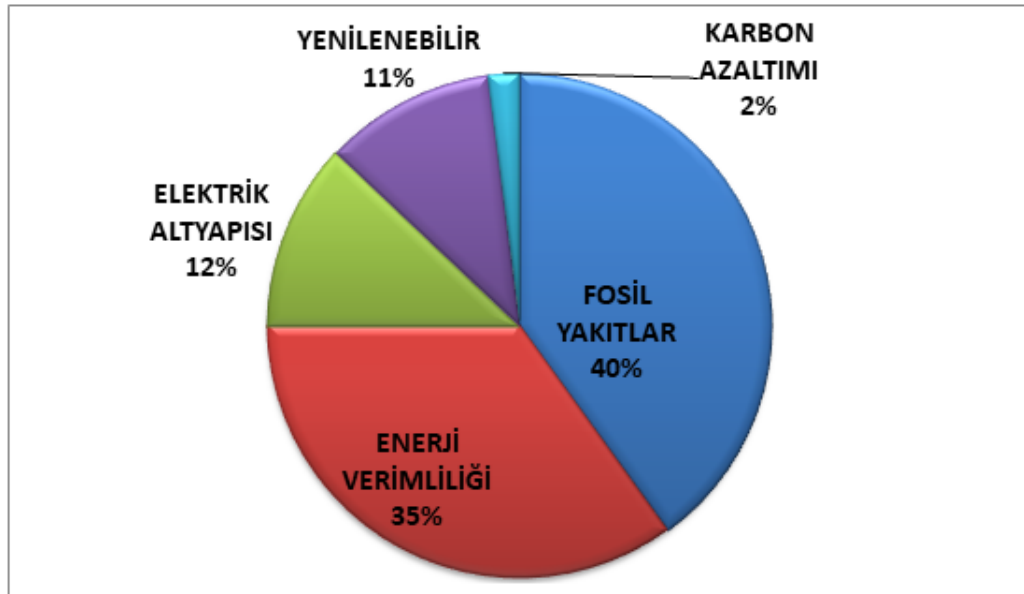
Fosil kaynaklı yakıtlar, bitkisel ve hayvansal kökenli kalıntıların milyonlarca yıl toprak altında basınca ve yüksek sıcaklığa maruz kalması ile oluşmaktadır. Bitkisel ve hayvansal kökenli doğal kaynakların dönüşümü neticesinde oluşan fosil kaynaklı yakıtlar (kömür, petrol, doğalgaz) ve bunların işlenmesiyle elde edilen ürünler çeşitli reaksiyonlar sonucu içerdikleri enerjiyi dışarıya verirler [13]. Fosil kaynaklar ile enerji üretildikten sonra bu kaynakları tekrar kullanılmak mümkün değildir. Bu nedenle her geçen gün artan tüketimin de etkisiyle mevcut kaynakların rezervleri hızla azalmaktadır. Fosil yakıtlardan özellikle doğalgaz ve petrol rezervleri kritik seviyelerdedir.



Şekil 3.1: 2016 yılı itibariyle fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri. (URL-1)

Dünyadaki toplam kömür rezervi; 114 yıl boyunca enerji ihtiyacını karşılamaya yetecek olup tüm fosil kaynaklı yakıtlar arasında en yüksek rezerv oranına sahiptir. Dünyadaki toplam petrol rezervi ise 239 milyar ton seviyelerinde olup bu miktar, yaklaşık olarak 51 yıllık tüketimi karşılayabilecektir. Dünyadaki toplam doğalgaz rezervi ise 187 trilyon m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş olup bu miktar küresel tüketimi yaklaşık 53 yıl boyunca karşılamak için yeterlidir (Şekil 3.1).

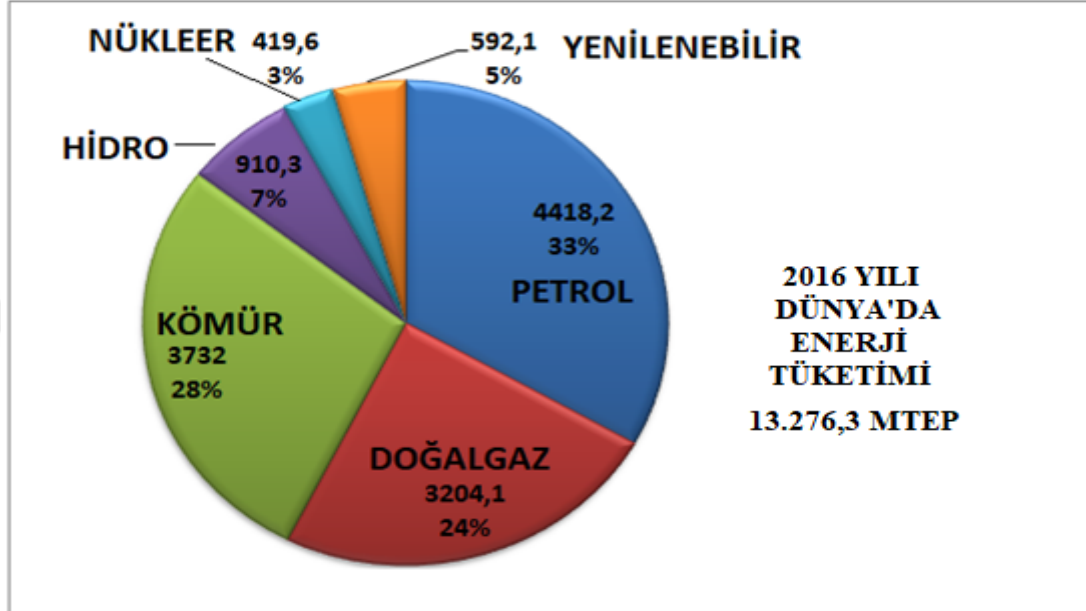
Dünyada enerji talebini karşılamak adına küresel enerji yatırımları her geçen yıl arttırılmaktadır. Enerji sektörüne 2016 ile 2040 yılları arasında global ölçekte toplam 66,5 trilyon dolar yatırım yapılacağı tahmin edilmektedir. 2016-2040 yılları arasında yeni politikalar senaryosu dikkate alındığında kaynaklara göre enerji arzı altyapısı için yatırımların dağılımı; %40 fosil yakıtlar, %35 enerji verimliliği, %12 elektrik altyapısı, %11 yenilenebilir enerji ve %2 karbon azaltımı şeklindedir (Şekil 3.2) [14].



**Şekil 3.2:** 2016-2040 yılları arasında enerji arzı altyapısı yatırımları. (URL-1)

### 3.1 Dünyada Enerji Durumu

Dünyada kullanılan enerjinin büyük bir çoğunluğu yenilenemez (birincil) enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. 2016 yılsonu verilerine göre, dünyada tüketilen toplam enerji 13.276,3 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olarak gerçekleşmiştir (Şekil 3.3).



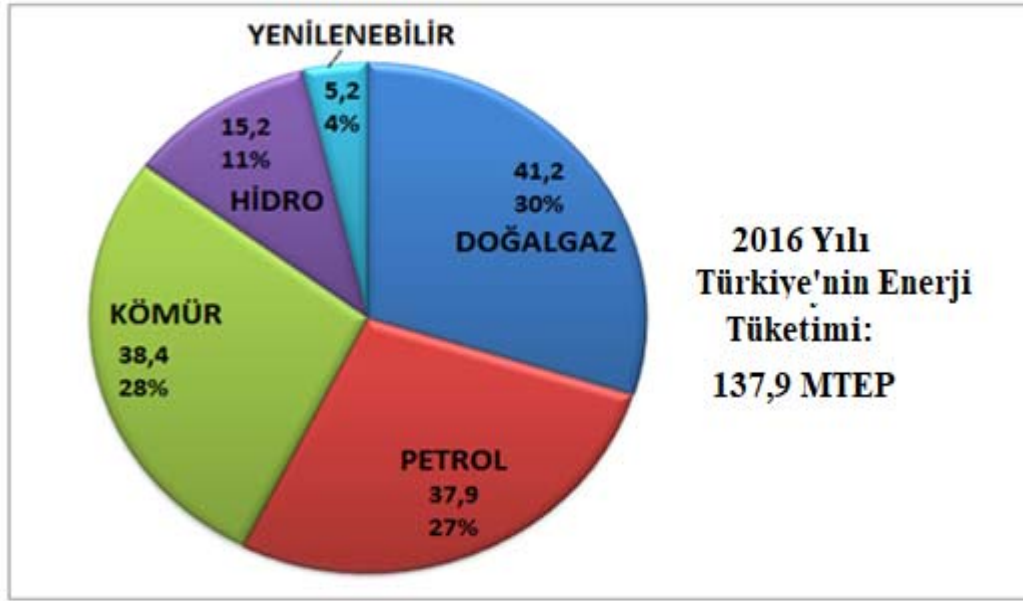
Şekil 3.3: 2016 yılında Dünya’da enerji tüketiminin kaynaklara dağılımı. (URL-3)

Dünyada tüketilen enerji kaynaklarının dağılımında en büyük paya sahip kaynaklar sırasıyla, %33 petrol (4.418,2 MTEP), %28 kömür (3.732,0 MTEP), %24 doğalgaz (3.204,1 MTEP), %7 hidroelektrik (910,3 MTEP), %3 nükleer (419,6 MTEP) ve %5 yenilenebilir enerji (592,1 MTEP) kaynaklarıdır (Şekil 3.3). Burada yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgâr, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjidir.

### 3.2 Türkiye’de Enerji Durumu

#### 3.2.1 Türkiye’de enerji tüketimi

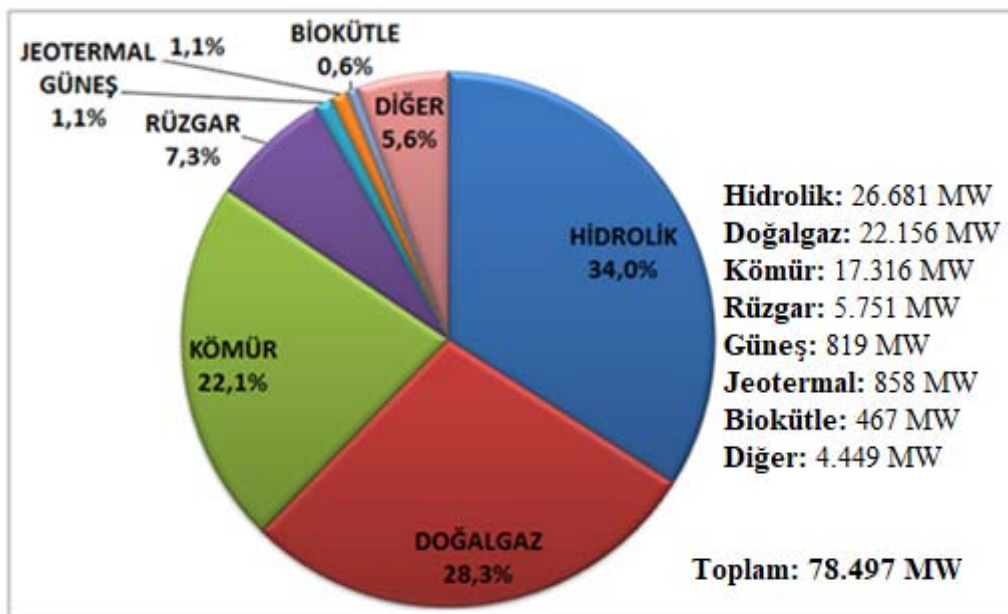
Türkiye’de 2016 yılında toplam enerji tüketim miktarı 137,9 MTEP olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılsonu itibariyle Türkiye’de tüketilen enerji kaynaklarının dağılımı; sırasıyla, %30 doğalgaz (41,2 MTEP), %27 petrol (37,9 MTEP), %28 kömür (38,4 MTEP), %11 hidroelektrik enerji (15,2 MTEP) ve %4 yenilenebilir enerji (5,2 MTEP) şeklindedir (Şekil 3.4). Burada yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgâr, güneş, biyokütle ve jeotermal enerjidir.



**Şekil 3.4:** 2016 yılında Türkiye’de enerji tüketiminin kaynaklara dağılımı. (URL-3)

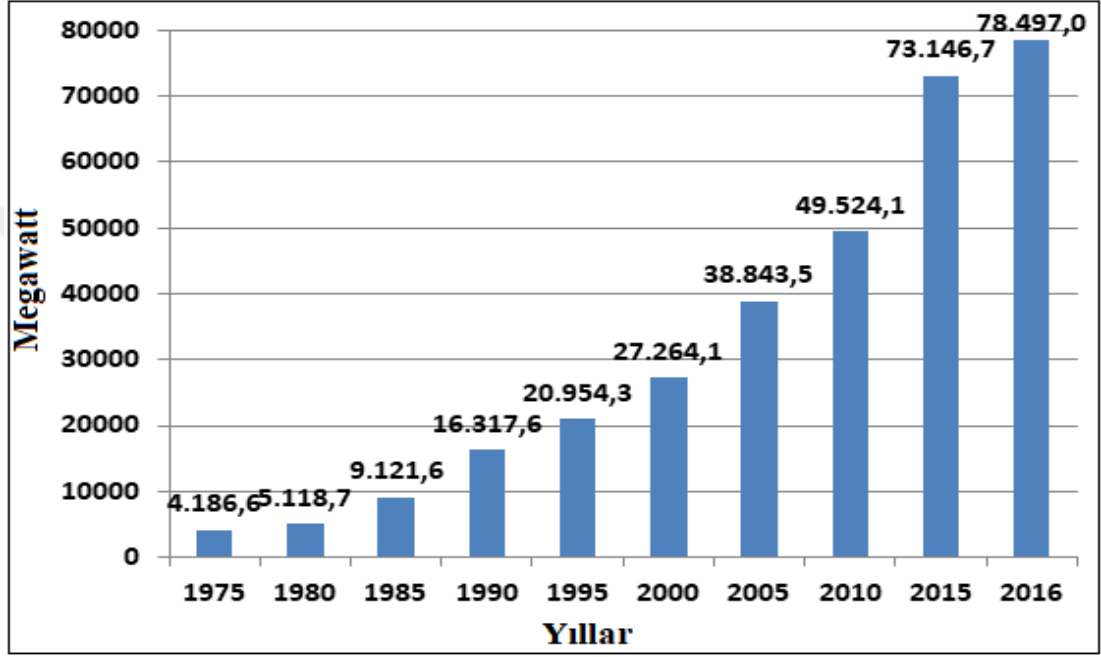
### 3.2.2 Türkiye’de enerji üretimi

Türkiye’de 2016 yılsonu itibariyle toplam enerji üretimi miktarı 78.497,00 MW olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılsonu itibariyle Türkiye’de kurulu enerji gücünün kaynaklara dağılımı; sırasıyla, %34 hidrolik (26.681,00 MW), %28,3 doğalgaz (22.156,00 MW), %22,1 kömür (17.316,00 MW), %7,3 rüzgar enerji (5.751,00 MW), %1,1 güneş enerjisi (819,00 MW), %1,1 jeotermal enerji (858,00 MW), %0,6 biyokütle enerji (467,00 MW) ve %5,6 diğer kaynaklar (4.449,00 MW) şeklindedir (Şekil 3.5).



**Şekil 3.5:** 2016 yılsonu itibariyle Türkiye’de enerji kurulu gücü. (URL-1)

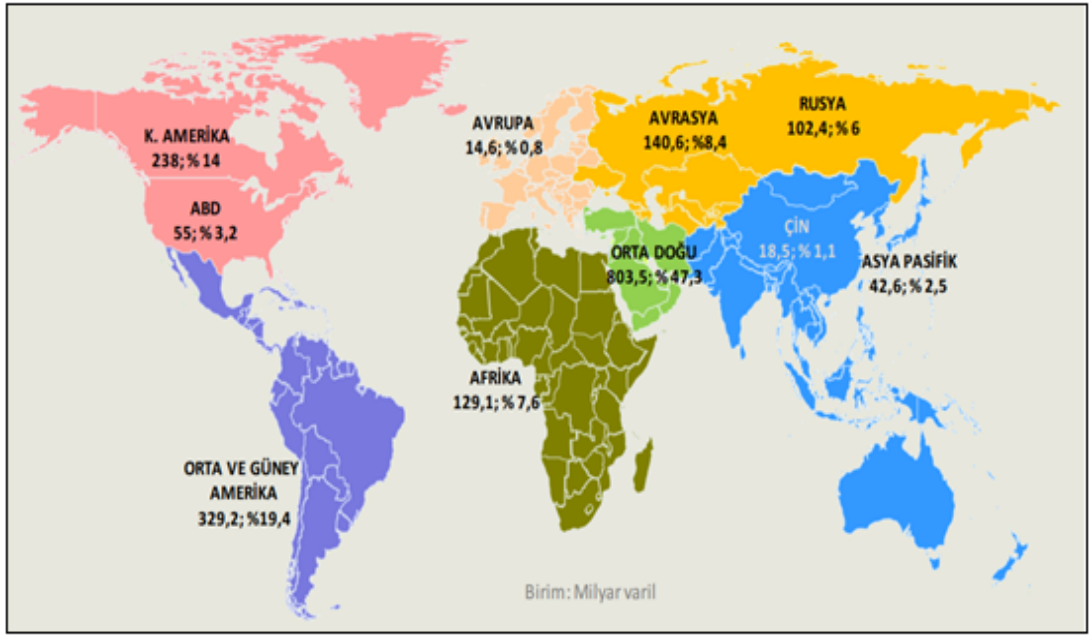
Türkiye’de enerji talebi yıllar içerisinde önemli artışlar göstermektedir. Ülkemizin 2016 yılsonu itibari ile mevcut kurulu gücü 78.497,00 MW’ tır (Şekil 3.6). Yenilenebilir enerji sektörüne verilen destekler ile özellikle 2008 yılından sonra yatırımlar artmış ve kurulu güç içerisindeki yenilenebilir enerji kaynakları payı yükselmeye başlamıştır. Ülkemizde 2016 yılı sonu itibarıyla kurulu gücün yaklaşık %44’ü yenilenebilir enerji kaynaklarından, %56’sı yenilenemeyen ve diğer enerji kaynaklarından oluşmaktadır.



Şekil 3.6: Ülkemizde kurulu enerji gücünün yıllar itibariyle değişimi. (URL-1)

### 3.3 Petrol

Petrol, başlıca hidrojen ve karbon ile az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürttten oluşan çok karmaşık bir bileşimdir. Petrol normal şartlarda katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilir. Dünyada ispatlanmış petrol rezervi 2016 yılı için 1.706,00 milyar varildir. Fosil enerji kaynakları içerisinde stratejik öneme sahip olan ham petrol 2016 yılı itibariyle dünya enerji ihtiyacının %33’ünü karşılamıştır. Dünya petrol üretimi 2016 yılında 96,9 milyon varil/gün’e ulaşmıştır. Petrol rezervinin %47,7’si (110,1 milyar ton) Orta Doğu Ülkelerinde, %8,7’si (20,1 milyar ton) Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğu ülkeleri ve Rusya’da, %7,5’i (16,9 milyar ton) Afrika’da bulunmaktadır (Şekil 3.7). 2016 yılında en büyük petrol ithalatçısı ülkeler arasında Çin ve Avrupa ülkeleri gelmektedir. Dünyanın en büyük petrol ithalatçısı ülkesi olan ABD’nin yakın zamanda zirveyi Çin’e bırakması beklenmektedir [URL-4].



**Şekil 3.7:** 2015 yılı itibariyle Dünya’da ispatlanmış petrol rezervi. (URL-5)

Dünyada üretilebilir petrol rezervlerinin çok büyük bölümü ülkemizin çevresinde bulunmaktadır. Türkiye jeopolitik konumu ile bu önemli rezervlere komşu olmakla birlikte Asya, Avrupa ve Avrasya ülkeleri arasında stratejik bir enerji merkezidir. Dünyanın petrol ihtiyacının büyük bölümü ülkemize komşu bölgelerden karşılanmaktadır. Önümüzdeki yıllarda da dünyanın petrol ihtiyacının çok büyük bir bölümünün ülkemizin yakın coğrafyasından karşılanacağı tahmin edilmektedir.

### 3.3.1 Türkiye’de petrol durumu

Ülkemizin sahip olduğu en eski petrol boru hattı Kerkük petrollerini batıya taşıyan Irak-Türkiye Ham Petrol Boru hattıdır. Bir diğer boru hattı ise Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru hattıdır. 2017 yılı ilk 6 aylık dönem sonunda yurtiçi kalan üretilebilir ham petrol rezervi, 48 milyon ton (332,8 milyon varil) olup bu miktarın yaklaşık 18 yıllık bir ömrü bulunmaktadır. 2016 yılsonu itibariyle petrol tüketiminin yaklaşık %7’si yerli üretim ile karşılanmıştır. [URL-4].

Ülkemizin ham petrol üretimi yıllara göre çok fazla değişiklik göstermemiştir. 2016 yılsonu itibariyle 17,9 milyon varil ham petrol üretimi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.1) [14].

**Çizelge 3.1:** Türkiye’de ham petrol üretimi. (URL-1)

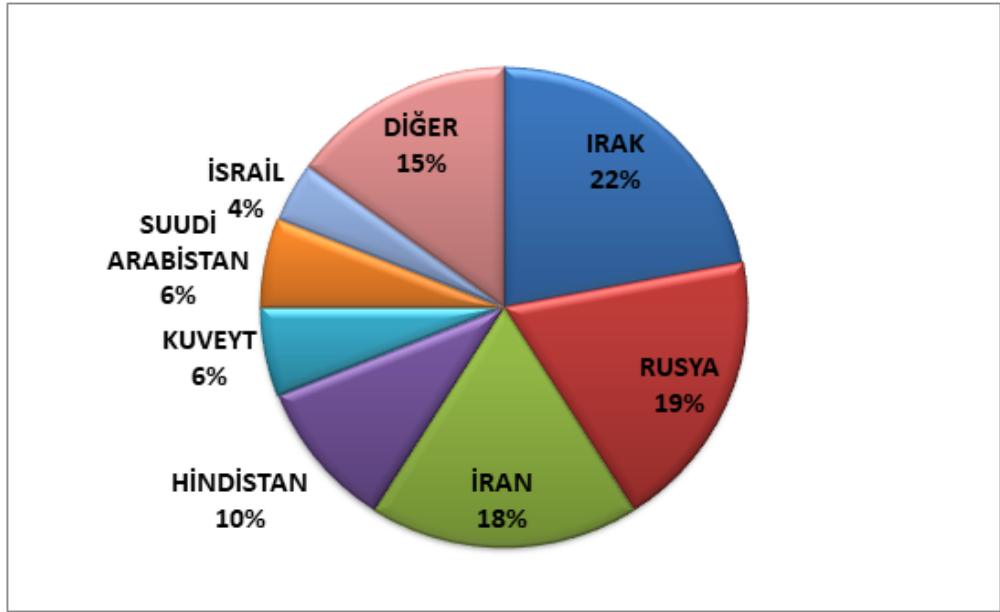
| <b>Yıl</b> | <b>Ham Petrol Üretimi<br/>(milyon varil)</b> |
|------------|----------------------------------------------|
| 2002       | 17,0                                         |
| 2003       | 16,6                                         |
| 2004       | 15,9                                         |
| 2005       | 15,9                                         |
| 2006       | 15,1                                         |
| 2007       | 14,8                                         |
| 2008       | 15,0                                         |
| 2009       | 16,7                                         |
| 2010       | 17,3                                         |
| 2011       | 16,4                                         |
| 2012       | 16,2                                         |
| 2013       | 16,6                                         |
| 2014       | 17,1                                         |
| 2015       | 17,5                                         |
| 2016       | 17,9                                         |

Ülke genelinde 2016 sonu itibarıyla 27,6 milyon ton ham petrol tüketimi gerçekleştirilmiştir. 2016 yılındaki ham petrol tüketimi 2002 yılına göre yaklaşık %5,7 artmıştır (Çizelge 3.2) [14].

**Çizelge 3.2:** Türkiye’de ham petrol tüketimi. (URL-1)

| Yıl  | Ham Petrol Tüketimi<br>(milyon varil) |
|------|---------------------------------------|
| 2002 | 26,1                                  |
| 2003 | 29,5                                  |
| 2004 | 30,6                                  |
| 2005 | 29,3                                  |
| 2006 | 29,9                                  |
| 2007 | 27,7                                  |
| 2008 | 27,0                                  |
| 2009 | 22,3                                  |
| 2010 | 23,8                                  |
| 2011 | 25,0                                  |
| 2012 | 22,1                                  |
| 2013 | 20,8                                  |
| 2014 | 19,8                                  |
| 2015 | 27,2                                  |
| 2016 | 27,6                                  |

Türkiye 2016 yılı toplamında petrolün ihtiyacının %86’sını 7 ülkeden karşılamıştır. 2015 yılına kıyasla Irak’tan ithal edilen petrol oransal olarak azalmış, İran’ın payı bir miktar artmış, Rusya’dan karşılanan petrolün payı ise %1 artmıştır. Petrol ihtiyacının karşılandığı ülkeler sırasıyla Irak, İran ve Hindistan şeklindedir. 2016 yılında ilk defa Kuveyt’ten de petrol ithal edilmiştir (Şekil 3.8) [15].



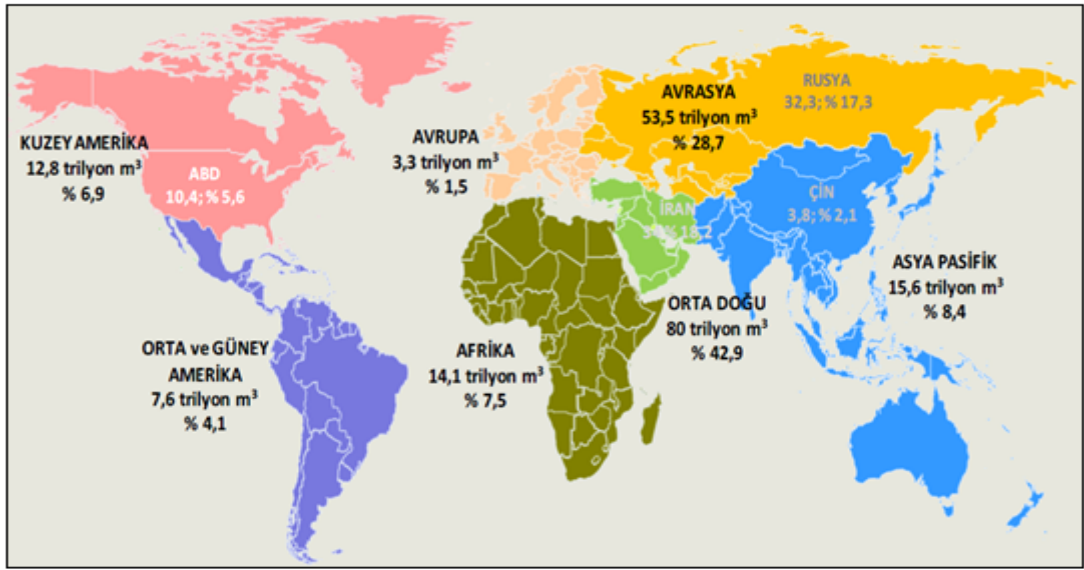
**Şekil 3.8:** 2016 yılında Türkiye'nin petrol ithal ettiği ülkeler. (URL-5)

Petrole olan talebin artışı ülkemizi enerji dışı bağımlı bir noktaya taşımıştır. Bu nedenle petrol ihtiyacının mümkün olduğunca yerli kaynaklardan karşılanması amacıyla, ülkemizin yeterince aranmamış bölgelerden özellikle Karadeniz ve Akdeniz'deki deniz sahalarında son dönemde yapılan çalışmalar büyük bir hızla ilerlemektedir. Deniz sondaj teknikleri ve teknolojisindeki son yıllarda yaşanan gelişmeler neticesinde 1.000-2.000 m su derinliği olan alanlarda arama ve üretim imkânları ile Akdeniz ve Karadeniz'in petrol potansiyelini ortaya çıkartmak adına aramalar ivme kazanmıştır.

