



Avrupa Birliğı tarafından
finanse edilmektedir

IPA-III KATILIM ÖNCESİ MALİ YARDIM ARACI

IPAIII/2023/450-707

Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi

TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ

MEVCUT DURUM ANALİZ RAPORU

Ocak 2025

IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi





İçindekiler

1. BÖLÜM: SEKTÖRÜN GENEL GÖRÜNÜMÜ	4
1.1. Sektörün Tanımı ve Kapsamı	4
1.2. Sektörün Tarihçesi ve Gelişimi	5
1.3. Mevcut Proje Stoğu	7
1.4. Mevcut Pazar Durumu	8
1.5. Pazar Analizi	10
1.6. Temel Aktörler ve Paydaşlar	13
1.7. Sonuç	19
2. BÖLÜM: REGÜLASYONLAR VE POLİTİKALAR	19
2.1. Mevcut Yasal Düzenlemeler ve Politikalar	19
2.2. Sektörü Etkileyen Hukuki ve Düzenleyici Gelişmeler	38
2.3. Çevresel ve Sosyal Uyumluk Gereklilikleri	43
2.4. Sonuç	54
3. BÖLÜM: TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK	55
3.1. İmalat ve İhracat Kabiliyetleri	55
3.2. Tedarik Zinciri Yapısı	59
3.3. Lojistik ve Dağıtım Kanalları	63
3.4. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Optimizasyonu	66
3.4. Sonuç	68
4. BÖLÜM: TEKNOLOJİK GELİŞMELER VE İNOVASYON	69
4.1. Sektördeki Teknolojik Eğilimler	69
4.2. Ar-Ge Faaliyetleri ve Yenilikçi Uygulamalar	72
4.3. Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Entegrasyonu	76
4.4. Sonuç	77
5. BÖLÜM: İŞ GÜCÜ VE EĞİTİM İHTİYAÇLARI	78
5.1. Analizin Kapsamı ve Amacı	78
5.2. Dünyada Deniz Üsüt Trendleri	79
5.3. Türkiye’de Deniz Üstü Sektör ve İş Gücü Piyasasının İlk Adımları	83
5.4. İş Gücü Profili/Analizi	87
5.5. Deniz Üstü Eğitim ve Yetenek Geliştirme Gereksinimleri	90



5.6. Deniz Üstü İş Gücü Talebi ve Arzı Analizi	95
5.7. Mevcut Uluslararası Eğitim Programları ve Ulusal Entegrasyon İhtiyaçları	99
5.8. Sonuç	108
6. BÖLÜM: TÜRKİYE RÜZGAR ENERJİSİ SEKTÖRÜ FİNANSAL ANALİZ	109
6.1. 2011 Öncesi Dönem: Türkiye’de Rüzgar Enerjisinin İlk Adımları	109
6.2. Sonuç	122
7. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	122

Grafikler

Grafik 1: Türkiye’deki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum	6
Grafik 2: İşletmedeki RES’lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı	9
Grafik 3: Türkiye’deki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Yıllık Kurulum	11
Grafik 4: Türkiye’deki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Kurulu Güç Büyüme Oranı	12
Grafik 5: İşletmedeki RES’lerin Bölgelere Göre Dağılımı	12
Grafik 6: İşletmedeki RES’lerin Bölgelere Göre Dağılımı	13
Grafik 7: Mevcut Yasal Düzenlemeler ve Politikalar	20
Grafik 8: YEKA Saha Belirleme Süreci	23
Grafik 9: En Çok İhracat Gerçekleştirilen Ülkeler	58
Grafik 10: En Çok İthalat Gerçekleştirilen Ülkeler	58
Grafik 11: Ülkeler Bazında Operasyon Sürecindeki Deniz Üstü Rüzgar Kapasitesi	80
Grafik 12: Küresel Deniz Üstü Rüzgar Santralleri Kurulu Kapasitesi	81
Grafik 13: 2024 Ocak Ayı İtibariyle GOWA Üyesi Olan Ülkeler	82
Grafik 14: Türkiye’de Yıllık Santral Kurulumu ve Serbest Piyasa Elektrik Fiyatı	111
Grafik 15: Güncel YEKDEM Fiyatları	113
Grafik 16: BNEF 2023 LCOE Hesabı	117
Grafik 17: BNEF 2023 LCOE Hesabında Kullanılan Parametreler	118
Grafik 18: 10 Yıllık Ülke Tahvil Getiri Oranlarının Zamanla Değişimi	119
Grafik 19: Depolamalı Rüzgar Projeleri için LCOE Hesabı	120

Tablolar

Tablo 1: 2024 Yılı Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Mevcut Proje Stoğu Toplamı	7
Tablo 2: 2035 Yılına Kadar Tahsis Edilmesi Beklenen İlave Kapasite	8
Tablo 3: YEKDEM ve Yerli Katkı Fiyatları	25
Tablo 4: RES Yatırım Süreçlerindeki Temel Sorunlar ve Çözüm Önerileri	38
Tablo 5: Türkiye’deki ÇED Prosedürü Aşamaları	45
Tablo 6: LCOE hesabı için Temel Varsayımlar	120



1. BÖLÜM: Sektörün Genel Görünümü

1.1. Sektörün Tanımı ve Kapsamı

Rüzgar enerjisi, hidroelektrik, güneş enerjisi ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Rüzgar enerjisi, doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin %1 ila %2 gibi küçük bir miktarı rüzgar enerjisine dönüşmektedir. Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınır ve atmosferin yukarısına doğru yükselir ve bu hava kütlesinin yükselmesiyle boşalan yere, aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Bu hava kütlelerinin yer değiştirmelerine rüzgar adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle rüzgar, birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır. Rüzgarlar yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına akarken dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi, yüzey sürtünmeleri, yerel ısı yayılımı, rüzgar önündeki farklı atmosferik olaylar ve arazinin topografik yapısı gibi nedenlerden dolayı şekillenir. Rüzgarın özellikleri, yerel coğrafi farklılıklar ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak, zamansal ve yöresel değişiklik gösterir.

Rüzgar enerjisinden elektriğin üretildiği rüzgar türbinlerinin bir araya gelmesi ile rüzgar enerji santralleri teşkil edilmektedir. Rüzgar türbinleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştürürler. Üretilen bu elektrik şebekeye verilir.

Türkiye rüzgar enerjisi sektörü, rüzgar enerjisinden elektrik üretimi gerçekleştirmek amacıyla yatırım yapan yatırım şirketleri, türbin üreticileri, bakım ve servis şirketleri, yatırımın planlama, hazırlık, inşaat, devreye alma ve işletme süresince ihtiyaç duyulan servis ve hizmetleri sağlayan danışmanlık şirketleri ile bu yatırımlara finansman sağlayan banka ve finans kuruluşları ile kamu kurum ve kuruluşlarından oluşmaktadır.



2001 yılında Elektrik Piyasası Kanunu’nun yayımlanması ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun (EPDK) kurulması ile hız kazanan Türkiye elektrik piyasasının serbestleşme süreci ilk zamanlarında ağırlıklı olarak dikey olarak yapılandırılmış devlet şirketinin (TEK) ayrıştırılması, Yap-İşlet-Devret (YİD) ve Yap-İşlet (Yİ) gibi “Tek-Alıcılı Piyasa” modeliyle devam eden yatırımlar, özelleştirmelerin yapılması, organize toptan satış piyasalarının kurulması ve rekabetçi perakende pazarının açılması sayesinde hem ülke içindeki hem de ülke dışındaki yatırımcıların Türkiye pazarına olan ilgisini olumlu yönde etkilemiş ve yatırımlar artarak devam etmiştir.

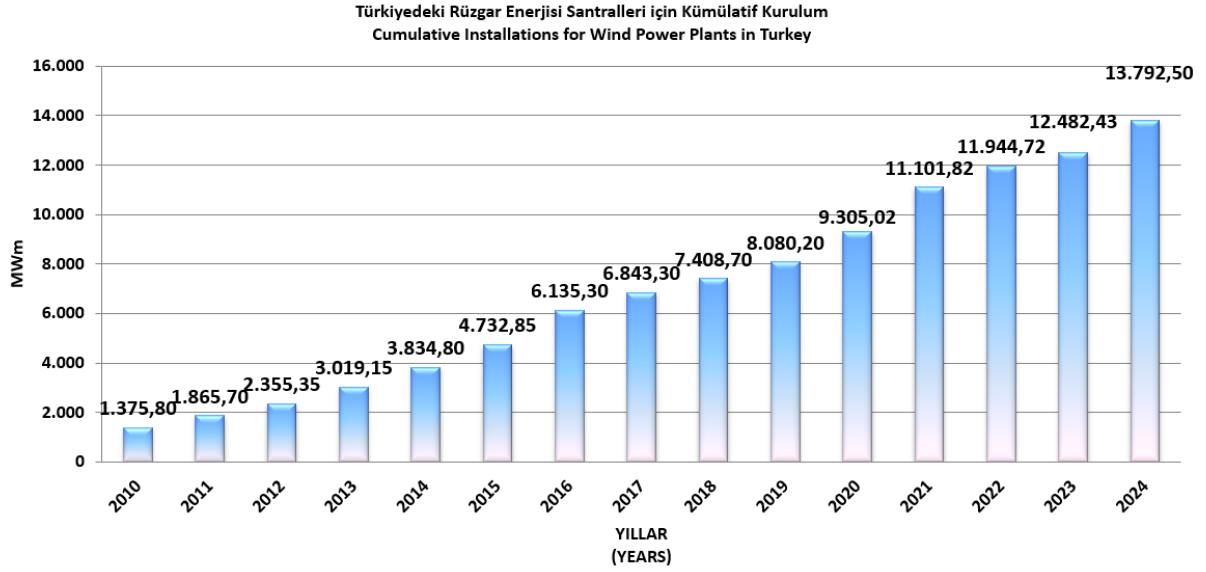
Türkiye elektrik piyasasının serbestleşmesi aynı zamanda Türkiye’de rüzgar ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişim sürecini başlatan ilk adım olmuştur.

1.2. Sektörün Tarihçesi ve Gelişimi

2000’li yılların başından itibaren hızlı ekonomik büyümesine bağılı olarak enerji talebi artan Türkiye, artan talebi karşılamak için kömür ve doğal gaz gibi ithal kaynaklara yönelmiş, bu durum da enerjide dışa bağımlılığı arttırmıştır. Enerjide dışa bağımlılık, ekonominin en önemli problemlerinden olan cari açığın ana kalemi olan enerji ithalatına neden olmuştur. Türkiye hem enerji ithalatını azaltmak hem de arz güvenliğini güvence altına almak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık vermeye başlamıştır. Bunun neticesinde 2007 yılından itibaren rüzgar enerjisinde yapılan kapasite tahsisleri ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) teşviklerinin neticesinde büyüme dönemine girilmiştir.

Rüzgar enerjisi, son 20 yılda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de hızlı bir büyüme göstermiştir. Türkiye elektrik piyasasının serbestleşme süreci, hızlı talep artışı ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına yönelik politikalar Türkiye’de rüzgar enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji yatırımlarındaki artışın ana itici gücü ve kaynağı olmuştur.

1998 yılında İzmir Çeşme’de devreye alınan 1,5 MW’lık kurulu güce sahip Germiyan Rüzgar Enerjisi Santrali (RES) Türkiye’deki ilk rüzgar santrali yatırımı olmuştur.



Grafik 1: Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum

Türkiye rüzgarda sahip olduğu büyük potansiyele rağmen bunu uzun yıllar çeşitli nedenlerden dolayı değerlendirememiştir. Türkiye'nin rüzgarda 2000 yılında sadece 18,9 MW olan kurulu gücü 2004 yılında 20.01 MW olurken 2014 yılı sonu itibarıyla 3.762 MW'a, 2024 yılı Aralık ayı sonu itibarıyla ise 13.792,50 MW'a yükselmiştir (Grafik – 1).

2024 aralık sonu itibarıyla işletmedeki lisanslı RES sayısı 296'ya, lisanssız RES sayısı ise 54'e, işletmedeki türbin sayısı ise 4.569'a ulaşmıştır.

2024 sonu itibarıyla rüzgar enerjisinde lisanssız kurulu gücü ise 127,4 MW'a yükselmiştir.

2024 sonu itibarıyla Türkiye'nin rüzgarda toplam kurulu gücünün yaklaşık %11'ini rüzgar enerjisi santralleri oluşturmaktadır.

Türkiye'nin rüzgar potansiyeli yeni yapılan teknik ölçüm çalışmaları ve rüzgar türbin teknolojilerindeki gelişmelerin neticesinde artış göstermektedir.

Türkiye'nin rüzgar potansiyeli karasalda 130 GW'ın üzerinde, deniz üstünde ise yaklaşık 30 GW olduğu tahmin edilmektedir.



Türkiye, bugün karasal ve deniz üstünde sahip olduğu rüzgar potansiyelinin sadece %8'ini kullanabilmektedir.

2024 yılı sonu itibarıyla Türkiye'nin toplam elektrik üretiminin %11,4'e yakını rüzgar enerjisi santrallerinden karşılanmıştır.

Türkiye'de bugüne kadar yapılan rüzgar enerjisi santrali yatırımlarının toplam büyüklüğü ise 18 milyar USD'nin üzerindedir.

1.3. Mevcut Proje Stoğu

2024 aralık sonu itibarıyla Türkiye'de rüzgar enerjisi mevcut proje stoğu toplamı 25.474 MW'a yükselmiştir (Tablo – 1).

Proje stoğunun yaklaşık 18.600 MW'ını depolamalı rüzgar enerjisi santralleri oluşturmaktadır.

Ön lisans aşamasındaki projelerin 2026 yılı sonrasında hızlı bir şekilde devreye girmeye başlaması beklenmektedir. Bununla birlikte mevcut projelerin Teknik Etkileşim Analizi (TEA), orman izinleri, vb. gibi izin süreçlerinde yaşanabilecek problemlere bağlı olarak söz konusu proje stoğunun bir kısmının gerçekleştirilemeyebileceği değerlendirilmektedir.

Tablo 1: 2024 Yılı Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Mevcut Proje Stoğu Toplamı

Mevcut Proje Stoğu	MWe
İnşa Halindeki Kurulu Güç	1.256,8
Kapasite Artışı	2.978,3
Ön Lisans Aşamasındaki Kurulu Güç	19.810
Değerlendirme Ön lisans Aşamasındaki Kurulu Güç	129,2
İnşa Halindeki Lisanssız Kurulu Güç	100
YEKA RES 2024 Yarışmaları	1.200
Toplam	25.474



Bunlara ek olarak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yenilenebilir enerjide 2035 hedefleri kapsamında 2035 yılına kadar rüzgarda Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) yarışmaları ile 9.000-10.000 MW arasında yeni kapasite tahsisinin yapılması beklenmektedir (Tablo – 2).

2030 yılına kadar hükümetlerarası antlaşmalarla (IGA) ise 3.000-5.000 MW arası bir kapasitenin tahsis edilmesi beklenmektedir.

2030 yılına kadar deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerine ise 5.000 MW'lık kapasitenin tahsis edilmesi beklenmektedir.

Tahsis edilmesi beklenen yaklaşık 20.000 MW'lık ilave kapasiteyle birlikte rüzgar enerjisi yatırımlarına tahsis edilen kapasitenin 46.000 MW'a yaklaşacağı öngörülmektedir.

Tablo 2: 2035 Yılına Kadar Tahsis Edilmesi Beklenen İlave Kapasite

2035 Yılına Kadar Tahsis Edilmesi Beklenen İlave Kapasite	MWe
YEKA RES Yarışmaları Tahsis Edilmesi Beklenen Kapasite	9.000-10.000
Hükümetlerarası Antlaşmalarla (IGA) Tahsis Edilmesi Beklenen Kapasite	3.000-5.000
Deniz Üstü RES'lere Tahsis Edilmesi Beklenen Kapasite	5.000

1.4. Mevcut Pazar Durumu

Türkiye'de faaliyetteki rüzgar enerjisi santrallerinin çeşitli türbin üreticilerinin geniş bir yelpazesini yansıttığı görülmektedir.

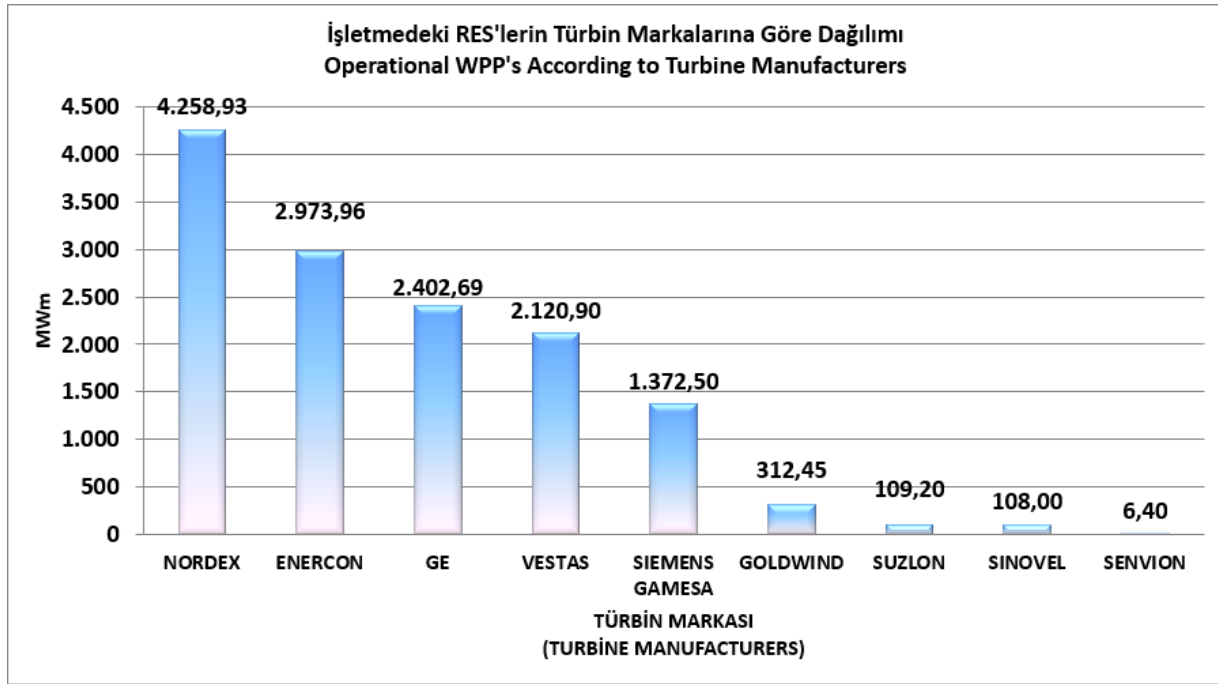
2024 yılı aralık sonu itibarıyla Nordex, kurulu kapasitenin %31,17'i ile pazar lideri konumdadır. Hemen ardından ikinci sırada %21,76 ile Enercon ve üçüncü sırada %17,58 ile GE takip etmektedir. Dördüncü sırada %15,52 ile Vestas ve beşinci sırada ise %10,04 pay ile Siemens Gamesa gelmektedir. Goldwind %2,29, Suzlon %0,80, Sinovel %0,79 ve Senvion %0,05 pazar payına sahiptir (Grafik – 2).



Son yıllarda dünya genelinde olduğu gibi Türkiye piyasasına da Çinli şirketlerin girdiği ve satış yaptığı görölmektedir.

Türkiye, sahip olduğu büyük potansiyel, bugüne kadar kaydettiği gelişme, mevcut ve beklenen proje stoğu ile rüzgar türbin üreticileri için büyük, rekabetçi ve önemli bir pazar olarak görölmektedir.

2007 yılından itibaren hızlı büyüme evresine giren Türkiye rüzgar enerjisi sektörü gerek Avrupa'ya yakınlık gerekse teknoloji ve finansman imkanları nedeniyle Batılı rüzgar türbini üreticilerinin domine ettiği bir piyasa gelişimi izlemiştir. Bununla birlikte dünya rüzgar enerjisi sektörü ve rüzgar sanayindeki gelişmelerle paralel şekilde son yıllarda Uzak Doğulu şirketlerin yoğun ilgi gösterdiği hedef pazarlardan birisi durumundadır.



