6. BÖLÜM

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE ENERJİ SEKTÖRÜ

Prof. Dr. Tuncay ÇELİK
Kayseri Üniversitesi
Orcid No: 0000-0003-2667-4786

Özet

Sanayi devrimi sonrası başlayan üretim artışı beraberinde ekonomik büyüme ve refah getirmişse de, bu dönemde enerji ihtiyacı için kullanılan fosil yakıtlar atmosferin kirlenmesine sebep olmuştur. Özellikle II. Dünya Savaşı sonrası başlayan hızlı sanayileşme atmosferdeki sera gazlarının artmasına ve bugün bu gazların neden olduğu iklim değişikliği sorunuyla karşılaşmamıza neden olmuştur. Küresel ortalama hava sıcaklığının artması olarak tanımlanan iklim krizinin sonuçlarının çok ağır olması, ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelede ortak hareket etmesini zorunlu kılarken bu mücadelede en çok etkilenecek sektörlerden biri de enerji sektörüdür. İklim değişikliği ile mücadelede hedef yüksek karbon emisyonuna neden olan fosil yakıt tüketen enerji sektörlerinde üretim ve tüketimin zamanla azalması, neredeyse sıfır karbon emisyonu üreten yenilenebilir enerjinin üretim ve kullanımın ise artmasıdır. Bu çalışmada iklim değişikliği ve iklim değişikliği ile mücadele kapsamında enerji sektöründe ne gibi değişme ve gelişmelerin yaşandığını 1980 sonrası dönem için Dünya enerji verilerinden yararlanarak ortaya koymak amaçlanmıştır. Yapılan araştırma bazı ekonomik sebeplerden dolayı hala fosil yakıt kaynaklı enerji üretiminin hedeflendiği kadar azalmadığını ve hatta arttığını ortaya koyarken, yenilenebilir enerji üretiminin özellikle 2000'lerden sonra hızla artsa da Dünya enerji gücü içindeki payının istenilen düzeyde olmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Ekonomik etkiler, Fosil yakıtlar, Yenilenebilir enerji,

GİRİŞ

Sanayi devrimiyle birlikte yoğunlaşan üretim enerji talebini de arttırmıştır. Enerji üretiminde, ısınmada ve ulaştırmada fosil yakıtların yoğun olarak kullanılması tüm Dünyada karbon emisyonlarının artmasına dolayısıyla da bir takım küresel iklim sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Günümüzde küresel iklim sorunlarının başında atmosferdeki sera gazı emisyonlarındaki artışa bağlı olarak ortaya çıkan ortalama küresel hava sıcaklığında yaşanan artış olarak tanımlanan iklim değişikliği gelmektedir.

Önümüzdeki yıllarda Dünya ortalama sıcaklığında meydana gelebilecek ortalama 2 °C artışın yaratabileceği olumsuz etkiler, Dünya kamuoyunun ilgisini iklim değişikliğine çekmiştir. Bu nedenle iklim değişikliği ülkelerin tek tek mücadele edebilecekleri bir alan olmaktan çıkmış ve ülkelerarası işbirliğini zorunlu kılmıştır. Bu amaçla 1970'lerden sonra iklim değişikliğine dikkat çekmek ve hükümetlerarası işbirliğini etkin kılmak için farklı yıllarda birçok ülkenin katılımıyla protokoller imzalanmış, bu anlaşmalarda ortalama Dünya hava sıcaklığının 1.5 °C aşmaması hedeflenmiştir. Bu anlaşmalar kapsamında alınan kararlar Dünya enerji sektörünü yakından etkilemiş ve karbon emisyonlarının önemli nedeni olan fosil yakıtların kullanım ve üretimi giderek azalmaya başlamıştır. Ortaya çıkan gelişmeler, yeni temiz enerji teknolojilerinin gelişmesine ve buna bağlı olarak yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının kullanımının artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte birçok ülkenin iklim değişikliği ile mücadele protokollerine dahil olmalarına rağmen, fosil yakıt kullanımlarını ekonomik sebeplerden dolayı hala istenen seviyede azaltmadıkları, bu konuda Avrupa Birliği gibi gelişmiş ülkelerin bulunduğu bir grubun daha fazla çaba gösterdiği görülmüştür.

Bu çalışmada küresel iklim değişikliğinin enerji sektöründe meydana getirdiği etkileri araştırmak amaçlanmıştır. Ayrıca bu araştırmayla iklim değişikliği ile mücadelede fosil yakıtlar içinde yer alan kömür, petrol ve gaz üretim ve kullanımının azaltılmasında ülkelerin protokollere uyumları da ortaya çıkmış olacaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın ikinci başlığında iklim değişikliği ve nedenleri verilmiş, üçüncü başlıkta iklim değişikliğinin olası sonuçları üzerinde durulmuş, dördüncü başlıkta iklim değişikliği

ile mücadeleye değinilmiş, beşinci başlıkta iklim değişikliğinin ekonomik etkileri incelenmiş, altıncı bölümde Türkiye'deki gelişmeler özetlenmiş ve genel bir değerlendirmenin yapıldığı sonuç bölümüyle çalışma tamamlanmıştır.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ve NEDENLERİ

Yeryüzünü saran atmosfer, tarım alanlarında görülen sera gibi bir etkiye sahiptir. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının neredeyse yarıya yakını, yeniden yeryüzünden atmosfere yansır. Atmosfer sera gazı olarak nitelendirilen karbondioksit, metan, su buharı, ozon, azot oksit gibi gazlar sayesinde yeryüzünden atmosfere yansıyan güneş ışınlarını tutarak bir kısmını tekrar yeryüzüne yansıtır. İşte bu yansıma sayesinde Dünya üzerindeki ortalama sıcaklık biyolojik hayatın devam etmesini sağlayacak olan ısı düzeyinin ortalama 15 °C olmasına neden olur. Sera gazlarının atmosferde tutunmasaydı, iklim bilimcilerin hesaplamalarına göre Dünya ortalama sıcaklığı -18 °C seviyesinde olurdu ki bu da biyolojik hayatı çok zor kılardı. Atmosferde görülen sera gazlarının bu doğal etkisine "sera gazı etkisi" adı verilmektedir (WWF).

Sanayileşme ve ekonomik büyümenin hızlandığı 1750'li yıllarda başlayan sanayi devrimi beraberinde bir takım iklimsel sorunları da meydana getirmeye başlamıştır. Yoğun talebi karşılamak üzere ortaya çıkan yoğun üretim süreci beraberinde enerji tüketimini arttırırken, enerji üretiminde fosil yakıtların kullanımı karbon emisyon değerlerinin tüm Dünyada hızla artmasına neden olmuştur. WWF, atmosferde bulunan karbondioksit oranının son ikiyüz yılda %40 oranında artarak 280 ppm'den günümüzde yaklaşık 400 ppm'e yükseldiğini belirtmektedir.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Avrupa Komisyonu İklim Hareketi ve Birleşmiş Milletler iklim değişikliğinin nedenlerini şu şekilde açıklamışlardır:

- Sanayileşme, kentleşme ve ulaşıma bağlı olarak yanan kömür, petrol ve gazların ürettiği karbondioksit ve azot oksit gazlarının atmosfere salınımı
- Ormansızlaşma ve ormanları kesmenin, ağaçların atmosferden karbondioksit emerek iklimi düzenleme etkisinin ortadan kalkmasına neden olması
- Artan hayvancılık faaliyetleri, inek ve koyunların yediklerini

sindirirken yoğun miktarda metan gazı üretmelerine neden olması

- Tarımda yoğun gübre kullanımının azot oksit üretimine neden olması
- Florlu gazlar ve bu gazları kullanan ekipmanların (klima gibi) yarattığı yoğun gaz salınımı

Dünyada kaydedilen en yüksek sıcaklığın yaşandığı 2011-2020 döneminde sanayi devrimi öncesine göre 2019'da ortalama sıcaklık 1,1°C artmıştır. İnsan kaynaklı küresel ısınma günümüzde her on yılda 0,2°C artmaktadır. Sanayi öncesi döneme göre ortalama küresel sıcaklıkta meydana gelecek 2 °C'lik bir artış iklim değişikliği kaynaklı olarak doğal çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi olumsuz etkiler meydana getirebilecektir. Bu nedenle uluslararası toplum, ortalama sıcaklık artışını 1.5 °C'de sınırlamak için büyük çaba harcamaktadır.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN OLASI SONUÇLARI

IPCC 5. Raporunda (2014) iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerinde olumsuz etkileri olacağı öngörülmektedir. Sıcaklık ve yağış rejiminde meydana gelen değişmeler bazı bölgelerde sel ve toprak kaymalarına neden olacakken bazı bölgelerde aşırı ısınmaya bağlı olarak kuraklık ve su çekilmeleri yaşanacaktır.

Atmosferde biriken karbondioksit nedeniyle okyanuslar bu karbonun yaklaşık %30'unu emerek asitlenmişlerdir. Atmosferde depolanan ısı enerjisinin %90'ını emen okyanuslar ortaya çıkan bu gelişme nedeniyle ısınmaya başlamıştır. Sıcaklığın fazla arttığı bölgelerde buharlaşmanın artması okyanuslarda yerel tuzlanmaya neden olduğu gibi denizlerdeki canlı türlerinin yok olmasına ya da göç etmesine neden olmaktadır.

Kutuplardaki buz kalkanları son 20 yılda hızlı bir şekilde kütle kaybetmeye başlamıştır. Kutuplarda yaşanan erimeye bağlı olarak ortalama deniz seviyesi 1901-2010 döneminde yaklaşık 19 cm artmıştır. Yapılan tahminler 2100 yılında erimenin bu hızla devam etmesi durumunda 190 milyon nüfusun sular altında kalması muhtemel bölgelerde yaşıyor olacağını öngörmektedir. Pasifik Okyanusundaki bazı küçük adalar daha şimdiden deniz suyu seviyesi altında kaldığı gibi ortaya çıkacak toprak kaybı

sellerin artmasına, kıyıya yakın su kaynaklarının ve toprağın tuzlanmasına, kıyıya yakın sulak alanlarda yaşayan canlı türlerinin yok olması ya da göç etmesine sebep olacaktır.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE MÜCADELE

İklim değişikliği konusu ilk olarak ozon tabakasının incelmeye başladığı tartışmalarıyla dikkat çekmiştir. 1976 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) Yönetim Kurulunda ilk defa ozon tabakasının incelmesinin nedenleriyle ilgili bir toplantı yapılmıştır. Ozon tabakasının incelmesine neden olan etmenlerin azaltılmasına yönelik olarak 1981 yılında ilk defa hükümetlerarası temaslar başlamış ve Mart 1985'de "Ozon Tabakasının Korunması İçin Viyana Sözleşmesi" imzalanmıştır. Yasal bağlayıcılığı olmayan bu sözleşme taraflara ozon tabakasının yapısını değiştiren insan kaynaklı faaliyetlere karşı çevre ve insan sağlığını korumaya yönelik önlemlerin alınması tavsiyesinde bulunmuştur.

