

İklim Değişikliği ve Rüzgar Enerjisi

Dr. Cenk SEVİM

Enerji Teknolojileri Uzmanı

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Üyesi

AERO Rüzgar Endüstrisi A.Ş

E-mail: cenk.sevim@aerowind.com.tr

Doç. Dr. Canan VARLIKLI

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü

Özet

Enerji ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel kaynaklarının başında gelmektedir. Global ve ulusal düzeyde ülkelerin enerji talepleri gün geçtikçe artmaktadır. Hali hazırda fosil yakıtlara dayalı bir teknoloji sarmalı içinde yaşamaktayız ancak fosil kaynak rezervleri gün geçtikçe azalarak tükeniş noktasına doğru ilerlemektedir. Fosil kaynaklar tükeniş noktasına doğru ilerlerken sera emisyonu kaynaklı başta hızlı iklim değişikliği olmak üzere çeşitli çevre sorunlarının da temel kaynağını oluşturmaktadır. Bu noktada günümüzde yenilenebilir enerji kaynakların kullanımlarının yaygınlaştırılması pek çok dünya ulusunun gündeminde yer almaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında maliyet ve verim parametreleri dikkate alındığında %92'lik deneyim eğrisi değerine sahip rüzgar enerjisi sistemleri araştırma geliştirme aşamasını tamamlamış bir ticari ürün olarak diğerlerinden bir adım öndedir. 2008 yılı sonu itibarıyla global rüzgar enerjisi kurulu gücü 121.000 MW' ta yükselerek 158 milyon ton karbondioksit emisyonu önlenmiştir. Türkiye'nin sahip olduğu 47.849 MW'lık rüzgar enerjisi potansiyeli dikkate alındığında doğru bir yol haritası ile ülkemiz global rüzgar enerjisi pazarında önemli bir oyuncu olacaktır.

Bu bildirinin ilk bölümünde iklim değişikliği ile ilgili global trendler, ikinci bölümünde rüzgar enerjisi pazarındaki global gelişmelerden üçüncü bölümde Türkiye'de rüzgar enerji pazarındaki gelişmeler ve son bölümde ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında örnek bir ülke olan Almanya'daki teknolojik ve bürokratik düzenlemeler konusunda açıklama yapılacaktır.

Anahar Kelimeler: İklim değişikliği, rüzgar enerjisi

1.GİRİŞ

Enerji kalkınmanın ana unsuru olmasına karşın, çevresel riskleri ve sorunları da birlikte getirmektedir. Enerjiye yönelik tüm faaliyetler, araştırılmasından başlayarak tüketimine kadar her aşamada, önlem alınmadığı takdirde, çevre üzerinde, olumsuz etkiler yaratmakta ve yerel, bölgesel, küresel ölçekte çevre sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle enerji-çevre arasındaki etkileşim önemle üzerinde durulması gereken bir konudur [1].

Dünyanın oluşumundan bu yana, iklim zaman zaman doğal süreç çerçevesinde değişikliklere uğramıştır. Ancak son dönemlerde küresel sıcaklık değerlerinde görülen hızlı artış küresel ısınma ve bunun sonucu olan hızlı iklim değişikliği probleminin göstergesidir. Hızlı iklim değişikliği problemi tüm ülkeleri etkileyen bir çevre sorunu olmuştur [2]. Bu sorunla ilgili kök neden analizi yapıldığında karşımıza enerji üretimi kaynaklı karbondioksit (CO₂) emisyonları çıkmaktadır.

Hızlı iklim değişikliği probleminin kaynağında mevcut enerji üretim yöntemlerimiz olduğundan bu soruna ilişkin çözümlerden bir tanesi de tüm dünya kullanımı giderek artmakta olan rüzgar enerjisi santralleridir. 1996'dan itibaren büyük ivme göstererek artmakta olan rüzgar enerjisi kurulu gücü 2008 yılı sonu itibariyle global ölçekte 121.000 MW'ta ulaşarak 158 milyon ton CO₂ emisyonun önlenmesi sağlanmıştır.

Türkiye'nin Avrupa ülkeleri arasında İspanya'dan sonra en büyük rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olduğu düşünüldüğünde, Türkiye'nin bu potansiyelini doğru yatırım ve politikalarla kullanabilmesi halinde global rüzgar enerjisi pazarında lider konuma gelmesi kaçınılmazdır. Türkiye'nin de diğer ülkeler gibi hızlı iklim değişikliği sürecinin etkisi altında olduğu düşünüldüğünde rüzgar enerjisi kapasite kullanım oranının artması CO₂ emisyonun belli oranda kontrolü için bir çözüm olacaktır.

2. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İklimlerin değişimine etki eden mekanizmalar matruşka gibi iç içe geçmiş kompleks yapılardır. Bu mekanizmaları harekete geçiren ana faktörler etki sürelerine göre uzun, orta ve kısa dönemler olmak üzere üç grupta incelenebilir. Bunlar;

➤ Kıtaların Hareketleri (levha tektoniği); kıta hareketleri iklimler üzerinde uzun dönemde etki eden faktörlerdir. Kıtalar birbirlerine yaklaştıkları dönemlerde global sıcaklık değerleri yükselir, kıtalar birbirlerinden uzaklaştıkları dönemlerde ise global sıcaklık değerleri düşüş gösterir. Bu değişimin en önemli nedeni okyanuslardaki

akıntı sistemleridir. Bu akıntı sistemleri kıtalar birbirlerinden uzaklaştıklarında kıtaların arasında hareket ederek sıcaklık değerlerini düzenleyici etki yaparlar fakat kıtalar birbirlerine yaklaştıklarında kıtalar arasında okyanus akıntıları bulunmadığı için karaların soğuması daha uzun süre alır.

➤ Milankovitch Döngüleri; bu döngüler dünyanın güneş ve kendi eksenindeki dönüş parametrelerindeki değişimlerden oluşurlar ve iklimler üzerinde orta dönemde etki eden faktörlerdir. Dünyanın tilt açısı $21,5^{\circ}$ - $24,5^{\circ}$ arasında değişmektedir. Tilt açısı değeri büyüdükçe dünyanın güneşten aldığı enerji azalır ve dünya soğumaya başlar, tilt açısı değeri azaldıkça dünyanın güneşten aldığı enerji artar ve dünyamız ısınır.

➤ Güneş Patlamaları; patlamaların sayıları ve alansal büyüklüklerinin arttığı dönemlerde global sıcaklık değerlerinde ve yağışlarda artış olur, patlamaların azaldığı dönemlerde ise global sıcaklık değerleri düşerken yağış miktarlarında önemli düşüşler görülür. Güneş patlamaları da kısa dönemde iklimler üzerinde etkili olan faktörlerdir.

Yukarıda ifade edilen üç ana faktör tamamen insan etkisinin dışında ve doğa tarafından kontrol edilen parametrelerdir. Bu faktörlerin dışında iklim değişikliği üzerinde etkili olan insan kaynaklı en önemli parametre küresel ısınmadır. Atmosferin kompozisyonu incelendiğinde toplam %1 oranında CO₂, metan (CH₄) gibi sera gazları ve sülfür gibi termostat (soğutucu) gazlar bulunmaktadır. %1'lik kompozisyon içinde sera gazlarının konsantrasyonu yükseldiği dönemlerde dünyamızda global sıcaklık değerleri yükselmeye başlar, termostat gazlarının konsantrasyonları artmaya başladığında ise global sıcaklık değerleri düşmeye başlar [3].

Günümüzde kullandığımız teknolojiler ve yaşam biçimimiz nedeniyle iklimimiz çok hızlı bir şekilde değişmektedir. Hızlı iklim değişikliği, insan faaliyetlerinin yol açtığı, doğal tarihsel iklim değişikliğinden çok daha hızlı ve tahripkar değişim olarak tanımlanabilir [4]. Sanayi devrimi ile birlikte ortaya çıkan enerji üretimi kaynaklı CO₂ emisyonundaki artış, tüketimde yaşanan artışlar, dünyadaki yüksek nüfus artışı hızı dikkate alındığında ve fosil enerji kaynaklarına dayalı mevcut enerji paradigması herhangi bir değişiklik yapılmadan devam ettirilirse yaşadığımız iklim değişikliğinin probleminin hızlanarak devam etmesi olasıdır.

Hızlı iklim değişikliği konusunda iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan ilki iklim değişikliğinin insan müdahalesi dışında gelişen doğal bir süreç olduğunu ve mevcut enerji paradigmasının bu sürece olumlu veya olumsuz hiçbir etkisi olmadığını

savunmaktadır. Diğer yaklaşım ise iklim değışikliğinin temelde doğal bir süreç olmasına rağmen sanayi devriminden bugüne kadar uygulanmış enerji paradigmasının bu süreci hızlandırdığı ve gerekli önlemlerin alınabilmesi halinde sürecin kısmen kontrol edilebileceği yönündedir. Her iki yaklaşım göz önüne alındığında karşımıza hızlı iklim değışikliği ve küresel ısınmayla ilgili bazı genel kabul gören gerçekler ve hipotezler çıkmaktadır. Bunlar;

Hızlı İklim Değişikliği ve Küresel Isınma İle İlgili Genel Kabul Gören Gerçekler

- 19. yy ortalarından 2000 yılına kadar küresel sıcaklık 0,6 °C artmıştır.
- CO₂ bir sera gazıdır.
- CO₂ emisyonu artmaktadır.

