

DÜNYANIN YENİLENEBİLİR ENERJİ GÖRÜNÜMÜ VE GELECEĞİ

Mustafa ÖZALP*

Öz

Sanayi devriminin başlamasıyla birlikte önemi artan enerji, büyük savaşların hem aracı hem de amacı olmuştur. Bununla birlikte çeşitli bölgeler enerji uğruna istikrarsızlaştırılarak, modern dünyanın dışına itilip, zulme uğramıştır. Devletler için sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmanın temeli, enerji güvenliğinden geçmektedir. Günümüzde enerji güvenliği, devletlerin ulusal ve uluslararası güvenliklerinin sağlanmasında, baş aktör konumundadır. Enerji bağımsızlığını gerçekleştirememiş bir devletin, bölgesel ve küresel güç olması mümkün değildir. Geçmiş fosil yakıtlar gibi yüzyıllar öncesine dayanan fakat 2000'li yılların başından itibaren yaygınlaşmaya başlayan yenilenebilir enerji kaynakları, temiz, çevre ve insan dostu olması yönüyle bilinmektedir. Fosil yakıtlar, ortaya çıkardıkları karbon emisyonlarından dolayı, küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğine sebebiyet vermektedir. İklim değişikliği ise sayıları her geçen gün artan çevresel tahribatlar ve göçe sebebiyet vererek 21. yüzyılın en büyük tehdidini oluşturmaktadır. Bu tehdit karşısında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarından dünya genelinde yaklaşık hangi oranlarda yararlanıldığı ve bu kaynakların gelecekteki artış oranlarının ne olacağı sorularına yanıt aranmıştır. Ayrıca, fosil yakıtların oluşturduğu tehdit karşısında yenilenebilir enerji teknolojilerinin önemi ortaya konmuş ve 2050'li yıllara doğru yenilenebilir enerji kaynaklarının geleceğine ilişkin bilimsel literatüre katkı sağlayabilecek analizler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Yeşil Teknolojiler, Küresel Isınma, İklim Değişikliği, Fosil Yakıtlar.

THE WORLD'S RENEWABLE ENERGY OUTLOOK AND FUTURE

Abstract

With the onset of the Industrial Revolution, energy gained increasing importance and became both an instrument and an objective of major wars. At the same time, various regions were destabilized in the struggle for energy, pushed to the margins of the modern world, and subjected to oppression. For states, sustainable

* Doç. Dr. Yozgat Bozok Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü, mustafa.ozalp@yobu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-7311-6173>.

economic growth and development rest fundamentally on energy security. Today, energy security occupies a central position in ensuring both national and international security. A state that has not achieved energy independence cannot become a regional or global power. Although fossil fuels date back centuries, renewable energy sources—whose widespread use began in the early 2000s—are known for being clean, environmentally friendly, and human-friendly. Fossil fuels, due to the carbon emissions they generate, cause climate change linked to global warming. Climate change, in turn, creates one of the greatest threats of the 21st century by leading to increasing environmental destruction and migration. In the face of this threat, the use of renewable energy sources is of critical importance. This study seeks to answer two main questions: approximately to what extent renewable energy sources are used worldwide today, and what their projected growth rates will be in the future. In addition, it highlights the importance of renewable energy technologies in the face of the threats posed by fossil fuels and provides analyses that may contribute to the scientific literature on the future of renewable energy sources toward the 2050s.

Keywords: Renewable Energy, Green Technologies, Global Warming, Climate Change, Fossil Fuels.

Giriş

Mevcudiyeti yüzyıllar öncesine dayanan, önce fosil yakıtların kullanımı daha sonraki yüzyıllarda da yenilenebilir kaynakların kullanımı ile ortaya çıkan enerji, sanayi devriminin başlangıcından itibaren etki gücünü her geçen gün arttırarak devam etmektedir. Bu süreç, devletlerin sürdürülebilir büyüme ve kalkınmalarında, enerji güvenliğinin önemini ortaya çıkarmıştır. Dünyada hızla ilerleyen bilimsel ve teknolojik gelişmeler göstermiştir ki, devletlerin ulusal ve uluslararası güvenliklerinin sağlanmasında enerji bağımsızlığı kilit rol oynamaktadır. 2022 yılının Şubat ayında başlayan Rusya-Ukrayna savaşı nedeniyle, Rusya ve Avrupa arasında enerji transferi asgari seviyelere düşmüştür. Bu durum başta Alman ekonomisindeki araba sanayisi olmak üzere, tüm Avrupa ülkelerinin ekonomik büyümelerini olumsuz yönde etkilemiştir. Diğer bir ifadeyle savaş öncesinde Avrupa'nın kısmen ucuza ithal ettiği, Rusya kaynaklı enerji hammaddelerinin yerini, büyük oranda ABD'den gemilerle pahalıya gelen sıvılaştırılmış doğalgaz almıştır. Ukrayna savaşı nedeniyle; Rusya, Avrupa'ya satamadığı enerjinin önemli bir kısmını, başta Çin olmak üzere Hindistan gibi Asya Pasifik ülkelerine satmaya başlamıştır. Bu durum dünya toplam elektrik tüketimlerine ve bölgeler arası ekonomik büyümelere doğrudan yansımıştır.

Örneğin 2022-2023 yılları arasında dünya toplam elektrik tüketimi %2,5 yükselirken, bu yükselişte bölgeler arası oransal dağılım oldukça farklılık göstermiştir. Asya Pasifik ve Orta Doğu'daki elektrik talebi %5 artarken, Avrupa'da %2,4 ve Kuzey Amerika'da ise %1 oranında azalma meydana gelmiştir (KPMG ve EI, 2024, s. 54).

Dünyada nüfus artışı başta olmak üzere şişe, cam, plastik, kâğıt ve demir-çelik sanayisi gibi enerji yoğun sektörler, enerjiye olan talebi her geçen gün arttırmaktadır. Bununla birlikte devletlerin olası büyük dünya savaşının çıkabileceğine yönelik hazırlıklar çerçevesinde savunma harcamalarındaki sürekli artış, enerjiye olan talebi tetiklemektedir. Diğer taraftan bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak, dünyadaki elektrikli araçlar, veri merkezleri, elektrolizörler, ısı pompaları ve klimalar enerjiye olan açlığı her geçen gün arttırmaktadır. Tüm yaşanan bu gelişmeler çerçevesinde; devletler, ulusal ve uluslararası güvenliklerini garanti altına alabilmeleri için enerji bağımsızlığına kavuşmaları gerekir. Enerji bağımsızlığı ise sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma ile doğru orantılıdır. Bir devletin enerji bağımsızlığını ve/veya enerji güvenliğini garanti altına alabilmesi için tüketmiş olduğu enerjiyi:

- Güvenli kaynaklardan,
- Güvenli güzergâhlardan,
- Sürdürülebilir bir şekilde,
- Enerji türlerinin çeşitliliği arttırarak,
- Makul fiyata (Hesaplılık),
- Depolama kapasitesi yüksek ve
- Öngörülebilir politikalarla tedarik etmesi gerekir (Özalp, 2020, s. 41-50).

Dünya toplam enerji tüketiminin %84'ü, 2023 yılında doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil yakıtlardan tedarik edilmiş olmakla birlikte, toplam birincil enerji tüketimi bir önceki yıla oranla %2 oranında artarak 620 EJ'ye çıkmıştır. Bunun sonucunda ise fosil yakıtların küresel karbon artışındaki oranı %87'ye çıkmıştır (KPM ve EI, 2024, s12). Fosil yakıt tüketimindeki artışa paralel olarak artan fosil yakıt kaynaklı, karbon emisyon oranı, 2023 yılında, %1,3 artarak 37,7 gigatona (Gt) çıkmıştır (IEA, 2024, s. 71).

Küresel fosil yakıt tüketimindeki artışa paralel olarak, dünya karbon emisyon oranları sürekli yükselmektedir. Artan karbon emisyonları ise küresel ısınmaya yol açıp, iklim değişikliğine sebebiyet vermektedir. İklim değişikliğinin yol açtığı küresel felaketler sayılamayacak kadar fazladır. Bu felaketlerden bazıları ise küresel ısınmaya bağlı aratan sıcaklıklar sonucunda; buzulların erimesi, tuzlu okyanus ve deniz sularının tatlı sulara karışması, tarım arazilerinin verimsizleşmesi, kuraklık, çölleşme ve gıda güvensizliğidir. Yaz aylarında aniden başlayan ve söndürmesi ayları bulan orman yangınları, sel, fırtına, hortum ve erozyon gibi çevresel tahribat ve çevresel felaketler; insanların yaşadıkları bölgelerde geçimlerini sürdürmemelerine sebebiyet vermektedir. Bunun sonucunda ise özellikle Afrika, Orta Doğu ve Asya Pasif ülkelerinde kuraklığa, çölleşmeye ve tarımda verimsizliğe bağlı olarak, refah seviyesi düşmekte, iç karışıklıklar ve sosyal kaoslar ortaya çıkmaktadır. Fosil yakıt kullanımına bağlı olarak aratan karbon emisyonları, insanların yaşam alanlarını tahrip ettiğinden dolayı, 21. yüzyılın en büyük problemlerinden olan *uluslararası iklim göçü* tehdidini ortaya çıkarmıştır.

2023'te dünya toplam elektrik talebinin %60'ı fosil yakıtlardan tedarik edilmiştir. Bu bağlamda aynı yıl içerisinde elektrik üretiminde kömürün oranı %35,2, yenilenebilir kaynakların oranı ise %31,1'dir. Ardından sırasıyla doğalgaz (%22,5), nükleer (%9,1), petrol (%2,3) ve diğer kaynaklar (%0,8) takip etmiştir (KPMG ve EI, 2024, s. 54). 2023 yılında toplam enerji arzının %12'si yenilenebilir kaynaklardan tedarik edilirken, aynı yıl içerisinde toplam enerji arzında yenilenebilir kaynakların yükseliş oranı %5'tir (IEA, 2024, s. 103). EMBER'in verilerine göre 2023 yılında dünya toplam elektrik üretiminin %30'u yenilenebilir kaynaklardan karşılanmıştır.

Araştırma geleceğe yönelik fosil ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında nasıl bir rekabetin yaşanacağına ilişkin, dünyanın enerji alanında önde gelen kurum ve kuruluşlarının verilerine yer vererek bir bakış açısı sunmaya çalışmıştır. Örneğin 2024 yılında DNV Enerjinin raporuna göre, 2050 yılına gelindiğinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının, toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki oranı %50'ye ulaşacak olmakla birlikte, dünya toplam elektrik üretiminin %28'inin rüzgârdan, %44'ünün de güneşten tedarik edileceği öngörülmektedir. Raporun devamında 2050 yılına gelindiğinde dünya toplam enerji tüketiminde; güneşin oranının %18'e çıkarak, 12 kat artış sağlayacağı, rüzgârın %10'a yükselerek 6 kat artacağına ilişkin tahmini veriler mevcuttur (DNV, 2024, s. 8).

Bu araştırmanın genel konusu, yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara kıyasla insan ve çevre dostu yönlerini çeşitli verilerle ortaya koymak ve tüm birincil enerji kaynakları içerisinde son yıllarda yenilenebilir enerji türlerinin fosil yakıtlara oranla ne ölçüde ilerleme kaydettiğini incelemektir. Çalışmanın bir diğer odak noktası ise son yıllarda dünya genelindeki toplam fosil yakıt ve yenilenebilir enerji üretim ve tüketim miktarlarının karşılaştırmalı olarak analiz edilmesidir. Ayrıca, yenilenebilir enerji üretim alanlarında bazı ülkelerde sağlanan istihdam düzeylerine ilişkin veriler de araştırma kapsamına dâhildir. Araştırmanın temel sorusu, 2030 ve 2050'li yıllara doğru enerji tedarikinde fosil kaynakların mı yoksa yenilenebilir kaynakların mı hâkim konumda olacağıdır. Çalışmanın amacı ise yakın gelecekte yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam dünya enerji arzındaki paylarının yaklaşık olarak hangi oranlarda artacağına ilişkin bilimsel bir perspektif geliştirmektir. Bu hedef doğrultusunda, fosil yakıtların insanlığa ve ekosisteme verdiği zararlar, bu zararların nasıl bertaraf edilebileceği, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, son yıllardaki kapasite ve istihdam artışları kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Araştırma kapsamında tüm bu unsurlar birbirleriyle karşılıklı olarak analiz edilmiş ve gelecekte yeşil teknolojilerin etki gücü ile konumlarına ilişkin bilimsel literatüre katkı sağlayabilecek değerlendirmeler sunulmuştur.