Viyana Sözleşmesini takiben, ozon tabakasını incelten maddelerin kullanımı ve üretiminin azaltılmasına yönelik yeni bir protokol hazırlığı başlatılmış, Eylül 1987'de "Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Montreal Protokolü" imzalanmıştır. 1985 yılında Antartika üzerinde ozon tabakasında bir delik meydana geldiğinin öğrenilmesinin ardından uluslararası kamuoyu karbon ve halon gazlarının tüketimini azaltacak katı önlemler alınması üzerinde mutabakata varmışlardır. Protokol takvimine uygun olarak 1990'da Londra'da, 1992'de Kopenhag'da, 1995'de Viyana'da, 1997'de Montreal'de, 1999'da Pekin'de ve 2007'de tekrar Montreal'de toplantılar yapılmış ve yeni kararlar alınmıştır. İklim değişikliğine dikkat çekmek ve küresel tepkinin temelini oluşturmak için 1992 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kabul edilmiş, 21 Mart 1994 yılında da yürürlüğe girmiştir. Bu sözleşme geniş katılımlı olduğu gibi insan kaynaklı sera gazı artışını da durdurmak amacı taşımaktadır. Türkiye bu protokole 24 Mayıs 2004'te 189. taraf olarak katılmıştır. 1997'de Kyoto'da yapılan BMİDÇS 3. Taraflar konferansında "Kyoto Protokolü" kabul edilmiştir. İki anlaşma arasındaki en önemli fark hukuki nitelik açısındandır. Kyoto Protokolü sanayileşmiş ülkelere sera gazı salım sınırlamaları ve azaltılması konusunda bağlayıcı yükümlülükler getirmiştir. Uygulama kurallarının hazırlanması ve onaylanması vakit almış,

16 Şubat 2005'de Kyoto Protokolü yürürlüğe girmiştir. Sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan öncelikle sanayileşmiş ülkeler başta olmak üzere en az 55 taraf ülkenin onayıyla 4 Kasım 2016'da "Paris Anlaşması" yürürlüğe girmiştir. Türkiye bu anlaşmayı 22 Nisan 2016 tarihinde, New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte imzalamıştır. Bu anlaşma, küresel ısınmanın ortalama 2 °C'nin altında 1.5 °C'de sabit tutulmasını amaçlamakta ve ülkelerin bu konuda gösterecekleri çaba ve desteklerin arttırılmasını amaçlamaktadır[1].

Görüldüğü gibi iklim değişikliği ile mücadelede hükümetlerarası işbirliğini geliştirmek ve etkin bir mücadele mekanizması oluşturmak amacıyla son 40 yılda çeşitli anlaşma ve protokoller yürürlüğe girmiştir. Özellikle Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması ülkelere bir takım bağlayıcı yükümlülükler getirdiği için ABD ve Çin'in anlaşma kriterlerine uyma konusunda bazı sıkıntılar çıkardıkları görülmüştür. Bununla birlikte iklim değişikliği ile mücadele ülkelerin tek tek değil birlikte önlemler alarak başarabilecekleri bir süreçtir.

İklim değişikliği ile mücadelede hükümetlerarası işbirliğine dayanan bu sözleşme ve protokoller, üç temel alanda belli hedeflere ulaşılması durumunda iklim değişikliğine çözüm bulunabileceği üzerinde anlaşmaktadır. WWF hazırladığı raporda iklim değişikliği ile mücadelede 3 temel hedef şu şekilde belirlenmiştir.

Enerji Verimliliğinde Artış Sağlanması: bu hedeflerin başında enerji verimliliğinin arttırılması gelmektedir. Yoğun enerji talebini karşılamanın tek yolunun enerji arzını arttırmak değil, enerji verimliliğini arttıracak önlemlerin alınması olduğu belirtilen raporda küresel üretim sürecinde bir azalma olmaksızın enerji tüketiminde verimlilik artışına bağlı %15 tasarruf sağlanabileceği tahmin edilmektedir.

Yenilenebilir Enerji Üretim ve Kullanımının Artması: WWF'nin hazırlamış olduğu enerji raporunda 2050 yılında tüm enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmasının olası olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte bu

[1] Bu başlık altında yer alan protokoller "Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikli Bakanlığı" web sayfasından yararlanılarak hazırlanmıştır.

ihtiyacın tek bir yenilenebilir enerji kaynağından değil, rüzgar, su, güneş vb. gibi çeşitlendirilmiş kaynaklardan sağlanmasıyla mümkün olabileceği aşikardır.

Ormansızlaşmanın Önlenmesi: Sera gazı emisyonlarının %17'si ormansızlaşma ve arazi kullanımında görülen değişimlerden kaynaklanmaktadır. Orman kaybının önlenmesi ya da tamamen durdurulması iklim değişikliği ile mücadelede ana unsurlardan biridir. WWT hazırladığı raporda, toprak kullanımından kaynaklı emisyonların durdurulamaması durumunda, iklim değişikliği ile mücadelede başarı olasılığının %90'lardan %25'lere düşeceği öngörülmüştür.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK ETKİLERİ

İklim değişikliği, olası sonuçlarından bahsettiğimiz başlık altında da belirtildiği gibi yağış rejimindeki değişmelerden kaynaklı sel ve toprak kaymaları ile sıcaklık artışlarından kaynaklı kuraklık ve su çekilmeleri nedeniyle tarım sektörünü olumsuz etkileyecektir. Özellikle bu sektörde ortaya çıkacak olan üretim ve verim kaybı, ilerleyen dönemlerde tarıma bağlı ekonomilerde ekonomik büyüme oranlarında düşme ve gelir kaybı olarak kendini gösterecektir. Diğer taraftan buzulların erimesi ve deniz suyu seviyesinde yaşanacak yükselme de hem tarım hem de turizm sektörlerini olumsuz etkileyecekken karşımıza göç problemini de getirecektir. Kalkuhl ve Wenz (2020), 1700 bölge ve 77 ülke üzerine yaptıkları çalışmada küresel hava sıcaklığında ortalama 3.5 °C lik bir artışın 2100 yılında %7-14 oranı arasında küresel üretim kaybına yol açabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Bu kaybın, tropikal ve fakir bölgelerde etkisinin daha ağır olabileceğini de belirtmişlerdir.

İklim değişikliğinin ekonomik etkileri ile ilgili daha fazla şey söylemek mümkünken, enerji sektörü üzerinde görülecek etkiler konumuzun odak noktasını oluşturmaktadır. İklim değişikliği ile küresel mücadele kapsamında alınan önlemler ve belirlenen hedefler özellikle enerji sektörü üretim ve tüketim yapısında önemli değişikliklerin yaşanmasını gerekli kılmıştır. Sera gazlarının azaltılması yönünde alınan kararlar enerji üretiminde son 30 yılda fosil yakıt kullanımının giderek azalmasına ve temiz enerji kaynakları kullanımının da artmasına neden olmuştur.

İklim Değişikliği ve Enerji Sektörü

İklim değişikliği ile mücadelede yenilenebilir temiz enerji kaynakları giderek önplana çıkmıştır. Gelecek kuşaklara yaşanabilir bir Dünya bırakmak ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir kalkınma için iklim değişikliğinin önüne geçilmesi gerekmektedir. Poortinga vd. (2018), doğal, sosyal ve ekonomik sistemler için ciddi riskler oluşturan iklim değişikliğinin en acil küresel sorunlardan biri olduğunu ifade etmektedir. İklim sistemine daha fazla insan müdahalesini önlemek adına önümüzdeki on yılda sera gazı emisyonlarında önemli azalmalara ihtiyaç duyulmaktadır (IPCC, 2014). Bu, enerji talebindeki değişmeler de dahil olmak üzere, enerjinin üretilme ve kullanılma şeklinin dönüştürülmesi anlamı taşımaktadır. Avrupa›da enerjinin başarılı bir şekilde karbondan arındırılması, tutum değişikliği, yeni düşük karbonlu enerji teknolojileri ve tesislerin yanı sıra enerji politikalarının da gözden geçirilmesini gerekli kılmıştır. Ek olarak, iklim değişikliğini azaltmak için enerji kaynaklarının karbondan arındırılmasına ilişkin alınan kararlar enerji arzı konusunu da dikkate almak gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Enerji piyasalarının uluslararasılaşması, artan enerji fiyatları ve fosil yakıtlara devam eden bağımlılık güvenilir ve sürdürülebilir bir enerji arzının sağlanmasını giderek daha önemli hale getirmektedir (World Energy Council, 2013).

Dünya birincil enerji kullanımı verilerine göre 1995-2020 döneminde birincil enerji tüketimi %55 oranında artmıştır (BP, WED,2021). Kömür, petrol ve doğal gaz Dünya'da en çok kullanılan üç önemli birincil enerji kaynağıdır. Kömür, elektrik üretiminde de yıllardır kullanılan önemli bir geleneksel enerji kaynağı olup atmosferdeki karbon emisyonun da %40'ına sebep olmaktadır. Benzer şekilde diğer iki önemli enerji kaynağı da petrol ve doğal gazdır. İklim değişikliği ile mücadele, fosil yakıtlar olarak adlandırılan ve sera gazı salınımına sebep olan kömür, petrol ve doğal gaz yerine yenilenebilir enerjide yeni teknolojilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Enerji teknolojisinde ortaya çıkan gelişmeler de rüzgar, güneş ve su kaynaklarından emisyonsuz temiz enerji üretimini mümkün kılmıştır. İşte ortaya çıkan bu gelişmeler iklim değişikliğinin enerji sektörünü üretim ve tüketim açısından etkilemesine sebep olmaktadır. Bu bölümde

enerji sektöründeki gelişmeler karbon emisyonuna sebep olan fosil yakıtlar ile nükleer enerji ile emisyona sebep olmayan yenilenebilir enerji olarak iki başlık altında incelenmiştir.

