

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA İLİŞKİSİ

Oğuz YILDIRIM

Doç. Dr. Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, İşletme Fakültesi, UTİ
Bölümü

Orcid ID: 0000-0001-6021-8317

e-mail: oguz.yildirim@alanya.edu.tr

Fatme İsmail NURİ

Doktora Öğr. , Akdeniz Üniversitesi, SBE, İktisat ABD

Orcid ID: 0000-0002-7661-0927

e-mail: fatme.nuri@gmail.com

ÖZET

Hızla küreselleşen dünya ekonomisi, lojistiğin geldiği son nokta, gelişmiş ülkelerde tüketim toplumunun oluşmasıyla artan talep ve buna bağlı olarak artan üretim, ülkeler arasında birlikler kurulması ve ticari sınırların kalkması sonucunda yoğunlaşan ticari ilişkiler gibi faktörlerin etkisi ile birçok ülkede refah seviyesi artmış, ancak bununla birlikte çeşitli sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Günümüzde ekonomiler bir yandan daha fazla kazanırken, bir yandan da daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır, ancak petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilenemeyen geleneksel enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu çalışmada küresel çapta tehdit oluşturan enerji güvenliği ve çevre sorunlarının çözüm yollarından biri olan ve gelecek yıllarda kullanımının artması beklenen yenilenebilir enerji kaynakları tanımlanmakta, küresel çapta mevcut kapasiteleri ve gelişimleri incelenmektedir. Ayrıca bu kaynakların sürdürülebilir kalkınma ile ilişkisi analiz edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Yenilenebilir Enerji, Çevre, Kalkınma, Sürdürülebilir Kalkınma

Jel Kodları: Q2, Q56, Q01

THE RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE ENERGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ABSTRACT

The fast globalization of the world economy, the recent situation in logistics, the effect of factors such as increasing demand and production due to the occurrence of the consumption society in developed countries, the establishment of unions among the countries and the intensification of the commercial relations as a result of the abolition of commercial boundaries caused increase in welfare in many countries, but problems began to emerge. Nowadays, economies are making more profits on the one hand and on the other hand they need more energy, but non-renewable traditional energy sources such as oil, natural gas and coal are rapidly depleting. In this study, renewable energy resources, which are one of the ways to solve the energy security and environmental problems that constitute a global threat and expected to increase in the coming years, are described, their current capacities and development are examined globally. In addition, the relationship between these resources and sustainable development is analyzed.

Keywords: Energy, Renewable Energy Sources, Environment, Development, Sustainable Development

Jel Codes: Q2, Q56, Q01

GİRİŞ

İnsanlığın başlangıcından itibaren yaşanmakta olan nüfus artışı ve yakın geçmişte başlayan sanayileşme ile birlikte enerji tüketimi alanında hızlı bir artış meydana gelmiş ve bu durum klasik enerji kaynakları olarak adlandırılan fosil yakıtların hızlı bir tempo ile azalmasına ve tükenme tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına neden olmuştur. Yaşam koşullarında meydana gelen değişim ve refah düzeyinin yükselmesi, aynı zamanda hızla ilerleyen kentleşme gibi faktörlerin etkisi ile kaynakların ısıtma ve soğutma, ulaşım ve nakliye, elektrik üretimi gibi önemli alanlarda yoğun kullanımından doğan bir diğer önemli sorun da çevreye verilen tahribattır. Bu kaynaklar üretim, ulaştırma, dağıtım ve son olarak nihai tüketim aşamalarının tamamında çevre kirliliği, sera gazı emisyonlarına bağlı iklim değişikliği, azalan miktara bağlı olarak yükselen fiyatlar, endüstriyel atıklar, ithalata bağlı olarak dışa bağımlılık oranında artış, döviz kaybı, ekonomilerde yaşanan durgunluk ve buna bağlı olarak işsizliğin artması gibi birçok olumsuz etkiye yol açmaktadır. Bu olumsuz etkilerden yola çıkılarak kalkınmanın tek başına yeterli olmayacağını farkına varılması ile birlikte yenilikçi ve çevreye duyarlı çözümlere yönelme süreci başlamış ve sürdürülebilir kalkınma ve yenilenebilir enerji gibi yeni kavramlar doğmuştur.

Günümüzde kalkınmanın çevreyi gözeterek gerçekleşmesi gerekliliği kapsamında ortaya çıkmış olan sürdürülebilir kalkınma anlayışı çerçevesinde, meydana gelen olumsuz etkilerin önüne geçilmesinin yenilenebilir enerji kaynakları ile mümkün olacağı kabul edilmektedir.

Gelecek nesillere miras bırakılacak olan yaşam koşullarının yeterli düzeyde olmasının bugün atılacak adımlara bağlı olması sebebi ile gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere tüm dünya genelinde yenilenebilir enerjinin toplam enerji tüketimindeki payının artması gerektiği ve ancak bu şekilde kalkınmanın sürdürülebilir kılınacağı anlayışı hakimdir.

1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Isı, ışık, elektrik ve yakıt gibi farklı biçimlerde hayatımızın her alanında yer alan enerji, iş yapma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin bulunduğu tüm biçimlerin toplamına toplam enerji adı verilmektedir ve enerji birçok faktöre göre sınıflandırılmaktadır. Doğrudan çevreden gelen ve elde edildikten sonra herhangi bir değişime uğramadan doğrudan kullanılan kaynaklar birincil enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır. Bu kaynaklar kendi içinde yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynakları ve atıklar olarak üçe ayrılmaktadır. Fosil yakıtların yer aldığı yenilenemez enerji grubunda kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji kaynakları bulunmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar arasında ise güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, hidrolik enerji ve okyanus enerjisi bulunmaktadır. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji olarak tanımlanan kaynakların işlenmesi sonucunda meydana gelmektedir. Bu kaynakların elektrik enerjisi veya yakıt biçiminde enerjiye dönüşmesi sonucunda elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerjisi, bunlardan üretilen elektrik ve ısıya eşit olarak kabul edilmektedir (Demirel, 2012: 27-31; Bekmez ve Manga, 2013: 43).

Yenilenemez enerji kaynaklarının sınırlı miktarda olması ve uzun yıllar boyunca, özellikle geçtiğimiz yüzyılda kalkınmayı sağlamak ve devam ettirmek amacı ile gerçekleştirilen hızlı tüketim insanlığı gelecek kaygısı içerisinde sokmuş ve alternatif kaynaklar arayışı gerekliliği doğmuştur. Tükenecek olmaları dışında fosil yakıtlardan enerji sağlama aşamasında doğaya zarar verilmesi ve bunun sonuçlarının yaşam şartlarını etkileyecek boyutlara ulaşması nedeni ile doğanın sürdürülebilirliğini sağlayabilecek olan alternatif kaynaklara yatırım yapılmaya başlanmış ve yenilenebilir enerji kavramından sıkça söz edilmeye başlanmıştır (Seydioğulları, 2013: 25).

Yenilenebilir enerji insanlığın ömrü boyunca doğal olarak yerine konan veya yenilenebilen kaynaklardan elde edilen enerji türüdür. Bu durumda yenilenebilir enerji sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır (NRCan, 2015: 62).

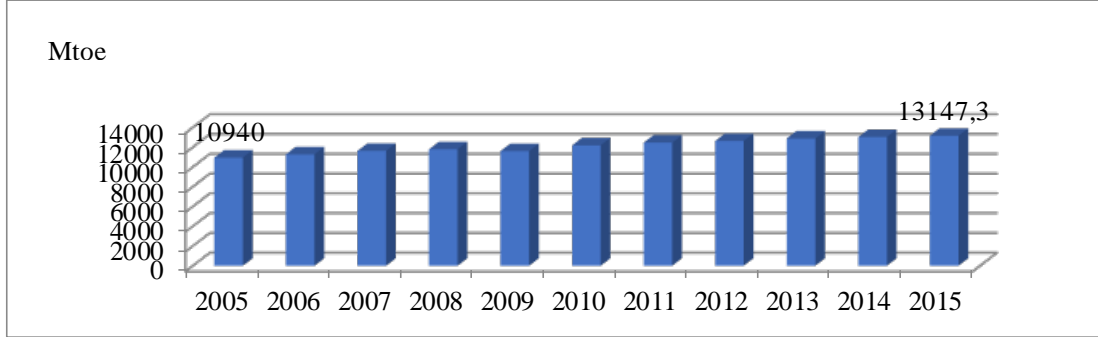
Sürdürülebilir bir kalkınmadan bahsedilebilmesi için yenilenebilir enerjinin payının artırılması ve buna bağlı olarak çevre tahribatının azaltılması bir zorunluluk olarak kabul edilmektedir. Bu zorunluluğu doğuran çevre sorunları arasında küresel ısınma en başta yer almaktadır. Sürdürülebilir kalkınma teması ile düzenlenen dünya zirvesinde küresel ısınmanın sera gazları nedeni ile meydana geldiği ve bu gazların %80'inin enerji temini ve kullanımı sırasında meydana geldiğinin üzerinde durulmuştur. Bu sorunları aşmanın yolu temiz enerjiden geçmektedir ve temiz bir enerjinin sağlanabilmesi de yenilenebilir kaynakların kullanımı ile mümkündür (Seydioğulları, 2013: 25).

Doğal kaynaklardan üretilen yenilenebilir enerji aslında doğrudan güneşten veya yerkürenin derinlerindeki ısıdan meydana gelmektedir. Temel yenilenebilir enerji kaynakları olarak kabul edilen güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal, biyokütle ve okyanus enerjisi dünya çapında artan bir paya sahiptir ve elektrik üretimi, ısıtma ve ulaşım gibi hayatın her alanına giriş yaparak yenilenemeyen enerji kaynaklarının yerini alma yolunda ilerlemektedir (Demirel, 2012: 42).

Bu kaynakların kullanımının yaygınlaşması gerekliliği uzun zamandır farkına varılmış olan bir zorunluluk olmasına karşın gerçek bir artış yeni meydana gelmeye başlamıştır. Yirmibirinci yüzyılın ilk yıllarından itibaren enerji kaynakları tüketiminde daha önce benzeri görülmemiş bir değişim meydana gelmiştir. Yenilenebilir kaynaklara yapılan yatırımlar sayesinde bu kaynakların toplam tüketimdeki payı artmış ve enerji sektörünün görünümü değişmiştir (WEC, 2016: 4).

Gelişme ve kalkınma çabaları sonucunda üretim ve tüketim artmakta bu da enerji ihtiyacını artırmaktadır. Artan ihtiyaç karşısında yenilenebilir enerji gibi sürdürülebilir bir enerji kaynağının kullanımının önemi artmaktadır. British

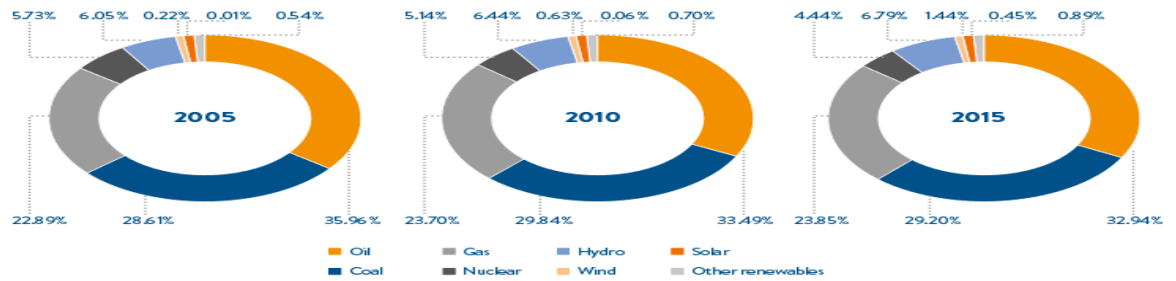
Petroleum'un (BP) yıllık raporundan elde edilen veriler yıllar içerisinde gelişme düzeyi arttıkça ihtiyaç duyulan enerji miktarının arttığını doğrulamaktadır. Son on yıllık süreçte toplam birincil enerji tüketimi 10 940 Mtoe'den 13147.3 Mtoe'e yükselmiştir.



Şekil 1: Dünya Toplam Birincil Enerji Tüketimi (Mtoe), 2005-2015

Kaynak: BP, 2016

Bahsedilen artış şekilde de görülmektedir, ancak önemli olan artan enerji talebinden ziyade bu talebin karşılanmasında kullanılan kaynak türleri ve oranlarıdır. Dünya Enerji Konseyinin (WEC) 2016 yılında yayınladığı "Dünya Enerji Kaynakları" raporunda 2005, 2010 ve 2015 yılları ile ilgili bu oranlar karşılaştırılmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki oranların aynı seviyede kalması veya düşmesine karşın, yenilenebilir kaynaklarda artış olduğu gözlemlenmiştir (WEC, 2016).



