

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI HİDROKARBON KAYNAKLARA ALTERNATİF OLABİLİR Mİ?

Kübra Muriç



INSAMER
İHH İNSANİ VE SOSYAL ARAŞTIRMALAR MERKEZİ
IHH HUMANITARIAN AND SOCIAL RESEARCH CENTER
مركز البحوث الإنسانية و الاجتماعية

Referans için: Muriç, Kübra. “Yenilenebilir enerji kaynakları hidrokarbon kaynaklara alternatif olabilir mi?”.
INSAMER Rapor 139. Mart 2021.

Dünya nüfusunun her geçen gün artması ve sanayinin gelişmesiyle birlikte enerjiye olan ihtiyaç da artmaktadır. Hızla sanayileşen toplumlarda gelirlerde yaşanan artışa bağlı olarak kentsel yaşam alanları da genişlemektedir. Bu bağlamda 2040 yılında kentleşmiş 1,7 milyarlık ek nüfusla birlikte küresel enerji talebinin de en az %25 oranında artacağı tahmin edilmektedir. 2019 yılı verilerine göre 13,8 milyar ton petrol eş değerine ulaşan enerji tüketimi, oluşan bu enerji ihtiyacını gözler önüne sermektedir. Tüketilen enerjinin büyük bölümü de kömür, petrol ve doğal gaz gibi dünyada belirli bir rezerve sahip olan, yenilenebilirliği ve sürekliliği olmayan hidrokarbonlardan, bir diğer ismiyle fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Hidrokarbonların yakılması sonucu ortaya çıkan karbon salımının yüksek seviyelere ulaşması, dünyayı küresel ısınma ve iklim değişikliği tehlikesiyle karşı karşıya bırakırken, bu yakıtların bir gün

tükeneceği gerçeği de ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yöneltmektedir.

İkinci Dünya Savaşı sonrasında kullanılmaya başlanan nükleer enerji, hidrokarbonlara önemli bir alternatif olarak ortaya çıksa da “Çernobil Nükleer Kazası” sonucu yaşanan olumsuzluklardan dolayı nükleer enerjiye olan güven giderek azalmıştır. Bugün dünyadaki elektrik enerjisinin %17’sini sağlayan nükleer tesislere yenilerinin eklenmesi, kamuoyunda yoğun tartışmalara sebep olmaktadır; öyle ki gelişmiş ülkelerin birçoğu, nükleer enerjiden gittikçe uzaklaşmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılamak ve çevreye verilen zararı en aza indirebilmek için hidrokarbonlara en çevreci alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmiştir. Bu bağlamda 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra birçok ülke, enerji politikalarını bu kaynakların daha aktif



INSAMER
İHH İNSANİ VE SOSYAL ARAŞTIRMALAR MERKEZİ
IHH HUMANITARIAN AND SOCIAL RESEARCH CENTER
مركز البحوث الإنسانية و الاجتماعية

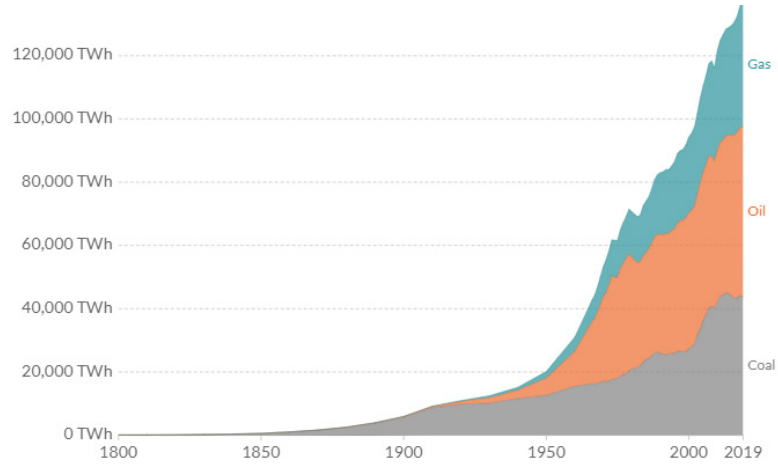
kullanılması üzerine inşa etmeye başlamıştır. “Doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak tanımlanan bu enerji kaynakları; sürekliliğe sahip olmaları, karbondioksit emisyonunu azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmaları dolayısıyla kamuoyundan da yaygın ve güçlü bir destek bulmaktadır. Sayılan bu faydaları sebebiyle birçok ülke bu alana büyük yatırımlar yapmaya başlamıştır. Rüzgâr, güneş, hidrolik, jeotermal, biyokütle, gelgit, dalga ve hidrojen enerjisinden oluşan yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzını karşılamadaki payı giderek artsa da dünyada enerji ihtiyacının büyük kısmı hâlâ hidrokarbonlar tarafından karşılanmaktadır. Peki, hidrokarbonların bir gün tükeneceği gerçeği ve iklim değişikliğinin dünya için yol açabileceği felaketin etkisi dikkate alındığında, önümüzdeki 50 yıllık süreçte yenilenebilir enerji kaynaklarının hidrokarbonlara gerçek bir alternatif olabilme ihtimali var mıdır?

Dünya Enerji Üretimi ve Tüketiminde Hidrokarbonların Rolü

Milyonlarca yıl boyunca bitkilerin ve hayvanların çürümesiyle yer altında oluşan ve sondaj yöntemiyle yeryüzüne çıkarılan hidrokarbonlar, dünyanın enerji ihtiyacını büyük oranda karşılayan başlıca kaynaklardır. Endüstri Devrimi ile yoğun olarak kullanılmaya başlanan kömür ve sonrasında keşfedilen petrol ve doğal gazdan oluşan hidrokarbonlar, günümüz itibarıyla dünya enerji arzının yaklaşık %84'ünü karşılamaktadır. Hidrokarbonlardan sağlanan enerji; dünyadaki teknolojik, sosyal ve ekonomik kalkınmanın temel itici gücü olmuştur.

Küresel Fosil Yakıt Tüketiminin 1800-2019 Yılları Arasındaki Değişimi

Küresel birincil enerji tüketimi TWh (terawatt saat) cinsinden ölçülmektedir.



Kaynak: Vaclav Smil (2017). Energy Transitions: Global and National Perspectives & BP Statistical Review of World Energy (akt: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels#citation>).

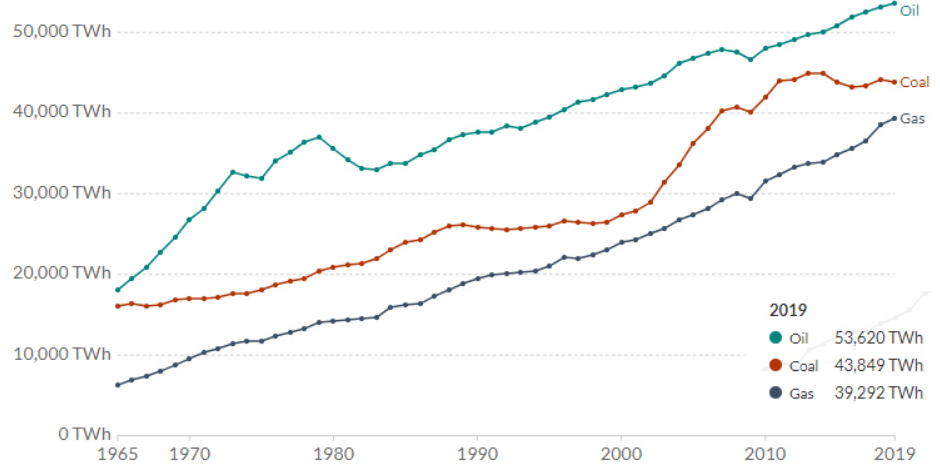
Endüstri Devrimi'nin başladığı 1800'lü yıllardan günümüze küresel hidrokarbon tüketimi kıyaslandığında, son yarım yüzyılda tüketimin önemli ölçüde arttığı görülmektedir. 1950'den bu yana yaklaşık sekiz kat artan hidrokarbon tüketimi, 1980'den itibaren kabaca iki katına çıkmıştır. 1950'li yıllara kadar dünya enerji üretiminde hâkim hidrokarbon kömür iken, bu tarihten sonra petrol ve doğal gaz kullanımında büyük bir artış yaşanmıştır (Ritchie, 2020). 1973 petrol krizi ve 1980-1988 yılları arasında yaşanan İran-Irak Savaşı, petrol ve doğal gaz tüketimindeki artışı bir miktar azaltmış ve 2008 küresel ekonomik krizine kadar tüketimde istikrarlı bir artış sağlanamamış, hatta kriz sürecinde de bir miktar azalma yaşanmıştır, ancak son 10 yılda her iki hidrokarbon tüketiminde de önemli bir artış gözlenmektedir. 2000'li yıllarla birlikte kömür tüketiminde görülen artışın temel sebebi, Çin ekonomisinde kaydedilen büyük ilerlemedir. Dünyanın en büyük kömür rezervlerine sahip ülkelerinden biri olan Çin, enerji üretiminde kömür kullanımını arttırarak ekonomisini büyütme hedeflemiştir.