Fosil Yakıtlar

Kömür, petrol ve doğalgaz ısınma, elektrik enerjisi üretimi ve ulaştırma sektöründe yoğun olarak kullanılan ve yüksek karbon emisyonuna neden olan fosil yakıt türleridir. Nükleer santrallerden elde edilen elektrik enerjisi üretimi de emisyona sebep olduğu ve teknolojisinin daha geleneksel olması nedeniyle sektördeki gelişmeler de bu başlık altına alınmıştır. Bu sınıflama Dünya enerji ajanslarının da kullandığı bir sınıflama olup nükleer enerjiden kaynaklı atıkların kontrolü ve yok edilmesi de oldukça önemli bir problem teşkil etmektedir. Birincil enerji olarak adlandırılan bu kaynaklar Dünya enerji üretiminin %80'ini karşılamaktadır. BP enerji istatistikleri birincil enerji kaynaklarından enerji üretiminin 2009'dan bu tarafa yavaş bir şekilde azalırken 2020'de pandeminin de etkisiyle yıllık %4.5 oranında azaldığını göstermektedir. Buna rağmen Dünya ülkelerinin birçoğunda ekonomik sebeplerden kaynaklı olarak bu kaynaklara bağımlılık devam etmektedir. Birincil enerji sektöründe ortaya çıkan değişmeleri görmek için bu bölüm önce fosil yakıtları oluşturan kömür, petrol ve doğalgaz sektöründeki gelişmeler daha sonra da nükleer enerji başlığı altında incelenmiştir.

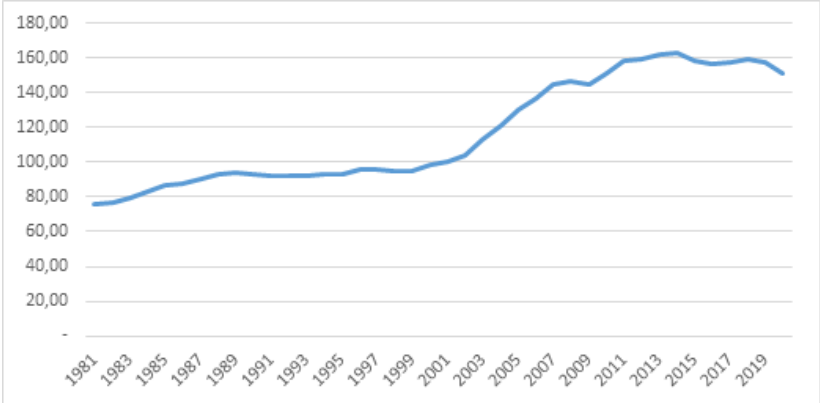
Kömür

Paris İklim Anlaşması, tüm Dünyada 2050 yılında kömürün enerji kaynağı olarak kullanılmasını sonlandırmayı amaçlamaktadır. Dünya genelinde kömür madenlerinde yaklaşık 8 milyon kişinin çalıştığı ve yılda yaklaşık 9 milyar Dolar gelir yaratıldığı dikkate alındığında bu amaca ulaşmanın çok da kolay olmadığı görülmektedir (Jakob ve diğ., 2020).

Sahip oldukları yüzölçüme de bağlı olarak zengin kömür kaynaklarına sahip olan Çin ve ABD, Dünyada önemli iki kömür üreticisi ülkedir. Bu iki ülkeyi sırasıyla Avustralya, Hindistan, Güney Afrika ve Rusya izlemektedir. Uluslararası protokoller her ne kadar iklim değişikliği ile mücadelede kömür kullanımının azaltılmasını öngörüyorsa da enerji talebindeki artış, kömürün diğer alternatif enerji kaynaklarına göre ucuz ve bol olması,

ülkenin elektrik üretimindeki teknolojik alt yapısı, kömür madenlerindeki çalışan sayısı ve kömür madeni şirketlerinin politik güçleri gibi birçok neden kömür üretim ve kullanımının henüz hedeflenen düzeyde azaltılamamasına neden olmaktadır. Economicst Dergisi Hindistan'ın iklim değişkliği protokollerine bağlı olmasına rağmen hala neden enerji üretiminin %70'ini kömürle gerçekleştirmesini fazla nüfusun enerji talebine, enerji dağıtım şirketlerinin yüksek borçları nedeniyle yenilenebilir enerji yatırımlarına kaynak ayıramamasına ve kömürün ucuz olmasına bağlamıştır. Aşağıda 1980 sonrası Dünya kömür üretim verileri "jule" cinsinden verilmiştir.

Grafik 1: *Dünya Kömür Üretimi 1981-2019 (exzajule)*



Kaynak: BP World Energy Statistics

Grafik 1 incelendiğinde tüm Dünyada kömür üretiminin 2010-2011 döneminde hızla arttığı görülmektedir. BP Dünya kömür üretim verileri detaylı olarak incelendiğinde bu artışın en önemli nedeninin bu dönemde artan üretim hacmine bağlı olarak artan enerji ihtiyacını karşılamak için kömür üretimini arttıran Çin ve yoğun enerji talebini karşılamaya çalışan Hindistan'dan kaynaklandığı görülmektedir. Çin'de kömür tüketimi 1980-2008 döneminde %400 artmış, bu oranda olmasa da benzer bir gelişme Hindistan'da da yaşanmıştır (WER, Coal, 2013:4). Protokollerin bağlayıcı bir yaptırımı olmaması nedeniyle bu iki ülkenin 2011'den sonra kömür üretimleri ve tüketimleri artmaya devam etmişse de, iklim değişikliğiyle mücadelede daha sorumlu davranan ABD ve Avrupa Birliği'nde kömür üretim ve tüketiminin azalmasıyla

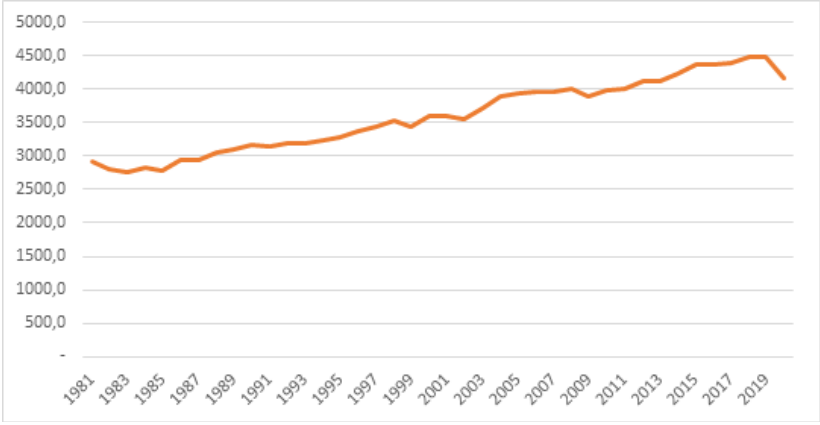
Dünya kömür üretimi 2014'ten sonra azalmaya başlamıştır (Jakob ve diğ., 2020). Gelişmiş ülkeler sadece iklim değişikliği ile mücadele amacıyla değil halk sağlığı kriterlerine verdikleri önem nedeniyle de gelecek dönemde kömür tüketiminin sıfırlanmasını hedeflemektedirler. Yakın dönemde bu hedefe ulaşmanın güç olduğu görülmekle birlikte 2019 yılında başlayan Covid-pandemisi küresel üretimin azalmasına, dolayısıyla enerji talep ve üretiminin de azalmasına neden olmuştur.

Petrol

Önemli enerji kaynaklarından biri de petroldür. Dünya üzerinde yoğun petrol rezervine sahip ülkeler, petrol arzını kontrol ettikleri gibi petrol fiyatlarının atmasına da sebep olabilmektedirler. Örneğin Arap-İsrail Savaşı kaynaklı petrol arzının kısılmasına bağlı olarak 1973 yılında petrol varil fiyatları hızla artmışken 1986 yılında da tarihi dip seviyeyi görmüştür. Petrolün enerji üretiminde, sanayide, taşımacılıkta ve ısınmada yaygın kullanımı atmosfere yayılan karbon emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Agbanike ve diğ. (2019), Venezuella için yaptıkları çalışmada yoğun petrol üretimi ve kullanımının karbon emisyonunu arttırdığı ve bunun da ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etki meydana getirdiğini belirtmişlerdir.

Yapılan araştırmalar, fosil enerji kaynaklarının Dünya toplam enerji ihtiyacının %80'ini karşıladığını göstermektedir. Bununla birlikte iklim değişikliği ile mücadele ve ortalama küresel ısınmanın 1.5 °C'yi geçmemesi için, karbon kaynaklı emisyonların %89'unu oluşturan bu yakıtların varolan rezervlerinin %60'ının toprak altında kalması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca iklim değişikliği ile mücadelede hedefe varmak için, her yıl bu yakıtların tüketiminin %3 oranında azaltılması gerekmektedir (Welsby ve diğ.).

Grafik 2: *Dünya Petrol Üretimi 1981-2019 (bin ton)*



Kaynak: BP World Energy Statistics

Grafik 2'de görüldüğü gibi petrol üretimi 1980 sonrası sürekli bir şekilde artmıştır. Üretilen petrolün tamamı tüketildiği için, ayrıca petrol tüketim verisi sunulmamakla birlikte özellikle taşımacılık ve otomotiv endüstrisindeki gelişme, petrol talebinin düzenli bir şekilde artmasına neden olmuştur. Covid-pandemisi etkisiyle bazı sektörlerde üretim yavaşlaması ya da ara verilmesi, sokağa çıkma yasaklarına bağlı olarak araç kullanımının azalması gibi sebeplerin de etkisiyle petrol tüketimi ve buna bağlı olarak üretimi de 2020'de %9.4 oranında azalmıştır (BP WES, 2021).