Hızlı İklim Değişikliği ve Küresel Isınma İle İlgili Hipotezler

- 21. yy boyunca küresel sıcaklık 1,4-5,8 °C arasında artacaktır.
- İklim değışikliği insan kaynaklıdır.-Konuyla ilgili alınacak önlemler var.
- İklim değışikliği güneş kaynaklıdır.-Konuyla ilgili alınacak önlemler yok.

Konuyla ilgili gerek genel kabul gören gerçekleri ve gerekse hipotezleri incelediğimizde dünyamızın çok ciddi bir problemle karşı karşıya olduğu şüphe götürmez bir gerçektir. Bu konuyla ilgili olumsuz senaryoların gerçekleşmesi halinde tüm dünya uluslarının kuraklık, açlık, su ve enerji arzındaki problemler gibi hayati sorunlarla yüzleşmesi kaçınılmazdır. Bu problem karşısında proaktif yaklaşım sergileyerek “Biz bu konuda ne yapabiliriz ?” sorusunu sormalıyız. Bu soruya en güzel yanıt mevcut enerji paradigmasının değitirilerek enerji üretimi kaynaklı CO₂ emisyonun düşürölmesi olacaktır.

Tablo 1. Sera Gazlarının Isınma Potansiyelleri [2]

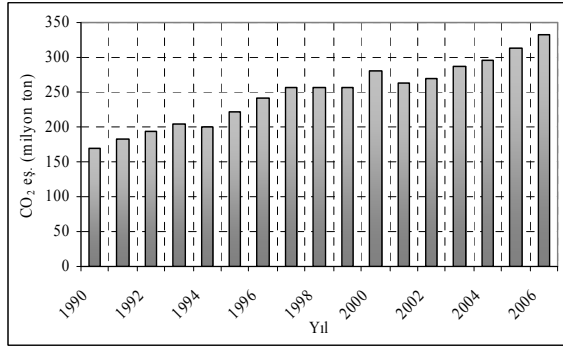
Sera Gazları	Küresel Isınma Potansiyeli
Karbondiyoksit (CO ₂)	1
Metan (CH ₄)	21
Diazotmonoksit (N ₂ O)	310

Sera gazlarının küresel ısınmaya yaptıkları katkılar birbirinden farklı olup, farklı küresel ısınma potansiyellerine sahiptirler. CO₂, CH₄ ve N₂O en önemli sera gazlarıdır, CO₂ gazının küresel ısınma potansiyeli (tablo 1) diğerlerine göre daha düşüktür. Ancak, CO₂ diğer gazlara göre daha düşük küresel ısınma potansiyeline sahip olsa bile, enerjiye ilişkin tüm faaliyetlerde fosil yakıtların yanması ile çok büyük miktarlarda atmosfere verilmesi nedeniyle, öncelikli tedbir alınacak faktörler arasında ilk sırada yer almaktadır [2]. Ayrıca CO₂ emisyonu dünyamızda gün geçtikçe

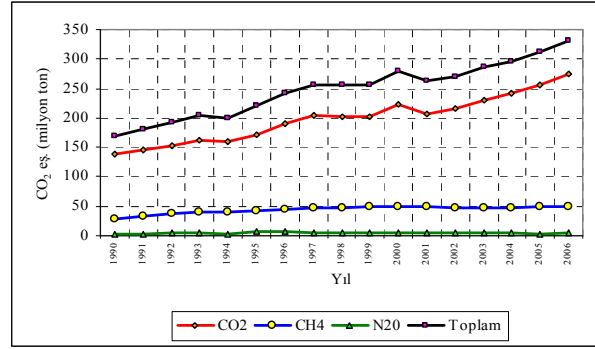
artmaktadır, Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) 2008 yılında hazırladığı raporda 1973 yılında 15.640 milyon ton olan global CO₂ emisyon değeri 2006 yılı sonu itibariyle 28.003 milyon tona yükselmiş durumdadır. Tablo 2’de ifade edilen veriler incelendiğinde CO₂ emisyonu yaratan kaynaklar arasında enerji üretim süreçleri ilk sıradadır. Bu nedenle CO₂ emisyonun düşürülmesinde başlangıç noktası enerji üretimdeki tercihlerin değiştirilmesidir ve yaşanan hızlı iklim değişikliği problemi ile ilgili alınabilecek önlemlerin başından yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması gelmektedir

Tablo 2. Kaynaklarına Göre Global CO₂ Emisyon Dağılım Yüzdesi [5]

Kaynak	% dağılım
Enerji Üretimi	44
Ulaşım	22
Sanayi	20
Konut	14



a)



b)