Grafik 2: İşletmedeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı



1.5. Pazar Analizi

Türkiye'nin YEKDEM teşvikleri ile sıfırdan yarattığı rüzgar enerjisi sanayi sektörü Türkiye için ithalatın azaltılarak net ihracatçı hale gelen bir sektör haline gelmesi, istihdam, tedarik zinciri ve arz güvenliği, teknoloji ve sanayi politikaları açısından stratejik bir sektör olarak görülmesi ve sahip olduğu büyük potansiyel nedeniyle kritik önemde bir sektör konumundadır.

YEKA modeli ile de desteklenen ve 2035 Yenilenebilir Enerji Stratejilerinde önemli bir parametre olan yüksek yerli katkı ve yerleşme Türkiye rüzgar enerjisi pazarı ve sanayi için de önemli bir belirleyicidir.

Bu durum ise türbin üreticilerini yurt içinden üretim ve tedarige zorlarken pazar rekabetini de etkilemekte ve artırmaktadır.

Mevcut ve beklenen proje stoğunun yatırıma geçişinde ve şirketlerin türbin tercihlerinde en önemli etkenler türbin maliyetleri, finansmana erişim ve finansman maliyetleri, bakım ve servis hizmetleri, yerli aksam ve alım fiyatları olarak sıralanmaktadır.

Türbin üreticilerinin Türkiye pazarına yönelik izleyecekleri stratejilerin piyasa dinamiklerindeki değişimlerin de etkisiyle giderek karmaşılaştığı ve önümüzdeki dönemde daha çok sayıda aktörün yer aldığı, daha rekabetçi bir pazar yapısının oluşacağı görülmektedir.

Gelecek yıllarda Türkiye'de yerli üretim ve tedarik yapan türbin üreticilerinin sayısının artması bu durumun ise yatırımcılar için çok daha fazla sayıda türbin alternatifi getirmesi ve rekabet artışı beklenmektedir.

Yerleşme ve yeni yatırımlarla birlikte gelecek yıllarda kule ve kanatın ötesinde yüksek katma değerli daha kritik komponentlerin de yurt içinde üretiminin de artacağı öngörülmektedir.

Türkiye'nin rüzgarda kurulu gücü 2004 ila 2024 yılları arasında yıllık ortalama yüzde 49,79 artış göstermiştir.

1.796 MW'lık kurulum ile en büyük kurulu güç artışı 2021 yılında kaydedilmiştir. YEKDEM teşviklerinden yararlanmak isteyen şirketler bu nedenle 2021 yılı sonuna kadar yatırımlarını

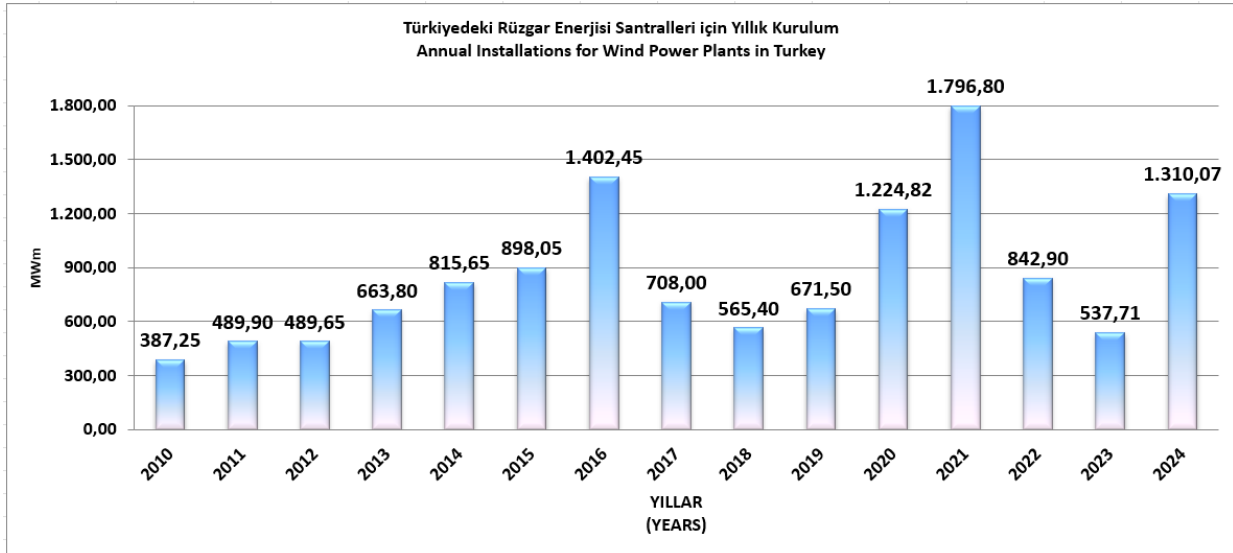


yetiştirmek amacıyla hızlı bir yatırım ve inşaat süreci geçirmiş ve bu nedenle rekor kurulum yapılmıştır (Grafik – 3).

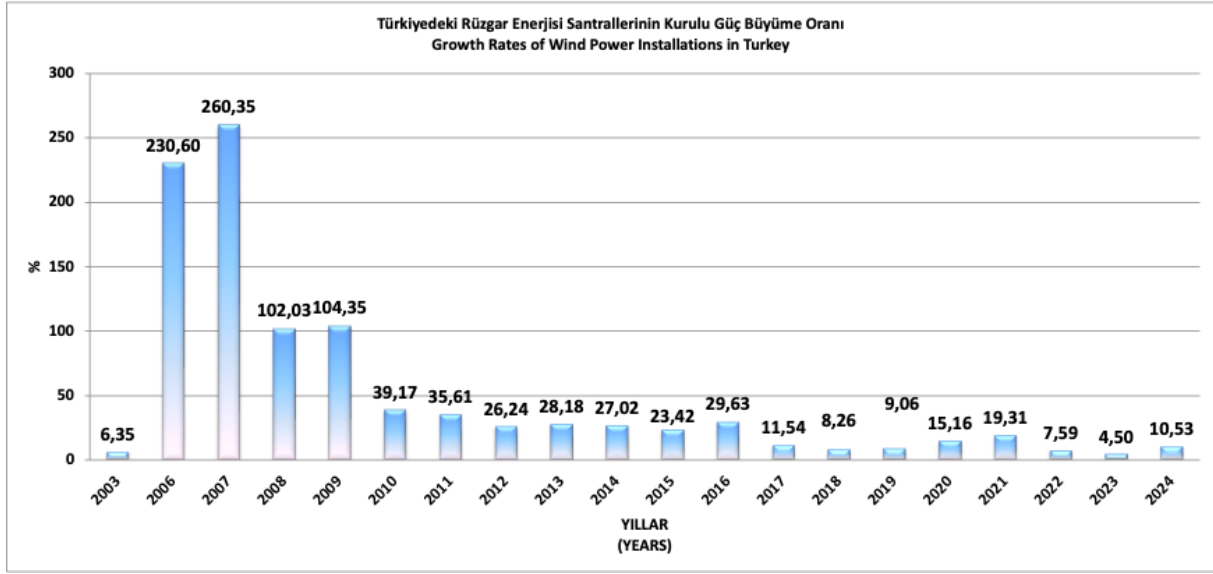
Son birkaç yılda gerek proje sayılarındaki düşüşler, projelerde yaşanan gecikmeler ve kapasite tahsislerindeki yavaşlamaya bağlı olarak pazarda büyüme ve kurulu güç artış hızının yavaşladığı görölmektedir (Grafik – 4).

Bununla birlikte mevcut proje stoğunun proje geliştirme süreçlerinin ilerlemesine bağlı olarak 2026 yılından sonra kurulu güç artışının ve pazarın büyümesinin tekrar hızlı bir artış göstereceği öngörülmektedir.

Türkiye’nin rüzgarda yeni kurulum yapma kapasitesinin ise 5 GW/yıl seviyesinin üzerine yükseldiği tahmin edilmektedir.

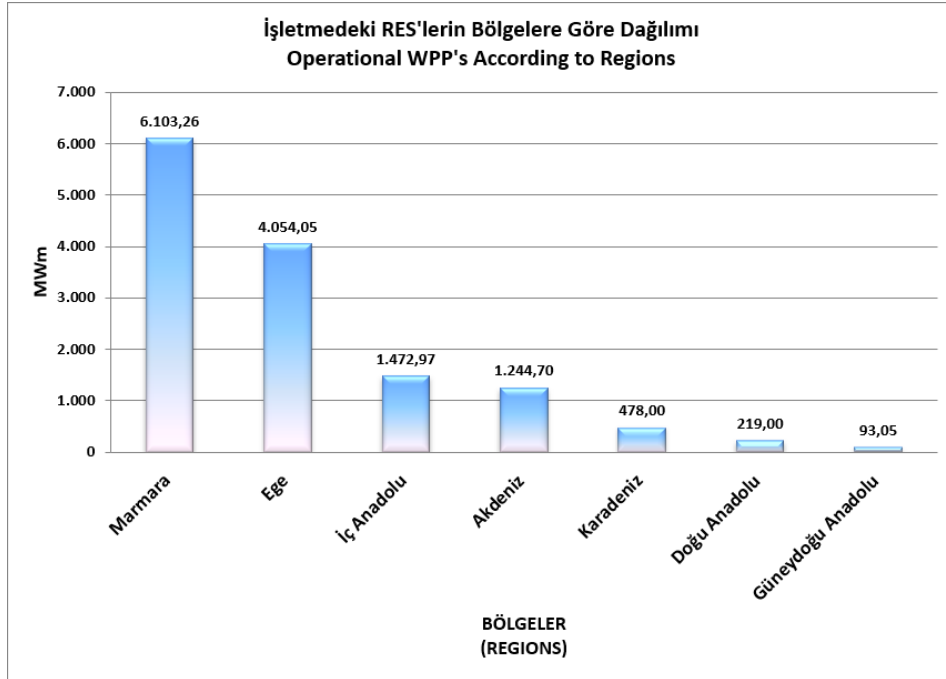


Grafik 3: Türkiye’deki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Yıllık Kurulum



Grafik 4: Türkiye'deki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Kurulu Güç Büyüme Oranı

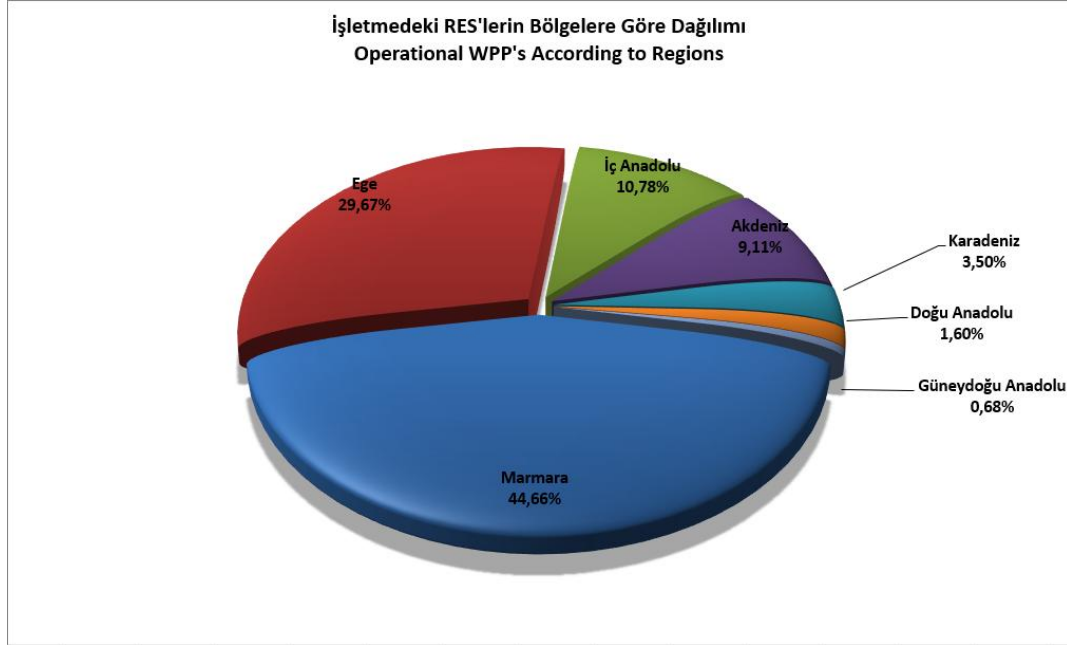
Türkiye'de rüzgar santrallerinin coğrafi dağılımına bakıldığında ise yüksek kapasite faktörleri, iletim şebekesi ve lojistik imkanlarının santrallerin dağılımındaki en önemli belirleyici olduğu görülmektedir (Grafik – 5).



Grafik 5: İşletmedeki RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı



Rüzgar santrallerinin coğrafi dağılımına bakıldığında %44,66'ı Marmara Bölgesinde, %29,67'si Ege, %10,78'i İç Anadolu, %9,11'i Akdeniz, %3,50 Karadeniz, %1,60'ı Doğu Anadolu, %0,68'i ise Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yer almaktadır (Grafik – 6).



Grafik 6: İşletmedeki RES2lerin Bölgelere Göre Dağılımı

Marmara ve Ege Bölgeleri mevcut kurulu güç ve proje stoğunun çok daha üzerinde rüzgar enerjisi yatırımı potansiyeline sahip olsa da orman ve TEA izinlerinde kısıtlara ve bağılı sınırlamalar, iletim şebekesinde kısıtlar, baz yük ve dengeleme ihtiyacına bağılı nedenlerden ötürü bu iki bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli tam olarak değerlendirilmesi mümkün olamamaktadır. Bu durum, rüzgar enerjisi yatırımlarının ülkenin diğere bölgelerine de yayılmasında etkili olmaktadır.

1.6. Temel Aktörler ve Paydaşlar

Türkiye rüzgar enerjisi sektöründeki ana aktörler diğere ülkelerde olduğu gibi rüzgar enerjisi yatırımcıları ve türbin üreticileri ile banka ve finans kuruluşlarıdır.

Türkiye rüzgar enerjisi sektörü, rüzgar enerjisinden elektrik üretimi gerçekleştirmek amacıyla yatırım yapan yatırım şirketleri, türbin üreticileri, bakım ve servis şirketleri, yatırımın planlama, hazırlık, inşaat, devreye alma ve işletme süresince ihtiyaç duyulan servis ve hizmetleri sağlayan danışmanlık



şirketleri, lojistik ve inşaat şirketleri ile bu yatırımlara finansman sağlayan banka ve finans kuruluşlarından oluşmaktadır.

Rüzgar enerjisi yatırımlarının yapılabilmesi için gerekli olan politika, strateji, mevzuatsal düzenlemeler ile kapasite tahsislerinin yapıldığı ve izinlerin verildiği Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Türkiye Elektrik İletim A.ř. (TEİAş), Çevre, şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Milli Savunma Bakanlığı, Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, Enerji Piyasaları İşletme A.ř. (EPIAş) gibi kamu kurum ve kuruluşları da Türkiye rüzgar enerjisi sektörünün en önemli paydaşları arasında yer almaktadır.

- **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı:** Bakanlığın görev ve yetkileri, Türkiye'nin enerji ve tabii kaynaklara olan kısa ve uzun vadeli ihtiyacını belirlemek, temini için gerekli politikaların tespitine yardımcı olmak, planlamalarını yapmak, enerji ve tabii kaynakların ülke yararına, teknik icaplara ve ekonomik gelişmelere uygun olarak araştırılması, işletilmesi, geliştirilmesi, değerlendirilmesi, kontrolü ve korunması amacıyla genel politika esaslarının tespit ve tayinine yardımcı olmak, gerekli programları yapmak, plan ve projeleri hazırlamak veya hazırlatmak, bu kaynakların değerlendirilmesine yönelik arama, tesis kurma, işletme ve faydalanma haklarını vermek, gerektiğinde bu hakların devir, intikal, iptal işlemlerini yapmak, ipotek, istimlak ve diğer takyit edici hakları tesis etmek, bunların sicillerini tutmak ve muhafaza etmek, kamu ihtiyaç, güvenlik ve yararına uygun olarak enerji ve tabii kaynaklar ile enerjinin üretim, iletim, dağıtım, tesislerinin etüt, kuruluş, işletme ve devam ettirme hizmetlerinin genel politikasını tespit için öneride bulunmak, Cumhurbaşkanının görevlendirmesi ile koordinasyonu temin etmek ve denetlemek, yeraltı ve yerüstü enerji ve tabii kaynaklar ile ürünlerinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim fiyatlandırma politikasını tayin ve gerektiğinde fiyatlarını tespit etmek, Bakanlığın bağlı ve ilgili kuruluşlarının işletme ve yatırım programlarını inceleyerek tasvip etmek ve yıllık programlara göre faaliyetlerini takip etmek, değerlendirmek, Bakanlığa bağlı ve Bakanlıkla ilgili kuruluşların çalışmalarını ve işlemlerini her bakımdan tetkik, tahkik ve teftişe tabi tutmak, gerekli her türlü emri vermek ve denetlemek, yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılmasına



yönelik politikaların ve stratejilerin belirlenmesine yönelik çalışmalarda bulunmak, belirtilen görevleri yerine getirmek amacı ile gerekli bilgileri toplamak, değerlendirmek ve uzun vadeli politikaların tespiti ve geliştirilmesi ile ilgili hazırlık çalışmalarını yapmak, kanunlarla ve Cumhurbaşkanlığı kararnameleriyle verilen diğer görevleri yapmaktır. Türkiye enerji sektörünün en tepe kuruluşu olan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, rüzgar enerjisi sektörünün en önemli paydaşı konumundadır.

- **Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK):** Kuruluş Kanunu'nda belirtilen piyasaları düzenlemek, gözetlemek, denetlemek ve gerekmesi halinde yaptırım uygulamakla yetkilendirilmiştir. Bu amaçla ve piyasaların ihtiyaçları doğrultusunda ve gelişmesini sağlamak amacıyla gerekli mevzuat düzenlemelerini yaparak piyasaların işleyişini düzenler ve denetler.
- **Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ):** TEİAŞ tarafından yürütölen iletim faaliyeti, üretilen elektriğın tüketiciye dağıtımını sağlayan ve dağıtım şebekesine aktarımından sorumlu kritik faaliyeti ifade etmektedir. Elektriğın sürekli, güvenilir, çevreye duyarlı, ekonomik, ilgili mevzuatlara uygun iletilmesi, bunun için gerekli planlama, yatırım, koordinasyon, bakım onarım ve işletme faaliyetlerinin verilmesi TEİAŞ'ın görev ve sorumluluğudur. Rüzgar enerjisi yatırımlarının hayata geçirilebilmesi, ürettiğı elektriğı kesintisiz ve sürdürülebilir olarak şebekeye aktararak tüketicilere sunulabilmesi, sürekli yeni kapasitelerin yaratılarak yeni yatırımların yapılabilmesini sağlayan TEİAŞ, rüzgar enerjisi sektörünün bir diğer önemli ve kritik paydaşıdır.
- **Çevre, Şehircilik ve İklim Değışikliğı Bakanlığı:** Yerleşmeye, çevreye ve yapılaşmaya dair mevzuatı hazırlamak, kentsel dönüşüm çalışmalarını yürütmek, uygulamaları denetlemek, mesleki hizmetlerin gelişmesini sağlamak, çevre kirliliğini önlemek ve çevremizin ve doğanın korunmasını sağlamak ve iklim değışikliğı etkileriyle mücadele etmek üzere yapılandırılmıştır. İmar, planlama, ruhsatlandırma ve çevresel izin süreçleri, iklim değışikliğı ile mücadele gibi birçok kritik başlıkta rüzgar enerjisi sektörünü yakından ilgilendiren görev ve yetkileri olan Bakanlık rüzgar enerjisi yatırımlarının izin süreçlerindeki en kritik paydaşlardan birisidir.



