

KÜRESEL ENERJİ POLİTİKALARINDAKİ EĞİLİMLER VE RÜZGAR ENERJİSİ PAZARINDAKİ GELİŞMELER

Dr. Cenk SEVİM

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Üyesi
e-posta:cenksevim@gmail.com

ÖZET

Küresel enerji politikalarındaki dinamiklerde önümüzdeki 20 yıllık dönem içinde önemli değişimlerin olması beklenmektedir. Enerji politikalarını etkileyecek dinamikler gelişmekte olan ülkelerin enerji talepleri, yenilenebilir enerji politikaları, iklim değişikliği sorunu ve enerji yoksulluğu kabul edilebilir. Mevcut enerji paradigmasında bir değişim yaşanmaması halinde 2030 yılına kadar küresel enerji talebinin % 87'sinden OECD üyesi olmayan ülkeler sorumlu olacaktır. İklim değişikliği tehlike sınırında bir eğilim göstermektedir. 2017 yılına kadar CO₂ emisyonları başta olmak üzere diğer sera gazlarının emisyonunun kısıtlanması konusunda uluslararası bağlayıcılığı olan bir anlaşma oluşturulamaması halinde 2 °C' lik üst sıcaklık artış limiti aşılabacaktır. İklim değişikliği sorunu açısından yenilenebilir enerji kaynakları stratejik öneme sahip kaynaklardır. Başta rüzgâr enerjisi olmak üzere son 10 yıl için büyük bir gelişme göstermişlerdir. Orta vadede deneyim eğrisinin yükselmesi sonucu maliyetlerin düşmesiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranlarının artması beklenmektedir. 1996 yılından itibaren logaritmik olarak artış göstermekte olan kümülatif rüzgar kurulu gücü Aralık 2014 itibariyle 369.553 MW'ta ulaşmıştır. Repowering uygulamaları ve daha büyük nominal güce sahip rüzgar türbinlerinin üretimi, rüzgar enerjisi teknolojisinde önemli konu başlıklarını oluşturmaktadır. Repowering uygulamaları başta Almanya olmak üzere özellikle Avrupa ülkelerinde yaygın şekilde uygulanmaya başlanmış durumdadır. Günümüzde RES yatırımlarında en çok tercih edilen rüzgar türbinleri 2-3 MW aralığında yer almakta olan rüzgar türbinleri olmaktadır bununla birlikte kullanım alanı kurulu güç oranını optimize edebilmek için daha büyük nominal güce sahip rüzgar türbinlerinin üretimi için araştırma çalışmaları sürmektedir. Diğer taraftan Rüzgar enerji pazarı için temel olarak iki belirsizlik söz konusudur. Bunlar; Avrupa'da ki finansal kriz ve politik belirsizliktir. Bu belirsizliklerin kısmen tolere edilebilmesi için rüzgar enerjisi sektöründe uygulanabilecek iki alternatif bulunmaktadır. Bunlar; Doğu Avrupa'daki gelişen rüzgar enerji pazarları ve repowering uygulamalarıdır. Bu çalışmanın amacı küresel enerji politikalarındaki değişimler ve bu değişimlerin rüzgar pazarları özelinde yenilenebilir enerji politikalarına etkilerinin açıklanarak enerji stratejileri açısından bir durum değerlendirmesinin yapılmasıdır.

Anahtar Sözcükler: Enerji politikası, yenilenebilir enerji, rüzgar enerjisi,

1. GİRİŞ

1970'li yıllardaki petrol krizlerinin ve 1990'lardan sonra iklim değişikliği merkezli olarak küresel ölçekte çevresel duyarlılığının artması sonucu yenilenebilir enerji teknolojilerine olan ilgi de artmıştır. Yenilenebilir enerji teknolojileri arasında %95'lik deneyim eğrisiyle rüzgar enerji teknolojileri diğer alternatiflerine göre günümüzde ön plana çıkmaktadır. Gelişen teknolojiye paralel olarak düşen yatırım maliyetleriyle rüzgar enerjisi teknolojisi kısmen de olsa konvansiyonel enerji teknolojileri ile rekabet edebilir noktaya yaklaşmıştır.

Küresel ölçekte yenilenebilir enerji teknolojileri arasında en büyük paya ve gelişim hızına sahip olan rüzgar enerjisi pazarı da hiç kuşkusuz söz konusu artış eğiliminde önemli bir rol oynayacaktır. Ayrıca Japonya'daki Fukushima nükleer enerji santralindeki kaza sonrası nükleer enerji teknolojilerine karşı oluşan sosyal duyarlılık ve çevresel olgulara karşı hassasiyetin yenilenebilir enerji teknolojilerine olan ilgiyi artırmıştır.

Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) gelecek projeksiyonlarına göre CO₂ salımı azaltma politikalarında doğal gaz ve yenilenebilir enerji teknolojileri kritik öneme sahiptir ve

2035 yılına küresel enerji talebinin karşılanmasında en büyük artışı gösterecek teknolojiler olarak ifade edilmektedir [1].

2. Küresel Enerji Politikalarındaki Eğilimler

Mevcut enerji paradigmasında bir değişim yaşanmaması halinde 2030 yılına kadar küresel enerji talebinin % 87'sinden OECD üyesi olmayan ülkeler sorumlu olacaktır. Günümüzde enerji politikaları üzerinde etkili olan dinamiklerin başında gelişmekte olan ülkelere gelen hızlı talep artışları, iklim değişikliği sorunu, kaya gazı teknolojisi, yenilenebilir enerji teknolojisi ve enerji yoksulluğu kavramları gelmektedir. Söz konusu bu dinamikler gerek ülkelerin enerji politikalarının ve gerekse dış politikalarının belirlenmesi konusunda büyük önem arz etmektedir.