Şekil 1. 1990-2006 yılları arası a)Toplam Sera Gazı Emisyonu b) Sera Gazı Emisyon Trendleri [6]

Tablo 3. Türkiye’deki Sera Gazı Emisyon Değerleri (Milyon Ton) [6]

Parametreler	1990	2006
Toplam Sera Gazı Emisyonu	170	330
CO ₂ Emisyon Değeri	138	280
Enerji Üretimi Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları	132	260

Şekil 1 ve Tablo 3’de 1990 ve 2006 yıllarına ait Türkiye sera gazı emisyon değerleri gösterilmektedir. Şekil 1’de ifade edilen verilere göre Türkiye’de gerek toplam sera gazı emisyonu ve gerekse CO₂ emisyonu yüksek bir ivme ile artış göstermektedir. 2006 yılındaki CO₂ emisyon değeri 1990 yılındakine %94’lük bir artış göstermiştir. 2006 yılı değerlerinde Türkiye’de enerji üretimi sonucu ortaya çıkan sera

gazı emisyonu toplam emisyonun %78'ni oluşturmıştır. 2004 yılında Türkiye'deki CO₂ emisyonun %25'i İstanbul, İzmir ve Ankara şehirleri kaynaklıdır. Türkiye'deki kişi başına düşen CO₂ salımı ile Avrupa Birliği (AB) ortalaması karşılaştırıldığında Türkiye AB ortalamasının oldukça altında kalmasına rağmen Türkiye'nin, nihai enerji tüketimi başına CO₂ gazı emisyonu 2,32 milyon ton CO₂/Mtep'dir ve bu değer Türkiye'nin AB ülkeleri içinde Belçika ile birlikte ilk sırada olduğu anlamına gelmektedir.

3. RÜZGAR ENERJİSİ PAZARINDAKİ GLOBAL GELİŞMELER

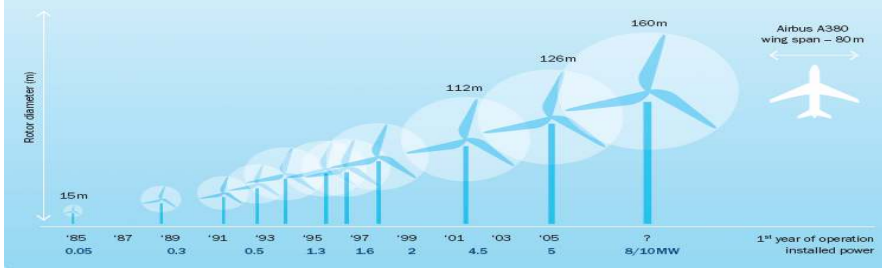
Tüm dünyada ilerleyen teknolojiye ve artmakta olan dünya nüfusuna bağlı olarak kişilerin elektrik enerjisine olan ihtiyaçları da artış göstermektedir. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan mevcut fosil kaynakların sınırlı-tükenebilir olması, petrol fiyatlarındaki dalgalı piyasa koşulları ve en önemlisi oluşturdıkları yüksek CO₂ emisyonları nedeniyle, yenilenebilir kaynaklar kullanılarak elektrik enerjisi üretilmesi üzerinde çalışmalar büyük bir hızla devam etmektedir[7,8].

Yirmici yüzyıl tamamen petrol teknolojileri hakim olduğu bir dönem olarak değerlendirilebilir. 1900'lerin başında yıllık 150 milyon varil petrol üretilirken 2000 yılında bu rakam 28 milyar varile ve 2006 yılında ise 31 milyar varile yükselmiş durumdadır. Buna karşın 2006 yılında sadece 9 milyar varil civarı yeni petrol kaynağı bulunabilmiştir. Dünyadaki petrol kaynaklarının %95 civarının keşfedilmiş olduğu, petrol üreten ülkelerin pek çoğunun yıllık petrol üretim miktarlarının tepe noktasına ulaştığı ve yıllık tüketim miktarları dikkate alındığında artık petrol yüzyılının sonuna gelindiği açıkça ortadadır [9].

1970'li yıllarda yaşanan petrol krizleri sonucunda başta Avrupa ülkeleri olmak üzere rüzgar enerjisinin gelişimine yönelik programlar başlatılmıştır ve 1980 sonrasındaki gelişmelerle Avrupa ve Amerika'da rüzgar türbinleri ekonomi, çevre ve enerji güvenliği açısından çağdaş mühendislik ürünleri haline gelmiştir [10].1990'lı yıllarda ortaya çıkan çevre bilinci; fosil kaynaklara dayalı enerji üretim ve tüketiminin yerel, bölgesel ve küresel seviyede çevreye ve doğal kaynaklara doğrudan ve dolaylı olumsuz etkilere neden olduğunun anlaşılmasını sağlamış, bu da atmosfere kirlilik yaratıcı emisyon vermeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının yeniden destek görmesine yol açmıştır [11].