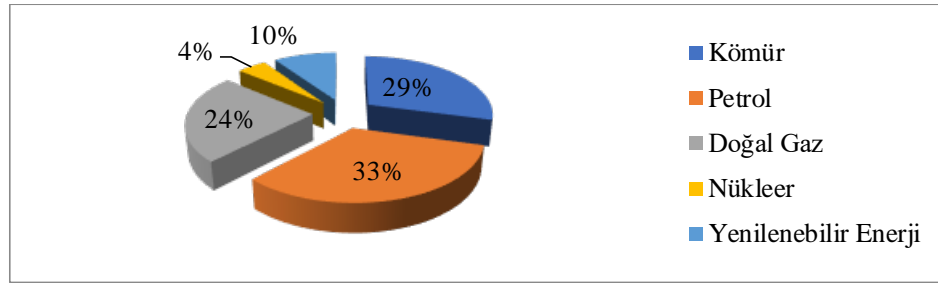
Şekil 2: Karşılaştırmalı Birincil Enerji Tüketimi ve Kaynak Dağılımı

Kaynak: WEC, 2016:7

Enerji sektörü uzun vadeli ve değişimin hızlı gerçekleşmesine imkan tanımayan bir sektördür. Özellikle küresel çapta hızlı bir değişimin söz konusu

olamayacağına bilincinde olan dünya ekonomileri son yıllarda yaşanan ve Şekil 2'ye yansıyan bu değişimi önemli bir ilerleme olarak kabul etmektedirler. Yenilenebilir kaynakların sağladığı temiz enerji oranındaki artış istenilen düzeyin altında kalmış olsa da ivme kazanacağı beklenmektedir (WEC, 2016:9).

Yenilenebilir enerjinin gelişiminde önemli rol oynayan çeşitli gelişmelerin yaşandığı 2015 yılı uluslararası arenada enerji sektörü için önemli bir yıl olarak kabul edilmektedir. Bu gelişmeler arasında fosil yakıtların fiyatlarında yaşanan düşüş, uzun vadeli yenilenebilir enerji anlaşmalarının fiyatlarında yaşanan düşüş, enerji depolamanın önem kazanması ve Paris'te imzalanan ve küresel toplumu bir araya getiren bir iklim anlaşması yer almaktadır. Yüksek düzeyde anlaşmaların ve duyuruların yapıldığı 2015 yılında modern yenilenebilir enerji kaynakları toplam birincil kaynak tüketiminde %10'luk bir paya ulaşmıştır (REN21, 2016:27).

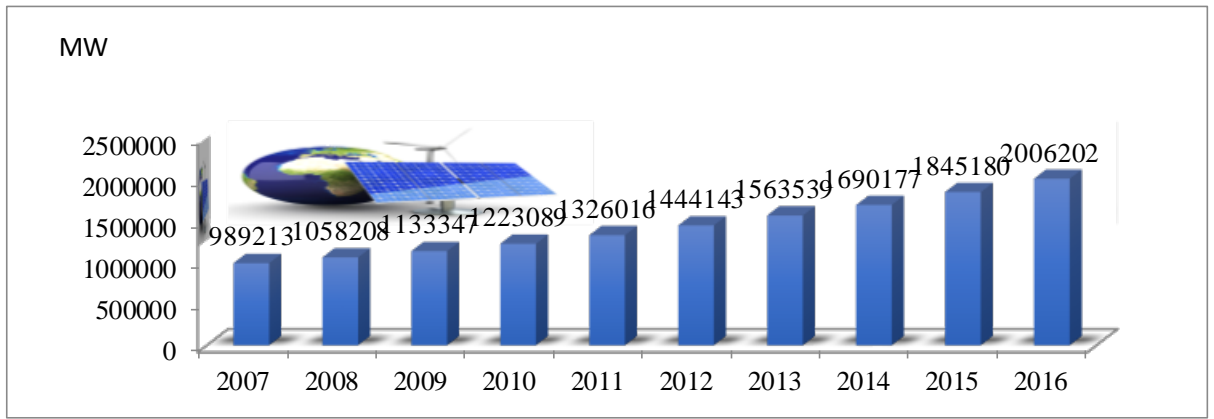


Şekil 3: Kaynaklara Göre Toplam Birincil Enerji Tüketimi (%), 2015

Kaynak: BP, 2016

Her ne kadar yenilenebilir enerji artışının hızlı gerçekleşmesi beklenilse de bu kaynakların toplam birincil enerji tüketimindeki yeri beklenen hızda gerçekleşmemektedir. Yenilenebilir enerji için altyapı sağlayan ve teknolojik yatırımlarda bulunan gelişmiş ülkelerde enerji ihtiyacının artış hızı gelişmekte olan ülkelere göre daha düşüktür. Gelişmekte olan ülkelerde ise fosil yakıtlar artan talebin karşılanmasında daha büyük bir paya sahiptir ve bu sebeple Şekil 3'teki verilerde de görüldüğü gibi fosil yakıtlar halen toplam enerji ihtiyacının neredeyse %90'lık bir oranını karşılamaktadırlar (REN21, 2016; BP, 2016).

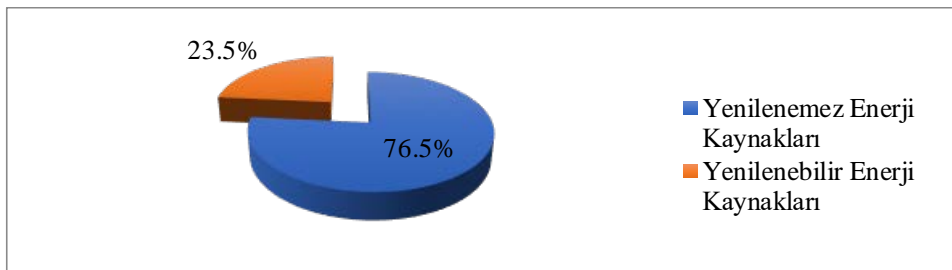
Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) 2017 yılında yayınladığı raporda küresel yenilenebilir enerji kapasitesine yer verilmiştir. 2007 ile 2016 yılları arasında dünya toplam yenilenebilir enerji kapasitesi %100'den fazla artarak 989 213 megavattan 2 006 202 megavata ulaşmıştır. Bu durum uzun yıllar boyunca teorik olarak birçok uluslararası platformda yer alan ve zorunluluk olarak kabul edilen yenilenebilir enerjiye geçiş konusunda beklenenden yavaş ta olsa ilerleme kaydedildiğinin bir göstergesidir.



Şekil 4: Dünya Toplam Yenilenebilir Enerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 2

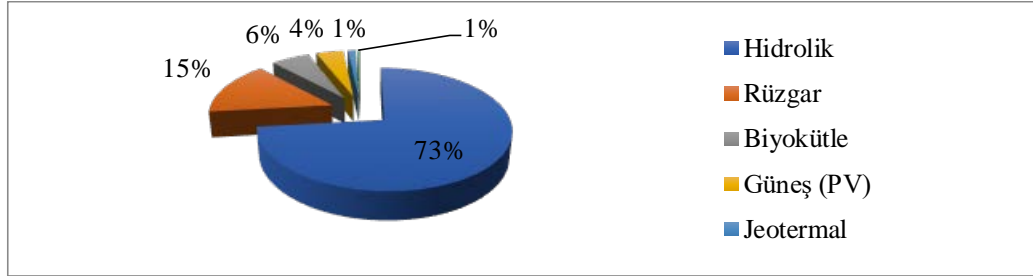
Son dokuz yıllık sürede ikiye katlanan yenilenebilir enerji kapasitesi, bu kaynakların küresel çapta elektrik üretimindeki payını artırmış ve 2015 yılı itibari ile %23.5'lik bir orana yükseltmiştir.



Şekil 5: Kaynaklara Göre Küresel Elektrik Üretimi (%), 2015

Kaynak: IRENA, 2017b: 20

Şekil 5'te %23.5'lik oranla temsil edilen yenilenebilir kaynaklar arasında elektrik üretiminde en büyük paya sahip olan kaynak hidrolik enerjidir. %73 gibi yüksek bir oranla hidrolik enerji yenilenebilir enerji alanında dünya genelinde en gelişmiş kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Hidrolik enerjinin ardından elektrik üretimine en büyük katkı sağlayan ikinci enerji kaynağı ise rüzgâr enerjisidir. Özellikle son yıllarda bu alanda yatırımlar artarak devam etmektedir.



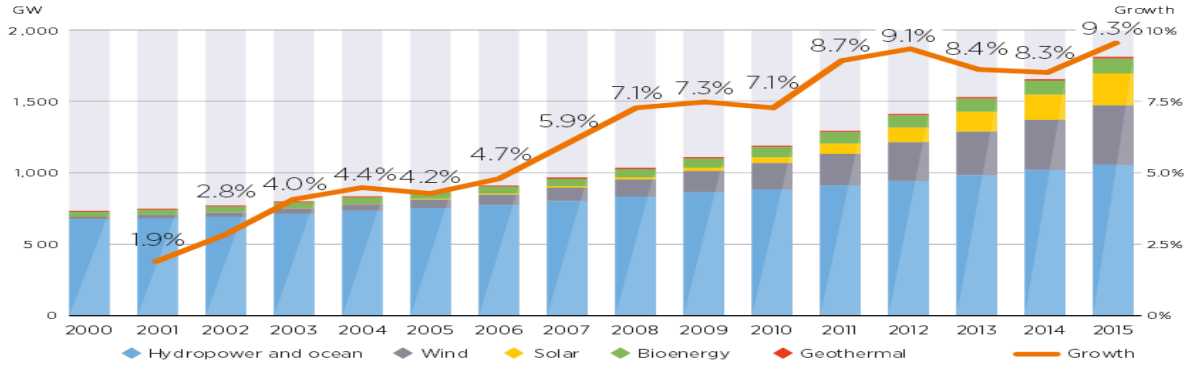
Şekil 6: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Üretimindeki Payları (%), 2015

Kaynak: IRENA, 2017b: 20

IRENA'nın verilerine göre elektrik üretiminde güneş enerjisi %5'lik bir oranla diğer kaynaklara göre oldukça küçük bir paya sahiptir. Jeotermal enerji ise %1'lik oranla en düşük elektrik üretimine en düşük oranda katkı sağlayan kaynak olarak görülmektedir. Bu alanlarda yapılacak yatırımlar gelecekte bu tabloyu değiştirerek potansiyelinden yeterli düzeyde faydalanılamayan kaynakların da elektrik üretimine dahil edilmesinde fayda sağlayacaktır.

Yenilenebilir enerji üretimi için kurulan jeneratörlerin sayısı son yıllarda artmaktadır ve gerekli koşullara sahip ülkelerde rüzgâr enerjisi gibi enerji kaynakları ihtiyacın büyük kısmını karşılamaktadır. Güneşten elde edilen enerji su ısıtma konusunda katkı sağlamaktadır. Biyokütle ise petrolün ikame ürünü olarak petrol tüketiminin düşmesine katkı sağlamaktadır. Bu kaynaklara yapılan yatırımlar fosil yakıtlara göre uzun vadede değerlendirildiğinde daha ucuzdur ve kırsal kesimlerde dağıtımını zor olan yenilenemez kaynaklara göre daha avantajlıdır (Demirel, 2012: 42-43).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının bu avantajları düşünüldüğünde bu alanda gerçekleştirilen yatırımların yetersiz kaldığı ve son yıllarda bu durumun farkına varılarak harekete geçildiği gözlemlenmektedir. 2007 ile 2016 yılları arasında ikiye katlanan yenilenebilir enerji kapasitesi bu farkındalığın bir ürünüdür.