2019 yılı itibarıyla küresel petrol, kömür ve doğal gazdan oluşan toplam hidrokarbon üretimi 138,512 TWh (terawatt saat) olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla 1999 yılında 89,551 TWh civarında olan hidrokarbon üretiminin son 20 yıllık süreçte 48,961 TWh daha arttığı anlaşılmaktadır. Enerji üretimindeki artışın en önemli sebeplerinden biri de artan nüfustür. 1999 yılında 6,06 milyar olan dünya nüfusu, 2019 yılı itibarıyla 7,71 milyara ulaşmıştır. Nüfusun artışına paralel olarak hidrokarbon üretiminde de artış olmuştur. Hidrokarbon türlerine göre yapılan üretim miktarlarına bakıldığında, 2019

yılında petrolün 52,070 TWh ile en çok üretilen hidrokarbon olduğu görülmektedir. 8,670 TWh ile ABD en çok petrol üreten ülke olurken onu 6,596 TWh ile Rusya ve 6,462 TWh ile Suudi Arabistan takip etmiştir. Dünyada en çok petrol üretilen bölge Ortadoğu'dur. Aynı yıldaki verilere göre 46,549 TWh ile kömür, dünyada en çok üretilen ikinci hidrokarbon olmuştur. Dünyanın en büyük kömür rezervlerine sahip olan Çin 22,171 TWh kömür üretimiyle ilk sırada yer almıştır. Çin'i 3,972 TWh üretimle ABD ve 3,536 TWh ile Hindistan takip etmiştir. Küresel doğal gaz üretimi ise toplam 39,893 TWh'ye ulaşmıştır. En çok doğal gaz üreten ülke 9,209 TWh ile ABD olmuştur. Dünyanın en büyük doğal gaz rezervlerine sahip ülkesi Rusya 6,790 TWh üretimle ikinci olurken, İran 2,442 TWh üretimle üçüncü sırada yer almıştır.

Türlerine Göre Küresel Hidrokarbon Tüketimi, 2019

Küresel birincil enerji tüketimi TWh (terawatt saat) cinsinden ölçülmektedir.

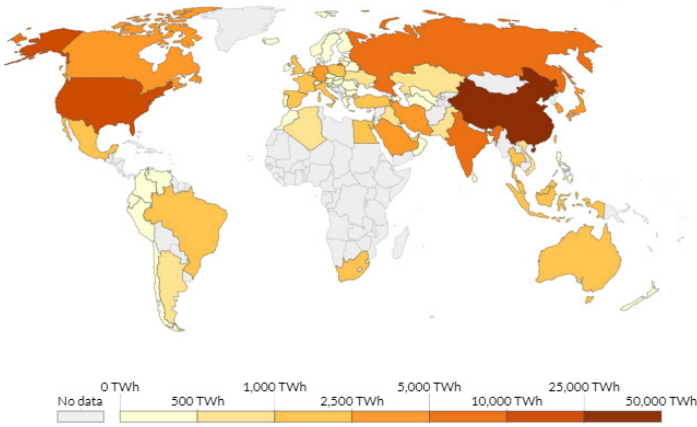


Kaynak: BP Statistical Review of World Energy (akt: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels#citation>).

2019 yılında dünyada toplam tüketilen hidrokarbon miktarı 136,761 TWh olarak belirlenmiştir. En çok tüketilen hidrokarbon 53,620 TWh ile petrol olurken, onu 43,849 TWh ile kömür ve 39,292 TWh ile doğal gaz takip etmiştir. Son 20 yıldaki hidrokarbon tüketiminin değişim miktarını öğrenmek adına 1999 yılındaki veriler incelendiğinde, küresel toplam tüketimin 91,969 TWh olduğu anlaşılmaktadır. 2019 yılında olduğu gibi 1999 yılında da en çok tüketilen hidrokarbon türleri sırasıyla petrol (42,371 TWh), kömür (26,522 TWh) ve doğal gaz (23,076 TWh) olmuştur. 1999 ve 2019 yıllarında petrol, kömür ve doğal gaz tüketim miktarları karşılaştırıldığında ise, petrolde 11,249 TWh, kömürde 17,327 TWh ve doğal gazda 16,216 TWh artış yaşandığı

görülmektedir. 2000’li yıllardan itibaren gelişen Çin ekonomisi ile birlikte kömür tüketimi 2013 yılına kadar artmış, ardından son altı yıllık süreçte azalma eğilimine girmiştir. Bugün dünyanın birçok yerinde kömür tüketimi düşse de petrol ve doğal gaz tüketimi hâlâ hızla artmakta ve dünya enerji ihtiyacının büyük bir kısmı bu iki hidrokarbondan karşılanmaktadır.

Ülkeler Bazında Hidrokarbon Tüketimi, 2019

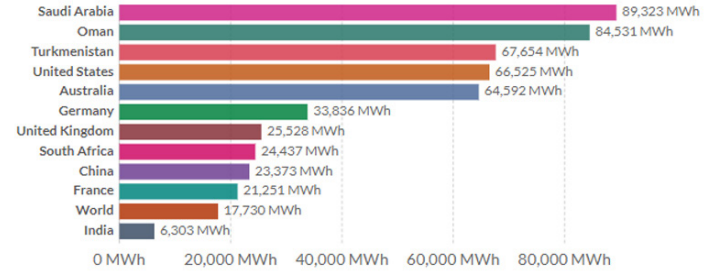


Kaynak: BP Statistical Review of World Energy (akt: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels#citation>).

Ülkeler bazındaki hidrokarbon tüketiminin ilk sırasında 33,502 TWh ile dünyanın en büyük ikinci ekonomisi ve en kalabalık ülkesi olan Çin yer almaktadır. Çin’i 21,891 TWh tüketimle ABD ve 8,613 TWh ile Hindistan takip etmektedir. Hidrokarbon tüketimi haritası bölgesel olarak incelendiğinde, tüketimin Asya ve Kuzey Amerika kıtasında yoğunlaştığı görülmektedir. Ortadoğu’da Suudi Arabistan ve İran, en çok hidrokarbon tüketen ülkeler olarak öne çıkarken, Avrupa’da ise Almanya en çok hidrokarbon tüketen ülkedir. En az hidrokarbon tüketenlere bakıldığında ise Güney Amerika kıtasındaki bazı ülkeler ve İskandinav ülkelerinin öne çıktığı görülmektedir. Verilerden elde edilebilecek en genel sonuç ise, dünyadaki en büyük hidrokarbon tüketicilerinin en küçük tüketicilerin bazılarında on kat daha fazla hidrokarbon kullandıklarıdır.

Kişi Başına Düşen Hidrokarbon Tüketimi, 2019

Kişi başına düşen hidrokarbon tüketimi, kişi başına kömür, petrol ve gazdan elde edilen ortalama enerji tüketimi olarak MWh (megawatt saat) cinsinden ölçülmektedir.



Not: Tabloda sadece seçilmiş bazı ülkeler gösterilmiştir. Genel dünya sıralamasını ifade etmemektedir.

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy (akt: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels#citation>).

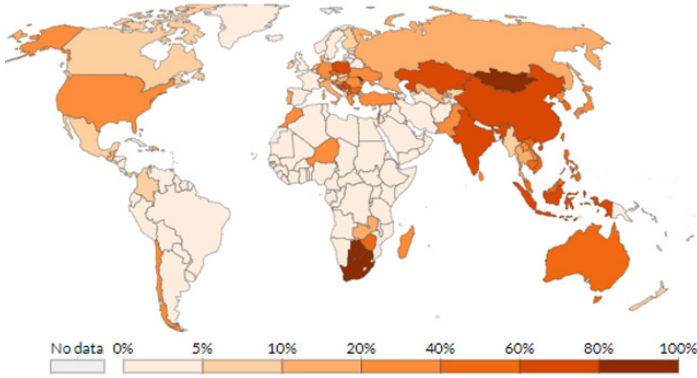
2019 yılında, dünyada kişi başına düşen toplam hidrokarbon tüketimi 17,730 MWh (megawatt saat) olmuştur. Dünyada kişi başına en çok hidrokarbon düşen ülke 89,323 MWh ile Suudi Arabistan’dır; onu 84,531 MWh ile Umman ve 67,654 MWh ile Türkmenistan takip etmektedir. Dünyanın en büyük hidrokarbon tüketicileri olan Çin ve ABD’deki kişi başına düşen tüketim oranları ise Çin’de 23,373 MWh, ABD’de 66,525 MWh olarak belirlenmiştir.