- **Tarım ve Orman Bakanlığı:** Ormanların korunması, geliştirilmesi, işletilmesi, ıslahı ve bakımı, çölleşme ve erozyonla mücadele, ağaçlandırma ve ormanla ilgili mera ıslahı konularında politikalar oluşturulması amacıyla çalışmalar yapmak, tabiatın korunmasına yönelik politikalar geliştirilmesi amacıyla çalışmalar yapmak, korunan alanların tespiti, milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtları, tabiatı koruma alanları, sulak alanlar ve biyolojik çeşitlilik ile av ve yaban hayatının korunması, yönetimi, geliştirilmesi, işletilmesi ve işlettilirtilmesini sağlamak Bakanlığın görev ve yetkileri arasındadır. Rüzgar enerjisi yatırımlarının büyük bölümü rüzgara elverişli olduğu için dağ ve tepelerin yüksek kesimlerinde yapılmakta, bu yerler ise genellikle orman sınırları içinde kalmaktadır. Bu nedenle rüzgar enerjisi yatırımcılarını yakından ilgilendiren orman ve mera izinlerin alındığı Bakanlık, rüzgar enerjisi yatırımlarının izin süreçlerindeki en kritik paydaşlardan bir diğeriştir.
- **Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Radar Performans ve İz Analiz Merkezi (TÜBİTAK RAPSİM):** RAPSİM, rüzgar türbinlerinin, askerî ve sivil elektronik sistemlerin performansları üzerindeki etkilerinin araştırılması ve incelenmesi amacıyla 1 Mart 2011 tarihinde TÜBİTAK BİLGEM bünyesinde kurulmuştur. Elektromanyetik teori, sayısal işaret işleme, haberleşme sistemleri ve yazılım tasarımları üzerinde uzmanlaşmış ekibi sayesinde RAPSİM, radar, seyrüsefer ve haberleşme prensibi ile çalışan birçok elektronik sistemi, sayısal harita altyapısının sağladığı arazi karakteristiği ve sistem çalışma parametrelerini de göz önünde bulundurarak modellemekte ve benzetimlerini gerçekleştirmektedir. Yüksek doğruluklu mühendislik yaklaşımı esas alınarak yürütölen modelleme ve benzetim süreçleri, yüksek-seviyeli görsel arayüzler ve otomatik raporlama araçları ile desteklenen, açıklayıcı ve esinlendirici çıktılar üretmeyi amaçlamaktadır.

RAPSİM tarafından hazırlanan Teknik Etkileşim Analizi (TEA), doğal/yapay mâniaalar ile birlikte rüzgar enerjisi santrallerinin haberleşme, seyrüsefer ve radar sistemlerinde oluşturabileceği etkilerin belirlenmesi amacıyla Doğrudan Görüş Hattı Analizi, Yayılım Analizi, Alıcı-Verici Hattı Analizi, Radar Çözünürlük Hücresi Analizi, Performans Değerlendirme Analizi, Tespit Performansı Analizi, Parlama Analizi vb. analizler uygulanmakta ve modellenen elektronik



sistemlere etkilerinin raporlanmasıdır. TEA, rüzgar santrallerinin hayata geçirilmesi aşamalarındaki en önemli başlıklardan bir diğeri.

- **Milli Savunma Bakanlığı:** RAPSİM tarafından hazırlanan TEA'lar Milli Savunma Bakanlığına sunulmakta, burada ilgili kuvvet ve kurumlarla birlikte söz konusunu rüzgar türbinleri ve santrallerin teknik yönlerden ilgili alanlardaki etkileri değerlendirilerek rüzgar türbinleri ve/veya santralleri için yapılabilirlikle ilgili kararlar verilmektedir.
- **Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi:** Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, Türkiye'nin sunduğu yatırım fırsatlarını küresel iş dünyasına tanıtmaya ve yatırımcılara Türkiye'ye yapacakları yatırımın her aşamasında destek verme görevini üstlenmiş tek resmi kuruluştur. Doğrudan Cumhurbaşkanına bağlı olarak faaliyet gösteren Yatırım Ofisi, Türkiye'nin ekonomik kalkınmasını hızlandıracak yatırımları teşvik etmekle görevlidir. Bu amaçla Yatırım Ofisi, teknoloji yoğun, katma değeri yüksek ve istihdam yaratan yatırımları destekleyerek bu yatırımlara ilişkin tüm süreçleri yatırımcı adına takip ederek hızlandırmaktadır. Türkiye'de rüzgar enerjisi yatırımı yapmak isteyen, ilgi duyan şirketlere Türkiye ekonomisi ve rüzgar enerjisi alanında ve yatırım süreçlerindeki yabancı şirketler
- **Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ):** 2015 yılında kurulan EPIAŞ, piyasa katılımcılarına enerji alış-satış taleplerinde bulunabilecekleri ortamları sunarken görevi, piyasa alış-satış işlemlerinin şeffaf, düzenlemelere uygun bir şekilde yürütülmesi ve referans fiyat oluşturulmasıdır.

EPIAŞ, bünyesinde Gün Öncesi ve Gün İçi Spot Elektrik Piyasaları, Spot Doğal Gaz Piyasası, Vadeli Elektrik Piyasası, Vadeli Doğal Gaz Piyasası ve Yenilebilir Enerji Kaynak Garanti Sistemi ve Piyasasını bulundurmaktadır.

EPIAŞ, işlettiği piyasaların uzlaştırmaya, teminat, faturalama gibi mali işlemlerini gerçekleştirmekte ve merkezi karşı taraf hizmeti vermektedir. EPIAŞ'ın faaliyet gösterdiği alanlar arasında Dengeleme Güç Piyasası ve Yan Hizmetler Piyasası'na (DGP) ilişkin uzlaştırmaya



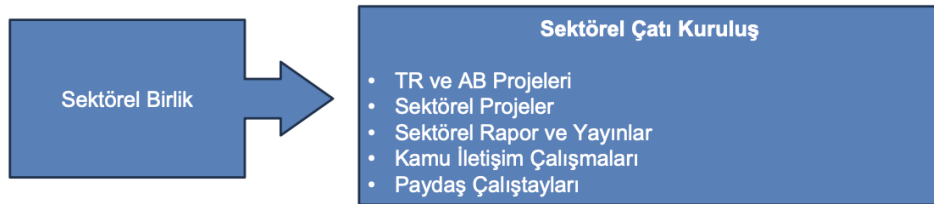
faaliyetleri, Doğal Gaz Piyasası dengesizliklerini uzlaştırma faaliyetleri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizmasının işletilmesi ve serbest tüketici işlemleri yer almaktadır.

- **Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB):** Türkiye rüzgar enerjisi sektörünün en önemli, en büyük ve tek çatı kuruluşu TÜREB’dir. TÜREB, rüzgar enerjisi ile ilgili bilimsel, teknik ve uygulamalı araştırmaları takip etmek, rüzgar enerji kaynağının kullanımını yaygınlaştırmak için faaliyetlerde bulunmak ve ülkemizdeki rüzgar potansiyelini ekonomiye kazandırmak amacıyla 10 şubat 1992 tarihli ve 92/2752 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile kurulmuştur.

TÜREB, rüzgar değer zincirinin tamamını kapsamakta ve sektörle ilgili tüm yasal düzenlemelerde aktif olarak görev almaktadır.

Sektörün gelişimi desteklemek, yatırım süreçlerini kolaylaştırılmak ve yeni bağlantı kapasitelerinin yatırımcılara kazandırılması amacıyla kamu kurum ve kuruluşlarıyla uzun yıllardır yakın iş birliği içinde çalışan TÜREB sektörün tüm paydaşlarını bir araya getirmektedir.

Sektörün mevcut ve gelecekte ihtiyaç duyacağı birçok alanda hazırladığı rapor, projeler ve düzenlediği etkinlikler ve eğitimlerle ihtiyaç duyulan alanlarda sektöre destek olurken aynı zamanda ülke ekonomisi ve iş gücüne de katkı sağlamaktadır.





Etkinlikler
• Türkiye Rüzgar Enerjisi Kongresi (TÜREK) • WindEnergy Hamburg Heyet & Pavilyon Katılımı • WindEurope Annual Event Heyet & Pavilyon Katılımı
Raporlar
• TÜREB İstatistik Raporu • Rüzgar Sanayi Envanteri • Denizüstü RES Yol Haritası
Faaliyetler
• Paydaş çalıştayları (Yatırımcı, Sanayici, Servis/Bakım, Finans Kurumları) • AB IPA Projesi • Rüzgar Sanayi Kümelenmesi • URGE Kümelenmesi • Enerjik TÜREB faaliyetleri • Dünya Rüzgar Haftası etkinlikleri • AB Komisyonu Rüzgar Zirvesi • WindEurope YK ve WindEurope Annual Event Adaylıkları

1.7. Sonuç

Türkiye rüzgar enerjisi sektörü, son yıllarda hızla büyümüş ve özellikle 2024 yılı itibarıyla 13.792,50 MW kurulu güce ulaşarak enerji arzında önemli bir konuma gelmiştir. Bununla birlikte, mevcut potansiyelin ancak %8'inin kullanılabilmesi, daha fazla yatırımın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yatırımların artması, lisanslama süreçlerinin kolaylaştırılması ve yerli üretimin teşvik edilmesi sektörün sürdürülebilir büyümesi açısından kritik öneme sahiptir.

2. BÖLÜM: Regülasyonlar ve Politikalar

2.1. Mevcut Yasal Düzenlemeler ve Politikalar

Tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de enerji sektöründe tüm kaynaklara ilişkin yatırım ve inşaat süreçleri, bu kaynaklardan enerji üretilmesi, iletimi, dağıtımı ve ticareti yasal düzenlemelere tabidir.

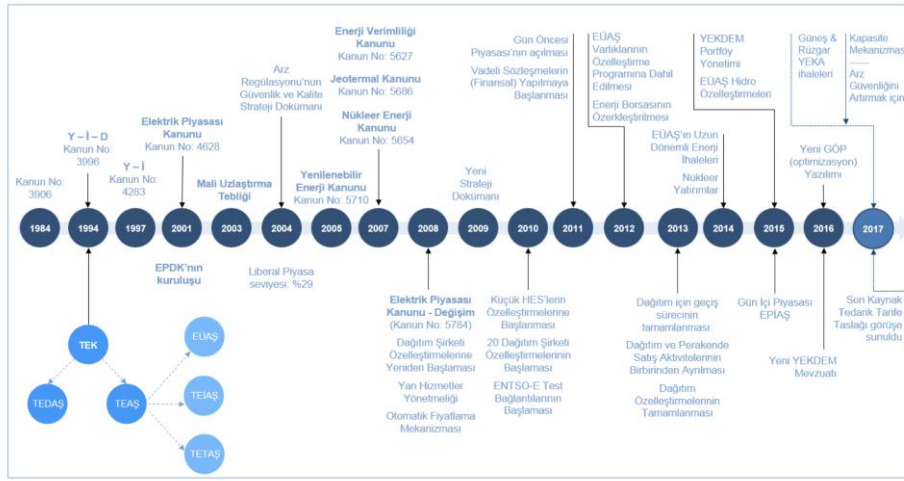
Türkiye Elektrik Piyasası serbestleşme süreci 1984 yılında başlamış, 2001 yılında Elektrik Piyasası Kanunu’nun yayımlanması ve EDPK’nın kurulması ile hız kazanmıştır.

Türkiye’de daha önce tamamen kamunun kontrolünde olan elektrik piyasasının serbestleşmesi özel sektör şirketlerinin elektrik üretim ve dağıtım yatırımlarının önünü açmıştır.



Türkiye elektrik piyasasının esasları 2001 yılında yürürlüğe giren 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile belirlenmiştir. Bu Kanun ile EPDK kurulmuş ve TEAŞ, üretim, iletim ve ticaret faaliyet alanlarını yürütmek üzere 3'e ayrılmıştır. Ardından, 2004 yılında Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi 21 farklı elektrik dağıtım bölgesine ayrılmıştır.

Türkiye elektrik piyasası 2001 yılında EPDK'nın kuruluşu ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile hızlı bir büyüme ve gelişme sürecine girerken yapılan düzenlemeler özel sektör şirketlerinin elektrik üretim yatırımları yapmasının önünü açmıştır.



Grafik 7: Mevcut Yasal Düzenlemeler ve Politikalar

Elektrik piyasasının serbestleşmesi, başlarda yatırımcılarda bazı tereddütlere neden olmuş ve beklenen yatırımların gelmemesi üzerine yatırımcıların teşvik edilerek yatırım yapması beklenen en önemli alanlardan birisi olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yatırımları yönlendirmek ve mali olarak desteklemek üzere yeni kanun ve düzenleme ihtiyacı çıkmıştır.

Bu düzenlemelerin yapılması yatırımcıların yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelmesini sağlarken süreç içinde yeni düzenleme ihtiyaçları da ortaya çıkmış ve bu dönemde yapılan diğer kritik düzenleme ve verilen destekler ile kapasite tahsisleri 2007 yılından sonra Türkiye'de rüzgar enerjisi sektörünün hızlı bir büyüme eğilimine girmesini sağlamıştır.



10.05.2005 tarihinde yürürlüğe giren 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında yenilenebilir kaynaklar için ilk destekleme mekanizması çalışmaları başlamış, fakat uygulanmaya başlanması 2011 yılında mümkün olabilmektedir.

➤ **Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları**

Türkiye'nin 2000'li yıllarından başından itibaren enerjide dışa bağımlılığını azaltmak amacıyla yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi ve bu kaynaklara dayalı elektrik üretim yatırımlarının artırılması enerji politikalarının en önemli önceliği olmuştur.

Toplam elektrik enerjisi üretimindeki yenilenebilir enerji kaynakları payının ve kaynak çeşitliliğinin artırılması suretiyle elektrik enerjisi üretiminde dengeli bir portföyün oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Türkiye'nin yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretiminin artırılması kadar bir diğerk önem verdiği konu da yerli ekipman üretim kabiliyetinin artırılması olmuştur. Rüzgar ve güneş enerjisi sanayiinde yerleşmede öncelikli 2 alan olarak öne çıkmıştır.

➤ **Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) Modeli**

Son 20 yılda yenilenebilir enerji politikalarında, YEKDEM ile birlikte en önemli politika tercihlerinden bir diğeri YEKA Modeli olmuştur.

09.10.2016 tarihli ve 29852 sayılı Resmî Gazete'de Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu yönetmelik ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde yeni bir yatırım modeli hayata geçmiştir.

Bu Yönetmelik'in amacı, kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda yenilenebilir enerji kaynak alanları oluşturularak yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, bu alanların yatırımcılara tahsisıyla yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretim tesislerinde kullanılan ileri teknoloji içeren aksamın yurt içinde üretilmesi ya da yurt içinden temin edilmesinin sağlanması, teknoloji transferinin teminine katkı sağlanmasıdır.



YEKA modeli ile bir yandan yenilenebilir enerji üretim tesislerinden satın alınan elektrik enerjisi maliyeti azaltılırken diğer yandan yenilenebilir enerji teknolojilerinde yerli üretimin geliştirilmesi ve kalifiye insan kaynağı kapasitesinin artırılması hedeflenmiştir.

Bu model ile yenilenebilir enerji teknolojilerinde yerli üretimin önü açılarak bu konuda ülkedeki üretim kapasitesinin artırılmasına ve yan sanayinin gelişimine katkı sağlanması, kurulacak rüzgar ve güneş santralleri gibi yenilebilir enerji santrallerinde yüksek yerlilik oranına sahip aksam veya tesis bileşenleri kullanımının artırılması, yenilenebilir enerji kaynak alanı kapsamındaki santrallerde üretilen elektriğin piyasa koşullarına göre en ekonomik şartlarda satın alınması sağlanmıştır.

Bu Yönetmelik'in kapsamı, YEKA'ların belirlenmesi, bu alanlar için bağlantı görüşünün verilmesi ve kapasite tahsisinin yapılması, tahsis edilen bağlantı kapasitesinin yurt içinde üretim ve/veya yerli malı kullanım şartı ile kullandırılması ve bu amaçla yapılacak yarışmaya katılacaklarda aranacak koşulların belirlenmesi, yarışmanın yapılması, teminat alınması, yükümlölüklerin yerine getirilmemesi halinde teminatın irat kaydedilmesi, YEKA'da kurulacak elektrik enerjisi üretim tesislerinin ön lisans/lisans süreçleri ve elektrik enerjisi satışına ilişkin usul ve esaslardır.

Yenilenebilir enerji kaynak alanları yarışma yöntemiyle yatırımcılara tahsis edilmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yürütölen idari ve teknik çalışmalar çerçevesinde belirlenen YEKA'lar Resmî Gazete'de ilan edilmektedir. YEKA yarışmaları öncesinde belirlenen ve ilan edilen sahalarda tahsis edilecek bağlantı kapasiteleri, üretim kapasite faktörleri, iletim hattına bağlantı durumları, alım fiyatının taban ve tavan aralığı, alım süresi gibi detaylar yarışma ilan ve şartnameleri ile önceden duyurulmakta böylece yarışmalara katılacak yatırımcılar başvuracakları projeleri belirleyebilmektedirler.



Grafik 8: YEKA Saha Belirleme Süreci

➤ 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun

2005 yılında yasalaşan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Serbestleşmenin ilk yıllarında yenilenebilir enerji yatırımlarının yapılabilmesi ve desteklenmesi amacıyla hazırlanan kanun kısa süre sonra ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda değişiklikler, yeni kanun ve ikincil mevzuat ile desteklenmiştir.

Bu Kanun; yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esasları kapsar.

Rüzgar enerjisi santrallerinde yerli üretim bileşenler kullanıldığında ilave teşvikler sağlanır. Çevresel sürdürülebilirlik ve yerli kaynakların kullanımını teşvik eder.

Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösterenlerin faydalanabileceği fiyat, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin usul ve esasları içeren destekleme mekanizması olan ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerine ilişkin üretim lisansı sahibi tüzel kişiler ile lisanssız elektrik üretimi yapan elektrik



Üretim tesislerinin desteklenmesi amacıyla Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması 2010 yılında bu Kanuna eklenmiştir.

➤ **Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması (YEKDEM)**

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi retimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’da 29.12.2010 tarihinde yapılan değişiklik ile yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi ile ilgili destekleme mekanizması tanımlanmış ve kaynaklara göre destek tutarları liste olarak Kanun ekinde yayımlanmıştır.

5346 sayılı Kanun’un yürürlüğe girdiği 18.05.2005 tarihinden destekleme mekanizması tanımının getirildiği 29.12.2010 tarihine kadar, bu destek uygulanamamıştır; ancak, değişiklik ile Kanun’un yürürlüğe girdiği 18.5.2005 tarihinden 31.12.2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek YEKDEM sistemine tabi üretim lisansı sahipleri için de bu Kanun’a ekli I sayılı cetvelde yer alan fiyatların 10 yıl süre ile uygulanacağı; ancak arz güvenliği başta olmak üzere diğer gelişmeler doğrultusunda 31.12.2015 tarihinden sonra işletmeye girecek olan YEK belgeli üretim tesisleri için bu Kanun’a göre uygulanacak miktar, fiyat ve süreler ile kaynakların, cetveldeki fiyatları geçmemek üzere, Bakanlar Kurulu tarafından belirleneceği hükme bağlanmıştır.

Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten gerçek ve tüzel kişilere ait lisanssız santrallar, ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisini dağıtım sistemine vermeleri halinde, Kanun eki I sayılı cetveldeki fiyatlardan 10 yıl süre ile faydalanabilir. Bu kapsamda dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisinin perakende satış lisansı olan ilgili dağıtım şirketi tarafından satın alınması zorunludur. İlgili dağıtım şirketlerinin bu madde gereğince satın aldıkları elektrik enerjisi, söz konusu dağıtım şirketlerince YEKDEM kapsamında üretilmiş ve sisteme verilmiş kabul edilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin teşvik edilmesi ve artırılması amacıyla verilen bu destekten yararlanma süresi, 14.12.2015 tarih ve 2015/8327 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile 31.12.2020 tarihine kadar uzatılmıştır. Yürürlükte olan yasal düzenlemeye göre



yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi için destekleme mekanizması ile oldukça yüksek miktarda teşvikler verilmektedir. 5346 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 18.05.2005 tarihinden sonra işletmeye girmiş ve son değişikliğe göre 2020 yılı sonuna kadar işletmeye girecek olan hidrolik ve rüzgar kaynakları için 7,3 USD cent/kWh, jeotermal kaynağı için 10,5 USD cent/kWh, güneş ve biyokütle kaynakları için 13,3 USD cent/kWh satın alma fiyatı belirlenmiştir. Kanun ile tanımlanan teşviklerden yararlanma süresi 10 yıl ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca, lisanslı tesislerde kullanılan ve aynı Kanun ekinde tanımlanan yerli üretim aksamalarının kullanıldığı tesisler için işletmeye giriş tarihinden itibaren 5 yıl süre ile ek teşvikler tanımlanmıştır.