Gelişen motor teknolojisi, hibrid ve elektrikli motor kullanan araçların kullanımının her geçen gün arttığını gösterse de, iklim değişikliği ile mücadelede petrol üretim ve tüketiminin henüz azalmadığı görülmektedir. Emisyon yaratmayan yeni teknoloji ürünü motorların endüstride daha yaygın kullanımıyla, Dünya petrol üretiminin 2050'ye kadar kademeli olarak azalacağı beklenmektedir. Gelişmiş ülkeler, aldıkları emisyon kararlarıyla daha çok karbon emisyonuna neden olan dizel motor üretimlerinden vaz geçmeye başlamışlar, elektrikli motor kullanımını teşvik eden kararları uygulamaya koymuşlardır. Özellikle Avrupa Birliğinde turizm şehirleri olarak öne çıkan yerlerde dizel araç kullanımı yasaklanmaya başlamışken, Japonya

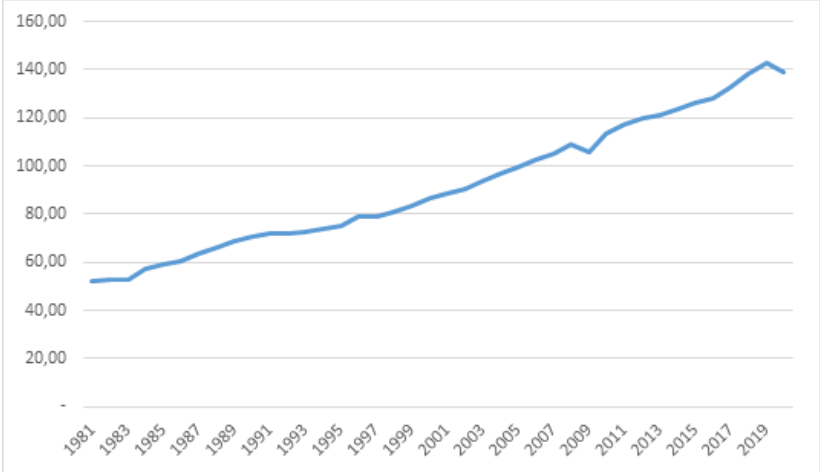
ve Almanya'daki bazı firmalar dizel motorlu araç üretimlerini sonlandırmışlardır.

İklim değişikliği ile mücadele protokolleri ve teknolojik gelişmeyle birlikte Dünya petrol tüketiminin giderek azalması kaçınılmazdır. Bununla birlikte petrol ihraç eden ülkeler için üretim hala önemli bir döviz kazandırıcı faaliyettir ve yakın zamanda vazgeçilmesi de mümkün görünmemektedir. Petrol üretimi firmalar için gelir kaynağı olduğu kadar, üzerinden alınan vergilerle devletler için de hala büyük bir gelir kaynağıdır. Gelişmiş ülkelerde dizel motorlara sınırlama getirilmesi, emisyon üretmeyen araç satış ve kullanımlarının teşviki, toplumun gelir düzeyi ve iklim değişikliği sorununa yaklaşımı gibi sebepler önümüzdeki dönemlerde bu ülkelerdeki petrol talebini düşürecek olsa da, aynı şeyin Dünyanın geri kalanı için de en azından kısa dönemde mümkün olmadığı ortadadır.

Doğal Gaz

Doğal gaz fosil yakıtlar içinde en temiz enerji kaynağıdır. Atmosfere kömür ve petrole göre daha az karbon yaysa da sonuçta sera gazı etkisi meydana getirdiği için gelecek yıllarda doğalgaz kullanımının da azaltılması hedeflenmektedir. Doğalgaz, kömür ve petrolün ikamesi olarak kullanımı yaygın olmayan bir enerji kaynağı iken 1960'lardan sonra özellikle Avrupa'da ısınmada ve elektrik üretiminde yoğun biçimde kullanılmaya başlamıştır. Zamanla Rusya, ABD, Kanada, İran, Norveç ve Cezayir Dünyada önemli doğalgaz üreticisi ülke konumuna gelirken, Avrupa da en önemli tüketici konumuna gelmiştir. Doğalgazın taşınması ve nakli için petrol boru hatları gibi boru hatları yapılmıştır. Bugün Avrupa'nın en önemli doğalgaz tedarikçisi Rusya'dır. Almanya, Avrupa'da önemli bir doğalgaz kullanıcısı olup doğalgazın yeraltında depolanması için önemli yatırımlar gerçekleştirmiştir (Quaschning, 2020:7-8).

Grafik 3: *Dünya Doğalgaz Üretimi 1981-2019 (exzajule)*



Kaynak: BP World Energy Statistics

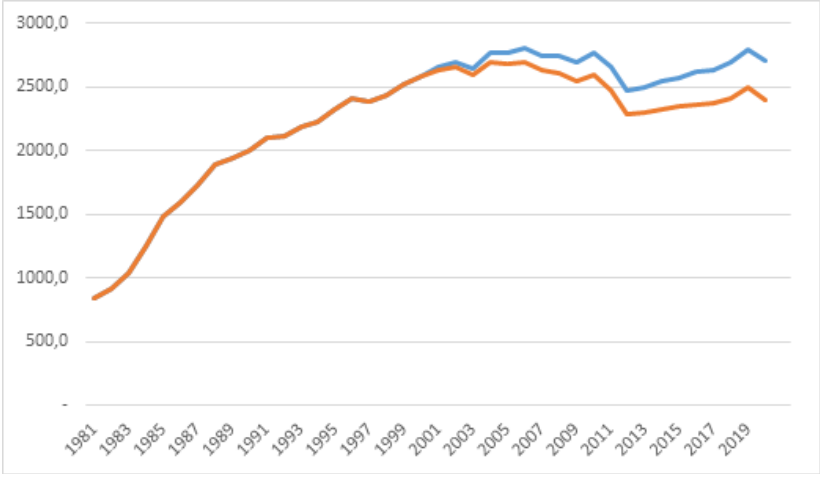
Grafik 3'de görüldüğü gibi Dünya doğalgaz üretiminde 1980 sonrası hızlı bir artış yaşanmıştır. Diğer fosil kaynaklarda olduğu gibi doğalgaz üretim ve tüketim değerleri yakın olduğu için doğalgaz tüketimi verilmemiştir. Özellikle küresel üretimin artmasına bağlı olarak ortaya çıkan enerji ihtiyacı, Avrupa Birliğinin doğalgaz talebi, doğalgazın kömür ve petrole göre daha temiz enerji kaynağı olarak görülmesi ve fiyat avantajı gibi nedenlerden dolayı her ne kadar iklim değişikliği ile mücadelede doğalgaz kullanımının azaltılması hedeflenmişse de, henüz beklenen etkinin ortaya çıkmadığı görülmektedir. Ayrıca doğalgaz tedarikçisi ülkelerin de bu gelirden henüz vazgeçmeye niyetlerinin olmadığını da belirtebiliriz.

Nükleer Enerji

Dünyada birçok ülke elektrik üretiminde nükleer santralleri kullanmaktadır. Avrupa'da İkinci Dünya Savaşından sonra artan elektrik talebinin önemli bir kısmı nükleer enerjiden elde edilmiştir. Rusya, Japonya, ABD önemli nükleer enerji kaynağına sahip ülkelerdir. Bu ülkeleri takiben de kalkınma hızlarına uygun olarak Çin, Güney Kore, Güney Afrika, Hindistan ve Tayvan'da önemli nükleer enerji kullanarak elektrik üreten ülkeler olarak sıralamada yerini almıştır. Doğalgaz gibi nükleer enerji de, kömür ve petrolden daha temiz enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Avrupa Birliği Komisyonu, "Yeşil Mutabakat" sözleşmesiyle 2050 yılına kadar Avrupa'yı iklime zarar vermeyen bir kıta yapmayı hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda atıklarını güvenli bir biçimde tasfiye edebilecek nükleer santraller ile kilowatt saat başına 270 gramdan daha az karbon emisyonu üretecek doğal gazla elektrik üreten santraller "yeşil ve sürdürülebilir yatırım" olarak kabul edilecektir. Bu kapsamdaki nükleer santral yatırımlarının 2045 yılından önce, doğalgaz kullanan elektrik santrallerinin ise 2030 yılı sonuna kadar ruhsat almaları gerekmektedir (TRTHABER,01.01.2022).

Grafik 4: *Dünya Nükleer Enerji Üretim ve Tüketimi 1981-2019*



Kaynak: BP World Energy Statistics

Grafik 4'te görüldüğü gibi nükleer enerjiyle elektrik üretimi 1980 sonrası hızla artmıştır. Küresel üretimde meydana gelen artışa bağlı olarak artan enerji talebine bağlı olarak nükleer enerji kullanımı da artmıştır. 2006 yılından sonra özellikle gelişen teknolojilere de bağlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitlenmesi, nükleere olan talebin giderek azalmasına neden olmuştur. Grafikte görüldüğü gibi kömür, petrol ve doğalgaz da olmadığı şekilde 2006 yılından sonra nükleer enerjiyle üretilen elektrik enerjisi tüketimi üretim değerinden ayrışmış ve üretim değerinin altında kalarak hızlı bir şekilde azalmıştır. Ayrıca Avrupa ve Rusya'da teknolojisi eskiyen bazı nükleer santrallerin kapatılması da 2006'dan sonra nükleer enerjiyle elektrik

üretiminin azalmasına neden olmuştur.