2040 yılına kadar küresel enerji talebinin yaklaşık %37 oranında artacağı öngörülmektedir. 2025'kadar yıllık ortalama enerji talep artışı %2 seviyelerindeyken 2025 sonrasında bu değer %1 civarında gerçekleşmesi beklenmektedir. 2025 sonrası enerji talebindeki yavaşlamanın en önemli nedenlerinden bir tanesi küresel ekonominin ağır sanayiden hafif sanayi ve hizmet sektörlerine kaymasıdır ayrıca enerji verimliliği alanında yapılan çalışmalarda küresel enerji talebine aşağı yönlü etki etmektedir. Küresel enerji talebinin bölgeler üzerindeki dağılımı incelendiğinde 2040 yılına gelindiğinde Kuzey Amerika, Avrupa, Japonya ve Güney Kore'nin enerji taleplerinin bugünkü düzeyleri ile hemen hemen aynı kalırken Asya, Afrika, Ortadoğu ve Latin Amerika coğrafyasında enerji talebinde önemli oranlarda artış beklenmektedir. Ayrıca mevcut eğilimler incelendiğinde 2030'da Çin küresel ölçekte en fazla petrol tüketen ülke durumuna gelecektir. 2040'lara gelindiğinde halen birincil enerji talebinin %75'lik bölümünün

fosil enerji kaynaklarından geleceği öngörülmektedir [1].

İklim değişikliği tehlike sınırında bir eğilim göstermektedir. 2017 yılına kadar CO₂ emisyonları başta olmak üzere diğer sera gazlarının emisyonunun kısıtlanması konusunda uluslararası bağlayıcılığı olan bir anlaşma oluşturulamaması halinde 2 °C'lik üst sıcaklık artış limiti aşılabacaktır. Bunun sonucunda 2030'a kadar dünyadaki küresel sıcaklığın 3,5-4,5 °C'lik bir artış gösterebileceği öngörülmektedir. Ancak yaşanmakta olan finansal krizin gölgesinde iklim değişikliği sorunu ülkelerin gündeminden düşmektedir.

Doğal gaz alanında, kaya gazının devreye girmesiyle küresel enerji stratejilerinde önemli paradigma değişimi olmaya başlamıştır. Kaya gazı öncesi ortalama 60-80 yıl arasında öngörülen doğal gaz rezervlerinin kullanım süresinin kaya gazıyla birlikte 160-200 yıl aralığına yükseleceği öngörülmektedir. Bu gelişmeyle birlikte tıpkı 1960-1970 döneminde küresel olarak petrol bolluğunun yaşandığı gibi önümüzdeki dönemde de bir doğal gaz bolluğunun yaşanması olasıdır. Bu sebeple orta vadede doğal gazda talep ve arz üst seviyelerde olması beklenmektedir.

Günümüzde başta Afrika ve Güney Pasifik bölgesi olmak üzere dünyada 1,3 milyar insan elektriğe ulaşamamaktadır. Afrika'da yaşamakta olan 800 milyon insanın elektrik tüketimi New York şehrinin elektrik tüketimine eşittir. Diğer taraftan küresel GSYİH'nın sadece % 3'nün enerji altyapısına ayrılmasıyla 1,3 milyar insan elektriğe kavuşma imkânı bulunmaktadır.

Gerek iklim değişikliği sorunu ve gerekse enerji arz güvenliği açısından yenilenebilir enerji kaynakları stratejik öneme sahip kaynaklardır. Başta rüzgâr ve güneş enerjisi olmak üzere son 10 yıl için büyük bir gelişme göstermişlerdir. Orta vadede deneyim

eğrisinin yükselmesi sonucu maliyetlerin düşmesiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranlarının artması beklenmektedir. Ancak yenilenebilir enerji yatırımlarında 2012 yılında önceki 8 yıla göre gerileme olmuştur. Bu durumu oluşturan temel neden Avrupa'daki finansal kriz olmuş ve 2012 yılında yenilenebilir enerji yatırımları 280 milyar doların altında kalmıştır. Kısa dönemde yenilenebilir enerji teknolojilerinin önündeki bir diğer önemli engelde ABD'deki kaya gazı teknolojisinin gelişmesiyle atıl duruma gelmiş olan kömürün çok düşük fiyata Avrupa'ya ihraç edilmesidir.

2000-2010 dönemindeki global enerji tüketim incelendiğinde kömür tüketiminin yaklaşık olarak diğer tüm enerji kaynaklarının toplamına eşit olduğu dikkat çekmektedir. Söz konusu dönem iklim değişikliği ile ilgili mücadele planlarının çok konuşulduğu ve sürdürülebilir gelişmenin küresel arenaya taşındığı bir dönemdir ancak bu dönemde yapılan kömür tercihi kalkınma modellerinin sürdürülebilirlik yerine sayısal ekonomik modellerle yapıldığı ve her ülkenin çevresel temelli değil pragmatik bir enerji politikası izlemiş olduğunun önemli bir göstergesidir.

Fosil enerji kaynaklarına dayalı olarak izlenen mevcut enerji paradigması iklim sistemi üzerinde çok büyük bir baskı oluşturmaktadır.