1. REFAH BİR DÜNYA GELECEĞİ İÇİN YENİLENEBİLİR ENERJİNİN ÖNEMİ

İnsanoğlunun doğal yaşamı sürecinde yemek, içmek giyinmek ve barınmak temel yaşam gereksinimidir. Bu bağlamda günümüzde devletlerin ve milletlerin sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmalarının devamı için enerji de aynı temel yaşam gereksinimi dâhilindedir. İnsanın bir şeyler yapmak için iç dünyasındaki itici güç olan motivasyon kaynağı ne ise üretim ve tüketim araçlarının tedariki için enerji de odur.

Yenilenebilir ve yenilenemez gibi farklı birçok kaynaklardan sağlanarak, nesneleri hareket ettiren itici güç unsuru, enerji olarak tanımlanmaktadır. Günümüz modern dünyasında enerji, insan hayatının her alanında vardır. Her türlü üretim, tüketim, ithalat, ihracat ve sosyoekonomik döngü, çeşitli güç kaynaklarının sağlamış olduğu enerji ile gerçekleşmektedir. Bu güç kaynakları ise tükenebilir ve tükenemez olmakla birlikte, dönüştürülebildiklerine göre, kendi içinde birincil (primer) ve ikincil (sekonder) kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bunlar (Özbektaş, Şenel ve Sungur, 2023, s. 321):

Birincil (primer) enerji kaynakları olarak adlandırılan değişim ve dönüşüm aşamasından geçmemiş, doğrudan kullanılan; doğal gaz, kömür, nükleer enerji, petrol, hidroelektrik, rüzgâr, biyokütle, güneş, gel-git ve dalga enerjileridir.

İkincil (sekonder) enerji kaynakları olarak tanımlananlar ise yukarıda sayılan birincil kaynakların, çeşitli aşamalardan geçirilerek, dönüştürülmesi sonucunda elde edilen benzin, motorin, elektrik, petrokok, ikincil kömür, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve çeşitli hava gazlarıdır.

Tablo 1. Tükenebilir ve Tükenmez Kaynaklar

Tükenebilir Yenilenemez (Fosil) Kaynaklar		
Kömür	Petrol	Doğalgaz
Tükenebilir Yenilenemez Çekirdek Kaynaklılar		
Uranyum	Toryum	
Tükenmez (Yenilenebilir) Kaynaklar		
Güneş		
Biyokütle		
Rüzgâr		
Hidroelektrik ☐☐		
Jeotermal		
Hidrojen		
Dalga		
Gel-git		

Kaynak: Özbektaş vd., 2023, s. 323

Enerji güvenliği devletlerin ulusal ve uluslararası güvenliklerinin sağlanmasında çok büyük önem taşımaktadır. Bir devlet için 1 saatliğine yaşanabilecek enerji kesintisi, o devlet için milyonlarca belki de milyarlarca dolar, zarara yol açabilecek kadar güvenlik riskleri taşımaktadır. Özellikle sanayi devriminin başlangıcından itibaren fosil yakıtlara olan talep her geçen gün giderek artmaktadır. Fosil yakıtların çevre ve insan sağlığına verdiği zararlar sayılamayacak kadar çok fazladır. Bu kaynaklar dünyanın her yerinde mevcut olmadığından ithalatçı, ihracatçı ve transit ülkeler arasında, fosil yakıtlarının paylaşımı hususunda birçok savaşlar yapılmakta ve çeşitli bölgeler istikrarsızlaştırılmaktadır. Bu durum tabi olarak enerji bağımlılığı, karşılıklı bağımlılık ve enerji güvenliği gibi tehditlere sebebiyet vermektedir. Bir devletin ulusal ve uluslararası tehditlere karşı kendini savunabilmesi için öncelikle enerji güvenliğinin garanti altında olması gerekir. Aksi takdirde olası bir savaş ve kriz döneminde, enerji tedarikinde kesintilerin meydana gelmesi, ilgili ülkeyi yok olmakla karşı karşıya bırakabilir. Diğer taraftan demir, çelik, plastik, kâğıt, şişe, araba sanayisi ve savunma sanayisi gibi sektörler enerji yoğun sektörlerdir. Bu sektörlerde yaşanabilecek enerji kesintisi veya bu sektörler için gerekli enerjinin pahalıya ithal edilmesi, hayat pahalılığını arttıracak gibi işsizliğin ve yoksulluğun artmasına da sebep olabilmektedir. Günümüzde Avrupa ekonomilerinde durgunluğun yaşanmasının en önemli sebeplerinden biri, Rusya-Ukrayna savaşından dolayı, Rusya'dan gelen ucuz enerjinin yerini, ABD'den gelen pahalı enerjinin almasıdır. Bu sebeple bir devletin *enerji güvenliğinin garanti altına alınabilmesi için* aşağıdaki temel dinamikler yerine getirilmesi gerekir. Bu dinamikler çerçevesinde enerji;

- Güvenli kaynaklardan,
- Güvenli güzergâhlardan,
- Sürdürülebilir bir şekilde,
- Enerji türlerinin çeşitliliği arttırarak
- Makul fiyata (Hesaplılık) ve
- Depolama kapasitesi yüksel bir şekilde
- Öngörülebilir politikalarla tedarik edilmesi gerekir (Özalp, 2020, s. 41-50).

Tablo 2. Birincil ve İkincil Enerji Kaynakları

Birincil Kaynakları	(Primer)	Enerji	İkincil Kaynakları	(Sekonder)	Enerji
Petrol			İkincil Kömür		
Doğalgaz			Hava Gazı		
Kömür			Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)		
Nükleer			Perokok, Kok		
Biyokütle			Motorin, Benzin ve Elektrik		

Güneş

Rüzgâr

Hidrolik

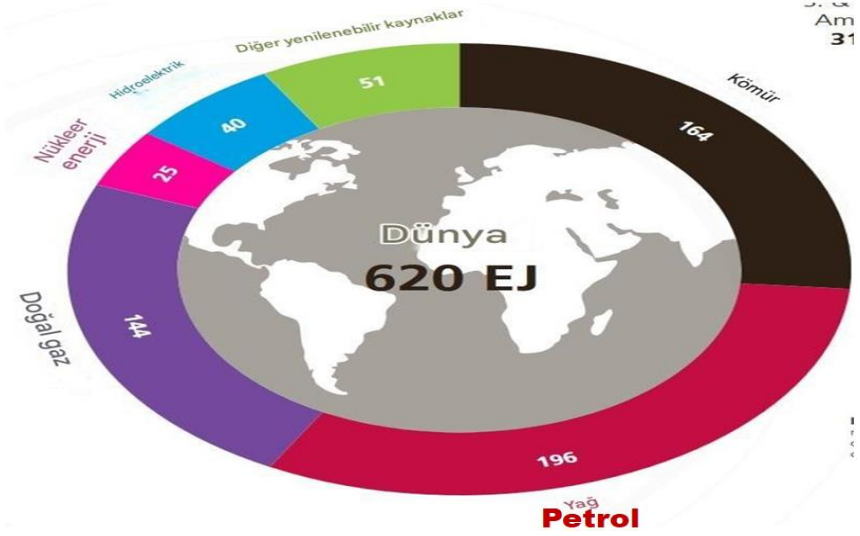
Gel-Git, Dalga □

Kaynak: Özbektaş vd., 2023, s. 323

İhtiyaç dışı enerjinin boşa harcanmaması, yani enerjinin idareli kullanılması anlamlarına gelen *enerji tasarrufu* konusunda, kamu kurum ve kuruluşları başta olmak üzere, tüm sivil toplum örgütlerinde ve halk düzeyinde farkındalık bilinci pekiştirilmelidir. Bununla birlikte kaliteden ve zamandan ödün vermeksizin aynı işin, daha az enerji tüketilerek yapılabilmesi hususunda, *enerji verimliliğine* yönelik çeşitli bilimsel, teknolojik çalışmaların sayısı artırılmalıdır (Özalp, 2020, s. 41-50). Yukarda sayılan tüm dinamikler, birlikte koordine edilerek ve eş güdümlü hareket edilerek *enerji güvenliği sağlanabilir*. Aksi takdirde bir devlet; gerek iç politikada gerekse dış politikada atmış olduğu adımlarda, bu dinamiklerden uzaklaştığı oranda, ortaya çıkabilecek *enerji güvensizliğine paralel olarak, o devletin, ulusal ve uluslararası güvenliği büyük tehditlerle karşı karşıya kalır*.

Şekil 1’de görüldüğü üzere 2023 yılında dünya toplam enerji tüketiminin %84’ü kömür, petrol ve doğalgaz gibi çevreyi kirleten fosil yakıtlardan karşılanmıştır (KPMG ve EI, 2024, s. 6). Bununla birlikte 2023’te toplam dünya elektrik tüketiminin %60’ı fosil yakıtlardan tedarik edilmiştir (KPM ve EI, 2024, s. 54). 2000-2023 yılları arasında fosil yakıtların toplam uluslararası ticareti %53 oranında artmıştır (KPMG ve EI, 2024, s. 10). 2023 yılında, küresel birincil enerji tüketimi bir önceki yıla oranla %2 artarak 620 EJ’ye ulaşmış olup, bunlar içerisinde, fosil yakıtlar küresel karbon salınımının yaklaşık %87’sine sebebiyet vermiştir (KPMG, EI, 2024, s. 12). Tüm bu veriler analiz edildiğinde *küresel fosil yakıt tüketiminin sürekli arttığı görülmektedir*.

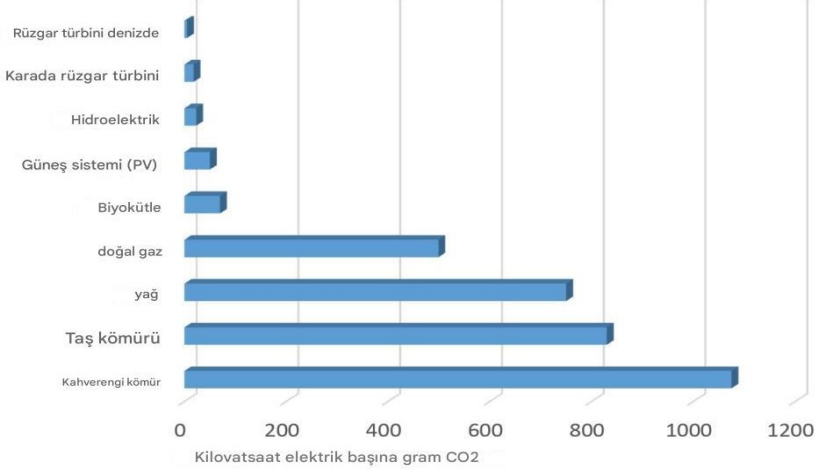
Şekil 1. 2023 Yılı Dünya Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı



Kaynak: KPMG ve EI, 2024, Statistical Review of World Energy ve The Energy Institute

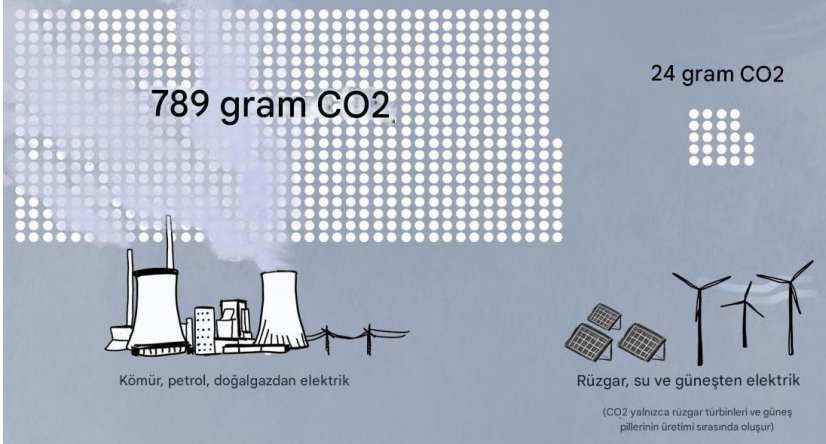
Alman düşünce kuruluşu Pindactica'nın verilerinden oluşturulan, aşağıda Şekil 2 ve Şekil 3'te de görüldüğü gibi fosil yakıtların, yenilenebilir enerji türlerine oranla, karbon emisyonu salınımları aşırı derecede çok yüksektir. Örneğin ortalama 1 kilovatsaat elektrik üretimi için kömür, petrol ve doğalgaz yakıldığında, yaklaşık 789 gram karbon emisyonu ortaya çıkmaktadır. Fakat aynı kilovatsaat elektrik güneş, rüzgâr ve su gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretildiğinde yaklaşık 24 gram karbon salınımı gerçekleşmektedir. 1 kilovat saat elektrik, yenilenebilir enerji kaynaklarından tedarik edildiğinde, fosil yakıtlara oranla neredeyse sıfıra yakın miktarlarda karbon salınımı meydana gelmektedir (Pindactica, 2024).