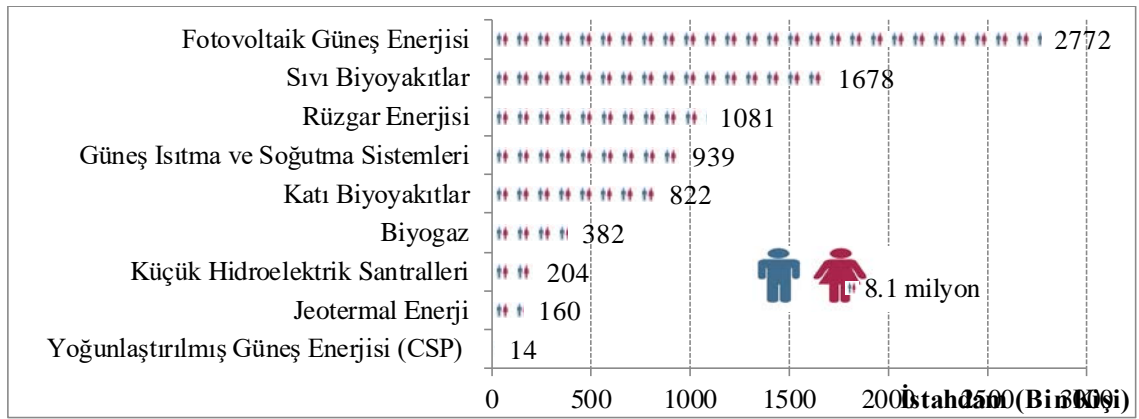
Şekil 7: Yenilenebilir Güç Kapasitesi (GW) ve Yıllık Büyüme Oranı (%), 2000-2015

Kaynak: IRENA, 2017b: 18

2014 yılına göre 2015 yılında kaydedilen %9.3 oranında artış 21'inci yüzyılın başından itibaren yenilenebilir enerji alanında kaydedilen en büyük artış olmuştur ve yenilenebilir enerji kapasitesi 154 gigawatt'a ulaşmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük kapasiteye sahip olan hidrolik enerji yıllar içerisinde diğer enerji türlerine göre daha az artış göstermiştir. 2015 yılında rüzgâr ve güneş enerjisi kapasite olarak diğer türlere göre daha büyük artış göstermiştir. Hidrolik enerjideki %3,3'lük veya 33 GW'lık artışa karşın rüzgar enerjisi 66 GW, güneş enerjisi ise 47 GW artarak hidrolik enerjiyi geride bırakmıştır (IRENA, 2017b: 18).

Yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar ve kapasite artışı yeni pazarların ve üretim merkezlerinin ortaya çıkmasını ve bu sektörün yarattığı istihdam olanaklarının artmasını sağlamaktadır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın 2016 yılında yayınladığı "Yenilenebilir Enerji ve İstihdam" konulu raporuna göre 2015 yılında küresel yenilenebilir enerji istihdamı %5 oranında artış göstererek 8.1 milyona ulaşmıştır. Bu rakama ek olarak büyük hidroelektrik santrallerinde çalışan 1.3 milyon kişi bulunmaktadır. Toplam küresel istihdamda gözlemlenen düşüşe rağmen

yenilenebilir enerji sektörü yeni iş olanakları sağlamaya devam etmiştir. Bu yüksek orana en fazla istihdam yaratarak katkı sağlayan ülkeler arasında Çin, Brezilya, ABD, Hindistan, Japonya ve Almanya bulunmaktadır. Biyoenerji farklı türlerinde istihdam ettiği toplam 2.88 milyon kişi ile istihdam konusunda kilit sektörlerden biri olarak görülmektedir. Bir diğer önemli istihdam alanı ise güneş enerjisi teknolojileridir. Yenilenebilir enerji sektörünün yarattığı istihdamın genel olarak enerji sektöründe mevcut olan istihdama göre kadın erkek eşitliği konusunda daha adaletli bir sektör olduğu raporda değinilen bir diğer önemli noktadır (IRENA, 2016: 2-3).



Şekil 8: Yenilenebilir Enerji Alanında İstihdam (Bin Kişi), 2015

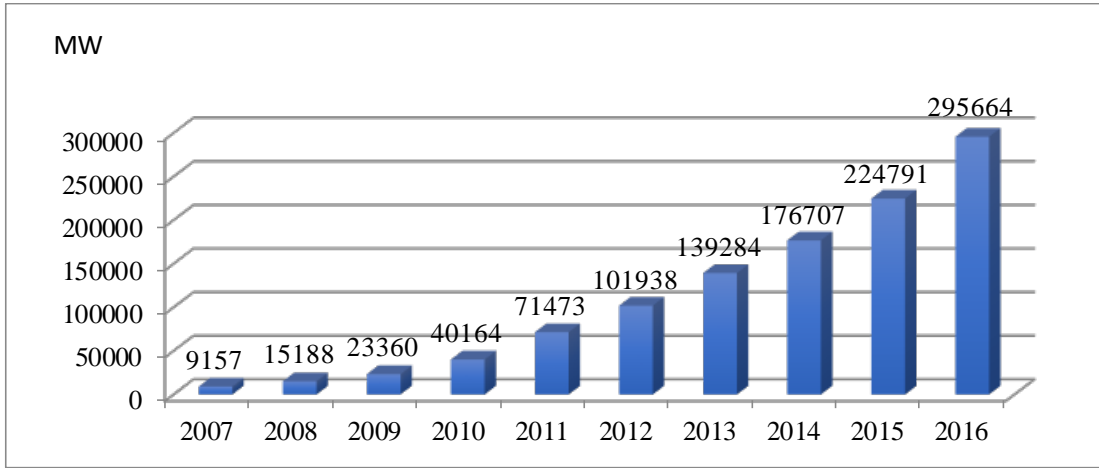
Kaynak: IRENA, 2016: 5

1.1 GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında en bol miktarda bulunan ve doğrudan veya diğer enerji kaynakları aracılığı ile farklı formlarda kullanılmaktadır. Güneş tarafından yayılan toplam enerjinin %60'lık oranı yerküreye ulaşır, geri kalanı ise uzaya yansır ve atmosferde emilir. Sonsuz bir kaynak olan ve bütün yenilenebilir kaynakların temelinde bulunan güneş enerjisinin bir yıl içinde dünyaya ulaşan miktarı keşfedilmiş ve halen keşfedilmemiş olan bütün yenilenemeyen kaynakların miktarının tamamından fazladır (WEC, 2013: 19).

Bu durum aslında yatırım yapılması halinde insanlığın ne kadar büyük bir enerji potansiyeline sahip olabileceğini göstermektedir. Son yıllarda bunun idrak

edilmesi ile birlikte bu alanda yatırımlar artmış ve dünya toplam güneş enerji kapasitesinde (Şekil 8) hızlı bir artış meydana gelmiştir.



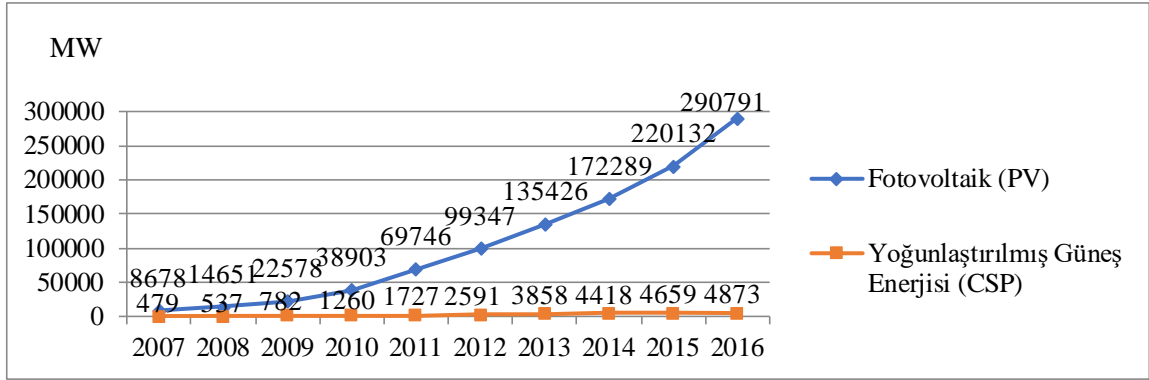
Şekil 9: Dünya Toplam Güneş Enerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 21

Son yıllarda hızlı bir şekilde azalan güneş paneli üretim maliyetleri dünya çapında güneş enerjisine yapılan yatırımların artmasında ve sektörün güçlü şekilde büyüyerek kapasitenin artmasında neden olmuştur. Ulusal ve uluslararası boyutta yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yürürlüğe giren politikalar ve mevzuat değişiklikleri de bu durumu desteklemektedir (WEC, 2013: 19).

2015 yılının sonunda güneş enerjisi ile elektriğe yönelik kurulu güç kapasitesi 227 gigawatt'a ulaşmış ve küresel çapta kullanılan elektriğin %1'ini sağlamıştır. Güneş enerjisi alanında yüksek potansiyele sahip olan Afrika ve Orta Doğu gibi bölgelerde bu potansiyelden yararlanma konusunda henüz yeterli düzeyde ilerleme kaydedilememiştir. Buna karşın Avrupa ve Çin gibi bu alanda daha düşük potansiyele sahip bölgelerde yapılan yatırımlar sonucunda daha fazla güneş enerjisi üretilmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde uygulanan politikalar ve teşvikler, ayrıca teknolojik gelişmeler sayesinde güneş enerjisi alanında düşen maliyetler ile yeni pazarlar kurulmaktadır. Sektörde teknoloji her geçen gün gelişmeye devam etmekte ve farklı güneş enerjisi türlerinde iyileşme kaydedilmektedir (WEC, 2016: 28-29).

Yoğunlaştırılmış ve fotovoltaik (PV) sistemler olarak iki temel gruba ayrılan güneş enerjisi sistemlerinin toplam kapasitesi Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) tarafından 2017 yılında yayınlanan raporda verilen bilgiler ışığında hazırlanan grafikte (Şekil 10) gösterilmektedir. Buna göre fotovoltaik sistemlerde son yıllarda hızlı bir kapasite artışı yaşanırken yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerindeki artış çok daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Fotovoltaik sistemler ile ilgili yaşanan hızlı gelişme bu teknoloji ile ilgili üretimin artması ve birim fiyatların hızlı düşüşünün bir sonucu olarak kabul edilmektedir (OECD/IEA, 2014: 264-265).



Şekil 10: Güneş Enerjisi Sistemlerine Göre Toplam Kapasite (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 24-27

2007 yılında 9 gigawatt olan fotovoltaik güneş enerjisi 2016 yılında 291 gigawatt'a ulaşmıştır. 2012 yılına kadar yaşanan bu artışın büyük bir kısmını Avrupa ülkeleri oluşturmuştur, ancak 2013 yılından itibaren Çin ve Japonya yürürlüğe soktukları destek politikalarının etkisiyle büyük bir artış gerçekleştirmişlerdir. Farklı ülkelerde yaşanan artış sonucunda yeni güneş panellerine olan talep artmış ve fotovoltaik panel üretiminde aşırı kapasitenin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu şekilde daha önce de bahsedilen teknoloji fiyat düşüşü yaşanmış ve kapasitenin geliştirilmesine katkı sağlanmıştır (OECD/IEA, 2014: 264-265; IRENA, 2017a: 24-27).

Güneşten enerji üretmek için kullanılan temel yöntemlerden biri olan fotovoltaik sistemde kollektörler aracılığı ile güneş ışığı doğrudan elektriğe

dönüştürülmektedir. Termal güneş toplayıcıları ise uygulanma alanına bağlı olarak hava, su veya farklı sıvıları ısıtmak için ve dolaylı olarak elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Yoğunlaşmayan güneş kolektörleri 100 derece veya daha düşük sıcaklık üreterek bina ve evleri ısıtma ve soğutma alanında kullanılabilir. 100 ila 500 derece arasında, orta sıcaklıkları sağlamak için kullanılan toplayıcılar endüstriyel ısı sağlamak ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemleri (CSP) ise 1000 ve üzeri derecede sıcaklık üreterek elektrik enerjisi sağlamaktadır. Bu sistemlerin kullanıldığı termik santraller günümüzde birçok ülkede elektrik üretiminde kullanılmaktadır (WEC, 2013: 5).

1.2 RÜZGÂR ENERJİSİ

Son yıllarda en hızlı gelişim gösteren yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi karbondiyoksit ve asit yağmurlarına sebep olan diğer zararlı gazların atmosfere karışmasına sebep olmayan, iklim değişikliğine yol açmayan, zararlı etkileri olan kaynakların kullanımının azalmasını sağlayan ve radyoaktif etki yaratmayan, temiz ve aynı zamanda sonsuz bir enerji kaynağıdır. Bütün bu avantajlarının yanında rüzgâr enerjisi hızlı monte ve demonte dileyen türbinler aracılığı ile üretilmekte ve hızlı gelişim göstermekte olan bir kaynaktır (Koçaslan, 2010: 57).