### 3.4 Doğalgaz

Doğalgaz, bir petrol türevi olup; renksiz, kokusuz, havadan hafif ve yanıcı bir gazdır. Ana bileşenleri metan ve etan olan ve çeşitli hidrokarbonlardan oluşan doğalgaz genellikle yer altında, petrol ile birlikte veya gaz rezervuarlarında bulunur. Kaynağından çıkarıldığı şekilde herhangi bir işlem yapılmaksızın kullanılabilen doğalgaz, boru hatları ile veya sıvılaştırılarak tankerlerle taşınır [URL-6].

Dünya doğalgaz rezervleri; 2014 yılında 187 trilyon m<sup>3</sup>, 2015 yılında 186,9 trilyon m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu rezervin; %42,9'u Orta Doğu ülkelerinde, %28,7'si Avrasya ülkelerinde, %8,4'ü Asya Pasifik'te, %7,5'i Afrika ülkelerinde, %6,9'u Kuzey Amerika ülkelerinde, %4,1'i Orta ve Güney Amerika ülkelerinde, %1,5'i ise Avrupa ülkelerinde bulunmaktadır (Şekil 3.9) [15].



Şekil 3.9: 2015 yılında Dünya’da ispatlanmış doğalgaz rezervi dağılımı. (URL-5)

### 3.4.1 Türkiye’de doğalgaz durumu

Türkiye’de 2016 yılsonu itibarıyla ile üretilebilir doğalgaz rezervi 18,7 milyar m<sup>3</sup>tür. 2016 yılı sonu itibarıyla ülkemizin doğalgaza dayalı kurulu gücü 22.156,0 MW’tır. Bu oran toplam kurulu gücün yaklaşık %28,3’üne denk gelmektedir. Ülkemizde doğalgaz tüketimi ve üretimi arasında ciddi bir makas bulunmaktadır. Özellikle doğalgaz ihtiyacın arttığı kış mevsiminde günlük tüketimin maksimum seviyelere çıkması ve doğalgazın temin edildiği veya boru hat güzergâhı üzerindeki ülkelerde aksamalar yaşanması önemli sorunlara neden olabilmektedir.

Doğalgaz kapasitesinin artırılması adına, toplam kapasitesi 2,84 milyar m<sup>3</sup> olan Silivri Doğalgaz Depolama Tesisi’nin BOTAŞ tarafından devralınmıştır. Buna ek olarak yapımı devam eden Tuz Gölü Doğalgaz Yeraltı Depolama Projesi revize edilmiş ve 1 milyar m<sup>3</sup> çalışma gazı kapasitesi 5 milyar m<sup>3</sup>e, 40 milyon m<sup>3</sup>/gün olan geri üretim kapasitesi ise 80 milyon m<sup>3</sup>/gün’e çıkarılmıştır. 2016 yılında yapılan yeni revize ile Tuz Gölü Doğalgaz Yeraltı Depolama Projesinin 2023 yılı itibarıyla toplam çalışma gazı kapasitesinin 5,4 milyar m<sup>3</sup>e ve geri üretim kapasitesinin 80 milyon m<sup>3</sup>/gün’e çıkarılması hedeflenmektedir. Enerji talebinin karşılanması ve kaynakların çeşitlendirilmesi amacıyla, Yüzer LNG Depolama ve Gazlaştırma Tesisi (FSRU) ilk olarak özel sektör tarafından Aliğa/İzmir’de 2016’da işletmeye alınmıştır. Ayrıca BOTAŞ tarafından İskenderun ve Saros Körfezlerinde Yüzer LNG Depolama ve Gazlaştırma Ünitesinin doğalgaz iletim sistemine bağlantısının sağlanmasına yönelik çalışmalarda sürdürülmektedir. [URL-6].

Ülkemizde doğalgaz üretim miktarı yıllara göre inişli çıkışlı bir seyir izlemektedir. 2016 yılsonu itibarıyla 381,6 milyon m<sup>3</sup> doğalgaz üretimi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.3) [14].

**Çizelge 3.3:** Türkiye’de doğalgaz üretimi. (URL-1)

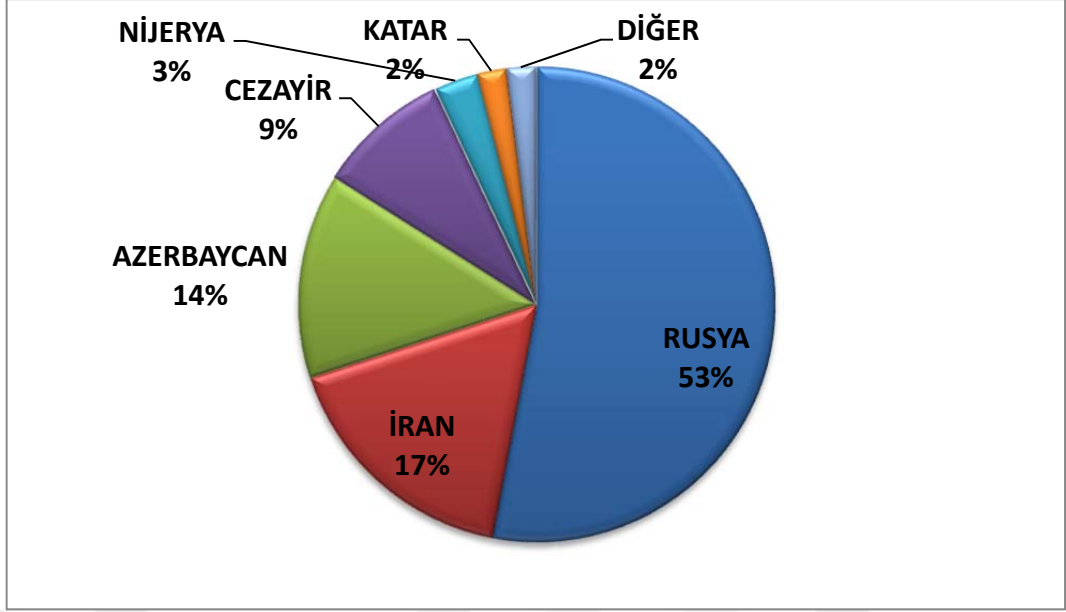
| <b>Yıl</b> | <b>Doğalgaz Üretimi<br/>(Milyon Metreküp)</b> |
|------------|-----------------------------------------------|
| 2002       | 378,4                                         |
| 2003       | 560,6                                         |
| 2004       | 707,0                                         |
| 2005       | 896,4                                         |
| 2006       | 906,6                                         |
| 2007       | 893,1                                         |
| 2008       | 1.014,5                                       |
| 2009       | 729,4                                         |
| 2010       | 726,0                                         |
| 2011       | 793,4                                         |
| 2012       | 664,4                                         |
| 2013       | 561,5                                         |
| 2014       | 502,1                                         |
| 2015       | 398,7                                         |
| 2016       | 381,6                                         |

Türkiye genelinde 2016 yılsonu itibarıyla 46,1 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz tüketimi gerçekleşmiştir (Çizelge 3.4) [14].

**Çizelge 3.4:** Türkiye’de doğalgaz tüketimi. (URL-1)

| Yıl  | Doğalgaz Tüketimi<br>(milyon metreküp) |
|------|----------------------------------------|
| 2002 | 17.065,0                               |
| 2003 | 21.384,0                               |
| 2004 | 22.505,0                               |
| 2005 | 27.467,0                               |
| 2006 | 31.128,0                               |
| 2007 | 34.600,0                               |
| 2008 | 36.100,0                               |
| 2009 | 34.400,0                               |
| 2010 | 36.900,0                               |
| 2011 | 43.800,0                               |
| 2012 | 45.242,0                               |
| 2013 | 45.270,0                               |
| 2014 | 48.717,0                               |
| 2015 | 47.999,0                               |
| 2016 | 46.176,0                               |

Ülkemizin doğalgazdaki dışa bağımlılığı petrolle kıyasla daha fazladır. Türkiye 2016 yılında doğalgaz ihtiyacının %99,2’sini ithalatla karşılamıştır. Ülkemizde 2015 yılında 48,8 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz tüketilmiş ve bu rakamın sadece %0,8’i yurt içinden karşılanmıştır. Tüketilen doğalgazın ortalama %50’si ise elektrik üretimi için kullanılmaktadır. 2016 yılı Türkiye doğalgaz ithalatının ülkelere göre dağılımı sırasıyla Rusya, İran, Azerbaycan ve Cezayir şeklindedir. (Şekil 3.10) [15].



**Şekil 3.10:** 2016 yılında Türkiye'nin doğalgaz ithal edilen ülkeler. (URL-5)

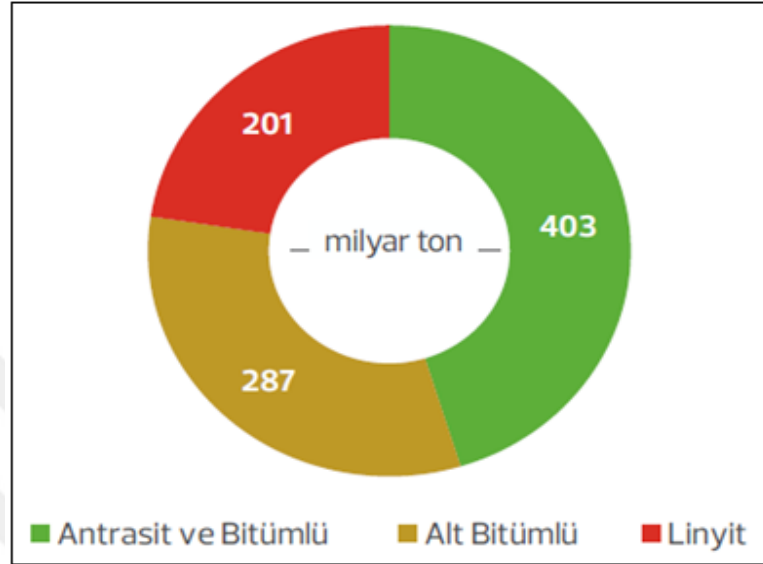
### 3.5 Kömür

Kömür, kaya tabakalarının arasında milyonlarca yıllık süreçlerde sıcaklık, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda, karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerden oluşan yanabilir sedimanter bir kayadır. Dünyanın toplam kömür rezervlerinin yaklaşık 114 yıl yeteceği tahmin edilmektedir. Son yıllarda yürütülen kömür arama faaliyetleri, mevcut rezervlerin uluslararası standartlar ışığında sınıflandırılması ve işletilebilir rezervlerin tespit edilmesi ile kömüre duyulan ilgi tekrar artmıştır.

Bir kömür çeşidi olan linyit, ısı değeri düşük, içerdiği kül ve nem miktarı oldukça yüksektir. Bu nedenle genellikle termik santrallerde yakıt olarak kullanılır. Ancak bu duruma rağmen yer kabuğunda bolca bulunduğu için çokça kullanılan bir enerji hammaddesidir. Taşkömürü ise yüksek kalorili kömürler grubundadır [16].

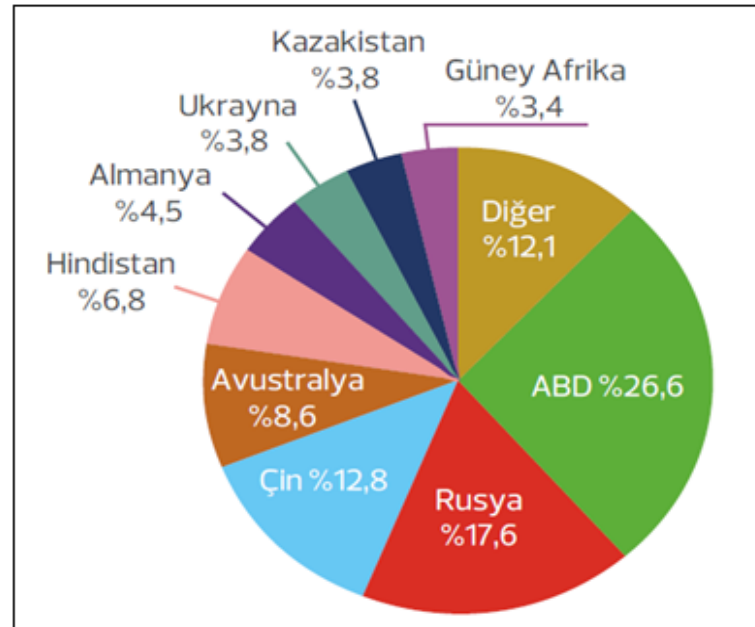
### 3.5.1 Dünya kömür durumu

2011 yılsonu itibarı ile dünyada işletilebilir kömür rezervi 891 milyar tondur. Bu rezervin 201 milyar tonu linyit, 287 milyar tonu alt bitümlü, 403 milyar tonu antrasit ve bitümlü sınıftadır (Şekil 3.11).



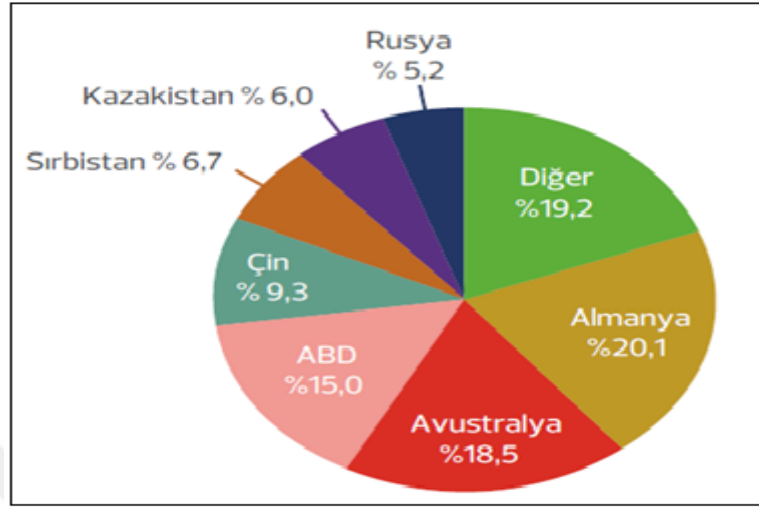
Şekil 3.11: Dünya kömür rezervlerinin kömür kategorilerine göre dağılımı. (URL-7)

Dünyadaki toplam 891 milyar tonluk işletilebilir kömür rezervinin ülkelere göre dağılımı sırasıyla; ABD, Rusya, Çin ve Avusturya şeklindedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Dünya kömür rezervlerinde ülkelerin payları. (URL-7)

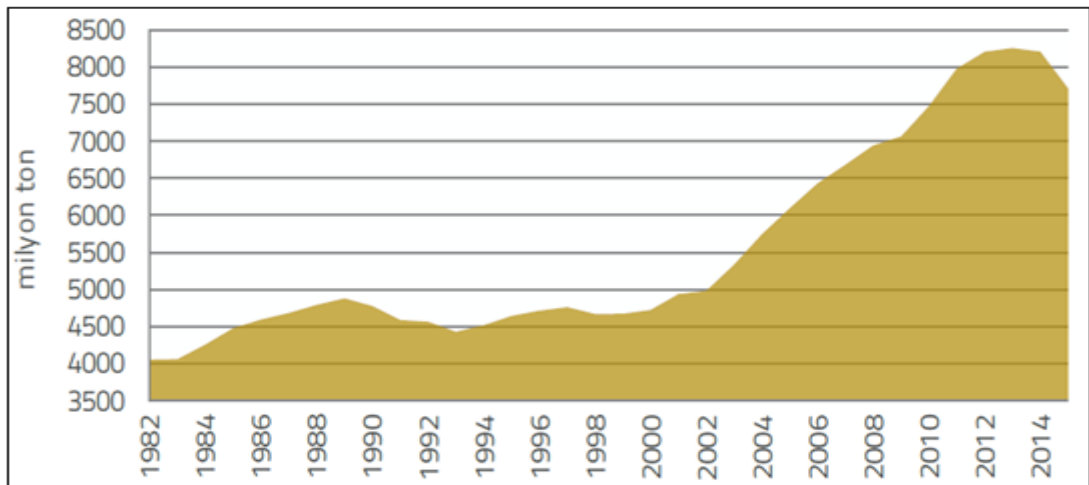
2011 yılsonu itibarı ile dünyada işletilebilir linyit rezervi 201 milyar tondur. Bu rezervin ülkelere göre dağılımı sırasıyla; Almanya, Avusturya, ABD ve Çin şeklindedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: Dünya linyit rezervlerinde ülkelerin payları. (URL-7)

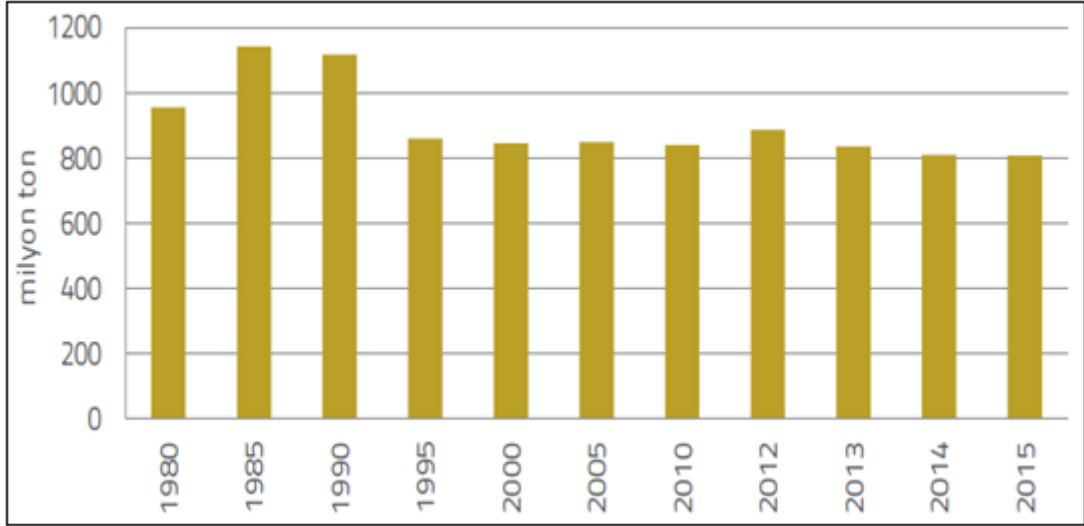
Dünya kömür üretimi 1985 yılından bu yana ortalama iki kat artmıştır. Asya kıtasında özellikle Çin'deki elektrik enerjisi talebi bu artışın en önemli sebebidir. 2005 yılından bu yana Asya kıtası ve Pasifik Bölgesinin toplam elektrik üretimi iki kat artmıştır. Bu enerji talebinin karşılanması en fazla kullanılan kaynak kömür olmuştur.

1998 yılından 2013 yılına kadar, yani 14 yıl boyunca kesintisiz artan küresel kömür üretimi 2014 yılında bir önceki yıla göre %0,6 oranında azalmış, 2015 yılında ise %2,8 oranında azalarak 7.709 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2000-2014 yılları arasındaki üretim artış oranı %73 düzeyindedir (Şekil 3.14) [18].



Şekil 3.14: Dünya kömür üretimleri. (URL-7)

Dünyada linyit üretimi %1 oranında düşerek 807 milyon ton civarında gerçekleşmiştir. Toplam üretimin %10'u linyit (80,7 milyon ton), %90'ı ise taşkömürü (726,3 milyon ton) kategorisindedir. Linyit üretimi 2015 yılında 2014 yılına kıyasla %0,4 azalarak 807 milyon ton olmuştur (Şekil 3.15). 2012 yılından sonra ise hemen her ülkede linyit üretimleri gerilemiştir. Dünya linyit üretimindeki bu gerilemenin önümüzdeki yıllarda da devam etmesi muhtemel görülmektedir [18].

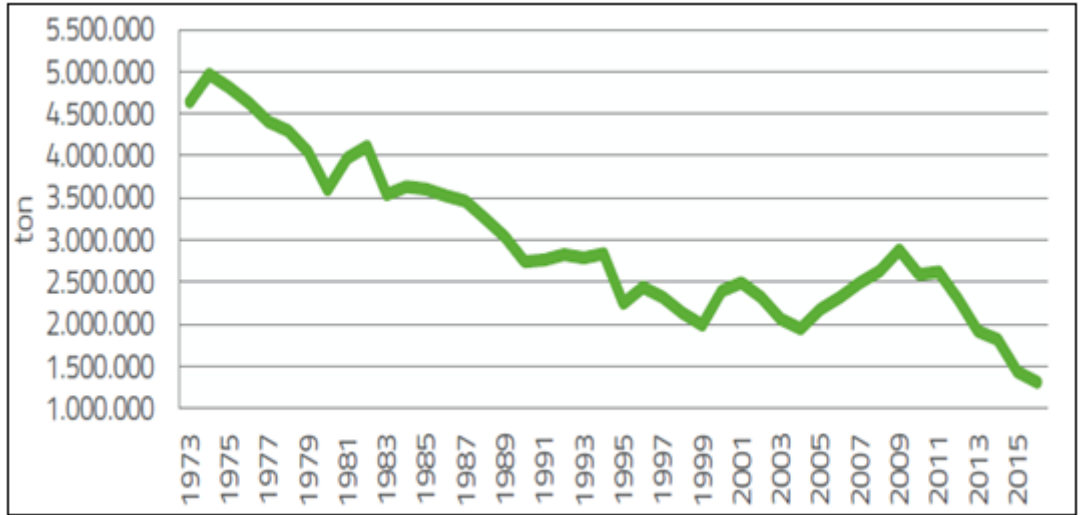


Şekil 3.15: Dünya linyit üretimleri. (URL-7)

### 3.5.2 Türkiye’de kömür durumu

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu’nun 2017 yılı raporuna göre; ülkemizde yaklaşık 1,5 milyar ton taşkömürü (735 milyon tonu görünür rezerv) ve 16 milyar ton linyit rezervi (büyük bölümü görünür rezerv) bulunmaktadır. Son yıllarda ciddi şekilde yürütülen arama ve rezerv geliştirme çalışmaları neticesinden önemli seviyede bir rezerv artışı sağlanmıştır. Ülkemizde 2015 yılında; 56,1 milyon ton linyit, 1,4 milyon ton taşkömürü ve 0,9 milyon ton asfaltit olmak üzere 58,4 milyon ton satılabilir kömür üretimi gerçekleşmiştir [17].

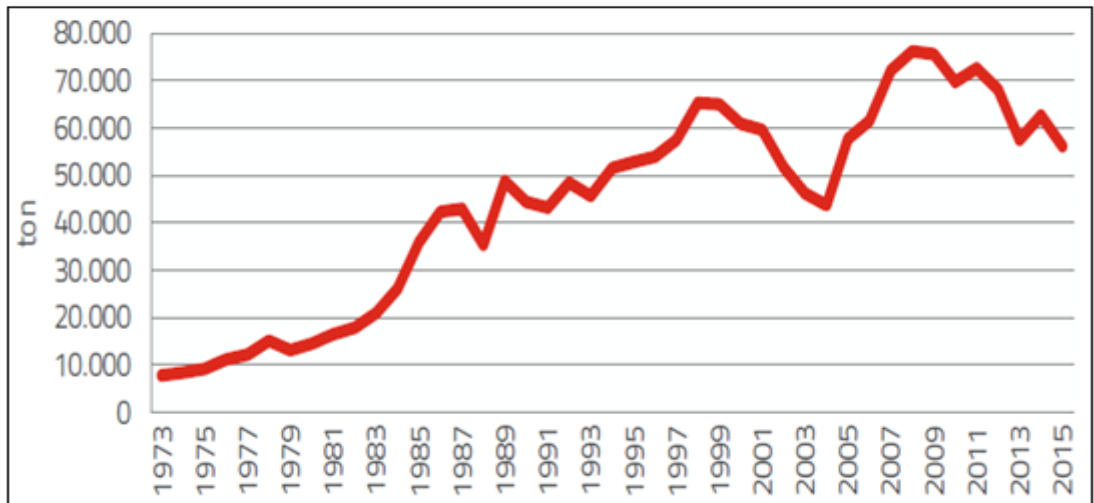
Türkiye’de 1980’den bu yana azalma eğilimine giren taşkömürü üretimleri, 2004’de 1,9 milyon ton seviyelerine kadar gerilemiştir (Şekil 3.16). 2004 yılından sonra tekrar belli bir seviyede yükselse de daha sonraki yıllarda yaşanan düşüşler ile satılabilir taşkömürü üretimleri; 2012 yılında 2,3 milyon ton, 2013 yılında 1,9 milyon ton, 2014 yılında 1,8 milyon ton, 2015 yılında 1,4 milyon ton, 2016 yılında ise 1,3 milyon ton şeklinde gerçekleşmiştir [19].



**Şekil 3.16:** Türkiye taşkömürü üretimleri. (URL-7)

Türkiye enerji ihtiyacına Zonguldak Havzası'nın katkısı 2016 yılı itibariyle yaklaşık olarak % 6-7 seviyelerine kadar gerilemiştir. Hâlihazırda ciddi bir maliyet sıkıntısı ile karşı karşıya olan ve ithal kömürle rekabeti her geçen gün azalan havza, sürdürülebilir olmaktan tamamen çıkmıştır.

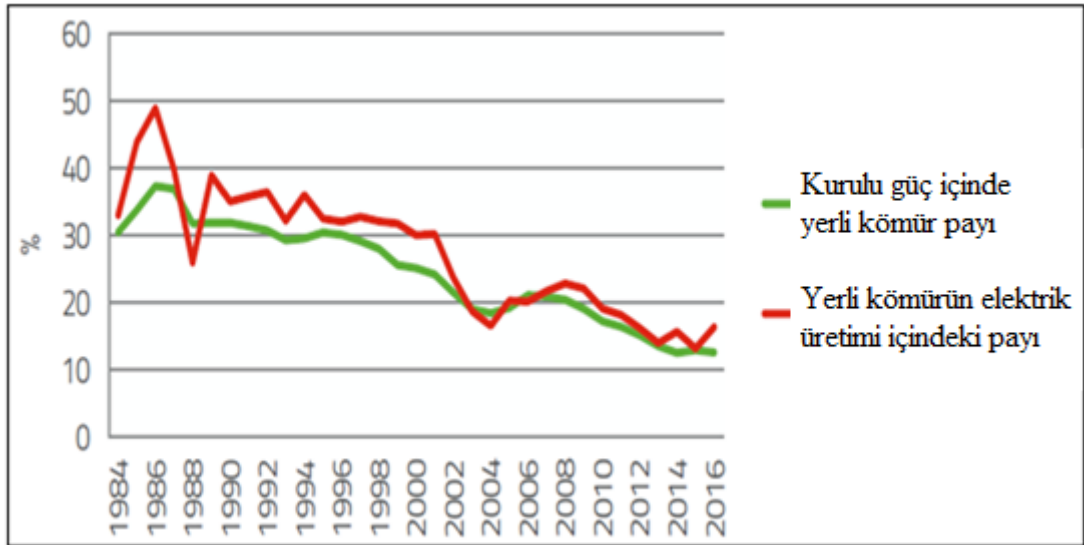
Ülkemizdeki linyit üretimi ise özellikle 1973 yılında yaşanan petrol krizinden itibaren, enerji üretimine yönelik yatırımların başlaması ile artmıştır. 1970 yılında 5,8 milyon ton olan linyit üretimi 1998 yılında önemli bir artış ile 65 milyon tona kadar çıkmıştır (Şekil 3.17). Bu tarihten sonra özellikle doğalgaz alım anlaşmaları ve kullanım oranlarının artması ile linyit üretimleri azalmaya başlamıştır. 2004 yılında 43,7 milyon tona kadar düşen linyit üretimi sonraki yıllarda tekrar yükseliş eğilimine geçse de şu an için azalan bir seyir içerisinde [17].