Şekil 2. Ortalama 1 Kilowatt Saat Elektrik Üretimi Esnasında Çıkan Karbon Emisyonu (gram)



Kaynak: Pindactica, 2024

Şekil 3. Ortalama 1 Kilowatt Saat Elektrik Üretimi Esnasında Çıkan Karbon Emisyonu (gram)



Kaynak: Pindactica, 2024

Özellikle kömür başta olmak üzer petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların aşırı tüketilmesi atmosferdeki karbon, azot ve metan gibi gaz bileşenlerinin miktarını arttırmaktadır. Karbon, azot ve metan gibi gazlar sıcaklığı tuttuklarından dolayı, küresel ısınma meydana gelmektedir. Normal şartlarda dünyada belirli miktarlarda var olan bu gazlar, sanayi devriminin başlangıcından itibaren fosil yakıt kullanımının aşırı artmasına paralel, sürekli çoğalmaktadırlar. Havadaki karbon emisyonlarındaki aşırı artış, küresel ısınmaya sebebiyet vermektedir. 1800’lerin sonunda İsveçli bir bilim insanı

olan Svante Arrhenius, atmosferde artan karbon miktarlarının, sıcaklığı bünyesinde hapsettiğini bilimsel olarak ispatlamıştır (Umweltbundesamt, 2021).

Günümüzde tüm üretim ve tüketim unsurları başta olmak üzere, tüm ithalat ve ihracat döngüsü enerji yoluyla sağlanmaktadır. *Tüketim çılgınlığı ve israfın sürekli artması* başta olmak üzere, nüfus artışı ve savaş ekonomilerinin finansmanı gibi birçok unsur enerjiye olan talebi tetiklemektedir. Bu talep ise Şekil 1’de de görüldüğü gibi %80’in üzerinde fosil yakıtlı kaynaklardan tedarik edilmekte ve bu tedarik ise insanın neslini tehdit etmektedir. Aşırı fosil yakıt tüketimine paralel olarak küresel ısınmada sürekli artışlar gözlemlenmektedir. Sık sık, bu yıl en sıcak temmuz ayını yaşadık şeklinde, her yıl aynı haberleri duymaktayız. Fosil yakıt kullanımının sonuçlarını özetleyecek olursak;

- Küresel ısınma, iklim değişikliğine sebebiyet vermektedir.
- İklim değişikliğinin sonucunda ise kutuplardaki buzullar eriyip okyanus ve denizlere karışmaktadır.
- Bunun sonucunda ise okyanus ve deniz seviyeleri yükselmekte, tuzlu sular tatlı surlara karışmaktadır.
- Aşırı fosil yakıt tüketiminin sonucunda iklim değişikliği kaynaklı insan yaşamına büyük tehditler oluşturan birçok çevresel bozulmalar ve çevresel felaketler meydana gelmektedir.
- Bu felaketler kuraklık, çölleşme, gıda güvensizliği, ani orman yangınları, sel, fırtına, erozyon, hortum ve göç tehditleri olarak kendini göstermektedir.
- Tüm bu tehditler devletler için kısa vadede milyonlarca, uzun vadede ise milyarlarca dolar zarara sebebiyet verebilmektedir.

2024 yılının Ekim ayında İspanya’nın Valensiya kentinde, aniden bastıran şiddetli yağış ve sel felaketi meydana gelmiştir. Bu felakette ölü sayısı 217’ye çıkarken, yaklaşık 4 bin 500 işletme ve 100 binden fazla araç hasara uğramıştır (Bolelli, 2024). Reuters’ın haberine göre, geçmiş yıllarda meydana gelen Helene Kasırgası’nda yaklaşık 250 milyar dolar, Milton Kasırgası’nda yaklaşık 100 milyar dolar ve Katrina Kasırgası’nda ise 200 milyar dolarlık büyük hasarlar oluşmuştur (İSO, 2024). Bu kasırgaların ana nedeni ise *fosil yakıt tüketimine paralel olarak artan, küresel ısınmanın tetiklediği, iklim değişikliğine bağlı, aniden ortaya çıkan aşırı hava felaketleridir*.

Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınma açısından çevre dostu olmakla birlikte, bu kaynakların sayılamayacak kadar avantajları bulunmaktadır. Bunlar (Günay ve Yıldırım, 2024, s. 69-70);

- Enerji bağımsızlığının sağlanmasında yenilenebilir enerji kaynakları hayati öneme sahiptir. Özellikle fosil yakıtlar bakımından zengin olmayan ülkeler, enerji güvenliklerini sağlayabilmeleri yolunda yeşil teknolojileri kullanarak, kendi ülkelerinde, kendi enerjilerini üretebilmektedirler. Bu durum dışa

bağımlılığı minimum seviyelere indirgeyeceği gibi çeşitli fiyat dalgalanmalarının da önüne geçebilecektir. Diğer taraftan enerji transit ülkelerine olan bağımlılık ortadan kalkmaktadır.

- Ekonomik tasarruf sağlamak açısından, yenilenebilir enerji türlerine yapılan yatırımlar uzun dönemde, fosil yakıtlara oranla daha az yatırım maliyetlerine sahiptir. Yenilenebilir enerji türlerinin (güneş, rüzgâr, su) hammadde olarak yakıt maliyetleri yoktur, kaynağı ise doğal yollardandır. Bu sebeple kurulum aşamaları ve bakım onarım aşamaları hariç, başka bir masrafları yoktur. Bu durum tabii olarak enerjinin daha ucuza tedarik edilmesini beraberinde getirmektedir.
- Enerjinin ucuzlaması her türlü üretim tüketim başta olmak üzere, her türlü ithalat ve ihracatın daha makul fiyatlara tedarik edilmesinin önünü açmaktadır.
- Yenilenebilir enerji sektöründeki istihdam oranları, fosil yakıtlara oranla daha yüksek ve güvenlidir. Çünkü kömür işletmesi madeni başta olmak üzere, tüm fosil yakıtların üretiminde, yüksek güvenlik riskleri vardır. İstihdam artışı tabi olarak, refah artışı da beraberinde getirmektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil kaynaklara oranla, kurulum aşamalarında ve işletme süreçlerinde çevreye daha az zarar vermektedir. Bu durum çevresel tahribat ve çevresel bozulmaları büyük oranda önlemektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırma ve geliştirme süreçleri, yapay zekâ başta olmak üzere, bilgi teknolojilerinin çok farklı alanlarını kapsadığından dolayı, rekabetçilik ve inovasyonun gelişimini yaygınlaştırmaktadır.
- Yeşil teknolojiler ve/veya yenilenebilir enerji teknolojilerini üretebilen ülkeler, bu teknolojileri ihraç ederek, kendi ülkelerinin döviz girdilerini arttırabilmektedirler.
- Yeşil teknolojilere ve/veya yeşil finansmanlara yapılan yatırımlar, uzun vadede ülkelerin sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınmalarının devamlılığını sağladığından, bu durum sürekli refah artışı beraberinde getirmektedir.
- Fosil yakıtlara ihtiyaç olmadığı için ihracatçı ve transit ülkelere olan bağımlılık azalmaktadır. Tabii olarak bunun sonucunda da fiyat istikrarı oluşmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının dezavantajları da vardır. Bu dezavantajların olumsuz etkileri minimum seviyelere indirgenebileceği gibi çeşitli teknolojik gelişmelerle birçoğu tamamen ortadan da kaldırılabilir. İlgili dezavantajlar aşağıda sıralanmıştır (Günay ve Yıldırım, 2024, s. 62):

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulabilmesi için ilk etapta sermaye ve yatırım finansmanına ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat yenilenebilir olsun veya olmasın tüm yatırımlar için sermayeye

ihtiyaç olduğu da unutulmamalıdır. Bu sebeple yenilenebilir için gerekli finansal harcamalar normal görülmelidir.

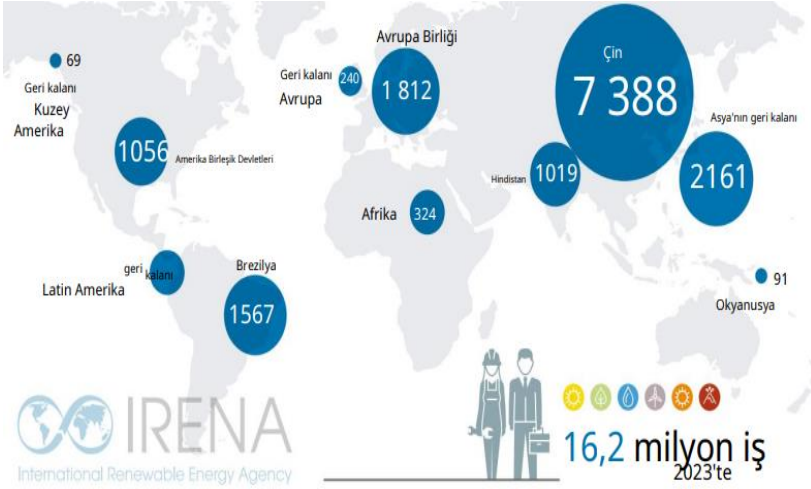
- Hava şartlarındaki dalgalanmalardan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi mevsimseldir. Yani her gün ve saat enerji üretilmemektedir. Bu durum ise mevsimsel fiyat dalgalanmalarına sebebiyet vermektedir. Fakat bu ise teknolojik gelişmelerle büyük enerji depolama sistemlerinin yapılmasının sonucunda, yazın bol olan güneş enerjisi, kış için depolanabilir. Veya benzer çözümler rüzgâr ve hidroelektrik için de geçerlidir.
- Rüzgâr türbinlerinin ve güneş panellerinin kurulması için tarım arazileri kullanılmaktadır. Bu olumsuzluğun önüne geçmek için kurulum yerleri daha özenle seçilip, ilgili bölgelerin tarım bakımından verimsiz ve atıl olan alanlarda konumlandırılmasına özen gösterilebilir.
- Hidroelektrik üretimi için gerekli barajların çevreye daha az zarar verecek şekilde inşa edilmesine de özen gösterilmelidir.

2. DÜNYA YENİLENEBİLİR ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Uluslararası Çalışma Örgütü ve Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA), “Yenilenebilir Enerji ve İstihdam” başlıklı 2024 yılı raporuna göre, 2022 ve 2023 yılları arasında yeşil istihdam alanlarında çalışan insan sayısı 13,7 milyondan, 16,2 milyona çıkarak,%18 oranında artmıştır (IRENA, 2024, s. 10). Rapora göre yeşil teknoloji alanında en çok istihdam oluşturan ilk 5 ülke sırasıyla Çin, AB, Brezilya, ABD ve Hindistan'dır.

Yeşil teknoloji alanlarında yaklaşık 7,39 milyon insanı istihdam eden Çin, dünya toplamının %46'sına sahiptir. 2021 ile 2023 yılları arasında özellikle güneş enerjisi alanında istihdamını yaklaşık 2 katına çıkaran AB, 1,81 milyona yakın insanı, yeşil iş sahalarında çalıştırmaktadır. Brezilya'daki yeşil istihdam sayısı yaklaşık 1,57 milyondur. Yeşil teknoloji ürünleri kapsamında ihracatından 3 katı daha fazla, ithalat yapan ABD'nin yeşil istihdamı ise yaklaşık 1,06 milyondur. Hindistan ise yaklaşık 1,02 milyon insana yeşil iş sahası sağlamaktadır (The World Economic Forum, 2024).

Şekil 4. Dünya Yenilenebilir Enerji Alanında İstihdamın En Fazla Olduğu İlk 5 Ülke ve Bölgeler Sıralaması



Kaynak: IRENA, 2024, s. 37

Çin'in 2014 ve 2023 yılları arasında toplam yenilenebilir enerjiye yaptığı yatırım 1.572 milyar ABD dolarıdır. Bu oran ABD'nin yenilenebilir enerjiye yaptığı yatırımın (550 milyar dolar) yaklaşık üç katı kadardır. Avrupa ise aynı yıllar arasında yenilenebilir enerjiye 785 milyar dolar yatırım yapmıştır (IRENA, 2024, s. 15).