Yenilenebilir enerji yatırımlarının fiyatları düşmesine rağmen yenilenebilir enerji yatırımlarına olan politik destek de düşmüştür. Halen yenilenebilir enerji yatırımları karşısında politik bariyerler mevcuttur. Avrupa'da yenilenebilir enerji yatırımları için olan teşvik mekanizmalarının kesilmesi yenilenebilir enerji kaynakları önündeki en büyük bariyeri oluşturmuştur. AB'nin mevcut içinde bulunduğu finans krizi nedeniyle bankaların nakit akış dengesi

ve proje finansmanı kaynaklarında kesintiler olmuştur. Bu sebeple yenilenebilir enerji projeleri için alternatif finansal araçların türetilmesi gündeme gelmiştir. Bunlar, emeklilik fonlarının yenilenebilir enerji proje finansmanına aktarılması, yeşil tahvil, yeşil hisse senedi gibi finansal araçlardır.

Avrupa'daki borç krizi nedeniyle yenilenebilir enerji yatırımlarının bir bölümü gelişmekte olan ülkelere yönelmiş durumdadır. Gelişmekte olan ülkelerin bazıları Kyoto protokolüne uymak için, bazıları yeni iş yaratmak için ve bazıları da doğal gaz bağımlılığını azaltmak için yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelmiş durumdadır. Gelişmekte olan ülke ekonomileri bünyelerinde bazı riskleri de barındırmaktadır. Bunlar; finans kaynaklarının temini, yatırımcıların bu ülkelere bakış açısı, bu ülkelerde ki iletim/dağıtım hatlarındaki yatırım eksikliği, politik destek durumu ve stabil olmayan politik ortamdır.

Yenilenebilir enerjide mevcut eğilimlerinin sürmesi halinde 2040'da küresel elektrik talebindeyenilenebilir enerji kaynaklarının payının %33 olması öngörülmektedir. 2040'kadar yenilenebilir enerji kaynaklı üretimdeki büyümenin en büyük payını %34 ile rüzgar enerjisi, ikinci sırada %30 ile hidrolik enerji, üçüncü sırada %18 ile güneş enerjisi teknolojileri alacaktır.

Diğer taraftan yenilenebilir enerjiye 2013 yılında yapılan sübvansiyonların dört katından fazlası 550 milyar dolar olarak fosil yakıtlara yapılmıştır. Fosil enerji kaynaklarına yapılmakta olan bu destekler yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği çalışmaları karşısındaki en büyük engeldir.

Nükleer enerji politikaları gelecekte enerji stratejilerinin merkezinde yer almaya devam edecek. 2013 yılında 392 GW olan küresel nükleer enerji kapasitesi 2040 yılında %60 artışla 620 GW ulaşması beklenmektedir. Çin,

2040 yılına kadar nükleer enerji üretimindeki büyümenin %45'ni tek başına karşılarken, Hindistan, Kore ve Rusya'da büyümeye %30 oranında katkı verecektir. Nükleer enerji üretiminin ABD'de %16 artarken, AB'de %10 düşüş göstermesi beklenmektedir. Günümüzde nükleer enerjinin pek çok dezavantajı olmasına rağmen, bazı ülkeler nükleer enerjiyi gelecekte uygulanabilecek bir seçenek olarak göremeye devam etmektedirler. Enerji ithal eden ülkeleri için, nükleer enerji santralleri dış kaynaka olan bağımlılığı azaltmanın yanı sıra uluslararası piyasalarda yakıt fiyatlarında yaşanabilecek dalgalanmalara karşı da bir güvence oluşturmaktadır. 2013 yıl sonu itibarıyla dünya genelinde faaliyet gösteren nükleer reaktör sayısı 434'tür. Bu reaktörlerin büyük bir bölümü ABD, Avrupa, Rusya, Japonya'da faaliyet göstermektedir. 2040 yılına kadar 434 nükleer reaktörün 200 tanesinin kapatılacağı öngörülmektedir. Bu enerji santrallerinin hizmetten çıkarma maliyetinin toplam 100 milyar dolar civarında olması beklenmektedir.

3. İklim Değişikliği Sorunu

Dünyamızda atmosfer olaylarına bağlı oluşan doğal afetlerin toplam doğal afetler içindeki oranı yaklaşık % 84'tür. Günümüzde yaşanan fırtınalar, tayfunlar ve kasırgalar eskiden de yaşanmaktaydı ancak günümüzdeki kadar sık ve şiddetli değildi. Son yıllarda ABD'de yaşanan doğal afetlerden bazılarının vermiş olduğu zararlar aşağıda ifade edilmiştir [2],

- 2012, Sandy Kasırgası (ABD'nin doğu yakası), Bina Kaynaklı Zarar 30 milyar dolar, iş kaynaklı zarar 50 milyar dolar
- 2011, Irene Kasırgası, (New England), Zarar 10 milyar dolar

- 2008, Ike Kasırgası, (South East), Zarar 28,9 milyar dolar
- 2005, Wilma Kasırgası, (Florida), Zarar 18,7 milyar dolar
- 2005, Rita Kasırgası (Southeast), Zarar 18,7 milyar dolar
- 2005, Katrina Kasırgası (New Orleans), Zarar 146,3 milyar dolar
- 2004, Charley Kasırgası (Florida), Zarar 18,2 milyar dolar
- 2004, Ivan Kasırgası (Alabama), Zarar 16,9 milyar dolar
- 2004, Frances Kasırgası (Florida), Zarar 10,9 milyar dolar
- 1992, Andrew Kasırgası (Florida), Zarar 44,3 milyar dolar
- 1989, Hugo Kasırgası (Carolinas), Zarar 16,7 milyar dolar