**Şekil 3.17:** Türkiye linyit üretimleri. (URL-7)

Türkiye’de kömür ve linyit; elektrik üretimi için termik santrallerde, endüstri ve sanayi alanında ayrıca ısınma amaçlı olarak ev ve işyerlerinde kullanılmaktadır. Ülkemizde 2015 yılında tüketilen kömür toplam 93 milyon ton seviyesindedir. Bu miktarın yaklaşık 57,7 milyon tonu linyit ve asfaltit, 35,3 milyon tonu yerli veya ithal taşkömürüdür. 2014 yılına göre 2015 yılında linyit-asfaltit tüketimi %11,8 azalmış, taşkömürü tüketimi ise %10,8 artmıştır. Toplam kömür tüketimi ise %4,4 oranında düşmüştür [17].

Türkiye’de 2016 yılsonu itibarı ile kömüre dayalı kurulu güç; 17.316,00 MW’tır. Bu rakam ülkemizin toplam kurulu gücünün yaklaşık %22,1’ine tekabül etmektedir. Bu oranın içerisinde yerli kömüre dayalı kurulu gücü %12,6 (9.842,00 MW) ve ithal kömüre dayalı kurulu gücü ise %9,5 (9.842,00 MW) şeklindedir. Ülkemizde yerli kömürün elektrik üretimi ve kurulu güç içerisindeki oranı ise giderek azaltmaktadır. 1986’da %37,3 seviyelerinde olan yerli kömüre dayalı kurulu güç içindeki 2016 yılsonu itibarıyla %12,6 seviyesine kadar düşmüştür (Şekil 3.18).



**Şekil 3.18:** Yerli kömürün kurulu güç ve brüt elektrik üretimi içindeki payı. (URL-7)

Türkiye’de 51 adet yerli kömür kullanarak elektrik üretimi yapan santral bulunmaktadır. Bu santrallerden 16 tanesinin kurulu gücü 100 MW’ın üzerindedir. Diğer santral ise küçük kapasiteli otoprodüktör (kendiüretir) santrallerdir. Bir adet taşkömürü ve bir adet asfaltit santralinin dışındaki diğer bütün santraller linyit ile çalışmaktadır.

### 3.6 Nükleer Enerji

Nükleer enerji, atomların çeşitli reaksiyonlar sonucu birleşmesi veya parçalanması ile elde edilen bir enerji çeşididir. Temel olarak füzyon reaksiyonu sonucu açığa çıkan nükleer enerji, nükleer yakıt ve diğer malzemeler içerisinde ısı enerjisine, ısı enerjisi kinetik enerjiye ve son olarak jeneratör sisteminde elektrik enerjisine dönüştürülür [18].

Nükleer enerji büyük atomların (uranyum, plütonyum) parçalanması veya küçük atomların birleşmesi ile sonucu açığa çıkan enerjidir. 1879 yılında uranyumun keşfedilmesi ile başlayan süreç 1934 yılında atomun parçalanması ile daha da gündeme gelmiştir. Özellikle askeri savunma sanayinde kullanılmaya başlayan nükleer sistemler daha sonra ticari olarak da kullanılmıştır. Nükleer enerjinin öncü ülkeleri başta Rusya ve ABD olmak üzere birçok ülke nükleer enerjiden faydalanmak için yoğun çalışmalar gerçekleştirmekte, nükleer santraller kurmakta ve nükleer sistemleri tüm alanlara entegre etmeye çalışmaktadır.

Dünyada, 2017 yılı itibariyle, 31 ülkede 449 nükleer reaktör işletmede, 16 ülkede 60 nükleer reaktörde inşa halindedir [URL-8]. Nükleer santrallerin yaygınlaşması özellikle 1970'li yıllarda patlak veren petrol krizi ile birlikte başlamıştır. Petrol kaynakları bulunmayan ülkeler de petrole olan bağımlılıklarını azaltmak için nükleer santrallere yönelmişlerdir. Nükleer santraller tüm dünyada hızlı bir şekilde kurulmaya ve işletilmeye devam ederken, 1979'da ABD'de yaşanan Three Mile Island kazası ve 1986'da Sovyet Rusya'da yaşanan Çernobil faciası ile nükleere olan ilgide azalma olsa da nükleer santraller hala tüm dünyada kurulmaya devam etmektedir.

Japonya'da yaşanan Fukushima kazasının ardından ülkedeki tüm nükleer santraller, güvenlik sistemlerinin kontrolü için geçici bir süreliğine durdurulmuştur. Kontrollerin ardından üç nükleer reaktörünü tekrar devreye alınmış diğer nükleer santrallerinde en kısa sürede işletmeye alınması için çalışmalar devam etmektedir. Fukushima'daki nükleer kazadan sonra nükleer karşıtlığının güçlü olduğu ülkelere Almanya, henüz yeni işletme ömürlerini uzattığı yedi nükleer reaktörü devre dışı bırakmıştır. Geriye kalan sekiz adet nükleer reaktörün ise 2021 yılına kadar faaliyetlerini sürdüreceğini duyurmuştur.

Bu kazalar aslında güvenlik kültürü kavramını gündeme getirmiştir. Ülkeler daha güvenli nükleer sistemlerin kurulması ve işletilmesi için çaba göstermeye başlamış ve bu anlamda önemli gelişimler yaşanmıştır. Bir yandan nükleer denetleme kurumları kurulmuş ve diğer yandan gelişen teknoloji ve tekniklerle daha güvenli nükleer sistemler geliştirilmiştir.

Günümüzde nükleer santraller sahip oldukları bazı avantajlar ile ülkelerin tercih ettiği bir enerji üretim kaynağı haline gelmiştir. Nükleer santraller;

- Nükleer santraller 7/24, doğa ve iklim şartlarından etkilenmeksizin enerji üretimi gerçekleştirir. Kapasite faktörü %90'lar düzeyindedir.
- Elektrik üretimindeki birim maliyet fiyatı diğer kaynaklara nazaran çok düşüktür. Dolayısıyla yakıt fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar, elektrik üretim maliyetlerini etkilememektedir.
- Nükleer yakıt hammaddesi olan uranyum dünyada farklı coğrafyalara yayılmıştır. Bu nedenle bu kaynağı elinde bulunduran ülkeler önemli bir avantaja sahiptirler.
- Nükleer sistemler sera gazı salınımına neden olmaz. Bu da nükleer enerjinin küresel ısınmayı önlemek konusunda bir alternatif olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Nükleer santraller tam olarak sağlanmış güvenlik sistemleri ile ihmal edilebilir bir radyasyona sebep olur. Bu nedenle nükleer santraller yaşama, yerleşime, tarıma ve turizme çok büyük bir engel teşkil etmez. Günümüzde dünyanın en önemli şehirlerinden New York, Paris ve Londra'da dahi nükleer santraller bulunmaktadır.

### **3.6.1 Türkiye'de nükleer enerji durumu**

Ülkemiz 1956 yılında kurulan Uluslararası Atom Enerjisi (IEA) Ajansı'nın aynı yıl içinde üyesi olmuş 1965'te ilk nükleer santrali kurmak için çalışmalara başlamıştır. 1974 yılında şu anki Akkuyu sahası ilk nükleer santral için 1976 yılında saha lisansı alınmıştır. 2010 yılında ilk nükleer santral olacak olan Akkuyu nükleer santrali için Rusya ile hükümetler arası anlaşma imzalanmıştır. İkinci nükleer santralin olacak olan Sinop nükleer santralinin kurulumuna yönelik anlaşma ise 2013 yılında Japonya ile anlaşılmıştır [14].

Nükleer enerji santralleri elektrik üretimi dışında, binlerce parçadan meydana gelen devasa sistemleri ile ülkeye bir dinamizm katacak ve istihdam sağlayacaktır. Bu durum ülkemiz kalkınmasına önemli bir artıdır. Ayrıca nükleer sistemlerin insani kaynağın gelişmesi hususunda da katkıları bulunmaktadır. Nükleer enerji konusunda eğitim almak üzere 2017 yılında 261 Türk öğrenci ülkemizden Rusya'ya gönderilmiştir. Burada eğitim alan öğrencilerin sayısı 600' ü bulacaktır. Rusya'da yaklaşık 6,5 yıl staj ve eğitime tabi tutulan ve bu konuda uzmanlaşan öğrenciler Akkuyu Nükleer Güç Santralinde istihdam edilecektir. Böylece yetişmiş personel iş başına geçecek, istihdam sağlanacak ve yaşanabilecek olumsuzlukların önüne geçilecektir.

#### **3.6.1.1 Akkuyu nükleer santral projesi**

Ülkemizin yarım asırlık nükleer güç santrali kurma hedefi, 12 Mayıs 2010 tarihinde Akkuyu Nükleer Santrali ile gerçekleşmiş ve Türkiye ile Rusya arasında anlaşma imzalanmıştır. 2014 yılı sonunda Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) olumlu kararı ve Enerji Piyasası Denetleme Kurulu'ndan (EPDK) 36 ay süreliğine elektrik üretim ön lisansı alınmıştır. Akkuyu Nükleer A.Ş.'nin hazırladığı Saha Parametreleri Raporu Türkiye Atom Enerjisi Kurumuna (TAEK) sunulmuştur. Akabinde yardımcı binaların inşasına başlanması için sınırlı çalışma izninin 2017 yılı içerisinde TAEK tarafından verilmesi tahmin edilmektedir. Belirlenen hedef ise 2023 yılında Akkuyu Nükleer Santralinin ilk ünitesinin işletmeye alınmasıdır. Rusya ile imzalanan anlaşma uyarınca kurulacak nükleer santral, 4 reaktör ile toplam 4.800,00 MW kurulu güce sahip olacaktır [14].

#### **3.6.1.2 Sinop nükleer santral projesi**

Türkiye'nin ikinci nükleer santrali olacak Sinop Nükleer Santral projesi için 3 Mayıs 2013 tarihinde Japonya ile anlaşma imzalanmıştır. Japonya ile imzalanan milletlerarası anlaşma gereği, Sinop ili sınırları içerisinde kurulması planlanan nükleer santralin toplam kurulu gücü 4.480,00 MW olacaktır. Santralin inşasına 2019 yılı sonuna kadar başlanması hedeflenmektedir. Anlaşmaya göre santralin ilk iki ünitesinin 2023 ve 2024 yıllarında, diğer ünitelerinin ise 2027 ve 2028 yıllarında işletmeye alınması planlanmaktadır. Sinop Nükleer Güç Santraline ilişkin yapılan çalışmalar devam etmektedir [14].

Ülkemizde yaşanan önemli sanayi hamleleri ve gelişen teknolojiyle artan enerji ihtiyacını karşılamak ve enerji ithalatını azaltmak adına 2023 yılında Akkuyu, 2025 yılında Sinop Nükleer Güç Santralinin devreye alınması planlanmaktadır. 2023 yılında ise 3. nükleer santralin inşasına başlanması hedeflenmektedir.



#### 4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya hızla artan nüfus ve sanayileşmeyle birlikte artan enerji ihtiyacının büyük çoğunluğu her geçen gün azalan yenilenemez enerji kaynaklarıyla karşılanmaktadır. Enerji talebinin çok büyük bir kısmını karşılayan fosil kaynaklı yakıtlar günümüzde çevre sorunlarının en önemli nedenlerindendir. Endüstriyel faaliyetler neticesinde her yıl atmosfere; 20 milyar ton karbondioksit (CO<sub>2</sub>), 100 milyon ton kükürt bileşikler, 2 milyon ton kurşun ve diğer zehirli kimyasal bileşikler salınmaktadır

Yenilenebilir enerji kaynakları, kullanılan enerjiye eşit ya da kaynağın tükenme hızından daha çabuk kendini yenileyen, kullanıldığında dahi aynen kalabilen kaynaklardır. Fosil yakıtlar; dışa bağımlılığa, yüksek ithalat maliyetlerine ve önemli çevre sorunlarına neden olurken aynı zamanda dünya fosil yakıt rezervlerinin hızla azalmasına da sebebiyet verir. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini açıkça ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, süreklilik arz etmesi, sürdürülebilir olması, dünyanın her yerinde bulunabilmesi ve kullanılabilmesi ile büyük önem taşımaktadır. Ayrıca çevresel etkileri, yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre çok daha azdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının önündeki teknik ve ekonomik engellerin ortadan kaldırılması ile geleceğimizin en önemli enerji kaynakları olacağı kabul edilmektedir.

Nüfus artışı, yaşam standartlarının iyileşmesi ve ekonomik büyüme sebebiyle giderek artan enerji talebi sürdürülebilir kalkınmayı zorunlu kılmaktadır. Ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları ile düşünüldüğünde sürdürülebilir kalkınmanın en önemli elemanı kuşkusuz yenilenebilir enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynakları güvenilir, sonsuz, tükenmez ve çevresel etkileri çok az olan kaynaklardır. Bu nedenle özellikle enerji arz güvenliğinin sağlanabilmesi sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma için en önemli koşullardan biridir. Bu doğrultuda enerji arz güvenliği, uluslararası politika sahnesindeki yerini alır hale gelmiştir. Bu bağlamda, çevre sorunlarını en aza indirmek için enerji kaynakları yeniden gözden geçirilerek alternatif çözümlerin üretilmesi gerekmektedir.

Enerjinin, dünya gündeminde sürekli yer almasının üç nedeni vardır. Birincisi ekonomik boyutu, ikincisi kaynakların yetersizliği üçüncüsü ise dönüşüm teknolojilerinin çevreye verdiği zararlardır. Hayat standartları ile enerji tüketimi arasındaki ilişki dikkate alındığında, enerji kaynakları rezervlerinin hiçbir zaman yeterli olmayacağı ve yeterli rezerv miktarının sonsuz miktar anlamına geldiği ortadadır. Sonsuz enerjiye ulaşmanın tek yolu ise doğal, güvenilir ve tekrarlanabilir kaynakların kullanımı ile gerçekleşecektir.

Dünyanın kendi ekseninde ve güneşin çevresinde dönmesi ayrıca yerçekiminin etkisiyle oluşan yenilenebilir enerji kaynakları tüketildiği kadar çoğalan kaynaklardır. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi olmak üzere beş başlıkta toplanabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneşten gelen enerjinin dolaylı olarak veya doğrudan kullanımı sonucu elde edilir. Tüm dünya ülkelerinde sürdürülebilirliğin sağlanmasında yenilenebilir enerji kaynakları önem ve ilgi artmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları şu şekilde sıralanabilir;

- Güneş Enerjisi
- Hidrolik Enerji
- Jeotermal Enerji
- Rüzgâr Enerjisi
- Biyokütle Enerjisi

Fosil yakıtlar kullanılarak bir yandan enerji elde edilirken diğer yandan enerjide dışa bağımlılık, yüksek ithalat maliyetleri, küresel ısınma gibi önemli çevre sorunları meydana gelir. Ancak bunların dışında diğer bir tehlike de fosil kaynakların bu denli kullanılması ile yakın gelecekte tükenecek olmasıyla ortaya çıkacak olan enerji sorunudur. Buna karşın, hayatımızın her alanına her geçen gün daha çok giren yeni teknolojik ürünlerin kullanımı ile sürekli artan enerji talebi insanlığı yeni kaynaklar aramaya sevk etmiştir. Halen kullanmakta olduğumuz doğalgaz, petrol, kömür gibi fosil kaynaklarının, gelecekteki nüfus artışı ve enerji ihtiyacının artması ile hızlı bir şekilde azalması beklenmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem ülkemiz için hem de diğer dünya ülkeleri için enerji ihtiyacının karşılanması bakımından büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, enerji kaynaklarını çeşitlendirmek, enerji güvenliği ve sürekliliğini sağlamak açısından vazgeçilmez hale gelmiştir. Bu doğrultuda tüm dünya ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma, bu alanda teknolojik yatırımlar yapma ve üretilen enerjiyi kullanma yarışına girmişlerdir.

Geleneksel anlamda enerji güvenliği, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve bu kaynaklara ulaşılabilme kolaylığı şeklinde açıklanabilir. Ancak enerji kaynaklarını çeşitlendirirken bu kaynaklardan enerji üretimi sırasında meydana gelen olumsuz sonuçların önlenmesi ve bu kaynakların temiz ve güvenilir olması benimsenmelidir. Tek tür kaynaktan sağlanan enerjinin bağımlılık oluşturacağı ve tükeneceği göz önüne alınmalıdır. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve birincil enerji kaynaklarının herhangi bir şekilde azalma veya tükenme gibi durumlarla karşı karşıya kalınmasının önlenmesi ancak enerji çeşitlerinin artırılması ile yani yenilenebilir enerji kaynakları ile mümkün olabilecektir.

Enerjinin elde edilmesi sırasında açığa çıkan asit yağmurları; ormanları kaybedilmesine, CO<sub>2</sub> emisyonunun fazlalığı; sera etkisine, küresel ısınmaya, canlıları koruyan ozon tabakasının incelmeye ve delinmesi gibi sorunlara neden olur. Böylece doğal çevremiz bozulur, ormanlarda, meralarda büyük kayıplar yaşanır ve yeraltı su kaynakları azalır. İklim değişikliği sonucu seller, su baskınları, kuraklık oluşur ve iklim kuşaklarının değişmesine bağlı bitki ve hayvan türlerinde değişim ve ürün azalması meydana gelir. Ayrıca bitki ve hayvanlardaki kalıtsal değişimler ile insan yaşamını tehdit edici hastalıklar meydana gelebilir.

Tüm dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına ilginin artmasının çevresel nedenlerini açıklanabilmesi için öncelikle enerji ve çevre arasındaki ilişkinin açıkça ortaya konması gerekmektedir. Çevre, insan faaliyetleri ve canlı varlıklar üzerinde anında veya bir zaman dilimi içerisinde doğrudan ya da dolaylı bir etkiye bulunabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal etkenlerin belirli bir zamandaki toplamıdır. Bu toplamı etkileyen en önemli husus şüphesiz enerjidir. Enerji; ülkelerin sanayileşmesinde, sosyal ve ekonomik kalkınmasında vazgeçilmez bir öğedir. Enerjiye yönelik faaliyetler birçok çevre problemini de beraberinde getirmektedir. Enerji üretiminden tüketimine her safhası farklı farklı çevre sorunlarına sebep olabilir. Enerji ile çevre arasında iyi bir denge oluşturulması, artan enerji ihtiyacını en doğru ve güvenli şekilde karşılanması için enerjinin ekonomik, çevreci ve güvenli kaynaklardan sağlanması yaşamsal bir gerekliliktir.

Yaşadığımız dünyanın ve var olan kaynakların hızla tükendiği ortada iken bu tüketimi durdurmak veya en azından azaltmak için bir şeyler yapılması gerekmektedir. Enerji ile çevre arasındaki ilişki incelendiğinde iki konunun bir bütün olarak birlikte değerlendirilmesi gerektiği görülmektedir. Yenilenemeyen fosil enerji kaynakların kullanımıyla oluşan çevresel sorunların çözümü, ancak yenilenebilen enerji kaynaklarının kullanılmasıyla ortadan kalkacaktır.

Türkiye'nin enerji sektöründe büyük oranlarda dışa bağımlı bir ülke olması nedeniyle hâlihazırda bulunan yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin kullanıma kazandırılması gerekmektedir. Ülkemizin coğrafi konumu tüm yenilenebilir kaynaklardan yararlanabilmesi bakımından son derece uygundur. Ancak diğer taraftan yenilenebilir enerji sektöründeki teknolojik gelişmeler ve mali kısıtlar bir an önce ciddi bir biçimde ele alınmalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasıyla;

- Enerjide dışa bağımlılığımız büyük ölçüde azalacaktır.
- Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma sağlanacaktır.
- Yerli kaynaklara öncelik verilmesi sağlanacaktır.
- Yerli üretim ve istihdam sağlanacaktır.
- Ekonomik büyüme ve gelişme imkânı artacaktır.
- Enerji arz güvenliğini sağlanacaktır.
- Enerji sektöründe yatırımlar artacaktır.
- Enerji üretiminde ve tüketiminde sağlanacak güven ortamı ile istikrar artacaktır.
- Sosyal ve ekonomik hayatta da refah ve istikrar artacaktır.
- Çevrenin ve doğanın kirlenmesi önlenecek ve gelecek kuşaklara temiz bir yaşam alanı bırakılacaktır.
- Sera gazları, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunları büyük ölçüde önlenecektir.

Önümüzdeki dönemde Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarıyla enerji üretimi ve tüketimi teşvik edilerek fosil yakıt kullanımı açısından dışa bağımlılık oluşacak riskleri azaltmak üzerine hedefler konulmaktadır. Bununla birlikte elektrik üretiminde, yenilenebilir enerji kaynaklarının payını arttırmak, tarım sektöründeki potansiyellerden daha fazla yararlanmak ve enerji üretim kapasitesini mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak genişletmek de önemli hedeflerdendir.

#### 4.1 Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji denildiğinde akla ilk gelen ve en önemli kaynaklar arasında yer alan güneş enerjisi, Güneş'in çekirdeğindeki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi sonucu açığa çıkan ışıyım enerjisidir. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin çok küçük bir bölümü bile dünyadaki enerji tüketiminin çok üzerindedir. Güneş enerji konusunda farkındalığın artması, teknolojik ilerlemeler ile miktar ölçeğinde üretimin artması ve maliyetlerinin düşmesi, temiz ve sonsuz bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin önemini açıkça ortaya koymaktadır. Genel olarak güneş enerjisi üç amaç için kullanılmaktadır. Pasif ısı denilen sistemde; güneşten dünyaya doğal olarak ulaşan pasif ısı sıcaklıkların artmasını sağlar. Özellikle son dönemlerde sıkça kullanılan bina yalıtım tasarımları ile ilave ısı ihtiyacı azaltılmaktadır. Termal ısı denilen sistem; güneş ısının termal amaçla su ısıtılmasında kullanıldığı durumdur. Elektrik üretimi sisteminde ise güneşten gelen ısı ile fotovoltaik (PV) piller ve ısı güneş teknolojileri santralleri kullanarak elektrik üretimi sağlanmaktadır.

Güneş enerjisi, genel olarak elektrik enerjisine veya ısı enerjisine dönüştürerek kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin sıcaklık aralıklarına göre kullanım şekilleri Şu şekildedir;

Düşük sıcaklık aralığındaki (150 °C den düşük sıcaklıklar) kullanım şekilleri;

- Kullanma suyunun ısıtılması
- Binaların ısıtılması ve havalandırılması
- Seracılık ve tarımda ürün kurutulması
- Tuz üretimi ve su damıtımı

Orta sıcaklık aralığındaki (150-600 °C aralığındaki sıcaklıklar) kullanım şekilleri;

- Küçük motorlar, güneş tencereleri kullanımları
- Buhar jeneratörüyle elektrik üretimi

Yüksek sıcaklıkta (600 °C üzeri sıcaklıklar) kullanım şekilleri;

- Güneş fırınları
- Elektrik Üretimi
- Madde araştırılması

Güneş enerjisi yeryüzünde bulunan ve en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Ancak yeryüzüne gelen güneş enerjisinin yalnızca % 0,04'ü insanlar tarafından kullanılmaktadır. Bunun önemli nedenlerinden biri güneş enerjisi üretim maliyetlerinin fosil yakıt maliyetlerine yakın olmasıdır. Ancak gelişen teknoloji ile birlikte güneş enerjisi üretim ve depolama konusunda ilerlemeler yaşanmaktadır. Bu durum da güneş enerjisi maliyetlerini azaltmakta ve bu alandaki yatırımların sayısını artırmaktadır. İleri teknoloji gerektiren güneş enerjisinden düşük seviyelerde yararlanılmasına karşın özellikle son dönemlerde bu sektördeki yatırımların artması ve teknolojik maliyetlerin düşmeye başlaması ile kullanım oranları giderek artmaktadır.

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisine ayrı bir önem verilmektedir. Güneş enerjisinden; materyal, yöntem ve teknolojik seviye bakımlarından farklılık gösteren sistemlerde yararlanılmaktadır. Genel olarak güneş enerjisi teknolojileri; Fotovoltaik Güneş Teknolojisi ve Isıl Güneş Teknolojileri olmak üzere iki ana grup altında incelenebilir.

#### **4.1.1 Fotovoltaik güneş teknolojileri**

Güneş hücreleri (fotovoltaik hücreler), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Alanları genellikle 100 cm<sup>2</sup> civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasında olan güneş hücrelerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire şeklindedir. Güneş hücreleri üzerlerine ışık düştüğünde hücrelerin uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Yüzeye düşen güneş enerjisi ile hücre elektrik enerjisi üretir. Fotovoltaik hücreler, yapılarına bağlı olarak %5 ila %20 arasında bir verimle elektrik enerjisi üretebilir. Çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel veya seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilmesi ile güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül elde edilir ve böylelikle güç çıkışı artırılır [20].

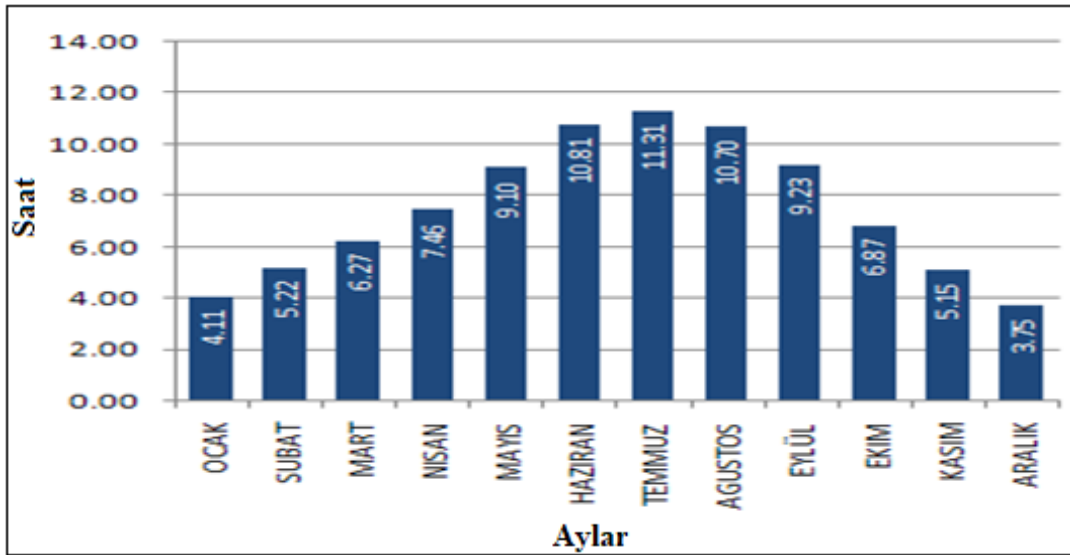
#### 4.1.2 Isıl güneş teknolojileri

Bu sistemde, güneş enerjisinden elde edilen ısı doğrudan kullanabildiği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Isıl güneş teknolojileri; güneş kolektörleri (düşük sıcaklık sistemleri) ve yoğunlaştırıcı sistemler olarak ikiye ayrılır. Düşük sıcaklık sistemleri; düzlemsel güneş kolektörleri, vakum tüp güneş kolektörleri, güneş bacaları, güneş havuzları, güneş mimarisi, su arıtma sistemleri, sera sistemleri, ürün kurutma sistemleri ve güneş ocaklarıdır. Yoğunlaştırıcı sistemler ise parabolik çanak sistemler, parabolik oluk kolektörler ve merkez alıcı sistemlerdir.