Bu özelliklerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları arasında en önemli kaynaklardan biri konumunda olan rüzgâr, güneşten gelen radyasyonun farklı yer yüzeyleri üzerinde farklı ısı oluşturmamasından kaynaklanan bir enerji türüdür. Meydana gelen ısı farkları hava kütlelerinin hareket etmesi ile sonuçlanarak rüzgârın oluşmasında neden olmaktadır. Rüzgâr yüksek basınçlı bölgelerden düşük basınçlı bölgelere doğru gerçekleşen hava akımıdır. Bu akımın elektrik enerjisine dönüştürülmesi ise rüzgâr türbinleri aracılığı ile gerçekleştirilmektedir (Koç ve Şenel, 2013: 40).

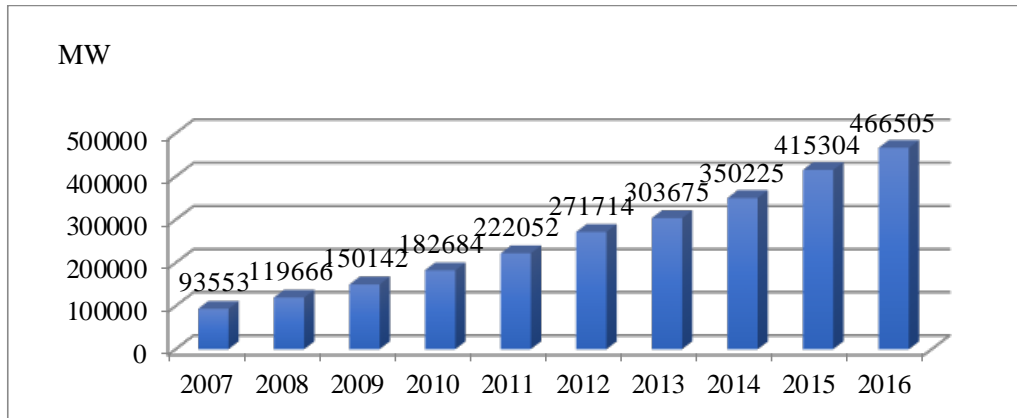
Güneşin dolaylı bir ürünü olarak kabul edilen rüzgâr enerjisi yerküreye gelen güneş enerjisinin %2'lik bir oranından oluşmaktadır. Hava akımından elde edilen enerjinin sağlanmasında kullanılan rüzgâr türbinleri 25 yıl civarında bir ömre sahiptir ve üretim sağlayabilmeleri için rüzgâr hızının belli bir seviyenin üstünde olması ve konum olarak trafo merkezlerine veya enerji iletmek için kullanılan hatlara yakın yerlerde bulunmaları gibi faktörlere dikkat edilerek üretim gerçekleştirilmesi verimlilik açısından önem taşımaktadır (Ertuğrul ve Kurt, 2009: 38).



Şekil 11: Rüzgâr Türbinleri

Kaynak: Çolak ve Demirtaş, 2008: 60

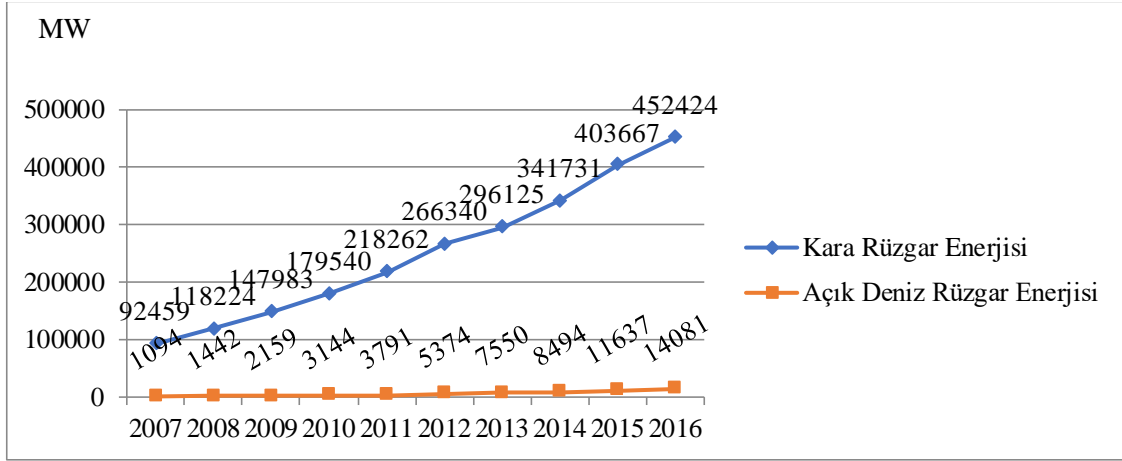
Rüzgâr gülü adı ile bilinen rüzgâr türbinleri yardımı ile hava akımından elde edilen rüzgâr enerjisinin kapasitesi 2007 ile 2016 yılları arasında 94 gigawatt'tan 470 gigawatt'a ulaşmıştır ve son yıllarda en çok yatırım yapılan enerji türleri arasında bulunmaktadır.



Şekil 12: Dünya Toplam Rüzgâr Enerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 16

Rüzgâr enerjisinin kara ve açık deniz olmak üzere iki farklı türü bulunmaktadır. Rüzgâr türbinlerinin konumlandırıldığı yere göre adlandırılan bu iki tür arasında kara rüzgâr enerjisi daha yüksek bir kapasiteye sahip olmaktadır.



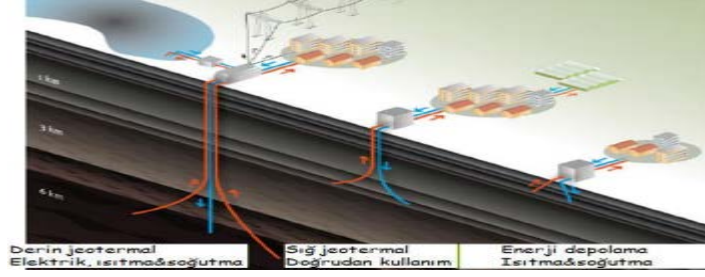
Şekil 13: Türlerine Göre Toplam Rüzgâr Enerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 18-20

1.3 JEOTERMAL ENERJİ

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan jeotermal enerji gezegenin iç ısısından meydana gelen enerji olarak tanımlanmaktadır. Isı yerkürenin merkezinde bulunan yüksek ısılı bölgeden yukarıya, yeryüzüne doğru yayılmaktadır (Ertuğrul ve Kurt, 2009:39).

Merkezden yeryüzüne doğru yer altında gerçekleşen tektonik hareketlenmeler sonucunda yayılan jeotermal enerji merkezde kaya, buhar ve suda tutulmaktadır ve yıllık bazda değerlendirildiğinde 31-44 terawatt aralığında ısı akışı sağlamaktadır. Isının yeryüzüne ulaşmasını sağlayan bir diğer neden ise merkezde bulunan bazı radyoaktif izotopların bozunmaya uğramasıdır. Jeotermal enerji doğrudan ısı kullanımı veya elektrik üretimi şeklinde değerlendirilmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi buhar kullanılarak gerçekleştirilirken, doğrudan kullanılan ısı ise ısınma ve tarım sektöründe yer bulmaktadır (Satman, 2013: 4).



Şekil 14: Jeotermal Isı Üretim Yöntemleri

Kaynak: Satman, 2013: 6

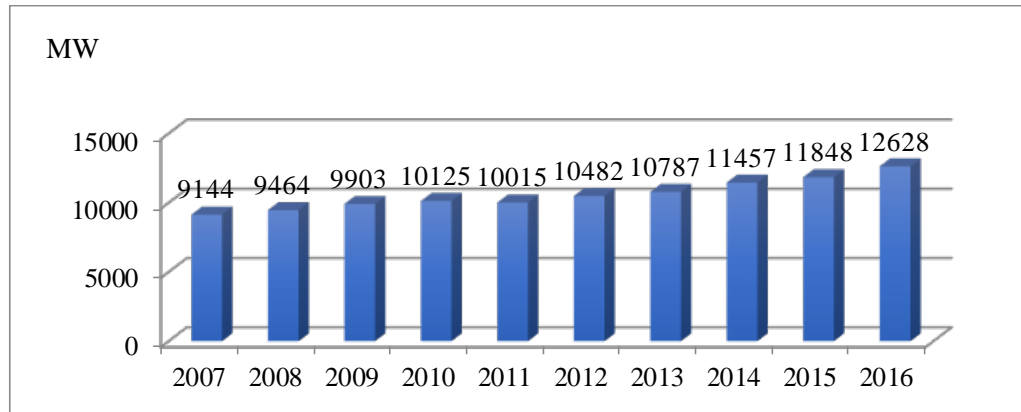
Jeotermal enerjinin üretiminde ısıtma ve soğutma için kullanılan ve derinlik olarak yüzeye en yakın bölgeden enerji elde eden formasyonlar, doğrudan ısı kullanımını sağlayan sığ jeotermal üretim yöntemi ve elektrik üretimini sağlayan derin jeotermal formasyonlar olmak üzere üç temel yöntemden faydalanılmaktadır. Üçüncü yöntem diğerlerine göre daha önemli olarak kabul edilmekte ve jeotermal enerji alanında gelecek açısından en büyük potansiyele sahip yöntem olarak görülmektedir (Satman, 2013: 4-5).

Jeotermal enerji alanında bulunan diğer bir sınıflandırma ise kaynakların rezervuar sıcaklıklarına göre yapılmaktadır. Buna göre jeotermal enerji kaynakları düşük, orta ve yüksek sıcaklıklı olarak ayrılmaktadır. 70 dereceden düşük sıcaklığa sahip olan düşük sıcaklıklı kaynaklar ısıtma için kullanılırken, orta (70 °C ile 150 °C arası) ve yüksek (>150 °C) sıcaklığa sahip kaynaklardan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir (Ertuğrul ve Kurt, 2009: 39).

2015 yılı itibari ile toplam 151 TWh elektrik ve ısıtma enerjisi sağlayan jeotermal kaynaklar içerisinde elektrik üretimi ve ısınmanın eşit paylara sahiptir ve 75 TWh ile toplam jeotermal enerjinin yarısını sağlamaktadırlar (REN21, 2016: 50).

Bu rakamlara göre diğer kaynaklar ile karşılaştırıldığında jeotermal enerjinin küresel toplam enerji içerisinde katkısının az olduğu görülmektedir. Dünya elektrik üretiminin %1 oranından azını üreten jeotermal enerjinin toplam kapasitesi IRENA

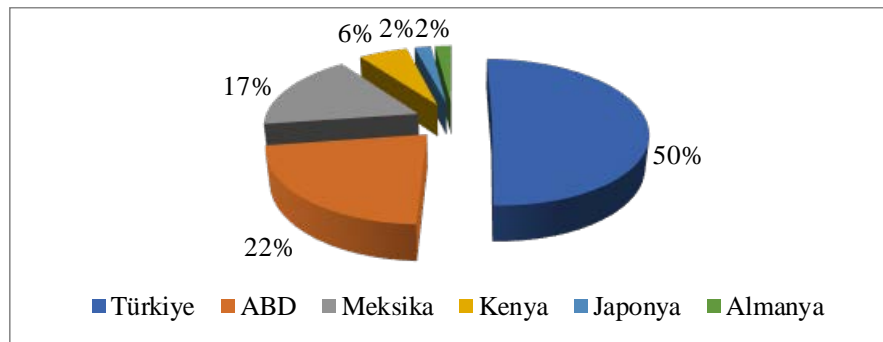
tarafından yayınlanan verilere göre oluşturulan şekilde bulunmaktadır (WEC, 2016: 30; IRENA, 2017a: 39).



Şekil 15: Dünya Toplam Jeotermal Enerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 39

Güneş ve rüzgâr enerjisi ile karşılaştırıldığında jeotermal enerji alanında yapılan yatırımların maliyeti daha yüksek ve geliştirilme dönemleri de daha uzundur. Günümüzde birçok ülkede bu alanda projeler geliştirilmekte ve diğer kaynaklara karşı jeotermal enerjinin rekabet gücünün artırılabilmesi için teşvikler uygulanmaktadır. Küresel kapasite artırımlarında başta bu artırımların yarısından fazlasını gerçekleştiren Türkiye olmak üzere, ABD, Meksika, Kenya, Japonya ve Almanya bulunmaktadır. Rakamsal olarak bu ülkelerin artırımlara katkısı grafik 25'te gösterildiği gibidir (WEC, 2016: 31).