6446 sayılı Kanun kapsamında sağlanan teşvikler, bir üretim lisansına sahip ve faaliyetlerine 31 Aralık 2020'den önce başlamış olan yatırımcılar için;

- Faaliyetin başladığı tarihten itibaren 5 yıl boyunca geçerli olmak üzere, iletim sistemi kullanma tarife bedeline %50 indirim uygulanmıştır.
- 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında, işletimde olan veya 31 Aralık 2020 tarihine kadar işleme girecek olan elektrik santralleri için, yatırım ve işletme dönemlerini de kapsamak üzere 10 yıl boyunca enerji nakil hatları kiralama, irtifak ve kullanma hakkı ücretlerinde %85 indirim uygulanmıştır. Bu indirimler daha sonra uzatılmamıştır

5346 sayılı Kanun'un yürürlüğe girmesinden sonra 29.12.2010 tarihinde yapılan Kanun değişikliği ile henüz ilgili yönetmelikler yayımlanmadan 2011 yılı için YEKDEM başvuruları alınmış ve fiili uygulama başlamıştır.

Tablo 3: YEKDEM ve Yerli Katkı Fiyatları



YEKDEM VE YERLİ KATKI FİYATLARI

TESİS TİPİ		1/7/2021 TARİHİNE KADAR İŞLETEMEYE GİREN YEK BELGELİ TESİSLER				1/7/2021 TARİHİNDEN SONRA İŞLETEMEYE GİREN YEK BELGELİ TESİSLER					
		YEKDEM FİYATI (\$/cent/kWh)	YEKDEM UYGULAMA SÜRESİ (yıl)	YERLİ KATKI FİYATI (\$/cent/kWh)	YERLİ KATKI FİYATI UYGULAMA SÜRESİ (yıl)	YEKDEM FİYATI (01-31.10.2023) (TL Kurus/kWh)	YEKDEM UYGULAMA SÜRESİ (yıl)	YEKDEM TABAN (\$/cent/kWh)	YEKDEM TAVAN (\$/cent/kWh)	YERLİ KATKI FİYATI (01-31.10.2023) (TL Kurus/kWh)	YERLİ KATKI FİYATI UYGULAMA SÜRESİ (yıl)
HİDROLİK	Rezervuarlı	7,30	10	2,30	5	215,37	10	6,75	8,25	43,08	5
	Nehir tipi					201,91	10	6,3	7,7	43,08	5
RÜZGAR	Karasal	7,30	10	3,70	5	158,54	10	4,95	6,05	43,08	5
	Deniz üstü					215,37	10	6,75	8,25	57,50	5
BİYOKÜTLE	Çöp Gazı / ÖTL					158,54	10	4,95	6,05	43,08	5
	Biyometanizasyon	13,3	10	5,60	5	258,74	10	8,1	9,9	43,08	5
	Termal Bertaraf					201,78	10	5,75	8	32,28	5
JEOTERMAL		10,50	10	2,70	5	302,14	15	9,45	11,55	43,08	5
GÜNEŞ	Fotovoltaik	13,30	10	6,70	5	158,54	10	4,95	6,05	43,08	5
	CSP			9,20							
DEPOLAMALI RÜZGAR / GÜNEŞ		-	-	-	-	186,96	10	5,85	7,15	57,50	10
POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK		-	-	-	-	302,14	15	9,45	11,55	57,50	10
DALGA / AKINTI		7,30	10	2,30	5	201,91	10	6,3	7,7	57,50	10

Açıklama:

1. YEKDEM Fiyatları ile Yerli Katkı Fiyatları; ağırlık oranları %25 ÖFE, %15 TÜFE, %30 ABD Doları ve %30 Avro olacak şekilde aylık dönemler halinde güncellenir. YEKDEM Fiyatları için yapılan güncelleme ile "Türk Lirası kurus/kWh" cinsinden hesaplanan fiyatın ABD Doları cinsinden karşılığı, YEKDEM_{ABD} ile YEKDEM_{AVR} fiyat aralığı dışında olmaz. Uygulanacak Yerli Katkı Fiyatları için herhangi bir tavan ve taban fiyat sınırlaması bulunmaz.
2. YEKDEM ile Yerli Katkı Fiyatlarının ABD Doları cinsinden karşılığının hesaplanmasında 01/02/2024 tarihli TCMB döviz alıp kurı (30,363 TL/\$) değeri kullanılmıştır.
3. 31/12/2020 ile 1/7/2021 tarihleri arasında işletmeye giren YEK Belgeli tesisler için YEKDEM uygulama süresi 31/12/2030 tarihine kadardır.

➤ 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu

2013 yılında yasalaşan 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun amacı, elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanmasıdır.

Kanun, elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan veya perakende satışı, ithalat ve ihracatı, piyasa işletimi ile bu faaliyetlerle ilişkili tüm gerçek ve tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerini kapsar.

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, Türkiye'de rüzgar enerjisinin gelişmesi için gerekli olan kapsamlı ve piyasa ihtiyaçlarını karşılayacak yasal mevzuat ve düzenlemeler açısından önemli bir Kanundur.



EPDK tarafından verilen üretim lisanslarını zorunlu kılmıştır. Lisanssız elektrik üretimi için belirli kurallar getirmiştir ve elektrik üretiminde rekabetin artırılması ve özel sektör yatırımlarının teşvik edilmesini amaçlar.

➤ **28782 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik**

1.10.2013 tarihli ve 28782 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretiminin teşvik edilmesi amacıyla, üretim lisansı sahibi tüzel kişilere yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesi ile 10.5.2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında işletilecek Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizmasının kuruluşu ve işleyişini düzenlemek amacıyla kamu tüzel kişilerinin görev ve yetkileri ile ilgili gerçek ve tüzel kişilerin hak ve sorumluluklarına ilişkin usul ve esasları kapsar.

Bu Yönetmelik, 10.5.2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’un 5, 6, 6/A, 6/B, 6/C ve 11 inci maddeleri ile 14.3.2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nun 7’nci ve 14’üncü maddesi hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır.

Yönetmelik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi, gel-git ve belirli hidroelektrik üretim tesisleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kapsamaktadır. Ayrıca, hibrit tesisler ve lisanssız üretim kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri de yönetmelik kapsamında değerlendirilmektedir.

Yönetmelikte, YEKDEM’e kayıt başvuruları, destekleme mekanizmasından yararlanma şartları, yenilenebilir enerji kaynak belgesinin verilmesi ve hibrit tesislerde üretim miktarının tespiti gibi konular ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.



➤ **29752 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik**

24.6.2016 tarihli ve 29752 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmeliğin amacı, yurt içinde imal edilerek yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten tesislerde kullanılan aksamın ve/veya aksamı oluşturan bütünleştirici parçaların, 10.5.2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'un ekinde yer alan II sayılı cetvele göre ilave fiyatın uygulanabilme koşulları ile her bir başvuru kapsamında uygulanacak ilave fiyat miktarının belirlenmesi, belgelendirilmesi ve denetlenmesi ile ilgili usul ve esasların belirlenmesidir.

Bu Yönetmelik, yenilenebilir enerji santrallerinde kullanılan ekipmanların yurt içinde üretilmesi amacıyla, yerli aksam kullanan yatırımcılara bu aksam için destek verilmesi ve böylece yerli üretimin teşvik edilerek desteklenmesi için hazırlanmış ve uygulanmıştır.

➤ **Yerli Aksam Yönetmeliği**

28.5.2021 tarihli ve 31494 sayılı Yerli Aksam Yönetmeliği ile 24/6/2016 tarihli ve 29752 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır. Söz konusu Yönetmelik'e yapılan atıflar 31494 sayılı Yerli Aksam Yönetmeliği'ne yapılmış kabul edilir.

Bu Yönetmelik, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretim tesislerinde ve rüzgar ve/veya güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisine bütünleşik depolama tesislerinde yerli aksam kullanımının desteklenmesi amacıyla, söz konusu tesislerde kullanılan aksamlara uygulanacak yerli katkı fiyatlarına ilişkin usul ve esasları kapsar.

Yönetmelik, 10./5.2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'un 6/B maddesine, 6446 sayılı Kanun'un 7.



maddesinin onuncu ve on birinci fıkrasına ve 1.5.2023 tarihli ve 7189 sayılı Cumhurbaşkan Kararı'na dayanılarak hazırlanmıştır.

➤ **Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği**

2.11.2013 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, 4.3.2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'na dayanılarak hazırlanmıştır.

Yönetmelik'in amacı, elektrik piyasasındaki ön lisans ve lisanslandırma uygulamalarına ilişkin usul ve esaslar ile ön lisans ve lisans sahiplerinin hak ve yükümlölüklerinin belirlenmesidir.

Bu Yönetmelik, elektrik piyasasında faaliyette bulunulabilmesi için alınması zorunlu olan ön lisans ve lisanslar ile bu lisanslara ilişkin temel hükümleri, lisanslandırma işlemlerini, ön lisans ile lisans sahibi tüzel kişilerin hak ve yükümlölüklerini kapsar.

Rüzgar enerjisi projeleri için ön lisans ve üretim lisansı alma sürecini belirler.

Elektrik piyasasında elektrik enerjisinin üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan satışı, perakende satışı, ithalatı, ihracatı, piyasa işletimi ve toplayıcılık faaliyeti için uygun bir lisans alınması zorunludur.

Piyasada faaliyet göstermek isteyen tüzel kişi, faaliyetine başlamadan önce; bu Yönetmelik kapsamındaki istisnalar hariç, her faaliyet için ve söz konusu faaliyetlerin birden fazla tesiste yürütülecek olması hâlinde, her tesis için ayrı lisans almak zorundadır. Bağlantı noktası ve tesisin fiziki durumuna göre, Kurul, birden fazla projeye konu üniteleri, tek bir ön lisans veya lisans kapsamında değerlendirebilir. Depolamalı elektrik üretim tesisi bünyesindeki elektrik depolama ünitesi, üretim tesisine bütünleşik elektrik depolama ünitesi ile birden çok kaynaklı elektrik üretim tesislerinde kullanılan yardımcı kaynak ünitesi, ana kaynağa dayalı tesisin ünitesi olarak kabul edilir ve tesis tek bir ön lisans veya lisans kapsamında değerlendirilir.

Üretim faaliyetiyle iş tıgal edecek tüzel kişi, faaliyeti birden fazla tesiste yürütecek olması hâlinde, her tesis için ayrı ön lisans almak zorundadır; ancak birden çok yapı veya



müştemilatının yüzeylerinde tesis edilen aynı tür yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim tesisleri, sisteme aynı noktadan bağlanmak kaydıyla tek bir ön lisans veya üretim lisansı kapsamında değerlendirilebilir.

- **Ön lisans:** Üretim faaliyetinde bulunmak isteyen tüzel kişilere, üretim tesisi yatırımlarına başlamaları için gerekli onay, izin, ruhsat ve benzerlerinin alınabilmesi için EPDK tarafından belirli süreli verilen izindir.

Ön lisansın süresi, ön lisans başvurusuna konu üretim tesisi projesinin kaynak türü ve kurulu gücüne bağlı olarak, mücbir sebep hâlleri hariç, otuz altı ayı geçmemek üzere Kurul kararı ile belirlenir. YEKA için verilen ön lisansın süresi ön lisans başvurusuna konu işin yarışma şartnamesinde öngörülen süreye uygun olarak otuz altı ayı geçmemek üzere Kurul kararıyla belirlenir.

Lisans, faaliyetin niteliğı dikkate alınarak en az on, en çok kırk dokuz yıl için verilir. Ancak, Kanun'un geçici 12'nci maddesi kapsamında verilen üretim lisansının süresi, ilgili mevcut sözleşmenin süresi ile sınırlıdır. YEKA için verilen üretim lisansının süresi, YEKA Yönetmeliğı çerçevesinde belirlenen süre ile sınırlıdır.

- **Üretim Lisansı:** Üretim lisansı başvurusunda bulunmak isteyen ön lisans sahibi tüzel kişi, ön lisansı kapsamındaki yükümlölüklerini tamamlamak koşulu ile ön lisans süresi içerisinde altıncı fıkrada belirtilen şekilde Kuruma üretim lisansı başvurusunda bulunur. Ön lisans sahibinin, ön lisans süresi sona ermeden önce üretim lisansı başvurusunda bulunmaması halinde, ön lisans süresinde yerine getirilmesi gereken yükümlölüklerin ikmal edilmemiş olduğı kabul edilir.

Üretim lisansı başvurusunun değerlendirilmesinde, başvuru sahibi tüzel kişinin ön lisansı kapsamındaki yükümlölüklerini ön lisans süresi içerisinde tamamlamış olup olmadığı esas alınır.

Üretim lisansı başvurularında, yapılan değerlendirme sonucunda;



Ön lisans kapsamında öngörölen yükümlölüklerinden herhangi birinin süresi içerisinde tamamlanmadığının anlaşılması halinde, söz konusu tüzel kişinin başvurusu, Kurul kararı ile reddedilir.

Ön lisans kapsamında öngörölen yükümlölüklerin süresi içerisinde tamamlanmış olduğu sonucuna varılması halinde, söz konusu tüzel kişiye Kurul kararı ile üretim lisansı verilir.

Üretim lisansı ile ilgili olarak;

Üretim lisansına inşaat süresi ve tesis tamamlanma tarihi derç edilir. Tesis tamamlanma tarihinin belirlenmesine esas inşaat süresi, Kurul kararı ile belirlenir ve Kurum internet sayfasında yayımlanır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim lisansına, lisansa konu tesisin kaynağına göre mevcut kurulu gücü ile üretebileceği öngörölen yıllık azami üretim miktarı, yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı olarak derç edilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları dışında diğer enerji kaynaklarına dayalı üretim lisanslarına, öngörölen ortalama yıllık üretim miktarı, yıllık elektrik enerjisi üretim miktarı olarak derç edilir.

Üretim lisansı almak isteyen yatırımcıların şebeke bağlantı görüşü, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM) görüşü ve TEİAŞ'tan kapasite tahsisi alması gerekir.

Lisans alabilmek için teminat mektubu ve mali yeterlilik şartları aranır.

Yönetmelik, zaman içinde sektördeki gelişmelere ve ihtiyaçlara bağlı olarak çeşitli değişikliklere uğramıştır.

➤ **Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği**

12.5.2019 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği'nin amacı elektrik piyasasında, tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarını kendi üretim tesisinden karışlaması, arz güvenliğinin sağlanması küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke



ekonomisine kazandırılması ve küçük ölçekli üretim kaynaklarının etkin kullanımının sağlanması amacıyla lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik enerjisi üretebilecek, gerçek veya tüzel kişilere uygulanacak usul ve esasların belirlenmesidir.

Bu Yönetmelik, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 14'üncü maddesi çerçevesinde kurulması öngörölen üretim tesislerinin sisteme bağlanmasına ilişkin usul ve esaslar ile bu üretim tesislerinin kurulmasına ilişkin başvuruların değeriendirilmesine, lisanssız üretim kapsamında elektrik enerjisi üreten gerçek ve tüzel kişilerin ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisinin sisteme verilmesi halinde yapılacak uygulamaya, lisanssız üretim ile ilgili üretim tesisi devri ve üretim faaliyetinde bulunan gerçek veya tüzel kişiler ile ilgili şebeke işletmecilerinin hak ve yükümlölüklerine, lisanssız üretim yapan kişilerin bu Yönetmelik kapsamındaki faaliyetleri ile kurulan üretim tesislerinin denetlenmesine ilişkin usul ve esasları kapsar.

Belediyeler ve bunların bağlı kuruluşları ile sanayi tesisleri ve tarımsal sulama amaçlı tesisler tarafından bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünün iki katı ve diğer kişiler bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücü ile sınırlı olmak kaydıyla, tüketim tesisi ile aynı ya da farklı ölçüm noktasında kurulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi, ön lisans ve lisans alma ile şirket kurma yükümlölüğünden muaf olarak kurulabilir.

Ön lisans ve lisans alma yükümlölüğünden muaf olan yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten gerçek veya tüzel kişilerin ihtiyaçlarının üzerinde ürettikleri elektrik enerjisinin sisteme verilmesi halinde söz konusu elektrik enerjisi, ilgili görevli tedarik şirketi aracılığı ile YEKDEM kapsamında değeriendirilir.

Bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile, 2.10.2013 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.

➤ **Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik**

2.10.2013 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik, elektrik piyasasında; 14.3.2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası



Kanunu'nun 14'üncü maddesi kapsamında, tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarının tüketim noktasına en yakın üretim tesislerinden karşılanması, arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması, elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının düşürülmesi amacıyla lisans alma ile şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın, elektrik enerjisi üretebilecek gerçek veya tüzel kişilere uygulanacak usul ve esasların belirlenmesi amacıyla hazırlanmıştır.

Bu Yönetmelik, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 14'üncü maddesi çerçevesinde kurulması öngörülen üretim tesislerinin sisteme bağlanmasına ilişkin teknik usul ve esaslar ile bu üretim tesislerinin kurulmasına ilişkin başvuru yapılmasına ve başvuruların değerlendirilmesine, lisanssız üretim faaliyeti kapsamında elektrik enerjisi üreten gerçek ve tüzel kişilerin ihtiyacının üzerinde ürettiğı elektrik enerjisinin sisteme verilmesi halinde yapılacak uygulamaya, Lisanssız üretim faaliyeti ile ilgili arazi temini, üretim tesisi devri ve üretim faaliyetinde bulunan gerçek veya tüzel kişiler ile ilgili şebeke işletmecilerinin hak ve yükümlülüklerine, lisanssız üretim faaliyetinde bulunan kişilerin bu Yönetmelik kapsamındaki faaliyetleri ile kurulan üretim tesislerinin denetlenmesine ilişkin usul ve esasları kapsar.

12.5.2019 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliğı ile yürürlükten kaldırılmıştır.

➤ **Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesi Yönetmeliğı**

14.11.2020 tarihinde Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesi Yönetmeliğı'nin amacı, elektrik üretimi ve tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ve çevrenin korunması amaçlarıyla tüketicilere tedarik edilen elektrik enerjisinin belirli bir miktarının veya oranının, lisans sahibi tüzel kişiler tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarından üretildiğinin takip, ispat ve ifşa edilmesi ile tüketicilere yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin belgelendirilmek suretiyle tedarik edilmesine imkân sağlayan bir yenilenebilir enerji kaynak



garanti sisteminin oluşturulması ve bu sistemin ayırım gözetmeyen, objektif, şeffaf bir şekilde işletilmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

Bu Yönetmelik, üretim ve tedarik lisansı sahibi tüzel kişilerin yenilenebilir enerji kaynak garanti sistemine katılımına ilişkin hükümleri, yenilenebilir enerji kaynak garanti sistemi ile organize yenilenebilir enerji kaynak garanti piyasasının oluşturulması ve işletilmesine ilişkin esasları, piyasa işletmecisinin görev ve yetkileri ile lisans sahibi tüzel kişilerin hak ve yükümlölüklerini kapsar.

➤ **Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği**

9.5.2021 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanan Elektrik Piyasasında Depolama Faaliyetleri Yönetmeliği’nin amacı, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında, elektrik depolama üniteleri veya tesislerinin kurulmaları, iletim veya dağıtım sistemine bağlanmaları ile bu ünite veya tesislerin piyasa faaliyetlerinde kullanılmalarına ilişkin usul ve esasları belirlemektir.

➤ **Enerji Dönüşümü - Yenilenebilir Enerji 2035**

21 Ekim 2024 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Alparslan Bayraktar tarafından açıklanan Yenilenebilir Enerjide 2035 Yol Haritası, Türkiye'nin enerji politikalarını şekillendiren ve 2035 yılına kadar yenilenebilir enerji kapasitesini artırmayı hedefleyen stratejik bir plandır.

Bu yol haritası, Türkiye'nin enerji arz güvenliğini sağlamayı, enerjide dışa bağımlılığı azaltmayı ve 2053 net sıfır emisyon hedefine ulaşmayı amaçlamaktadır.

Türkiye'nin enerji politikaları, arz güvenliği, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak ve 2053 net sıfır emisyon olmak üzere 3 temel hedef üzerinde şekillenmektedir.

Açıklanan planın temel hedefleri şunlardır:

- **Rüzgar ve Güneş Enerjisi Kapasitesinin Artırılması:** Türkiye’nin rüzgar ve güneş enerjisi kurulu gücünün 2024 yılı sonu itibarıyla yaklaşık 31.000 MW’a yükselmiştir. 2024 sonu itibarıyla rüzgar ve güneş enerjisinde tahsis edilen toplam bağlantı kapasitesi 69.600 MW’a yükselmiştir. 2035 yılına kadar dört katına yapılacak ilave



kapasite tahsisleri ile birlikte rüzgar ve güneş enerjisinde toplam kurulu gücün 4 kat artırılarak 120.000 MW'a ulaşması hedeflenmektedir.