Bu doğal afetlerin mali boyutları ilk olarak sigorta şirketleri tarafından ortaya konulmuştur. Özellikle Stern raporundan sonra iklim değişikliğinin maliyetinin GSYİH içinde önemli paylara ulaştığı ve bununla mücadele etmek için devlet bütçelerinden pay ayrılması gerektiği konusunda görüş oluşmuştur. 2010 yılında küresel karbondioksit (CO₂) emisyonu 390 ppm'e ulaşmıştır. Bu rakam küresel yıllık sıcaklık artışının 1,9 °C yükseldiği anlamına gelmektedir. Önlem alınmadığı takdirde mevcut enerji üretim/kullanım eğilimleriyle önümüzdeki dönemde küresel sıcaklığın 4,5 °C kadar artması olası görülmektedir. Akdeniz ve Güneydoğu Avrupa'nın ada devletleriyle birlikte iklim değişikliğinden en çok etkilenen yerler olacağı öngörülmektedir.

Hızlı iklim değişikliği sorununun temelinde yer alan CO₂ emisyonunu yaratan kaynakların oransal dağılımları % 44 enerji üretim teknolojileri ve % 22 oranında ulaşım teknolojileridir [3]. Bu bakış açısıyla iklim değişikliği sorununun oluşumunun % 66'lık bölümünde kullanmakta olduğumuz mevcut fosil enerji kaynaklarına dayalı enerji

paradigmasının bulunduğu kabul edilebilir [4,5].

21. Yüzyılda küresel ölçekte başta iklim değışikliğı konusunda uluslararası farkındalık yaratılmış ve buna bağılı olarak uluslararası ölçekte çok taraflı çeşitli çalışmalar yürütölmüştür. Küresel ısınma ve iklim değışikliğine neden olduğı belirtilen fosil enerji teknolojileri başta olmak üzere, günümüzde kullanılan enerji teknolojilerinin yerini yeni enerji teknolojilerinin alması gerektiğı yönündeki politik ve teknik düzeydeki tartışmalar kısmen de olsa ekonomik sonuçlar oluşturma aşamasına gelmiş durumdadır. Ancak iklim değışikliğii alanında belirlenmiş olan hedefler ulaşılamamış ve Kyoto Protokolü pek başarılı olamamıştır. Ayrıca günümüzde uluslararası ölçekte net bir aksiyon planı da bulunmamaktadır.

Mevcut enerji politikalarında değışiklik olmaması halinde mevcut eğilim küresel uzun dönemde sıcaklığın 6 °C artmasına sebep olacak bir noktadır. Mevcut iklim rejiminin korunabilmesi için maksimum küresel sıcaklık artışının 2 °C olması gerekmektedir. Bu konuyla ilgili uluslararası kamuoyunda ortak görüş ve fikir birliğine ulaşılmıştır. Ancak şuan için uluslararası anlamda bağlayıcılığı olan bir karar yoktur. Bu konuda bağlayıcılığı olan bir karar olmazsa mevcut ve yeni yapılacak enerji yatırımlarına müdahale şansı kalmayacaktır. Çevresel faktörler dikkate alınmadan bugün yapılan enerji yatırımları 2030 kadar oluşacak CO₂ emisyonlarının % 80'ni oluşturmaktadır çünkü enerji yatırımlarının ortalama ekonomik ömrü 20-30 yıl arasındadır. Eğer 2017 yılına kadar CO₂ emisyonları ve iklim değışikliğii konusunda uluslararası bağlayıcılığı olan bir karar alınamaması halinde 2 °C'lik sınır aşılacaktır [1,6].

İklim değışikliğii konusunda uluslararası bağlayıcılığı olan bir kararın alınamamasındaki temel neden gelişmiş ölkelerle gelişmekte olan ölkeler arasında ortak görüş birliğine varılamamasıdır. Gelişmekte olan ölkelerin konuyla ilgili olarak gelişmiş ölkelere karşı oluşturdıkları temel argüman mevcut CO₂ emisyonunun birikim nedeninin bugünün gelişmiş ölkeleri olduğı ve söz konusu ölkelerin mevcut ekonomik güçlerine ulaşma yolunda günümüzde karşı karşıya kaldığımız CO₂ emisyonu sorununu yarattıklarıdır. Ayrıca gelişmekte olan ölkeler iklim değışikliğii konusunda bağlayıcılığı olan uluslararası bir anlaşmanın kendi ekonomik gelişimlerine engel oluşturabileceğı yönünde çok ciddi endişeler taşımaktadırlar. Başta AB ölkeleri olmak üzere gelişmiş ölkelerde iklim değışikliğii sorunun tüm dünyanın problemi olduğı ve sürdürülebilir kalkınma modelleriyle de ekonomik gelişmenin sağlanabileceğı konusunda gelişmekte olan ölkeleri ikna etmeye ve uluslararası bir uzlaşii oluşturmaya çalışmaktadırlar.