Şekil 16: Ülkelere Göre Jeotermal Güç Kapasitesi Artırımları (%), 2015

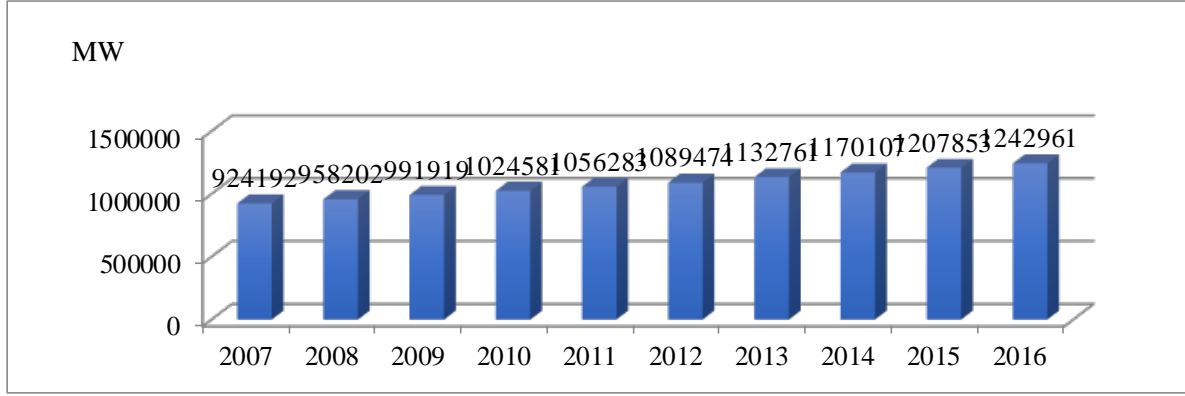
Kaynak: REN21, 2016: 51

Doğrudan kullanım açısından 2015 yılında jeotermal enerjinin yaklaşık %70'lik bir oranını Çin, Türkiye, İzlanda, Japonya, Macaristan, ABD ve Yeni Zelanda kullanmaktadır. Son yıllarda bu alanda artan yatırımlar 2010 ve 2014 yılları arasında 49 ülke tarafından 20 milyar dolar olarak saptanmıştır. 2015 yılında ise bu miktar %23 oranında gerilemiş ve 2 milyar dolar olmuştur. Jeotermal enerji kapasiteleri dünya genelinde orantısız bir dağılıma sahiptir ve çoğunluğu ada ülkelerinde bulunmaktadır. Gerekli yatırımların yapılması kaydı ile bu alanda yerkürenin içinde bulunan ve bütün birincil enerji kaynaklarından daha büyük bir potansiyele sahip olduğu hesaplanarak kanıtlanan jeotermal enerji ülkelerin enerji ihtiyacını karşılama konusunda daha etkin olabilecektir (WEC, 2016: 30).

1.4 HİDROLİK ENERJİ

Hidroelektrik santraller aracılığı ile akarsuyu rezervuarlara biriktirerek suyun mevcut potansiyel enerjisinden elektrik üretilmesi için kullanılan hidrolik enerji yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Elektrik üretimi nehirlerin üzerine baraj inşa edilerek gerçekleştirilmektedir (Koç ve Şenel, 2013: 37).

Düşük işletme maliyeti ve atık veya karbondiyoksit emisyonunun olmaması gibi avantajlara sahip olan ve küresel elektrik üretimine önemli miktarda katkı sağlamakta olan hidrolik enerji 100'den fazla ülkede bulunmaktadır (WEC, 2013: 17). IRENA'nın paylaştığı verilere göre hazırlanan grafikte (Grafik 2.13) de görüldüğü üzere hidrolik enerji kapasitesi dünya çapında toplam 1243 GW'a ulaşmıştır ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin %71'lik oranını temin etmekte kullanılmaktadır. Tüm kaynaklar arasında hidrolik enerji 2016 yılında dünya elektrik enerjisinin %16,4'lük oranını sağlamıştır (WEC, 2016: 23).



Şekil 17: Dünya Toplam Hidrolik Enerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 5

Bu kapasitede en büyük paya sahip ülkeler arasında Brezilya, Kanada, Çin, Rusya ve ABD yer almaktadır. Kapasite açısından hidroelektrik için en büyük 5 pazar Çin, Brezilya, Kanada, Rusya ve Amerika'dır. Bu ülkeler arasında en büyük paya sahip olan ülke ise Çin'dir. 2015 yılında bu ülkedeki kurulu kapasite toplam kapasitenin %26'sını oluşturmuştur. ABD'de bu oran %8.4, Brezilya'da %7.6, Kanada'da ise %6.5 ile Çin'in çok gerisinde kalmıştır. İzlanda, Nepal ve Mozambik gibi bazı ülkelerde hidrolik enerji tüm elektrik ihtiyacının yarısından fazlasını karşılamaktadır. Yılda yaklaşık %4'lük bir büyüme oranı ile gittikçe önem kazanan hidrolik enerjinin toplam kurulu güç kapasitesi 2005 ile 2015 yılları arasında %39 oranında artış göstermiştir. Bu artışın büyük kısmı gelişmekte olan ülkelerde yoğunlaşmıştır (WEC, 2013: 17; WEC, 2016: 22-23).

Tablo 1: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Elektrik Üretimi, 2012-2040

Milyar kilowatt saat	2012	2020	2025	2030	2035	2040
Hidrolik	3645	4294	4626	4816	5146	5571
Rüzgar	520	1312	1603	1863	2192	2452
Jeotermal	68	139	208	309	352	395
Güneş	103	448	599	722	847	962
Diğer	391	681	857	973	1107	1247
Toplam	4727	6874	7893	8682	9644	10628

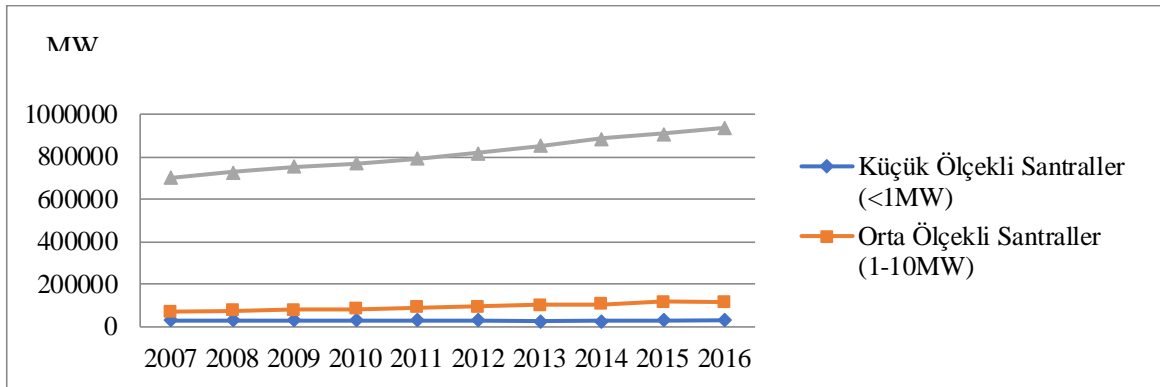
Kaynak: Energy Information Administration (EIA), 2016: 85

Hidrolik enerji dünya elektrik üretimindeki artışa yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük katkıda bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisi ile birlikte 2012 ile 2040 yılları arasında yaşanacak olan toplam artışın üçte ikisini oluşturacağı tahmin edilmektedir (Energy Information Administration, 2016: 10).

Günümüzde en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olan hidrolik enerjinin gelecekte de öneminin artarak devam edeceğini gösteren bu tahminleri, hidrolik enerjinin tüm üretim teknolojileri ile iyi bir sinerjiye sahip olması ve düşük CO2 emisyonları ve atıklar gibi faktörlerle açıklamak mümkündür (WEC, 2016: 22-23).

Hidrolik enerjinin elde edilmesini mümkün kılan enerji santralleri küçük, orta ve büyük ölçekli olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Küçük enerji santrallerinin üretim kapasitesi 1 MW'ın altındadır, orta ölçekli santraller 1 MW ile 10 MW arasında üretim kapasitesine sahiptir ve enerji kapasitesi en yüksek olan ve artarak devam eden büyük ölçekli santraller ise 10 MW'ın üstünde kapasiteye sahiptir. Bu santrallerin 2007 ile 2016 yılları arasındaki toplam enerji kapasiteleri IRENA tarafından 2017 yılında

yayımlanan “Renewable Capacity Statistics 2017” raporundan elde edilen verilere göre hazırlanmış olan grafikte yer almaktadır (IRENA, 2017a: 9-13).



Şekil 18: Hidrolik Enerji Santrallerinin Toplam Enerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 8-12

Şekilden de anlaşılacağı üzere büyük ölçekli santraller küçük ve orta ölçeklilere göre çok daha yüksek kapasiteye sahiptir ve bu kapasite artmaya devam etmektedir. Küçük ölçekli santrallerin kapasitesinde 2007 ile 2016 yılları arasında kayda değer bir artış bulunmamaktadır.

2007 yılında 30 GW olan küçük ölçekli santrallerin kapasiteleri 2016 yılında 31 GW'a ulaşmıştır. Orta ölçekli santrallerin kapasitesi 2007 yılında 72 GW'tan 2016 yılında 117 GW'a ulaşmıştır. Büyük ölçekli santraller bu yıllar arasında toplam 235 GW'lık bir artış göstermiş ve 2007 yılında 700 GW olan kapasiteleri 2016 yılında 935 GW'a ulaşmıştır (IRENA, 2017a: 9-13).

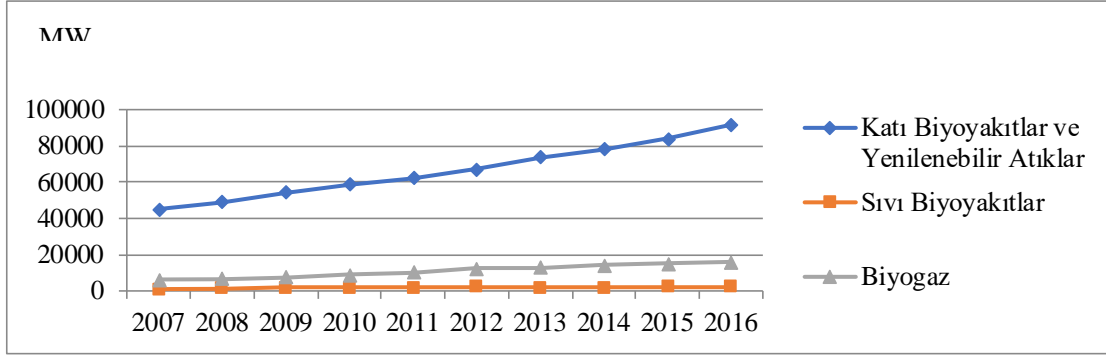
1.5 BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle enerjisi bitki ve hayvansal maddelerden türetilen organik atıklardan elde edilen enerjidir. Tüm biyolojik organizmalarla ilgili olan bu yenilenebilir enerji kaynağı, enerji üretimi bağlamında öncelikle bitkiler ile ilişkilendirilmektedir (Davis vd., 2014: 11).

Biyokütleyi oluşturan maddeler içlerinde karbonhidrat bileşkenleri bulundurmaktadır ve bu maddeler aracılığı ile meydana gelen enerji üç yakıt türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı formlarda bulunan bu yakıt türleri biyogaz, biyodizel ve biyoetanoldür (Koç ve Şenel, 2013: 38).

Biyoyakıtlar çeşitli bitkisel ve hayvansal maddelerden termokimyasal ve biyokimyasal prosesler yardımı ile üretilen sıvı yakıtlardır. Bu yakıtlar biyoetanol ve biyodizel şeklinde iki türde üretilmektedir. Biyoetanol şekerlerin fermantasyonundan, biyodizel ise bitki ve hayvansal yağların esterifikasyonundan meydana gelmektedir. Biyokütleden üretilen ve yanıcı bir gaz olan biyogaz bir diğer yakıt türüdür ve biyolojik maddenin anaerobik sindirimi ile üretilmektedir. Başta metan ve karbondioksit olmak üzere biyogaz çeşitli bileşenlerden ve hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Biyokütlenin diğer bir kullanım formu da doğrudan ısı olarak kullanılmasıdır ve buna geleneksel biyoenerji adı verilmektedir. Bu durumda ısı ahşap, odun kömürü ve hayvan gübresi gibi materyallerin toplanarak yakılması ile elde edilmektedir ve ısınma ve pişirme için kullanılmaktadır (Davis vd., 2014:11-12). Aynı anda katı, sıvı ve gaz formlarında bulunabilen tek enerji kaynağı olan biyokütle enerjisinin farklı türlerine göre kapasitesi şekildeki gibidir.