Bu ilave kapasitenin yaklaşık 30 GW'a yakın kısmının ise her yıl düzenlenecek rüzgar ve güneş YEKA yarışmalarıyla yatırımcılara tahsis edilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, 5.000 MW'lık deniz üstü RES kapasitesinin de 2035'e kadar devreye alınması amaçlanmaktadır.

- **Yıllık YEKA İhaleleri:** Her yıl en az 2.000 MW'lık YEKA ihaleleri düzenlenmesi planlanmaktadır.
- **İzin Süreçlerinin Kısaltılması:** Kamuoyunda "Süper İzin" düzenlemesi olarak tanımlanan düzenleme kapsamında yapılması planlanan kanun değişiklikleri ile,
 - Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) yönetmeliğinde iyileştirme,
 - Orman izinlerinin tek seferde alınması ve Rüzgar Ölçüm Direği (RÖD) izni, sondaj iznini de kapsayacak şekilde düzenlenmesi,
 - Teknik Etkileşim Analizi (TEA) süreçlerinin kısaltılması ve istişare ortamının sağlanması,
 - Doğa Koruma ve Milli Parklar (DKMP) görüşlerinin elden geçirilmesi,
 - Kamulaştırma süreçlerinde tescil işlemlerinde düzenleme,
 - Her ölçekte imar planı ve yapı ruhsat ve yapı kullanma,
 - Gayrisihhi Müessese Ruhsatı,süreçlerinin kolaylaştırılarak, kısaltılması ve 48 ayı bulan izin süreçlerinin 24 ayın altına indirilmesi planlanmaktadır.

Temelde izinler kaldırılmayacak, sadece ön koşullara bağlı dikey süreçlerden yatay süreçlere geçirilecek olup süreç 18 ayla sınırlandırılacaktır.



- **İletim Altyapısının Güçlendirilmesi:** Yenilenebilir enerji yatırımlarının artmasındaki ve şebeke yönetimindeki önemli sorunlardan birisi olan iletim şebekesindeki kısıtların giderilmesi ve yenilenebilir enerji yatırımlarına ilave bağlantı kapasitelerinin verilebilmesi amacıyla iletişim şebekesi yatırımlarının artırılması planlanırken Türkiye’de HVDC iletim altyapısının da kurulması hedeflenmektedir.

İletim şebekesinin halihazırda 74.464 km olan AC hat uzunluğunun 2035 yılında 90.500 km’ye, 782 adet olan trafo merkezlerinin sayısının 2035’te 942’ye; ihracat yönlü 2.280 MW olan enterkoneksiyon kapasitesinin 6.750 MW’a; ithalat yönlü 1.360 MW olan enterkoneksiyon kapasitesinin ise 6.600 MW’a yükseltilmesi planlanmaktadır.

40 GW kapasiteli ve 14.700 km uzunluğunda HVDC iletim altyapısının ve 40 adet HVDC konverter merkezinin de inşa edilmesi planlanıyor.

Tüm iletim altyapı yatırımlarının toplam yatırım maliyeti ise 28 milyar USD olarak hesaplanmaktadır.

- **Yatırım ve Finansman:** 90.000 MW’lık yeni yenilenebilir enerji gücü, yeni iletim şebekesi ve yeni altyapı yatırımları için yaklaşık 108 milyar USD’lik yeni bir yatırım ve reform süreci başlatılmıştır.

➤ **YEKA İhale Modeli Değışikliği**

11.05.2024 tarihinde yasalaşan Maden Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değışiklik Yapılmasına Dair Kanun’la, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’da da önemli değışiklikler yapılmıştır.

Bu yapılan değışiklikler neticesinde yeni YEKA yarışmalarının şartname şartları taban fiyat ve kapasite bedeli, iletim bedeli muafiyeti, USD bazlı fiyat, asgari yerlilik şartı, uluslararası tahkim düzenlemesi ile yeniden belirlenmiştir. Bu sayede YEKA yarışmaları ile tahsis edilecek projelerin en hızlı şekilde hayata geçirilmesi, yarışmalarda rekabetçi fiyatlara ulaşılması ve yatırımcılar için yarışmaların ticari açıdan piyasa gerekliliklerine uygun, ticari olarak yapılabilir ve uygulanabilir olması sağlanmıştır.

IPA III/2023/450-707 Değışim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi



YEKA GES'lerde tahsis edilen kapasitelerin 60 ay, YEKA RES'lerde tahsis edilen kapasitelerin ise 72 ay içinde devreye alınması durumunda, yatırımcı santralin devreye alındığı andan itibaren ürettiği elektriği sisteme satabilecek. Yatırımcı ürettiği elektriği o tarihteki piyasa takas fiyatından satma hakkı elde ederken serbest piyasada fiyatın 4,95 USD cent/kWh'in altına düşmesi durumunda, bu taban fiyat olarak kabul edilecek ve aradaki fark yatırımcıya ödenecektir.

Santrallerin hızla devreye alınmasını teşvik etmek amaçlayan bu yeni uygulama ile santrallerin gelirlerinin arttırılarak amortisman sürelerinin de kısaltılması amaçlanmaktadır.

Santraller geride kalan 20 yılda ise ihalede oluşan fiyat üzerinden verilen elektrik alım garantisi ile ürettikleri elektriği satacaklardır. Yarışmalara taban fiyat getirilerek eksi fiyatların oluşması engellenmiştir.



2.2. Sektörü Etkileyen Hukuki ve Düzenleyici Gelişmeler

Tablo 4: RES Yatırım Süreçlerindeki Temel Sorunlar ve Çözüm Önerileri:

İşlem	Temel Sorunlar	Potansiyel Öneriler
1 TEA	TEA: Süre ve olumsuz değerlendirmeler	TEA Süreçlerinde İstisna ve Protokol Kapsamında Sürenin 2 Ay ile Sınırlanması
2 DKMP	Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü: 2 dönem izleme tamamlanmadan ÇED, İmar ve Orman İzin süreçlerinin tamamlanamaması	ÇED, İmar ve Orman İzin Süreçlerinde Ornitolojik İzzemeler Devam Ederken Diğer İşlemlerin Devam Etmesi Sağlandı
3 ORMAN	Orman İzin Süreçlerinin Uzunluğu Orman Ön İzni, Orman Sondaj İzni, Orman Kesim İzni Gibi Tekrar Eden Süreçler RÖD İzin Sürecinin Standart Bir Orman İzni Gibi Bakan'a Kadar Uzaması	Orman İzinlerin Tek Aşamaya İndirilmesi
4 MERA	ÇED Sürecinde Orman Görüşlerinin Süre Alması ÇED Süreci Tamamlanmadan Mera Tahsis Amacı Değişikliği Sürecinin Başlayamaması Davalı Mera Parsellerinde İşlem Tesis Edilmemesi	Mera Vasıflı Arazilerde Tahsis Amacı Değişikliği İçin ÇED Koşulunun Kaldırılması
5 KURUM GÖRÜŞLERİ	Kurum Görüşlerinin Toparlanmasının Uzun Sürmesi ve Defalarca Alınması (ÇED/Mülkiyet Edinim/İmar Planı)	Kurum Görüşlerinin Süresinin Sınırlanması ve Alınan Görüşlerin Tüm Süreçlerde Geçerli Olması
6 TVK	Tabiat Varlıklarını Koruma GM Tescil Çalışmaları	Enerji Projeleri Özel Değerlendirilmeli
7 İMAR PLANI	Planlama Süreçlerinin Uzunluğu	Planlama Süreçlerinde Kurum Görüş Sayısının Azaltılması
8 RUHSAT	Tüm Mülkiyetlerin Ediniminin Tamamlanmadan Ruhsat Sürecinin Başlayamaması Ruhsat Sürecinde Yerel İdarelerdeki Farklı Uygulamalar/Harçlar Davalı Parsellerde Ruhsat Verilememesi	Farklı Mülkiyet Vasıflarına Sahip Alanlarda %51 Üzerinde Edinim Tamamlanması Koşuluyla Ruhsat Verilmesi Ruhsat Verme Yetkisinin Yerel İdarelerle Beraber 2 Ay Bekleme Süresi Olmaksızın Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına Verilmesi

Teknik Etkileşim Analizi (TEA) Sorunları

- 2023 yılı içerisinde tahsis edilen 19 GW'a yakın yeni RES projesinde önemli oranda TEA olumsuz kararları verilmekte, geçmişte TEA olumlu kararı alınan sahalarda dahil olumsuz değerlendirmeler verilmektedir.
- Ön lisanstan lisansa geçen proje geliştirme süresinde teknoloji ve türbin tipleri değişmekte, mecburen ve tekraren TEA yaptırılmaktadır.
- RES projeleri TEA sürecinin olumsuz olduğu durumlarda olumsuzluğun sebebi net olarak yatırımcıyla paylaşılammakta ya da yatırımın gerçekleştirilmesi için gerekli yönlendirmeler net olarak yapılamamaktadır.



1. Orman ve Mera Alanlarıyla İlgili Yaşanan Sorunlar

- a. KATBİS - Mülkiyet edinim süreçlerinde her aşamada tekraren güvenlik soruşturması için proje dosyası KATBİS değerlendirmesine sunulmakta ve bu nedenle izin süreci uzamaktadır
- b. Orman izinlerinin alınması sürecinde tekraren aynı izinlerin talep edilmektedir (orman ön izni, orman sondaj ve sondaj yolu izni, orman kesin izni gibi izinler için benzer süreçler tekraren yaşanmaktadır).
- c. Yatırımların ilk adımı olan rüzgar ölçüm direği kurulum izinlerinde ÇED muafiyet belgesi talep edilmekte ve ayrıca iç süreçler nedeniyle süre 10-12 aya kadar uzamaktadır.
- d. Kapalı orman alanlarında mevzuatta yer almamasına rağmen RES projeleri için izin verilmemektedir.

2. Tabiat Varlıklarını Koruma (TVK) Uygulamaları Konusunda Yaşanan Sorunlar

- a. TVK-Tescil Çalışmaları: Çeşitli illerde “Mevcut ve Potansiyel Doğal SİT Alanlarının Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Projeleri” kapsamında TVK Genel Müdürlüğü tarafından tespit edilen alanların tescil süreci tamamlanmadan önce projeler değerlendirilememektedir.

3. ÇED Uygulamaları Sırasında Talep Edilen Kurum Görüşlerinin Toplanmasında Yaşanan Sorunlar

- a. ÇED sürecinde görüşü istenen bazı kurumların (Orman vb.) çok geç cevap vermesi nedeniyle ilgili süreçler uzamaktadır.
- b. ÇED sonrası imar süreçleri ve mülkiyet edinimi gibi süreçlerde aynı proje için, aynı kurumlardan mükerrer görüşler alınmaktadır.
- c. Projeler ile doğrudan ilişkisi olmayan kurumların da görüşleri talep edilebilmektedir.

4. Maden Ruhsat Sahalarıyla İlgili Yaşanan Sorunlar

- a. RES ön lisans sahalarında maden ruhsatları verilmeye devam etmektedir.



- b. RES proje sahalarıyla çakışan maden ruhsat alanları nedeniyle RES proje geliştirme ve izin süreçleri ÇED aşamasından itibaren aksamaktadır.
- c. Projeler kapsamında Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) görüşü ön lisans olmadan verilmemektedir.

5. ÇED Süreçleriyle İlgili Yaşanan Sorunlar

- a. ÇED kapsamında komisyon üyesi olan Orman Genel Müdürlüğünün görüşleri pek çok projede 5-6 aydan önce verilmemekte ve genellikle projelerle ilgili olumsuz değerlendirme yapılmaktadır.
- b. ÇED sürecinde görüş veren kurumlardan biri olan Doğa Koruma ve Milli Parklar (DKMP) Genel Müdürlüğünün 2 dönem (ilkbahar-sonbahar) izleme olmadan görüş vermemesi sonucu ÇED süreçlerinin tamamlanması 1-1,5 yılı bulabilmektedir.
- c. ÇED davalarının sıklıkla açılması sonrası olası iptal kararları ÇED süreci sonrası tesis edilen imar planı onaması, mülkiyet edinim süreçleri gibi işlemleri de etkilemektedir.

6. Mülkiyet Edinimi ve Kamulaştırma Süreçleriyle İlgili Yaşanan Sorunlar

- a. EPDK Kamulaştırma Dairesince tüm projelerde normal kamulaştırma süreci yürütülerek acele kamulaştırma talepleri karşılanmamaktadır.
- b. Kamulaştırılacak parsellere ilişkin “Tarım Dışı Uygunluk Kararı” için EPDK tarafından TAD PORTAL sistemine giriş yapılarak talebin bildirilmesi işlemi ancak “kamu yararı” ya da “kamulaştırma” kararı alınmasından sonra yapılmaktadır.
- c. Davalı 2B ve mera arazilerinin dava süreçleri tamamlanmadan RES yatırımlarında kullanımına uygunluk verilmemektedir.



7. İmar Plan Süreçlerinde Yaşanan Sorunlar

- a. Esasen, enerji santral yatırımları ile ilgili her türlü izin, imar planı, imar uygulamaları ve ruhsat işlemleri ile ilgili yetkinin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına verilmesini önerilmektedir (Organize Sanayi Bölgeleri’nde Sanayi ve Teknoloji Bakanlığındaki yetkinin benzeri şekilde).
- b. Nitelikleri farklı olmasına rağmen enerji santrali imar planlarında da diğerk imar planlarında olduğu gibi park alanları, ara yollar, çekme mesafeleri tanımlanarak gereksiz alan kullanımına ve projelendirmede güçlüklerle yol açılmaktadır.
- c. Son dönemde 2634 sayılı Turizmi Teşvik Kanunu kapsamında ilan edilen Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgeleri veya turizm merkezlerinde yer alan tüm projelere olumsuz PDİK kararı verilmektedir.

8. Yapı Ruhsatı Alınması Sürecinde Yaşanan Sorunlar

- a. Yapı ruhsatı için “RES’lerin süpürme alanının, GES’lerin de panel izdüşüm alanının” yapı ruhsatına konu edilmesi nedeniyle inşaat ruhsat harçları yükselmekte ve ayrıca haksız yapı denetim hizmet bedelleri oluşmaktadır.
- b. Aynı uygulama nedeniyle türbin süpürme alanında birden fazla parsel olması durumunda ruhsat verilebilmesi için parsellerin birleştirilmesi (tevhit edilmesi) için imar uygulaması yapılması gereklidir; ancak, kamulaştırma yoluyla hazineye tescil edilen parsel, şirketin satın aldığı parsel hisseli olarak tevhit edilebilirken orman parsellerinde sadece üst kullanım hakkı alındığı ve herhangi bir imar uygulaması yapılmadığı için diğerk parseller ile birleştirilmesi mümkün olamamaktadır.
- c. Yapı ruhsatını almak için tüm mülklerin yatırımcı adına tescillerinin tamamlanmış olmasının gerekmesi yatırım sürecini önemli ölçüde geciktirmektedir.
- d. Yapı ruhsatlarının yerel idareler tarafından verilmesinin nedeniyle yatırımcı ile yerel idare çeşitli sebeplerle karşı karşıya getirilmekte ve yapı sınıfının net tayin edilmemiş olması nedeniyle ülke genelinde standart ruhsatlandırma uygulaması yapılamamaktadır.



➤ **İşletme Süreçlerinde Yaşanan Sorunlar**

- a. TEİAŞ tarafından tahsil edilen sistem kullanım bedellerinde ve Orman Genel Müdürlüğüne ödenen arazi kullanım bedellerinde enflasyon ya da yabancı döviz artışlarından farklı ve oldukça yüksek artışlar yapılabilmektedir.
- b. Ülke genelinde önemli ve büyük kapasitede lisanslı ve lisanssız kapasite tahsisleri yapılmasına rağmen hızla yatırıma geçebilecek işletmedeki tesislerde kapasite artışları maalesef sınırlı tutulmaktadır.

➤ **"Süper İzin" Düzenlemesi**

Kamuoyunda "Süper İzin" mekanizması olarak adlandırılan düzenlemelerle yatırım süreçlerinin uzamasına ve tıkanmasına neden olan izin sürelerinin kısaltılması ve aynı zamanda Avrupa Birliğı'nın (AB) yenilenebilir enerji yatırımlarında izin süreçlerini kolaylaştırmak ve hızlandırmak amacıyla uyguladığı düzenlemelere benzer düzenlemelerle yatırımcıların aldığı izin sayılarının da düşürülerek yatırım süreçlerinin hızlandırılması ve kolaylaştırılması amaçlanmaktadır.

Bu kapsamda yapılacak kanun değişiklikleri ve mevzuat düzenlemeleri ile,

- Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) yönetmeliğinde iyileştirme,
- Orman izinlerinin tek seferde alınması ve Rüzgar Ölçüm Direği (RÖD) İznini, sondaj iznini de kapsayacak şekilde düzenlenmesi,
- Teknik Etkileşim Analizi (TEA) süreçlerinin kısaltılması ve istişare ortamının sağlanması,
- Doğa Koruma ve Milli Parklar (DKMP) görüşlerinin elden geçirilmesi,
- Kamulaştırma süreçlerinde tescil işlemlerinde düzenleme,
- Her ölçekte imar planı ve yapı ruhsat ve yapı kullanma,
- Gayrisihhi Müessese Ruhsatı süreçlerinin kolaylaştırılarak, kısaltılması ve 48 ayı bulan izin süreçlerinin 24 ayın altına indirilmesi planlanmaktadır.



Temelde izinler kaldırılmayacak, sadece önkoşullara bağlı dikey süreçlerden yatay süreçlere geçirilecek olup, süreç 18 ayla sınırlandırılacaktır.

"Süper İzin" düzenlemesinin de içinde yer aldığı Kanun Teklifinin 2025 yılının ilk çeyreği içinde TBMM'ne sunularak görüşülmesi ve ardından yasalaşarak yürürlüğe girmesi beklenmektedir.

2.3. Çevresel ve Sosyal Uyumluk Gereklilikleri

Rüzgar enerjisi santrallerinin ölçüm aşamasından proje geliştirmeyi, inşaat aşamasından üretim aşamasına geçene kadar tamamlanması gereken çeşitli idari izin süreçleri bulunmaktadır. Bu idari izin süreçleri zorunlu yasal, teknik ve çevresel izinlerden oluşmaktadır.

Bu idari izin süreçlerinde, Çevre Kanunu, İmar Kanunu, Orman Kanunu, Mera Kanunu, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Kamulaştırma Kanunu, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Atık Yönetimi Yönetmeliği, Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği ve diğer birçok başka kanun, yönetmelik, genelge, ilke kararları bulunmaktadır.

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'un 8'inci maddesinde "Milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı ile tabiatı koruma alanlarında, muhafaza ormanlarında, yaban hayatı geliştirme sahalarında, özel çevre koruma bölgelerinde ilgili Bakanlığın, doğal sit alanlarında ise ilgili koruma bölge kurulunun olumlu görüşü alınmak kaydıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulmasına izin verilir." hükmü yer almaktadır.

➤ Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği 07.02.1993 tarihinde 21489 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Sonrasında bu yönetmelik çeşitli değişikliklerle bugün yürürlükteki son şeklini almıştır.

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin,



seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalardır.

➤ **evresel Etki Değerlendirmesi Süreci**

Gerçekleştirilmesi planlanan projenin çevresel etki değerlendirmesinin yapılması için başvuru, inşaat öncesi, inşaat, işletme ve işletme sonrası çalışmaları kapsayan süreçtir.

➤ **evrimii ÇED Süreci Yönetim Sistemi**

Ek I ve Ek II listelerinde yer alan faaliyetlerin ÇED sürecindeki iş ve işlemlerinin elektronik ortamda gerçekleştirileceği sistemdir.

Ek I, Ek II ve Muafiyet Başvuruları 01.11.2013 tarihinden itibaren evrimii ÇED (e-ÇED) sisteminden yrtlmektedir.