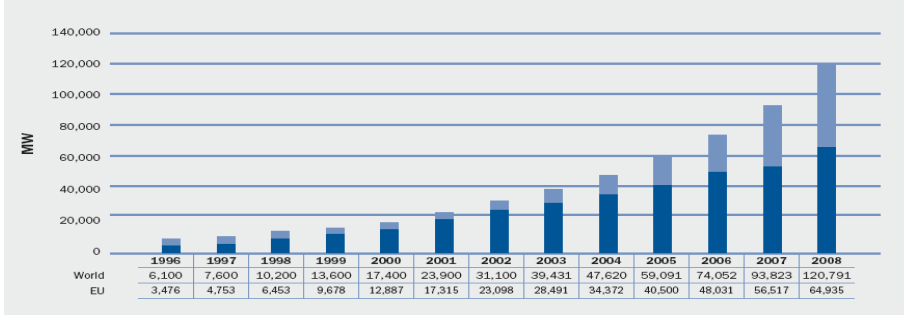
Özellikle 1990'ların ortalarından itibaren rüzgar türbini taleplerinde çok büyük bir artış yaşanmıştır. Rüzgar enerjisi sektöründeki talebin karşılanabilmesi için rüzgar türbinlerindeki teknolojik gelişmeler her geçen yıl artarak devam etmektedir (Şekil 2). Bu teknolojik gelişmeler sonucunda türbin boyutları ve enerji üretim kapasitelerinde ki

artışlar, günümüzde artık 5-6 MW güce sahip rüzgar türbinlerinin üretilebilirliğini sağlamıştır. Ayrıca özellikle AB ülkelerinde offshore rüzgar türbinleri alanında da çalışmalar sürdürülmekte ve hedefler ortaya konmaktadır. 2008 yılı sonu itibariyle Avrupa ülkelerinde 1472 MW olan offshore rüzgar türbin kurulu gücünün kademeli olarak 2015 yılına kadar 34.441 MW seviyelerine çıkarılması planlanmaktadır[12].



Şekil 2. Yıllara göre rüzgar türbinlerindeki gelişmeler 1985-2005 [13]

%92'lik deneyim eğrisine (learning curve) sahip olan rüzgar enerjisi sistemleri maliyet, verim avantajı ve çevre üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle diğer yenilenebilir enerji teknolojilerinin bir adım önünde yer almaktadır. Rüzgar enerjisi tüm dünyada en hızlı gelişmekte olan sektörlerin başında gelmektedir. Tüm dünyada artan enerji talebi ve dünya ulusları tarafından küresel ısınma farkındalığının artması sonucu, montajı yapılan ve işletmeye alınan rüzgar türbin kurulu gücü her geçen yıl bu gelişmelerin paralelinde artmaktadır. (Şekil 3).



Şekil 3. Küresel kümülatif rüzgar enerjisi kurulu gücü [14]

2008 yılı sonu itibariyle dünyadaki kümülatif rüzgar enerjisi kurulu gücü 121.000 MW seviyesine ulaşmıştır ki bu değer ile yaklaşık olarak 158 milyon ton CO₂ emisyonu önlenmiştir. Bu kurulu gücün yaklaşık 64.949 MW'lık bölümü AB ülkelerinde bulunmaktadır. 2008 yılında AB ülkelerinde toplam 19.651 MW gücünde elektrik santrali devreye alınmıştır ve bu söz konusu santrallerin 8.484 MW'lık bölümünü rüzgar enerjisi santralleri oluşturmaktadır. 2020 yılına kadar AB ülkelerinin elektrik enerji ihtiyacının %20'lik bölümünün yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması hedef olarak tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımı ile ilgili olarak

tespit edilen hedefte en büyük pay rüzgar enerjisine ayrılmıştır, 2020 yılında AB'nin tüm elektrik enerjisi ihtiyacının %12-14 arasındaki bir oranın rüzgar enerjisi ile karşılanması hedeflenmiştir. Buna göre 2020 yılında AB'deki toplam kurulu rüzgar gücünün 180.000 MW'ta ulaşacağı öngörülmektedir. 180.000 MW'lık öngörünün 140.000 MW'tı onshore (kara üstü), 40.000 MW'tının ise offshore (deniz üstü) sistemlerden oluşacağı öngörülmektedir [8].