Bu noktada, ülke düzeyinde enerji tüketimine bakmanın, genellikle kişi başına gerçek hidrokarbon tüketiminden ziyade nüfus büyüklüğünün yansıması olduğunu da belirtmek gerekir; dolayısıyla dünyanın en kalabalık ülkeleri olan Çin ve Hindistan’daki yüksek enerji üretim ve tüketim oranlarına rağmen kişi başına tüketilen enerjinin diğer ülkelere göre az olması, bu ülkelerin nüfuslarının büyüklüğünden kaynaklanmaktadır.

Hidrokarbonların bir diğer özelliği, elektrik üretiminde çok yaygın kullanılmalarıdır. 2019 yılında elektrik üretiminin yaklaşık %64’ü, başta kömür (%36,38) ve doğal gaz (%23,32)

olmak üzere hidrokarbonlardan sağlanmıştır; petrol ise elektrik üretiminde çok küçük bir paya sahiptir. Hidrokarbonların en çok kullanıldığı diğer iki alan, ulaşım ve ısıtmadır. Petrolün en çok kullanıldığı kalem ise ulaşım.

Kömürün Elektrik Üretimindeki Payı, 2019

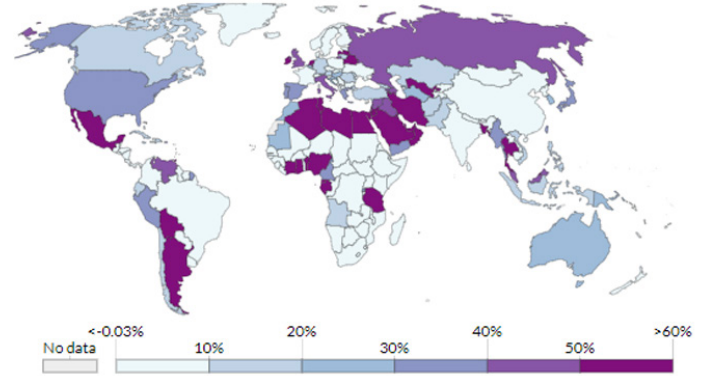


Kaynak: BP Statistical Review of World Energy (akt: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels#citation>).

Kömürün elektrik üretimindeki payına bölgesel olarak bakıldığında, Orta ve Doğu Asya'nın diğer bölgelere göre daha ön planda olduğu görülmektedir. Elektrik üretiminde kömürü en fazla kullanan ülkeler sırasıyla %99,93 ile Botswana, %92,24 ile Moğolistan ve %86,04 ile Güney Afrika'dır. Bu ülkeleri %72,97 ile Hindistan, %72,03 ile Kazakistan ve %64,69 ile Çin takip etmektedir. Elektrik üretiminin başlıca kaynağı olan kömür, aynı zamanda hem birim enerji başına ürettiği karbondioksit miktarı hem de yol açtığı yerel hava kirliliği miktarı açısından en kirletici enerji kaynağıdır. Kömür enerjisinden uzaklaşmanın hem iklim değişikliği tehlikesini önlemek için hem de insan sağlığını korumak için önemi bilinse de kömür 2019 yılı itibarıyla elektrik üretiminde hâlâ baskın kaynak olmaya devam etmektedir. Ancak verilere bakıldığında son yıllarda özellikle bir ülkenin kömürden ciddi anlamda uzaklaştığı görülmektedir; bir zamanlar kömür üretiminde küresel bir lider olan Birleşik Krallık, son 10 yıldır büyük bir değişim içine girmiş ve 2019

yılında yıllık sadece 2 milyon ton kömür üretimi yapmıştır. Bu rakam, kömür üretiminin zirve yaptığı 1913 yılından 150 kat daha düşüktür (Ritchie, 2020). Birleşik Krallık'ta yaşanan bu gelişme, iklim değişikliği adına önemli olsa da dünyanın büyük bir kısmında elektrik üretiminde hâlâ kömür baskın enerji kaynaklarından biridir.

Doğal Gazın Elektrik Üretimindeki Payı, 2019



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy (akt: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels#citation>).

Küresel olarak ikinci en büyük elektrik üretim kaynağı olan doğal gazın bölgesel bazda kullanımına bakıldığında, Ortadoğu ve Kuzey Afrika'nın ön plana çıktığı görülmektedir. Buraları Latin Amerika ve bazı Sahra-altı Afrika ülkeleri takip etmektedir. 2019 yılında Bahreyn %99,87 oranla elektrik üretiminde doğal gazı en fazla kullanan ülke olurken, onu %95,38 ile Kuveyt ve %95,03 ile Libya takip etmiştir. Dünyanın en büyük doğal gaz rezervine sahip ülkesi Rusya ise 2019 yılında ürettiği elektriğin %46,46'sını doğal gazdan sağlamıştır. Dünyanın en büyük ekonomisi ABD, elektriğinin %38,65'ini doğal gazdan üretirken, en büyük ikinci ekonomi olan Çin ise %3,15'ini doğal gazdan üretmiştir. Verilere bakıldığında doğal gazın elektrik üretimindeki payının son 20 yılda %6 civarında arttığı anlaşılmaktadır.

Hidrokarbonların kaç yıl ömrü kaldı?

Hidrokarbonların ömrü hakkında bir çıkarımda bulunmak için öncelikle dünyadaki rezerv miktarlarına bakmak gerekmektedir. En çok kullanılan hidrokarbon olan petrolün dünyada kanıtlanmış toplam rezerv miktarı 1,74 trilyon varildir. En fazla rezervin olduğu bölgeler ise sırasıyla 833,86 milyar varil ile Ortadoğu, 324,66 milyar varil ile Orta ve Güney Amerika ve 245,46 milyar varil ile Kuzey Amerika'dır. Bir diğer hidrokarbon olan kömürün dünyadaki toplam rezerv miktarı ise 1,07 trilyon tondur. Asya-Pasifik bölgesi 456,81 milyar ton ile en fazla rezerv bulunan bölge olurken, ikinci sırada 257,33 milyar ton ile Kuzey Amerika, üçüncü sırada da 190,66 milyar ton ile Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT-CIS) ülkeleri gelmektedir. Dünya üzerindeki toplam doğal gaz rezervi miktarı ise 197,08 trilyon metreküptür. En fazla doğal gaz rezervi 75,6 trilyon metreküple Ortadoğu bölgesindedir, bunu 64,2 trilyon metreküp rezerve sahip Rusya ve Türkmenistan'ın da içinde bulunduğu Bağımsız Devletler Topluluğu izlemektedir (BP Statistical Review of World Energy, 2020).