Ara Değerlendirme

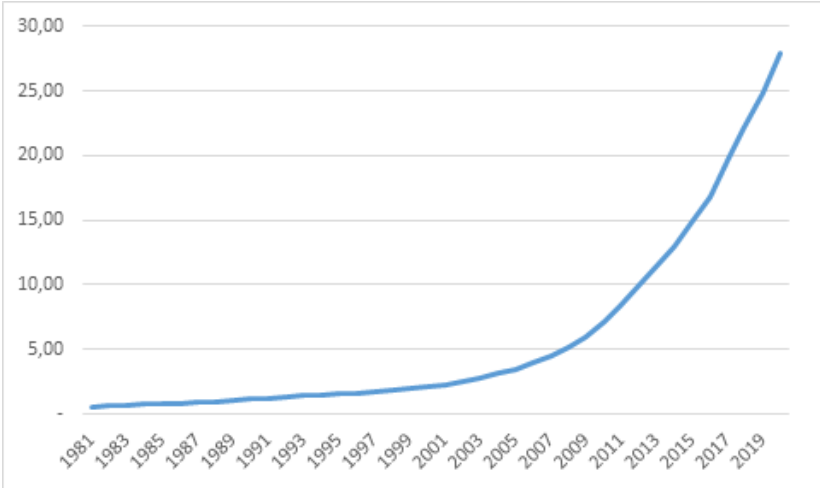
İklim değişikliği ile mücadele kapsamında ülkelerarası işbirliğini güçlendiren birçok protokol ve son olarak Paris Anlaşmasıyla, fosil ve nükleer enerji kaynakları kullanımlarının 2050 yılına kadar kademeli bir biçimde azaltılması hedeflenmektedir. Son yıllarda gelişen teknolojilere bağlı olarak tüm Dünyada yenilenebilir enerji kaynakları kullanımın hızla artmasıyla, geleneksel enerji kaynakları yatırımlarının ve üretimin azalacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte görüldüğü gibi kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerjinin kullanım ve üretimlerinde kayda değer bir azalma görülmemiştir. Ülkelerin bolca sahip oldukları kömür, petrol ve gaz kaynaklarından kolayca vazgeçmeleri henüz mümkün görünmemektedir. Çin ve Hindistan gibi kalabalık nüfusa sahip ülkelerde bu kaynakların üretimi yarattığı istihdam, maliyet avantajı ve yoğun talep nedeniyle hala oldukça yüksektir. Ayrıca benzer durum zengin petrol kaynaklarına sahip ülkeler için de geçerlidir. İklim değişikliği ile mücadele protokollerinin yaptırım gücünden ziyade tavsiye niteliği taşıması uzun yıllar yüksek karbon emisyonuna neden olan bu kaynakların enerji sektöründeki öneminin hala devam etmesine sebep olmuştur. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri yükseldikçe, yaptırımlar arttıkça, toplumsal bilinç ve toplum baskısı arttıkça, yeni temiz enerji kaynaklarını kullanıma sokan teknolojiler geliştikçe geleneksel enerji sektöründe üretim ve tüketim giderek azalacaktır. Geleneksel kaynaklara sahip ülkelerde yeni teknolojilere yatırım yapılıp yapılamayacağı, yenilenebilir enerji için finansman kaynağının nasıl bulunacağı, enerjide ithalata bağımlı olan ülkelerin taleplerinin nasıl karşılanabileceği, enerji fiyatlarının nasıl bir seyir göstereceği gibi hususlar belirsizlik gösterdiği için geleneksel kaynakların kullanıldığı enerji sektöründe üretimin nasıl sınırlandırılabileceği iklim değişikliği ile mücadelede karşılaşılan önemli bir sorundur.

Yenilenebilir Enerji

İklim değişikliği ile mücadele en çok yenilenebilir enerji sektörünü olumlu etkilemiştir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak, temiz enerji kaynaklarının özellikle elektrik üretimi sürecinde

kullanılmasıyla bu sektörde üretim ve tüketim hızla artmaya başlamıştır. Rüzgar, Hidrolik, Güneş ve Biyoenerji olarak sıralayabileceğimiz yenilenebilir enerji özellikle 2000'lerden sonra iklim şartları uygun ülkelerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bugün yenilenebilir enerji, birincil enerji kaynaklarının %15'ini oluşturmaktadır. Bu enerjinin %10'u biyoenerji kaynaklarından, %3'de su gücünden elde edilmektedir (Gernaat ve diğ., 2021).

Grafik 5: *Dünya Yenilenebilir Enerji Üretimi 1981-2019 (exzajule)*



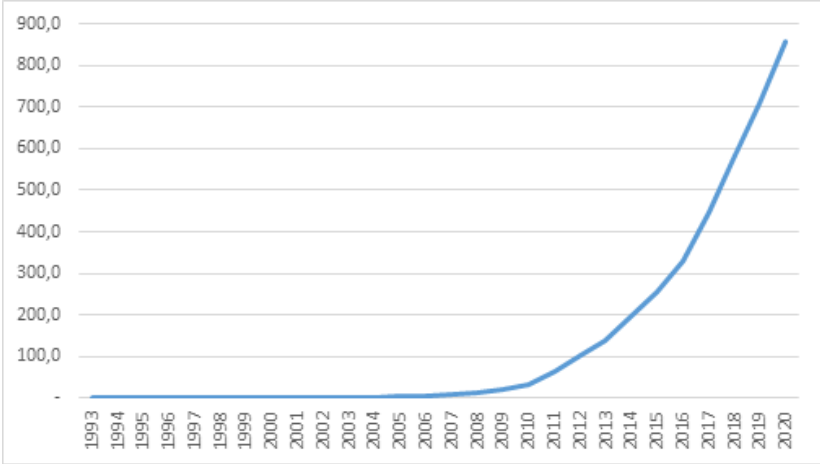
Kaynak: BP World Energy Statistics

Yukarıda verilen grafikte görüldüğü gibi Dünya yenilenebilir enerji gücü 2000'lerden sonra hızla artmıştır. İklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol üstlenmiş olan Avrupa, zengin petrol ve kömür kaynaklarına sahip olamamanın da etkisiyle yenilenebilir enerji kullanımını yoğunlaştırmıştır. Benzer şekilde Japonya'da yenilenebilir enerji üretimini arttırırken, 2000'lerden sonra küresel üretimde ön plana çıkan Çin'de bu yatırımlara hız kazandırmıştır. Teknoloji gelişip maliyetler azaldıkça, bu sektördeki yatırımların daha da artması beklenmektedir. Sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yenilenebilir enerji geleceğin vazgeçilmez kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bölümde yenilenebilir enerjide kaydedilen gelişmeler ele alınmıştır.

Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştüren panellerin (fotovoltaikpanel)geliştirilmesiyle,güneşenerjisindenyararlanma hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır. Emisyon yaratmayan bu sistem, sonsuz enerji kaynağı güneşten bedava yararlansa da, güneş enerjisi panellerinin yüksek maliyeti bu uzunca bir süre bu yatırımların artmasının önüne geçmiştir. Özellikle son dönemde artan tedarikçi sayısına da bağlı olarak düşen panel fiyatları ve ülke teşvikleri, güneş enerjisi yatırımlarını arttırmıştır. Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üreten ülkelerin başında Avrupa Birliği üyesi ülkeler ve ABD gelmekteyken, İsrail, Japonya, Çin, Avustralya, Hindistan, Güney Kore, Güney Afrika ve son yıllarda Türkiye güneş enerjisi kullanan ülkeler arasında yer almışlardır. Güneş enerjisi üretiminde iklimin oldukça önemi olmakla birlikte, ülkelerin alternatif enerji kaynak rezervlerinin olup-olmadığının da etkisi vardır.

Grafik 6: *Dünya Güneş Enerjisi Gücü 1993-2020 (terawatt/saat)*



Kaynak: BP World Energy Statistics

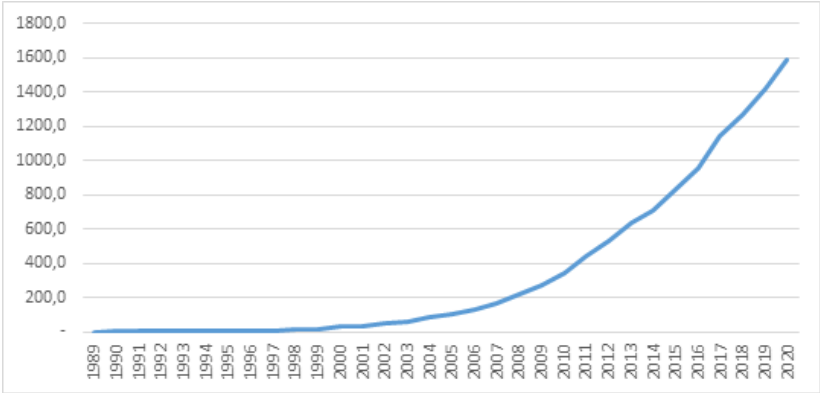
Grafik 6'da Dünya güneş enerjisi gücünün gelişimi verilmiştir. Görüldüğü gibi 2008 Global Krizinin ardından güneş enerjisi gücü hızlı bir artış göstermiştir. Güneş paneli teknolojisi ve üretici sayısındaki artışa bağlı olarak düşen maliyetler Çin, ABD, Japonya, Hindistan ve Türkiye'de güneş enerjisi yatırımlarının artmasına ve Dünya güneş enerjisi gücünün yaklaşık %84'ünü karşılamalarına

neden olmuştur. Kişi başına düşen kurulu güç kapasitesinde ise Almanya, Japonya, İtalya, Belçika ve Avustralya başı çekmektedir. Güneş enerjisi panelleri üreten ülkeler olarak da Çin, Hindistan ve ABD ilk üç sırayı paylaşmaktadır (Bush, 2020:288-290).

Rüzgar Enerjisi

Rüzgar da, güneş gibi emisyona sebep olmayan yenilenebilir temiz enerji kaynaklarından biridir. Güneş panellerinde olduğu gibi, rüzgar enerjisinin elektrik enerjisine çeviren teknolojik sistemler geliştikçe Dünyada rüzgar enerjisi kullanımı giderek artmaya başlamıştır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi Dünyada ilk defa ABD ve Kanada'da çok düşük üretim düzeylerinde 1960'lı yıllarda başlamıştır. Bugün yapılan hesaplamalar, toplam enerji üretiminin yalnızca %1.7'sinin güneş, rüzgar ve jeotermal enerji üretiminden kaynaklı olduğunu ortaya koymaktadır (Bush, 2020:217). Artan üretimi ve artan enerji talebini karşılamak için Çin 2000'lerden sonra yaptığı yatırımlarla ABD'nin bu konudaki birinciliğini devralmıştır.