Güneş enerjisi; güneşin merkezinde ortaya çıkan, hidrojen gazının helyuma, füzyon reaksiyonu sonucunda dönüşmesiyle meydana gelen güçlü ısı enerjisine denir. Güneş, direk ısı kaynağı olarak kullanılmakla birlikte, dolaylı yollarla elektrik enerjisine çevrilerek de güç kaynağı haline getirilebilmektedir. Güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesi sürecinde teknolojik olarak, konsantre güneş enerjisi sistemleri veya fotovoltaik hücreler kullanılmaktadır (Özbektaş vd., 2023, s. 333). Fotovoltaik hücrelerle güneş enerjisinden istifade edilmek istendiğinde, fotovoltaik etkiden yararlanılarak, ışık elektrik akımına dönüştürülür ve böylece elektrik enerjisi elde edilir. Konsantre güneş enerjisi sistemleri kullanılarak elektrik enerjisi elde edilmek istendiğinde ise bir takım teknolojik güneş takip sistemleri, aynalar ve lensler yardımıyla, geniş yüzeylerdeki güneş ışınlarının, daha küçük noktalarda toparlanması hedeflenir. Bu yolla ortaya çıkan ısı, bir elektrik güç jeneratörüne entegre buhar türbinini harekete geçirdikten sonra, elektrik enerjisi elde edilir (Özbektaş vd., 2023, s. 333). Güneş enerjisinin en büyük özelliği gündüzleri sınırsız olması ve geceleri hiç olmamasıdır. Bu durumda özellikle yaz ayları başta olmak üzere, gündüzleri mevcut olan güneş enerjisinin elektriğe çevrilerek, yeterli miktarlarda depolanabilmesine yönelik bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hızlanmasını elzem kılmaktadır. Pil, batarya ve çok büyük elektrik depolama teknolojilerine yönelik bilimsel, araştırma ve geliştirme çalışmalarının yürütülmesi çok önemlidir. Eğer

gündüzler başta olmak üzere yaz aylarında üretilen elektrik enerjisinin çok büyük miktarlarda depolanıp, geceleri ve kış aylarında tüketilebilmesine yönelik çok büyük bataryalar yapılabilirse enerji daha ucuza tedarik edilebilecektir. Bu durum tabii olarak devletlerin enerjiye dönük olarak daha bağımsız (ithalat bağımlılığı azalacak) hareket etmelerini sağlayacak olmakla birlikte, fiyat dalgalanmalarının da önüne geçecektir.

2023 yılında şebeke ölçekli pil elektrik depolama sistemine yönelik kapasite 56 GW'a çıkmış olmakla birlikte bu kapasitenin, ortalama %50'si Çin'de gerçekleşmiştir (KPMG ve EI, 2024, s. 54).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (International Renewable Energy Agency Archives) IRENA'nın verilerine göre, 2023 yılında, dünyada güneş enerjisi alanındaki istihdam sayısı 7,1 milyondur. Şekil 5te de görüldüğü gibi güneş enerjisi alanında en fazla istihdam sağlayan ülke 4,6 milyona yakın insanla Çin başı çekmektedir. Ardından 720 bin kişi ile AB gelirken, sırasıyla Hindistan (319 bin), ABD (279 bin) ve Brezilya'nın (264 bin), Çin'e oranla oldukça gerilerde olduğu görülmektedir.

Şekil 5. Dünyada Yenilenebilir enerji Sektörlerinin Türlerine Göre Yaklaşık İstihdam Sayıları (2023 Yılı)

	 Dünya	 Çin	 Brezilya	 Birleşik Devletler	 Hindistan	 Avrupa Birlik (AB 27)
 Güneş fotovoltaik	7 107	4 590	264	279	319l	720
 Sıvı biyoyakıtlar	2 803	60	994e	342 gr	35	150
 Hidroelektrik	2 324	788	177	68 saat	453	71
 Rüzgar enerjisi	1 457	745	80	131	52	282
 Katı biyokütle, c	765	200		47,4i	58	333
 Güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutma	681	514	51f	30	17	22
 Biyogaz	316	165			85	49
 Jeotermal enerji	160	94		9j		7
 Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi	118	98				5
Toplam	16 235d	7 388	1 567	1 056k	1 019	1 812

Kaynak: IRENA, 2024, s. 38

IRENA 2024 yılı raporuna göre oluşturulan şekil 6 incelendiğinde 2012-2023 yılları arasında toplam yeşil enerji alanında çalışan insan sayısında sürekli bir artış söz konusudur. Buna göre ilgili yıllar arasında toplam yeşil istihdam 7.3 milyondan, 16.2 milyona çıkmıştır. Yeşil istihdam içerisindeki en büyük pay ise güneş kaynaklı fotovoltaik ve güneş kaynaklı ısıtma/soğutma enerji sistemlerinde meydana gelmiştir. Buna göre 2012-2023 yılları arasında toplam güneş enerjisi alanındaki istihdam, 2.25 milyondan, 7.79 milyona çıkmıştır. Ardından ikinci sırayı, 2.40 milyondan, 3.88 milyona yükselişle bioenerji almıştır. Üçüncü sıralamada yer alan hidroelektrikteki artış ise 1.66 milyondan, 2.32 milyona çıktığı görülmektedir. Dördüncü sıralamada yer alan

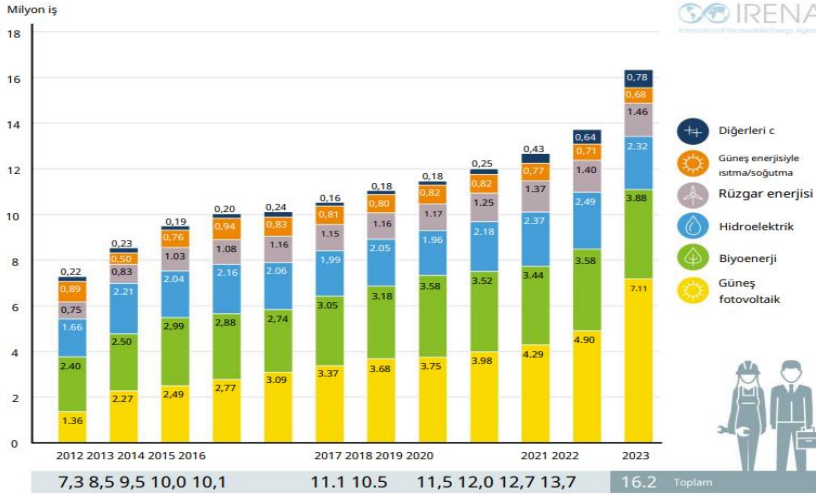
rüzgâr enerjisindeki istihdam da 0.75 milyondan, 1.46 milyona çıkmıştır. Arta kalan diğer türlerdeki artış ise 0.22 milyondan, 0.78 milyona yükselmiştir.

BP Dünya Enerji Görünümü 2024 yılı raporuna göre, dünyadaki rüzgâr ve güneş enerjisindeki üretim, 2019-2023 yılları arasında yaklaşık iki katına çıkmıştır. Özellikle güneş enerjisine yapılan yatırımların yoğunluk kazandığı ilgili yıllar arasında, güneş enerjisi alanındaki kurulum maliyetleri ortalama %60 oranında düşmüştür (BP, 2024, s. 8).

Norveç Uluslararası İlişkiler Enstitüsü'nden Indra Overland'ın, 96 ülkede 18 bin 400 üniversitede yaptığı araştırmada, üniversitelerin fosil yakıt odaklı eğitim ve öğretim faaliyetleri yerine, yenilenebilir enerji teknolojilerinin öğretilmesi ve geliştirilmesine yönelik gelişmeler araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, enerji alanında eğitim veren tüm üniversitelerin alt yapılarının %62'si fosil, %32'si ise yenilenebilir enerji kaynaklarının öğretimi ve geliştirilmesine yöneliktir. Yenilenebilir enerji alanındaki çalışmalar şimdiki mevcut hızı ile ilerlerse, 2107 yılına gelindiğinde, yenilenebilir enerji teknolojilerin eğitim ve öğretim faaliyetleri %100'e ulaşacaktır (İSO, 2024). Bu araştırmanın sonuçlarına göre dünya genelinde yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaşıp, istihdamının artması konusunda ve yenilenebilir teknolojilerden enerji üretimi hususunda, dünyanın çok çok gerilere olduğu anlaşılmaktadır. Devletler yenilenebilir teknolojilerin daha da ileri seviyelere çıkabilmesi için üniversitelerin akademik kadroları başta olmak üzere laboratuvar teknolojilerini yeniden yapılandırmaları gerekir. Geçmiş yıllarda fosil enerji şirketleri başta olmak üzere, devletler üniversitelerin alt yapılarını fosil yakıt teknolojileri odaklı finanse ettiler. Bu bağlamda dünyada çok büyük zihniyet değişikliğinin yaşanması gerekir. Ayrıca dünyada yenilenebilir enerji teknolojileri alanında çalışacak vasıflı eleman eksikliğinden dolayı, birçok enerji üretim tesisi kurulamamakta veya gelişmemektedir (İSO, 2024).

Yeniden Beceri Kazandırma Devrimi çerçevesinde, Dünya Ekonomik Forumu'nun 2030 yılına kadar 200 milyonun üzerinde, yeşil işlerde çalışabilecek şekilde insanı eğitmeyi hedefleyen, eğitim faaliyetlerine benzer çalışmaların hız kazanması gerekir (İSO, 2024). Bu bağlamda eğitim bakanlıkları, üniversiteler ve sivil toplum örgütleri birlikte hareket ederek farkındalık bilinci arttırılmalıdır.

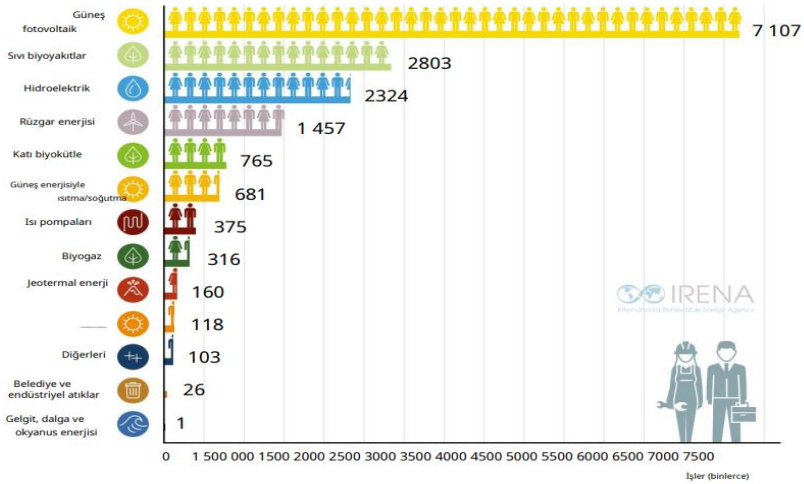
Şekil 6. 2012-2023 Yılları Arasında Dünyada Tüm Yeşil İş Alanlarındaki İstihdam Sayıları



Kaynak: IRENA, 2024, s. 19

2023 yılında küresel yenilenebilir enerji türlerine göre, tüm istihdam sayılarının grafiksel görünümü ayrıntılı olarak şekil 7’de toparlanmıştır. Buna göre: güneş fotovoltaikte 7.107 bin, sıvı biyoyakıtlarda 2. 803 bin, hidroelektrikte 2.324 bin, rüzgâr enerjisinde 1.457 bin, katı biyokütlede 765 bin, güneş enerjisiyle ısıtma/soğutmada 681 bin, ısı pompalarında 375 bin, biyogazda 316 bin ve jeotermal enerjide ise 160 bin kişi istihdam edilmiştir.