Ekonomi ve sanayide yaşanan gelişmeler nedeniyle küresel enerji ihtiyacı artarken, bu durum beraberinde enerji kaynaklarının tükenme riskini de gündeme getirmektedir. Araştırmalara göre mevcut tüketim alışkanlığı, 1.000 yılda oluşan hidrokarbonların bir günde tüketilmesine sebep olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, enerjide alternatif kaynaklar bulunmazsa en fazla 200 yıl sonra insanlık hidrokarbonsuz kalacaktır. Hidrokarbonların dünyadaki mevcut rezerv miktarı ve tüketim hızı baz alınarak yapılan araştırmalara göre, bilinen rezervlerle dünyadaki petrolün 46-50 yıl, doğal gazın 63-119 yıl, kömürün ise 119-176 yıl sonra tükeneceği öngörülmektedir. Hidrokarbonların

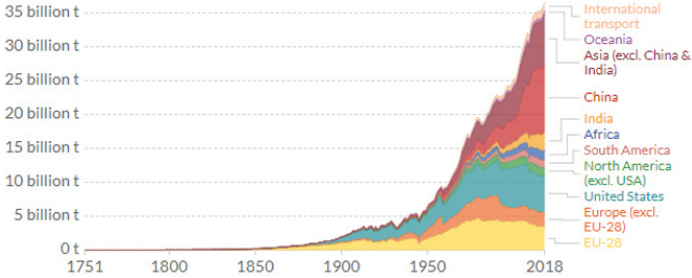
bölgelere göre tükenme ömürlerine bakıldığında ise petrolde 84,8 yıl ile Ortadoğu'nun, doğal gazda 72,4 yıl ile Afrika'nın, kömürde ise 236 yıl ile Avrupa ve Asya'nın öne çıktığı görülmektedir. British Petrol ve HSBC Bank verilerine göre, dünya nüfusunun artması ve gelişmekte olan ülkelerin gelirlerinin yükselmesi sonucu, milyarlarca aracın daha yollara çıkacağı; bunun ise 2050'de küresel petrol talebinin %110 oranında artarak günlük ortalama 190 milyon varile yükselmesine sebep olacağı tahmin edilmektedir. Petrol rezervlerinin tükenme riskine karşı alternatif bulma çalışmaları hızla devam ederken, sektör temsilcileri, akademisyenler, Avrupa Birliği Komisyonu ve diğer kuruluşlar da çalışmalarında, petrole uzun vadeli alternatif bulunması gerektiğine dikkat çekmektedir. 2020 yılında birincil enerji arzındaki en büyük paya (%8) sahip olan petrolün, 2030 ve 2035 yıllarında ilk sıradaki yerini kömüre (sırasıyla %29,1 ve %29,3) bırakacağı düşünülmektedir (Yeniçağ, 2011). Rezerv miktarının bir gün tükeneceği bilinmekle birlikte, bunun tam olarak ne zaman olacağına dair tahminler farklılık göstermektedir. Nihayetinde alternatif enerji kaynaklarının bulunması, hem enerjisiz kalmamak adına hem de küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemek adına tüm ülkeler için zorunlu bir durumdur.

Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Gerçeği

Hayatın neredeyse her alanına etki eden ve ayrılmaz bir parçası hâline gelen enerji, gelişen teknoloji ile birlikte insanlığın yaşamını kolaylaştırırken yüksek enerji üretiminde hidrokarbonların başı çekmesi, ekosistemde bazı dengesizliklerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Zira bu yakıtların salgıladıkları yüksek karbon emisyonları ve sera gazları ekosisteme büyük zarar vermekte, tüm sistem bu durumdan son derece olumsuz etkilenmektedir.

Bölgesine ve Ükelere Göre Dünyadaki Yıllık Toplam Karbondioksit Emisyonları

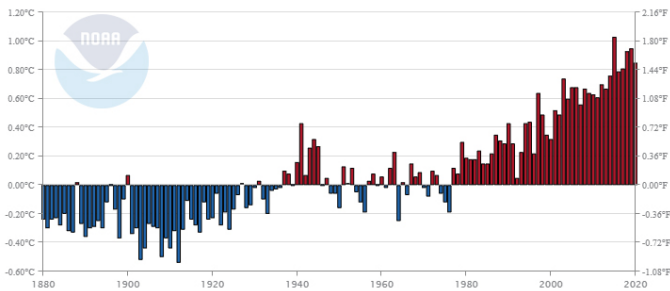
Bu veriler yalnızca fosil yakıtlardan ve çimento üretiminden kaynaklanan karbondioksit emisyonları dikkate alınarak hazırlanmıştır.



Kaynak: BP Global Carbon Project; Carbon Dioxide Information Analysis Centre; BP; Maddison; UNWPP (akt: <https://ourworldindata.org/grapher/annual-co-emissions-by-region?time=earliest..latest>).

Sanayi Devrimi'nin başladığı 1750'li yıllardan günümüze, karbondioksit düzeyinde %30'dan fazla artış yaşanması, Dünya Meteoroloji Örgütü'nün 2019 yılındaki ortalama sıcaklık değerlerinin sanayi öncesi döneme kıyasla 1,1 derece daha yüksek olduğunu açıklaması, kayıtlara geçen en sıcak 20 yılın tamamının son 22 yılda yaşanması, dünya genelinde ortalama deniz suyu yüksekliğinin 2005-2015 arasında yılda 3,6 milimetre artması, dünyanın akciğerleri olarak bilinen Amazon yağmur ormanlarından Avustralya'ya, ABD'den Sibiry'a büyük orman yangınlarının yaşanması, 2020 yılında rekor sayıda (30 adet) kasırga meydana gelmesi, dünyayı iklim değişikliği gerçeğiyle yüzleştiren en somut gelişmelerdir (BBC, Türkçe, 2020).

Yıllara Göre Küresel Sıcaklık Ortalamaları



Kaynak: National Centers for Environmental Information (NOAA).

Kara ve okyanuslarda yapılan ölçümler dikkate alınarak hazırlanmıştır (son veri Kasım 2020).

Sera gazı emisyonlarının zirve yaptığı yüzyılın ikinci yarısında, iklim sorununun çözülmesine yönelik en önemli adım, 12 Aralık 2015'te, 195 ülke tarafından onaylanan Paris İklim Anlaşması olmuştur. Yasal bağlayıcılığı bulunan ilk evrensel anlaşma özelliği taşıyan Paris İklim Anlaşması, Nisan 2016'da imzaya açılmış ve 55 ülkenin onayının ardından Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Anlaşma kapsamında küresel sıcaklık artışının yüzyıl sonuna kadar iki santigrat derecenin altında tutulması ve dünya genelinde karbon salımının 2030'a kadar %50 azaltılması, 2050 yılına kadar ise sıfıra indirilmesi hedeflenmektedir. Küresel anlamda iklim değişikliğine yönelik atılan bu olumlu adıma rağmen Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) verileri, Paris İklim Anlaşması sonrası sera gazı salımındaki durumun çok da parlak olmadığını göstermektedir. Verilere göre anlaşmanın yapıldığı 2015'te atmosfere 50 milyar ton sera gazı salımı yapılmışken, bu rakam 2019'da yaklaşık 55 milyar tona çıkmıştır. Küresel sıcaklık artışı ve sera gazı salımı anlaşmaya rağmen devam ediyor olsa da *Climate Action Tracker* tarafından yayımlanan sıcaklık analizleri, anlaşma çerçevesinde öngörülen iklim hedeflerine 2050 yılına kadar hâlen ulaşabileceğini göstermektedir; dolayısıyla Paris İklim Anlaşması'nın sıcaklık artışı ve sera gazı salımı oranlarının düşmesine yönelik hedeflerin gerçekleşmesinde, atmosfere en fazla sera gazı gönderen ve dünyayı en çok kirleten ülkelerin iklim değişikliğiyle mücadelede atacakları adımlar belirleyici olacaktır. Dünyayı en fazla kirleten Çin'in 2060 yılına kadar karbon salımını sıfıra indirme vaadi ve Donald Trump'ın iklim değişikliğini inkâr ederek çekildiği Paris İklim Anlaşması'na Joe Biden yönetiminin göreve başladığı ilk gün geri döneceğini açıklaması, Paris İklim Anlaşması hedeflerinin gerçekleşmesine yönelik umutları arttırmaktadır (Yürük, Anadolu Ajansı, 2020). Bu iyimser haberlerin yanında bazı araştırmalar diğer hidrokarbonlara oranla daha yüksek bir

rezerve sahip olan kömürün enerji arzındaki payının birinci sıraya yükselmesi gibi bir ihtimalin varlığından bahsetmektedir.

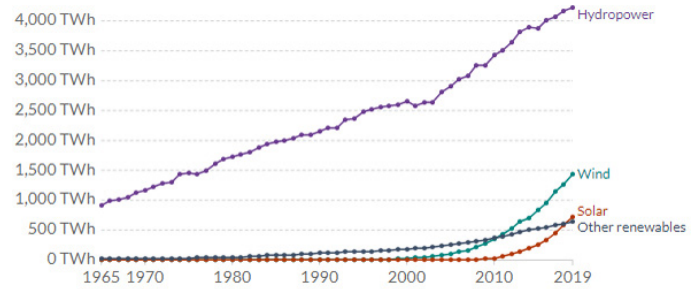
Bunlar dışında, küresel iklim hedeflerine ulaşmanın en kestirme yollarından birinin, hidrokarbonların tükenmesini beklemeden, bilinen rezervlerin yaklaşık üçte ikisini olduğu yerde bırakmaktan geçtiği kaydedilmektedir. Zira dünyada şu anda bilinen tüm rezervlerin yakılması durumunda (karbon yakalama ve depolama teknolojisi kullanılmadan), toplamda yaklaşık 750 milyar ton karbon yayılmış olacaktır. Örneğin, küresel ısınmayı iki santigrat derecenin altında tutma olasılığının %80'e çıkarılması isteniyorsa, hidrokarbonların %75-%80'inin olduğu yerde bırakılması gerekmektedir (Ritchie, 2020). Dolayısıyla hidrokarbon kullanımı 2050'ye kadar azaltılsa bile, kullanımın kaynaklar tükenene kadar devam edeceği ve karbon salımı oranında da büyük bir değişiklik olmayacağı belirtilmektedir. Bu sebeple de iklim değişikliğine kalıcı çözüm için yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji tüketiminde hidrokarbonların yerini alması büyük önem arz etmektedir.