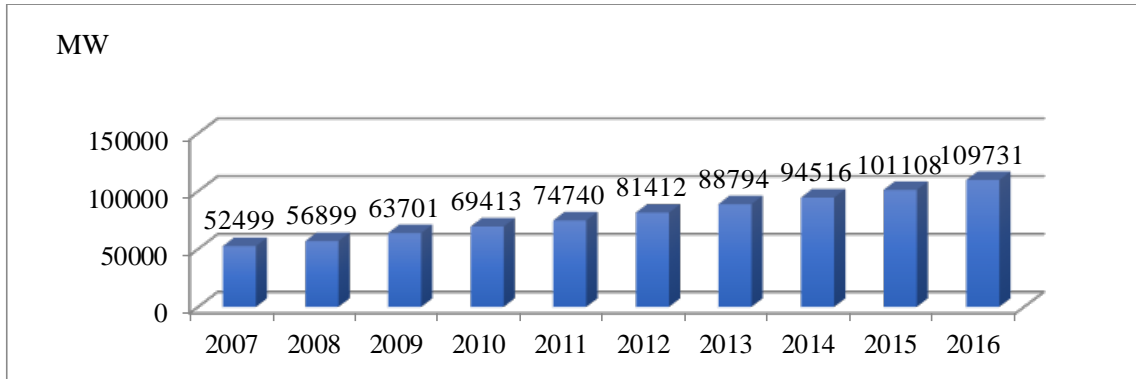
Gelişmiş ülkelerde bu yakıtların kullanımı hidrokarbon yakıtlara ikame olarak daha sürdürülebilir kaynaklar niteliğinde teşvik edilmektedir. Bu ülkelerde biyoetanol ve biyodizel ulaşım ve nakliye alanlarında kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler de biyokütleye en az gelişmiş ülkeler kadar değer vermekte ve ekonomik büyüme ve sanayinin gelişmesi için bir fırsat olarak görmektedir. Geleneksel biyokütle ise en az gelişmiş olan ülkelerde diğer enerji kaynaklarına erişim olmayan bölgelerde çoğunlukla kullanılan yerli yakıt konumundadır (WEC, 2016: 24-25).



Şekil 19: Yakıt Türlerine Göre Toplam Biyoenerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 30-37

Grafikten de anlaşılacağı üzere katı biyoyakıtlar ve yenilenebilir atıklar diğerlerine göre daha yüksek bir kapasiteye sahiptir ve 2007 yılında 45 GW'tan 2016 yılında 92 GW'a ulaşmıştır. En az kapasite artışı biyodizel ve biyoetanolden oluşan sıvı biyoyakıtlarda yaşanmıştır. Bu yakıtların kurulu güç kapasitesi 2007 yılında 1 GW iken 2016 yılında 2 GW'a ulaşmıştır. 2007 ile 2016 yılları arasında biyogaz 10 GW artış göstererek 6 GW'tan 16 GW'a ulaşmıştır. Biyokütle enerjisinin toplam kapasitesi ise 2007 yılında 52 GW'tan 2016 yılında 110 GW'a yükselerek ikiye katlanmıştır (IRENA, 2017a: 30-38).



Şekil 20: Dünya Toplam Biyokütle Enerji Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 28

Geleneksel ve yerli bir enerji kaynağından modern ve ticarete konu olan bir kaynağa dönüşen ve sürdürülebilir kalkınmanın en büyük destekleyicilerinden olan biyokütle enerjisi petrol bağımlılığına çözüm sunabilecek nitelikte bir enerji

kaynağıdır. Günümüzde küresel enerji arzının %10'luk bir bölümünü temin eden biyokütlenin gelecekte de önemli bir kaynak olarak kalması beklenmektedir. Bu hususta küresel çapta etanol üretiminin 2014 yılına kadar 134.5 milyar litreye, biyodizelin ise 39 milyar litreye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Biyokütleyi önemli kılan bir diğer nokta da ahşabın aynı zamanda birçok ülkede pişirme amaçlı kullanılan 52 milyon ton kömür, demir ve diğer kaynakların eritilmesi için kullanılan bir kaynak oluşudur (WEC, 2016: 24-25).

Biyokütle ile gerçekleştirilen enerji üretimi dört temel aşamadan geçmektedir.



Şekil 21: Biyokütleden Enerji Üretiminin Aşamaları

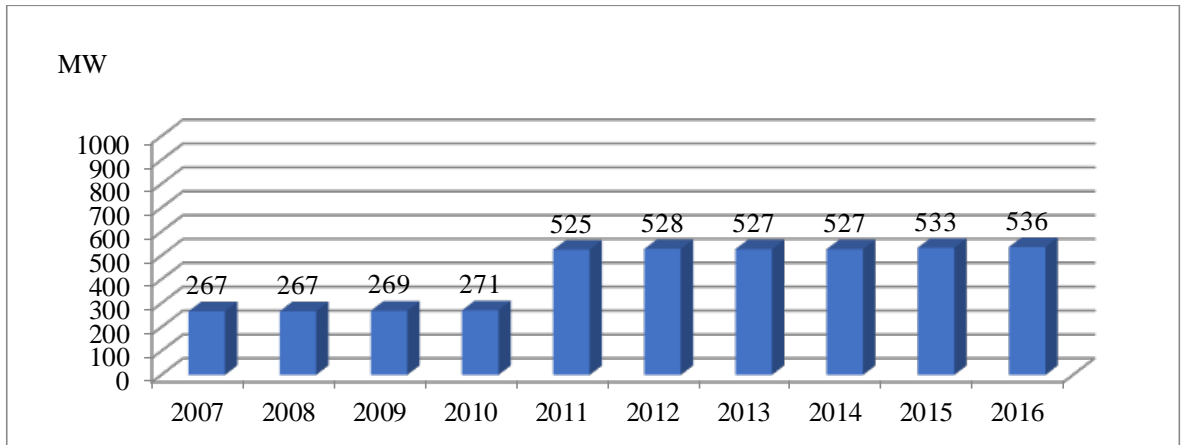
Kaynak: Davis vd., 2014: 14

Biyoeenerji üretim zincirinde bulunan aşamalara göre öncelikle biyokütle büyütülmektedir, sonrasında toplanarak nakliyesinin kolay sağlanabilmesi için balya veya palet şeklinde kolay taşınabilir bir form kazandırılır. Elektrik, sıvı yakıt, ısı veya gaz gibi bir enerji taşıyıcısına dönüştürüldükten sonra ise nihai kullanım amaçlı olarak ev, ulaşım araçları ve endüstri alanlarında dağıtımını sağlar. Bu aşamaların tamamı her zaman uygulanmamaktadır. Tarım ve ormancılıktan elde edilen kaynaklar yerine atıklar biyokütle olarak kullanıldığında ilk aşama olan yetiştirme aşaması atlanarak üretim zincirine toplama ve işleme ile başlanmaktadır. Gün geçtikçe artmakta olan ve gelecekte de bu trendi sürdürmesi beklenen biyokütleden enerji üretimi için hektar başına büyük miktarda biyokütle üretimi sağlayan ve enerji üretme amaçlı yetiştirilen, enerji bitkileri olarak ta bilinen bitki türleri geliştirilmektedir (Davis vd., 2014: 14).

1.6 DİĞER YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında kapasite açısından diğerlerine göre daha az gelişmiş olan kaynak türleri yer almaktadır. Gelişme potansiyeli olan ancak

günümüzde teknolojik açıdan yüksek maliyetli olan bu kaynaklar arasında deniz/okyanus enerjisi ve hidrojen enerjisi bulunmaktadır. Deniz veya okyanus enerjisi olarak adlandırılan yenilenebilir enerji türü dalgalar, gel-git aralığı, gel-git akımları, sıcaklık gradyanları aracılığıyla elde edilmektedir, ancak bunlar arasında gel-git gücü nispeten daha yüksek oranda değerlendirilmektedir. Potansiyeli büyük olarak kabul edilmekte olan bu kaynaklar yüksek teknolojik maliyetlerden dolayı olgunlaşma gösterememiştir. Günümüzde kullanımda olan enerji üretim kapasitesi 0.5 GW'tır ve bu alanda yeni projeler geliştirilmektedir, ancak maliyetlerin ileriki zamanlarda da düşme eğiliminin olmadığı ve bundan dolayı projelerden bazılarının geri çekildiği gözlemlenmiştir. Bu alanda mevcut beklentiler 2050 yılına kadar kapasitenin 748 GW'a ulaşacağı yönündedir ve gerekli Ar-Ge çalışmalarının yapılması ile sağlanacak bu artış meydana gelirse 2030 yılına kadar bu alanda 160 bin doğrudan iş imkanının doğması beklenmektedir. Bu bağlamda inovasyonun tek başına yetersiz olduğu ve altyapı yatırımları, tedarik zincirinin büyümesi ve sualtı gürültüsü ve suyun doğal hareketinin bozulması gibi çevresel etkiler ile ilgili adımların atılmasının gerektiği savunulmaktadır (REN21, 2016: 57; WEC, 2016: 3-5).



Şekil 22: Dünya Toplam Deniz Enerjisi Kapasitesi (MW), 2007-2016

Kaynak: IRENA, 2017a: 15

Toplam kapasite olarak 2016 yılında 536 MW olan deniz enerjisi yıllar içerisinde ılımlı bir seyir izlemekte ve genellikle kamu finansmanının ötesinde sınırlı bir finansal yatırım ile gerçekleştirilen projeler aracılığı ile ilerlemektedir (REN21, 2016: 22).

Bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı da hidrojen dir. Bir element olarak dünya çapında en yaygın olarak dağılım gösteren hidrojen farklı elementlerle birleşmiş halde bulunmaktadır ve en yaygın birleşim formu sudur. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer aldığı kabul edilen hidrojen birincil enerji kaynakları arasında değildir ve su veya biyokütle gibi farklı yakıtlardan elde edilmektedir. Kullanımı sırasında zararlı emisyonlar yaymadığından dolayı iklim değişikliği ve çevre kirliliğinin önüne geçilmesi bakımından önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedir (Önal ve Yarbay, 2010: 91-92).

2. YENİLENEBİLİR ENERJİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMADAKİ YERİ VE ÖNEMİ

İnsanlık tarihi boyunca enerji önemini korumuştur ve çoğu zaman ülkelerin gerekli görmeleri durumunda kullanmaktan kaçınmadıkları bir siyasi güç niteliği taşımıştır. Enerjinin önemini tüketilen enerji miktarlarının ülkelerin gelişmişlik düzeyini göstermesi ile açıklamak mümkündür. Yenilenme imkânı olmayan kaynakların miktarlarının azalması gelişme aşamasında daha fazla enerjiye ihtiyaç duyan ekonomileri zora sokmaktadır ve bu şekilde ülkeleri enerji politikalarında değişikliğe gitme durumunda bırakmaktadır (Bekmez ve Manga, 2013: 43-44).

Değişen politikalara sebep olarak gösterilebilecek durum yaşam standartlarının yükselmesi ve şehirleşme ile birlikte enerji tüketiminin artmasının kaçınılmaz bir durum olması ve geçmişten bugüne dek ağırlıklı olarak kullanılmakta olan fosil yakıtların çevresel ve ekonomik dezavantajlarının göz ardı edilemeyecek boyutlara ulaşmasıdır. Bu duruma bir çözüm getirme çabası neticesinde doğadan gelen ve sürekli yenilenmekte olan kaynaklara yönelmenin kalkınmayı sürdürülebilir kılmaya yardımcı olacak bir faktör olduğu kabul edilmiştir ve birçok kurum ve kuruluş

tarafından bu alanda politikalar uygulanmaya ve stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır.

Fosil yakıt kullanımının neden olduğu karbon emisyonları ve buna bağlı olarak meydana gelen iklim değişikliğinin 20 farklı ülkenin katılımı ile uluslararası bir sivil toplum kuruluşu olan DARA tarafından hazırlanmış olan raporda günümüzde dünya ekonomisine 1.2 trilyon dolar zarar verdiği saptanmıştır. Bu kaynakların kullanımının günümüz seviyelerinde devam etmesi, her geçen yıl iklim değişikliği kaynaklı gerçekleşen ölümlerin bir milyon artması anlamına gelmektedir (Saraçoğlu, 2013: 55).