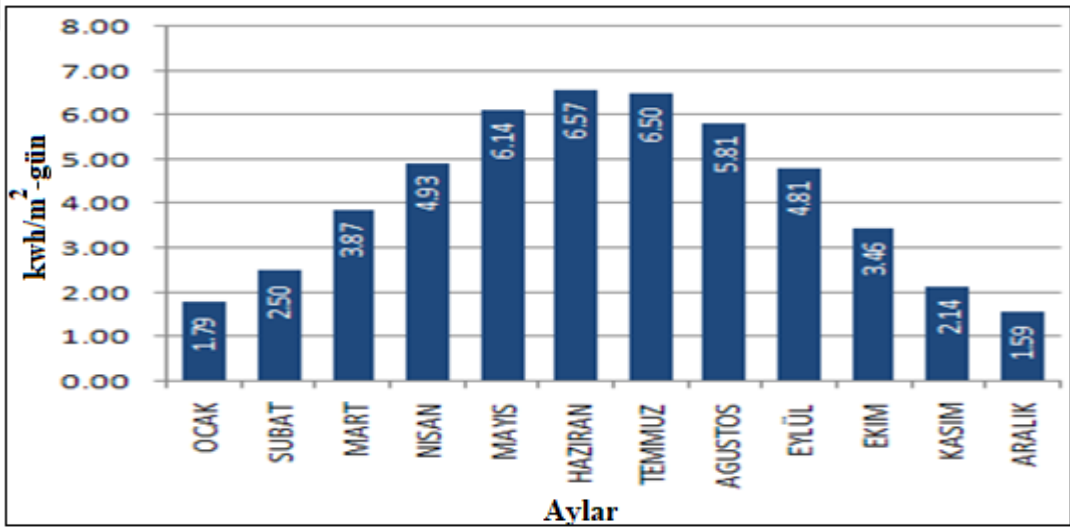
Güneş kolektörlü sıcak su sistemlerinde (düşük sıcaklık sistemleri) güneş enerjisini toplayan düzlemsel kolektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki bölüm arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı boru ve pompadan oluşmaktadır. Yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri ise daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için kullanılmaktadır. Üretilen enerji, güneş ışığı miktarına bağlı olarak değişir. Bu sistemlerde değişik ayna konumları kullanılarak güneş enerjisi, yüksek sıcaklıklı ısıya dönüştürmektedir. Sistem; güneş enerjisini toplayıp ısıya dönüştüren birinci bölüm ile ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ikinci bölümden oluşmaktadır. Üretilen enerji sisteme bağlı jeneratöre aktarılmaktadır. Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleri modüler sistemlerdir. Küçük ölçekli veya büyük ölçekli sistemler şebekeye bağlanarak ölçeklendirilebilir. Özellikle dağıtık elektrik üretim sistemlerine çok iyi uyartılabilir. İşletme maliyeti düşüktür ve 24 saat işletilebilir [20].

#### 4.1.3 Türkiye’de güneş enerjisi durumu

Türkiye’nin güneşlenme süreleri, global radyasyon değerleri ve güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için ETKB tarafından Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) hazırlanmıştır. GEPA’ya göre Türkiye’nin günlük toplam güneşlenme süresi 7,5 saat, yıllık toplam güneşlenme süresi ise yaklaşık 2.700,00 saattir (Şekil 4.1). Türkiye’nin global radyasyon değerleri (gelen güneş enerjisi) günlük toplam 4,17 kWh/m<sup>2</sup>, yıllık toplam 1.503,00 kWh/m<sup>2</sup>-yıl’dır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1: Türkiye'nin güneşlenme süreleri (saat). (URL-9)



Şekil 4.2: Türkiye'nin global radyasyon değerleri (kwh/m²-gün). (URL-9)

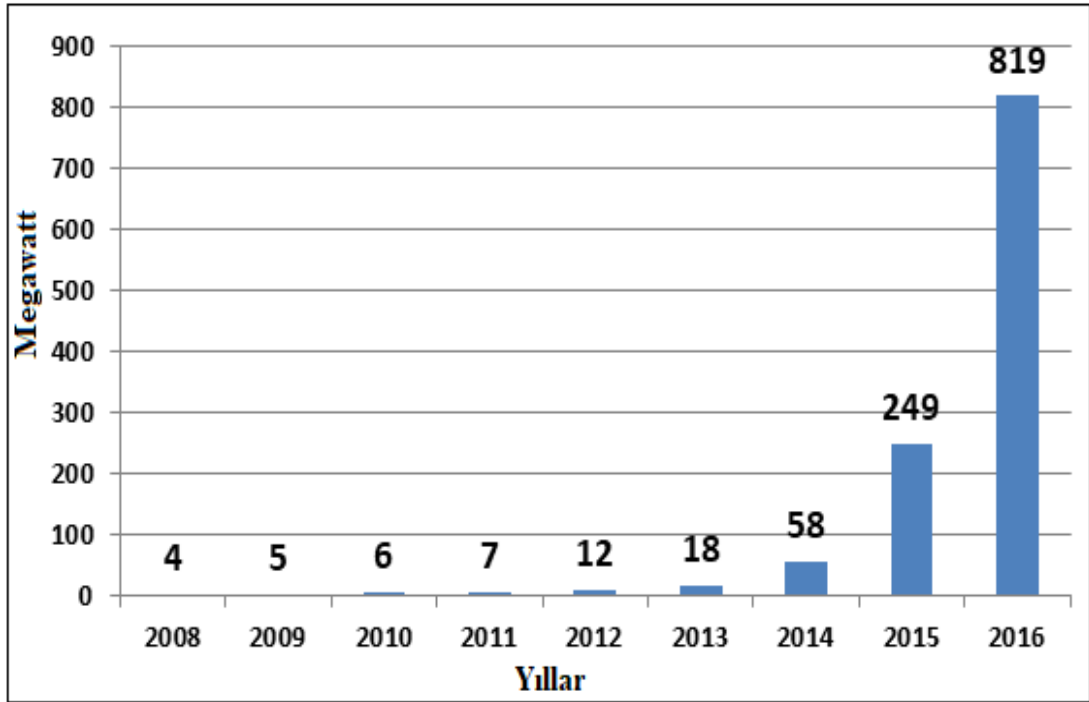
Çizelge 4.1: Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere dağılımı. (URL-9)

| BÖLGE          | TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ<br>(kWh/m²-yıl) | GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl) |
|----------------|---------------------------------------|------------------------------|
| G.DOĞU ANADOLU | 1460                                  | 2993                         |
| AKDENİZ        | 1390                                  | 2956                         |
| DOĞU ANADOLU   | 1365                                  | 2664                         |
| İÇ ANADOLU     | 1314                                  | 2628                         |
| EGE            | 1304                                  | 2738                         |
| MARMARA        | 1168                                  | 2409                         |
| KARADENİZ      | 1120                                  | 1971                         |

Türkiye genelinde maksimum güneşlenme Temmuz ayında, minimum güneşlenme ise Aralık ayındadır. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, burayı Akdeniz Bölgesi takip etmektedir (Çizelge 4.1). Yapılan ölçüm çalışmaları neticesinde, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin belirtilen değerlerden % 20-25 daha fazla olması beklenmektedir.

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli açısından coğrafi olarak oldukça iyi bir konumda, 36° - 42° kuzey paralelleri 26° - 45° doğu meridyenleri arasında, 781.000 km<sup>2</sup> yüzey alanıyla güneşli bir kuşakta yer almaktadır.

Güneş enerjisinden elektrik üretimi dışında ısınma ve sıcak su temini ile faydalanmak da mümkündür. Bu konuda kullanılan kaynaklar içerisinde çok önemli bir alternatiftir. 2015 yılında güneş kolektörleri kullanılarak 811.000 TEP ısı enerjisi elde edilmiştir. Üretilen bu ısı enerjisinin, yaklaşık %65'i konutlarda (528.000 TEP), %35'i (283.000 TEP) ise endüstriyel faaliyetlerde kullanılmıştır.



**Şekil 4.3:** Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücünün gelişimi. (URL-1)

Ülkemizde 2016 yılı sonu itibariyle güneş enerjisi kurulu gücü 819,6 MW seviyelerindedir (Şekil 4.3). Bu rakam ile güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki payı yaklaşık %1 seviyelerine çıkmıştır. Kurulu gücün 2023 yılında 5.000,00 MW’a çıkması hedeflenmektedir.

Ortalama günlük 7,5 saat güneşlenme süresi bulunan Türkiye, Almanya'dan yaklaşık %60 daha fazla güneş enerjisinden faydalanma şansına sahiptir. Fakat lkemizin 2015 yılında güneş enerjisi kurulu gücündeki kapasite artışı, Almanya'nın kapasite artışının %6'sı kadardır. Ülkemizin teknik olarak yüksek bir güneş enerjisi potansiyele sahip olmasının en önemli sebepleri, yeryüzündeki coğrafi konumu ve yıl içerisindeki güneşli gün sayısının fazla olmasıdır.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin en az 500.000,00 MW olduğu tahmin edilmektedir [21]. Bu yüksek potansiyele sahip ülkemizde, 2016 yılı sonu itibarıyla toplam kurulu enerji gücünün yaklaşık olarak 79.000,00 MW olduğu dikkate alındığında güneş enerjisindeki potansiyelin üretime dönüştürülmesinin önemi çok açık bir şekilde görülmektedir. Güneş enerjisi diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslandığında Türkiye'de en fazla enerji potansiyeline sahip kaynak olduğu görülmektedir. Burada önemli olan bu inanılmaz potansiyelin kullanılarak hayata geçirilmesini sağlamaktır. 2010 yılı öncesine kadar ülkemizde güneş enerjisi, genel olarak konutların çatılarında termal sistemler şeklinde su ısıtmak için kullanılırken, 2010 yılından sonra güneş paneli teknolojileriyle elektrik üretimi amacıyla da önemli seviyelerde kullanılmaktadır.

Ülkemizde; 2023 yılında ısıtma ve soğutma talebinin en az %15'lik bölümünün yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda güneş enerjisi daha etkin ve verimli kullanılmadır. Ülkemizin bulunduğu coğrafi konumunun avantajlarını en iyi şekilde kullanılarak en kısa zamanda güneş enerjisi kullanımını yaygınlaştırılmalıdır. Yaklaşık olarak 1 km uzunluğundaki bir güneş panelin 100 MW enerjiye eşit olduğu düşünüldüğünde ülkemizin şu anki toplam elektrik talebini karşılayabilmek için 790 km uzunluğunda güneş panellerine ihtiyaç vardır. Türkiye'nin 2023 yılında elektrik ihtiyaının 500.000 MW olacağı tahmin edilmektedir. Bu talebinin tamamı aslında sadece etkin ve verimli bir şekilde kullanılan güneş enerjisi sistemlerinden karşılanabilir. Ancak maliyetler ve mevcut imknlar ile şu an için bu öngörünün gerçekleşemeyeceği açıktır.

ETKB tahminlerine göre; güneş enerjisi kurulu gücü; 2019 yılında 3.000,00 MW, 2023 yılında ise 5.000,00 MW olacaktır. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından son derece elverişli bir konumda olsa da bu potansiyelden yararlanma noktasında birtakım zorluklarla karşı karşıyadır. Bu zorluklardan en önemlisi ekonomik ve teknolojik kısıtlardır. Yerli üretimin artırılması için farklı teşvik mekanizmalarına ihtiyaç duyulmakla birlikte ekonomik şartlar da iyileştirilmelidir. Ayrıca bu alandaki bürokratik engellerinde aşılması gerekmektedir. Tüm bunlara ek olarak sektörde kalifiye iş gücü oluşturması olmazsa olmazlardandır. Bu amaçla çeşitli düzenlemeler ve eğitimler yapılmalı, iş gücü arttırılmalı ayrıca halk genelinde güneş enerjisi ile ilgili bir bilinç oluşturulmalıdır.

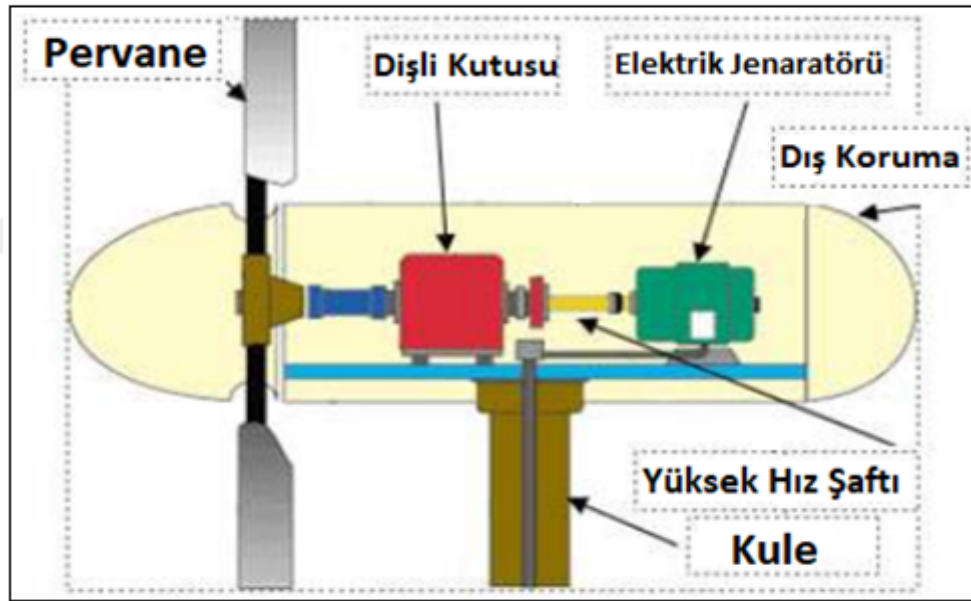
Güneş enerjisinin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Güneş enerjisi yenilenebilir, temiz, güvenilir, çevre dostu, sürekli ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi sistemleri rahatlıkla taşınır ve kurulabilir.
- Çevreye zararlı atıklara ve sera gazı emisyonuna neden olmaz.
- Enerji talebine göre kolayca güncelleme yapılabilir.
- İşletmesi kolaydır ve yakıt sorunu bulunmaz
- Mekanik yıpranma olmadan uzun yıllar sorunsuz bir şekilde çalışabilen sistemlerdir.
- Elektrik hattı bulunmayan ya da üretilen enerjinin şebeke hattının taşınması maliyetli olan kırsal bölgelerde güneş pillerinin kullanımı daha ekonomiktir.
- Her ev, kendi enerjisini kurduğu güneş pilleri ile enerjisini karşılayabilir. Böylece iletim, enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıplar ortadan kalkarak enerji konusunda büyük bir adım atılmış olacaktır.

## 4.2 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr, güneşin yer yüzeyini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzüne ulaşan güneş radyasyonu havanın nemini, sıcaklığını ve basınç değerlerini değiştirir. Bir hava kütlesi olması gerekenden daha fazla ısınsa atmosferin yukarısına doğru yükselir. Yükselen hava kütlelerinin boşalan yerine soğuk hava kütlesi yerleşir. İşte bu sıcak ve soğuk hava kütlelerinin yer değiştirmesine rüzgâr denilmektedir. Başka bir deyişle birbirine komşu iki hava kütlelerinin basınç farklılığı rüzgârı oluşturur. Rüzgâr yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır [URL-10].

Meteorolojik açıdan rüzgâr daha çok; yüksek, engebesiz tepe ve vadilerde, kıyı şeritlerinde, güçlü jeostrofik rüzgârların etkili olduğu bölgelerde, basınç değişiminin fazla olduğu alanlarda oluşur ve etkili olur.



Şekil 4.4: Rüzgâr enerji üretim şeması. (URL-9)

Rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elemanı olan rüzgâr türbinleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye ve daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren makinalardır (Şekil 4.4). Rüzgâr türbinleri, dönüş eksenlerinin doğrultusuna göre düşey eksenli ve yatay eksenli olarak ikiye ayrılır. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri santrallerde daha fazla kullanılır. Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte büyük ölçekli rüzgâr santrallerinde 1,0-7,5 MW gücündeki yatay eksenli rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır. Modern rüzgâr türbinlerinde elektrik enerjisinin üretildiği türbin göbek (rotor göbek) yer seviyesinden 60 ila 120 m

arasında bir yükseklikte kule üzerinde bulunur. Bir rüzgâr türbininden elde edilecek enerji miktarı birinci dereceden türbin göbek yüksekliğindeki rüzgâr hızına bağlı olmaktadır. Türbin göbek yüksekliğinin artırılması ile rüzgâr gücünden maksimum verim elde edilecektir [URL-10].

Dünyanın birçok ülkesinde çok sayıda modern rüzgâr türbini üretim tesisi bulunmakta ve üretilen rüzgâr türbinleri çok uzun seneler kullanılarak enerji üretebilmektedir. Ortalama olarak 20 ila 40 yıl arasında ömürleri vardır. Rüzgâr türbinleri ile ilgili birçok ülkede araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan araştırmalarda günümüz koşullarına en uygun türbin modelinin; üç kanat, boru şeklinde bir kule ve jeneratörden oluşan modeller olduğunu ortaya koymaktadır.

Tüm dünyada rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en geniş kullanım alanına sahip kaynaklardandır. Danimarka'nın 2015 yılında toplam enerji üretiminin yaklaşık %50'si rüzgâr enerjisi ile karşılanmıştır. Almanya'nın bazı bölgelerinde bu oran %60'lara çıkmakta iken Çin'deki oran %3,2 seviyelerindedir. İrlanda, Portekiz, İspanya ve Uruguay'da ise bu oran %15 civarlarındadır. Rüzgâr enerjisi konusunda dünyanın en büyük üreticilerinden olan ve üretilen bu enerjiyi dışarıya satan ABD'de rüzgâr enerjisinden üretilen elektrik %4,5 seviyelerindedir. Yapılan araştırmalarda nerdeyse tüm dünya ülkelerinde yıllar itibarıyla elektrik üretimindeki rüzgâr enerjisi kullanım oranlarını giderek arttığını ortaya koymaktadır. IEA verilerine göre 2050 yılında dünya üzerinde elektrik arzının yaklaşık %18'lik kısmının rüzgâr enerjisi ile sağlanacağı tahmin edilmektedir. Bu tahmine ulaşmak için mevcuttaki toplam kapasite yaklaşık on kat artırılmalıdır. Ayrıca rüzgâr enerjisi alandaki yatırımlara hız verilmelidir.

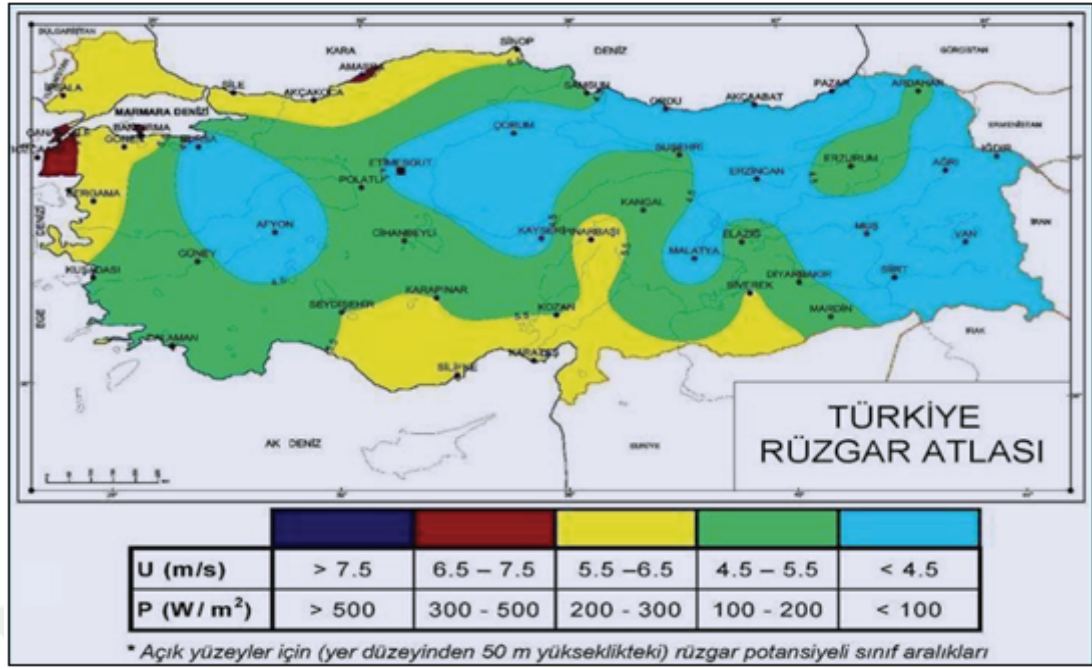
Rüzgâr tribünü imalatında zirvede yer alan Çin'de rüzgâr enerjisi için uygun altyapı ve üstyapı çalışmaları yapılmaktadır. İmalat sektöründe pazar payı bakımından Çin'in ardından Danimarka, ABD ve Almanya gelmektedir. Ayrıca Asya, Afrika ve Latin Amerika ülkelerinin bazı bölgelerinde yeni pazarlar oluşturulmaktadır. Rüzgâr enerjisi üretiminde ise Çin yine zirvede yer alırken Çin'i sırasıyla ABD, Almanya, Hindistan, İspanya ve Birleşik Krallık takip etmektedir. Ülkeler rüzgâr enerjisini düşük maliyetli bir enerji kaynağına çevirerek ve kullanma uğraşındadır.

Dünyada tahmin edilen rüzgâr kaynağı potansiyeli 53 TWh/yıl olarak öngörülmekte iken 2020 yılında dünyanın elektrik ihtiyacı 25,6 TWh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Teknik olarak bakıldığında; görülüyor ki kullanılabilir toplam küresel rüzgâr enerjisi potansiyeli, toplam dünya elektrik talebinin iki katından daha büyüktür. Bu rakamlar rüzgâr enerjisi gibi modern yenilenebilir kaynakların elektrik üretimdeki önemini açıkça ortaya koymaktadır. Dünya ülkeleri rüzgâr enerjisinden daha fazla faydalanma yönünde önemli hamleler yapmaktadır. Bu durum ilerleyen yıllarda bu alandaki maliyetleri hızlı bir şekilde düşürecek ve modern yenilenebilir kaynaklardan rüzgâr enerjisi ile enerji üretimi daha da yaygınlaştırılacaktır.

#### **4.2.1 Türkiye’ de rüzgâr enerjisi durumu**

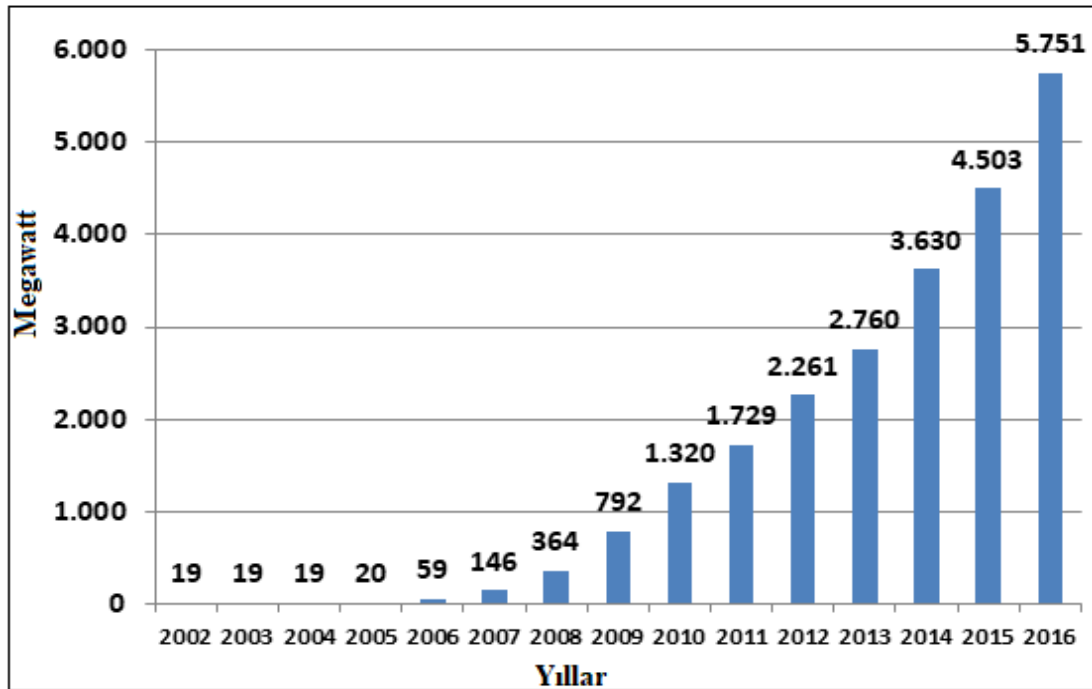
Türkiye’de 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızına sahip bölgelerde ve yer seviyesinden 50 m yükseklikte km<sup>2</sup> başına 5 MW’lık rüzgâr santrali kurulabileceği öngörülmektedir. Bu amaçla orta ölçekli sayısal hava tahmin ve mikro ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak ülkemizdeki rüzgâr kaynaklarının karakteristik özelliklerini ve dağılımını belirlemek için 2006 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır.

REPA’da verilen rüzgâr kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgâr enerjisinden en verimli şekilde kullanılacak bölgelerin belirlenmesinde bir altyapı sağlamaktadır. Yıllık ortalama değerlere incelendiğinde Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı bölgeleri; ülkemizin yüksek kesimleri ve dağların tepeleri, açık alanları ve kıyı şeritleridir. Açık alan yakınlarındaki en yüksek yıllık ortalama rüzgâr hızına sahip olan bölgelerimiz; batı kıyıları boyları, Marmara Denizi çevresi ve Antakya civarındaki bazı bölgelerdir. Türkiye'nin orta kesimleri ise orta şiddetli rüzgâr hızına sahip bölgelerimizdir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli. (URL-11)

Türkiye'de rüzgâr enerjisi kurulu gücü her geçen yıl artış gösteren bir seyir içinde yükselmektedir. Ülkemizde rüzgâr enerjisi potansiyelinin 48.000,00 MW gücünde olduğu tahmin edilmektedir. Bu yüksek potansiyele karşılık gelen yüz ölçümü alanı ise sadece Türkiye'nin yüz ölçümünün %1,30'una tekabül etmektedir [URL-10].



Şekil 4.6: Türkiye'de rüzgâr enerjisi kurulu gücünün yıllar içerisindeki gelişimi. (URL-1)

Ülkemizin hâlihazırdaki rüzgâr enerjisi kurulu gücü 5.751,00 MW'tır (Şekil 4.6). Bu seviye toplam kurulu gücün yaklaşık %7,3'üne karşılık gelmektedir. Türkiye 2005 yılında sahip olduğu 20 MW rüzgâr enerjisi kurulu gücü kapasitesini, 2016 yılsonu itibarıyla 5.751,00 MW seviyelerine çıkarmıştır. Geçen yıllar içerisinde rüzgâr enerjisi kurulu gücünün her geçen gün arttığı görülmektedir. Ayrıca bu alanda son yıllarda çok önemli yatırımlar yapılmaktadır. Şu an inşası devam eden 61 adet santral tamamlandığında toplam 1.868,00 MW'lık bir kapasite artışı olacaktır. Ülkemizin 2023 yılı rüzgâr enerjisindeki kurulu güç hedefi 20.000,00 MW'tır.

Üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada olan ülkemiz rüzgâr enerji potansiyeli bakımından çok uygun bir konumdadır. Türkiye'nin hesaplanan rüzgâr enerjisi potansiyelinin büyük çoğunluğu Ege, Doğu Akdeniz ve Marmara bölgelerinde bulunmaktadır. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkeleri içerisinde en yüksek rüzgâr enerjisi potansiyeline sahip ülke Türkiye'dir.

Teknik potansiyel bakımından Türkiye; İspanya'dan yaklaşık 2 kat Almanya'dan ise 7 kat daha fazla potansiyele sahiptir. Bu bağlamda, Türkiye elindeki potansiyeli tam anlamıyla, etkin ve verimli bir şekilde kullanacak olsa bugün Almanya'nın ürettiği rüzgâr enerjisinin yaklaşık 7 katı daha fazla enerji üretebilecek kapasitededir. Ancak toplam rüzgâr kurulu gücü bakımından Türkiye bu ülkelerin çok gerisindedir. Almanya, Türkiye'den yaklaşık 8,5 kat daha fazla rüzgâr enerjisi kurulu gücüne sahiptir.