Dünya Enerji Üretimi ve Tüketiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Rolü

Hidrokarbonların bir gün tükeneceği gerçeği bir yana küresel ısınma ve iklim değişikliği sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilip yaygınlaştırılması konusu küresel boyutta önem kazanmış durumdadır. Araştırmaların hidrokarbonlara en fazla 200 yıl ömür biçmesi, dünya sıcaklığının giderek artması, hava kirliliği ve buna bağlı olarak yaşanan sağlık sorunlarının her yıl en az 5 milyon erken ölüme yol açması, ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Bunlar dışında yerli kaynakların geliştirilmesiyle enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve bu yeni sektörün yeni iş istihdamı fırsatları sunması gibi avantajları sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi konusu birçok ülkeye cazip gelmektedir. Yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımlara ağırlık

verilmesi, bu kaynakların birincil enerjideki payını da arttırmıştır.

Küresel Yenilenebilir Enerji Üretimi, 2019



Kaynak: BP Statistical Review of Global Energy 2020 (akt: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>).

2019 yılı verilerine göre, küresel birincil enerjinin yaklaşık %11'i yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. %7 ile hidroelektrik en büyük paya sahip yenilenebilir kaynak olurken onu yaklaşık %2 ile rüzgâr enerjisi, %1 ile güneş enerjisi ve %1 ile diğer yenilenebilir enerjiler (jeotermal ve biyokütle) takip etmiştir. Toplam üretilen enerji miktarı ise 7,027,73 TWh'dir. Toplam üretim içinde hidroelektrik enerjisi 4,222,21 TWh ile küresel olarak en büyük modern yenilenebilir kaynak olurken, rüzgâr enerjisi 1,429,42 TWh ile ikinci ve güneş enerjisi de 724,09 TWh ile üçüncü sırada yer almıştır. Jeotermal ve biyokütle gibi diğer enerji kaynaklarındaki üretim ise 651,81 TWh olarak kayıtlara geçmiştir. Verilere göre 2019 yılında yenilenebilir enerji üretiminde en fazla büyüme %24,3 ile güneş enerjisinde gerçekleşmiştir. Üretime ülkesel olarak bakıldığında Çin'in 732,3 TWh ile dünyanın en büyük yenilenebilir enerji üreticisi olduğu, onu 489,8 TWh ile ABD'nin takip ettiği görülmüştür; Almanya 224,1 TWh ile üçüncü, Hindistan 134,9 TWh ile dördüncü, Japonya 121,2 TWh ile beşinci sırada yer almıştır.

Yenilenebilir enerji kapasitesinin gelişmesi ve yatırımların artması, bu kaynakların geleceği için önem arz etmektedir. *Yenilenebilir Enerji Yatırımında Küresel Eğilimler 2020* raporuna göre, büyük hidroelektrik santraller hariç eklenen yenilenebilir enerji kapasitesi 2019 yılında 184 GW'lık (gigawatt) artışla rekor

bir seviyede büyümüştür. Bu rakamın 2018'de eklenen yenilenebilir enerji kapasitesinden %12 (20 GW) daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte 2019'da bu alandaki yatırım 2018'e göre 282,2 milyar dolarla yalnızca %1 artmıştır.

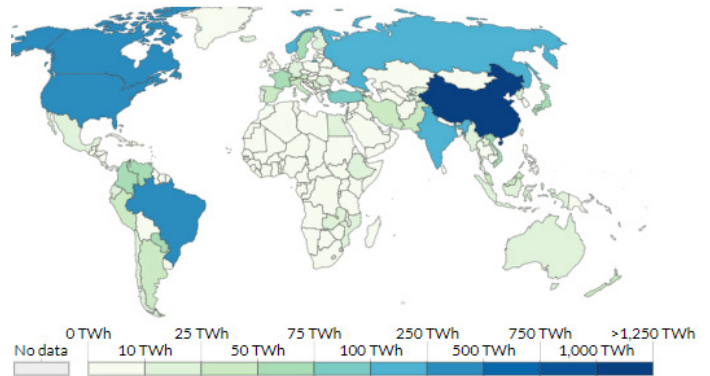
Gelişmekte olan ülkelerdeki yenilenebilir enerji kapasitesi yatırımı 2018'de 152,7 milyar dolar iken bu miktar 2019'da küçük bir düşüşle 152,2 milyar dolar olmuştur. Bu ülkelerdeki yatırımlar küresel toplamın %54'ünü oluşturmuştur ve son beş yıldır gelişmekte olan ülkeler bu alanda gelişmiş ekonomilerden daha fazla yatırım gerçekleştirmiştir. Çin ve Hindistan hariç gelişmekte olan pazarlarda kapasite yatırımı geçen yıl %17'lik bir artışla 59,5 milyar dolara ulaşmıştır. Gelişmiş ekonomilerde ise yeni yenilenebilir enerji kapasitesine yapılan yatırım 2019'da %2 artarak 130 milyar dolara yükselmiştir. ABD, İspanya, Hollanda ve Polonya'da bu alandaki harcamalarda keskin artışlar yaşanırken İngiltere, Almanya, Avustralya ve Belçika'da ise büyük düşüşler olmuştur.

Yine aynı rapora göre, dünya çapında 87 hükümet tarafından resmî politikayla belirlenmiş olan yenilenebilir enerji üretiminde 2030 hedefleri çerçevesinde, önümüzdeki 10 yılda rüzgâr, güneş ve diğer hidro olmayan yenilenebilir enerji teknolojilerinde tahmini 721 GWh'lik yeni kapasitenin inşası beklenmektedir. Ayrıca raporda enerjilerinin %100'ünü yenilenebilir kaynaklardan sağlama sözü veren RE100 grubuna katılan özel sektör şirketlerinin 2030 yılına kadar şu anda tükettiklerine ek olarak, tahmini 210 TWh elektrik satın almaları gerekeceğinden bu, tahminen 105 GWh enerji üretecek yeni rüzgâr ve güneş santrallerinin yapımına yol açabilecektir. RE100'ün önde gelen üyeleri arasında, tümü yenilenebilir enerji satın alma anlaşması imzalayan *Apple*, *Facebook* ve *Microsoft*'un yanı sıra Japonya, Birleşik Krallık ve Hindistan gibi farklı ülkelerden çok çeşitli şirketler bulunmaktadır. Liste, gelir bakımından dünyanın en büyük 100 şirketinden 19'unu içermektedir. Hükümetler ve şirketler tarafından verilen bu taahhütler, 826 GWh'lik

yeni kapasite anlamına gelmektedir. Rapora göre bu, önümüzdeki 10 yıl boyunca küresel olarak yaklaşık 1 trilyon dolarlık veya yılda ortalama 100 milyar dolarlık bir yatırımı gerektirebilir. 2030 hedefleri, daha öncekilere kıyasla düşüktür ve bu taahhütler, Paris Anlaşması uyarınca küresel sıcaklıkları iki santigrat derecenin altına düşürme hedefine ulaşmak için çok yetersizdir. Ayrıca bu taahhütler, 2,7 trilyon dolar yatırımla yaklaşık 1,213 GW yeni kapasite artışı sağlamış olan son 10 yılın çok gerisindedir. Oysa ki bir sonraki 10 yılda önceki 10 yılda yapılan yatırımı yapmak, eskisinden çok daha fazla temiz enerji kapasitesi sağlayacaktır. Fosil yakıt sektöründe Covid-19 nedeniyle yaşanan çöküş, bu dönemde gösterdiği esneklik ve dirençle temiz enerjinin akıllı bir yatırım olduğunu açıkça ortaya koymuştur (Global Trends in Renewable Energy Investment, 2020).