➤ **evresel Etki Değerlendirmesi Yöntemi (Ek I listesinde Yer Alan Projelere ilişkin Süreç)**

Yönetmelik EK-1 Listesinde yer alan faaliyetleri,

EK-2 listesinden “evresel Etki Değerlendirmesi Gereklidir” kararı verilen faaliyetleri,

Kapsam dışı değerlendirilen projelere ilişkin kapasite artırımını ve/veya genişletilmesinin planlanması halinde, mevcut proje kapasitesi ve kapasite artışları toplamı ile birlikte projenin yeni kapasitesi EK-1 listesinde belirtilen eşik değer veya üzerinde olan projeleri kapsar.

Rüzgar enerjisi santralleri ÇED Yönetmeliği’nin;

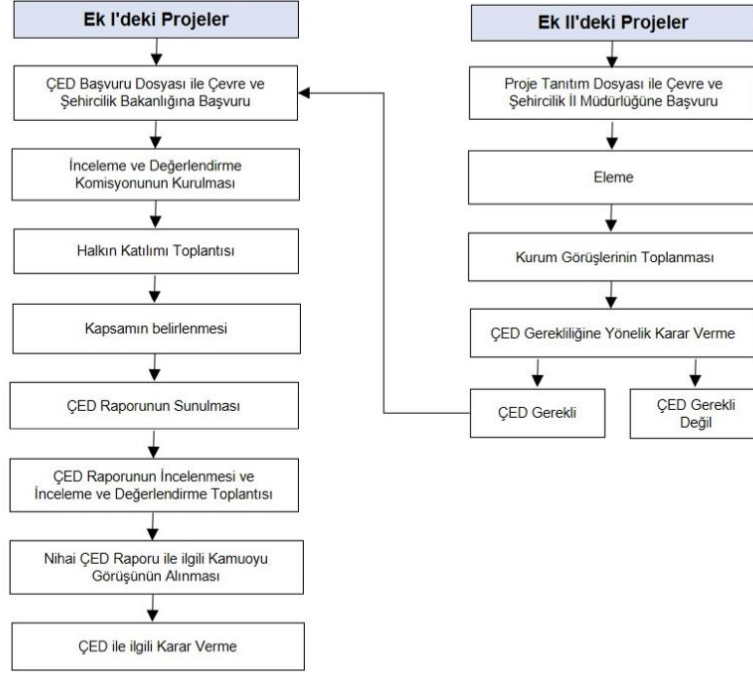
Ek-I listesinin 49. Maddesinde “Türbini sayısı 20 adet ve üzerinde veya kurulu gücü 50 MWm ve üzerinde olan rüzgar enerji santralleri” kapsamında yer almaktadır.

Buna göre kurulu gücü 10 MW ve üzeri rüzgar enerji santralleri seçme eleme kriterlerine tabidir. Bu kapsamda yer alan rüzgar enerjisi santralleri için evre ve şehircilik ve İklım Değişikliği Bakanlığı’ndan yeterlik belgesi almış kurum ve kuruluşlar tarafından Proje Tanıtım Dosyası hazırlanması gereklidir.



Kurulu gücü ve türbin adedine bakılmaksızın rüzgar enerjisi santralleri ÇED Olumlu almak zorundadır.

Tablo 5: Türkiye'deki ÇED Prosedürü Aşamaları



➤ Teknik Etkileşim Analizi (TEA)

Teknik Etkileşim Analizi (TEA), bulunduğu yörede rüzgar elektrik santralının Genelkurmay Başkanlığının sorumluluğunda işletilen haberleşme, seyrüsefer ve radar sistemlerine ve MİT Müsteşarlığı'nın sorumluluğunda işletilen sistemlere olan etkileşimi konusunda Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) bağlı Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi (BİLGEM) Radar Performans ve İz Analiz Merkezi (RAPSİM) tarafından yapılan ve teknik etkileşim iznine esas teşkil eden bir analizdir.

RAPSİM, rüzgar türbinlerinin, askerî ve sivil elektronik sistemlerin performansları üzerindeki etkilerinin araştırılması ve incelenmesi amacıyla 01.03.2011 tarihinde TÜBİTAK BİLGEM bünyesinde kurulmuştur.



TEA, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Genelkurmay Başkanlığı, İçişleri Bakanlığı, Milli İstihbarat Teşkilatı Başkanlığı (MİT), EPDK, Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ), Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) ve TÜBİTAK arasında imzalanan protokoller gereğince rüzgar enerji santrallerinin haberleşme, seyrüsefer ve radar sistemlerinde oluşturabileceğı etkiler incelenmekte ve analiz sonuçları ilgili kurumlara raporlanmaktadır.

Elektromanyetik teori, sayısal işaret işleme, haberleşme sistemleri ve yazılım tasarımları üzerinde uzmanlaşmış ekibi sayesinde RAPSİM, radar, seyrüsefer ve haberleşme prensibi ile çalışan birçok elektronik sistemi, sayısal harita altyapısının sağladığı arazi karakteristiğı ve sistem çalışma parametrelerini de göz önünde bulundurarak modellemekte ve benzetimlerini gerçekleştirmektedir. Yüksek doğruluklu mühendislik yaklaşımı esas alınarak yürütölen modelleme ve benzetim süreçleri, yüksek-seviyeli görsel arayüzler ve otomatik raporlama araçları ile desteklenen, açıklayıcı ve esinlendirici çıktılar üretmeyi amaçlamaktadır.

RAPSİM tarafından hazırlanan Teknik Etkileşim Analizi (TEA); doğal/yapay mânialar ile birlikte rüzgar enerjisi santrallerinin haberleşme, seyrüsefer ve radar sistemlerinde oluşturabileceğı etkilerin belirlenmesi amacıyla Doğrudan Görüş Hattı Analizi, Yayılım Analizi, Alıcı-Verici Hattı Analizi, Radar Çözünürlük Hücresi Analizi, Performans Değerlendirme Analizi, Tespit Performansı Analizi, Parlama Analizi vb. analizler uygulanmakta ve modellenen elektronik sistemlere etkilerinin raporlanmasıdır.

TEA, rüzgar enerjisi santrallerinin hayata geçirilmesi aşamalarındaki en önemli başlıklardan bir diğeridir.

RAPSİM tarafından hazırlanan TEA'lar Milli Savunma Bakanlığı'na sunulmakta, burada ilgili kuvvet ve kurumlarla birlikte söz konusunu rüzgar türbinleri ve santrallerin teknik yönlerden ilgili alanlardaki etkileri değerlendirilerek rüzgar türbin ve / veya santralleri için yapılabirlikle ilgili kararlar verilmektedir.



➤ **3194 Sayılı İmar Kanunu**

09.05.1985 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanan 3194 sayılı İmar Kanunu, yerleşme yerleri ile bu yerlerdeki yapılaşmaların; plan, fen sağlık ve çevre şartlarına uygun teşekkülünü sağlamak amacıyla düzenlenmiştir.

Belediye ve mücavir alan sınırları içinde ve dışında kalan yerlerde yapılacak planlar ile inşa edilecek resmi ve özel bütün yapılar bu Kanun hükümlerine tabidir.

➤ **İmar Planı**

Rüzgar enerjisi santrallerinin yatırım sürecinde en çok zorlanılan idari izin süreçlerinden biri imar sürecidir. Birçok kamu kurum ve kuruluşundan görüş alınabildikten sonra onaylanan imar planları idare mahkemelerinde açılan davaların konusu olabilmektedir.

İmar planının ön koşulları bulunmaktadır. Bu ön koşullar şunlardır:

- Halihazır harita alımının yapılarak onaylatılması
- Yol projelerinin hazırlanması
- Jeolojik-jeoteknik etüt raporuna esas sondaj çalışmalarının yapılması
- İmar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporunun hazırlanarak onaylatılması

➤ **Mülkiyet Analizi**

İmar planı yapılmadan önce, alınması gerekli izin ve yapılacak işlemlerin tespiti için imar planı sınırları içinde kalan mülkiyet tespitinin yapılması zorunludur. Aynı zamanda ilgili kurum ve kuruluş görüşlerinin alınması için eşzamanlı olarak mülkiyet edinimi işlemlerine de başlanması gerekmektedir. Ancak çoğu Tapu ve Kadastro müdürlüklerinden ilgili belgeleri şirket adına almak mümkün olmadığı için konu ile ilgili EPDK Kamulaştırma Dairesi’ne dilekçe ile başvurularak teknik destek yazılarının ilgili kurumlara yazılması talep edilir.

➤ **Mülkiyet İzinleri**

Orman mülkiyeti alanları için orman ön izninin alınması



Mera ve Orman vasfı dışındaki parseller için “Tarım Dışı Uygunluk İzni” ya da mera vasıflı alanlar için “Mera Tahsis Amacı Değişikliği”nin alınması

➤ **Halihazır Harita**

Arazide yapılan ölçümler sonucunda sahada bulunan tüm detayların çıkarılarak büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliği doğrultusunda hazırlanır. Hali hazır haritalar ilgili Belediye tarafından onaylanır. 1/1000 ve 1/5000 ölçeklidir.

➤ **Kurum Görüşleri**

3194 sayılı İmar Kanunu ve ilgili mevzuat hükümleri gereğince, imar planı için gerekli olan ilgili kurum görüşlerinin alınması zorunludur. Yapılan micrositing çalışması ve türbin modelinin belirlenmesi sonrasında santral sahası ve türbin yerleşimine göre imar planına esas kurum görüşlerinin alınır.

Rüzgar enerjisi santralının inşa edileceği bölgenin özelliğine ve mücavir alan sınırlarına göre ilgili yerel belediyeler, İl Özel İdareleri, Büyükşehir Belediyeleri, Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, Kültür ve Turizm Bakanlığı imar planı onamaya yetkilidirler.

Kurum görüşleri her projeye göre değişmekle birlikte alınan başlıca kurum görüşleri şu şekildedir:

1. BOTAŞ Genel Müdürlüğü, Ankara
2. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İl Müdürlüğü
3. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara
4. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara
5. DSİ Bölge Müdürlüğü
6. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara



7. Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Ankara
8. İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
9. İl Halk Sağlığı Müdürlüğü
10. Karayolları Bölge Müdürlüğü
11. Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Ankara
12. Maden İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
13. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
14. Orman Bölge Müdürlüğü
15. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara
16. Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, Ankara
17. TEDAŞ Genel Müdürlüğü, Ankara
18. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Ankara
19. Türk Telekom İl Müdürlüğü
20. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü, Ankara
21. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Ankara
22. Maliye Bakanlığı Milli Emlak Genel Müdürlüğü, Ankara
23. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Ankara
24. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Ankara
25. İlgili Doğalgaz Dağıtım A.Ş.
26. İlgili Elektrik Dağıtım A.Ş.
27. Ulaştırma, Denizcilik, Haberleşme ve Altyapı Bakanlığı Alt Yapı Yatırımları Genel Müdürlüğü, Ankara

IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi



28. İlçe Belediye Başkanlığı

29. Büyükşehir Belediye Başkanlığı (Belediye Bünyesindeki Alt Birimler)

30. Bağlı Bulunduğu İlin Kanalizasyon İdaresi

31. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Ankara

32. İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü

Mülkiyet sahibi kurumlardan alınması gerekli imar planına esas kurum görüşlerinden önce mülkiyete ilişkin işlemlerin özellikle EPDK tarafından alınacak Kurul Kararlarının alınmış olması ve ilgili kuruma iletilmiş olması gerekmektedir. Aksi halde ilgili kurumun görüşü olumsuz olmaktadır.

➤ **Yol Projelerinin Hazırlanması**

Onaylı halihazır haritalar ve seçilen türbin tipine göre türbin firması tarafından belirtilen eğim, kurp ölçüleri, yol genişliği, kaplama cinsi gibi çeşitli kriterlere göre yol projeleri gerekli hesaplamalar yapılarak hazırlanmaktadır.

➤ **Jeolojik Etüt Raporu-Jeoteknik Etüt Raporu**

Jeolojik Etüt Raporu – Jeoteknik Etüt Raporu, spesifik bir coğrafi alanın jeolojik karakteristiklerini derinlemesine inceleyen ve değerlendiren bir çalışmadır. Bu rapor, bölgenin yeraltı yapısal koşullarına dair kritik verileri sunarak söz konusu alanın yerleşim ve inşaat projeleri için potansiyel jeolojik risklerini ortaya koyar. Rapor, toprak kaymaları, sel baskınları ve zemin sıkışması gibi çeşitli jeolojik sorunların yanı sıra bu sorunlara karşı alınabilecek önleyici tedbirleri de kapsamlı bir şekilde ele alır. Sunulan çözüm önerileri, inşaat tekniklerinin optimizasyonundan zemin iyileştirme uygulamalarına ve yapısal tasarımlarda gerekli adaptasyonlara kadar geniş bir yelpazeyi içerir. Böylece, Jeolojik Etüt Raporu, projelerin doğal koşullara uygun bir şekilde planlanması ve uygulanması için temel bir rehber niteliği taşır.

Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İl Müdürlüğü'nün talebi doğrultusunda açılacak sondaj sayısı ve bu sondaların yerleri belirlenir. Sondajların yapılacağı yerlere sondaj



makinaleri ve araçların ulaşabileceği yol olmaması halinde öncelikle gerekli sondaj yolu izinleri alınarak yol açılır. İmara esas sondajlar ve zemin sondajları tamamlanarak laboratuvar deneyleri ve diğer işlemler doğrultusunda onaylı halihazır haritalar üzerine yerleşime uygunluk haritaları hazırlanır. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı il müdürlüklerinin yerinde inceleme ve dosya incelemesi sonucunda onaylanır.

➤ **Sunulması Gerekli Diğer Bilgi ve Belgeler**

Projelerin idari izin süreçleri kapsamında DSİ, DHMİ, DKMP, TVK Ornitoloji Raporu, Ekosistem Değerlendirme Raporu, Peyzaj Onarım Raporu, izleme çalışmaları, analiz çalışmaları, sentez çalışmaları, arkeolojik, kültürel, doğal sit alanları tespiti ve analizi gibi kısıt analizleri ve kurum görüşleri de hazırlanmaktadır. Bunların yanı sıra bazı projeler için Sosyoloji Raporu, Emisyon Raporu, Elektro Manyetik Rezonans Raporu, Yarasa Karkas Raporu gibi ilave raporlar da talep edilmektedir.

➤ **Plan Onayı**

Rüzgar enerjisi santrallerinin İmar planları, ilgili İlçe Belediyesi, Büyükşehir sınırları içinde ise ilgili Büyükşehir Belediyesi ve ilgili ilçe belediyesi, istenirse İmar Kanunu'nun 9. Maddesi ve 644 sayılı KHK doğrultusunda doğrudan Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü tarafından onaylanabilir.

Proje sahasının doğal sit alanı, milli park, özel çevre koruma bölgesi vb. korunan alan sınırları içinde kalması durumunda ise 644 ve 648 sayılı KHK'lar doğrultusunda Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü tarafından onaylanmaktadır. Bakanlar Kurulu tarafından belirlenen Turizm Merkezi veya Turizm Koruma ve Gelişim Bölgelerinde ise plan onama yetkisi Kültür ve Turizm Bakanlığına aittir.



➤ **Mülkiyet Edinimi**

6831 Sayılı Orman Kanunu

8/9/1956 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanan 6831 sayılı Orman Kanunu, ormanlara ilişkin tüm mevzuat ve idari izin süreçlerinin en temel yasal dayanağıdır.

➤ **Orman Alanları**

Orman izinleri, 8.9.1956 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanan 6831 sayılı Orman Kanunu ile belirlenmiştir. Orman izinleri ön izin ve kesin izin olarak iki şekilde alınır. İmar şartı olan izinlerde (rüzgar enerjisi santrali), ön lisanlı olan tesislerde (hidroelektrik santrali) ilk olarak ön izin alınması gerekmektedir. Ön izin yirmi dört aylık verilir ve istenirse on iki aylık uzatma alınabilir. Ön izinden sonra gerekli evrakların tamamlanmasıyla kesin izin başvurusu yapılabilir. Kesin izin için ÇED raporu, gerekli kurum görüşleri ve belgeler ile orman bölge müdürlüklerine başvuru yapılır. Makamlar tarafından incelenip değerlendirilmesinden sonra özellikle kamu yararı olması durumunda, izinin üretim lisansı veya ruhsat süresi kadar kesin izin verilir.

Türbin ve yol alanları orman mülkiyetindeki alanlarda yer aldığında, Orman Kanunu’nun 17’nci ve 18’inci maddeleri uygulama Yönetmeliği kapsamında, öncelikle orman ön izni daha sonra da orman kesin izni alınması gerekmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan genelge ve tebliğler ile orman izinlerinde yönetmeliklerle tanımlanan izin bedellerine ilave bedeller getirilmiş ve bazı alanlarda rüzgar enerjisi santrali yatırımı yapılması yasaklanmıştır.

➤ **4342 Sayılı Mera Kanunu**

28.02.1998 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanan 4342 sayılı Mera Kanunu’nun amacı, daha önce çeşitli kanunlarla tahsis edilmiş veya kadimden beri kullanılmakta olan mera, yaylak, kışlak ve kamuya ait otlak ve çayırların tespiti, tahdidi ile köy veya belediye tüzel kişilikleri adına tahsislerinin yapılmasını, belirlenecek kurallara uygun bir şekilde kullandırılmasını, bakım ve ıslahının yapılarak verimliliklerinin artırılmasını ve sürdürülmesini, kullanımlarının sürekli olarak denetlenmesini, korunmasını ve gerektiğinde kullanım amacının değiştirilmesini sağlamaktır.



Bu Kanun, mera, yaylak ve kışlak alanları ile umuma ait çayır ve otlak alanları kapsar.

➤ **Mera Alanları**

Proje alanının mera alanlarına isabet etmesi durumunda, 28.02.1998 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanan 4342 sayılı Mera Kanunu’na dayanılarak hazırlanan Mera Yönetmeliği’nin Tahsis Amacının Değiştirilmesi başlıklı 8. Maddesinin (a) bendinin ek (7) fıkrasında yer alan; Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nun talebi üzerine, 20.02.2001 tarihli ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 18.4.2001 tarihli ve 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu ve 04.12.2003 tarihli ve 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu hükümlerine göre, petrol iletim faaliyetleri ile elektrik ve doğal gaz piyasası faaliyetleri için gerekli bulunan mera, yaylak ve kışlakların zorunlu hallerde, ilgili müdürlük veya Genel Müdürlükten yatırım projesi, gerekçeli rapor, lisans, talep edilen alanın 1/5000 ölçekli harita üzerine işlenmiş vaziyet planı, ÇED kararı gerektiren yatırımlar için ÇED kararı, komisyonca istenecek diğer bilgi ve belgeler ile tahsis amacı değişikliği yapılabilir.” hükmü doğrultusunda işlem tesis edilmektedir.

➤ **Hazineye Ait Taşınmazlar**

Maliye Hazinesine ait taşınmazlar ile Devletin Hüküm ve Tasarrufu altındaki alanlarda, kamulaştırma dosyası hazırlanarak türbin alanları ve şalt tesisi için irtifak hakkı, yollar için kiralama işlemleri, EPDK Kamulaştırma Dairesi tarafından yürütölür. Kurul kararlarının alınmasının ardından ilgili Defterdarlıklarca kiralama/irtifak işlemleri yapılır.

➤ **Kamulaştırma İşlemleri**

Özel mülkiyete haiz alanlar için kamulaştırma işlemleri EPDK Kamulaştırma Dairesi, Maliye Bakanlığı Milli Emlak Genel Müdürlüğü ve ilgili Defterdarlıklar tarafından yürütölür. Kurul Kararları alınmış projeler için özel şahıslarda kiralama ve satın alma durumu yoksa Kamulaştırma kanununa göre projenin durmaması için Acele El Koyma Kararı aldırılır. Acele el koyma kararı santralin kurulacağı şehirdeki asliye Hukuk mahkemesi tarafından alınır. Kamulaştırma Kanunun 27’nci maddesine göre, Acele El Koyma Kararı alınırken ilgili mahkeme tek taraflı keşif kararı verir keşif elektrik mühendisi, İnşaat Mühendisi, Mülk Bilirkişisi,



Kadastro Mühendisi, Ziraat Mühendisinden oluşan bir ekiple kamulaştırma yapılacak parsel için kıymet takdiri yapılır yapılan kıymet takdiri mahkemenin belirlemiş olduğu banka hesabında depo edilir. Daha sonra mal sahibine bilgi yazısı yazılarak uzlaşma toplantısına çağrılır. Uzlaşma toplantısına gelen mal sahibi eğer uzlaşırsa kamulaştırma işlemi tapu tescili yapılarak sonuçlandırılır. Uzlaşmayan mal sahibine Kamulaştırma Kanunu'nun 10'uncu maddesi tapu tescil davası açılarak süreç tapu tescili yapılarak sonuçlandırılır.