Rüzgâr enerjisinden yararlanmak için potansiyelin yüksek olmasının dışında rüzgâr hızının da yüksek olması, rüzgâr enerjisinden faydalanılması bakımından çok önemlidir. 8,5 m/s ve üstü rüzgâr hızı çok iyi, 7,5 m/s iyi, 6,5 m/s rüzgâr hızı enerji açısından orta düzey olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'de ortalama rüzgâr hızı 7,5 m/s olarak hesaplanmaktadır. Ülkemiz bu özelliği ile rüzgâr potansiyelinde olduğu gibi rüzgâr hızında da çok avantajlı bir konuma sahiptir. Dünyadaki birçok ülkeye göre çok yüksek rüzgâr enerjisi potansiyeline ve yüksek rüzgâr hızına sahip olan ülkemiz, bu önemli avantajları kullanıp rüzgâr enerjisinden enerji elde edilmesi noktasında istenilen seviyelerde değildir. Bu durumun en önemli sebepleri ekonomik engeller ve teknolojik eksikliklerden kaynaklanmaktadır. Öte yandan bazı projelerin orman izinleri nedeniyle gerçekleştirilememesi, kamulaştırmalarda yaşanan zorluklar ve bürokratik engeller rüzgâr enerjisi ile elektrik üretiminin önündeki başlıca sorunlardır.

Rüzgâr enerjisinin avantajları ile genel olarak şöyledir;

- Hammadde ve yakıt ihtiyacı yoktur. Atmosferde bol olarak bulunur.
- Yenilenebilir, güvenilir, temiz, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.
- Dışa bağımlılığı bulunmaz. Yerli ve milli bir kaynaktır.
- Yatırım alanlarının %1'i kullanıldığından bu alanlarda tarım hayvancılık ve sanayi faaliyetleri sürdürülmeye devam edebilir.
- Atıl alanların kullanılması ve kazanılması sağlanır.
- İnşaatından tesisin faal olarak çalıştırılması da dâhil istihdam oluşturarak sosyoekonomik faydalarda sağlar.
- Kaynağı güvenilirdir. Emisyona neden olmaz.
- Fiyatının yükselme riski bulunmamaktadır.
- Kurulum maliyeti diğer güç santraller ile rekabet edebilecek seviyeye gelmiştir.
- İşletme ve bakım maliyetleri düşük olup tesisin işletilmesi basittir.
- Santralin işletmeye alınması çok kısa bir sürede gerçekleştirilebilir.

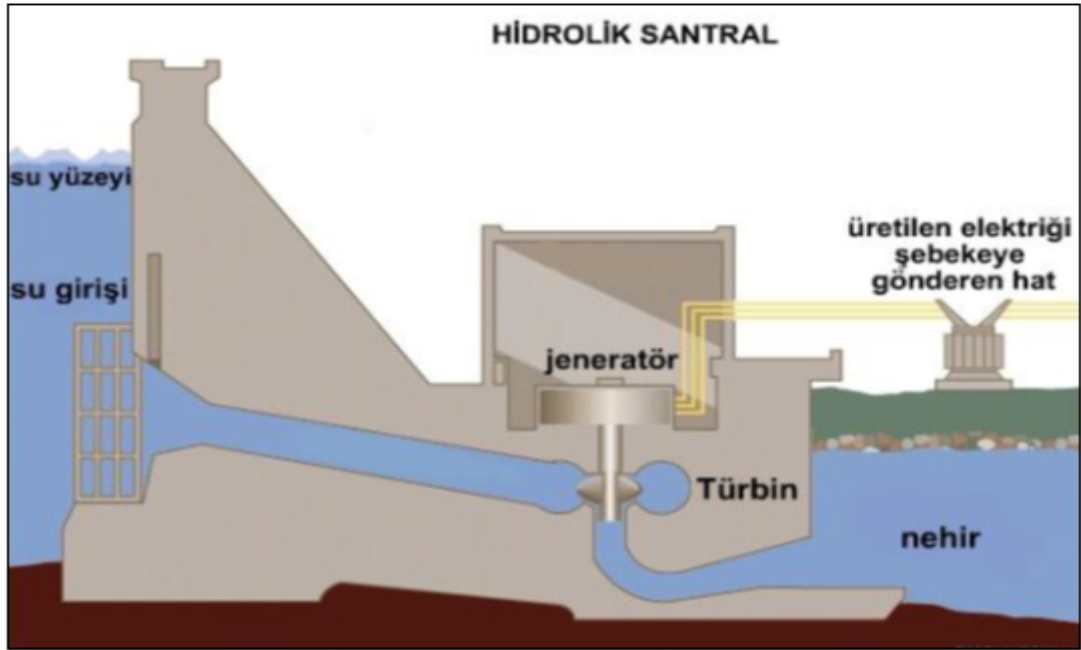
Rüzgâr enerjisi, temiz, sera gazı oluşturmayan, iklim değişikliğine neden olmayan, enerji güvenliğini sağlayan ve enerjini talebini çeşitlendiren, yakıt maliyeti bulunmayan, dolayısıyla yakıtta dışa bağımlılığı önleyen, tükenme ve bitme riski olmayan bir enerji kaynağıdır. Sayılan tüm bu özellikleriyle rüzgâr enerjisi geleneksel kaynakların aksine, enerji güvenliği bakımından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini ortadan kaldıran ayrıca ekonomik, tedarik ve politik riskler açısından diğer ülkelere bağımlılığı engelleyen yerli, milli ve her zaman kullanılabilir tükenmez bir kaynaktır.

Diğer taraftan rüzgâr santrallerinin modüler kurulumu sayesinde hızlı bir şekilde altyapı geliştirilebilir. Dolayısıyla, rüzgâr enerji santralleri kırsaldaki elektrik altyapısının geliştirilmesine de katkı sağlayabilir. Ayrıca santral tipi tesisler kadar ev tipi uygulamaları mümkündür. Kurulan rüzgâr enerji santralleri içinde ve çevresinde tarım ve sanayi faaliyetleri devam ettirilebilir.

### 4.3 Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik enerji; suyun akış hızı veya düşüş hızı ile güç kazanması ve bu gücün elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilen enerjidir. Ayrıca hidrolik enerji; temiz, güvenilir, düşük maliyetli ve kullanım teknikleri diğer kaynaklara nazaran daha iyi bilinen bir enerji kaynağıdır. Ayrıca sera gazına, küresel ısınmaya ve birçok çevre problemine neden olan fosil yakıtlara bağımlılığı azaltan bir etkiye sahiptir. Dünya genelinde elektrik enerjisi üretiminde en fazla kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik enerjidir.

Hidroelektrik santraller akış yapan suyun gücü içerisindeki enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Akan suyun içerisindeki enerjiyi suyun düşüş veya akış hızı belirler. Suyun büyüklüğü arttıkça taşıdığı enerji miktarı da artacaktır. Ayrıca çok yüksek bir konumdan su aşağıya düşürüldüğünde yine çok yüksek seviyelerde enerji elde edilebilecektir. Bu iki yöntemde de kanal veya borular içerisinde akan su türbinlere gider ve burada elektrik üretimi için pervane şeklindeki kolları döndürür. Jeneratöre bağlı olan türbinlerin pervaneleri döndürmesiyle mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülmüş olur (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Hidroelektrik enerji üretim şeması. (URL-9)

Hidroelektrik enerji, dünyada çok yaygın kullanılan ve ucuz kaynaktır. Ancak hidroelektrik enerjinin bazı çevresel etkileri de bulunmaktadır. Çok büyük ölçekli bazı hidroelektrik santraller; toprak erozyonuna, serbest akan nehirlerin kesilmesine, biyolojik çeşitliliğin kaybolmasına ve bazı ekolojik zararlara neden olabilmektedir. Ancak tüm bu etkilere rağmen hidro kaynaklar direkt olarak sera gazı emisyonuna neden olmaz ve dünyanın birçok ülkesinde de halen en önemli enerji kaynakları arasında yer alır. Çin, ABD, Brezilya ve Kanada önde gelen hidroelektrik enerji üreticileridir.

Hidroelektrik enerjinin avantajları ile genel olarak şöyledir;

- Yenilenebilir, sürekli ve sürdürülebilirdir.
- Sera gazı emisyonu oluşturmazlar.
- Hidro enerjinin yakıt masrafı bulunmamaktadır.
- Santraller yük taleplerine rahatlıkla uyum gösterebilir.
- Ülkemizde yayılmış halde bulunan küçük ve büyük suların değerlendirilmesi sağlar.
- Enerji santralleri inşaatı yerli imkânlarla yapılabilir.
- Santralin işletme ve bakım giderleri düşüktür.
- Hidroelektrik santrallerin çok uzun kullanım ömürleri vardır ve yüksek verimde çalışırlar.
- Santrallerin inşası ve işletilmesi sırasında istihdam sağlar.
- Özellikle az gelişmiş bölgelerde sosyoekonomik katkıları bulunmaktadır.
- Enerjide dışa bağımlılığımızı azaltacak en önemli alternatiflerdendir.

#### 4.3.1 Türkiye’ de su kaynakları durumu

Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar  $\text{km}^3$ ’tür. Toplam su miktarının; %97,5’i okyanus ve denizlerde tuzlu su, %2,5’i göl ve nehirlerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Çok sınırlı olan tatlı su miktarının %90’ı kutuplarda ve yer altında bulunmaktadır. İnsanların yararlanabileceği ve elverişli tatlı su miktarı tüm kaynak toplamının %0,25’i kadardır. Bu rakam kullanıma uygun tatlı su kaynaklarının ne kadar kısıtlı olduğunu kanıtlar niteliktedir. Ülkemizde yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 574 mm’dir. Bu rakam yılda ortalama 450 milyar  $\text{m}^3$  suya karşılık gelmektedir. Ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 172 milyar  $\text{m}^3$ ’tür [22].

Ülkemizde kullanılabilir yüzey suyu potansiyeli yıllık ortalama 94 milyar m<sup>3</sup> 'tür. Şu an tespit edilmiş yeraltı suyu potansiyeli ise yıllık ortalama 18 milyar m<sup>3</sup> 'tür. Toplamda ülkemizde tüketilebilir yeraltı ve yerüstü su potansiyeli yıllık ortalama 112 milyar m<sup>3</sup> olup bu miktarın 54 milyar m<sup>3</sup>'ü kullanılmaktadır. Yeryüzündeki suyun ekonomik ve teknik şartlardan dolayı kullanılmasının uygun olmadığı veya yetersiz olduğu bölgelerde su talebi yeraltı suyundan karşılamaktır. Ülkemizde 18 milyar m<sup>3</sup> yeraltı suyu rezervinin 15 milyar m<sup>3</sup>/yıl tahsisi yapılmıştır (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2:** Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli. (URL-12)

| <b>Su Kaynakları Potansiyeli</b> |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Türkiye'nin Yüz Ölçümü           | 779.452 km <sup>2</sup>        |
| Yıllık Ortalama Yağış            | 574 mm/yıl                     |
| Yıllık Yağış Miktarı             | 450 milyar m <sup>3</sup>      |
| <b>Yüzey Suyu</b>                |                                |
| Yıllık Yüzey Akışı               | 172 milyar m <sup>3</sup>      |
| Kullanılabilir Yüzey Suyu        | 94 milyar m <sup>3</sup>       |
| <b>Yer Altı Suyu</b>             |                                |
| Yıllık Çekilebilir Su Miktarı    | 18 milyar m <sup>3</sup>       |
| Tahsis Edilen Miktar             | 15 milyar m <sup>3</sup>       |
| <b>Gelişme Durumu</b>            |                                |
| DSİ Sulamalarında Kullanılan     | 40 milyar m <sup>3</sup>       |
| İçme Suyunda Kullanılan          | 7 milyar m <sup>3</sup>        |
| Sanayide Kullanılan              | 7 milyar m <sup>3</sup>        |
| <b>Toplam Kullanılan Su</b>      | <b>54 milyar m<sup>3</sup></b> |

Ülkemiz kişi başına düşen yıllık su miktarına göre su azlığı yaşayan bir ülkedir. Yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.000 m<sup>3</sup> 'ten daha az olan ülkeler su fakirliği yaşayan ülkeler sınıfında, 2.000 m<sup>3</sup> 'ten daha az olan ülkeler su azlığı yaşayan ülkeler sınıfında, 8.000-10.000 m<sup>3</sup> 'ten daha fazla olan ülkeler su zenginliği yaşayan ülkeler sınıfındadır [23].

**Çizelge 4.3:** HES potansiyeli durumu. (URL-12)

| <b>HES POTANSİYEL DURUMU</b> |                       |                                                |                                                 |                     |
|------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Potansiyel</b>            | <b>HES<br/>(adet)</b> | <b>Toplam<br/>Kurulu<br/>Kapasite<br/>(MW)</b> | <b>Ortalama<br/>Yıllık Üretim<br/>(GWh/yıl)</b> | <b>Oran<br/>(%)</b> |
| İşletmede                    | 596                   | 26.819                                         | 93.653                                          | 59                  |
| İnşaat Halinde               | 83                    | 5.424                                          | 16.508                                          | 10                  |
| İnşaatına Henüz Başlanmayan  | 639                   | 15.330                                         | 48.383                                          | 31                  |
| <b>Toplam</b>                | <b>1318</b>           | <b>47.573</b>                                  | <b>158.544</b>                                  | <b>100</b>          |

**Çizelge 4.4:** Özel sektörcce geliştirilecek projeler. (URL-12)

| <b>6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Çerçevesinde Özel Sektörcce Geliştirilecek Projeler (Ülke Geneli)</b> |                                                     |                     |                                                |                    |                                 |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------|
| <b>Faaliyet</b>                                                                                               | <b>Ortalama<br/>Yıllık<br/>Üretim<br/>(GWh/yıl)</b> | <b>Oran<br/>(%)</b> | <b>Toplam<br/>Kurulu<br/>Kapasite<br/>(MW)</b> | <b>Devlet (MW)</b> | <b>Özel<br/>Sektör<br/>(MW)</b> | <b>HES<br/>(adet)</b> |
| İşletmede                                                                                                     | 41.184                                              | 43                  | 26.819                                         |                    | 12.106                          | 454                   |
| İnşaat Halinde                                                                                                | 10.195                                              | 11                  | 5.424                                          | 1.920              | 3.504                           | 80                    |
| Planlama ve<br>Proje                                                                                          | 44.216                                              | 46                  | 15.330                                         | 1.315              | 14.015                          | 616                   |
| <b>Toplam</b>                                                                                                 | <b>95.595</b>                                       | <b>100</b>          | <b>47.573</b>                                  | <b>3.235</b>       | <b>29.625</b>                   | <b>1.150</b>          |

**Çizelge 4.5:** Özel sektörcce geliştirilecek projeler (GAP). (URL-12)

| <b>6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Çerçevesinde Özel Sektörcce Geliştirilecek Projeler (GAP)</b> |                                                     |                     |                                                |                    |                                 |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------|
| <b>Faaliyet</b>                                                                                       | <b>Ortalama<br/>Yıllık<br/>Üretim<br/>(GWh/yıl)</b> | <b>Oran<br/>(%)</b> | <b>Toplam<br/>Kurulu<br/>Kapasite<br/>(MW)</b> | <b>Devlet (MW)</b> | <b>Özel<br/>Sektör<br/>(MW)</b> | <b>HES<br/>(adet)</b> |
| İşletmede                                                                                             | 22.790                                              | 61,7                | 6.175                                          | 5.527              | 648                             | 34                    |
| İnşaat Halinde                                                                                        | 6.907                                               | 18,7                | 2.370                                          | 1.399              | 971                             | 7                     |
| Planlama ve<br>Proje                                                                                  | 7.246                                               | 19,6                | 2.192                                          | 270                | 1.922                           | 65                    |
| <b>Toplam</b>                                                                                         | <b>36.943</b>                                       | <b>100</b>          | <b>10.737</b>                                  | <b>7.196</b>       | <b>3.541</b>                    | <b>106</b>            |

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) projesi hidro enerjinin gelişimine önemli katkılar sağlamıştır. 2016 yılı sonunda GAP alanlarında özel sektör ve devlet tarafından, hâlihazırda kullanılan işletmeler ve inşaat halindeki projelerin oranı %87 seviyelerine dayanmıştır. %13 içerisinde yer alan projelerin ise bir an önce hayata geçirilmesi için çalışmalar yapılmakta ve bu projelerin ülke ekonomisine kazandırılması hedeflenmektedir. GAP'daki projelerin dışında Çoruh havzasındaki, Çoruh Nehri master planı, içinde yer alan ana kol projeleri ülkemizin teknik potansiyelinin yaklaşık %5'ine tekabül etmektedir [22].

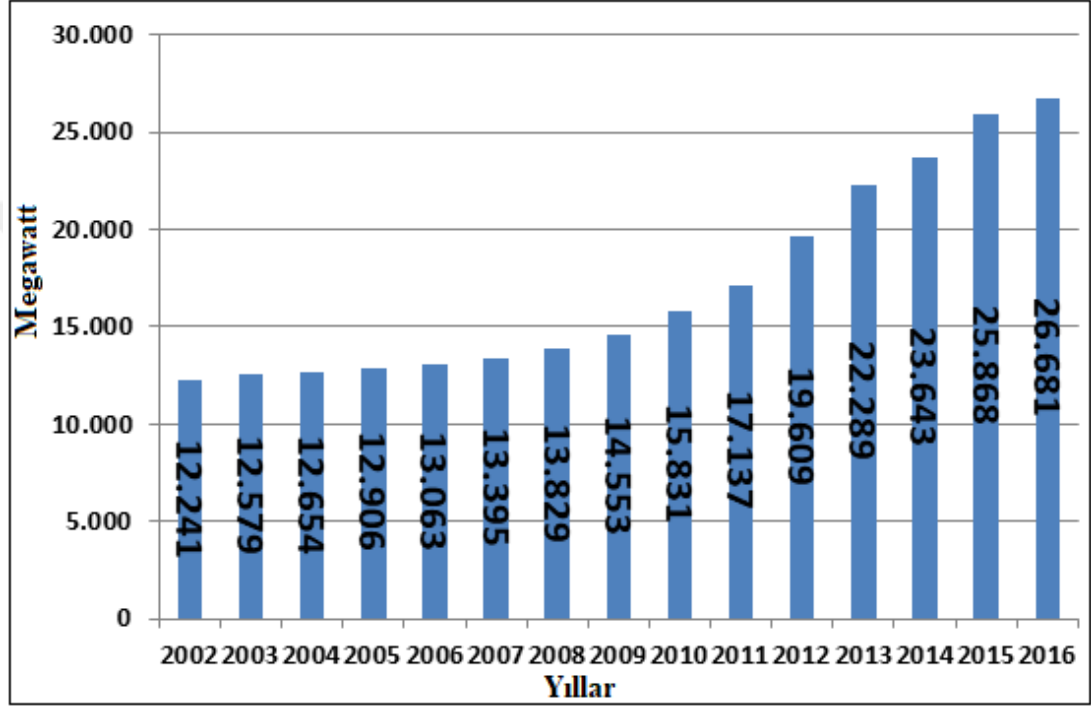
#### 4.3.2 Türkiye'de hidroelektrik enerjisi durumu

Hidroelektrik enerji; çevreye ciddi etkileri olmaması ve düşük potansiyel risk taşınması nedeniyle tercih edilmektedir. Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde çok önemli havzalar bulunmaktadır (Şekil 4.8). Türkiye'nin teknik hidro enerji potansiyeli Avrupa potansiyelinin %17,6'sına, dünya teorik potansiyelinin ise %1,5'ine karşılık gelmektedir. Ülkemiz bu potansiyel ile Avrupa'da Rusya'dan sonra ikinci sıradadır. Ancak ülkemiz bu yüksek hidroelektrik potansiyelinden yararlanılma konusunda hala istenilen seviyede değildir. Burada önemli olan ve yapılması gereken potansiyelin hayata geçirilmesini sağlamak bu durumun önündeki engelleri kaldırmaktır. Bu durumu avantaja çevrildiğinde ülkemizde enerji üretimine en fazla katkı sağlayan kaynakların başında hidrolik enerji gelecektir. Hammaddesi su olan hidroelektrik santraller diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha düşük maliyetlidirler. Tüm bunlara ek olarak hidroelektrik enerji, pahalı elektriği ucuza üretme noktasında önemli bir konumdadır.



Şekil 4.8: Türkiye'nin 25 havzasını gösteren harita. (URL-12)

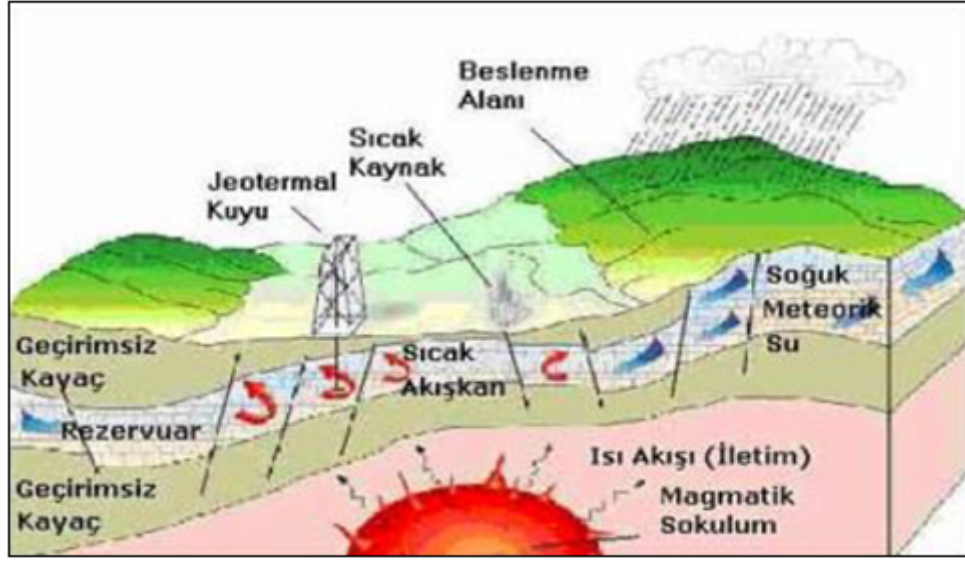
Türkiye’de son dönemde enerji sektöründe atılan adımlar ve yenilenebilir enerji konusundaki yasal düzenlemeler bu alanda yatırımları arttırmıştır. Ülkemizde 2016 yıl sonu itibariyle 597 adet hidroelektrik santralinden sağlanan kurulu güç 26.681,00 MW’tır (Şekil 4.9). Bu gücün 19.558,00 MW’ı barajlı, 7.123,00 MW’ı ise akarsu şeklindedir. Hidroelektrik enerjisi kurulu gücü Türkiye’nin toplam kurulu gücünün %34’üne tekabül etmektedir. Hidrolik enerji kurulu gücü için 2023 yılı hedefi 36.000,00 MW’tır [URL-13].



**Şekil 4.9:** Türkiye’de hidrolik enerjisi kurulu gücünün yıllar içerisindeki gelişimi. (URL-1)

#### 4.4 Jeotermal Enerji

Yerküre ısısı olarak da bilinen jeotermal enerji, yerkabuğu içinde erişilebilir derinliklerde bulunan geçirimli kayalar içinde birikmiş ısının, akışkanlar aracılığıyla taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşan sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir (Şekil 4.10). Biriken ısı yeryüzüne yüksek sıcaklık kazanmış yer altı suları vasıtasıyla alınabileceği gibi kızgın kuru kayalar sistemlerinde olduğu şekliyle yüzeyden gönderilen akışkan yardımıyla da alınabilir [24].



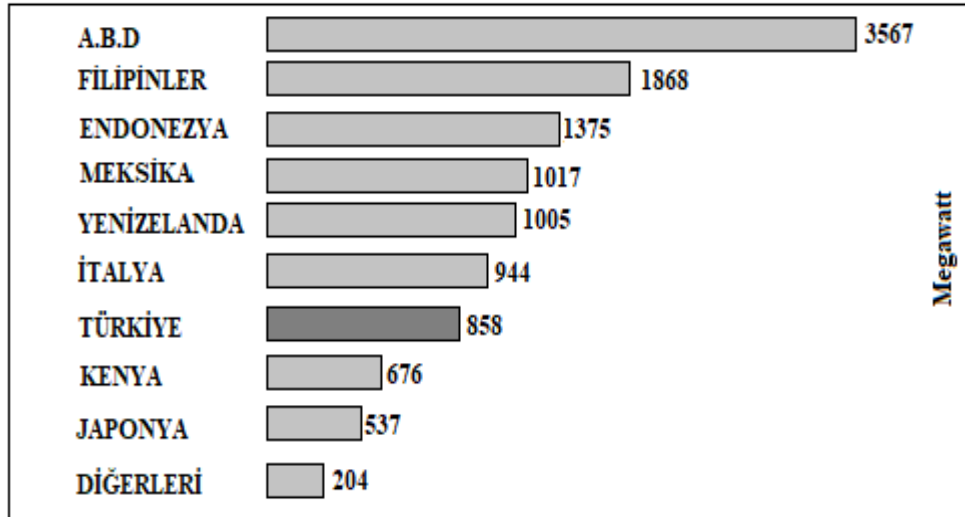
**Şekil 4.10:** Jeotermal enerjinin oluşumu. (URL-9)

Jeotermal kaynaklar, enerji kaynağı olarak kendini ispatlamış ve 1913 yılından bu yana elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Jeotermal enerji çok ucuz ve çevreye etkisi minimum olan bir kaynaktır. Özellikle ısınma ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasında, seraların ısıtılmasında, ısı pompalarında, endüstriyel faaliyetlerde ve elektrik üretiminde jeotermal sistemlerden faydalanılabilir. Jeotermal kaynaklar genel olarak aktif kırık sistemler ile volkanik birimlerin etrafındadır. Jeotermal enerjinin temiz bir kaynak olarak görülmesi  $CO_2$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$  gibi zararlı gazları oluşturmadığından kaynaklanmaktadır.

Jeotermal enerji kaynakları genel olarak şu şekilde kullanılır;

- Düşük sıcaklıklı sahalardaki jeotermal akışkanlar; sera veya binaların ısıtılmasında, zirai faaliyetlerde, endüstride, yiyecek kurutulmasında, sanayide,  $CO_2$ 'den kuru buz eldesinde kullanılmaktadır.
- Orta sıcaklıklı sahalardaki jeotermal akışkanlardan elektrik üretimi yapılabilmektedir.
- Yüksek sıcaklıklı sahalardaki jeotermal akışkanlar ise elektrik üretimi ile birlikte bütünleşmiş bir şekilde olarak diğer alanlarda kullanılabilmektedir.

2016 yılında dünyada toplam jeotermal enerji kurulu gücü 12,8 GW'tır. Dünyada jeotermal enerjiden elektrik üretiminde yer alan ilk yedi ülke ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika, Yeni Zelanda, İtalya ve Türkiye'dir. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanım uygulamalarında ise ilk dört sıra Çin, ABD, İsveç ve Türkiye şeklindedir (Şekil 4.11) [URL-14].