Ayrıca Temmuz 2008'de Avrupa Rüzgar Enerjisi Teknoloji Platformu tarafından yayınlanmış olan rapora göre 2030 yılına kadar AB ülkelerindeki kurulu rüzgar gücü hedefi 300.000 MW olarak öngörülmüştür ki bu kurulu güç 2030'daki AB ülkelerinin elektrik enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %25'ni ifade etmektedir. 300.000 MW kurulu güç ile yaklaşık 600 milyon ton CO₂ emisyonun önlenmesi amaçlanmaktadır.

4. RÜZGAR ENERJİSİ PAZARINDA TÜRKİYE'DE Kİ GELİŞMELER

Türkiye Elektrik İletim A.Ş'nin (TEİAŞ) 2008 yılında hazırladığı talep senaryosuna göre 2008-2017 döneminde elektrik enerjisinde yıllık olarak %7,2-%7,9 arasında artış beklenmektedir [15].

2006'da Türkiye'nin kurulu gücü 40.564 MW ve toplam elektrik enerjisi üretimi 176.299 GWh civarındadır. Türkiye'nin artan elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmesi için ortalama her yıl 3500 MW gücünde yatırım yaparak enerji üretim kapasitesini arttırması gerekmektedir[16]. Söz konusu enerji talebinin karşılanabilmesi için başta Türkiye'nin batı, kuzey ve güneydoğu kıyılarındaki rüzgar enerjisi potansiyeli olmak üzere ülkemizdeki rüzgar enerjisi potansiyeli büyük fırsatlar sunmaktadır[17].

TEİAŞ'ın yapmış olduğu çalışmaya göre Türkiye'nin teorik potansiyeli 70.000 MW'tır. Bu değer 47.849 MW'ı uygulanabilir enerji potansiyeli olarak tanımlanmaktadır (Tablo 4). Uygulanabilir enerji potansiyelinin 37.386 MW'tı onshore 10463 MW'tı ise offshore bölgelerdedir[18]. Türkiye sahip olduğu rüzgar enerjisi potansiyeli Avrupa'nın ikinci en büyük potansiyeli olarak anılmaktadır.

Rüzgar enerjisi piyasasındaki küresel gelişmeden büyük bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olan Türkiye de olumlu bir şekilde etkilenmiştir. 2005 yılı itibariyle 20.1 MW olan kurulucu gücü, Ocak 2009 itibariyle 452 MW'ta ulaşmış, 2010 yıl sonu itibariyle rüzgar enerjisindeki kurulu güç hedefi 1550 MW olarak belirlenmiştir [19].

Kasım 2007'de Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'na (EPDK) yapılan 78.000 MW'lık lisans başvurusu yapılmıştır. Ayrıca bu yatırımların gerçekleştirebilmek için

İstanbul'da 132, Ankara'da 155 olmak üzere toplam 287 tane işletmeci enerji şirketi kurulmuştur [20]. 2020 yılına kadar kurulu gücün 20.000 MW düzeyine ulaşacağı öngörülmektedir. Ayrıca rüzgar türbin sistemlerinin komponentlerinin üretiminin Türkiye'de yapılması durumunda rüzgar potansiyelimiz de dikkate alındığında 40 milyar dolarlık bir pazarın oluşması olasıdır.

Tablo 4. Türkiye Toplam Rüzgar Enerjisi Potansiyeli [18]

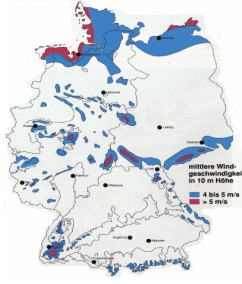
Rüzgar Hızı (m/s)	Rüzgar Gücü Yoğunluğu (W/m ²)	Toplam Kapasite (MW)
7,5-8,0	400-500	29.259
8,0-8,5	500-600	12.994
8,5-9,0	600-800	5.400
>9,0	>800	196
Toplam		47.849

Türkiye'nin sahip olduğu rüzgar enerjisi potansiyeli dikkate alındığında, büyük ölçekli rüzgar enerjisi pazarındaki gerek talep ve gerekse teknolojik alanda meydana gelen gelişmelere, çift yönlü veya ikili elektrik sayacı sistemi gibi uygun teşvik mekanizmalarının uygulanması ile küçük ölçekli (1-10 kW arası, daha çok evsel ve kırsal bölgelerdeki kullanıma yönelik) rüzgar türbin pazarındaki gelişmelerin de yakın gelecekte eşlik etmesi beklenmektedir.