Hidroelektrik Üretimi, 2019

Yıllık hidroelektrik üretimi TWh (terawatt saat) cinsinden ölçülür.



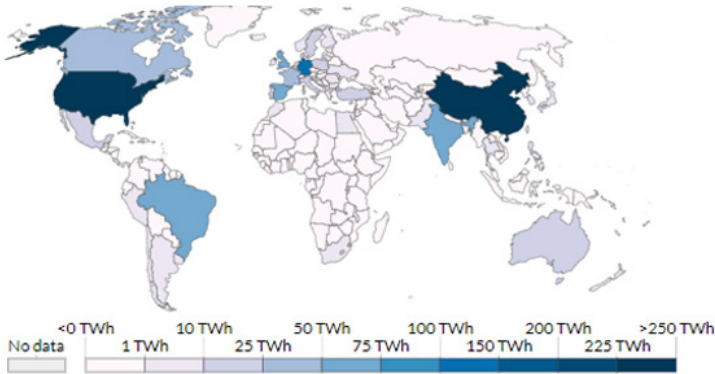
Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2020 & Ember (akt: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>).

2019 yılında üretilen 4,222,21 TWh'lik hidroelektrik enerjisinde en büyük pay (1,269,62 TWh) Çin'dir; ardından Brezilya (399,3 TWh), Kanada (381,98 TWh) ve ABD (271,16 TWh) gelmiştir. Üretim bölgelere göre dağılımında ise Asya-Pasifik (1,783,66 TWh) ilk sırada yer alırken onu Orta ve Güney Amerika (714,70 TWh), Kuzey Amerika (676,93 TWh) ve Avrupa (632,54 TWh) izlemiştir.

Uluslararası Hidroelektrik Enerjisi Kurumu'nun 2020 *Hidroelektrik Enerji Görünümü* raporuna göre, 2019 yılında dünya genelinde 50 ülkede toplam 15,6 GW yeni hidroelektrik enerjisi kapasitesi oluşturulmuştur. Böylece, kurulu küresel hidroelektrik kapasitesi 1,308 GW'a ulaşmıştır. 2018'de yeni hidroelektrik enerji kapasitesinin 21,08 GW olması, bir önceki yıla göre yeni kapasite artışında düşüş yaşandığını göstermektedir. 2019 yılında kurulu kapasitede en yüksek bireysel artışa sahip ülkeler sırasıyla Brezilya (4,92 GW), Çin (4,17 GW) ve Laos'tur (1,89 GW). Küresel olarak en yüksek kurulu kapasiteye sahip ülkeler sıralamasının başında ise Çin (356,40 GW) gelmiştir; onu Brezilya (109,06 GW), ABD (102,75 GW), Kanada (81,39 GW) ve Hindistan (50,07 GW) izlemiştir. Hindistan, 50 GW'ın üzerinde olan toplam kurulu kapasitesi ile dünyanın en büyük beşinci hidroelektrik üreticisi olan Japonya'yı geride bırakmıştır (International Hydropower Association, 2020).

Rüzgâr Enerjisi Üretimi, 2019

Rüzgârdan yıllık elektrik üretimi, TWh (terawatt saat) cinsinden ölçülür. Bu, hem kara hem de açık deniz rüzgâr kaynaklarını içerir.



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2020 & Ember (akt: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>).

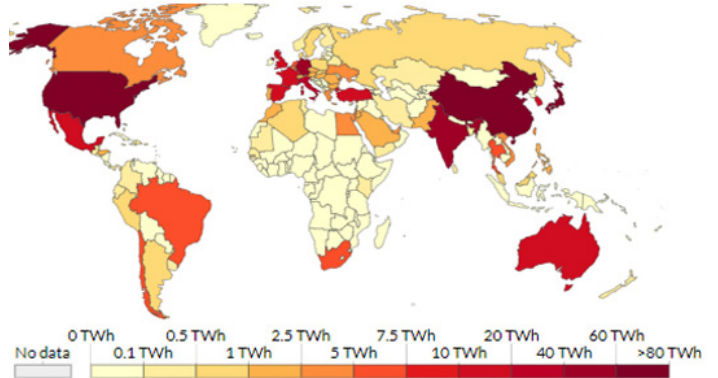
2019 yılında üretilen 1,429,42 TWh'lık rüzgâr enerjisinin 405,70 TWh'i Çin tarafından üretilirken onu sırasıyla ABD (303,10 TWh), Almanya (125,97 TWh), Birleşik Krallık (64,13 TWh) ve Hindistan (63,31 TWh) izlemiştir. Üretimin bölgelere göre dağılımında ise Asya-

Pasifik (514,26 TWh) ilk sırada yer almış, ardından Avrupa (461,59 TWh), Kuzey Amerika (354,87 TWh), Orta ve Güney Amerika (632,54 TWh) gelmiştir.

Kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi, üretimde belirleyici bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. 2019 verilerine göre dünyada kurulu rüzgâr gücü toplam 622,70 GW'a ulaşmıştır. En yüksek kurulu kapasiteye sahip ülke Çin (210,48 GW) olurken, ikinci ABD (103,58 GW), üçüncü Almanya (60,82 GW), dördüncü Hindistan (37,51 GW) ve beşinci İspanya (25,55 GW) olmuştur. Son 10 yıllık süreçte kurulu rüzgâr enerjisinin 150,17 GW'tan 622,70 GW'a yükselmesi, rüzgâr enerjisine yönelik eğilimin günden güne arttığını göstermektedir.

Güneş Enerjisi Üretimi, 2019

Güneş enerjisinden üretilen enerji TWh (terawatt saat) cinsinden ölçülür.



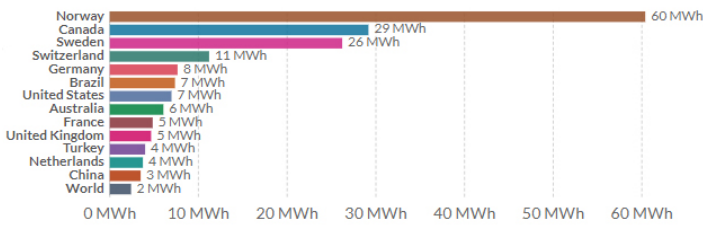
Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2020 (akt: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>).

2019 yılında üretilen 724,09 TWh güneş enerjisinin 223,80 TWh'ini Çin, 108,36 TWh'ini ABD, 75,27 TWh'ini Japonya, 47,52 TWh'ini Almanya ve 46,27 TWh'ini Hindistan üretmiştir. Üretimin bölgelere göre dağılımında ise Asya-Pasifik (393,92 TWh) ilk sırada yer alırken onu Avrupa (154,66 TWh), Kuzey Amerika (125,11 TWh) ve Afrika (19,38 TWh) izlemiştir. 2019 verilerine göre dünyada kurulu güneş enerjisi üretim kapasitesi toplam 556,42 GW'a ulaşmıştır. En yüksek kurulu kapasiteye sahip ülke 205,49 GW ile Çin iken, ikinci 62,30 GW ile

ABD, üçüncü 61,84 GW ile Japonya, dördüncü 48,96 GW ile Almanya ve beşinci 35,06 GW ile Hindistan olmuştur. Son 10 yıllık süreçte kurulu güneş enerjisi kapasitesinin 22,64 GW'dan 556,42 GW'a yükselmesi, güneş enerjisine yönelik eğilimin diğer yenilenebilir enerji türlerine göre daha fazla olduğunu göstermektedir.

Kişi Başına Düşen Yenilenebilir Enerji Tüketimi, 2019

Yenilenebilir enerji; hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, dalga ve gelgitlerdeki enerjinin ve biyoenerjinin toplamıdır.



Not: Tabloda sadece seçilmiş bazı ülkeler gösterilmiştir. Genel dünya sıralamasını ifade etmemektedir.

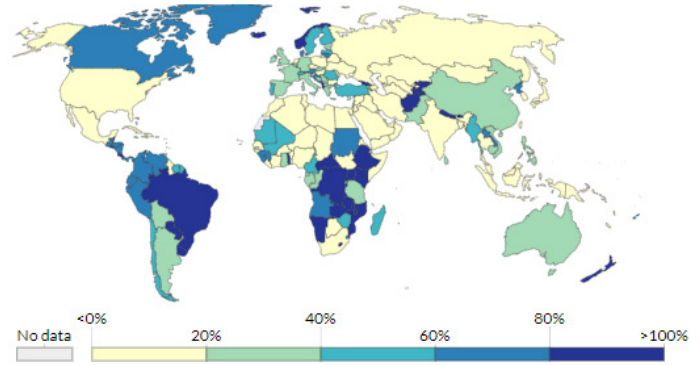
Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2020 & UN Population Division (akt: <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-renewables>).