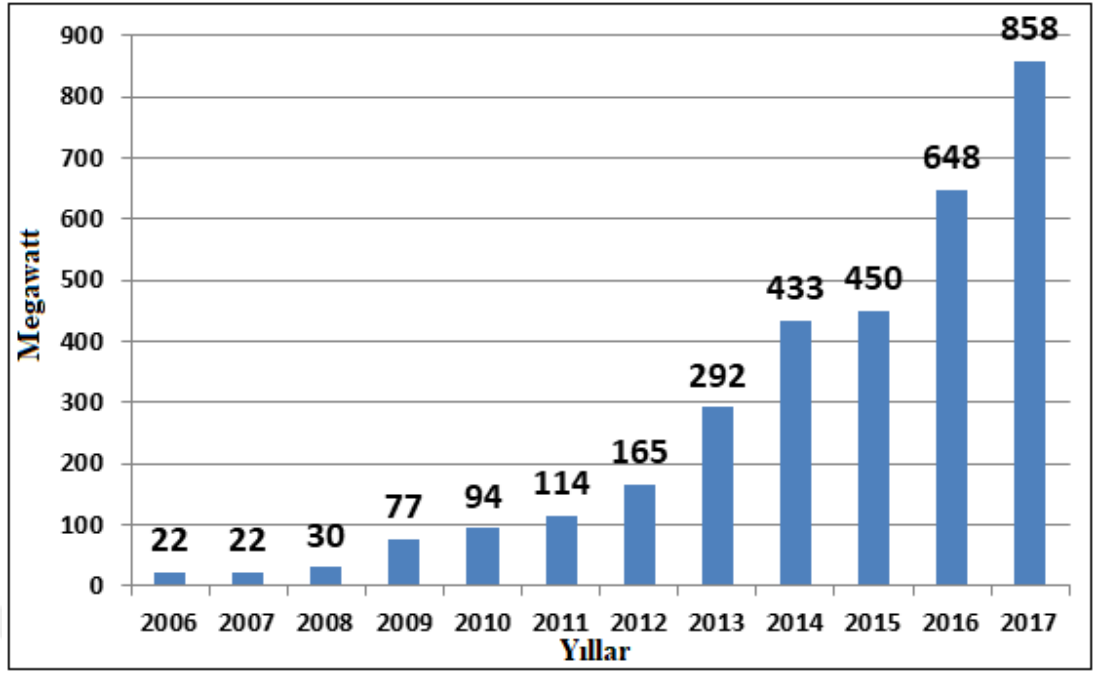
**Şekil 4.11:** Bazı ülkelerin jeotermal üretim kapasitesi (MW). (URL-1)

#### 4.4.1 Türkiye’de jeotermal enerji durumu

Ülkemiz jeotermal kuşak olarak değerlendirilen coğrafi konumda yer almaktadır. Türkiye’de jeotermal kaynak arama çalışmaları ilk olarak MTA tarafından 1962 yılında başlatılmıştır. Bu çalışmalar günümüze kadar gelmiş olup 287,5 °C sıcaklığa kadar ulaşan jeotermal kaynaklar bulunmuştur. Jeotermal enerji kaynakları ile ilk elektrik üretimi 1975’de yine MTA tarafından kurulan ve gücü 0,5 MW olan Denizli-Sarayköy’deki Kızıldere Santrali ile yapılmıştır. 1990-2005 yılı aralığında jeotermal enerji alanındaki çalışmalar durma noktasına gelse de 2005 yılından sonra bu alana ilgi tekrar artmıştır. Jeotermal enerji konusunda devlet tarafında sağlanan ödenek yaklaşık 10 kat artmıştır. ETKB’nin desteği ile 2005 yılından sonra yeni kaynakların keşfedilmesi ve mevcut jeotermal kaynakların geliştirilmesi neticesinde sondaj uzunluğu 383.000 m’ye ulaşmış ve kullanılabilir ısı kapasitesi 5.000,00 MW seviyelerine yükseltilmiştir [URL-14].

Ülkemizin aktif bir tektonik bir kuşak üzerinde yer aldığı için jeotermal enerji bakımından birçok ülkeye göre avantajlı bir konumdadır. Ülkemizin çeşitli bölgelerine yayılan yaklaşık 1000 tane doğal çıkış şeklinde ve değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynak bulunmaktadır. Bu kaynaklara yapılan arama çalışmaları ile birlikte ve düzenlenen mevzuatlar jeotermal konusunda yatırımcıların önünü açmıştır. Böylece jeotermal arama faaliyetleri, geliştirme ve yatırım çalışmaları hızlanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda ülkemizdeki toplam jeotermal görünür ısı kapasitesi 15.500,00 MW’a ulaşmıştır.





**Şekil 4.13:** Türkiye’de jeotermal enerjisi kurulu gücünün gelişimi. (URL-1)

Jeotermal enerjinin üretildiği bölgede kullanılabilmesi daha mümkündür çünkü jeotermal enerjinin uzun mesafelere iletimi sınırlıdır (maksimum 100 km). Ancak sıcaklık ve gürültü bakımında değerlendirildiğinde jeotermal bölgeler genellikle yerleşim alanlarından uzakta olduğundan bu durum çok fazla sorun teşkil etmemektedir. Ayrıca jeotermal santrallerde çok yer kaplamadığından görüntüyü de bozmamaktadır. Jeotermal enerjinin sürekli ve kesintisiz güç üretebilmesi, hava değişimlerinden etkilenmemesi önemli bir avantaj olup güvenilir bir kaynak olduğunun da göstergesidir.

Jeotermal enerji kaynakları sürdürülebilirdir çünkü jeotermal kaynaklar çok uzun süreler kullanılabilir. Bu süreler 100 ila 300 yıl aralığında değişebilir. Jeotermal akışkanların yeryüzünde meydana getirdikleri doğal güzelliklerden, traverten, gayzer ve çamur havuzları gibi doğal güzelliklerin korunması gerekmektedir. Jeotermal enerji kaynaklarına yatırımları arttırmak ve kullanım oranlarını yüksek seviyelere çıkarmak için mevcut kanunlara yasal düzenlemeler getirilmesi, çevresel politikaların benimsenmesi, kullanılan jeotermal akışkanların tekrar rezervuara basılması, bilinçli ve uzun ömürlü saha modellemelerinin yapılması gerekmektedir.

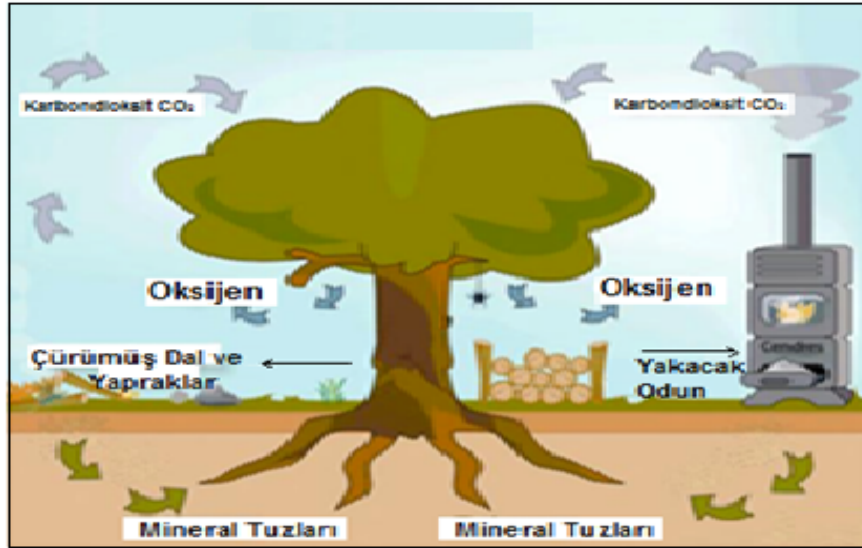
Ekonomik ve toplumsal gelişimin en önemli öğelerinden enerji, elde edilirken kaynakları çeşitlendirmek en önemli işlerdendir. Bu kaynak yelpazesine yenilenebilir enerji kaynaklarını koymak ise vazgeçilmez bir gerekliliktir. En önemli yenilenebilir kaynaklar arasında gösterilen jeotermal enerji kaynakları; düşük maliyetli, çevre dostu, güvenli, yatırım maliyetini kısa sürede geri kazandıran bir enerji çeşididir.

Ülkemizde jeotermal enerji potansiyeli bakımından oldukça önemli kaynaklara sahiptir. Ancak bu yüksek potansiyel yeterince kullanılamamaktadır. Son yıllarda bu alana verilen önem artmış ve önemli yatırımlar yapılmaya başlanmıştır. Jeotermal enerji konusunda dünyada ilk yedi ülke içerisinde yer alan Türkiye, devlet desteği ve doğru politikalar ile bu alandaki gelişimini daha da artıracak, sürdürülebilir bir kalkınma sağlayacak ve enerji konusunda önemli atılımlar gerçekleştirecektir. Burada hedeflenen, jeotermal kaynakların diğer enerji kaynakları ile rekabet edebilecek seviyelere getirilmesidir. Sağlıklı bir toplum, yaşanılabilir bir çevre ve sürdürülebilir bir dünya için jeotermal enerjiden doğru hamlelerle en verimli şekilde yararlanmak çağımızın bir gerekliliğidir.

#### **4.5 Biyokütle Enerjisi**

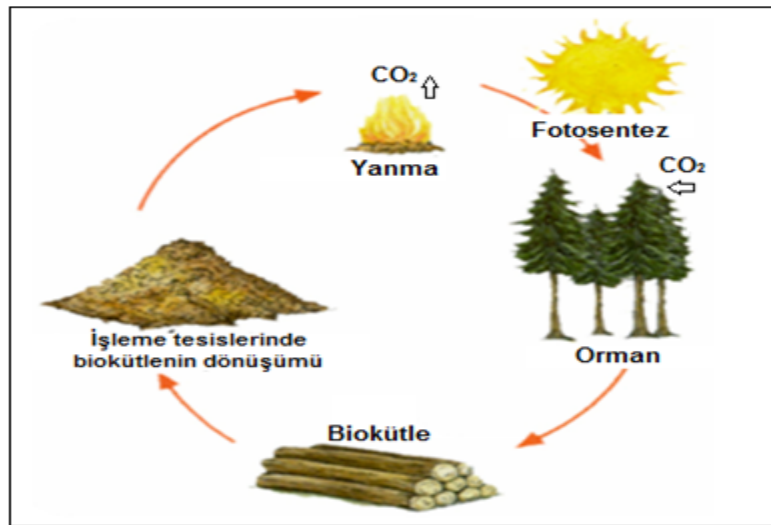
Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak tanımlanabilir. Biyokütle aynı zamanda bir organik karbon olarak da kabul edilmektedir. Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle, genelde güneş enerjisini fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. [URL-15]. Artan nüfus ve gelişen sanayi enerji ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. İhtiyaç duyulan bu enerjinin, çevresel kirliliğe neden olmadan sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi için kullanılabilecek kaynakların başında biyokütle gelmektedir. Biyokütle enerjisi bitmez tükenmez bir kaynak olup hemen her yerde elde edilebilir. Özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik bir enerji kaynağıdır.

Biyokütle kaynakları genel olarak; mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, denizdeki algler, otlar, yosunlar, gübre ve sanayi atıkları, hayvan dışkıları, ev ve iş yerlerinden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) şeklindedir. Büyük bir kısmını dışarıdan ithal ettiğimiz petrol, kömür, doğalgaz gibi rezervleri tükenmekte olan fosil enerji kaynakları ve bunların kaynakların çevre kirliliği oluşturması nedeni ile biyokütle enerjisi gün geçtikçe önemini arttırmaktadır.



Şekil 4.14: Bitkisel döngü. (URL-9)

Bitkiler atmosferde bulunan CO<sub>2</sub>'yi kullanarak fotosentez yapar ve canlıların solunumu için olmazsa olmaz oksijeni atmosfere salarlar. Bitkiler fotosentez ile bir yandan canlı yaşamının devamı için oksijen üretirken diğer yandan atmosferde serbest halde bulunan ve özellikle fosil yakıt kullanımı sonrası miktarı artan CO<sub>2</sub> seviyesini düşürürler (Şekil 4.14). Bitkilerden elde edilen biyokütlenin yakılarak enerji elde edilmesi sırasında açığa çıkan CO<sub>2</sub>, daha önce atmosferden fotosentez yolu ile alınmış olduğundan, aslında ekstra bir CO<sub>2</sub> salınımına neden olmaz. Aksine biyokütle kullanılarak çevremiz CO<sub>2</sub> salınımı bakımından korunmuş olacaktır (Şekil 4.15). Aslında bitkiler tek başına besin kaynağı olmanın dışında aynı zamanda çevre dostu ve tükenmez bir enerji kaynağıdır.



Şekil 4.15: Biyokütle döngüsü. (URL-9)

Bitkisel ve hayvansal canlı fosillerinin milyonlarca yıl deniz, göl veya toprak altında kalmasıyla meydana gelem fosil yakıtlar, bakıldığında biyokütle ile aynı özellikleri taşırlar. Ancak ölü organizmaların yer altında sıcaklık ve basınç ile değişime uğradıklarından, yakıldıklarında havaya birçok zararlı madde açığa çıkarırlar. Ayrıca milyonlarca yıllık bir süreçte oluşan bu yakıtların kısa bir süre içerisinde yakılması havadaki CO<sub>2</sub> dengesinin de kısa bir sürede bozulmasına ve dolayısıyla sera etkisine, küresel ısınmaya ve bunlara bağlı çevre felaketlerine neden olur.

#### **4.5.1 Biyokütle kaynakları**

Biyokütle kaynakları bitkisel, hayvansal ve atık kaynaklı olmak üzere genel olarak üç başlık altında incelenir.

Bitkisel Biyokütle Kaynakları genel olarak şu şekilde sıralanır;

- Kanola veya ayçiçeği gibi yağlı bitkileri
- Patates, mısır veya şeker pancarı gibi nişasta ve şeker içeren bitkileri
- Keten veya kenevir gibi elyafsı bitkiler
- Fasulye veya bezelye gibi protein bitkileri
- Sap, dal veya kök gibi tarımsal artıkları

Ormanlardan elde edilen biyokütle kaynakları genel olarak şu şekilde sıralanır;

- Enerji ormanlarından elde edilen kaynaklar
- Enerji tarımı ile elde edilen kaynaklar

Hayvansal biyokütle kaynakları genel olarak şu şekilde sıralanır;

- Büyükbaş, küçükbaş ve tavukların dışkılarından elde edilen kaynaklar
- Hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında veya mezbahanelerde oluşan atıklar

Konutlardan ve sanayi faaliyetleri neticesinde oluşan atıklardan elde edilen kaynaklar ile organik çöplerden elde edilen biyokütle kaynakları genel olarak şu şekilde sıralanır;

- Kanalizasyonlarda meydana gelen dip çamurları
- Endüstriyel faaliyetler sonucu biyokütleye uygun sanayi atıkları,
- Endüstriyel veya evsel atık sular
- Organik çöpler

#### **4.5.2 Biyokütle yetiştiriciliği**

Biyokütle yetiştiriciliğinin temel amacı; enerji tarımı ve enerji ormanları ile modern biyokütle yakıtının hammaddesini elde etmektir. Tarıma ve ormancılığa dayalı bu yetiştiricilik sisteminin temelinde bitkilerin, güneş enerjisini fotosentez vasıtasıyla bünyelerinde depolaması esasına dayanır. Ayrıca bu sistemde çabuk büyüyen bitkiler tercih edilir.

Biyokütle enerji kaynakları arasında daha çok bilinen ve kullanılan kaynak odundur. Ancak odunun yetişmesi çok uzun yıllar aldığından ve ağaçların kesilmesi ile elde edildiğinden, ormanlık alanların tahrip edilmesine hatta zamanla yok olmasına neden olabilmektedir. Biyokütle enerji yetiştiriciliği modern ve klasik yetiştiricilik olarak ayrılır. Klasik biyokütle yetiştiriciliği ile genel olarak hayvan atıklarından oluşan tezeler ve ağaç kesilmeleri sonucu oluşan odunlar elde edilir. Modern biyokütle yetiştiriciliği ile enerji ormanları ve enerji tarımına dayalı bitkiler kullanılarak enerji elde edilir

##### **4.5.2.1 Enerji ormanları**

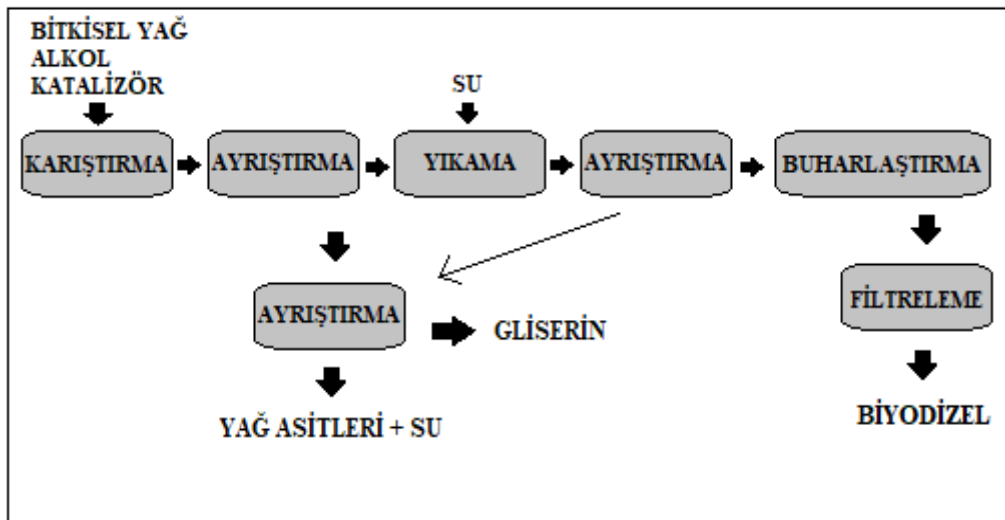
Biyokütle yetiştiriciliğinde yer alan enerji ormancılığında; okaliptüs, söğüt, kavak, balzam ve titrek kavakları gibi hızlı büyüyen ağaçlar kullanılmaktadır. Enerji ormancılığında yetiştirilen ağaçlar, çok farklı iklim ve toprak koşullarında yaşayabilir ve büyüme hızları diğer ağaçlara göre 10-20 kat daha fazladır. Bu büyüme hızı biyoteknolojik yöntemler ile daha da artırılabilir. Enerji ormancılığı içerisinde yer alan ağaçlar ortalama 5 yılda bir budanmakta ve yeniden büyümeleri sağlanmaktadır. Budanan dallar biyokütle enerjisi kaynağı olarak kullanılır. Enerji ormancılığı ile ağaç yetiştirilmesi sağlanmakta, fotosentez ile atmosferdeki fazla CO<sub>2</sub> alınmakta, orman alanları arttırılmakta ve ormanlar korunarak çevre kirliliği azaltılmaktadır [URL-16].

#### 4.5.2.2 Enerji tarımı

Enerji tarımında; çok kurak ve verimsiz arazilerde dahi yetişebilen yüksek verimli ve hızlı büyüyen bitkiler kullanılmaktadır. Yüksek verimli enerji bitkileri olarak da adlandırılan enerji tarımı tek veya çok yıllık bitkiler ile yapılabilen bir biyokütle yetiştiriciliği yöntemidir. Bu yöntem için kullanılan bazı bitki tohumlarının genleri değiştirilerek bu sistem içerisinde daha verimli hale getirilmektedir. Enerji tarımında kullanılan bitkilere C4 tipi bitkiler denmektedir. Mısır, tatlı darı, şeker kamışı, şeker pancarı gibi bitkiler enerji bitkileri olarak yetiştirilmektedir. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarı belli bir seviyenin altına indiğinde bazı bitkiler fotosentez yapamazlar. Ancak C4 tipi bitkileri atmosferde yer alan tüm CO<sub>2</sub> moleküllerini soğurabilirler. C4 bitkileri kullanılarak fotosentez yoluyla atmosferdeki fazla CO<sub>2</sub> soğurularak çok önemli çevre sorunlarının önüne geçilecek ve biyokütle enerji kaynağı elde edilecektir.

#### 4.5.3 Biyodizel üretimi

Biyodizel üretiminde yaygın olarak alkoliz (transesterifikasyon) yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde hammadde olarak kullanılan yağ, etanol veya metanol ile asidik veya bazik katalizörler eşliğinde ana ürün olarak yağ asidi esterleri ve gliserin vererek esterleşir. Biyodizel soya, kolza (kanola), ayçiçek gibi yağlı bitkilerinden elde edilen bitkisel yağlar, hayvansal yağlar ve atık kızartmalık yağlar ile alkol olarak metanol ve katalizör olarak alkali katalizörler(sodyum hidroksit, potasyum hidroksit ve sodyum metilat) tercih edilmektedir (Şekil 4.16) [URL-17].



Şekil 4.16: Biyodizel üretim döngüsü. (URL-9)

Biyodizelin içeriğinde petrol bulunmaz ancak saf veya belli oranda petrol kökenli dizel ile karıştırıldığında yakıt olarak kullanılabilir. Dizel-biyodizel veya saf biyodizel karışımları bir dizel motorunda, motor üzerinde çok küçük değişiklikler ile kullanılabilir. Tüketilen biyodizel neticesinde atmosfere salınan CO<sub>2</sub>, biyodizel üretiminde kullanılacak yağ bitkisi tarafından kısa sürede fotosentez ile geri alınacaktır. Biyodizel; tarımsal bitkilerden elde edildiğinden biyodizel ham maddesi yağlı bitkiler, fotosentez ile CO<sub>2</sub>'yi soğrulur ve sera etkisini azaltıcı etki yapar. Bu bakımdan biyodizel üretimi, CO<sub>2</sub> emisyonu için natürel bir yutak olarak düşünülebilir. Fosil yakıtların kullanımı sonucu miktarı artan, sera etkisi ve küresel ısınmaya sebep olan CO<sub>2</sub> miktarının azaltılmasında önemli bir alternatiftir. Biyodizel, bakterilerce kolay bir şekilde ayrıştırılabildiğinden içeriğindeki kükürt oranı dizele göre daha düşüktür. Böylece dizel yakıt kullanımı neticesinde asit yağmurları oluşurken, biyodizel kullanımında bu sorun da engellenmiş olur.

#### **4.5.4 Biyogaz üretimi**

Biyogaz; organik kökenli atık veya artıkların anaerobik ortamda fermentasyonu neticesinde ortaya çıkan havadan hafif, parlak ve mavi bir alev şeklinde yanan, kokusuz, renksiz bir gazdır. Biyogaz; organik maddelerin içeriğine göre değişebilen ama genel olarak; %40 ila 70 aralığında metan gazı, %30 ila 60 aralığında CO<sub>2</sub>, %0 ila 3 aralığında hidrojen sülfür ile az miktarda azot ve hidrojen içeren bir gazdır. [URL-18].

Biyogaz üretiminde kullanılan; bitkisel kaynaklar; sap, anız, saman, şeker pancarı ve mısır artıkları ile yaprakları, çimen gibi bitkilerin işlenmeyen bölümleri ile işlenirken ortaya çıkan atıklarından meydana gelmektedir. Hayvansal kaynaklar; küçükbaş ve büyükbaş hayvanların ayrıca tavukların dışkıları, mezbahane atıkları ile bu hayvansal ürünlerin işlenmesi esnasında ortaya çıkan atıklardan oluşmaktadır. Bunların dışında, organik içerikli kanalizasyon ve dip çamurları, sanayi atıkları, organik madde içeriği yüksek evsel ve endüstriyel atık sular biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Biyogaz üretimi çok önemli biyolojik prosestir. Bu sebeple bütün şartlar eksiklik olarak sağlanmalıdır aksi takdirde verimli bir biyogaz üretimi olmayacaktır. Biyogaz üretiminin başarılı olması için; ortamın asitlik seviyesi, karbon azot oranı, ortam sıcaklığı, partikül büyüklüğü, hammaddenin cinsi, tesis tipi, fermentasyon süresi ve kuru madde miktarının ayarlanması gerekmektedir.

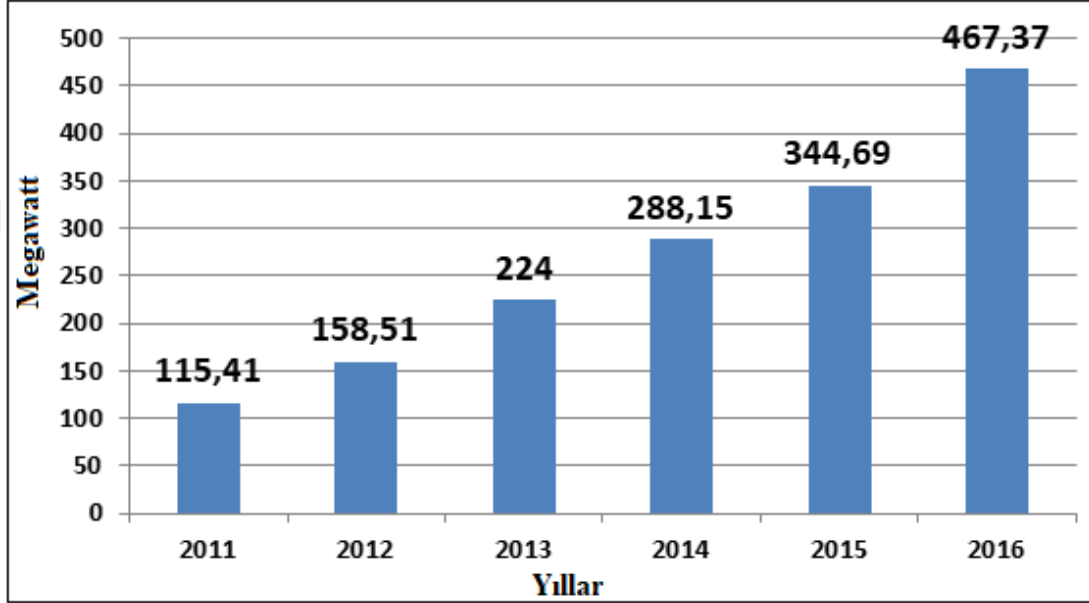
Bitkisel ve hayvansal organik atıklar ve artıklar çoğunlukla yakılmakta veya tarımsal gübre olarak kullanılmaktadır. Bu tür atıklar özellikle kırsal bölgelerde yakılarak ısı elde edilir. Ancak bu durumda hem istenilen seviyede ısı üretilmemekte hem de ısı üretimi sonrasında oluşan atıklar gübre olarak kullanılamamaktadır. Biyogaz teknolojisinde ise organik atık ve artıklardan enerji elde ederken atıkların toprağa kazandırılması da sağlanmaktadır. Genel olarak biyogaz enerjisinin avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- Çevre dostu ve ucuz bir kaynaktır. Biyogaz üretimi atıkların geri kazanılmasını sağlar. Biyogaz çevreye zarar vermeyen, emisyonu neden olmayan bir kaynaktır.
- Biyogaz üretimi; hayvan gübresi içerisinde bulunan bazı yabancı ve zararlı tohumların çimlenme özelliğini kaybetmesini sağlar. Ayrıca gübredeki kötü kokunun hissedilmeyecek seviyelere inmesine yardımcı olur.
- Hayvan gübreleri içerisinde yer alan insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık veya mikropların etkisinin kaybolmasını sağlar.
- Biyogaz üretiminde kullanılan atıklar proses sonrasında çok daha değerli organik gübre haline gelmektedir.

#### **4.5.5 Türkiye’de biyokütle durumu**

Fosil yakıt kaynakları ile yapılan enerji üretimi çevreye ve ekonomiye çok önemli zararlar vermektedir. Artık günümüzde, enerji kaynağının çevre olan etkisi değerlendirilerek kullanılması benimsenmektedir. Global çevre sorunlarına direk olarak tüketilen enerji, daha doğrusu fosil yakıt kullanımına bağlı olarak yüksek oranda açığa çıkan  $SO_x$ ,  $NO_x$  ve  $CO_2$  gibi zararlı maddeler neden olur. Son yüzyılda dünyada enerji tüketimi yaklaşık 17 kat artmıştır. Fosil yakıtlara bağlı olarak atmosfere salınan  $CO_2$ ,  $SO_x$  ve  $NO_x$  gibi zararlı gazlarda miktarı aynı oranda yükselmiştir. Bu durum biyokütle enerjisinin kullanılması ile büyük ölçüde engellenebilir. Ülkemizde biyokütle kaynakları; daha çok ısınma ve pişirme amaçlı geleneksel yöntemler ile kullanılmaktadır. Türkiye, tarım ve hayvancılık faaliyetleri ve diğer faktörler ile çok yüksek biyokütle enerjisi potansiyeli sahip bir ülkedir. Ancak biyokütle enerjisinden diğer yenilenebilir kaynaklara göre daha az yararlanılmaktadır. Yüksek potansiyel istenilen seviyelerde kullanılamamaktadır ve tatmin edici değildir.