Grafik 7: *Dünya Rüzgar Enerjisi Gücü 1989-2020 (terawatt/saat)*



Kaynak: BP World Energy Statistics

Grafik 7'de görüldüğü gibi Dünya rüzgar enerjisi gücü Çin ve Hindistan'ın Asya'da önemli birer üretim üssü olmalarının ardından 2000'lerden itibaren hızlı bir artış göstermiştir. Rüzgar enerjisi ile elektrik üretimi konusunda Avrupa Birliği yaptığı yatırımlarla uzun yıllar istikrarlı bir artış göstermiştir. Avrupa'da Almanya'nın başı çektiği rüzgar enerjisi kullanımında İngiltere, İspanya, Fransa ve İtalya sırayı takip ederken, Türkiye, Polonya,

Portekiz ve Romanya'da son yıllarda yaptıkları yatırım ve artan rüzgar güçleriyle dikkat çekmişlerdir (BP, WES, 2021).

İklim değişikliği ile mücadelede yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ne kadar önem arz etse de, güneş enerjisi panelleri gibi rüzgar tribünleri (rüzgar gülü) de sermaye yoğun üretim gerektirdiği için maliyeti yüksektir. Rüzgar enerjisi yatırımlarının maliyeti ve ülkelerin ekonomik yapıları kadar, ülkelerin bulundukları coğrafyaya bağlı olarak sahip oldukları iklim koşulları da bu yatırımların verimliliğini yakından ilgilendirmektedir. 2010 yılından bu tarafa 1 birim mal üretmek için gerekli olan birincil enerji kullanımı ortalama %2.3 oranında azalmıştır. Bu azalmanın önemli sebeplerinden biri Çin'in sağladığı verimlilik artışıdır. Rüzgar tribünlerinin üreticileri artıp rekabet ve maliyet avantajları arttıkça, iklim ve ekonomik yapıları uygun ülkelerde rüzgar enerjisi kullanımının daha hızlı artacağı beklenmektedir.

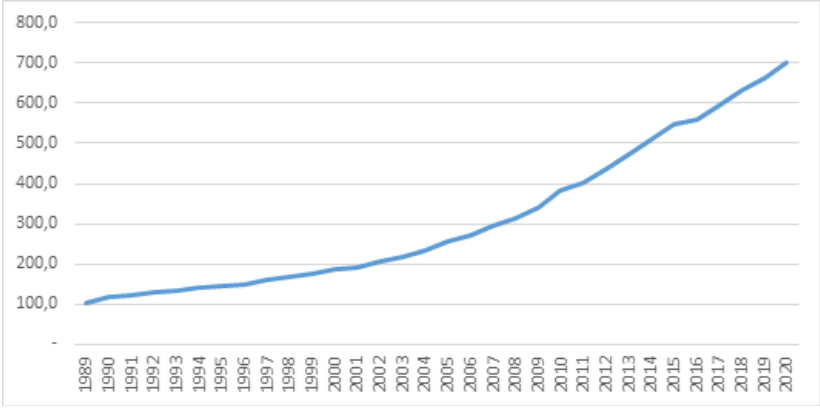
Jeotermal ve Biyomas

Jeotermal, ısıtma ve elektrik üretiminde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Kayıtlı ilk jeotermal kullanımıyla elektrik üretimi 1904 yılında İtalya'dadır. Daha sonra bu konuda ortaya çıkan gelişmelerle 1958'de Yeni Zellanda'da ilk ciddi elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Günümüzde ise jeotermal enerji kullanımında Endonezya ve Türkiye yoğun yatırım yapan ülkeler olarak dikkat çekmektedir. ABD ve Japonya, jeotermal enerji kullanımında başı çeken iki ülkeyken Şili, İzlanda, Meksika, Portekiz ve Macaristan'da bu konuda yatırım yapan diğer ülkeler olarak öne çıkmışlardır (Bush, 2020:314).

Biyomas (biyokütle), güneş ışığı var olduğu sürece yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürerek, bu enerjiyi depolaması sonucu ortaya çıkan biyolojik kütle ve buna bağlı organik madde kaynaklarıdır. Biyomas ihtiyaç duyulan alana göre katı, sızı ve gaz halinde alternatif enerji kaynaklarına dönüştürülebilmektedir. Bu enerji kaynağının depolanması ve karbon emisyonu açısından da nötr olması, yenilenebilir enerji içinde önemli bir yer almasına neden olmuştur. Biyomas, en temiz enerji kaynaklarından biri olmakla birlikte 2004 yılında toplam elektrik enerjisi üretimi içindeki payı

%1'dir (Çevreportal,18.01.2022).

Grafik 8: *Dünya Jeotermal ve Biyomas Gücü 1989-2020 (terawatt/saat)*



Kaynak: BP World Energy Statistics

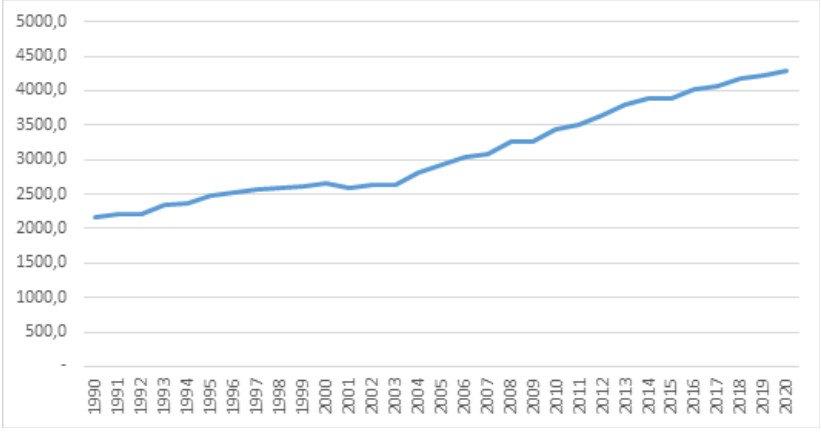
Grafik 8'de görüldüğü gibi güneş ve rüzgar enerjisinde olduğu gibi 2000'lerden sonra jeotermal ve biyomas enerji kullanımı da hızlı bir artış kaydetmiştir. Bu enerji kaynaklarının güneş ve rüzgara göre daha düşük yatırım maliyeti gerektirmesi kullanımlarını cazip hale getirse de, Dünya enerji üretimi içindeki %1'lik payı oldukça düşüktür. Bu durumun ortaya çıkmasının önemli nedenlerinden biri Dünyada hala fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılık, ülkelerin jeotermal kaynaklara ve zengin yeşil bitki örtüsüne sahip olup olmadıklarıdır. Kaynak kıtlığı, sadece belli ülkelerde jeotermal ve biyomas kullanılarak ısınma ve enerji ihtiyacının karşılanmasına olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte iklim değişikliği ile mücadelede bu kaynaklar sıfır emisyon yarattıkları için sürdürülebilirliğe önemli katkı vermektedir.

Hidrolik Enerji

Hidroelektrik santralleriyle elektrik üretimi yenilenebilir enerji kullanımı içinde en büyük gücü oluşturmaktadır. Enerji üretiminde sudan yararlanılması tarihteki en eski yöntemlerden biridir. Bununla birlikte 2017 verilerine göre hidroelektrik üretimine yapılan ilave kapasite artışı aynı yılda güneş ve rüzgar enerjisine yapılan ilavenin gerisinde kalmıştır. Çin, ABD, Brezilya, Kanada, Japonya, Hindistan, Rusya, Norveç, Türkiye ve Fransa Dünyada en çok su kullanarak elektrik üreten ilk 10 ülkedir. Bu ülkeler Dünya

toplam hidroelektrik üretiminin %65'ini üretmektedirler. Aslında Dünya su kaynaklarının önemli bir bölümü Afrika'da olmasına rağmen bu kıtada yer alan ülkeler azgelişmiş statüsünde yer almakta ve ekonomik yapıları gereği enerji yatırımlarına kaynak ayıramamaktadır. Ülkelerin üretim güçleri ve gelişmişlik düzeyi, enerji üretim ve tüketimlerini doğrudan etkilemektedir. Özellikle elektrik enerjisinin gelişmiş endüstrilere ve bu bağlamda yüksek gelir düzeyine sahip ülkelerde daha yoğun kullanılması, bu ülkeleri yeni enerji kaynakları arayışına ve yeni yatırımlara zorlamaktadır. Afrika'da birçok ülke henüz ihtiyaçlar hiyerarşisinin ilk adımını aşamamışken bu ülkelerin enerji üretiminde ön sıralarda olması da beklenmemektedir. Afrika'da ekonomik yapı ve gelişmişlik düzeyi açısından farklılık gösteren Güney Afrika'nın kömür, nükleer ve güneş enerjisinde önemli bir güç olduğu görülmektedir. Avrupa'da yenilenebilir enerjinin önemli bir bölümü hidroelektrik üretimiyle gerçekleşmektedir (Bush, 2020:303-304).

Grafik 8: *Dünya Hidrolik Enerji Gücü 1989-2020 (terawatt/saat)*



Kaynak: BP World Energy Statistics

Grafik 8'de görüldüğü gibi son 30 yıldır Dünya hidrolik enerji gücü sürekli ve düzenli bir şekilde artış göstermektedir. Çin ve Hindistan'da artan üretime bağlı olarak artan enerji talebinin karşılanması için yapılan yatırımlar, hidrolik gücün artmasına olumlu katkı yapmıştır. Su gücüyle elektrik üretimi sıfır karbon emisyonu yaratırken iklim değişikliği ile mücadeleye de önemli bir destek sağlamaktadır. Bununla birlikte iklim değişikliğinin meydana getirdiği bölgesel yağış değişiklikleri, kuraklık, sel

vb. gibi olaylar baraj yatırımları konusunda karar vermeyi güçleştirmekte ve önceden yapılmış bazı yatırımlarda verim kaybının yaşanmasına da neden olmaktadır. Kısaca, hidroelektrik üretimi doğaya olumlu katkı yaparken, geçmişten bugüne yaşanan gelişmelerle ortaya çıkan iklim değişikliği problemi su kaynaklarını olumsuz etkilemekte bu da hidroelektrik gücüne olumsuz yansımaktadır (Cuba ve diğ, 1996). Her ne kadar sonuç bu olsa da, iklim değişikliği ile mücadelede hidrolik ihmal edilemeyecek ve yeni yatırımlar yapılacak kadar önemli bir güçtür.