4. Küresel Rüzgar Enerjisi Pazarı

Son 15 yıllık verilere göre küresel rüzgar enerjisi sektörü %95'lik deneyim eğrisine sahip ve yıllık ortalama 40.000 MW'lık enerji santralinin devreye alındığı bir sektör haline gelmiştir. 2014 yıl sonu itibariyle küresel ölçekte rüzgar kurulu gücü 369.553 MW'ta ulaşmıştır. Kurulu rüzgar gücünün yaklaşık %60'ı Çin, ABD ve Almanya'da bulunmaktadır [7].

Rüzgar enerji pazarı için temel olarak iki belirsizlik söz konusudur. Bunlar; Avrupa'da ki finansal kriz ve politik belirsizliktir. Bu belirsizliklerin kısmen tolere edilebilmesi için rüzgar enerjisi sektöründe uygulanabilecek iki alternatif bulunmaktadır. Bunlar; Doğı Avrupa'daki gelişen rüzgar enerji pazarları ve repowering uygulamalarıdır [6].

Avrupa'daki borç krizi nedeniyle rüzgar enerji santral (RES) yatırımlarının olumsuz

etkilendiği ülkeler İspanya, Portekiz, Yunanistan ve kısmen İtalya olmuş durumundadır. Doğu Avrupa'da ki bazı ülkelerde (özellikle Romanya, Polonya) eski kömür santrallerinin yenilenmesi gündemdedir ve bu dönüşümün bir bölümü RES'ler ile yapılması planlanmaktadır. Ayrıca Kuzey Avrupa ülkelerinden (özellikle İsveç) gelen talepte de artış bulunmaktadır. Repowering projelerinde de Almanya ve Danimarka'da ki uygulamalar dikkat çekmektedir. Yaklaşık Avrupa'da ki repowering pazarının kapasitesi 30-35 GW arasındadır ki bunun piyasa değeri 30 milyar Euro civarındadır.

2014 yıl sonu itibariyle küresel rüzgar enerji pazarı %16 oranında genişleme göstererek 369.553 MW düzeyine ulaşmıştır. 2011 yılı içinde tüm dünya da toplam 51.447 MW gücünde yeni rüzgar enerjisi santrali (RES) devreye alınmıştır. Küresel rüzgar enerjisi sektörü son 10 yıllık periyotta logaritmik bir artış göstermiştir.

Dünya'da ki RES yatırımları Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'da yoğunlaşmış durumdadır. 2014 yılında Çin rüzgar enerji pazarı %25, ABD rüzgar enerji pazarı %8,5 ve Avrupa rüzgar enerji pazarı da %9,5 oranında büyüme göstermiştir.

2014 yılında gerçekleştirilen 51.447 MW gücündeki yeni RES'in 23.351 MW'lık bölümü Çin'de gerçekleştirilen yatırımlardır. Çin'deki yeni RES yatırımlarıyla Çin'in kurulu rüzgar gücü 114.763 MW'ta ve küresel rüzgar enerjisi pazarındaki payı da %31'e yükselmiştir. Çin'i 65.879 MW kurulu güç ve %17,8 Pazar payıyla ABD ve 39.165 MW kurulu güç ve %10,6 pazar payıyla Almanya takip etmektedir. Kümülatif kurulu rüzgar gücüne göre ilk 10'da yer alan ülkeler yaklaşık olarak küresel rüzgar enerjisi pazarının %85'ni temsil etmektedir [7].

2014 yıl sonu itibariyle küresel ölçekteki 369.553 MW kurulu rüzgar gücünün yaklaşık 128.000 MW'lık bölümü Avrupa'da bulunmaktadır. Ayrıca AB'nin 2020 yılına kadar 180.000 MW ve 2030 yılına kadar da 300.000 MW'lık kurulu rüzgar gücü hedefleri bulunmaktadır. AB rüzgar enerjisi pazarında son iki yıl içinde ortalama 11.000 MW yeni rüzgar enerjisi santrallerinin devreye alınmış olduğu dikkate alındığında önümüzdeki yıllarda da bu eğilimin süreceği kabulüyle AB'nin 2020 için kurulu rüzgar gücü hedefine ulaşması olası gözükmektedir.

2014 yılında AB'de gerçekleştirilen yenilenebilir enerji yatırımlarının %43'nü rüzgar enerjisi santralleri oluşturmuştur. 2014 yılında AB'de kurulan 11.791 MW'lık rüzgar gücünün 5.279 MW'tı Almanya'da devreye alınmıştır. AB'de ki kümülatif kurulu rüzgar gücünün %30'u Almanya'da bulunmaktadır. Ayrıca AB'deki 128.000 MW kurulu rüzgar gücü toplam elektrik enerjisi talebinin %10'nu karşılayabilecek duruma ulaşmıştır [8].

2013 yılında küresel ölçekte yenilenebilir enerji sektörüne çeşitli teşvik mekanizmalarıyla 120 milyar dolar aktarılmıştır. Aynı dönemde fosil enerji kaynaklarına teşvik ve sübvansiyonlarla aktarılan tutar 550 milyar dolar civarındadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji arzında hedeflenen oranda yer alabilmesi için 2035 yılına kadar yenilenebilir enerji yatırımlarına teşvik mekanizmalarıyla yıllık aktarılan kaynağın 250 milyar dolar civarına çıkması gerekmektedir [1]

4.1 Küresel Rüzgar Enerji Pazarındaki Yeni Eğilimler

Günümüzde RES yatırımlarında en çok tercih edilen rüzgar türbinleri 2-3 MW aralığında yer almakta olan rüzgar türbinleri olmaktadır, bununla birlikte kullanım alanı ve kurulu güç oranını optimize edebilmek için başka bir ifadeyle minimum alanda maksimum gücü elde edebilmek için daha büyük nominal güce

sahip rüzgar türbinlerinin üretimi için araştırma çalışmaları sürmektedir [6].