2019 yılında dünyada kişi başına düşen toplam yenilenebilir enerji tüketimi 2 MWh (megawatt saat) olmuştur. Dünyada kişi başına en çok yenilenebilir enerji düşen ülke 60 MWh ile Norveç'tir; onu 29 MWh ile Kanada ve 26 MWh ile İsveç takip etmektedir. Dünyanın en büyük yenilenebilir enerji üreticileri olan Çin ve ABD'deki kişi başına düşen tüketim oranları ise sırasıyla 3 MWh ve 7 MWh olarak belirlenmiştir. Ulaşım ve ısıtmanın petrol ve doğal gaza daha bağımlı olmasından dolayı yenilenebilir enerjiler, toplam enerji karışımına (*energy mix*: doğal gaz, hidroelektrik vb.) kıyasla elektrik karışımında (*electricity mix*) daha yüksek bir paya sahip olma eğilimindedir.

2019 yılında küresel olarak kullanılan elektriğin yaklaşık dörtte biri (%26,02) yenilenebilir kaynaklardan sağlanmıştır. %16'lık payla en fazla elektrik üretimi hidroelektrikten elde edilirken, yaklaşık %5'i rüzgâr enerjisinden,

%2'sinden biraz fazlası ise güneş enerjisinden elde edilmiştir. Elektrik üretimi bir önceki yıla göre 340 TWh'lik artışla 2,805 TWh'e yükselmiştir. Küresel ölçekte yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimindeki artış diğer kaynakları geride bırakırken, bu artışın sebebi olarak kömürden elektrik üretiminin 240 TWh azalması gösterilmiştir.

Yenilenebilir Kaynakların Elektrik Üretimdeki Payı, 2019



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2020 (akt: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>).

1999 yılında %18,80 olan yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının 2009 yılında %19,19 olduğu görülmektedir. Bu rakamlara göre, 2000'li yılların ilk 10 yılında yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı yaklaşık %1'lik bir büyüme göstermiştir; buna karşın son 10 yıllık süreçte yaklaşık %7'lik bir büyüme olmuştur. Ülke bazındaki verilere bakıldığında; Uruguay, Paraguay, Kosta Rika, Orta Afrika Cumhuriyeti, Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Etiyopya, Nepal ve Norveç'in kullandığı elektriğin neredeyse %100'ünün yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edildiği görülmektedir.

Uluslararası Hidroelektrik Enerjisi Kurumu'nun 2020 *Hidroelektrik Enerji Görünümü* raporuna göre, hidroelektrik enerjisinden üretilmiş olan elektrik, kömür kullanılarak üretilmiş olsaydı atmosfere yılda yaklaşık 3,5 ila 4 milyar metrik ton ek sera gazı salınacak ve bu durum

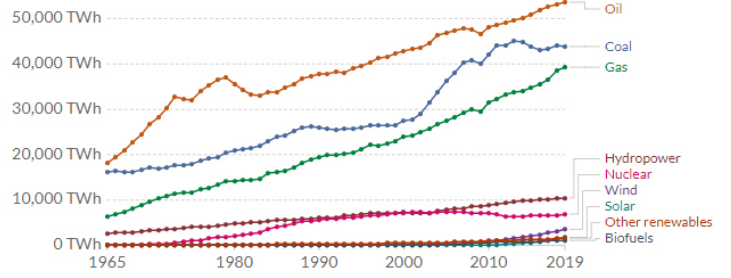
fosil yakıtlardan ve endüstriden kaynaklanan küresel emisyonların yaklaşık %10 daha yüksek olmasına sebep olacaktı. Ek olarak raporda, kömür yerine hidroelektrik kullanılmasının, havayı kirleten yaklaşık 150 milyon ton partikül, 60 milyon ton kükürt dioksit ve 8 milyon ton nitrojen oksit üretimini önleyerek birçok sağlık, çevre ve iklimsel sorunu engellediği belirtilmiştir (International Hydropower Association, 2020).

Yenilenebilir enerjiler hidrokarbonlara alternatif olabilir mi?

Enerjinin geleceği, küresel ısınma derken, aslında bu sorunları çözebilecek tek kaynak olarak karşımıza yenilenebilir enerji kaynakları çıkmaktadır. Yenilenebilir enerjide en önemli, en kilit nokta ise ülkelerin bu konuda benimseyecekleri politikalarıdır. Yenilenebilir enerjinin geleceği ve hidrokarbonlara alternatif olabilme durumu da buna bağlıdır; dolayısıyla ülke politikalarına göre şekillenecek olan bu konu için net bir çıkarımda bulunmak oldukça zordur; ancak eldeki veriler ve mevcut araştırmalar ışığında belli başlı bazı çıkarımlarda bulunulabilir.

İlk olarak yukarıdaki veriler baz alınarak dünyanın enerjisi karbonsuzlaştırmada ilerleme kaydedip kaydetmediğine baktığımızda, yenilenebilir enerjide beklenenden yavaş bir gelişim yaşandığını görmekteyiz. 1960'lı yıllardan günümüze küresel enerji tüketimi 3,8 kat artarken, yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerjideki payı yaklaşık iki kat artmıştır. 1960'larda enerjimizin sadece %6'sı yenilenebilir kaynaklardan sağlanırken bu rakam günümüzde %11'e yükselmiştir (Ritchie, 2020); yani 60 yılda yalnızca %5 büyüyebilmiştir. Hidrokarbonların birincil enerjideki payı 1960'lı yıllarda yaklaşık %94 iken, bu rakam günümüzde %84'e gerilemiştir; yani 60 yılda %10'luk bir düşüş olmuştur.

Kaynağa Göre Birincil Enerji Tüketimi, Dünya



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy (akt:<https://ourworldindata.org/energy-mix>)

Her yıl yenilenebilir kaynakların artmasına paralel olarak bu kaynaklardan elde edilen enerji üretimi de artmaktadır; ancak buna rağmen küresel enerji karışımına (*energy mix*) hâlâ kömür, petrol ve doğal gaz hâkimdir. Tüm dünyada kullanılan enerjinin %84'ü hidrokarbonlardan elde edilmektedir ve insanlık her yıl daha fazla enerji tüketmektedir. Son 10 yılda toplam üretimin 116,214 TWh'den 136,761 TWh'e yükselmesi, bunun açık bir göstergesidir. Kömür üretiminde azalma yaşansa da doğal gaz ve petrol üretimi giderek artmaktadır. Bunun en önemli sebebi, nüfusun artmasına paralel olarak ortaya çıkan enerji ihtiyacıdır. Bunun dışında, kişi başına düşen yenilenebilir enerji ve hidrokarbon tüketimi kıyaslandığında, kişi başına tüketimde önemli bir fark olduğu görülmektedir. 2019 yılında dünyada kişi başına düşen toplam yenilenebilir enerji tüketimi 2 MWh iken, hidrokarbon tüketimi 17,730 MWh olmuştur. Yenilenebilir enerjinin gerçek bir alternatif olabilmesi için hidrokarbon üretiminin devamlı olarak azalıp yenilenebilir enerjinin katlanarak artması gerekmektedir.

Öte yandan yenilenebilir enerji kaynaklarında en büyük paya sahip olan hidroelektrik santrallerinin gerçekten de yenilenebilir bir enerji kaynağı olup olmadığı konusu da ayrıca tartışılmaktadır. ABD Ulusal Bilimler Akademisi'nin *Proceedings* adlı dergisinde

yayımlanan bir araştırmaya göre, Avrupa ve ABD'deki büyük hidroelektrik santrallerinin çoğu, hem ekonomik olmadıklarından hem de çevre için felaket boyutunda sonuçlara yol açtılarından kaldırılmıştır. Araştırmada, hidroelektrik santrallerin üzerine inşa edildikleri nehirlerin ekolojisini değiştirdikleri, milyonlarca insanı göçe zorladıkları, arazi ve ormanları sular altında bıraktıkları ve büyük miktarlarda sera gazı salımına yol açarak iklim değişikliğine sebep oldukları için insanlığa faydadan çok zarar verdikleri üzerinde durulmuştur. Washington eyaletindeki Elwha Nehri'ndeki santralin 2011 yılında kaldırılması, California'daki Oroville Barajı'ndaki sorunlar nedeniyle 2017 yılında 10.000 kişinin bölgeden tahliye edilmesi, bu konuya örnek gösterilmiştir. Aslında ABD'de yaşanan bu problemlerin benzerleri Türkiye'de de yaşanmıştır. Örneğin Ilisu Barajı'nın 12.000 yıllık tarihe sahip Hasankeyf'i sular altında bırakacak olması sebebiyle bölgedeki birçok tarihî eser başka alanlara taşınmış ve bölge halkının tahliye edilmesi kararı alınmıştır.