TÜRKİYE'DE DURUM

Türkiye, bulunduğu coğrafi konum açısından iklim değişikliğinden en çok etkilenecek ülkelerden biridir. Özellikle son 20 yılda görülen deniz ve su kirliliği, yağış rejiminin değişmesine bağlı olarak ortaya çıkan kuraklık, yaşanan seller ve toprak kaymaları gibi birçok doğa olayı aslında yakın gelecekte iklim değişikliğinden kaynaklanan sorunların bize ne kadar yakın olduğunu göstermektedir. İklim değişikliğinin olası sonuçlarından tarım, turizm ve enerji sektörü doğrudan etkilenmektedir. Bu nedenle Türkiye için çok önemli bu üç arz ve gelir gelir kaynağı sektörün iklim değişikliğinden etkilenecek olması, Türkiye'yi de bu süreçte iklim değişikliği ile mücadelenin uluslararası bir parçası haline getirmiştir. Türkiye 1987'de imzalanan Montreal protokolüne 19 Aralık 1991 yılında dahil olmuş ve tüm değişiklikleri kabul etmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı koordinasyonunda yürütülen işbirliği devam ettiği gibi 12 Kasım 2008 tarihli Resmi Gazete'de "Ozon Tabakasını İncelten Maddelerin Azaltılmasına İlişkin Yönetmelik" yayımlanmıştır. Türkiye 2005'de imzalanan Kyoto protokolüne 26 Ağustos 2009'da, 2016'da imzalanan Paris Anlaşması da "Paris Anlaşmasının Uygun Olduğuna Dair Kanun" ile Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde 7 Ekim 2021'de kabul edilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığımız da iklim değişikliğinin önemine vurgu yapacak şekilde 29 Ekim 2021'de Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak isim değiştirmiştir.

Türkiye, sahip olduğu su kaynakları ve kömür yatakları nedeniyle enerji üretimini uzun yıllar fosil yakıtlar tüketerek gerçekleştirmiştir. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Dünya hidroelektrik potansiyelinin %1'i, Avrupa potansiyelinin de %16'sına sahip olan Türkiye, 2018 yılı verilerine

göre ülke içi elektrik üretiminin %32'sini de bu kaynaktan elde etmektedir. Özellikle dışa açılmanın hızlandığı 1990'ların başından itibaren artan enerji talebinin karşılanmasında doğalgazın kullanımı yaygınlaşmıştır. Doğalgaz ile elektrik üretimi 1990'da 10 terawatt/saatten 2018'de 163 terawatt/saate yükselmiştir. Türkiye, doğalgaz tedariğinde Rusya, Azerbaycan ve İran'dan ithalat yapmakta olup 2019 yılında tüketilen 45,3 milyar m^3 doğalgazın sadece 483 milyon m^3 yerli sondajlardan karşılanabilmiştir. İthal edilen doğalgazın %25'i enerji sektöründe, %27'si sanayide, %32'si konutlarda %10'u da hizmet sektöründe tüketilmektedir (Yılmaz, 2020). Benzer şekilde Türkiye petrol üretiminde de dışa bağımlı olup, ihtiyaç duyulan petrolün sadece %8'i yurtiçinden karşılanabilmektedir. Yine Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Türkiye elektrik enerjisi üretiminin %22'sini de kömür kullanarak gerçekleştirmekte olup, kullanılan kömürün yaklaşık %55'i ithal edilmektedir. Bu nedenle Türkiye yıllık 50 milyar Dolara yaklaşan hacmiyle dış açık veren önemli bir enerji ithalatçısı ülke konumundadır. Türkiye'nin nükleer enerji gücü olmayıp, 2010 yılında Rusya ile yapılan anlaşmaya bağlı olarak yatırımı gerçekleşen Akkuyu Nükleer Santralinin ilk reaktörünün 2023 yılında devreye girmesi beklenmektedir.

Türkiye, yüksek enerji maliyeti ve dışa bağımlığı azaltmak için özellikle 2000'lerden sonra yenilenebilir enerji yatırımlarını arttırmaya başlamıştır. Kamunun, özel sektöre yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği satın alma garantisi vermesiyle bu yatırımlar daha da hızlanmıştır. İklim değişikliği ile mücadele de gözönüne alındığında Türkiye'nin yenilenebilir enerji gücünün her geçen gün artıyor olması önemli bir gelişmeyken, bu sektörde yapılan yatırımlarda kullanılan güneş panelleri ve rüzgar reaktörlerinin ithal ediliyor olması, dış açık üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Dünya enerji gücünün %22'si yenilenebilir enerjiden elde edilmekteyken bu oran Türkiye'de %29'a yükselmiştir. Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücü Nisan 2021'de 97 bin megawata ulaşırken yenilenebilir enerji bu kapasitenin 51 bin megawatla %53'ünü oluşturmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından incelendiğinde %60 oranı ile hidroelektrik ilk sırada yer alırken %18.5 ile rüzgar ikinci, %15 ile de güneş enerjisi üçüncü sırada yer almaktadır. Jeotermal enerji %3 ve biyomas ise %1.8 oranı ile yenilenebilir enerji içinde

küçük bir paya sahip olsa da, Türkiye jeotermal enerji üretiminde Dünyada dördüncü sırada yer almaktadır (Kaya, 2021).

Görüldüğü gibi Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimi her geçen gün giderek artmaktadır. Türkiye bu konuda uluslararası kuruluşlar ve Avrupa Birliği'nden de övgüler almaktadır. Burada önemli bir nokta ise, Türkiye'de yapılan bu yatırımların iklim değişikliği ile mücadeleden çok enerjide dışa bağımlılığın azaltılarak kendi kendine yeter hale gelme çabaları ve bu çaba kapsamında kamuca verilen teşviklerden kaynaklanmış olmasıdır. Bununla birlikte Türkiye'de yenilenebilir enerjinin toplam enerji gücü içindeki payının artmış olması hem ekonomiye hem de iklim değişikliği ile mücadeleye yaptığı katkı açısından olumlu bir gelişmedir.

SONUÇ

İklim değişikliği atmosfere salınan sera gazlarının Dünya ortalama hava sıcaklığında artışa neden olması ve bu artışın beraberinde birçok olumsuz iklim olaylarına sebep olmasıdır. Önümüzdeki dönemde küresel ortalama hava sıcaklığında meydana gelecek ortalama 2 °C'lik bir artışın doğada geri dönülmesi zor olaylara neden olacağını tahmin eden iklim bilimciler, ortalama hava sıcaklığının 1.5 °C'yi aşmaması gerektiğini belirtmektedir. Kendini aşırı yağış ve sel ya da yağışların kesilmesi ve kuraklık, toprak kaymaları, aşırı ısınmadan kaynaklı orman yangınları ve ormansızlaşma, aşırı emisyon ve insan sağlığını tehdit, buzulların erimesi, okyanusların ısınması gibi birçok şekilde gösteren iklim değişikli ilk olarak 1970'li yıllarda dikkat çekmiş ve o dönemden bugüne ülkelerarası bir çok anlaşma ve protokole imza atılmıştır. Son olarak Paris iklim anlaşmasıyla 2050'ye kadar iklim değişikliği ile mücadelede tüm ülkeleri bağlayan kalıcı çözümlere ulaşmak hedeflenmektedir. İklim değişikliği Dünya ve insan hayatını tehdit ederken, sera gazı emisyonlarına sebep olan fosil yakıtlar kömür, petrol, gaz ve bu kapsamda sayılabilecek nükleer enerji üretim ve kullanımında herhangi bir azalış olmadığı gibi tersine sürekli bir artış olmuştur. Çin ve Hindistan'ın 2000'lereden sonra Dünya üretiminde artan paylarına bağlı olarak artan enerji taleplerini karşılamada sahip oldukları kömüre başvurdukları görülmektedir. Rusya ve ABD'de kömürü hala önemli bir enerji kaynağı olarak kullanmaktadır.

Özellikle az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerde kömüre olan bağımlılık, bu sektörde çalışan sayısının çokluğu, zengin rezervler, enerji şirketleri ya da kamunun yeni enerji yatırımlarına ayıracak finansman kaynaklarının olmaması hala kömür kullanımını cazip hale getirmektedir. Benzer durum yine petrol üreten ülkeler için de geçerlidir. Burada önemli bir fark ise petrol rezervleri bakımından zengin olan Arap Yarımadasındaki ülkelerin yenilenebilir enerjiye yatırım yapsalar da petrol üretiminden vazgeçmemeleri ve üretimin azalmamasıdır. Özellikle otomotiv endüstrisinde hibrid ve elektrikli motor teknolojisinde görülen gelişmeler ulaştırmada petrol kullanımını zamanla azaltabilecektir. Bu konuda gelişmiş ülkelerden oluşan Avrupa Birliği aldığı sıkı önlemlerle otomotiv endüstrisinde yeni teknolojileri ve kullanımını teşvik etmektedir. Doğalgaz üretiminde de kömür ve petrolde olduğu gibi sürekli bir artış görülmektedir. Isınma, elektrik ve ulaştırma araçlarında kullanılan doğalgaz Rusya gibi zengin rezervlere sahip ülkeler için önemli bir döviz geliri kaynağıdır. AB, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir gelişme kaydetmiş olsa da ısınmada doğalgaza ve dolayısıyla da Rusya'ya bağımlılığı bulunmaktadır. Emisyona sebep olduğu için fosil yakıt kategorisinde değerlendirilen nükleer enerji özellikle II. Dünya Savaşından sonra birçok ülkenin kullandığı bir kaynaktır. AB'nin, teknolojisi eskiyen nükleer santrallerini özellikle atıkların kontrolünün zorluğu gibi nedenlerle kapatmaya başlamasıyla 2000'lerin ortalarından itibaren Dünya nükleer güç üretimi azalmaya başlamıştır. Avrupa'da durum böyle iken Çin, Hindistan, Tayvan ve Güney Kore artan enerji taleplerini karşılamak için nükleer güçlerini artırmışlardır. Görüldüğü gibi iklim değişikliği ile mücadele kapsamında birçok protokol imzalanmış olmasına rağmen fosil yakıt kaynaklarıyla üretilen enerji güçlerinde önemli azalmalar kaydedilmemiştir. Burada sadece Covid pandemisi nedeniyle 2020 yılında bazı sektörlerde üretime ara verilmesine bağlı olarak bu kaynakların kullanıldığı enerji talebinin ve doğal olarak da üretimin azaldığı görülmüştür. Önümüzdeki dönemde pandemi etkileri sonlanınca yönün tekrar yukarı olacağı görülmektedir. Güneş ve rüzgar gibi doğal enerji kaynaklarını elektrik enerjisine çevirmede kullanılan teknolojilerdeki gelişmeler, yenilenebilir enerji üretimini arttırırken iklim değişikliği ile mücadeleye de büyük katkı sağlamıştır. İlk kullanıldıklarında yüksek yatırım