Söz konusu çalışmalar kapsamında özellikle rüzgar türbinlerinde kullanılan malzeme teknolojisinde önemli gelişmeler beklenmektedir. Günümüzde rüzgar türbin kanatlarının üretiminde klasik çok yönlü dokunmuş cam elyafının yanı sıra karbon elyafı ile birlikte kullanılan cam elyafı sistemlerinden, metal ve polimerik kompozit yapıların bir arada kullanıldığı melez sistemlerden yararlanılmaktadır. Ayrıca günümüzde rüzgar türbini kanatlarında polimetrik matriks olarak kullanılan termoset yapıların yerine geri dönüşüm oranı yüksek olan termoplastik yapılar üzerine araştırma çalışmalarına devam edilmektedir.

Avrupa'da rüzgar enerji santral (RES) kurulumlarının ivme kazandığı 1980'lerin ilk yıllarından itibaren rüzgar enerji potansiyelinin en yüksek olduğu bölgelere rüzgar türbin montajları yapılmıştır. Bu sebeple günümüzde söz konusu rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde düşük güç üretim kapasitesine ve verime sahip eski model rüzgar türbinleri bulunmaktadır. Başta Almanya ve Danimarka olmak üzere Avrupa'da bulunan onshore bölgelerin büyük bölümüne RES'ler kurulmuştur. Böylece yeni RES'lerin kurulabileceği verimli rüzgar sahalarının yüzölçümü giderek azalmıştır.

2000'li yılların başından itibaren büyük güç üretim kapasitesine sahip MW sınıfı rüzgar türbinleri kullanılmaya başlanmıştır. Yeni MW sınıfı rüzgar türbinleri eski kW sınıfı rüzgar türbinlerinin değiştirilmesi işlemine "Repowering" denilmektedir. İlk repowering uygulamaları Almanya ve Danimarka'da görülmeye başlanmıştır. Repowering uygulamalarındaki temel amaç minimum kullanım alanında maksimum gücün elde edilmesidir. Repowering işleminin pek çok avantajı mevcuttur. Bunlar;

- RES yatırımı için yeni bir arazi tahsisi gerekmemektedir,
- Aynı alanda daha fazla enerji üretme imkanı sağlamaktadır,
- Eski RES'lerden sökülen rüzgar türbinleri ikinci el türbin piyasasında değerlendirilebilmekte ve yerlerine monte edilen yeni nesil rüzgar türbinleri ile rüzgar enerjisi pazarının işlem hacminde artış olmaktadır,
- Yeni MW sınıfı türbinlerin gürültü emisyon değerleri daha düşük olduğu için aynı alanda daha az gürültüyle RES'ler çalışabilmektedir [9].
- Repowering uygulaması sonucunda görsel olarak daha estetik bir görüntü ortaya çıkmaktadır.

Rüzgar enerji sektöründeki bir diğer önemli konuda deniz üstü rüzgar türbinleridir (offshore rüzgar türbinleri). Dünyamızın büyük bir bölümünün denizlerden oluştuğu ve deniz üzerindeki rüzgar potansiyelinin ve kalitesinin kırsal bölgelere göre daha yüksek olduğu dikkate alındığında kuşkusuz offshore rüzgar enerjisi santrallerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Ancak offshore RES'lerin önündeki en önemli bariyer yüksek yatırım maliyetleridir. Offshore RES'lerde ki yatırım maliyetleri Onshore santrallerdeki yatırım maliyetlerinin 2,5-3 katına ulaşmaktadır. Bu sebeple offshore rüzgar enerjisi yatırımlarındaki pazar genişlemesi onshore rüzgar enerji yatırımlarına göre daha düşük kalmaktadır. Offshore RES uygulamalarında inşaat maliyetini düşürebilecek konseptler üzerinde ve derin deniz offshore RES'leri konularında çalışmalar sürmektedir. Offshore RES alanındaki çalışmalar yeni sualtı temel konseptleri, yüzer platformlar üzerinde yoğunlaşmış durumdadır.

5. SONUÇ

1990-2010 arasında dünyadaki birincil enerji talebi %45 artmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) projeksiyonlarına göre 2010-2030 yılları arasında küresel enerji talebinde %30 oranında artış öngörülmektedir. Enerji talebinde günümüzdeki artış eğiliminin devam etmesi halinde 2035 yılına kadar enerji yatırımları için gerekli olan tutarın 38 trilyon \$ olması beklenmektedir. Bu yatırımların yaklaşık yarısı elektrik üretimi diğer yarısınıysa petrol ve doğal gaz yatırımları oluşturmaktadır. Mevcut enerji talebiyle ilgili eğilimler dikkate alındığında toplam yatırım tutarının % 65'lik bölümüne OECD dışı ülkelerin ihtiyaç duyacağı öngörülmektedir ki bu tutarda yaklaşık 25 trilyon \$ civarındadır. Bu noktada sürdürülebilirlikle ilgili en önemli soru bu yatırımların OECD dışı ülkeler tarafından mevcut ekonomik dinamikler altında nasıl finanse edilebileceğidir.