Gelecek nesillerin kaçınılmaz olarak içinde bulunacağı ve hayatını sürdüreceği koşulların korunmasına ve iklim değişikliği nedeni ölümlerin ve ekonomik zararın önüne geçilmesine yönelik kabul edilmiş olan kalkınmanın sürdürülebilir olması gerekliliği fosil yakıt kullanımının meydana getirdiği olumsuz etkiler ile çelişmekte ve yenilenebilir kaynak kullanımını destekler nitelikte bir anlayış ortaya koymaktadır. Kalkınmanın sürdürülebilir kılınması için enerji verimliliğinin artırılmasının yanı sıra yenilenebilir kaynaklara yönelimin gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

Bu durumun daha iyi değerlendirilebilmesi için öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının kalkınma ve çevre ile olan ilişkisi ve yenilenebilir enerjiye geçiş aşamasında yaşanan sorunlar incelenecektir.

2.1 YENİLENEBİLİR ENERJİ, KALKINMA VE ÇEVRE İLİŞKİSİ

Geçtiğimiz yüzyılda ekonomilerin küreselleşmesi ile birlikte meydana gelen en önemli sorun çevre ile ilgili sorunların artması olarak görülmektedir. Ekonomik kalkınma elde etme amacı güden ülkeler kaynakların tükenebileceği gerçeğini gözardı etmiş ve çevreyi dejenerasyona uğratmıştır. Bunun sonucunda kaynakların tükenebileceğinin farkına varan insanoğlu kalkınmanın yanında kaynakları koruması gerektiğini ve ancak çevre ile dost olarak gelişimin sağlanabileceğini görmüştür. Bu

yönde stratejilerin belirlenmesi ve uygulanması ise geçtiğimiz yüzyıldan içinde bulunduğumuz yüzyıla bırakılmış kötü bir miras niteliğindedir (Kuşat, 2013: 4898).

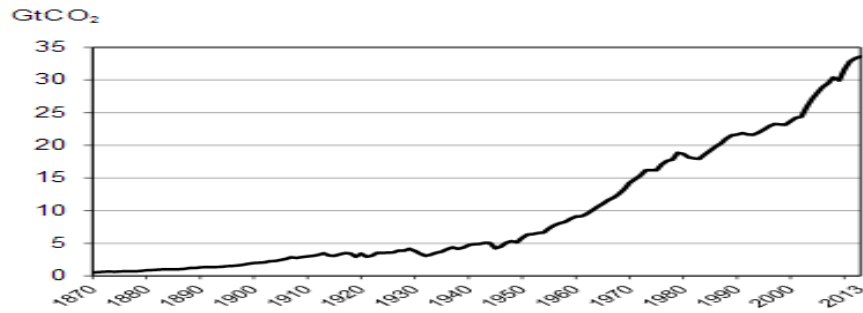
Korunması ve dikkatli kullanılması gereken kaynaklar arasında kalkınma için gerekli olan temel faktör olarak kabul edilen enerji ön plana çıkmıştır. Bunun sebebi enerjiye duyulan ihtiyacın ekonomik kalkınma, nüfus ve hayat şartlarının yükselmesi ile doğru orantılı olmasıdır. Her geçen gün daha fazla enerjiye ihtiyaç duyan ülkeler azalan kaynakların etkin kullanılması gerektiğini farketmiş ve bu alanda uyguladıkları politikalarda değişikliğe gitme kararı almıştır (Seydioğulları, 2013: 20-24).

Ülkelerin politikaları bahsi geçen sorunlar dikkate alınarak değiştirilmiş ve kalkınmanın sürdürülebilir kılınması için çevre ve doğal kaynaklar ile ilgili uygulamalar yürürlüğe girmiştir. Bu çerçevede artan ihtiyacı karşılamak için düşük maliyetli ve güvenli olacak şekilde temin edilmesi gereken enerji önemli bir rol üstlenmektedir (Koçaslan, 2010: 56-59).

Enerji konusunun bu denli önem teşkil etmesinin sebebi küreselleşmenin de etkisiyle meydana gelmiş olan kalkınmanın sürdürülebilir kılınması ve küresel ısınma sorunlarıdır. Bunların çözülmesi için gelişmiş ülkeler ekonomik yapılarında değişikliklere gitmişler ve bu sorunlara uluslararası platformlarda çözüm arayacak teşkilatlar kurmuşlardır. Düzenlenen uluslararası zirvelerde bu sorunlar gündeme gelmiş ve aralarında Johannesburg Zirvesi de bulunan platformlarda detaylı eylem planları oluşturulmuş ve enerji imkanlarının erişimi olmayan insanlara da sağlanması konusunda taahhütlerde bulunmuşlardır. Johannesburg Zirvesi'nde verilen taahhütlerin bir diğeri de sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmayı engelleyen enerji kaynaklarının kullanımının sınırlandırılması olmuştur (Seydioğulları, 2013: 20-24).

Sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmayı engelleyen kaynaklar kullandıkça tükenen ve elde edilmesi, taşınması ve kullanımı sırasında doğaya zarar verecek atıklar meydana getiren kaynaklardır. Fosil yakıtlar olarak adlandırılan bu kaynaklar

doğaya CO₂ gibi zararlı gazlar bırakarak iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya sebep olmaktadır.



Şekil 23: Fosil Yakıt Kaynaklı CO₂ Emisyonu (GtCO₂), 1870-2013

Kaynak: International Energy Agency, 2016: 5

Dünya çapında enerji talebinin artması sonucunda CO₂ emisyonlarında ciddi bir artış eğilimi yaşanmıştır. Sanayi Devrimi sonrasında bugüne dek, fosil yakıt kullanımına bağlı yıllık CO₂ emisyonları, 1870'lerde varolan bir sorun değil iken 2014 yılında neredeyse sıfırdan 30 GtCO₂'nin üzerine çıktığı Şekil 23'te görülmektedir. Dünyanın varoluşundan itibaren geçen süre içerisinde değerlendirildiğinde çok kısa olduğu görülen bu sürede dünya üzerindeki yaşama zarar verecek oranda bir artışın meydana gelmesi insanlığın kalkınma uğrunda feda ettiklerini gözler önüne sermektedir.

Enerji, sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutunun her biri ile bağlantılıdır ve bu boyutlar çerçevesinde konulmuş olan hedeflere ulaşmak için önemli bir faktördür. Fosil enerji kaynaklarının ulaşım, üretim ve ısınma ihtiyaçları gibi hayatın her alanında doğan ihtiyaçları karşılamak için gerçekleştirilen kullanımının neden olduğu çevresel problemler ekonomi ve sosyal boyutta birçok sorunun temelinde yer almaktadır. Bunlar arasında çevre ve iklim sorunları, küresel ısınma, üretim sonucu doğaya bırakılan atıklar, enerji talebinin karşılanmasındaki zorluklar ve bunun getirdiği dış ülkelere bağımlılık, istihdam konusunda sorunlar, elektrik ve yakıt fiyatlarında meydana gelen artışlar ve bunlara benzer daha birçok sorun yer

almaktadır. Çevreye zarar vermeden ihtiyaçları karşılayabilecek olan ve alternatif bir çözüm niteliğinde olan yenilenebilir enerji dünya çapında ve özellikle Avrupa ülkelerinde bu bağlamda ön plana çıkmıştır ve bu kaynaklardan elde edilen enerji oranının artırılması için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. (Oskay, 2014: 77-90).

2.2 YENİLENEBİLİR ENERJİYE GEÇİŞ VE YAŞANILAN SORUNLAR

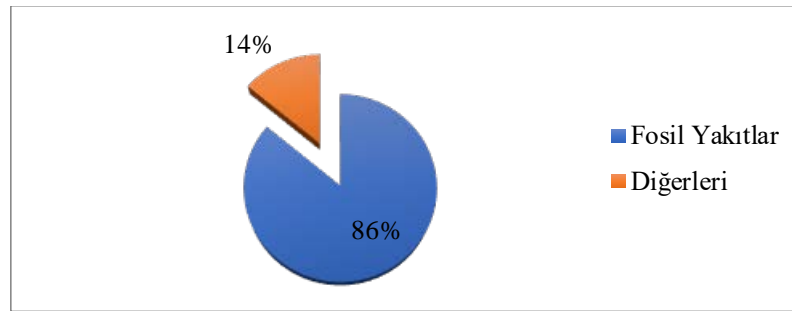
Yenilenebilir kaynak kullanımının sürdürülebilir kalkınma için teşkil ettiği önemin idrak edilmesi ile birlikte bu kaynaklara geçiş konusunda çalışmalar başlamıştır ve gelişmiş ülkeler başta olmak üzere birçok ülke bu yolda ilerlemek için çeşitli adımlar atmıştır. Bu adımlar sonucunda yenilenebilir enerjiye geçişin kendi içinde hızlı ancak genel tabloya bakıldığında ve fosil yakıt tüketimi ile karşılaştırıldığında halen yavaş ilerlediği kanısına varmak mümkündür. Bu durum farklı yazarlar tarafından değerlendirilmiş ve geçiş aşamasında yaşanan sorunlar ve sebepleri ortaya konulmuştur.

Son dönemde enerji politikalarında meydana gelen değişiklikler sonucunda çevre dostu teknolojilerin kullanımı artmıştır ve çevrenin merkezde yer aldığı ve enerji kaynağı olarak yenilenebilir kaynakların öncelikli olarak kullanıldığı bir gelişim yolu seçilmiştir. Yeşil ekonomi olarak adlandırılan bu anlayış iklim değişikliği ve dünya çapında yaşanan krizlere karşı savaşmak için önemli bir silah olarak görülmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için öncelikle çevrenin sürdürülebilir kılınmasının gerektiği ve bu bağlamda ekonomi ile çevre arasında bağ kuran ve istihdam sağlayan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının gerekli olduğu ve bunun tüm ülkelerin yerine getirmesi gereken bir sorumluluk olduğu kabul edilmiştir (Kaypak, 2011: 31).

Gezegenin kendi etrafında ve güneşin etrafında dönmesi sonucu ve yerçekiminin de etkisi ile meydana gelmekte olan yenilenebilir kaynaklara doğru yönelen ülkeler enerji arzını güvenli kılmayı ve fosil yakıtlar olarak adlandırılan klasik

enerji kaynaklarının meydana getirdiği çevresel sorunları aşmayı hedeflemektedirler (Seydioğulları, 2013: 20-24).

Küresel bir köye dönüşmüş olan dünyada ülkeler arasındaki bağlar kısalmış ve bölgesel sorunlar dünya çapında tehditler yaratmaya başlamıştır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler küresel ısınma, nüfus artışı nedeni ile artan gıda ihtiyacı karşısında yetersiz kalan üretim ve buna bağlı olarak yükselen fiyatlar, meydana gelmesi beklenen temiz su krizi gibi sorunlar karşısında tedbir almak yerine üretimi ve ekonomik kalkınmayı yavaşlatacak uygulamaları hayata geçirmeyi erteleyerek karar amacı gütmüşler ve günümüzde var olan çevre sorunlarının derinleşmesine sebep olmuşlardır. Yenilenebilir enerji kullanımının önemine dikkat çekilmesine rağmen bu durum teoride kalmış ve fosil yakıtların kısıtlanması konusunda fazla bir yol kat edilememiştir (Kaypak, 2011: 20). Kendi içinde hızlı gelişen ve artan yenilenebilir enerjinin fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında halen düşük bir orana (Şekil 24) sahip olduğu açıkça görülmektedir.

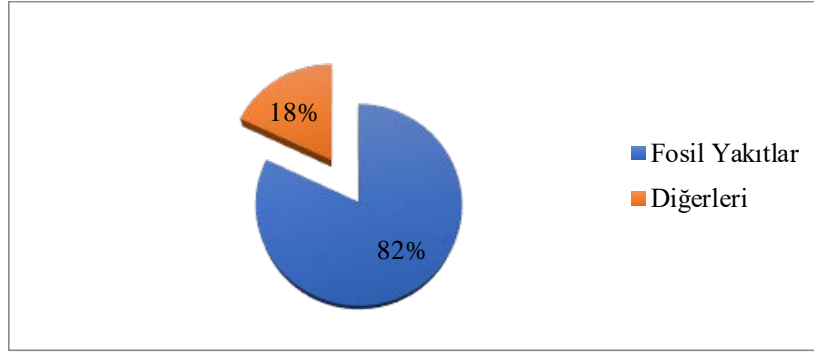


Şekil 24: Dünya Birincil Enerji Arzında Fosil Yakıtların ve Diğer Kaynakların Payı (%), 1971

Kaynak: International Energy Agency, 2016: 5

Uluslararası Enerji Ajansı'ndan (UEA) elde edilen bilgilere göre oluşturulan şekillerde fosil yakıt kaynaklı olmayan enerjinin 1970'li yıllardan bugüne dek payının artmasına rağmen, bu artışın beklentilerin aksine düşük oranda olduğu ve fosil yakıtların dünya enerji arzındaki payının son yıllarda nispeten değişmediği görülmektedir. 1971 yılında fosil yakıtlar toplam enerji arzında %86'lık bir orana sahip

iken 2014 yılında %4 oranda bir düşüş göstererek küresel toplam birincil enerji arzının % 82'sini oluşturmaktadır.