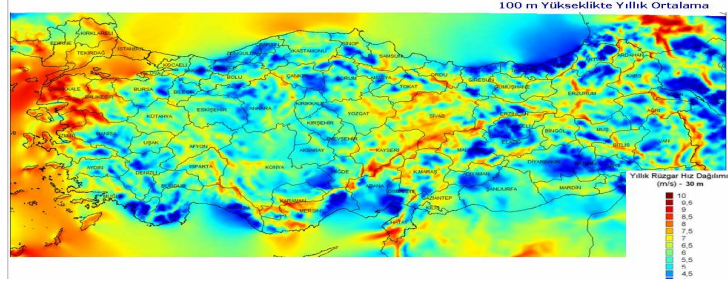
Türkiye'de rüzgar enerjisi yatırımları açısından en büyük engel, elektrik şebeke bağlantı kriterleridir. Şu an, elektrik şebekesindeki gerilim dalgalanmalarını önlemek için, kısa devre gücünün yüzde beşi kadar rüzgar enerji santrallerinin elektrik şebekesine bağlanmasına izin verilmektedir. Bu sorunun aşılabilmesi için elektrik şebekesi ile ilgili doğru yatırımların yapılması, elektrik şebekesine bağlantıda daha efektif bağlantı yöntemlerinin ve kısa dönemli rüzgar tahminleme modellerinin kullanılması gerekmektedir böylece elektrik şebekesi üzerinde gerilim dalgalanmalarının önlenmesi mümkün olabilecektir.

5. ÖRNEK MODEL OLARAK ALMANYA

Almanya rüzgar enerjisinden elektrik eldesi konusunda kurulu güç sıralamasında dünyada Amerikanın ardından ikinci ve güneş enerjisinden elektrik eldesi konusunda ise ilk sırada gelen ülkedir. Almanya rüzgar enerjisi potansiyeli açısından Türkiye ile karşılaştırıldığında çok büyük bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olmamasına rağmen (Şekil 4) 2008 yılı sonu itibariyle global rüzgar kurulu gücünün %20'lik bölümü Almanya'da bulunmaktadır ki bu 23.903 MW'lık güce karşı gelmektedir. Ayrıca 2007 yılı sonu itibariyle dünyadaki PV kurulu gücü 7841 MW'ta ulaşmıştır bunun %49'u (3862 MW) Almanya'da bulunmaktadır [21].



a)



b)

Şekil 4. a) Almanya Rüzgar Haritası b) Türkiye Rüzgar Haritası REPA [22]

Yenilenebilir enerjiler alanında elde edilen bu başarının ardında doğru bir şekilde uygun bir aksiyon planı bulunmaktadır. Bu plana göre yapılanlar aşağıda ifade edilmiştir.

- Elektrik dağıtım alt yapısı güçlendirildi.
- Konut ısıtma alanında yenilenebilir enerjileri kaynaklarından yararlanma zorunluluğu getirilerek, söz konusu yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranları artırıldı-2020 yılına kadar yenilenebilir enerjilerin kullanım oranı %14 olacak .
- Teşvik edici enerji alım fiyatları (tablo 5).
- Elektrik dağıtım şirketlerinin portföylerinin belli oranının yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşma zorunluluğu.
- Evsel kullanıcılara yönelik çift yönlü ve ikili sayaç sisteminin başarıyla uygulanması.

Tablo 5. Almanya Enerji Bakanlığının tespit ettiği Elektrik Enerjisi Alım Fiyatları

Enerji Kaynağı	2004	2009
Rüzgar (onshore)	5,28-8,36 Euro cent/kWh	5,02-9,02 Euro cent/kWh
Rüzgar (offshore)	5,95-8,74 Euro cent/kWh	13-15 Euro cent/kWh
Güneş	40,6-56,8 Euro cent/kWh	33-43 Euro cent/kWh

- Enerji konusuyla ilgili gerekli enstitü, araştırma kurumlarının oluşturulması ve bu kurumlar aracılığı ile ulusal düzeyde toplum bilincinin artırılması, uluslararası düzeyde bilgi ve sermaye akışının sağlanması
- AB'nin belirlediği 2020 yılına kadar %20 yenilenebilir kullanım oranı hedefine destek verilmesi.

SONUÇ

Çalışmanın ikinci bölümünde de belirtildiği üzere Türkiye'nin enerji üretimi kaynaklı CO₂ emisyonu hızla artmaktadır. Bu tehlikeli artışın kontrol altına alınabilmesi enerji sektöründeki paradigma değişimi ile sağlanabilir. Türkiye'nin sahip

olduğu büyük rüzgar enerjisi potansiyeli de dikkate alındığında söz konusu paradigma değişiminde rüzgar enerjisi oldukça önemli bir yere sahiptir.