Türkiye'nin biyokütle atık potansiyeli yaklaşık 8,6 MTEP, üretilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık 1,5-2,0 MTEP'tir [URL-15]. Ülkemizin 2016 yılsonu itibarıyla biyokütle enerjisi kurulu gücü 467,37 MW seviyelerindedir (Şekil 4.17). Bu rakam ile toplam kurulu güç içerisinde biyokütle enerjisi payı %0,6'ya denk gelmektedir. 2023 yılı için belirlene biyokütle enerjisi kurulu gücü 2.000,00 MW'tır. Bu bağlamda hedeflenen rakama ulaşmak için biyokütle enerjisine verilen önem ve devlet tarafından sağlanan destekler artırılarak gerekli tedbirler alınmalıdır.



Şekil 4.17: Türkiye’de biyokütle enerjisi kurulu gücünü gelişimi. (URL-1)

Biyokütle özellikle enerji hatlarından uzak ve gelişmemiş bölgeleri kendi enerjisini üreten ve kendi kendine yetecek bölgeler haline getirecektir. Biyokütleden enerji elde edebilmek daha çok tarım işçiliği ile sağlandığından özellikle kırsal kesimde iş alanları sağlaması açısından ideal bir seçenek olacaktır. Gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde karşılaşılan en büyük sorunlardan biri olarak karşımıza çıkan kırsal kesimden büyük şehirlere göç olayı da bu şekilde önlenebilecektir. Ayrıca biyokütlenin çorak alanlarda bile yetişmesi ile daha önceden yararlanılamayan toprakların kullanılması ve kırsal alanlarda yetiştiricilik anlamında iş gücü oluşturması sağlanabilir.

Biyokütle kaynakları bakımından oldukça zengin olan ülkemiz bu kaynakların geliştirilmesi açısından yeterli imkânlarla ve çevresel koşullara sahiptir. Ülkemizin orman bakımından zengin kıyı kesimlerinden sağlanacak toplam atık miktarı yaklaşık 4,8 milyon tona, bu da yaklaşık 1,5 MTEP’e karşılık gelmektedir. Ayrıca ormanlarda kurulabilecek bir gazlaştırma tesisi kapasitesinin 600,00 MW

seviyelerinde olacağı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.7). Başka bir deyişle ülkemizde sadece orman kaynaklı biyokütle potansiyeli bile şu anki kurulu biyokütle enerjisi gücünden daha fazladır.

**Çizelge 4.7:** Türkiye’de orman kaynaklı biyokütle potansiyeli. (URL-1)

| <b>BIYOKÜTLE POTANSİYELİ</b>                       | <b>GÜÇ DEĞERİ</b>         |
|----------------------------------------------------|---------------------------|
| <b>Orman Kaynaklı Toplam Atık Miktarı</b>          | 4.8 milyon ton (1,5 MTEP) |
| <b>Kurulabilecek Gazlaştırma Tesisi Kapasitesi</b> | 600 MW                    |

Tüm bunlara ek olarak tarlalarda ve bahçelerde oluşan kullanılabilir atık miktarı toplam 15,3 milyon tondur. Bu miktara karşılık gelen ısı değeri ise 7,24 MTEP’tir. Bahse konu rakamlar Türkiye’nin ne kadar yüksek bir biyokütle potansiyeline sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Ancak biyokütle enerjisine istenilen seviyede finansman destek sağlanmaması, ülkemizde hala modern biyokütle tekniklerinin gelişim aşamasında olması ve biyokütle enerjisine nazaran diğer yenilenebilir kaynaklara daha fazla öncelik verilmesinden bu alanda istenilen seviyede ilerleme kaydedilememiştir.

Biyokütle enerjisinin avantajları genel olarak şu şekilde sıralanabilir;

- Hemen hemen her yerde yetiştirilebilir.
- Temiz, güvenilir, çevre dostu ve sürdürülebilirdir.
- Üretim ve çevrim teknolojilerini iyi bilinmektedir.
- Küçük ölçekli tüm ölçeklerde enerji verimi için uygundur.
- Üretilen enerji depolanması ve iletimi yapılabilir.
- 5-35 °C arasında sıcaklık ile prosesler çalışır.
- Sera etkisine neden olan gazların azalmasına, küresel ısınmanın önüne geçilmesine, asit yağmurlarının engellenmesine yardımcı olur.
- Özellikle kırsal bölgelerde istihdam sağlar.
- Enerjide dışa bağımlılığı önlemede ve ekonomik kalkınmada kullanılabilecek en önemli kaynaklardandır.

## 5. TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARINA GENEL BAKIŞ

Türkiye’nin enerji kaynaklarındaki dışa bağımlılığının azaltılabilmesi, dış politikada, istihdam ve ekonomik kalkınma açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye dâhil tüm dünyada ekonomide ve enerji sektörlerinde yaşananlar, geliştirilen strateji ve politikaların yeniden yapılandırılması gerekliliğini bir kez daha ortaya koymuştur. Türkiye, 2016 yılı itibari ile toplam enerjisinin yaklaşık % 70’ini ithalat yolu ile karşılamıştır. İthalattaki bu yüksek oran, Türkiye’nin enerji konusunda ne denli dışa bağımlı olduğunu açıkça göstermektedir. Dışa bağımlılığı azaltmak, enerji arz güvenliğini arttırmak, uygun maliyetlerle enerji ihtiyacını en yüksek seviyelerde yerli kaynaklar ile karşılamak için enerji verimliliği sağlanarak yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak gerekmektedir.

Enerji talebinin çok büyük bölümünün fosil ve ithal kaynaklardan karşılanması, Türkiye’yi dışarıya bağımlı hale getirmektedir. Enerji arzının devamlılığı ve enerji güvenliği, enerji ithalatının yüksek olduğu Türkiye için büyük önem arz etmektedir. Enerji konusunda dışa bağımlılığı azaltmak için ve fosil kaynaklarda yaşanabilecek rezerv azalması, kesintiler yaşanması veya devre dışı kalınması gibi sorunlara karşı tedbirler alınmalı politikalar belirlenmelidir [25]. Bu tedbirlerin başında yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir.

Yenilenebilir enerji ile ilgili ülkemizde birçok politika belirlenmiş ve bu politikaların hayata geçirilebilmesi için önemli çalışmalar yapılmıştır.

- 1984 yılında yürürlüğe giren Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planına göre; Enerji üretimini arttırmak için ucuz ve güvenilir kaynaklara öncelik verilmesi, yenilenebilir kaynaklardan ise en kısa sürede yararlanmak için girişimlerin desteklenmesi hedeflenmiştir [26].

- 1989 yılında yürürlüğe giren Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planında; öncelikle hidroelektrik enerjisi olmak üzere güneş enerjisi ve jeotermal enerjiden daha fazla yararlanılabilmesi adına gerekli tedbirlerin alınması, enerji tasarrufuna yönelik projelerin desteklenmesi, yenilenebilir kaynakların mevcut potansiyellerinden en verimli şekilde yararlanılması, bu konuda arge çalışmaları yapılması hedeflenmiştir [27].
- 1995 yılında yürürlüğe giren Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planında; düşük maliyetli ve güvenilir enerji sistemlerinin kurulması, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yaygınlaştırılması, enerjide çeşitlilik sağlanması hedeflenmiştir [28].
- 2000 yılında yürürlüğe giren Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planında; doğanın ve çevrenin korunması için yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilerek yaygınlaştırılması ve tüketimde daha büyük oranda yer alması, fosil kaynakların dışında yenilenebilir kaynaklarının da enerji potansiyeline dâhil edilmesi hedeflenmiştir [29].
- 2006 yılında yürürlüğe giren Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planında; yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak için yasal düzenlemeler yapılması, enerji arz güvenliğini arttırmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretim payı içerisinde oranının artırılması hedeflenmiştir [30].
- 2013 yılında yürürlüğe giren Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planında; enerji arz güvenliği yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teşvik sistemleri iyileştirilecek, yerli donanım ve ekipman imalatı desteklenecek, ekonominin geliştirilmesi ve istikrarın sağlanması için bütün yerli kaynaklardan enerji üretiminin sağlanması, sürdürülebilirliğin ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması amacı ile yerli ve yenilenebilir kaynakların kullanımı artırılarak enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, hidroelektrik, güneş, rüzgar, jeotermal ve biyokütle enerji kaynaklarından üretilebilecek enerji potansiyelinin tespit edilerek mevcut potansiyelin hayata geçirilmesi hedeflenmiştir [31].

Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda yenilenebilir enerjinin gelişimi ve temel politikaları ise şu şekilde sıralanabilir;

- Toplam enerji kurulu gücü içerisinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması sağlanacaktır.
- Yenilenebilir enerji yatırımlarına verilen teşvik ve desteklemeler artarak devam edecektir.
- Doğal nedenlerden dolayı zaman zaman kesintili enerji üretimi yapan güneş ve rüzgar enerjisi santralleri mevcut şebeke ile entegre edilecek ve altyapıları güçlendirilecektir.
- Yenilenebilir kaynaklar ile ilgili yatırım ve projelerin daha yakından takip edilmesi için bu alanda merkezi bir takip sistemi kurulması planlanmaktadır.
- Hazine Müsteşarlığı veya kamuya ait, yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji üretimi için uygun araziler belirlenecek ve uygulamaya geçilmesi adına çalışmalar yapılacaktır.
- Sadece elektrik değil ısıtmada ve soğutmada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması konusunda yapılan çalışmalar arttırılacaktır.
- Jeotermal akışkan kaynak arama çalışmaları devam edecek, bu konudaki teşvik sistemleri güçlendirilecek, jeotermal kaynaklar kullanılarak yapılan ısıtma mekanizmaları geliştirilecektir
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik hibrit sistemler ve pilot projeler ile ilgili çalışmalar devam ettirilecek ve desteklemeler yapılacaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili planlamaları yapılmış veya lisansları alınmış santrallerin bir an önce faaliyete geçebilmesi adına finansal teşvikler geliştirilecektir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarına ile ilgili yasal mevzuatlar, bu alandaki işlemleri kolaylaştıracak şekilde güncellenecek ve gereksiz bürokrasi işlemlerinin önüne geçilecektir.
- Devletin tüm kurumları tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarına ve bu kaynakların önemine birlikte vurgu yapılacaktır. Tüm paydaşların bu konuda koordinasyon sağlamaları hedeflenmektedir.
- Yenilenebilir enerji konusunda yeni teknolojilerin kullanılması sağlanacaktır.

- Yenilenebilir enerji üretimini ve tüketimini teşvik edici düzenlemeler yapılarak fosil yakıt kullanımına olan bağımlılık ve bu durumun getirdiği riskler azaltılacaktır.
- Kullanılan hâlihazırdaki yenilenebilir enerji kaynaklarının kapasitelerini arttırılacaktır.
- Tarım sektöründeki yenilenebilir enerjiden daha fazla yararlanmak adına biyoyakıt kullanımını teşvik edilecektir.
- Önemli enerji potansiyele sahip Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) artırılmaya çalışılacaktır.

ETKB tarafından hazırlanan 2015-2019 stratejik planına göre; enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir kaynakların etkin şekilde kullanılmasını teminen stratejiler belirlenecek ve bu konudaki politikalar hayata geçirilecektir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji konusunda sahip olduğu yüksek potansiyel ülke ekonomisine kazandırılarak enerji yelpazesinde çeşitlilik sağlanacak ve dışa bağımlılık azaltılacaktır. Ayrıca Stratejik Planda yenilenebilir enerji kaynakları ile ısıtma ve soğutma alanında yapılan çalışmaların artırılması hedeflenmiştir (Çizelge 5.1).

**Çizelge 5.1:** Yenilenebilir enerji kaynakları performans değerleri. (URL-1)

| <b>Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı planlanan kurulu güç değerleri (MW)</b> | <b>Baz Yıl 2013</b> | <b>2015</b> | <b>2017</b> | <b>2019</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| Hidrolik                                                                            | 22.289              | 25.000      | 27.700      | 32.000      |
| Rüzgâr                                                                              | 2.759               | 5.600       | 9.500       | 10.000      |
| Jeotermal                                                                           | 311                 | 360         | 420         | 700         |
| Güneş                                                                               | -                   | 300         | 1.800       | 3.000       |
| Biokütle                                                                            | 237                 | 380         | 540         | 700         |
| <b>Yenilenebilir enerji kaynaklarının ticari ısı üretimindeki payı (%)</b>          | <b>Baz Yıl 2013</b> |             | <b>2019</b> |             |
|                                                                                     | 2                   |             | 3           |             |

Türkiye gibi ihtiyaç duyduğu enerjinin çok büyük bir kısmını ithal eden bir ülkenin; yenilenebilir kaynaklar ile enerji üretimini arttırması ve enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi gerekmektedir. Ancak bu doğrultuda gidildiğinde ve istikrarlı enerji politikaları ile belirlenen hedeflere ulaşılabilecektir.

Son yıllarda yenilenebilir enerji yatırımları tüm dünyada artmış ve enerjiye dayalı elektrik üretimi oldukça yükselmiştir. Yenilenebilir enerji teknolojileri ile hem elektrik üretiminde hem de ısı talebinin karşılanmasında önemli bir kaynaktır. Yenilenebilir enerji sektöründe önde gelen Almanya, İspanya ve İngiltere olmak üzere birçok AB ülkesi bu alandaki güçlü eylem planları ve destekleyici politikalarıyla yenilenebilir enerji hedeflerini hayata geçirmektedirler. Bilhassa Almanya ve İspanya yerli ekipman kullanarak güneş enerjisi teknolojisinde önemli adımlar, atmış belirledikleri politikalar hayata geçirilmiş ve çok önemli teşviklerle bu alanda kalkınma sağlamışlardır. Hayata geçirilen politikalar bu ülkelerin kurulu güçlerini kısa sürede çok ciddi seviyelere çıkarmıştır.

### **5.1 Yenilenebilir Enerji Alanında Türkiye'nin Geleceği**

Yenilenebilir enerji, ülkelerin enerji talebini yerli kaynaklar ile sağlayarak dışa bağımlılıklarının azaltılması, enerji kaynaklarını çeşitlendirerek sürdürülebilirliğin sağlanması ve enerji tüketimi sonucunda çevreye verilen zararların en aza indirgenmesi bakımından çok önemli bir yere sahiptir. Günümüzde dünya genelinde tüketilen enerjinin yaklaşık %20'si yenilenebilir kaynaklardan karşılanmaktadır. Bugün fosil kaynaklara olan bağımlılık çok yüksek seviyelerde olmasına rağmen her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım miktarının artması sevindiricidir.

Türkiye yenilenebilir enerji potansiyeli bakımından oldukça iyi bir coğrafi konuma sahiptir. Ancak yenilenebilir kaynaklar kullanılarak yapılan enerji üretimi düşük seviyelerdedir. Yararlanma ve potansiyel arasındaki makasın bu kadar açık olmasının en önemli nedenleri, yüksek maliyetler ve yasal düzenlemelerdeki eksikliklerdir. Ülkemizin enerjide dışa bağımlılık oranları göz önüne alınacak olursa mevcut yenilenebilir enerji potansiyellerinin kullanılması uzun dönemde Türkiye açısından oldukça önemlidir.

Türkiye’de yenilenebilir enerji alanında yapılan yatırımlar 2014 yılına kıyasla 2015 yılında %46 oranında artmış ve 1,9 milyar dolar seviyelerine yükselmiştir. Bu yatırım miktarları ile ülkemiz yenilenebilir enerji sektöründe Hollanda, Fransa ve İngiltere ile birlikte bir milyar dolar sınırını aşan dört Avrupa ülkesinden biri olmuştur. Bu durum Türkiye’nin yenilenebilir enerji alanına verdiği önemi ve bu alandaki ilerleme çabalarını açıkça ortaya koymaktadır.

Son yıllardaki küresel trende Türkiye’de ayak uydurmuş ve yenilenebilir enerji sektöründe önemli aşamalar kaydetmiştir. 2016 yılı itibarıyla Türkiye’nin toplam kurulu gücü içerisindeki yenilenebilir enerji kaynakları payı yaklaşık %44 seviyelerindedir. Bu oranın büyük bir çoğunluğunu yani yaklaşık %34’lük kısmını hidroelektrik enerji kaynakları oluştururken en düşük pay biyokütle enerjisi enerjisine aittir. Rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle gibi modern yenilenebilir enerji kaynakların oranları ise geçmiş yıllara göre artmasına rağmen henüz istenilen ve tatmin edici seviyelerde değildir. Tüm dünyada yenilenebilir enerji yatırımları artarken ülkemizin de bu alanlarda gelişme göstermesi gerekliliği kabul edilmesi bir gerçekliktir. Bu bağlamda devlet eli ve özel sektör tarafından ortaya konulan stratejilere ve hedeflere paralel olarak yenilenebilir enerji potansiyelleri göz önünde bulundurulmakta ve yatırımlar yapılmalıdır.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmek için; kurulu güç içerisinde yenilenebilir kaynaklarının payını artırmak, enerji kaynaklarını çeşitlendirmek, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak ve buna bağlı olarak enerji arz güvenliğini sağlamak için son derecede önemli çalışmalar yapılmaktadır. Bu doğrultuda Türkiye’de yenilenebilir enerji sektöründe yaşanan gelişmeler tatmin edici seviyelerde olmasa da memnuniyet verici düzeydedir. Hâlihazırdaki yenilenebilir enerji kapasitesi ve hesaplanan toplam potansiyel düşünüldüğünde Türkiye’nin gelecekteki hedefleri yakalayabilme imkânı oldukça fazla gözükmektedir.

Türkiye’de özellikle 2009 yılından itibaren yenilenebilir enerji alanında önemli gelişmeler yaşanmıştır. 2009 yılında yenilenebilir enerji üretimindeki toplam kurulu güç kapasitesi 15,5 GW iken 2015 yılında bu rakam 31,7 GW seviyelerine yükselmiştir. 2016 yılsonu itibarıyla ise bu rakam 34,2 GW’tır (Çizelge 5.2). Ülkemizde 2023 yılı için yenilenebilir enerji üretimindeki toplam kurulu güç kapasitesi hedefi 160,0 GW’tır ve bu rakama ulaşmak için ortaya koyulan strateji ve politikalar hızla hayata geçirilmektedir.

**Çizelge 5.2:** Yenilenebilir enerji kaynakları ile toplam brüt elektrik üretimi.  
(URL-19)

| <b>Yıllar</b> | <b>Yenilenebilir Enerji Kaynakları<br/>ile Toplam Brüt Elektrik Üretimi<br/>(GW)</b> |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2009</b>   | <b>15,5</b>                                                                          |
| <b>2015</b>   | <b>31,7</b>                                                                          |
| <b>2016</b>   | <b>34,2</b>                                                                          |
| <b>2023</b>   | <b>160,0</b>                                                                         |

Ülkemizde 2023 hedefleri kapsamında; 34.000,00 MW hidroelektrik, 20.000,00 MW rüzgâr enerjisi, 5.000,00 MW güneş enerjisi, 1.000 MW jeotermal enerji ve 1.000 MW biyokütle enerjisi kullanılarak enerji üretimi yapılması planlanmaktadır. Belirlenen hedeflerinin hayata geçirilebilmesi adına yenilenebilir enerji sektöründe yaklaşık 60 milyar dolar yatırım yapılması gerektiği öngörülmektedir. Türkiye yenilenebilir enerji alanında söz konusu 2023 hedeflerine ulaşmak mevcut belirlenen tüm strateji ve politikaları aktif hale getirerek hayata geçirmek durumundadır. Aksi takdirde ortaya konulan bu hedefler sadece rakamlardan ibaret kalacaktır.

**Çizelge 5.3:** Yenilenebilir enerji kaynakları ile yapılan üretim ve hedefler.  
(URL-1)

| <b>Yenilenebilir Enerji<br/>Kaynağı</b> | <b>2015 (MW)</b> | <b>2017 (MW)</b> | <b>2019 (MW)</b> | <b>2023 (MW)</b> |
|-----------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Hidroelektrik</b>                    | 25.526           | 28.763           | 32.000           | 34.000           |
| <b>Rüzgâr</b>                           | 5.660            | 9.549            | 13.308           | 20.000           |
| <b>Güneş</b>                            | 300              | 1.800            | 3.000            | 5.000            |
| <b>Jeotermal</b>                        | 412              | 900              | 950              | 1.000            |
| <b>Biokütle</b>                         | 377              | 530              | 683              | 1.000            |

Söz konusu hedefler kapsamında 2023 yılı için brüt elektrik üretimi;

- Hidroelektrik: 91.800,00 GW
- Rüzgâr enerjisi: 50.000,00 GW
- Güneş enerjisi: 8.000,00 GW
- Jeotermal enerji: 5.100,00GW
- Biyokütle enerjisi: 4.500 GW olarak tahmin edilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından toplamda yaklaşık 160 bin GW gibi bir brüt elektrik üretimi elde edilmesi hedeflenmektedir. Bu miktar 2023 yılı için hesaplanan toplam brüt elektrik tüketiminin (tüm enerji kaynakları dâhil) % 32'sini oluşturmaktadır. Kısacası 2023 yılında Türkiye’de ihtiyaç duyulacak toplam enerjinin yaklaşık olarak üçte birinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir.

Türkiye; gerek coğrafi konumu gerekse jeolojik yapısı ile bütün yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına çok uygun bir konumda bulunmaktadır. Ancak ülkemizdeki yenilenebilir enerji sektöründe kullanılan teknolojinin gelişim göstermesi ortadadır. Türkiye’de yenilenebilir enerji sektöründe kullanılan teknoloji ve ekipmanların büyük bir çoğunluğu yabancı kaynaklıdır. Bu durum ülke ekonomisi içinde yüksek maliyet meydana getirmekle birlikte yenilenebilir enerji üretiminin önünde kısıtlayıcı bir engelde oluşturmaktadır. Bu nedenle Türkiye’nin yenilenebilir enerji alanında planlanan hedefleri yakalaması ve bu sektörü geliştirmesi için bir an evvel yerli ve daha düşük maliyetli teknolojilere geçmesi gerekmektedir.

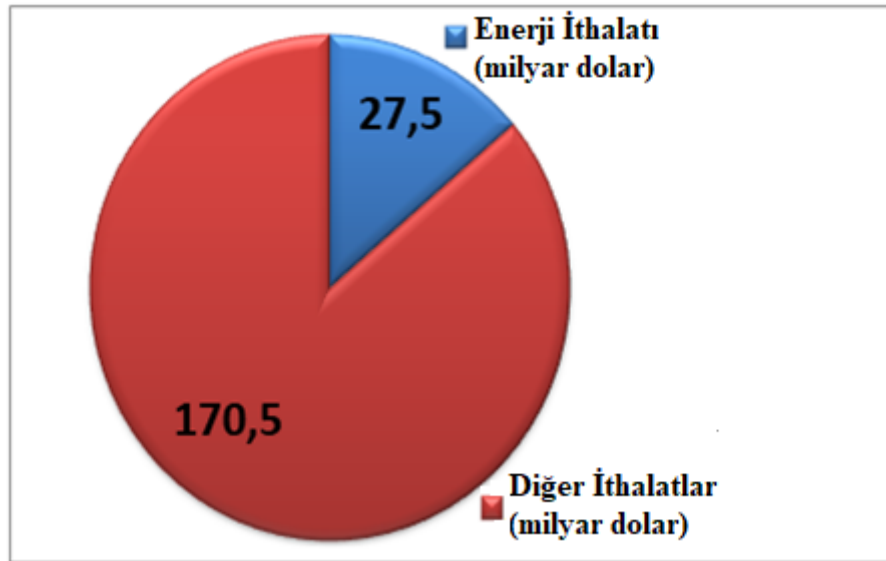
Ülkemizde yenilenebilir enerji sektörüne verilen önem, araştırma geliştirme konusunda yapılan ve yapılması planlanan projelere verilen finansal desteklerden de anlaşılmaktadır. 2016 yılında yenilenebilir enerji projeleri için ETKB tarafından yaklaşık 5 milyon lira ödenek ayrılmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji projelerine uluslararası finans kuruluşlarından alınacak destekler ile de yatırımların artacağı öngörülmektedir.

## 5.2 Yenilenebilir Enerjinin Türkiye İçin Ekonomik Önemi

Kalkınma Bakanlığının açıkladığı Orta Vadeli Program'a (OVP) (2018-2020) göre; Cari Dengede Sürdürülebilirlik için Türkiye ekonomisinde enerji başta olmak üzere ticarete dışa bağımlı olunan sektörlerde gerçekleştirilecek yapısal iyileşmelerle birlikte cari açığın azalan bir patikada seyretmesi amaçlanmaktadır. OVP’de enerjide ithalata olan bağımlılığın azaltılması alınacak önlemler şu şekildedir;

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının diğer tüm enerji kaynakları içerisindeki kurulu güç payı artırılacaktır.
- Yenilenebilir enerji yatırımlarında kullanılan ekipmanlarda dışa bağımlılık azaltılarak yerli üretimin teşvik edilmesi sağlanacak ayrıca YEKA uygulamasına devam edilecektir.
- Yerli kaynak rezervlerimizde artış sağlamak üzere petrol, doğalgaz, kaya gazı ve kömür arama faaliyetleri arttırılacaktır.
- Yerli linyitin çevreyle uyumlu bir şekilde kullanılmasına devam edilecektir.
- Ulaştırma, sanayi ve konut sektörlerinde enerjinin daha verimli kullanılmasına yönelik bir program başlatılacaktır.
- Kamu elektrik üretim santrallerinde, elektrik iletim ve dağıtım şebekelerinde verimlilik artırıcı önlemler alınacaktır.

Kalkınma Bakanlığı verilerine göre 2016 yılsonu itibariyle Türkiye’de yaklaşık 198 milyar dolar ithalat yapılmış ve bu rakamın 27,5 milyar doları enerji ithalatı için harcanmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: 2016 yılı tüm ithalat içerisinde enerji ithalatı. (URL-20)

2016 yılında ham petrol varil fiyatı, ortalama 30 dolar seviyelerinde seyretmiş, 2017 yılının aynı döneminde ise yaklaşık 50 dolar seviyelerine çıkmış ve bu durum doğal olarak Türkiye'yi de etkilemiştir. Miktar olarak çok büyük farklılıklar olmamasına rağmen, petrol ve petrole bağlı yakıt fiyatlarının 2017 yılına göre tekrar yükselişe geçmesi, Türkiye'nin enerji ithalatına da olumsuz yansımaktadır.