Şekil 7. 2023 Yılında Küresel Yenilenebilir Enerji Türlerine Göre İstihdam Sayıları



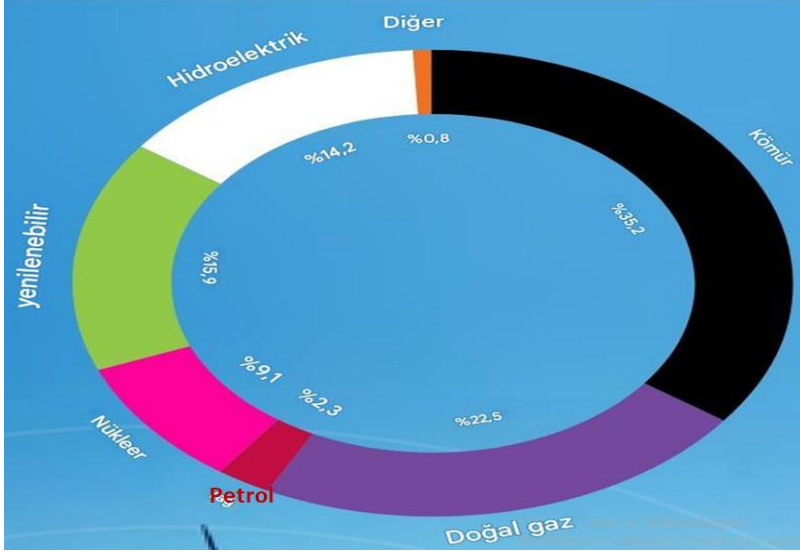
Kaynak: IRENA, 2024, s. 20

Güneşin, farklı zaman dilimlerinde yeryüzünün farklı alanlarını, farklı derecelerde ısıtmasının sonucunda; farklı nem, basınç ve sıcaklık değerleri ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklar alçak basınçtan, yüksek basınca doğru hava hareketleri oluşturmaktadır. Sıcaklık ve soğukluk değerlerinin değişmesiyle oluşan bu hava girişkenlikleri rüzgârı ortaya çıkartarak, rüzgâr enerjisinin oluşumuna olanak sağlamaktadır. (Özbektaş vd., 2023, s. 329). Klasik yel değirmenleri ve denizlerdeki gemilerin yelkenleri aracılığıyla yaygınlaşan, rüzgâr gücünün kullanımı yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Rüzgâr türbinlerinin, rüzgâr gücü (hareket halindeki hava akımları) ile döndürülmesi sonucunda, hareket halindeki hava, önce kinetik enerjiye, daha sonrada mekanik enerjiye dönüştürüp, ardından elektrik enerjisine çevrilmektedir (Özbektaş vd., 2023, s. 329). Rüzgâr türbinleri karada, denizde ve dağların yüksek tepelerine kurulabilmektedir. Bu yolla temiz, çevreye daha az zararlı, yenilenebilir enerji üretilebilmektedir. Çünkü dağların yüksek tepeleri genel olarak kullanılmayan atıl bölgelerdir.

Dünya elektrik üretimi 2022-2023 yılları arasında %2,5 yükselerek, 29.925 TWh ulaşmıştır. Dünya toplam birincil enerji tüketiminden %25 daha fazla, artan elektrik üretimi, dünyadaki elektrikle çalışan işletme ve arabaların sayısının hızla arttığını göstermektedir. 2023 yılında Orta Doğu ve Asya Pasifik'teki elektrik talebi ortalama %5 yükselirken, Avrupa'daki talep %2,4 ve Kuzey Amerika'daki talep ise %1 düşmüştür (KPMG ve EI, 2024, s. 54). 2023 yılında dünyada üretilen toplam elektriğin %60'ı fosil yakıtlardan sağlanmıştır.

Şekil 8, 2023 yılında üretilen toplam dünya elektriğinin, farklı enerji kaynaklarına göre, yüzdelik dağılımlarını göstermektedir. Şekil 8'e göre fosil yakıtlar dünya elektrik üretiminde önemli bir paya sahip olmakla birlikte, kömürün oranı %35.2 ile birinci sıradadır. İkinci sırada ise %31,1 ile yenilenebilir kaynaklar takip etmektedir. Fosil yakıt olan doğalgaz da %22.5'lik oranla üçüncü sırada yer almaktadır. Daha sonra da sırasıyla nükleer (%9.1), petrol (%2.3) ve diğer kaynaklar (%0.8) gelmektedir.

Şekil 8. 2023 Yılında Dünya Toplam Elektrik Üretimini Farklı enerji Kaynaklarına Göre Yüzdelik Dağılımları



Kaynak: KPMG ve EI, 2024, s. 54

2023 yılında dünya toplam enerji arzı içerisinde, yenilenebilir enerji arzının artışı %5 oranında gerçekleşmiştir. Aynı yılda toplam enerji arzının %12'si yenilenebilir kaynaklardan tedarik edilmiştir. 2023 yılında dünya gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) yaklaşık %1'i oranında (750 milyar dolar) yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılmıştır. Aynı yıl dünya toplam güneş fotovoltaik modüllerinde %76 ve rüzgâr türbinleri de ise %22 oranında enerji üretim artışı gerçekleşmiştir. 2023 yılında dünya toplam yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi, 560 gigawattın (GW) üzerine çıkmıştır. Özellikle Çin'deki fotovoltaik sistemlerdeki kurulu güçte, 2023 yılında %60 oranında yükseliş gerçekleşmiş olmakla birlikte, 2024 yılında 670 GW'ye ulaşması beklenmektedir (IEA, 2024, s. 103). Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2023 yılı yenilenebilir enerji raporuna göre; 2028 yılına kadar dünya toplam yenilenebilir enerji kapasitesinin, 7 bin 300 GW'ye çıkması öngörülmektedir. Bununla birlikte Rapor, 2030 yılı için COP28'de hedeflenen, 11. Bin GW'ye ulaşmanın da mümkün olduğunu vurgulamaktadır. Fakat bu hedefin önünde, ülkeden ülkeye ve bölgeden bölgeye farklılıklar gösteren, birçok zorlukların olduğu rapor tarafından belirtilmektedir. Bu zorluklar (IEA, 2023, s. 7):

- Çeşitli belirsizliklere bağlı ekonomik istikrarsızlıklar ve geciken politik belirsizlikler,
- Elektrik başta olmak üzere, yenilenebilir teknolojilere yönelik alt yapı eksikliklerinin zamanında giderilememesi ve bu alanlardaki yatırım eksikliği,
- Bürokratik engellemeler ve bürokratik iş yoğunluğu gibi çeşitli prosedürler karmaşası,

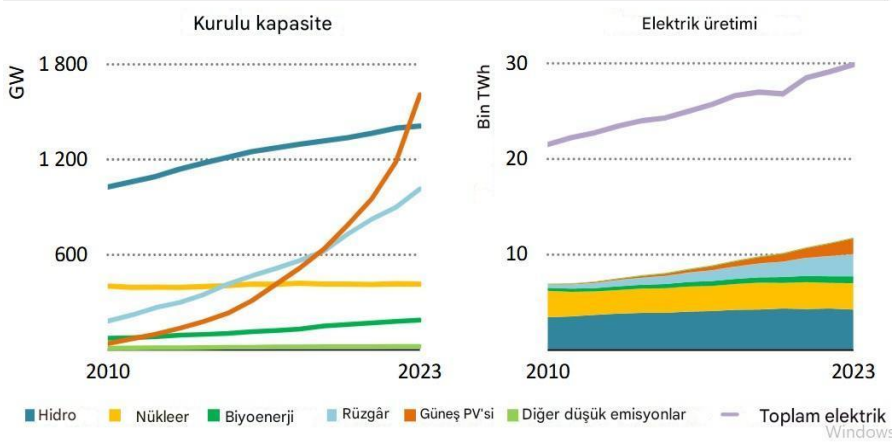
- Gelişmiş ülkelerin, gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelere yeterli desteği sağlamamalarından kaynaklanan finansal yetersizliklerdir.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA), 2024 yılı Dünya Enerji Görünümü raporuna göre 2010-2023 yılları arasında dünya toplam elektrik talebi, toplam dünya yenilenebilir enerji üretiminden daha fazla artmıştır (IEA, 2024, s. 46). 2010-2023 yılları arasında dünya yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi ve elektrik üretimine ilişkin değerler Şekil 9'da görülmektedir. IEA'nın, şekil 9'daki verileri incelendiğinde; 2010-2023 yılları arasında güneş enerjisine dayalı, dünya toplam kurulu güç kapasitesi 40 kat, rüzgâr 6 kat, biyoenerji 2,5 kat ve hidroelektrik ise 1,4 kat artmıştır.

Dünya toplam elektrik talebinin, üretimden fazla olmasının sonucunda ise şekil 8'de de görüldüğü gibi elektrik üretiminin %60'ının fosil yakıtlardan karşılanmasına sebep olmuştur. Bu durum yenilenebilir enerji kaynakları başta olmak üzere tüm yeşil teknolojilere daha fazla yatırım yapılması gerektiğini göstermektedir. Aksi takdirde insan yaşamını tehdit eden küresel ısınmaya bağlı, iklim değişikliği kaynaklı, küresel tehditlerin bertaraf edilmesi mümkün değildir.

2023 yılında dünya toplam yenilenebilir enerji yatırımları 680 milyar ABD doları olarak gerçekleşmiş olup, 2024'da 850 milyar dolara çıkması tahmin edilmektedir (IEA, 2024, s. 47). 2023 yılında yenilenebilir enerji kapasitesi yaklaşık 560 gigawatt (GW) artmıştır. Aynı yıl küresel enerji talebindeki artış ise %2 olarak gerçekleşmiştir. IEA'nın tahminlerine göre 2025 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yaklaşık 2 trilyon yatırım yapılması öngörülmektedir. Bu rakam, fosil yakıtlara yatırılan miktarın yaklaşık iki katıdır. Fakat 2023 yılında karbon emisyon salımındaki yükseliş rekor seviyeye ulaşmıştır. Sebebi ise aynı yıl içinde toplam enerji talebindeki artışın üçte ikisi fosil kaynaklardan tedarik edilmiştir (IEA, 2024, s. 67).

Şekil 9. 20210-2023 Yılları Arasında Dünya Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Kapasitesi (GW) ve Elektrik üretimi (Bin TWh)



Kaynak: IEA, World Energy Outlook, 2024, s. 46

IEA'nın 2024 yılındaki raporuna göre, dünya ekonomisi 2050 yılına kadar her yıl yaklaşık %2,7 oranında büyüyecek olmakla birlikte, bugün 8 milyardan fazla olan dünya nüfusunun 2050'de 9,7 milyara yükselmesi öngörülmektedir (IEA, 2024, s. 67). Savaşlardaki artış başta olmak üzere; kentleşme, nüfus artışı ve sanayileşme gibi birçok sektörlerdeki artışa paralel olarak, dünya toplam enerji talebi de hızla artacaktır. Toplam küresel karbon emisyonlarının %85'ini enerji sektörü oluşturmaktadır. 2023 yılında enerji sektörü kaynaklı karbon emisyon oranı, %1,3 artarak 37,7 gigatona (Gt) ulaşmış, rekor seviyeye çıkmıştır (IEA, 2024, s. 71).

Bu senaryo tüm devletler başta olmak üzere, tüm sivil toplum örgütlerinin ve halkların üretim ve tüketim alışkanlıklarında, değişikliğe gitmeleri gerektiğini vurgulamaktadır. Diğer bir tabirle enerji tüketimine ilişkin doğrudan veya dolaylı her alanda, enerjinin etkin, verimli, idareli, tasarruflu kullanılmasına yönelik, halklarda farkındalık bilinci oluşturulup, gerekli önlemler ivedilikle hayata geçirilmelidir. Aksi takdirde fosil yakıt tüketimi daha fazla artacak olup, dünya nefes alamaz konuma hapsolacaktır.

Hidroelektrik enerjisi; suyun belirli yükseklikten aşağı düşmesi sonucunda, su gücünden faydalanılarak türbinlerin döndürülmesi ve ardından oluşan potansiyel enerjinin, kinetik enerjiye çevrilmesiyle hidroelektrik enerjisi meydana gelmektedir. 2023 yılında toplam yenilenebilir elektrik üretimi içinde hidroelektriğin oranı %51,2'dir. Küresel yenilenebilir hidroelektrik kapasitesi ise 1.265 GW'dir (IRENA, 2024, s. 26). Küresel ısınma sonucunda meydana gelen kuraklıktan dolayı, baraj ve nehirlerin su seviyeleri düşmektedir. Azalan su kaynakları ve şiddetli kuraklıktan dolayı, dünyada hidroelektrik enerjisine yönelik üretim kapasiteleri her geçen yıl azalmaktadır.

3. DÜNYA YENİLENEBİLİR ENERJİ GÖRÜNÜMÜNÜN GELECEĞİNE YÖNELİK PERSPEKTİFLER

DNV Enerjinin 2024 yılı raporuna göre, 2050 yılına kadar birincil enerji tüketimi içerisinde güneşin payının %18'e ulaşarak, 12 kat artış sağlayacağı ön görülmektedir. Raporun devamında rüzgârın birincil enerji arzından %10'luk pay alarak, 6 kat artacağı beklenmektedir. Bununla birlikte raporun devamında 2050 yılına gelindiğinde, dünya toplam elektrik üretiminin %44'dünün güneşten, %28'inin de rüzgârdan sağlanacağı tahmin edilmektedir. 2050'de toplam birincil enerji üretiminde yenilenebilir toplam kaynakların oranının %50'ye kadar çıkacağı vurgulanmaktadır (DNV, 2024, s. 8). IRENA 2024 verilerine göre, 2023 yılında dünya toplam rüzgâr enerjisi kurulu güç kapasitesi 115 GW'ye ulaşarak rekor seviyeye çıkmıştır (IRENA, 2024, s. 24).