Dünya'da enerji dengelerinin değişmesinin 3 temel sebebi bulunmaktadır. Bunlardan ilki ABD, Kanada ve Avustralya gibi ülkelerin petrol ve doğal gaz üretiminde büyük miktarda artış olması bir diğer neden Fukushima nükleer kazası sonrası Avrupa'da ki nükleer enerji politikalarının değişmesi. Politika değişikliği sonrası Avrupa ülkelerinin nükleer enerji üretimindeki paylarının düşmesi ve diğer kaynakların payının artması beklenmektedir. Üçüncü neden ise, enerji verimliliği alanındaki uygulamaların hayata geçiyor/geçecek olmasıdır. Yaşanan bu değişiklikler ülkelerin ekonomik ve rekabet gücünü etkilemiş durumdadır.

Diğer taraftan başta ABD ve Avrupa ülkelerinin gündeminin ana maddelerinden olan iklim değişikliği konusu yavaş yavaş gündemin üst sıralarından alt sıralarına doğru kaymaktadır. 1990'ların başında itibaren enerji tüketime dayalı CO₂

emisyonusunu azaltmak amaçlı pek çok uluslararası zirve düzenlenmiştir. Ayrıca 2030 yılına kadar CO₂ emisyonundaki azalmayı sağlamak, enerji verimliliği ve enerji teknolojilerini geliştirmek için küresel GSYİH'dan % 1,5-2 arasında bir pay ayrılması gerektiği öngörülmektedir. Ancak bu konuyla ilgili gerekli politik destek sağlanamadığı için söz konusu zirveler başarısız olmuştur. İklim değişikliği ile mücadele amaçlı gerçekleştirilmiş bu uluslararası zirvelerde sanayileşmiş ve hızlı sanayileşen devletler hayat standartlarında bir dönüşüme sıcak bakmadıkları için gerekli politik desteği sağlamamışlardır. 2013 yılı sonrası küresel ölçekte enerji tüketimine dayalı CO₂ emisyonlarının azaltımına yönelik sonuç odaklı uluslararası bir hareket planı bulunmamaktadır. 2017 yılına kadar iklim değişikliği ile mücadele konusunda uluslararası bağlayıcılığı olan bir anlaşma oluşturulamaması halinde küresel sıcaklık artışı konusunda 2 °C olarak kabul edilen üst sınırın aşılabacaktır.

2012 yılı, son 800 bin yıl boyunca atmosferdeki karbondioksit miktarının en üst seviyeye ulaştığı yıl olmuştur. Ayrıca 2001-2010 yılları arasında da hava sıcaklığı rekorları kırılmıştır. Günümüzde küresel iklim değişikliği konusunda küresel sıcaklığı 2 °C ile sınırlama fırsatı neredeyse tamamen yitirilmiş durumdadır. CO₂ emisyonları ve iklim değişikliği ile ilgili tüm sorunların kaynağında sanayi devrimiyle birlikte başlayan süreç yer almaktadır. Bu sanayileşme süreci de beraberinde şehirleşmeyi getirmiştir ve 2009 yılı itibarıyla dünya nüfusunun %50'den fazlası şehirlerde yaşamaya başlamıştır. 2070 yılına kadar da dünya nüfusunun %70'nin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Dünya'da nüfusu 10 milyonu geçen mega şehirlerden 1975 yılında sadece 3 tane varken, 2025 yılında bu sayının 27'ye ulaşması beklenmektedir. 2050 yılında dünya nüfusunun 9,3 milyara ulaşması beklenmektedir. Bu sebeple şehirlerde

sürdürülebilirliği sağlayabilmek için gelecekte şehirler için çok büyük alt yapı yatırımlarının ve düzenlemelerinin yapılması gerekmektedir.

Önümüzdeki dönemde yenilenebilir enerji sektörlerinin özellikle ABD, Japonya ve Avrupa'da büyüme göstermesi beklenmektedir. Ayrıca Endonezya, Yeni Zelanda, Kenya, Filipinler, Meksika, Etiyopya, Türkiye, Latin Amerika'da yenilenebilir enerji sektörünün gelişme göstereceği ülkeler arasında yer almaktadır.

Rüzgar enerji pazarında Avrupa'nın yaşamış olduğu borç krizi nedeniyle İtalya, İspanya ve Portekiz pazarlarındaki yavaşlamanın Doğu Avrupa'nın yükselen piyasaları olmaya aday olan Romanya, Polonya'daki yeni yatırımlarla kısmen frenlenmesi konusunda stratejiler geliştirilmektedir. Ayrıca özellikle Almanya'daki repowering uygulamaları da rüzgar enerjisi pazarı için büyük önem taşımaktadır.

Dünya rüzgar enerji potansiyeli atlası incelendiğinde Afrika'da rüzgar enerjisi yatırımları için ekonomik açıdan uygun bölgelerin olduğu görülmektedir. Dünyamızda elektrik enerjisine erişimi olmayan 1,3 milyar insan olduğu ve bu gruptaki insanların büyük bölümünün Afrika'da yaşadığı dikkate alındığında Afrika'da gerçekleştirilecek RES yatırımlarının ekonomik boyutu kadar insani boyutunun da önemi ortaya çıkmaktadır.