➤ **30. Madde Kapsamında Kamulaştırılacak Taşınmazlar**

Mevcut kadastral yollar, belediye ve köye ait yollar, su isale hatları gibi tapusu olmayan ancak maliki ve kullanıcısı belli olan alanlar ile, tapusu köy tüzel kişiliği, belediye tüzel kişiliği gibi kurum kuruluşlara ait olan alanlarda Kamulaştırma Kanunu'nun 30'uncu maddesine göre uygulama yapılır.

2.4. Sonuç

Türkiye'nin yenilenebilir enerjiye yönelik politikaları, YEKDEM ve YEKA gibi mekanizmalarla desteklenmiş olup, sektördeki yatırımların hız kazanmasını sağlamıştır. Ancak, teknik etkileşim analizleri, kamulaştırma süreçleri ve çevresel izinler gibi mevzuatsal engeller, projelerin zamanında hayata geçirilmesini zorlaştırmaktadır. Yeni düzenlemeler ile süreçlerin kısaltılması ve izin süreçlerinin hızlandırılması sektörün gelişimi için gereklidir.



3. BÖLÜM: Tedarik Zinciri ve Lojistik

3.1. İmalat ve İhracat Kabiliyetleri

Son 5 yılda yaşanan Covid-19 pandemisi, küresel ekonomik zorluklar ve yüksek enflasyon tüm ülkeleri ve sektörleri etkilediği gibi rüzgar enerjisi yatırımlarını ve rüzgar enerjisi sanayisini de derinden etkilemiştir. Son birkaç yılda küresel rüzgar enerjisi yatırımlarındaki hızlı artış ve küresel türbin pazarında artan rekabet, Türkiye rüzgar enerjisi sanayisini de etkilemektedir.

Türkiye'nin son 20 yılda enerji dışı bağımlılığını, enerji ithalatını ve karbon emisyonlarını düşürmek ve enerji arz güvenliğini güvence altına almak için yenilenebilir enerji kaynaklarına verdiği öncelik ve teşvikler rüzgar enerjisi yatırımlarının artmasını sağlamıştır. Türkiye'nin enerji politikalarında yenilenebilir enerjinin payını artırılması kadar bir diğer önemli politika önceliği ise özellikle rüzgar ve güneş enerjisi santrallerinde kullanılan ekipmanların yerli sanayi tarafından üretilmesi ve bu konuda yetenek kazanımı olmuştur. Bu sayede bu ürünlerin tedariiğinde orta vadede ithalata bağımlılığın azaltılması ve uzun vadede ihracatçı konuma geçilmesi hedeflenmiştir.

2007 sonrası hızlı bir büyüme dönemine giren rüzgar enerjisi santrali yatırımları kule ve kanat üretimi başta olmak üzere hızlı bir rüzgar sanayii ekosisteminin doğuşunu da sağlamıştır. Son 15 yılda ciddi bir büyüme ve gelişme gösteren rüzgar enerjisi sanayi sektörü Türkiye için ithalatın azaltılarak net ihracatçı hale gelen bir sektör haline gelmesi, istihdam, tedarik zinciri ve arz güvenliği, teknoloji ve sanayi politikaları açısından stratejik bir sektör olarak görülmesi ve sahip olduğu büyük potansiyel nedeniyle kritik önemde bir sektör konumundadır.

YEKA modeli ile de desteklenen ve 2035 Yenilenebilir Enerji Stratejilerinde önemli bir parametre olan yüksek yerli katkı ve yerleşme Türkiye rüzgar enerjisi pazarı ve sanayi için de önemli bir belirleyicidir. Bu durum ise türbin üreticilerini yurtdışında üretim ve tedarik yapmaya teşvik etmektedir.



➤ Teşvikler ve Fırsatlar

Türkiye'nin rüzgar enerjisi sektörünün sürekli büyümesini desteklemek için çeşitli finansal ve operasyonel teşvikler mevcuttur:

1. **HİT-30 Desteği:** Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından açılan HİT-Rüzgar çağrısı kapsamında toplam 1,7 milyar USD destek bütçesi ile yeni teknolojiler, deniz üstü türbinler gibi büyüyen alanlar ile türbinin kritik bileşenlerinin üretimine yönelik projeler desteklenecektir.

HİT-Rüzgar çağrısı ile mevcut üretim kapasitesinin entegre OEM yatırımları odağıyla artırılması amaçlanmaktadır. Küresel arenada rekabetçi konuma ulaşabilecek yerli bir OEM'in büyümesi stratejik bir hedef olarak benimsenmektedir.

Bu kapsamda, yatırım yeri tahsisi, finansman desteği, %20'ye varan hibe desteği, %60'a varan vergi teşviği, istihdam destekleri ve vergi muafiyetleri sağlanacağı belirtilmektedir.

2. **Horizon 2023-2024 Programı:** Avrupa'nın rekabetçiliğini artırmak amacıyla, özellikle yenilenebilir enerji alanında araştırma ve inovasyonu teşvik eden bir Avrupa programıdır.
3. **Yatırım Yeri Tahsisi:** Yatırım Teşvik Belgesi ile desteklenen stratejik yatırımlar ve projeler, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından belirlenen düzenlemelere uygun olarak yer tahsisi için başvuruda bulunabilmektedir.
4. **Vergi İndirimleri:** Gerekli yatırım katkı tutarı karşılanana kadar gelir veya kurumlar vergisi indirimleri sunulmakta, bu da sektördeki yatırımları artırmayı teşvik etmektedir.
5. **Ar-Ge Desteği:** Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, yenilenebilir enerji çözümlerine odaklanan desteklerdir. Ar-Ge hibeleri sağlamakta, enerji üretimi ve teknoloji geliştirme ile ilgili sektörleri desteklemektedir.
6. **Gümrük Vergisi Muafiyeti:** Yatırım Teşvik Belgesi programı kapsamında yatırımla ilgili makine ve ekipman ithalatı gümrük vergisinden muaf tutulmaktadır.



7. **Sigorta Primi Desteği:** Yatırım Teşvik Belgesi ile desteklenen projeler aracılığıyla yaratılan ilave istihdam için sigorta primlerine on yıllık muafiyet sağlanmaktadır.
8. **Katma Değer Vergisi Muafiyeti:** Hem yurt içinde hem de yurt dışında makine, ekipman ve yazılım yatırımları, yatırım belgesi çerçevesinde KDV'den muaftır.
9. **Yurtdışı Desteکleri:** Ticaret Bakanlığı, KOSGEB ve diğer kuruluşların programları, küresel pazar entegrasyonunu teşvik etmek için marka edinme, danışmanlık ve uluslararası iş gezileri için destek sağlar.
10. **TÜBİTAK Desteği:** TÜBİTAK, yeşil dönüşüm ve iklim değişikliği ile ilgili projeleri desteklemek için önemli miktarda fon ayırmıştır. Son 20 yılda bu alanda 1.454 sanayi projesine 3,9 milyar TL kaynak aktarılmıştır.
11. **KOSGEB Desteği:** KOSGEB de elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımı ile ilgili projelere destek sağlamaktadır.

Güncel Durum

Türkiye, güçlü sanayi üretim altyapısı ve sağlanan hızlı yerleşme ile bugün rüzgar türbinlerindeki bileşenlerin %50'den fazlasının yerli olarak üretilebilmektedir.

Türkiye rüzgar sanayisinin cirosu, 2020 yılında yaklaşık 700 milyon euro iken, 2023'ün başında yaklaşık 2,2 milyar USD seviyesine ulaşmıştır. 2024 yılı sonu itibarıyla bu rakamın 2,5 milyar USD seviyelerinde gerçekleştiği tahmin edilmektedir.

Rusya'nın Ukrayna'yı işgali sonrası yenilenebilir enerji en önemli ve acil politika önceliği ilan eden Avrupa Birliği'nin (AB) yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmada ilk sırada gelen kaynak rüzgar enerjisidir. Gerek karasal gerekse deniz üstü rüzgar enerjisinde iddialı hedefler koyan AB'nin bu hedeflere ulaşmasındaki en önemli problemlerden birisi de kurulum hedefleri için gerekli olan türbin tedarik kapasitesinin Avrupa tarafından tek başına karşılanamamasıdır. Türkiye, sahip olduğu rüzgar enerjisi sanayii altyapısı, insan kaynağı, güçlü tedarik zinciri ekosistemi, esnek ve hızlı girişimcileri ve coğrafi yakınlığı ile rüzgar enerjisi sanayiinde Avrupa için büyük imkan ve kabiliyetler sunmaktadır.



Dış ticaretinde Türkiye'nin en önemli ticaret ortağı olan Avrupa, rüzgar enerjisi sanayiinde Türkiye'nin en çok ihracat ve ithalat yaptığı en önemli dış ticaret partneri konumundadır.

Türkiye rüzgar enerjisi sanayiinde ithalat ihracat yapısına bakıldığında, ihracatta Avrupa öne çıkarken ithalatta ise Uzak Doğu ülkelerinin öne çıktığı görülmektedir.

Bununla birlikte son yıllarda Uzak Doğu ülkelerinden yapılan türbin ve ekipman ithalatının Türkiye'nin dış ticaretinde aleyhinde çok hızlı bir büyüme gösterdiği görülmektedir. Özellikle kritik hammaddelerde ve ekipmanlarda Uzak Doğu ülkelerine bağımlılık artmaktadır. Bu durum yerli rüzgar sanayisi için ciddi bir tehdit yaratmaktadır.

Sektörün 2022 yılındaki cirolarında ihracatın ortalama payı %36,6 olarak gerçekleşmiştir.

Rüzgar enerjisi sanayiinde Türkiye'nin en çok ihracat yaptığı ülkeler sırasıyla Almanya, İspanya, Portekiz, Fansa, Danimarka ve Hollanda gelmektedir.



Grafik 9: En Çok İhracat Gerçekleştirilen Ülkeler

İthalat yapılan ülkeler arasında Çin, Hindistan ve Güney Kore öne çıkmaktadır.



Grafik 10: En Çok İthalat Gerçekleştirilen Ülkeler

Yurtiçinde işgücü, enerji ve diğer değişken maliyetlerdeki yüksek ve devam eden artış üretim maliyetlerini artırmaktadır. Bu artış Türkiye'nin son 15 yılda sıfırdan yarattığı rüzgar sanayinin hem



yurtiçi hem de Avrupa gibi ana ihracat pazarlarında rekabet avantajını kaybetmesine neden olmaktadır. Bu durumun devam etmesi durumunda hem yeni rüzgar enerjisi yatırımlarının yapılmamasına hem de ihracatta düşüşe yol açacağı öngörülmektedir.

3.2. Tedarik Zinciri Yapısı

Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB) tarafından yayımlanan 2023 Türkiye Rüzgar Enerjisi Sanayisi Envanter Araştırması Raporuna göre, üretilen tüm ürünlerde yerli katkı oranı %50'nin üzerindedir.

En yüksek yerli katkı oranına %66 ile kanat üretiminde ulaşılırken hemen ardından %64 ile kule üretiminde, %58 ile diğer mekanik aksamaların üretiminde, %55 ile jeneratör üretimi gelmiştir.

Rüzgar enerjisi sanayiindeki şirketlerin Ar-Ge harcamalarının 2022 yılında ciro içindeki payı %4,3 olurken bu rakamın 2025 yılında %4,5'e çıkacağı tahmin edilmektedir.

Sektörde 2023 yılı itibarıyla 4,369 mühendis, 1.222 teknisyen ve 14.676 diğer sektör çalışanı olmak üzere toplam 20.267 kişi doğrudan istihdam edilmektedir.

➤ Zorluklar ve Çözümler

Zorluklar

- Uzak Doğu ülkelerinin sağladığı kamu teşvikleri ile yaptıkları damping uygulamaları, Türkiye rüzgar enerjisi sanayisi için hem yurtiçinde hem Avrupa'daki ihracat pazarı açısından ciddi olarak tehdit etmektedir.
- Çin dışında Avrupa pazarı için en önemli rakipler Doğu Avrupa ve Kuzey Afrika ülkelerinden oluşmaktadır.
- Türkiye'deki rüzgar enerji santrallerinin kurulumları, kapasite tahsislerinde son 15 yılda yaşanan bağlı olarak dönemsel değişkenlik göstermekte bu durum ise sanayinin öngörülebilirliğini de azaltmaktadır.



Çözümler

- YEKDEM Yerli Katkı Aksam Desteğinin artırılarak güçlendirilmesi ya da yeni bir model ve mekanizma ile yerli aksam desteği sağlanması, yatırımcıları yerli aksam almaya teşvik edecek ve bu da OEM’lerin Türkiye’ye yatırım yapmasını sağlayacaktır.
- Yerli aksamlar için getirilecek etkin koruma yöntemleri, özellikle uzak doğu kaynaklı haksız rekabete karşı etkili olacaktır.
- İhracatta rekabetçi olmayı sağlayacak doğrudan ve uzun vadeli yeni bir teşvik sistemi, yerli sektörün rekabet gücünü artırmasına ve yeni yatırımların gelmesine katkı sağlayacaktır.
- Artan girdi fiyatlarının baskısını hafifletmek için, üreticilerin finansman, vergilendirme, teşvik ve destekler konularında talepleri dikkate alınmalıdır.
- Liman, gümrük, nakliye ve transit işlemlerinin kolaylaştırılması yönünde iyileştirmeler yapılmalıdır. Bölgesel teşviklerin, rüzgar enerjisi sanayisinde önemli bir paya sahip olan Batı Anadolu bölgesini de kapsaması ve doğrudan enerji maliyetlerine yönelik teşviklerin getirilmesi gerekmektedir.
- Ucuz finansmana erişim kolaylaştırılmalıdır.
- Vergi muafiyeti ve teşvikler, ihracat için optimize edilmelidir (KKDF oranının düşürülmesi, kambiyo mevzuatının iyileştirilmesi vb.)
- ABD’nin uyguladığı Inflation Reduction Act (IRA) benzeri bir yasa hayata geçirilmelidir.
- Depolamalı ve Öztüketim RES vb. projelerin mevzuatlarında iyileştirmeler yapılmalıdır.
- Projelerin izin süreçleri optimize edilmelidir.
- Yerli girdilerin uluslararası fiyat endekslerine uygun şekilde fiyatlandırılmaması durumunda, bu girdilerin ithal edilebilmesine olanak sağlanmalıdır.



Rüzgar enerjisi sanayisinin rekabetçiliğinin artırılması için iyileştirilmesi gereken en önemli konular şunlardır:

- Finansmana erişim ve vergi yükü
- Gümrüksel teşvik ve kolaylıkların sağlanması
- Yerli üretime destek
- İnsan kaynağının niteliği
- Lojistik altyapı ve maliyetler
- İzin süreçlerinin iyileştirilmesi
- Üretim teknolojileri ve inovasyon
- Ucuz hammaddeye erişim
- Yurtdışı pazarlara erişim ve uluslararası iş birlikleri

Rüzgar enerjisi sanayisinin etkinliği, tedarik zinciri yapısına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Türkiye rüzgar enerjisi sanayisinin en önemli sorunu olan rekabetçiliğinin artırılması için konuyu tüm boyutları ile uzun vadeli ele alan kapsamlı ve bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır.

Rüzgar enerjisi sanayi, büyük ölçekte araştırma ve geliştirme (Özellikle Ar-Ge faaliyetleri) gerektiren bir sektördür. Tedarik zinciri, rüzgar türbin bileşenlerinin tasarımından üretimine lojistiğinden nihai montajına kadar geniş bir kapsama sahiptir. Türkiye'nin yerli türbin dizaynı ve geliştirilmesinden yerli üretimin artırılmasına, malzeme biliminden, aerodinamik optimizasyon ve sistem entegrasyonuna kadar birçok başlıkta bütüncül ve stratejik bir bakış açısı ile uzun vadeli olarak konuyu ele alması ve politikalar üretmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, yerli tedarik zincirinin güçlendirilmesi için daha fazla etkin destek, koordinasyon, düzenli kapasite tahsisleri öngörülebilir bir proje hacmi ile sektörel iş birliğine ihtiyaç duyulmaktadır.

Rüzgar enerjisi sanayisinin tedarik zinciri, ana bileşenler olan rüzgar türbinleri, kuleler, kanatlar, jeneratörler, dönüş sistemleri ve kontrol mekanizmalarını kapsamaktadır. Türkiye'de, özellikle kule,



kanat ve mekanik ekipman üretimi konularında ciddi bir yerli üretim kapasitesi oluşturulmuştur. Ancak, türbin jeneratörleri, dişli kutuları ve elektronik kontrol sistemleri ve nasele gibi daha ileri teknoloji gerektiren bileşenlerin büyük bir kısmı ithal edilmektedir. Bu durum, yerli sanayinin Ar-Ge yatırımlarına ve teknik kapasitesinin artırılmasına olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin yerli ve yabancı yatırımcılar için rüzgar enerjisi ve rüzgar enerjisi sanayiinde potansiyeli yüksek ve hızlı bir pazar olması tedarik zincirinin hızlı ve kapsamlı olarak gelişmesine imkan vermiştir. Yatırım Teşviki Sistemi ve Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) gibi politikalar, yerli tedarik zincirinin gelişmesini desteklemektedir. Bununla birlikte, finansman, lojistik, artan maliyetler, azalan rekabetçilik, azalan kurulumlar ve tedarik zinciri içinde entegrasyon zorlukları sektörün önündeki en önemli sorunlardır. Yerli firmaların uluslararası rekabet gücünü artırabilmesi için devletin sağlayacağı etkin destekler, rekabetçiliğin güçlendirilmesi, öngörülebilir proje akışı ve piyasa yapısı ile stratejik ortaklıklar kurulması kritik öneme sahiptir.

➤ Zorluklar ve Fırsatlar

Zorluklar

- Yüksek teknoloji gerektiren bileşenlerin ithal edilmesi
- Yerli Ar-Ge ve inovasyon kapasitesinin yetersizliği
- Finansal kaynaklara erişimdeki zorluklar
- Lojistik ve altyapı eksiklikleri
- Uluslararası firmalarla rekabet edebilme gücü

Fırsatlar

- Türkiye'nin stratejik konumu ve yüksek rüzgar potansiyeli
- Devlet destekleri ve yenilenebilir enerji politikaları
- Yerli üreticilerin global pazarlara açılma potansiyeli
- Artan yeşil enerji talebi ve Avrupa Birliği pazarına erişim



Türkiye'nin rüzgar enerjisi sanayisi, büyüyen bir pazar olmasına rağmen, tedarik zinciri konusunda çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Yerli tedarik zincirinin güçlendirilmesi için devlet desteklerinin devam ettirilmesi, Ar-Ge yatırımlarının artırılması ve uluslararası iş birliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, lojistik ve altyapı yatırımlarının artırılması ve yerli şirketlerin ihracat kapasitesinin yükseltilmesi önemlidir. Gerekli adımların atılması ve sektörün rekabetçiliğinin sağlanması durumunda Türkiye rüzgar enerjisi tedarik zincirinde bölgesel bir lider haline gelme imkan potansiyeline sahiptir.

3.3. Lojistik ve Dağıtım Kanalları

Rüzgar enerjisi sektörü ve rüzgar enerjisi sanayisinin sürdürülebilir ve hızlı bir büyüme gerçekleştirebilmesi rüzgar türbinlerinin lojistik ve dağıtım süreçlerinin de etkin bir şekilde yönetilmesiyle mümkün olmaktadır.

Lojistik

Rüzgar enerjisi lojistiği, türbin bileşenlerinin taşınması, depolanması ve kurulumunu kapsayan karmaşık bir süreçtir. Türkiye’de rüzgar enerjisi projelerinin lojistik yönetimi şu teknik süreçlerden oluşur:

➤ **Türbin Bileşenlerinin Taşınması**

Rüzgar türbinleri, kule, rotor kanatları, jeneratör ve dişli kutusu gibi büyük ve ağır bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin taşınması için özel ekipmanlar ve planlamalar gereklidir:

- **Modüler Ağır Yük Taşıma Sistemleri:** Türkiye’de ağır yük taşımacılığında kullanılan modüler treylerler, rotor kanatları gibi büyük parçaların taşınmasını sağlar.
- **Özel Güzergah Planlaması:** Karayolu taşımacılığında, dar köprüler ve düşük tavanlı tüneller gibi engellerin aşılması için özel güzergah planlamaları yapılmaktadır.
- **Deniz Taşımacılığı:** İzmir, Bandırma, Gemlik ve Samsun limanları, rüzgar türbini bileşenlerinin ithalatı ve ihracatı için kullanılmaktadır.