Tablo 3. 2021-2023 Yılları Arasında Küresel Birincil Enerji Tüketiminde Enerji Kaynaklarının Oranları %

Yıllar	Petrol	Kömür	Doğalgaz	Yenilenebilir	Nükleer
2021	%31	%26,9	%24,5	%13,5	%4,2
2022	%31,6	%26,7	%23,5	%14,2	%4
2023	%31,6	%26,5	%23,2	%14,7	%4

Kaynak: Pawlik Victoria, 2024a

Son yıllarda dünya toplam birincil enerji üretimi ve tüketimine ilişkin Statista'nın 2024 verilerine göre hazırlanan Tablo 3 ve Tablo 4 detaylı bir şekilde analiz edildiğinde, fosil yakıt arz ve taleplerinde önemli oranda değişmelerin meydana gelmediği görülmektedir. Örneğin Tablo 4 incelendiğinde 2015 yılında dünya toplam petrol, kömür ve doğalgaz tüketim oranları sırasıyla %31,7, %28,1 ve %21,6 olarak gerçekleşmiştir. Aynı tabloya göre petrol, kömür ve doğalgazın 2023 yılı tüketim oranlarına bakıldığında bu oranların, %30, %27 ve %21 seviyelerinde yaklaşık olarak sabit kaldığı sonucuna ulaşılmaktadır.

2021-2023 yılları arasında küresel birincil enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranlarına yer verilen, Tablo 3 ele alındığında, yenilenebilir enerji tüketiminde ciddi bir yükselmenin olmadığı görülmektedir. Aynı tabloya göre 2021 yılında dünya toplam yenilenebilir enerji tüketiminin, dünya toplam enerji tüketimi içerisindeki payı %13,5 iken, bu pay 2023 yılında 14,7'ye çıkmıştır. Özetle ilgili yıllar arasındaki toplam yenilenebilir enerji tüketimindeki artış %1,2 gibi oldukça asgari bir orandır.

Diğer taraftan Rusya-Ukrayna savaşının başlamasının ardından yaşanan karşılıklı yaptırımlar sonucunda, Rusya ve Avrupa arasındaki enerji ithalat ve ihracatı minimum seviyelere inmiştir. Bu durum takip eden yıllarda başta Avrupa olmak üzere, tüm dünya genelinde kömüre olan talebi arttırmış olmakla birlikte, nükleer enerjinin yenilenebilir enerji kapsamına dâhil edilmesi süreçlerini başlatmıştır. Savaş öncesinde yani 2011 yılında,

Japonya’da meydana gelen Fukuşşima nükleer faciasında, birçok devlet nükleer çalışmalarını askıya almıştır. Rusya-Ukrayna savaşının başlangıcından itibaren nükleer enerjinin kullanımına yönelik olumlu senaryolar ortaya çıkmıştır. Fakat Tablo 3 incelendiğinde, dünya toplam enerji tüketimi içerisinde, son yıllarda nükleerin payında yükselme meydana gelmemiştir. Tablo 4’e göre dünya toplam birincil enerji tüketimi içerisinde nükleerin payı, 2021 yılında %4,2’ilen, 2023 yılında %4’e düşmüştür.

Tablo 4. 2015-2023 Yılları arasında Dünya Toplam Enerji Arzında Kaynakların Oransal Dağılımları (%)

Yıllar:	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2022	2023
Petrol	%31,7	%31,9	%32	%31,6	%30,9	%29,3	%30	%30
Kömür	%28,1	%27,1	%27,1	%26,9	%26,8	%26,5	%27	%27
Doğalgaz	%21,6	%22,1	%22,2	%22,8	%23,2	%23,4	%23	%21
Hidroelektrik	%2,5	%2,5	%2,5	%2,5	%2,5	%2,5	%2	%2
Biogaz	%9,7	%9,8	%9,5	%9,3	%9,4	%10,7	%11	%10
Güneş						%0,9	%1	%1
Rüzgâr						%1	%1	%1
Nükleer	%4,9	%4,9	%4,9	%4,9	%5	%4,9	%5	%5

Kaynak: Pawlik Victoria, 2024a

Statista’nın verilerinden hazırlanan Tablo 3 ele alındığında son yıllarda dünya toplam yenilenebilir enerji üretiminde sürekli bir artış söz konusudur. Bu çerçevede 2012 yılında dünya toplam yenilenebilir enerji üretimi 4.745 trawatt saatten, 2022 yılında 8.440 trawatt saate çıkmıştır. Özetle ilgili yıllar arasında dünya toplam yenilenebilir enerji üretiminde önemli oranda artış gerçekleşmişti.

Enerji alanında dünyanın önde gelen düşünce kuruluşlarından EMBER’in 2024 yılı raporuna göre, 2023 yılında dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminde rekor seviyeye ulaşılmış, dünya toplam elektrik üretiminin %30’u ve Türkiye toplam elektrik üretiminin %42’si yenilenebilir kaynaklardan tedarik edilmiştir. 2023’te dünya toplam elektrik üretiminin %40’ı nükleerle birlikte düşük karbonlu, yenilenebilir kaynaklardan üretilmiştir (EMBER, 2024a). EMBER’in verilerine göre, 2023 yılında dünyada:

- Güneşten elektrik üretimindeki artış %23,
- Rüzgârdan elektrik üretimindeki artış %10 ve
- Fosil yakıtlardan elektrik üretimindeki artış ise %0,8’dir.

Tablo 5. 2012 ve 2022 Yılları arasında Dünya Toplam Yenilenebilir Enerji Üretimi (Trawatt Saat)

Yıllar	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Trawatt Saat	4.745	5.039	5.304	5.512	5.869	6.237	6.634	6.994	7.458	7.873	8.440

Kaynak: Pawlik Victoria, 2024b

Tablo 6 ve Tablo 7 birlikte karşılaştırılarak analiz edildiğinde, dünyada yenilenebilir enerji üretim ve tüketim oranları bakımından en yüksek ilk 7 ülke sırasıyla Çin, ABD, Brezilya, Kanada, Hindistan, Almanya ve Japonya'dır. Buna göre 2023 yılında üretilen toplam 8.440 trawatt saatlik yenilenebilir enerjinin sırasıyla 30,6'sını Çin, 12,2'sini ABD, 7,7'sini Brezilya 4,5'ini Kanada tüketmiştir. Aynı yıl içerisinde Türkiye ise dünyada üretilen toplam yenilenebilir enerjinin %1,5'ini tüketmiştir.

EA'nın 2023 yılı Dünya Enerji Görünümü başlıklı raporuna göre, 2030 yılı için enerji alanında dünyada aşağıdaki gelişmelerin yaşanacağı öngörülmektedir. Bunlar (Damyan, 2023):

- Elektrikli araç sayısı dünya genelinde yaklaşık 10 katı artacak.
- 2022 yılında ABD'de üretilen toplam elektrikten, daha fazlasını solar paneller 2030 yılına gelindiğinde tek başına üretebilecek konuma ulaşacaklardır.
- Dünya toplam elektrik üretimi içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı %50'ye çıkacaktır.
- 2030 yılına kadar yeni ilave edilecek, tüm enerji tedarik kapasitelerinin %80'ini yenilenebilir kaynaklar oluşacak ve bu yatırımların yarından fazlası güneş enerjisi alanında meydana gelecektir.
- Elektrikli birçok ısıtma sistemleri başta olmak üzere Isı pompaları dünya genelinde fosil yakıtlı kazanların önüne geçecektir.
- Denizler üzerinden rüzgâra dayalı elektrik enerjisi üretim tesisleri alanında, gaz ve kömür santrallerine oranla, üç kat daha fazla yatırım yapılacaktır.
- Günümüzde dünya toplam enerji arzı içerisinde %80'in üzerinde olan fosil yakıtların oranı, 2030 yılına gelindiğinde %73'e inecektir.

Tablo 6. 2023 Yılında Bazı Ülkelerin Dünya Toplam Yenilenebilir Enerji Tüketimi İçerisindeki Oransal (%) Dağılımları

Ülkeler	Çin	ABD	Brezilya	Kanada	Hindistan	Almanya	Japonya
Oranlar	30,6	12,2	7,7	4,5	4,2	3,1	2,4
Ülkeler	Rusya	İngiltere	İspanya	Fransa	Norveç	Türkiye	Diğerleri
	2,2	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	25,2

Kaynak: Pawlik Victoria, 2024c

2023 yılında yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi en yüksek olan ilk 10 ülkeyi gösteren Tablo 7’de görüldüğü gibi yenilenebilir enerji teknolojileri alanında Çin dünyada açık ara öndedir. 2023 yılda 1.454 gigawat saatlik toplam yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesine sahip olan Çin, aynı yılda yenilenebilir enerji teknolojileri alanında dünyada en fazla istihdam sağlayan ülkedir. Bu çerçevede IRENA raporuna göre Çin, 2023 yılında 7 milyon 388 bin kişiye, yenilenebilir enerjiden elektik üretimine ilişkin sektörlerde istihdam sağlamıştır (IRENA, 2024, s. 27). EMBER’in yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimine ilişkin yayınlamış olduğu 2024 yılı raporuna göre, yenilenebilir kaynakların geleceğine yönelik oldukça iyimser senaryo söz konusudur. Bu senaryoya göre:

“Güneş ve rüzgârın öncülük ettiği temiz elektrik üretimindeki artış daha şimdiden, fosil yakıt üretim artışının son on yılda neredeyse üçte iki oranında yavaşlamasına yardımcı oldu. Dolayısıyla dünya ekonomilerinin yarısı için, fosil yakıtlardan elektrik üretimde tepe noktasının görülmesinin üzerinden en az beş yıl geçti. Toplu olarak, elektrik sektörü emisyonlarında zirveyi 2007’de gören ve o tarihten bu yana %28 düşüşe şahitlik eden OECD ülkeleri bu konuda öncülük ediyor” (EMBER, 2024b).

Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) 2015 yılından günümüze kadar icra direktörlüğünü yapmakta olan, Fatih Birol’un yenilenebilir enerji ve yeşil teknolojilerin geleceğine yönelik yapmış olduğu aşağıdaki analiz oldukça önemlidir. Bu bağlamda Fatih Birol, şirketlerin, hükümetlerin ve tüm sivil toplum örgütlerinin, yenilenebilir teknolojiler alanında ne yapmaları ve nasıl bir pozisyon almaları gerektiğine ilişkin aşağıdaki tespitleri vurgulamıştır. Bunlar:

“Temiz enerjiye geçiş dünya çapında gerçekleşiyor ve bu durdurulamaz. Bu bir ‘eğer’ sorusu değil, sadece ‘ne kadar yakında’ sorusu – ve ne kadar erken olursa hepimiz için o kadar iyi. Hükümetlerin, şirketlerin ve yatırımcıların temiz enerji geçişlerini engellemek yerine arkalarında durmaları gerekiyor. Yeni endüstriyel fırsatlar ve istihdam, daha fazla enerji güvenliği, daha temiz hava, evrensel enerji erişimi ve herkes için daha güvenli bir iklim gibi muazzam faydalar söz konusu. Günümüzde geleneksel enerji piyasalarında süregelen gerginlik ve dalgalanmalar dikkate alındığında, petrol ve gazın dünyanın enerji ve iklim geleceği için güvenli ya da emniyetli seçenekleri temsil ettiği iddiaları her zamankinden daha zayıf görünüyor (Damyan, 2023).”

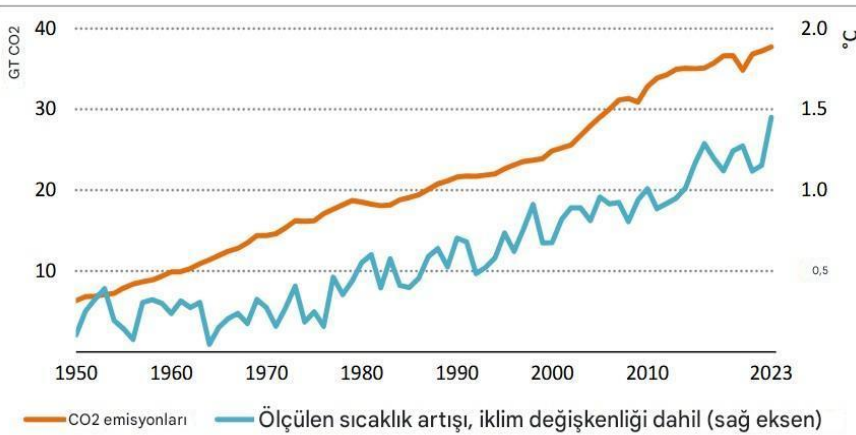
“Her ülkenin kendi yolunu bulması gerekiyor, ancak temiz enerji geçişlerini hızlandırmak için uluslararası iş birliği çok önemli. Özellikle emisyonların azalma hızı, büyük ölçüde dünyanın hızla büyüyen ekonomilerinin artan enerji talebini karşılamak için sürdürülebilir çözümleri finanse etme becerimize bağlı olacaktır. Tüm bunlar, iş birliği ve yardımlaşmadan geri adım atmanın değil, bunları iki katına çıkarmanın hayati önemine işaret ediyor” (Damyan, 2023).