maliyeti gerektiren bu uygulamaların zamanla üretici sayısındaki artışa da bağlı olarak düşen maliyetleri, özellikle fosil rezervler bakımından fakir fakat ekonomik olarak zengin ülkelerin yenilenebilir enerji yatırımlarını arttırmıştır. ABD, Japonya ve Avrupa Birliğinin başı çektiği yenilenebilir enerji üretim ve kullanımı, Çin, Hindistan ve Güney Kore'nin de ekonomik güç olarak ortaya çıkmasıyla Asya'da yatırım alanı bulmuştur. Özellikle Türkiye'nin de güneş ve rüzgar enerjisi yatırımları son dönemde dikkat çekmektedir. Türkiye yaptığı yatırımlarla toplam kurulu enerji gücünün %53'ünü yenilenebilir enerjiden karşılamaktadır. İklim değişikliğinin sebep olduğu olumsuzluklar ülkeleri daha sert etkiledikçe, teknolojideki gelişmeler hızlanıp maliyetler düştükçe, iklim değişikliği konusunda bilinçlenme arttıkça ve paranın sağlıktan daha önemli olmadığı anlaşıldıkça önümüzdeki dönemlerde yenilenebilir enerji yatırımlarının hızlanarak Dünya enerji gücü içindeki payı artacaktır. Bununla birlikte özellikle güneş panelleri ve rüzgar türbinlerinin atmosfer ve iklim ile doğal hayata etkisinin uzun dönemde olumlu ya da olumsuz olacağı da henüz net bir şekilde belirlenebilmiş değildir. İklim değişikliği ülkelerin bireysel çabalarıyla değil, birlikte ortaya koyacakları kararlılık ve çabayla azaltılabilecek bir süreçtir. Bu süreçte geleneksel fosil yakıt kullanan enerji sektörünün payının azalması ve yenilenebilir enerji payının artması ise sürdürülebilir bir Dünya hayatı için kaçınılmaz bir gerekliliktir.

KAYNAKLAR

AB, İklim Değişikliği ile Mücadele Komisyonu (2008), Komisyon raporu, 10.12.2021 tarihinde, https://www.avrupa.info.tr/fileadmin/Content/publications/tr/AB_cevre_kitap.pdf

Ata Ufuk ŞEKER AA (Anadolu Ajansı), 14/01/2022 tarihinde, https://www.aa.com.tr/tr/cevre/nukleerin-yesil-yatirim-kabul-edilmesi-fransa-ve-almanyayi-karsi-karsiya-getirdi/2464741

BP, World Energy Statsitcs Review, 04.01.2022 tarihinde, https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html

Cuba, Roberto A. M. ve diğerleri (1996), "Industry, Energy, and Transportation: Impacts and Adaptation", Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific: Technical Analyses, 1st Ed. içinde (365-398), New York: Cambridge University Pres

Çevreportal, 8/01/2022 tarihinde, https://www.cevreportal.com/biyomass-nedir/

Daniel Welsby, James Price and Steve Pye, 06/01/2022 tarihinde, https://

theconversation.com/climate-change-ditch-90-of-worlds-coal-and-60-of-oil-and-gas-to-limit-warming-to-1-5-c-experts-167494

David E. H. J. Gernaat, Harmen Sytze de Boer, Vassilis Daioglou, Seleshi G. Yalew, Christoph Müller & Detlef P. van Vuuren (2021), Climate change impacts on renewable energy supply, *Nature Climate Change*, Vol:11:119-125

Economist, 04.01.2022 tarihinde, https://www.economist.com/the-economist-explains/2021/11/16/why-is-india-clinging-to-coal

IEA, Uluslararası Enerji Ajansı, World Energy Outlook 2021, Direktör, Dr. Fatih BİROL, ABD.

IPCC (2021), 08.01.2022 tarihinde, The International Panel on Climate Change, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/ report/ IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf, ipcc.ch

IPCC (2014), 09.12.2021 tarihinde, The International Panel on Climate Change https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ WGIIIAR5_SPM_TS_Volume-3.pdf, ipcc.ch

Kaya, N. E. (2021), Anadolu Ajansı haberi, 05.01.2022 tarihinde, Türkiye'nin enerji haritasında yeşil'in payı artıyor, 21.06.2021, https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-enerji-haritasinda-yesilin-payi-artiyor/2280401

Lin, B., & Zhu, J. (2019). The role of renewable energy technological innovation on climate change: Empirical evidence from China, *Science of the Total Environment*, *659*, 1505-1512.

MGM, Meteoroloji genel Müdürlüğü, 12.12.2021 tarihinde, https://mgm. gov. tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx

Matthias Kalkuhl and Leonie Wenz (2020), The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions, Journal of Environmental Economics and Management, Vol:103, 1-20.

Martin J. Bush (2020), *Climate Change and Renewable Energy: How to End the Climate Crisis*, Palgrave MacMillan yayınları, ISBN 978-3-030-15424-0 (eBook), İsviçre.

Michael Jakob, Jan Christoph Steckel, Frank Jotzo, Benjamin K. Sovacool, Laura Cornelsen, Rohit Chandra, Ottmar Edenhofer, Chris Holden, Andreas Löschel, Ted Nace, Nick Robins, Jens Suedekum & Johannes Urpelainen (2020), The future of coal in a carbon-constrained climate, *Nature Climate Change*, volume 10, 704–707.

Poortinga, W., Fisher, S., Bohm, G., Steg, L., Whitmarsh, L., & Ogunbode, C. (2018). European attitudes to climate change and energy. Topline results from Round 8 of the European Social Survey.

Tobechi F. Agbanike, Chinazaekpere Nwani, Uwazie I. Uwazie, Lasbrey I. Anochiwa, Thank-God C. Onoja & Ikwor O. Ogbonnaya (2019), Oil price, energy consumption and carbon dioxide (CO2) emissions: insight into sustainability challenges in Venezuela, *Latin American Economic Review*, volume 28, Article number: 8.

TRTHABER, 01.02.2022 tarihinde, https://www.trthaber. com/haber/dunya/ab-nukleer-ve-gazi-yesil-yatirim-olarak-tanimlayacak-641084.html

Van Ruijven, B. J., De Cian, E., & Wing, I. S. (2019). Amplification of future energy demand growth due to climate change, *Nature*

communications, *10*(1), 1-12.
Volker Quaschning (2020), *Renewable Energy and Climate Change,* Translated by Herbert Eppel, John and Willey yayınları, 2. Baskı, İngiltere.
WWF, Dünya Doğal Hayatı Koruma Vakfı, 18.12.2021 tarihinde, https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/iklim_degisikligi/
Wilbanks, T., Bhatt, V., Bilello, D., Bull, S., Ekmann, J., Horak, W., ... & Scott, M. J. (2008). Effects of climate change on energy production and use in the United State,. *US Department of Energy Publications*, 12.
WEC, World Energy Counsil Report 2013, 22.12.2021 tarihinde, https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WEI2013.pdf
WER, World Energy Councill, 2013, Cola Report, 22.12.2022 tarihinde, https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/10/WER_2013_1_Coal.pdf
Yalew, S. G., van Vliet, M. T., Gernaat, D. E., Ludwig, F., Miara, A., Park, C., ... & Van Vuuren, D. P. (2020). Impacts of climate change on energy systems in global and regional scenarios, *Nature Energy*, *5*(10), 794-802.
Yılmaz, Ş. (2020),04.01.2022 tarihinde, Türkiye'nin Enerji Görünümü, Türkiye Mimarlar ve Mühendisler Odası Raporu https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-2020-1_Birincil%20Enerji_%C5%9Eayende%20Y% C4%B1lmaz.pdf.

CLIMATE CHANGE AND ENERGY SECTOR

Abstract

After the industrial revolution the increase in world production bought economic growth and prosperity to developed countries. Fossil fuels wore used for increased energy production after in this period and thus atmospheric pollution has begun. Especially, industrialization accerelated after the World War II in the world. After that problem of climate change started to become evident. Climate change which is the increase in the global average air temprature will have a heavy impact on the nature. Because of this international cooperation is required to reduce the negative effects of climate change. For the mitigating and adapting to climate change signed by many international agreements. The purpose of this agreements is to reduce the use of fossil fuels which cause heavy carbon emission and to increase the renewable energy which causes almost zero emission. In this study, it is aimed to reveal what kind of changes and developments in the enrgy sector in the World within the mitigating and adapting to climate change by making use of world energy data fort he post-1980 period. The research has revealed that due to some economic reasons, fossil fuel based energy production has not decreased as mush as it was aimed an deven icreased. In addition, the study shows that altough renewable energy production has increased rapidly especially after the year of 2000, its share in the World energy power is not at the desired level.

Keywords: Climate change, , Energy sector, Economic effects, Fossil fuels, Renewable energy

BIOGRAPHY

Prof. Dr. Tuncay ÇELİK

I was born in Istanbul in 1972. I completed my primary, secondary and high school education in Istanbul between 1980 and 1990. I started the department of economics at Erciyes University in kayseri in 1991. After the graduating in 1996, I started my master's degree at the Erciyes University in the same year. I became a research asistant at Niğdde University in 1998 and a year later I started my doctoral education in economics at Hacettepe University. After I finished my doctorate in 2005, I worked at Niğde University Faculty of Business and Administration as an asistan professor. I transferred to Erciyes University as an associate professor. Erciyes University divided into two university and and Kayseri University established in 2018. Now, I am working at Kayseri University Faculty of Applied Sciences, Department of International Trade and logistics. My main field is micro and industrial economics and I have many articles in this field.