**Çizelge 5.4:** Yıllar itibariyle enerji ithalatı verileri ve tahminler. (URL-20)

| <b>Yıl</b>  | <b>Enerji İthalatı<br/>(milyar dolar)</b> |
|-------------|-------------------------------------------|
| <b>2015</b> | <b>37,8</b>                               |
| <b>2016</b> | <b>27,5</b>                               |
| <b>2017</b> | <b>35,0</b>                               |
| <b>2018</b> | <b>42,0</b>                               |
| <b>2019</b> | <b>45,0</b>                               |
| <b>2020</b> | <b>49,0</b>                               |

Türkiye'nin 2016 yılında 30 milyar doların altına düşen enerji ithalatının, 2017 yılı sonu itibarıyla yeniden 35 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Bu rakamın ekonomik faaliyetlerde ve petrol fiyatlarında yaşanan yukarı yönlü hareketin devamına bağlı olarak 2018 yılında 42 milyar dolar, 2019'da ise 45 milyar dolar olması beklenmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde kullanılması ile Türkiye enerji ticaretinde merkez ülke olacaktır. Ayrıca enerjide kendi kendine yetebilen bir ülke konumuna gelecektir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ile sağlayacağı ekonomik bazı faydalar şu şekilde özetlenebilir;

- Yenilenebilir enerji sektöründe kaydedilecek ilerlemeler milli geliri artırıcı bir etki yapacaktır.
- Yenilenebilir enerji tesislerinin artması ile ekipman ve satın alınacak hizmet temini sayesinde oluşacak iş gücü sanayi sektörüne pozitif yansıyacaktır.
- Yenilenebilir enerji kullanımında yaşanacak gelişmeler kurulu güç içerisindeki enerji payının arttırılmasını ve böylece yıllık yaklaşık 21 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz ithalatının önüne geçilmesini sağlayacaktır. Bu durumda toplamda yaklaşık 4 milyar dolar gibi bir seviyede tasarruf sağlanacaktır.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımın oranlarının artırılması ile doğalgaz ithalat ve kullanım miktarının azaltılarak çevreye verilen zararında önüne geçilecektir. Bu bağlamda karbon emisyonu toplamda yaklaşık 47 milyon ton azaltılacaktır.
- Yenilenebilir enerji alanında yapılan yatırımlar neticesinde istihdam artacaktır. Bu sektördeki yapılacak eğitimler ve çeşitli aktiviteler ile nitelikli iş gücü oluşturulması sağlanacaktır.
- Özellikle elektrik üretimi anlamında yenilenebilir ve yerli kaynakların kullanılması Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltacak ve enerji arz güvenliği noktasında katkı sağlayarak büyük bir ekonomik kalkınma fırsatı sunacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ülke ekonomisine yeni bir dinamizm katacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve kullanımının artırılması ekonomik kazançlar oluşturmakla birlikte aynı zamanda sosyal açıdan da önemli katkılar sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji tüm boyutları ile düşünülerek özellikle istihdam ve göç gibi temel sosyoekonomik faydaları dikkate alınmalıdır.

Enerji sektöründe yenilenebilir kaynakların kullanılması ile doğrudan veya dolaylı olarak istihdam sağlanarak yaşanacak göçlerin önüne geçilecektir. Enerji tesislerinin kurulumu, üretime geçmesi ve çalışması esnasında bakım ve onarımlarının yapılması işgücü ihtiyacı oluşturacak ve yerel işgücü istihdamının artması ile bölgelerdeki işsizlik oranı önemli seviyede azalacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, ülkemizde dağınık bir şekilde bulunduğu için, sosyal ve ekonomik anlamda geri kalmış, sanayinin gelişmediği coğrafi bölgelerin kalkınmasında önemli bir potansiyeldir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile ekonomik uygulamalarda artış görülecek, kalkınma seviyesi yükselecek ve az gelişmiş bölgelerin ilgi görmesi ve gelişmesini sağlayacaktır. Bu durum coğrafi bölgelerimiz arasındaki gelişmişlik seviyeleri ile ekonomik ve sosyal eşitsizliğin azalmasında etkili olacaktır.

Üzerinde durulması gereken önemli konulardan biri de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması için toplumsal desteğin sağlanmasıdır. Her şeyden önce, yenilenebilir kaynaklarının neler olduğu, nasıl enerji üretileceği, bu kaynakların üretilen enerjinin özellikleri, çevreye ve ekonomiye katkıları insanlar tarafından iyi bilinmelidir. Çevre, sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili halkta genel bir kanı oluşması, kamuoyu bilincinin ve duyarlılığının artırılması sağlanmalıdır.

### 5.3 Yenilenebilir Enerjinin Türkiye İçin Çevresel Önemi

Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının ilk kez gündeme gelmesinin arkasında, enerji güvenliği kaygıları ile zaman içerisinde enerji kaynaklı çevre kirliliğinin etkilerinin artması vardır. Dünyadaki başta petrol olmak üzere fosil yakıt rezervlerinin azalması, ozon tabakasının incelmesi, canlıların yaşam kaynağı olan havanın kirlenmesi, dünya ısısının giderek artması, bu artışın süreklilik kazanması, fosil kaynaklarla enerji elde etmenin küresel ve yerel düzeyde oluşturduğu çevresel etkiler ile küresel ısınma arasındaki ilişkinin açık olarak görülmesi, çevresel hassasiyetin artmasında etkili olmuş, fosil yakıtların oluşturduğu sera gazı emisyonlarının azaltılması önemli hale gelmiş ve bu nedenlerle yüzlerce yıldır fosil yakıtların tüketimine alışmış olan dünya ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamıştır [1].

Üretiminden tüketimine kadar hemen hemen her bölümünde ayrı çevre sorunlarına neden olan enerjinin; çevreci ve ekonomik olması, enerjinin güvenli kaynaklardan ve doğru biçimde sağlanması, yatırımları teşvik etme hedefine haiz enerji politikalarının, sürdürülebilir kalkınma anlayışı çerçevesinde, enerji ve çevre arasında iyi bir denge kurularak oluşturulması yaşamsal bir gerekliliktir [32].

Fosil enerji kaynaklarının kullanılması sonucu çevreye verilen bazı zararlar şu şekilde sıralanabilir;

- Fosil yakıtlar asit yağmurlarına neden olur ve asit yağmurları canlı yaşamına önemli zararlar verir.
- CO<sub>2</sub> emisyonu sera etkisine bu da küresel ısınmaya neden olur.
- Fosil yakıtlar neticesinde atmosferde salınan gazlar canlıları koruyan ozon tabakasının incelmesine hatta delinmesine neden olabilir.

- Doğal sermaye eskir ve bunların yol açtığı sorunlar artar.
- Ormansızların yıpranmasına ve mera alanlarının kaybına neden olabilir.
- Yeraltı su kaynaklarının azalmasına neden olur.
- İklim değişikliğine ve bunun sonucunda sel ve su baskınlarına neden olacağı gibi kuraklığa da sebebiyet verir.
- İklim kuşaklarının değişmesi ile bitki ve hayvan türlerine zarar verir. Bitkilerde ürün azalmasına, ayrıca bitki ve hayvanlarda kalıtsal değişimlere neden olur.
- Hava kirliliğine ve buna bağlı sağlık sorunlarına yol açar.

Tüm bu zararlar çevreyi olumsuz etkileyerek bir maliyet oluşturmakla birlikte üreticiler ve tüketiciler tarafından hesaplanmayan ve pazar fiyatı içinde yer almayan toplumsal maliyetler de oluşturur. Bu nedenle enerji üretiminde kullanılacak kaynaklar belirlenirken bu kaynakların, çevreye, doğaya ve insan sağlığına etkileri ile birlikte toplumsal maliyetlerinin de hesaplanması gerekmektedir. Ülkemizde enerji ihtiyacı hala yüksek seviyelerde petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin çevreye verdiği zararlar fosil kaynaklara nazaran çok daha azdır. Yenilenebilir kaynaklar kirlletici özellikte olmayan, tükenmez, sonsuz, sera etkisine ve küresel ısınmaya neden olmayan kaynaklardır.

Dünya, kendi üzerine gelen güneş ışınlarından ziyade, dünyadan tekrar yansıyan güneş ışınları ile ısınır. Bu yansıyan ışınlar, atmosferde mevcut olarak bulunan CO<sub>2</sub>, su buharı ve metan tarafından tutulur ve dünya bu şekilde ısınır. Işınların bu gazlar tarafından tutulmasına sera etkisi denir. Doğal olarak atmosferde bu gazların miktarının artması küresel ısınmayı büyük oranda artırır. Dünyayı bekleyen tehlike ise CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazlarının seviyelerindeki artışın bu doğal sera etkisini şiddetlendirmesidir. Günümüzde modern yaşam şekli, teknolojik gelişmeler ve sanayileşmenin getirdiği faaliyetler, fosil kaynaklı yakıtların aşırı kullanımına bu da ormanların yok oluşuna neden olmaktadır. Zincir etkisi ile oluşan bu gibi durumlar atmosfere büyük miktarlarda CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazlarının salınmasına sebep olmaktadır. Küresel ısınma ise, sera etkisiyle atmosferin sıcaklığının periyodik şekilde artması ve ısınması anlamına gelen bir süreçtir. Sera gazlarının atmosferde aşırı miktarlarda birikmesi küresel ısınmayı da arttırıcı etki yapmaktadır.

Birleşmiş Milletler Çevre Raporu'na göre küresel ısınma neticesinde 21. Yüzyılda dünyada tahmin edilen tehlikeler şu şekilde özetlenebilir;

- Ortalama hava sıcaklığının 1,4 °C ile 5,3 °C arasında artacaktır.
- Buzullar yavaş yavaş eriyecek ve buzulların erimesiyle deniz seviyesi her yıl ortalama 0,5 cm yükselecektir. Bu nedenle çok sayıda küçük ada ve kıyı kentlerinin sular altında kalacaktır.
- Dünyanın fiziksel yapısında geri dönüşü olmayan değişiklikler ortaya çıkacaktır.
- Genel olarak tüm kıtalarda tarım rekoltesinin düşecek, ortalama yıllık yağış miktarının azalacak, toprak bozulmaları görülecek, su sıkıntısı yaşanacaktır.
- Bazı bölgelerde aşırı kuraklık bazı bölgelerde ise sık sık sellerin yaşanacağı tahmin edilmektedir.
- Bitki ve hayvan türlerinin sayısı ve dağılımı etkilenecektir.

Yenilenemez kaynaklı fosil yakıtlar kullanılarak 2016 yılında tüm dünyada toplam 33.432 milyon ton CO<sub>2</sub> atmosfere salınmıştır (URL-3). Fosil yakıtların içinde bulunan karbon molekülleri havada bulunan O<sub>2</sub> gazı ile bağ oluşturarak CO<sub>2</sub> veya CO gazları çıkar. Fosil yakıtlar içerisinde bulunan kurşun, kükürt ve azot gibi elementler O<sub>2</sub> ile birleşerek sağlık açısından oldukça riskli SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve kurşun oksit gibi bileşikler oluşturmaktadır. Bu ürünler atmosfere salınmakta ve atmosferde dolaşarak birikmektedir. Fotosentez ve çürüme gibi doğal çevirimler bu birikmeyi kısmen engellese de aşırı yakıt tüketimi kısa sürede yeniden birikimlere sebep olmaktadır. Atmosferde biriken bu zararlı gazlar güneş ve dünya arasında doğal olmayan bir katman oluşturmakta tüm canlı yaşamını sağlıksız bir etkiyle tehdit etmektedir.

Bu amaçla yapılmış Kyoto Protokolü, sera etkisi oluşturan gazların salınımını sınırlamayı ve azaltmayı amaçlayan uluslararası bir antlaşmadır. Bu anlaşma, 1997 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde yapılan toplantıda imzalanmıştır. Anlaşma, 1992 yılında New York'ta kabul edilen, İklim Değişikliğine Yönelik Birleşmiş Milletler Çerçeve Sözleşmesi'nin belirlediği ilkelere dayanır. Anlaşma ile birlikte katılımcı devletler öncelikli olarak yerli enerji etkinliğini iyileştirmek, sera etkisi oluşturan gaz emisyonunu sınırlamaya ve azaltmaya yönelik önlemler almak, bu etkiyi sebep olan CO<sub>2</sub> ve metan gibi gazların salınımlarını 2012 yılına kadar, 1990 yılındaki

seviyesinden toplam %5,2 oranında bir düşüş sağlamakla sorumlu olduklarını kabul etmişlerdir. Anlaşma 2005 yılında 55 ülkenin verdiği ortak onayla yürürlüğe girmiştir. Fakat ABD, atmosfere en fazla sera gazı salınımına neden olan ülke olmasına rağmen anlaşmayı imzalamayarak bu protokolün dışında kalmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları; çevre kirliliğinin önlenmesinde ve doğal yaşamın sürdürülebilirliğinin sağlanmasında var olan en önemli sacayaklarındadır. Karbon salınımının azaltılması ve küresel ısınma hususunda yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılarak arttırılması son derece önemlidir. Türkiye gibi yüksek seviyelerde fosil yakıt kullanan ülkelerin bu konuda gerekli hassasiyeti göstermeleri için 2015 yılında Paris'te 21. Taraflar Konferansı gerçekleştirilmiştir. 2020 yılı sonrası için iklim değişikliği rejimi çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması; 2015 yılında Paris'te yapılan 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. Anlaşma, 2016 itibariyle, küresel sera gazı emisyonunun %55'ini oluşturan en az 55 ülke tarafından anlaşmayı onaylaması koşulunun karşılanması ile yürürlüğe girmiştir. Anlaşma; fosil kaynak kullanımının azaltılarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesini amaçlamaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji ile ilgili 2023 hedeflerine ulaşarak bu anlaşmalara sadık kalacak aynı zamanda çevre kirliliğinin önlemesi noktasında kararlılığını bir kez daha gözler önüne serecektir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji konusunda dışa bağımlılık özellikle enerji talebini büyük ölçeklerde dışarıdan karşılayan ülkeler için çok önemli bir sorundur. Bu anlamda yenilenebilir enerji kaynakları ülkelerin enerji taleplerini kendi öz kaynaklarından karşılama noktasında son derece önemlidir. Türkiye’de gerçekleşen enerji ithalatı 2016 yılında 2015 yılına oranla yaklaşık %27 azalarak 27,5 milyar dolar seviyelerine inmiştir. Bu rakam 2012 yılından 2017 yılına kadar devamlı azalan bir seyir göstermiştir. Ancak petrol fiyatları 2017 ve sonrası için tekrar artış trendinde olduğundan enerji ithalatı için ayrılan pay da artmış olacaktır. Türkiye’nin enerji ticaretinde merkez ülke olma noktasındaki hamleleri ve hedefleri ayrıca elindeki yerli, milli ve yenilenebilir kaynakları daha etkin ve verimli bir şekilde kullanma çabaları bu dalgalanmalardan en az şekilde etkilenmesini sağlayacaktır. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji potansiyelinin ekonomiye kazandırması gerekmektedir.

Türkiye gibi enerji ihtiyacının yaklaşık %70’ini dışarıdan ithal eden bir ülke için enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi çok önemlidir. Buna ek olarak sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturan yenilenebilir enerji için mevcut kaynakların da verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu anlamda başta ETKB olmak üzere tüm kurum ve kuruluşlar gerek mevzuat gerekse teşvik mekanizmaları açılarından önemli çalışmalar yapmalıdır.

Türkiye enerji alanında güvenilir, şeffaf, iş birlikçi, koordinasyoncu, reformcu ve öncü ilkeleri benimsemektedir. Bu bağlamda Türkiye önümüzdeki dönemlerde enerji politikalarını ve projelerini güvenilir, gerçekçi ve sağlam temellere oturtmak zorundadır. Türkiye’nin enerji politikalarında çok büyük bir yeri olan yenilenebilir enerji ile ilgili yapılması gerekenler şöyle sıralanabilir;

- Yenilenebilir enerji sektörünün uluslararası düzenlemeler ışığında dizayn edilmesi önem gösterilmesi gereken bir konudur. Dünyanın küresel bir köy olduğu dikkate alındığında; yenilenebilir enerji sektöründe kendini kanıtlamış ve ilerleme göstermiş Almanya, Çin ve Danimarka gibi ülkelerdeki gelişmeler, yasal

düzenlemeler ve uygulamalar yakından takip ederek ülkemizde de uygun olan seçeneklerin uyarlanmasında fayda görülmektedir.

- Yenilenebilir enerji sektöründe sabit fiyat garantisinin yüksek seviyelere çekilmesi gerekmektedir. Türkiye'deki sabit garanti fiyatlandırma Avrupa ülkelerine göre düşük seviyelerdedir. Bu anlamda yatırımcıların teşvik edilmesi ve yenilenebilir kaynakların fosil yakıtlarla rekabet edebilmesi için hükümetin sabit fiyatları artırması gerekebilir.
- Yenilenebilir enerji yatırımlarının daha rahat uygulanabilmesi adına altyapı ve üstyapı çalışmalarına önem vermelidir. Altyapının uygun olduğu yerlerde yenilenebilir kaynak kullanımı ile enerji üretimi kullanımı zorunlu hale getirilerek yaygınlaştırılabilir. Hâlihazırda uygulanan teşvik sistemleri ve yasal düzenlemeler çerçevesinde var olan uygulamaların genişletilerek devam ettirilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji teşvik edilerek toplam enerji tüketimindeki oranları da arttırılmalıdır. Bu şekilde yenilenebilir enerji yatırımlarını ciddi şekilde arttıracaktır.
- Türkiye'de yenilenebilir enerji sektöründe kullanılan makina ve ekipmanların büyük bir çoğunluğu yabancı menşeli olduğundan bu durum maliyet açısından oldukça fazla yük getirmektedir. Bu nedenle bu olumsuz durumun önüne geçebilmek için yenilenebilir enerji alanında kullanılan teknik ekipmanların yerli ve milli olarak üretimleri sağlanmalıdır. Yerli üretim için de teşvik sistemleri çalıştırılmalı ve bizzat devlet tarafından desteklenmelidir.
- Yenilenebilir enerji alanında yatırımların durmaksızın yapılması ve devam ettirebilmesi adına ülkemizde siyasi istikrar ve öngörülebilir kamu politikalarının olması gerekmektedir. Ekonomik ve siyasi istikrarın olmadığı bir ülkede yatırımların durması çok olasıdır. Bu nedenle yenilenebilir enerji yatırımlarının devam ettirilebilmesi ve yatırımcının önlerini görebilmesi için siyasi ve ekonomik istikrar ortamı son derece önemlidir.
- Yenilenebilir enerji alanında yaşanan bürokratik engellerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu bağlamda yatırımcıların lisanslama işlemleri, plan, proje ve yatırım faaliyetlerindeki bürokratik engeller ortadan kaldırılmalı ve başvuru yapılacak kurum sayısının azaltılması gerekmektedir.

- Sektörde yaşanan kalifiye iş gücü probleminin çözümü için düzenlemeler yapılmalı ve eğitimler artırılmalıdır. Tüm eğitim kurum ve kuruluşları ile yenilenebilir enerji sektörünün önde gelen kuruluşları arasında iş birliği yapılarak bu alandaki eksiklikler giderilmeli ve sektörün ihtiyaçlarına yönelik eğitimler verilmelidir. Yine üniversitelerde, lisans ve lisansüstü programlarında yenilenebilir enerji ile ilgili dersler yaygınlaştırılmalı ve sayıları artırılmalıdır.
- Bu sektördeki en önemli sorunlardan biri yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjinin depolanması ve iletimi önündeki engellerdir. Enerjiyi üretmek kadar onu depolamak ve iletmek de son derece maliyetli ve zahmetli bir iştir. Genellikle yerleşim bölgelerinin uzağında kurulan güneş ve rüzgâr enerjisi tesislerinde üretilen enerjinin talebe göre bir kısmının yerleşim yerlerine iletilmesi diğer kısmının ise depolanması adına doldurulabilir pil veya son dönemde gündeme gelen elektrikli araçlarda kullanılması gibi teknolojiler geliştirilmelidir. Özellikle Almanya, ABD ve Japonya'nın bu alanda büyük teknolojik yatırımlar yapmaktadır. Ülkemizde de bu gibi yatırımlar yapılmalı ayrıca bu ülkelerdeki teknolojik gelişmeler de takip edilmelidir.
- Enerji sektöründe dışa bağımlılığımızın azaltması için yenilenebilir kaynakların kullanılması gerekliliği kaçınılmaz bir gerçektir. Bu kaynaklar yüksek verimde kullanılmalı ve diğer enerji kaynakları ile finansal olarak rekabet edebilmelidir. Özellikle yenilenebilir enerji tesislerinin ilk kuruluş ve işletme maliyetleri fosil kaynaklara göre daha yüksek olduğundan bu alanda yapılan projelere devlet tarafından daha fazla destek verilmelidir.
- Yenilenebilir enerji alanında yapılacak yatırımların çevreye, insan sağlığına ve doğal yaşama etkileri de her anlamıyla düşünülerek hayata geçirilmelidir. Yenilenebilir enerji çevreye karşı hassas ve temiz bir enerji olma noktasında oldukça önemlidir. Güneş, hidrolik ve rüzgâr enerjisi gibi enerji sistemlerin kuruldukları bölgelerde özellikle ormanlık alanları tahrip edilmeden hizmet vermesi gerekmektedir.
- Basın, yayın, görsel, yazılı ve sosyal medya kanalları ile yenilenebilir enerji konusunda insanlar bilinçlendirilmeli, faydalı bilgilendirmeler yapılmalı ve farkındalık artırılmalıdır.

Enerji ihtiyacını karşılarken bunu doğaya zarar vermeden, sürdürülebilir bir şekilde yapmak için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak adeta bir zorunluluktur. Ülkemiz, sürdürülebilirlik çerçevesinde, sahip olduğu enerji kaynaklarını etkin ve çevreye zarar vermeden kullanma azmindedir. Kalkınmanın temel girdisi olan enerjiyi elde etmek için; yenilenebilir enerji kaynaklarına gereken önem verilmeli ayrıca var olan tüm enerji kaynakların için çevresel standartlara uyulmalıdır. Böylece çevre alanındaki sorumluluklar yerine getirilirken enerji arz güvenliği de sağlanmış olacaktır. Ayrıca ülke olarak belirlediğimiz sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan çevresel çalışmalar ve teknolojik gelişmeler yakından takip edilmelidir. Dünyada sürekli artış gösteren enerji tüketimine karşılık yenilenebilir kaynakları, fosil kaynaklar ile rekabet edecek seviyelere gelmeli ve alternatif kaynaklar olmalıdır.

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma ile enerji arasında güçlü bir ilişki olduğu açıktır. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi adına yenilenebilir kaynakların kullanımının artırılması, çeşitlendirilmesi ve bu kaynaklarının verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Enerjinin üretimi ve tüketimi sırasında oluşan çevresel problemlerin en aza indirilmesi, kaynakların ekonomik ve güvenilir bir şekilde kullanılması sağlanmalıdır.

Gelinen bu noktada, doğalgaz, kömür ve petrol gibi fosil kaynaklı yenilenemez yakıtların yoğun şekilde kullanımı; bu kaynakların rezervlerinin azalmasına, denizlerdeki biyolojik çeşitliliğin ve ormanların yok olmasına, doğal kaynakların tükenmesine ve çok önemli çevresel felaketlerin oluşmasına sebebiyet vermektedir. Dünyadaki bu büyük sorunlar ancak temiz enerji ile yani yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çözülebilir. Sonuç olarak; yenilenebilir enerji kaynakları; iklim değişikliği, sera gazlarının önlenmesi, küresel ısınmanın engellenmesi açısından ayrıca sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir enerjinin sağlanması bakımından var olan tek alternatiftir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ataman, A.R., 2007. Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [2] Bozkurt, U.B., 2008. Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- [3] Cingil, İ., 2008. Yenilenebilir enerji kaynakları ve ekonomik etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] Bayındır, M.S., 2010. Yenilenebilir enerji kaynakları Avrupa Birliği ve Türkiye uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Öztaşkan, G., 2011. Avrupa Birliği sürdürülebilir kalkınma politikaları kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ve Türkiye’nin durumunun değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [6] Çelik, S.N., 2012. Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- [7] Keskin, K., 2012. Çevre mühendisliğinde ar-ge uygulamalarının araştırılması yenilenebilir enerji örneği, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [8] Gezer, E.H., 2013. Yenilenebilir enerji kaynakları ve Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [9] Urgun, E., 2015. Yenilenebilir enerji kaynakları bakımından Türkiye’deki potansiyeli ve bu potansiyelin hayata geçirilmesine yönelik stratejiler, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- [10] Adıyaman, Ç., 2012. Türkiye’nin yenilenebilir enerji politikaları, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- [11] Ertürk, H., 1996. Çevre Bilimlerine Giriş, Ceylan Matbaacılık, Bursa.
- [12] Keleş, R., 1998. Kentbilim Terimleri Sözlüğü, İmge Kitapevi, Ankara.

- [13] Gedik, Ö.T., 2015. Türkiye’de Yenilenebilir enerji kaynakları ve çevresel etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017. Strateji Geliştirme Başkanlığı, Dünyada ve Türkiye’de Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü.
- [15] Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, 2017. Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu.
- [16] Güneş, M.A., 2009. Türkiye’nin Enerji sorunu için alternatif çözüm önerileri ve rüzgâr enerjisinin önemi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- [17] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2017. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Kömür Sektör Raporu 2016, Ankara.
- [18] Uluslararası Enerji Ajansı, 2016. Kömür Bilgisi 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Sayı: 1, s. 64.
- [19] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Kömür Sektör Raporu 2015, Ankara.
- [20] Çukurova Kalkınma Ajansı, 2012. Yenilenebilir Enerji 2012 Yılı Araştırma Raporu, Adana.
- [21] Bayraktar, K.G., 2016. Güneş Ülkemizin Enerji Geleceğidir, Enerji ve Maden Dergisi, Sayı: 13, s. 50.
- [22] Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2016. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.
- [23] Mutlu, E., 2013. Türkiye’de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait swot analizler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [24] Önal, E., Yarbay Z.R., 2010. Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve geleceği, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi.
- [25] Uğurlu, Ö., 2006. Türkiye’de çevresel güvenlik bağlamında sürdürülebilir enerji politikaları, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- [26] Başbakanlık, 1984, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.
- [27] Başbakanlık, 1989, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.
- [28] Başbakanlık, 1995, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.

[29] Başbakanlık, 2000, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.

[30] Başbakanlık, 2006, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.

[31] Başbakanlık, 2013, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Onuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.

[32] Nurdeni, D., 2000. Enerji ve evre mevzuatı, Türkiye II. enerji sempozyumu, 2000’li yıllarda ulusal enerji politikaları, TMMOB, EMO Yayını, İstanbul.

URL-1 <<http://www.enerji.gov.tr>>, alındığı tarih: 21.11.2017

URL-2 <<http://www.tdk.gov.tr>>, alındığı tarih: 21.11.2017

URL-3 <<http://www.bp.com>>, alındığı tarih: 02.12.2017

URL-4 <<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>>, alındığı tarih: 02.12.2017

URL-5 <<http://www.tpao.gov.tr>>, alındığı tarih: 04.12.2017

URL-6 <<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>>, alındığı tarih: 04.12.2017

URL-7 <<http://www.tki.gov.tr>>, alındığı tarih: 05.12.2017

URL-8 <<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>>, alındığı tarih: 09.12.2017

URL-9 <<http://www.yegm.gov.tr>>, alındığı tarih: 09.12.2017

URL-10 <<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>>, alındığı tarih: 10.12.2017

URL-11 <<https://www.mgm.gov.tr>>, alındığı tarih: 15.12.2017

URL-12 <<http://www.dsi.gov.tr>>, alındığı tarih: 18.12.2017

URL-13 <<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik>>, alındığı tarih: 26.12.2017

URL-14 <<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>>, alındığı tarih: 06.01.2018

URL-15 <<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>>, alındığı tarih: 08.01.2018

URL-16 <[http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle\\_yetistiriciligi.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_yetistiriciligi.aspx)>, alındığı tarih: 08.01.2018

URL-17 <<http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx>>, alındığı tarih: 10.01.2018

URL-18 <<http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx>>, alındığı tarih: 23.01.2018

URL-19 <<https://www.teias.gov.tr/>>, alındığı tarih: 23.01.2018

URL-20 <<http://www.kalkinma.gov.tr/Pages/index.aspx>>, alındığı tarih: 23.01.2018



## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : Tolga Orkun KAYA

**Doğum Tarihi ve Yeri:** 22.12.1990 - Gaziantep

**E-posta adresi** : [tolgaorkunkaya@hotmail.com](mailto:tolgaorkunkaya@hotmail.com)

### EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

**Lisans** : Aksaray Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Çevre Mühendisliği - 2012

**Yüksek Lisans** : Aksaray Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü - Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı - 2018