Tablo 7. 2023 Yılında Yenilenebilir Enerji Kurulum Kapasitelerine Göre Dünyada En Önde Gelen Ülkeler (Gigawatt)

Çin	ABD	Brezilya	Hindistan	Almanya	Japonya	Kanada	İspanya	Fransa	İtalya
1.454	388	194	176	167	127	109	80	69	65

Kaynak: Pawlik, 2024d

Dünya genelindeki toplam enerji üretim, tüketim ve kurulu güç kapasiteleri birlikte ele alındığında, özellikle son yıllarda yenilenebilir enerjinin kullanımına yönelik çok ciddi artışlar var. Hızlı nüfus artışı, üretim ve tüketimdeki artışlar başta olmak üzere, savaş sanayisindeki yoğun enerji tüketimi, dünya toplam enerji talebini yükseltmektedir. Bu yükseliş içerisinde yenilenebilir enerjinin artış oranları neredeyse kaybolmaktadır. Diğer bir ifadeyle yenilenebilir enerji türlerindeki tüketim artışına paralel olarak, fosil yakıt tüketimleri de artmaktadır. Bu durumun en belirgin bir şekilde görüldüğü, şekil 10 incelendiğinde dünyanın büyük felaketlere sürüklendiği sonucuna varılmaktadır.

Şekil 10. 1950-2023 Yılları Arasında Dünya Toplam Karbon Emisyonları ve Sıcaklık Artışları**Kaynak:** IEA, 2024, s. 72

2023 yılında dünya elektrik talebi 627 TWh artarak (EMBER, 2024), rekor seviyeye çıkıp 29.925 TWh'te ulaşmıştır (KPMG ve EI, 2024, s. 54). Bu artışın bir önceki yıla oranı ise %2,2'dir. 2023 yılında tüketilen elektriğin yaklaşık %50'dan fazlası ısı pompaları, elektrolizörler, elektrikli araçlar, veri merkezleri ve klimalarda kullanılmıştır. ENBER raporuna göre bu teknolojilerin yaygınlaşması, elektrik talebine olan ihtiyacı arttıracaktır. Fakat dünya genelinde hızla artan elektrifikasyon süreçleri, fosil yakıtlardan çok daha verimli olduğu için toplam enerji talebinin düşeceği vurgulanmaktadır (EMBER, 2024b).

Fosil yakıt kullanımının artışına paralel olarak artan, dünya toplam karbon emisyonu 2022'de %1, 2023'te ise %1,3 oranında artarak rekor

seviyeye çıkmıştır. 2023 yılında enerji sektörü kaynaklı dünya toplam karbon emisyonu 37,7 gigaton (Gt) olarak gerçekleşmiştir. Bunun 15,7 gigatonunu kömürden, 11,3 gigatonunu petrolden ve 7,5 gigatonunu ise doğalgaz tüketiminden kaynaklanmıştır. Geriye kalan 3,2 gigaton değerindeki karbon salınımı ise yenilebilir enerji kaynaklarıyla birlikte diğer kaynaklar sebepli ortaya çıkmıştır (IEA, 2024, s. 104). EMBER'in verilerine göre 2023 yılında kömür madenlerinden 40 Milyon ton metan gazı sızmıştır (EMBER, 2024b).

Şekil 10 incelendiğinde 1950-2023 yılları arasındaki sıcaklık değerlerini gösteren mavi zikzaklı çizginin yukarı yönlü uzun vadede sürekli yükseldiği görülmektedir. Bu yükseliş fosil yakıt tüketimindeki sürekli artışın kanıtıdır. Sebebi ise aynı şekilde karbon emisyon oranlarının doğrusal yönde, yaklaşık sürekli yükseldiği görülmektedir. Her iki çizgi birbiri ile paralel yönde yükselmektedir. Çünkü her iki çizginin birbiri ile neden sonuç ilişkisi vardır. Özetle fosil yakıt tüketimi eşittir, küresel ısınma ve buna bağlı olarak karbon emisyonlarının artışı demektir. Şekil 10, dünyada yenilenebilir enerjinin üretim ve tüketimine yönelik, kayda değer oranda şimdilik, istenilen gelişmelerin henüz gerçekleştirilemediğini göstermektedir. Ayrıca Paris İklim Antlaşması'nın temel hedefi olan, küresel sıcaklık artışını, 1,5 derece ile sınırlama hedefinden giderek uzaklaşıldığı görülmektedir.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı UNEP'in, Emisyon Açığı 2024 raporuna göre, Paris İklim Anlaşması'nda belirtilen, 1,5 derecelik hedefe ulaşılabilmesinin mümkün olduğu ifade edilmektedir. Rapor bu hedefe ulaşılabilmesi için 2030'a kadar devletlerin toplam sera gazı emisyonlarını yaklaşık %42 ve 2035'e kadar da yaklaşık %57 oranında düşürmeleri gerektiğine dikkat çekmektedir. Bunun için dünya genelinde karbon emisyonu, her yıl yaklaşık %7,5 oranında azalması gerekir. Aksi takdirde 2100 yılına yaklaşıldığında, dünya sıcaklığının ortalama 2,6 ile 3,1 derecelere kadar çıkabileceğine dair felaket senaryolarına vurgu yapılmaktadır (İSO, 2024).

Sonuç

Aşırı fosil yakıt tüketimine paralel olarak artan küresel ısınma, iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliğine bağlı meydana gelen sel, fırtına, erozyon, hortum ve orman yangınları gibi aniden ortaya çıkan aşırı hava olayları, bazen milyonlarca bazen de milyarlarca dolar hasarlara yol açmaktadır. Küresel ısınma sunucunda buzulların erimesi tuzlu okyanus ve deniz sularının, tatlı sulara karışması, kuraklık ve çölleşme sonucunda toprakların verimsizleşmesi çevresel tahribat ve çevresel bozulmalara sebebiyet vermektedir. Tüm bu olumsuz senaryolar kısa, orta ve uzun vadede birleştiğinde; özellikle Asya Pasifik, Afrika ve Orta Doğu başta olmak üzere, dünyanın birçok bölgesinin insanlık açısından yaşanamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Gıda güvensizliği, çölleşme, kuraklık ve toprakların verimsizleşmesi gibi sebepler çeşitli ülkelerde sosyal, ekonomik ve siyasal istikrarsızlıklarla bütünleşince, Orta Doğu ve Afrika'da olduğu gibi iç savaşlar

ortaya çıkmaktadır. Tüm yaşanan bu olumsuz vakalar sonucunda insanlar göç etmek zorunda kalmaktadırlar.

Özetle kömür, petrol ve doğalgaz tüketimine paralel olarak aratan enerji talebi, karbon salınımını arttırmakta ve artan bu karbon salınımı ise çevresel tahribat ve bozulmaları beraberinde getirdiği için 21. yüzyılın en büyük problemlerinden olan göç tehdidi günümüzde baş göstermiştir.

Yaklaşık 1 kilowatt saatlik elektrik enerjisi petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan elde edilmek istendiğinde ortaya çıkan karbon miktarı 789 gramdır. Aynı miktarda enerji rüzgâr, güneş ve sudan elde edilmeye çalışıldığında meydana gelen karbon miktara ise yaklaşık 24 gramdır.

Çevresel bozulmaların, çevresel tahribatların çok büyük oranda önüne geçebilmek ve insanlığın daha yaşanabilir bir dünyada hayat sürdürebilmesi için karbon salınımı neredeyse sıfıra yakın rüzgâr, güneş, su, biokütle ve nükleer enerjilerin kullanımı çok büyük önem taşımaktadır. Temiz bir dünya, temiz bir gelecek ancak ve ancak iki şartla mümkündür bunlardan:

- *Birincisi* enerjinin etkin, verimli, idareli ve tasarruflu kullanılması,
- *İkincisi* ise tüketilen enerjinin çevreye ve insanlığına zarar vermeyen (ve/veya minimum oranlarda), temiz, sürdürülebilir, doğa dostu yenilenebilir kaynaklardan (yeşil teknolojiler yoluyla) tedarik edilmesi gerekir.

Fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla enerji tedarikinin sağlanması için yapılması gereken en önemli hususlar aşağıda sıralanmıştır. Bunlar:

- Fosil yakıtların zararları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının faydalarına yönelik tüm okullarda, tüm yazılı ve görsel medyalarda halkın bilinçlendirilmesine yönelik farkındalık arttırılmalıdır.
- Lise ve üniversite dengi okullarda enerji üretim ve tüketimine yönelik eğitim ve öğretim alt yapıları, yenilenebilir ve yeşil teknolojiler çerçevesinde ivedilikle donatılmalıdır.
- Yenilenebilir ve yeşil teknolojiler alanında eğitim veren okullara devletler, enerji şirketleri ve çeşitli sivil toplum kuruluşları (STK) tarafından daha fazla ekonomik imkân ve olanak sağlanarak, buraların laboratuvar alt yapıları yeşil teknolojilerle donatılmalıdır.
- Devletler, enerji şirketleri ve STK'lar yenilenebilir teknolojilere yönelik daha fazla finans kaynağı ayırmalıdır.

Yenilenebilir teknolojilere yapılan yatırımlar her geçen yıl yaklaşık katlanarak artmaktadır. Fakat toplam dünya enerji tüketimindeki artışla, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik kapasite artışı karşılaştırıldığında, fosil yakıtların 2050'li yıllara doğru toplam dünya enerji tüketiminde hala hâkim güç olmaya devam edeceği tahmin edilmektedir. DNV'nin 2024 yılı Enerji raporuna göre; 2050 yılına gelindiğinde toplam dünya enerji tüketimi içerisinde güneşin günümüz verilerine oranla 12 kat artış gerçekleştirerek, %18'lik paya sahip olacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte raporun

devamında, dünya toplam enerji tüketimi içerisinde rüzgârın günümüze oranla, 2050'ye doğru 6 kat artışla, %10'lu payı elde edeceği öngörülmektedir. Özetle DNV, 250 yılına gelindiğinde toplam dünya enerji talebinin yaklaşık %50'sinin yenilenebilir kaynaklardan tedarik edileceğini vurgulamakla birlikte, dünya toplam elektrik üretiminin %44'dünün güneş ve %28'inin ise rüzgâr kaynaklarıyla karşılanacağını belirtmektedir (DNV, 2024, s. 8).

Statista'nın verilerine göre 2015 yılında dünya toplam enerji tedariki içerisinde fosil yakıtların oranı %81,4'ten, 2023 yılında %78'e düşmüştür. 2021 ve 2023 yılları arasında, toplam dünya enerji tedarikinde nükleer dâhil tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı ise %21,1'den, %19'a gerilemiştir (Victoria, 2024). EMBER'in verilerine göre 2023 yılında dünya toplam elektrik üretiminin %30'u yenilenebilir kaynaklardan tedarik edilmiştir.

Özetle yenilenebilir enerji teknolojileri alanında gerek yatırımlar, gerekse istihdam oranları bakımından Çin, dünyada başı çekmektedir. Her ne kadar nükleer başta olmak üzere rüzgâr, güneş ve su gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik kapasite artışları, her geçen yıl sürekli artsa da fosil yakıtların dünyaya ve insanlığa vermiş olduğu tehditler bertaraf edilememektedir. Fosil yakıt tüketimindeki artışa paralel olarak, dünya sıcaklık artışları her yıl rekor üzerine rekor kırmaktadır. İklim değişikliği sebebi ile doğrudan bağlantılı çevresel bozulmalar, çevresel tahribatlar ve göç tehditlerinin oluşturmuş olduğu ekonomik zararlar her geçen gün katlanarak artmaktadır. Bu ekonomik kayıplar, yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelik yapılması gereken yatırımların, önüne set çekmektedir. Toplam enerji tüketimi içerisinde fosil yakıtların oranı hızla düşmediği sürece, ilerleyen yıllarda, tüm dünyanın yenilenebilir teknolojilerine yapması gereken yatırımlardan çok çok fazlası, iklim değişikliği kaynaklı, maliyetleri oldukça yüksek tehditler olarak geri dönecektir.