Şekil 25: Dünya Birincil Enerji Arzında Fosil Yakıtların ve Diğer Kaynakların Payı (%), 2014

Kaynak: International Energy Agency, 2016: 5

Enerji ihtiyacının gün geçtikçe artması, günümüzde halen daha ağırlıklı olarak fosil yakıtların bu ihtiyacı karşılamada kullanılması ve bunların çevreye verdiği zarar dolayısı ile sürdürülebilirliğin önünde bir engel niteliğinde olması insanları artık yeni bir yaşam şekline doğru itmektedir. Geleceğe dair oluşturulan stratejilerin temelinde fosil yakıtların kullanımının sınırlandırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin önemi bulunmaktadır. Dünyanın geldiği duruma bakıldığında yenilenebilir kaynak kullanımına geçiş için insanlığın çok az zamanının kaldığı görülmektedir. Günümüze kadar hükmeden doğal kaynakların geleceği gözetmeksizin tüketilmesi anlayışının değişmesi bozulan dengeleri sağlamanın tek ve kaçınılmaz yoludur, ancak sürdürülebilir bir kalkınma yaklaşımı mevcut şartlarda uygulanması zor bir yaklaşımdır (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 273-275).

2.3 YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE ÇÖZÜM OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Yenilenebilir enerjinin kalkınma ve çevre ile olan ilişkisi ve yenilenebilir kaynaklara geçiş aşamasında yaşanmış ve yaşanmakta olan sorunlar ile ilgili yapılan

değerlendirme ışığında bu kaynakların sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisini incelemek ve son yıllarda hızlı biçimde uluslararası ve ulusal düzeyde yer edinen bu iki kavramın ilişkisini daha iyi kavramak mümkündür.

Öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut sorunlar için ne gibi bir çözüm yolu olduğunun incelenmesi ve bu kaynakların tüm dünyada kabul görmüş olan ve 2030 yılına kadar ulaşılması hedeflenen sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile ilişkisinin değerlendirilmesi yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisinin açıklanmasını mümkün kılacaktır.

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kapasitelerinde yaşanan artış dünya genelinde birçok ülkenin çevre bilinci ile hareket etme yolunda olduğunu ve bu bağlamda adımlar attığını göstermektedir. Gelecek nesillerin yaşam şartlarının en azından bugün var olan şartlara eşit şekilde korunabilmesi için yenilenebilir kaynak kullanımı bir zorunluluk olarak birçok uluslararası kuruluş tarafından kabul edilmiştir.

İnsan faktörünü merkezde gören anlayış 1980'li yıllardan itibaren kalkınma ve çevre bilincinin yeni bir anlam kazanması ile birlikte yerini doğa merkezli bir anlayışa bırakma yoluna girmiştir. Refahı artırmak ve gelişmek için kaynakların dikkatsiz ve aşırı tüketimi yerine kalkınmanın sadece ekonomik değil, aynı zamanda çevresel de olması gerektiği konusunda bir sonuca varılarak sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya çıkmıştır (Tıraş, 2012: 65-66).

Küresel ısınmanın ve çevre sorunlarının ulaştığı boyutlar sürdürülebilir kalkınmanın mümkün kılınması için temiz, sürekli ve yerli enerji kaynaklarına yönelimin önemini göstermiş ve yenilenebilir enerji ön plana çıkmıştır. Bu kaynakların yardımı ile enerji ithalatının ülkeler üzerinde meydana getirdiği olumsuz sonuçların önüne geçerek daha güvenli bir kalkınma modeli oluşturulabilecektir (Oskay, 2014: 77).

Sonsuz kaynaklar olan yenilenebilir enerji kaynakları uygun bir biçimde kullanılarak enerji üretimi sağlandığında klasik kaynakların yerini alacak olan en güçlü alternatiftir. Fosil yakıtların sınırlı miktarda bulunması ve enerjiye dönüşüm aşamasında yaydıkları emisyonlar ve yarattıkları kirlilik nedeni ile sürdürülebilirliğin önünde en büyük engeldir. Fosil yakıtların üretimi ve tüketimi aşamasında meydana getirdikleri sera gazı emisyonları toplam emisyonların %80'lik bir oranını oluşturmaktadır. Bu durum değerlendirildiğinde sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanmasının ve yenilenebilir kaynakların kullanımının arasındaki ilişkinin boyutu ve yenilenebilir kaynakların var olan sorunların çözümünü sağlayarak sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmak için atılması zorunlu olan bir adım olduğu ortaya çıkmaktadır (Seydioğulları, 2013: 25).

Yenilenebilir enerji istihdam yaratarak yoksulluğun ortadan kaldırılması, açlık, sağlık, eğitim ve eşitlik gibi önemli konular da dahil olmak üzere sürdürülebilir kalkınma yolunda belirlenmiş olan hedeflere ulaşmak için en önemli rolü üstlenmektedir. Dünya çapında halen insanların büyük bir bölümünün elektrik ve modern enerji erişimi bulunmadığı dikkate alınırsa yerli, ekonomik ve sürekli bir enerji sağlayıcısı olarak yenilenebilir kaynaklar bu kesimlerin kalkınması için önem arz etmektedir (IRENA, 2017b: 83-84).

2.4 YENİLENEBİLİR ENERJİ VE “2030 SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ”

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından 2015 yılında, 2030 yılına kadar ulaşılması gereken Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kabul edilmiş ve bu hedefler 2016 yılının başında yürürlüğe giren Gündem 2030'un temelini oluşturmuştur. Bu hedefler sürdürülebilir kalkınma bağlamında yoksulluğun sona erdirilmesi, refahın sağlanması ve insanlığın ve dünyanın korunması için bir yol haritası niteliindedirler. Bu hedefler arasında 7'inci hedef olarak belirlenen “Herkes için erişilebilir, güvenli, sürdürülebilir ve modern enerjinin sağlanması” hedefinin temel unsuru olan

yenilenebilir enerji, enerji tüketiminden kaynaklanan etkileri azaltarak, temel hizmetlere erişimi kolaylaştırarak ve yeni sanayiler ve istihdam olanakları sağlayarak diğer tüm hedeflere ulaşılması yolunda önemli rol üstlenmektedir. Bununla ilgili IRENA tarafından yenilenebilir enerji hedefinin diğer sürdürülebilir kalkınma hedefleri üzerindeki etkisini gösteren bir tablo oluşturulmuş ve her bir hedef ile yenilenebilir enerji arasındaki bağ incelenmiştir (IRENA, 2017b: 95-96):

SONUÇ

İnsanlık tarihinin başından itibaren elindeki imkanlar doğrultusunda ortam ve koşulları iyileştirmek için çaba sarf etmiştir. Günümüzde içinde bulunduğumuz bu dünya düzeni ve yaşam şartları bu çabaların eseri olarak meydana gelmiştir. İnsan gücü ile başlayan üretim ve gelişim yıllar içerisinde farklı enerji kaynaklarının kullanımı ile sürmüştür. Nüfusun artması ve insanlık tarihinin yakın geçmişinde yaşanmış olan dünya savaşları sonrası meydana gelen yıkımlar sonucunda gelişim ve kalkınma çabaları artmış ve gün geçtikçe artan enerji ihtiyacı bu yıllarda daha öncesinde görülmemiş olan seviyelere ulaşmıştır. İhtiyacı karşılamakta kullanılan fosil yakıtların sınırlı miktarda bulunması ve belli bir süre sonra tükenecek olması, aynı zamanda bu kaynakların kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkileri uzun bir süre boyunca kalkınmaya odaklanmış olan ülkeler tarafından gözardı edilmiştir ve sonuç olarak insanlığın yaşam ortamı olan çevrenin gördüğü zarar ciddi boyutlara ulaşmıştır.

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında ön plana çıkan en önemli unsur enerji kullanımında gidilmesi gereken değişimdir. Klasik enerji kaynakları rezervlerinin dünya genelinde hızlı bir artış sonrası karşı karşıya olduğu tükenme tehlikesi ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri alternatif olarak kullanılacak kaynak arayışını artırmıştır. Bu arayış sonucunda güneşten doğrudan veya dolaylı yollardan elde edilen ve pratikte sonsuz olan yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmıştır.

Çevre ile uyumlu, sera gazı emisyonlarının, hava, su ve toprak kirliliğinin azaltılması ve iklim değişikliğinin önüne geçilmesi yolunda klasik enerji kaynaklarına göre birçok olumlu etkisi bulunan bu kaynaklar son yıllarda gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm dünya genelinde gündemde yer almaktadır. Yerel olan yenilenebilir enerji kaynakları klasik kaynaklar açısından zengin olmayan ülkelerin coğrafi dezavantajını ortadan kaldırarak ve enerji ithalat oranlarını düşürerek bu ülkelerin dışa bağımlılığının azalmasına katkı sağlamaktadırlar.

KAYNAKÇA

1. Bekmez, S. ve Manga, M. (2013). "Türkiye'de Enerji Sektörünün Geçmişi ve Geleceği". İktisat ve Toplum Dergisi, 3(27): 43-51.
2. British Petroleum. (2016). "Statistical Review of World Energy". BP.
3. Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. (2008). "Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları". Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (20): 257-278.
4. Çolak, İ. ve Demirtaş, M. (2008). "Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Üretiminin Türkiye'deki Gelişimi". TÜBAV Bilim Dergisi, 1(2): 55-62.
5. Davis, S.C., Hay, W. ve Pierce, J. (2014). "Biomass In the Energy Industry: an Introduction". British Petroleum.
6. Demirel, Y. (2012). "Energy and Energy Types". Springer London, 27-70.
7. Energy Information Administration. (2016). "International Energy Outlook 2016". Washington.
8. Ertuğrul, Ö. F. ve Kurt, M. B. (2009). "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir YEK Uygulamaları". V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Haziran, 2009, Diyarbakır, s.37-42.
9. IRENA. (2017a). "Renewable Capacity Statistics 2017". International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

10. IRENA. (2017b). "Rethinking Energy 2017: Accelerating the Global Energy Transformation". International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
11. IRENA. (2016). "Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2016". International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
12. International Energy Agency (IEA). (2016). "Key CO₂ Emissions Trends". IEA.
13. Kaypak, Ş. (2011). "Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Bir Kalkınma İçin Sürdürülebilir Bir Çevre". KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 13(20): 19-33.
14. Kuşat, N. (2013). "Yeşil Sürdürülebilirlik İçin Yeşil Ekonomi: Avantaj ve Dezavantajları-Türkiye İncelemesi". Journal of Yaşar University, 8(29): 4896-4916.
15. Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme". Mühendis ve Makina, 54 (639): 32-44.
16. Koçaslan G. (2010), "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi Çerçevesinde Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Yeri ve Önemi", Sosyal Bilimler Dergisi, (4): 53-61.
17. Natural Resources Canada (NRCAN). (2015). "Energy Fact Book". Canada.
18. Oskay C. (2014). "Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler", Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, 7(1): 76-94.
19. OECD/IEA. (2014). "World Energy Outlook 2014", France.
20. Önal, E. ve Yarbay, R. Z. (2010). "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Geleceği". İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(18): 77-96.
21. REN21. (2016). "Renewables 2016 Global Status Report". REN21 Secretariat, Paris, France.

22. Saraçoğlu, N. (2013). "Küresel İklim Değişiminin Azaltılmasında Karbon Ayak İzinin Rolü". İktisat ve Toplum Dergisi, 3(27): 53-64.
23. Satman, A. (2013). "Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal Enerji". 11.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı. 17-20 Nisan 2013, İzmir, s. 3-27.
24. Seydioğulları, H. S. (2013). "Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji". Planning, 23(1): 19-25.
25. Tıraş, H. (2012). "Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre: Teorik bir İnceleme". Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2 (2): 57-73.
26. World Energy Council (WEC). (2013). "World Energy Resources - 2013 Survey", WEC, London.
27. World Energy Council (WEC). (2016). "World Energy Resources - 2016 Survey", WEC, London.