Türkiye'deki rüzgar enerjisi pazarında yaşanan mevcut gelişmeler geçmiş dönemlerle karşılaştırılınca oldukça iyi gözükmemektedir. Rüzgar enerjisi yatırımları ile ilgili 2005 yılından beri 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile devlet tarafından üretilen enerjinin satın alma garantisinin sağlanması, ilgili kanun gereği üretim lisans bedellerinde sübvansiyon sağlanması, TEİAŞ tarafından elektrik şebekesine bağlanmasında öncelik sağlanması, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli atlasının oluşturulması gibi bazı iyileştirmeler yapılmıştır.

Türkiye'nin uygulanabilir rüzgar enerjisi potansiyeli olan 48.000 MW değerine ulaşması ile ulusal enerji talebinin %20-25 arasındaki bir bölümü karşılanırken, 62 milyon ton CO₂ emisyonu da önlenebilecektir. Ayrıca rüzgar enerjisinden 1 MW güç üretimi için yan sanayiler dahil ortalama 12 kişilik istihdam gerekmektedir. Buna göre Türkiye'deki kurulu rüzgar enerjisi gücünün 48.000 MW düzeyine ulaşabilmesi için 576.000 kişi civarında bir istihdama ihtiyaç vardır. Rüzgar enerji sektöründe istihdamın %60'nın rüzgar türbini üretimi ve %40'nın ise rüzgar potansiyelinin ölçülmesi, rüzgar türbini montajı, işletilmesi ve danışmanlık hizmetleri şeklinde dağıldığı dikkate alındığında. %40'lık bölümün tamamının ve %60'lık bölümün ise en az %50'sinin ulusal insan kaynaklarından karşılanabilceği kabul edildiğinde rüzgar enerjisi sektörünün ulusal istihdama katkısı yaklaşık 400.000 kişi civarında olacaktır.

Görüldüğü üzere rüzgar enerji sektörüne yapılacak yatırımlarla gerek enerji-çevre ilişkisinin çevre'nin lehine düzenlenebilmesi ve gerekse makro ekonomik katkıların sağlanabilmesi mümkün olacaktır. Rüzgar enerjisi sektöründe istenilen gelişmişlik düzeyine ulaşabilmesi için bu çalışmada bir bölümüne değinilen ve halihazırda Almanya'nın uyguladığı gibi bir aksiyon planının uygulanmasında fayda vardır.

KAYNAKLAR

- [1] Dünya Enerji Konseyi Çalışma Grupları Raporları, Enerji ve Çevre Raporu 2007, Ankara
- [2] İklim Değişikliği ve Enerji Sektörü, Enerji ve Çevre Çalışma Grubu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2008, Ankara
- [3] Yaşar, D., Yıldız, D., Küresel Isıtılan Dünya ve Su, Truva Yayınları, 2009
- [4] Kuban. B., GEE, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ders Notları, 2005

- [5] Karakaya, E, Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü, Bağlam Yayıncılık, İstanbul, 2008, s.73
- [6] Şahin, R., Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği, 1.Ulusal Enerji Verimliliği Formu, İstanbul, 2009
- [7] Güler,Ö.,Dünyada ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi, 5. Enerji Sempozyumu, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları,Ankara, 2005
- [8] Sevim,C.,Avrupa Birliği’nde ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Pazarındaki Gelişmeler, Enerji Dünyası-Ekim,2008
- [9] Brown,L.R.,Plan B 3.0,Earth Policy Institute,New York, 27s., 2008
- [10]Nurbay,N.,Çınar,A.,Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması, 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu,Mersin,2005
- [11] Altuntaşoğlu, Z.T., Yenilenebilir Enerji Avrupa Birliği ve Türkiye Müktesebatı, 5. Enerji Sempozyumu, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları,Ankara,2005
- [12] EWEA, 2008 wind map of Europe
- [13] Strategic Research Agenda Market Deployment Strategy From 2008-2030, European Wind Energy Technology Platform
- [14] The Economics of Wind Energy Report, EWEA, 2009
- [15] Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2008-2017), TEIAS, 2008
- [16] Kiliç, F.Ç.,Kaya,D., Energy production, consumption, policies, and recent developments in Turkey, Renewable&Sustainable Energy Reviews 11,1312-1320, 2007,
- [17] Ozturk H.K, Yilanci A, Atalay O, Past, Present and future status of electricity in Turkey and the share of energy sources, Renewable&sustainable energy reviews 11,183-209, 2007
- [18] Türkiye Enerji Raporu 2005-2006, Dünya Enerji Konseyi Milli Komitesi, 2007,Ankara
- [19] Rüzgar Enerjisi Sektör Raporu, Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Ocak 2008
- [20] Yenilenebilir Enerji Sektörü, Hedef Pazar Araştırması, İGEME,2008
- [21] Lothar, W, Forschungszentrum J., Projektträger, J. ,National Survey Report of PV Power Applications in Germany 2006
- [22] REPA-Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası, EİEİ, 2008