Bunlar dışında Michigan Devlet Üniversitesi'nden Prof. Emilio Moran, BBC'ye yaptığı bir açıklamada, her geçen yıl daha fazla hissedilen küresel ısınmanın etkisiyle hidroelektrik santrallerden verim alınmadığını belirtmiştir. Brezilya'da Madeira Nehri'ne yapılan iki barajı örnek gösteren Prof. Moran, bu barajların yapımının beş yıl önce tamamlandığını fakat iklim değişikliği nedeniyle planlananın çok altında bir miktar üretim yapılabildiğini söylemiştir. Ne var ki bu olumsuz tabloya rağmen hidroelektrik santrallerin sayısının özellikle gelişmekte olan ülkelerde artmaya devam ettiği görülmektedir. Araştırmacılar bu durumun, hidroelektrik santrallerin sürdürülebilir olmayan doğasının gelişmekte olan ülkeler tarafından anlaşılmamış olmasından kaynaklandığını söylemektedir. Prof. Emilio Moran, büyük hidroelektrik barajların geleceğinin olmadığını, bu çıkarımın kesin olarak varılan bir sonuç olduğunu ve hidroelektrik enerjinin diğer yenilenebilir enerjilerle birlikte kullanılmasını gerektiğini belirtmektedir (McGrath, BBC

Türkçe, 2018). Bütün bu araştırmalar sonucu elde edilen bilgiler neticesinde, yenilenebilir kaynaklar arasında %7 ile en büyük paya sahip olan hidroelektriğin geleceğinin çok da parlak olmadığı anlaşılmaktadır. Nitekim yukarıda bahsi geçen araştırmada da belirtildiği üzere, ABD ve birçok Avrupa ülkesi, hidroelektrik santrallerden vazgeçmeye başlamıştır. Hidroelektrikte yaşanan bu süreç, bir dönem Avrupa ve Amerika'da yükselişte olan, günümüzde de yapımına çok sıcak bakılmayan nükleer enerji piyasasının durumuna benzemektedir.

Bütün bu gelişmelere rağmen 21. Yüzyıl için Yenilenebilir Enerji Politika Ağı (REN21) tarafından yayımlanan *Yenilenebilir Enerjinin Küresel Geleceği: %100 Yenilenebilir Enerjiye Doğru Mühim Tartışmalar* raporunda, 2050 yılına kadar küresel düzeyde %100 yenilenebilir enerjiye geçişin mümkün olduğu belirtilmektedir. Başta Avrupalı ve Avustralyalılar olmak üzere görüşü alınan birçok uzman, küresel düzeyde %100 yenilenebilir enerjiye geçmenin hem gerçekleştirilebilir hem de gerçekçi olduğunu ifade etmiştir. Raporda ayrıca büyük uluslararası şirketlerin, kamu hizmetleri aracılığıyla ya da kendi enerji üretim kapasitelerine doğrudan yatırım yaparak, yenilenebilir enerji ürünlerini giderek daha fazla tercih ettiğinin altı çizilmiştir. Görüşü alınan uzmanların hemen hemen %70'i, yenilenebilir enerji maliyetlerinin düşmeye devam edeceğini ve 10 yıl içinde tüm hidrokarbonlardan daha düşük maliyetli olacağını belirtmiştir. Rapora göre ayrıca, rüzgâr ve güneş enerjisi santrallerinin çoğu, OECD ülkelerinde yeni kurulan geleneksel enerji santralleriyle maliyet açısından da rekabet etmeye başlamıştır.

Raporda, yenilenebilir enerji üretiminin gelişmesi önündeki zorluklardan da bahsedilmiştir. Bu bağlamda başta Afrika, ABD ve Japonya olmak üzere, bazı bölgelerden uzmanlar, kendi ülkeleri ya da bölgelerinde, 2050 yılına kadar %100 yenilenebilir enerjiye geçmenin geleneksel enerji endüstrisi altyapısı sebebiyle mümkün olamayacağını belirtmiştir. Buna göre örneğin, ulaşım sektörünün dönüştürülebilmesi için içten

yanmalı motorların elektrik motorlu olanlarla değiştirilmesi gibi anahtar teslim çözümler tek başına yeterli olmayacaktır; kara yollarından raylı sistemlere kadar birçok yönetsel değişim yapılması gerekecektir. Raporda ayrıca, bu alandaki uzun vadeli politikaların belirsizliğinin enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji yatırımları için gereken istikrarlı ortamı sağlamamasının çoğu ülkede bu sektörün büyümesini yavaşlattığı da belirtilmiştir (REN21, 2017).

Söz konusu rapor, yenilenebilir enerji kaynaklarının alternatif olma ihtimali önündeki engelleri net bir şekilde ortaya koymaktadır. Yenilenebilir enerji maliyetleri hidrokarbonlara göre düşük olmakla birlikte, üretilen enerjinin tüketime sunulması için yoğun yatırımlar yapılması gerekmektedir. Günümüzde ulaşım sektörüne petrol, ısınma sektörüne doğal gaz hâkimdir. Gelecekte yenilenebilir kaynaklardan

üretilen enerjinin bu alanlarda pay sahibi olabilmesi için büyük yönetsel değişiklikler yapılması zorunludur. Yenilenebilir enerjide geleceği parlak olan ve geçen 10 yıllık süreçte en büyük gelişimi gösteren iki kaynak, rüzgâr ve güneş enerjisidir. Gelişmiş ülkeler tarafından yoğun yatırımların yapıldığı bu iki enerji türü, küresel birincil enerji arzının %3'ünü karşılamaktadır. Her iki enerji türünden elde edilen enerjinin hidrokarbonlara gerçek bir alternatif olabilmesi için bu alandaki yatırım ve altyapı çalışmalarının katlanarak büyümesi gerekmektedir. Özetle yenilenebilir enerjinin alternatif olabilmesi ancak ülkelerin politikalarının bu yönde ilerlemesine bağlıdır.

NOT: Çalışmada kullanılan verilerin neredeyse tamamı <https://ourworldindata.org/> sitesinde etkileşimli grafikler yorumlanarak elde edilmiştir.

Kaynakça

BP Statistical Review of World Energy, 2020, 69th edition, 1-66.

“Enerji kaynaklarının 200 yıl ömrü kaldı” (2011). *Yeniçağ*, <https://www.yenicaggazetesi.com.tr/enerji-kaynaklarinin-200-yil-omru-kaldi-50929.htm> (05.12.2020).

Global Trends in Renewable Energy Investment (2020). <http://www.fs-unep-centre.org> (Frankfurt am Main) 1-80.

International Hydropower Association, “Hydropower Status Report 2020”. 1-52.

“İklim değişikliği nedir, küresel ısınmanın kanıtı var mı?” (2020). *BBC Türkçe*, <https://www.bbc.com/turkce/haberler> (06.12.2020).

McGrath, Matt (2018). “Hidroelektrik santraller gerçekten

de sürdürülebilir enerji kaynağı mı?” *BBC Türkçe*, <https://www.bbc.com/turkce/haberler-46110145> (08.01.2021).

Renewables Global Futures Report, Great Debates Towards 100 % Renewable Energy, 2017, 1-98.

Ritchie, Hannah (2020). “Energy Mix”, <https://ourworldindata.org/energy-mix> [Çevrimiçi Kaynak], (18.12.2020).

_____. (2020). “Fossil Fuels”, <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> [Çevrimiçi Kaynak], (01.12.2020).

_____. “Renewable Energy”, <https://ourworldindata.org/renewable-energy> [Çevrimiçi Kaynak], (17.12.2020).

Yürük, Betül (2020). “Paris İklim Anlaşması gezegeni kurtarabilecek mi?”. *Anadolu Ajansı*, <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/paris-iklim-anlasmasi-gezegeni-kurtarabilecek-mi/2074435> (06.12.2020).