Büyük enerji tüketimlerinin olmadığı enerji yoksulluğunun yaşandığı bölgelerin kısa sürede enerjiye erişimi, yatırım süresi konvansiyonel enerji teknolojilerine göre kısa olan rüzgar ve güneş enerji sistemleriyle sağlanabilir. Kesikli enerji üretim teknolojileri olan rüzgar ve güneş enerjisi santralleri bu bölgelerde yüksek ve sürekli enerji talebi olmaması nedeniyle ana güç santrali desteği olmaksızın gerek elektrik

şebekesi haricinde lokal olarak ve gerekse elektrik şebekesi dahilinde kolaylıkla kullanılabilir. Ayrıca rüzgar ve güneş enerji sistemlerinin kullanılabilmesi için geniş elektrik şebekesi yatırımlarına ihtiyaç duyulmaması toplam yatırım maliyetlerini düşürücü bir faktör olmaktadır. Söz konusu enerji yoksulluğunun yaşandığı ülkelerde rüzgar ve güneş enerji yatırımları konusunda sağlanacak gerçek anlamdaki finansal ve teknolojik desteklerle enerji yoksulluğu kısmen de olsa ortadan kaldırılabilir.

Küresel rüzgar enerjisi pazarında üzerinde durulan önemli konu başlıkları, daha büyük güçteki rüzgar türbinlerinin geliştirilmesi, başta Avrupa pazarı olmak üzere yapılan repowering çalışmaları ve deniz üstü rüzgar türbin teknolojilerine yönelik yürülen maliyet düşürme çalışmalarıdır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporlarına göre yenilenebilir enerji teknolojileri geleceğin enerji teknolojileri olarak ifade edilmektedir. Yenilenebilir enerji pazarının önünde küresel ölçekte iki temel bariyer bulunmaktadır. Bunlardan birincisi teknolojik diğeryse ekonomiktir. Teknolojik bariyerin temelinde düşük emre amadelik oranları ve kesikli enerji santralleri olmaları nedeniyle elektrik şebekesi üzerinde yarattıkları gerilim dalgalanması riskidir. Bu konuda enerji depolama teknolojilerinin ve hidrojen teknolojisinin gelişmesiyle önümüzdeki dönemde önemli yol alınabileceği öngörülmektedir.

Yenilenebilir enerji pazarıyla ilgili bir diğer bariyer de Avrupa'da ki borç krizi kaynaklı ekonomik risk faktörüdür. Yenilenebilir enerji sektörü son 10 yıl içinde küresel ölçekte büyük bir büyüme göstermiştir. Söz konusu büyümeyi oluşturan temel dinamiklerin başında yenilenebilir enerji sektörüne sağlanan kamu destekleri ve teşvik mekanizmalarıdır ki söz konusu finansal desteğin çok büyük bölümü AB ülkeleri

tarafından sağlanmıştır. Avrupa yaşanan borç krizi nedeniyle devletlerin yenilenebilir enerji sektörüne sağladıkları finansal desteği ve teşvik oranlarını çok hızlı bir biçimde düşürmesi halinde petrol ve doğal gaz sektörüne göre daha genç bir sektör olan yenilenebilir enerji sektöründe önemli dalgalanmalar ve problemler yaratabilir. Bölgesel ve küresel rüzgar enerjisi hedeflerine ulaşılabilmesi günümüzde teknik bir meseleden ziyade finansal bir mesele haline gelmiş durumdadır.

2013 yılında fosil yakıtlara 550 milyar dolar teşvik sağlanırken, yenilenebilir enerji kaynaklarına 120 milyar dolar teşvik sağlanmıştır. Fosil enerji kaynaklarına uygulanan yüksek orandaki teşviklerin düşürülmesiyle fosil enerji kaynaklarına dayalı yatırımların gerçek maliyetleri ortaya çıkabilecektir böylece yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil enerji teknolojileriyle rekabet edebileceği ve daha hızlı gelişim gösterebileceği bir ortam oluşabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji arzında hedeflenen oranda yer alabilmesi için 2035 yılına kadar yenilenebilir enerji yatırımlarına teşvik mekanizmalarıyla yıllık aktarılan kaynağın 250 milyar dolar civarına çıkması gerekmektedir

KAYNAKLAR

- [1] International Energy Agency (IEA), “World Energy Outlook”, 2014.
- [2] Sevim, C., “Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik-Gözden Geçirilmiş 3. Baskı”, Seçkin Yayınları, 2014, Ankara
- [3] Sevim, C., Varlıklı, C. “İklim Değişikliği ve Rüzgar Enerjisi”, Türkiye 11. Enerji Kongresi ve Sergisi, 2009, İzmir.
- [4] Sevim, C, “Rapid Climate Change Problem and Wind Energy Investments for Turkey”, Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, Volume (issue) 25(2):59-67 pp., 2010.

- [5] Sevim, C., “Hızlı İklim Değişikliği ve Etkileri”, Tesisat Dergisi, sayı 137, s.76-80, 2007.
- [6] Sevim, C. “Rüzgâr Enerji Sektöründeki Tekno-Ekonomik Gelişmeler ve Türkiye Rüzgar Enerjisi Sektörü İçin Yol Haritası” Türkiye 12. Enerji Kongresi 2012, Ankara, Türkiye
- [7] Global Wind Energy Council (GWEC), “Global Wind Statistics”, 2014.
- [8] European Wind Energy Association (EWEA), “Wind in Power European Statistics”, 2014.
- [9] Sevim, C., ”Düşük Güç Üretim Kapasiteli Rüzgar Türbinlerinin Yenilenmesi (Repowering)”, Yeni Enerji Dergisi, sayı 8, s.28-30, 2009