Yeryüzünde tüm insanoğlunun ivedilikle yapması gereken en önemli husus; her türlü üretim ve tüketim süreçleri başta olmak üzere, her türlü ithalat ve ihracatta, *enerjinin etkin, verimli, idareli ve tasarruflu* kullanmasına daha fazla özen göstermesi gerekir. Diğer taraftan *ihtiyaç duyulan enerjinin nerdeyse tamamının, yenilenebilir ve yeşil teknolojiler yoluyla tedarik edilmesi* çerçevesinde geç kalmaksızın siyasi, bilimsel, ekonomik ve sosyolojik olarak adımlar atılması gerekir. Aksi takdirde insanlık yerküre içerisinde kendi neslini yok etmekle karşı karşıyadır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız

Yazar Katkısı: Mustafa ÖZALP: %100

Destek ve Teşekkür Beyanı: Çalışma için destek alınmamıştır.

Etik Onay: Bu çalışma etik onay gerektiren herhangi bir insan veya hayvan araştırması içermemektedir. Bu nedenle, bu çalışma için etik kurulu onay izin belgesinin alınmasına gerek görülmemiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Çalışma ile ilgili herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Peer Review: Independent double-blind

Author Contributions: Mustafa ÖZALP: 100%

Funding and Acknowledgement: No support was received for the study.

Ethics Approval: This study does not contain any human or animal research that requires ethical approval.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest with any institution or person related to the study.

Kaynakça

- BP. (2024). *Energy outlook*, 1 Aralık 2024 tarihinde <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf> adresinden erişilmiştir.
- Bolelli, Ş. (2024). *İspanya'daki sel felaketinde ölü sayısı 217'e çıktı, halen çok fazla kayıp var*. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/ispanyadaki-sel-felaketinde-olu-sayisi-217e-cikti-halen-cok-fazla-kayip-var/3382395> adresinden erişilmiştir.
- DNV. (2024). *Energy transition Outlook 2024, global and regional Forecast to 2050*.
- Damyan, D. (2023). *IEA: Enerji dünyası 2030 yılına kadar önemli ölçüde değişecek*. 1 Aralık 2024 tarihinde https://temizenerji.org/2023/10/24/iea-enerji-dunyasi-2030-yilina-kadar-onemli-olcude-degisicek/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA34S7BhAtEiwACZzv4V10t_fp-6PaPBFvBw3K7YyUbc8giO1Buy8MpMLijdw-yc6GPsxhxoCTsQQA_vD_BwE adresinden erişilmiştir.
- EMBER. (2024a). *Veriyle etki yaratmak, temiz ve elektrikli bir geleceğe kapı açan, açık veri ve etkili politika analizi*. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://ember-energy.org/tr/> adresinden erişilmiştir.
- EMBER. (2024b). *Küresel elektrik görünümü 2024*. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://ember-energy.org/tr/analizler/kuresel-elektrik-gorunumu-2024/> adresinden erişilmiştir.
- Günay, E. & Yıldırım, S., (2024). Yenilenebilir enerji kapasitesi bakımından türkiye'nin potansiyelinin değerlendirilmesi. *Journal of Economics and Research*, 5(2)
- IEA. (2024). *World Energy Outlook 2024*. 1 Aralık 2024 tarihinde www.iea.org/contact adresinden erişilmiştir.

- IEA. (2023). *Renewables 2023 Analysis and forecast to 2028*. 1 Aralık 2024 tarihinde www.iea.org/corrections adresinden erişilmiştir.
- IRENA. (2024) *Renewable energy and jobs annual review 2024*. International Renewable Energy Agency.
- IRENA and ILO (2024). *Renewable energy and jobs: Annual review 2024*. International Renewable Energy Agency.
- İSO. (2024). *COP29 zirvesi tartışmalarla sona erdi*. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://www.isoyesilblog.com/cop29-zirvesi-tartismalarla-sona-erdi/> adresinden erişilmiştir.
- İSO. (2024). *Küresel sıcaklık artışı 3,1°C'ye kadar çıkabilir*. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://www.isoyesilblog.com/kuresel-sicaklik-31cye-kadar-cikabilir/> adresinden erişilmiştir.
- İSO. (2024). *İşin geleceği/güvenli çalışma: Temiz enerji sektöründeki iş gücü açığı eğitimde reformu gerektiriyor*. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://www.isoyesilblog.com/temiz-enerji-sektorundeki-is-gucu-acigi-egitimde-reformu-gerektiriyor/> adresinden erişilmiştir.
- KPMG, & EI, (2024). *Statistical review of world energy and the energy institute* (EI). Energy Institute.
- Özbektaş, S., Şenel, M. C., & Sungur, B. (2023). Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji durumu ve kurulum maliyetleri. *Mühendis ve Makina*, 64(711), 317-351.
- Özalp, M. (2020). *Küresel enerjinin ipek yolu: Türkiye*. Ankara: Seçkin
- Pindactica (2024). *Klimawandel verstehen schaubilder, spiele, experimente, tipps*. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://www.pindactica.de/schaubilder/> adresinden erişilmiştir.
- Pawlik, V. (2024a). *Verteilung der weltweiten Energieerzeugung nach Energieträger in den Jahren von 2015 bis 2023, Statista*, 1 Aralık 2024 tarihinde [https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167998/umfrage/weltweite-r-energiemix-nach-energetraeger/#:~:text=Struktur%20der%20Energieversorgung%20nach%20Energietr%C3%A4ger%20bis%202023&text=Weltweit%20wird%20mit%20einem%20Anteil,zwei%20Prozent%20der%20weltweite n%20Energie](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167998/umfrage/weltweite-r-energiemix-nach-energetraeger/#:~:text=Struktur%20der%20Energieversorgung%20nach%20Energietr%C3%A4ger%20bis%202023&text=Weltweit%20wird%20mit%20einem%20Anteil,zwei%20Prozent%20der%20weltweite n%20Energie.). adresinden erişilmiştir.
- Pawlik, V. (2024b). *Primärenergieerzeugung der Erneuerbaren Energien weltweit in den Jahren 2012 bis 2022, Statista*, 1 Aralık 2024 tarihinde <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1174325/umfrage/primar-energieerzeugung-erneuerbarer-energien-weltweit/#:~:text=Prim%C3%A4renergieerzeugung%20aus%20erneuerbaren%20Energien%20weltweit%20bis%202022&text=Im%20Jahr%202022%20wurden%20weltweit,waren%20es%20lediglich%204.745%20Terawattstunden> adresinden erişilmiştir.

- Pawlik, V. (2024c). *Anteil der wichtigsten Energiequellen am weltweiten Primärenergieverbrauch von 2021 bis 2023*, Statista. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/258294/umfrage/anteil-der-wichtigsten-energiequellen-am-weltweiten-primaeenergieverbrauch/> adresinden erişilmiştir.
- Pawlik, V. (2024d). *Anteil am Verbrauch der weltweit aus Erneuerbaren Energien* gewonnenen Primärenergie nach Ländern im Jahr 2023* Statista, 1 Aralık 2024 tarihinde <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/251882/umfrage/anteil-der-laender-am-weltweiten-energieverbrauch-aus-ee/> adresinden erişilmiştir.
- Pawlik, V. (2024e). *Wichtigste Länder weltweit nach installierter Leistung von Erneuerbare-Energien-Anlagen im Jahr 2023*, Statista, 1 Aralık 2024 tarihinde <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152750/umfrage/erneuerbare-energie-kapazitaet-in-gigawatt-2009/> adresinden erişilmiştir.
- The World Economic Forum. (2024). *Bu ülkelerde en fazla yeşil iş var*, 1 Aralık 2024 tarihinde <https://www.weforum.org/stories/2024/10/renewable-energy-jobs-irena-ilo/> adresinden erişilmiştir.
- Umweltbundesamt. (2021). *Klima und treibhauseffekt, das umweltbundesamt für mensh und umwelt, dessau-roßlau*. 1 Aralık 2024 tarihinde <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/klima-treibhauseffekt#grundlagen> adresinden erişilmiştir.

Extended Abstract

Global warming, which increases in parallel with excessive fossil fuel consumption, leads to climate change. Sudden extreme weather events such as floods, storms, erosion, tornadoes, and forest fires caused by climate change result in damages amounting to millions, and sometimes billions, of dollars. Due to global warming, melting glaciers, the mixing of salty ocean and sea water with fresh water, and soil degradation caused by drought and desertification all contribute to severe environmental damage and ecological degradation. When these negative scenarios converge in the short, medium, and long term, they render many regions of the world—particularly the Asia-Pacific, Africa, and the Middle East—uninhabitable for humanity. Factors such as food insecurity, desertification, drought, and soil degradation, when combined with social, economic, and political instability in various countries, create conditions for civil wars, as has been observed in parts of the Middle East and Africa. As a consequence of these crises, large-scale forced migration emerges. In summary, the growing demand for energy, alongside the

consumption of coal, oil, and natural gas, drives up carbon emissions. These rising emissions cause escalating environmental damage and degradation, giving rise to migration pressures—one of the greatest challenges of the 21st century.

For instance, in October 2024, sudden heavy rainfall in Valencia, Spain, caused the deaths of more than 200 people and damaged approximately 4,500 businesses and over 100 vehicles. Similarly, hurricanes Helene, Milton, and Katrina caused environmental damages totaling nearly 550 billion dollars in previous years (ISO, 2024).

In terms of energy production, when approximately 1 kilowatt-hour of electricity is generated from fossil fuels such as oil, coal, or natural gas, 789 grams of carbon are emitted. By contrast, generating the same amount of energy from renewable sources such as wind, solar, or hydro results in only about 24 grams of carbon emissions.

In order to prevent environmental degradation and damage to a great extent, and to ensure a more livable world for humanity, the use of wind, solar, hydro, biomass, and nuclear energy sources with near-zero carbon emissions is of vital importance. A clean world and a sustainable future are possible only under two conditions:

- First, energy should be used effectively, efficiently, economically and economically,
- The energy consumed must be supplied from clean, sustainable, and environmentally friendly renewable resources (through green technologies) that do not harm people or the environment, or do so at minimum levels).

The most important issues that need to be addressed to increase the share of renewable energy sources instead of fossil fuels are as follows:

- Awareness should be raised in all schools and across written and visual media regarding the harms of fossil fuels and the benefits of renewable energy sources.
- The education and training infrastructures for energy production and consumption in high school and university-equivalent schools should be urgently equipped within the framework of renewable and green technologies.
- Schools providing education in the field of renewable and green technologies should be provided with more economic opportunities and facilities by states, energy companies and various non-governmental organizations (NGOs), and their laboratory infrastructures should be equipped with green technologies.
- States, energy companies and NGOs should allocate more financial resources for renewable technologies.

Investments in renewable technologies are increasing almost exponentially every year. However, when the growth in total world energy

consumption is compared to the capacity increase of renewable energy sources, it is estimated that fossil fuels will remain the dominant force in global energy consumption toward the 2050s. According to DNV's 2024 Energy Report, by 2050 solar energy is projected to account for 18% of total world energy consumption, representing a twelvefold increase compared to today's levels. The report also predicts that wind energy will account for 10% of global energy consumption by 2050, a sixfold increase compared to current figures. In summary, DNV emphasizes that by 2050 approximately 50% of the world's total energy demand will be met by renewable sources, with 44% of global electricity production supplied by solar and 28% by wind (DNV, 2024, p. 8).

According to Statista data, the share of fossil fuels in the world's total energy supply declined from 81.4% in 2015 to 78% in 2023. Between 2021 and 2023, however, the share of all renewable energy sources—including nuclear—within the global energy supply fell from 21.1% to 19% (Victoria, 2024). In contrast, EMBER data shows that in 2023, 30% of the world's total electricity production was supplied by renewable sources.

In summary, China is the global leader in both investments and employment in the field of renewable energy technologies. Although the capacity of renewable energy sources such as wind, solar, hydro, and especially nuclear is increasing every year, the threats posed by fossil fuels to humanity and the planet remain unresolved. In parallel with rising fossil fuel consumption, global temperatures continue to break records year after year. The economic damages caused by environmental degradation and the migration pressures directly linked to climate change are growing exponentially. These mounting losses, in turn, hinder the very investments that should be directed toward renewable energy technologies. Unless the share of fossil fuels in total energy consumption declines rapidly, the costs humanity will face from climate change in the coming years will far exceed the investments needed in renewable energy technologies.

The most urgent task before humanity is to use energy more effectively, efficiently, and economically in all forms of production and consumption—particularly in international trade. At the same time, political, economic, and social steps must be taken without delay to ensure that almost all energy needs are met through renewable and green technologies. Otherwise, humanity risks precipitating the destruction of its own species on Earth.