➤ Depolama ve Montaj Süreci

Rüzgar türbinleri için geçici depolama alanları genellikle proje sahalarına yakın yerlerde kurulmaktadır. Bu süreçte:

- **Depolama Alanlarının İklim Koşullarına Uyumu:** Türbin bileşenleri nem ve sıcaklık değişimlerine duyarlı olduğu için özel koruma önlemleri alınmaktadır.
- **Montaj Ekipmanlarının Seçimi:** Vinç kapasitesi ve türbin yüksekliği göz önünde bulundurularak uygun vinçler kullanılmaktadır.

Rüzgar enerjisi sanayisinin lojistik ve dağıtım süreçleri, ekonomik açıdan büyük yatırımlar gerektirmektedir. Türkiye’de bu sektörün ticari dinamikleri şu şekilde ele alınabilir:

➤ Maliyet Analizi

Rüzgar enerjisi projelerinde lojistik ve dağıtım süreçleri, toplam yatırım maliyetlerinin yaklaşık %15-20’sini oluşturmaktadır. Bu maliyetler şunları içerir:

- **Nakliye Giderleri:** Büyük ölçekli bileşenlerin taşınması için özel taşıma araçları ve izinler gerekmektedir.
- **Liman Kullanım Ücretleri:** Türkiye’de liman hizmetleri ve gümrük işlemleri, ithal edilen türbin bileşenleri için önemli bir maliyet kalemi oluşturmaktadır.
- **Kurulum Maliyetleri:** Vinç kiralama ve teknik ekibin çalışma süresi, proje bütçesinin önemli bir kısmını oluşturur.

➤ Yerli Üretimin Önemi ve Teşvikler

Türkiye, rüzgar enerjisi sektöründe yerli üretimi teşvik etmektedir. Yerlileştirme politikaları kapsamında:

- **Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) İhaleleri:** Türkiye, yerli üretimi teşvik etmek için YEKA projelerini uygulamaktadır. Bu sayede, türbin bileşenlerinin %60’a kadar olan kısmının yerli üretim olması hedeflenmektedir.



- **Teşvikler ve Vergi Avantajları:** Rüzgar enerjisi yatırımlarına KDV muafiyeti, gümrük vergisi indirimi ve devlet destekli finansman olanakları sunulmaktadır.

➤ **Uluslararası Ticaret ve İhracat**

Türkiye, rüzgar türbini bileşenleri üretiminde Avrupa ve Orta Doğu pazarlarına açılma potansiyeline sahiptir. Özellikle İzmir ve Tekirdağ'daki üretim tesisleri, Avrupa'ya kanat ve kule ihracatı yapmaktadır. Türkiye'nin rekabet avantajları şunlardır:

- **Stratejik Konum:** Avrupa ve Asya pazarlarına yakınlık, lojistik avantaj sağlamaktadır.
- **Nitelikli İşgücü:** Türkiye, rüzgar enerjisi mühendisliği ve lojistik yönetimi konusunda yetkin bir işgücüne sahiptir.

Dağıtım Kanalları

Türkiye'de rüzgar enerjisi sanayisinin dağıtım kanalları hem iç pazar hem de ihracat için çeşitli aşamalardan oluşmaktadır.

➤ **İç Pazar Dağıtımı**

Türkiye'de rüzgar türbinleri ve bileşenlerinin dağıtımı, doğrudan üreticiden yatırımcılara veya proje geliştiricilere yapılmaktadır. Pazardaki ana aktörler ise şu şekildedir:

- **OEM (Orijinal Ekipman Üreticileri):** Nordex, Enercon, Vestas, Siemens Gamesa, GE gibi küresel firmalar, doğrudan büyük ölçekli enerji üreticilerine tedarik sağlamaktadır.
- **Bayi ve Distribütörler:** Yerli üreticiler, bayiler aracılığıyla daha küçük ölçekli rüzgar enerjisi projelerine bileşen tedarik etmektedir.

➤ **Uluslararası Dağıtım**

Türkiye, rüzgar türbini ekipmanları ve bileşenleri ihracatında Avrupa, Orta Doğu ve Afrika (EMEA) bölgesine odaklanmaktadır. Türkiye'den ihraç edilen başlıca bileşenler şunlardır:

- **Rüzgar Türbini Kanatları:** İzmir'deki TPI Composites fabrikası, Avrupa pazarına kanat ihracatı yapmaktadır.



- **Kule Üretimi:** Ateş Çelik, CS Wind, ÇİMTAŞ, Gesbey, TEMSAN ve diğeryerli üreticiler, kule üretiminde başta Avrupa pazarı olmak üzere birçok ülkeye ihracat yapmaktadır.

Türkiye'de rüzgar enerjisi sanayisi, güçlü lojistik altyapısı ve stratejik konumu sayesinde hızla büyümektedir. Ancak, sektörde bazı zorluklar da mevcuttur:

Lojistik Maliyetlerin ve Zorlukların Azaltılması: Ulaşım altyapısının türbin taşımacılığı ve ihtiyaçlar da dikkate alınarak geliştirilmesi, özel taşıma çözümleri ve yerli üretimin artırılmasıyla maliyetlerin düşürülmesi gerekmektedir. Gerekli yol izinleri aşamasında kurumların sürece bütüncül bakması ve gerekli kolaylıkların sağlanması gerekmektedir.

- **İhracat Potansiyelinin Değerlendirilmesi:** Türkiye'nin Avrupa ve Orta Doğu pazarlarındaki rekabet avantajını güçlendirecek teşvikler artırılmalıdır.
- **Teknolojik Yatırımlar:** Lojistik süreçlerin dijitalleşmesi ve akıllı lojistik çözümlerinin kullanılması sektöre katkı sağlayacaktır.

Türkiye'nin rüzgar enerjisi sanayisi, lojistik ve dağıtım kanallarını etkin şekilde yöneterek hem iç pazarda büyümeyi sürdürebilir hem de uluslararası pazarda rekabet avantajını artırabilir.

3.4. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Optimizasyonu

Rüzgar enerjisi sanayinin etkinliği ve rekabetçi yapısı büyük ölçüde tedarik zinciri yönetimine ve optimizasyonuna bağlıdır. Tedarik zinciri yönetimi ve optimizasyonu aynı zamanda rüzgar enerjisi yatırımlarının zamanında, güvenli ve hızlı bir şekilde devreye alınabilmesi için de kritik önemdedir.

Tedarik Zinciri Bileşenleri

Rüzgar enerjisi sanayisinde tedarik zinciri, beş temel bileşenden oluşmaktadır:

- **Hammadde ve Bileşenler:** Rüzgar türbinlerinin kanat, kule, jeneratör, dişli kutusu gibi ana bileşenleri karbon fiber, çelik, nadir toprak elementleri gibi hammaddelerden oluşur.
- **Tedarikçiler:** Yurt içi ve yurt dışından temin edilen bileşenlerin tedarik edilmesi, malzeme lojistiğı ve stok yönetimi.



- **Üretim ve Montaj:** Türkiye'de rüzgar enerjisi sektöründe yerli üretim kapasitesi artmaktadır.
- **Lojistik ve Dağıtım:** Rüzgar türbinlerinin saha kurulumları ve nakliye aşamaları.
- **Bakım ve Destek Hizmetleri:** Santrallerin uzun ömürlü ve verimli çalışması için bakım stratejileri.

Verimlilik ve Optimizasyon

Tedarik zincirinin teknik boyutunda verimlilik, teknoloji entegrasyonu ve süreç optimizasyonu önemlidir.

- **Dijitalleşme:** Endüstri 4.0 uygulamaları, IoT sensörleri ve yapay zeka destekli tahminleme sistemleri ile lojistik ve stok yönetimi optimize edilebilir.
- **Yerel Üretim ve Modüler Tasarım:** Yerli üretimin artması, maliyetlerin düşürülmesi ve tedarik risklerinin azaltılması için modüler türbin tasarımları geliştirilebilir.
- **Enerji Depolama Entegrasyonu:** Rüzgar enerjisi üretiminin dengesizliğini azaltmak için batarya sistemleri ile entegrasyon kritik rol oynar.
- **Bakım Optimizasyonu:** Veri analitiği ile öngörülebilir bakım sistemleri kullanılarak, arızaların önceden tespit edilmesi ve duruş sürelerinin minimize edilmesi mümkün olur.

Maliyet Optimizasyonu ve Rekabet Avantajı

Rüzgar enerjisi sanayisinin rekabetçi kalması ve büyük yatırımların devam edebilmesi için tedarik zinciri maliyet optimizasyonu kritik bir faktördür.

- **Maliyet Etkinliği:** Yerli üretimin artırılması ve ithalat bağımlılığının azaltılması maliyetleri minimize edebilir.
- **Finansal Teşvikler ve Destekler:** Devlet destekleri, vergi avantajları ve YEKA projeleri gibi mekanizmalar yerli sanayiye güçlendirebilir.
- **Tedarik Çeşitliliği ve Risk Yönetimi:** Kritik bileşenler için çoklu tedarikçi stratejileri uygulanarak riskler azaltılabilir.



- **Pazar Analizi ve Rekabet Stratejileri:** Yurt içi ve yurt dışındaki trendler takip edilerek uzun vadeli rekabet avantajı elde edilebilir.

Türkiye rüzgar enerjisi sanayisinin büyük ölçekte sürdürülebilirliği ve rekabetçiliği, etkin tedarik zinciri yönetimi ve optimizasyonuna bağlıdır.

Dijitalleşme, yerli üretim, lojistik optimizasyonu ve finansal stratejilerle sektör daha verimli hale gelebilir. Özellikle yerli teknoloji geliştirme, tedarik risklerini azaltma ve düşük maliyetli lojistik çözümlerine odaklanmak gelecekte Türkiye'nin bu alandaki rekabet gücünü artıracaktır.

3.4. Sonuç

Türkiye'nin rüzgar enerjisi sanayisi, yerli üretimi teşvik eden politikalarla büyümüş, özellikle kule ve kanat üretiminde %50'den fazla yerlilik oranına ulaşmıştır. Ancak, kritik bileşenlerde dışa bağımlılık devam etmektedir. Üretim süreçlerinin daha rekabetçi hale gelmesi için teşviklerin artırılması ve lojistik altyapının geliştirilmesi gerekmektedir.



4. BÖLÜM: Teknolojik Gelişmeler ve İnovasyon

4.1. Sektördeki Teknolojik Eğilimler

Rüzgar enerjisi sektörü ve rüzgar enerjisi sanayii, dijitalleşme ve teknolojik ilerlemeler tarafından yönlendirilen hızlı bir dönüşüm sürecinden geçirmektedir. Yapay zeka (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT), büyük veri analitiği ve blok zinciri gibi temel dijital eğilimler ve bunların operasyonel verimlilik, maliyet azaltma ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri sektörün yaşadığı dönüşümü derinden etkilemektedir.

Bu eğilimler küresel enerji dönüşümü üzerinde daha büyük ölçekli etkilere sahiptir. Bu eğilimlerin etkilerinin en hızlı ve güçlü görüldüğü alanlar ise karbon azaltımı, enerji arz güvenliği ve şebeke entegrasyonudur.

İklim değışikliği, enerji güvenliği ve ekonomik sürdürülebilirlik konularındaki endişeler nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı küresel enerji dönüşümü hız kazanırken bu dönüşümün en kritik bir bileşeni olan rüzgar enerjisi sektörü ve rüzgar sanayii söz konusu dijital ve teknolojik yeniliklerden önemli ölçüde faydalanmaktadır. Bu ilerlemeler, verimliliği artırırken, maliyetleri düşürmekte ve rüzgar enerjisinden elektrik üretiminin verimlilik ve etkinliği arttırmaktadır.

Rüzgar Enerjisinde Dijital ve Teknolojik Eğilimler

- **Yapay Zeka (AI) ve Makine Öğrenmesi:** Yapay zeka ve makine öğrenmesi, rüzgar türbinlerinin operasyonlarını optimize etmede giderek daha büyük bir rol oynamaktadır. Önleyici bakım algoritmaları, sensör verilerini analiz ederek bileşen arızalarını önceden tahmin eder, böylece arıza sürelerini ve bakım maliyetlerini azaltır. Yapay zeka destekli tahmin modelleri ise rüzgar enerjisi türbinleri ve santrallerinin üretim tahminlemesini yaparak öngörülebilirliğini artırır. Böylece şebeke yönetimi ve şebeke entegrasyonunu kolaylaştırarak sistem güvenliğine katkı sağlar. Piyasada arz-talep dengesine göre belirlenen elektrik fiyatlarında volatilitenin azalması dengesizlik maliyetlerini düşürür ve AI destekli piyasa analizleri sayesinde enerji üreticileri, fiyatlandırma stratejilerini optimize edebilir.



- **Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Sensör Teknolojisi:** IoT tabanlı sensörler, rüzgar türbinlerinin performansı, hava koşulları ve şebeke etkileşimleri hakkında gerçek zamanlı veriler toplar. Bu bağlantı, uzaktan izleme ve kontrol imkanı sağlayarak verimliliği artırır ve türbin ömrünü uzatır. Dijital ikiz teknolojisi, türbinlerin sanal kopyalarını oluşturarak operasyonel içgörülerini geliştirir. Ticari açıdan, bu sistemler bakım maliyetlerini azaltarak şirketlerin yatırım getirisini artırır.
- **Büyük Veri Analitiği:** Rüzgar santralleri tarafından üretilen büyük miktarda veri, büyük veri analitiği kullanılarak işlenmekte ve performans optimizasyonu, bakım ihtiyaçlarının tahminini yapmakta ve yeni rüzgar projeleri için saha seçiminin iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Gelişmiş analitik, ayrıca enerji verimliliğini en üst düzeye çıkarmaya ve şebeke istikrarını sağlamaya katkıda bulunur. Büyük veri analizleri, yatırımcıların risk değerlendirmelerini daha sağlıklı yapmalarına da olanak tanımaktadır.
- **Blok Zinciri Teknolojisi:** Blok zinciri, merkezi olmayan enerji ticaretinde potansiyel uygulamalar sunarak işlemlerde şeffaflık ve güvenliği garanti altına almaktadır. Blok zinciri destekli eşler arası (P2P) enerji ticareti, rüzgar enerjisinin yerel olarak tüketilmesini sağlayarak iletim kayıplarını azaltır ve enerji dayanıklılığını artırmaktadır. Blok zincir ayrıca karbon kredisi ticaretinde güvenliği artırarak sürdürülebilir enerji yatırımlarına teşvik sağlamaktadır.
- **Gelişmiş Malzemeler ve Aerodinamik:** Hafif, dayanıklı malzemelerin geliştirilmesi ve yenilikçi kanat tasarımları, rüzgar türbini verimliliğini artırmaktadır. 3D baskı teknolojisi, aerodinamik özellikleri geliştirilmiş türbin bileşenlerinin üretilmesi için de araştırılmaktadır. Maliyet açısından, yeni malzeme teknolojileri, üretim giderlerini azaltarak türbin üreticileri için rekabet avantajı sağlamaktadır.

Dijital ve Teknolojik Eğilimlerin Rüzgar Enerjisi Sektörüne Etkileri

➤ **Karbon Azaltımı ve Sürdürülebilirlik**

Dijital teknolojilerin entegrasyonu, rüzgar enerjisini daha rekabetçi ve ölçeklenebilir hale getirerek fosil yakıtlardan uzaklaşma sürecini hızlandırmaktadır. Artan verimlilik ve azalan



işletme maliyetleri, rüzgar projelerine yapılan yatırımları teşvik etmektedir. Karbon emisyonlarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği de desteklemektedir.

➤ **Enerji Güvenliği ve Dağıtık Üretim**

Dijital çözümlerin benimsenmesi, şebeke stabilitesini artırmakta ve dağıtılmış enerji üretimini mümkün kılmaktadır. IoT ve yapay zeka destekli talep-tepki mekanizmaları, merkezi elektrik santrallerine olan bağımlılığı azaltarak enerji dayanıklılığını artırmaktadır. Rüzgar enerjisi, ticari olarak enerji fiyatlarının düşmesine ve rekabetçi piyasaların oluşmasını da sağlamaktadır.

➤ **Şebeke Entegrasyonu ve Akıllı Şebekeler**

Gelişmiş tahmin sistemleri ve gerçek zamanlı veri analitiği, rüzgar enerjisinin elektrik şebekelerine entegrasyonunu iyileştirerek süreksizlik sorunlarını hafifletmektedir. Yapay zeka ve IoT destekli akıllı şebekeler, dinamik enerji dağıtımına olanak tanır ve arz-talep dalgalanmalarının daha iyi yönetilmesini sağlamaktadır.

➤ **Ekonomi ve İşgücü Dönüşümü**

Rüzgar enerjisi operasyonlarının dijitalleşmesi, teknoloji odaklı iş piyasalarında yeni fırsatlar yaratmaktadır. Yenilenebilir enerji sektöründe veri bilimcileri, yapay zeka uzmanları ve siber güvenlik uzmanlarına olan talebin artması beklenmektedir, bu da işgücü dönüşümüne katkıda bulunacaktır.

Zorluklar ve Gelecek Yönelimler:

Önemli ilerlemelere rağmen, siber güvenlik, veri standardizasyonu ve düzenleyici adaptasyon konularında zorluklar devam etmektedir. Gelecekteki araştırmalar, bu engellerin aşılmasına odaklanmalı ve kuantum bilişim ile 5G gibi gelişmekte olan teknolojilerin rüzgar enerjisi uygulamalarına entegrasyonu incelenmelidir.

Dijital ve teknolojik yenilikler, rüzgar enerjisi endüstrisini daha verimli, maliyet etkin ve sürdürülebilir hale getirmektedir. Bu ilerlemeler, enerji dönüşümü için kritik öneme sahiptir; yenilenebilir enerji



kaynaklarının sisteme daha hızlı ve fazla entegre edilmesini sağlamaktadır. Şebeke dayanıklılığını artırırken ve ekonomik büyümeyi de desteklemektedir.

4.2. Ar-Ge Faaliyetleri ve Yenilikçi Uygulamalar

Hemen her alanda olduğu gibi rüzgar enerjisi de teknolojik ilerlemesini birikimli olarak sağlamakta, araştırma ve geliştirme faaliyetleri daha büyük ve daha yüksek verimli yeni türbin teknolojilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Türbin teknolojilerinde Ar-Ge faaliyetlerinin en temel amacı türbin üretim maliyetlerini düşürmek, türbinlerin üretim kapasitelerini arttırmak ve bunu en optimum şekilde gerçekleştirmektir.

Başından bu yana rüzgar enerjisinde Ar-Ge alanındaki ilerlemeler, verimliliği artıran, maliyetleri düşüren ve rüzgar enerjisinin genel uygulanabilirliğini iyileştiren yenilikçi çözümler sunmuştur.

Aerodinamik Geliştirmeler

Ar-Ge çalışmaları, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) ve sayısal modellemeler kullanarak kanat tasarımlarını iyileştirmeye odaklanmaktadır. Baykuş kanatlarından ilham alan tırtıklı arka kenarlar ve aktif akış kontrol mekanizmaları gibi yenilikler, verimliliği artırmak ve gürültü kirliliğini azaltmak için yürütölmektedir. Ayrıca, türbin kanatlarında oluşan türbölansı en aza indirmek için kanat uçlarına özel tasarımlar eklenmektedir. Düşük rüzgar hızlarında bile daha yüksek enerji üretimi sağlamak amacıyla türbin kanatlarının aerodinamik yapısı iyileştirilmektedir.

Malzeme Teknolojileri

Karbon fiber takviyeli polimerler (CFRP) ve kendini iyileştiren reçineler gibi yeni kompozit malzemeler, rüzgar türbini kanatlarını daha hafif ve dayanıklı hale getirmek için geliştirilmektedir. Ayrıca, geri dönüştürölebilir malzemelerle ilgili araştırmalar, hizmet dışı bırakılan kanatlarla ilgili çevresel ve sürdürölebilirlikle ilgili endişelerini gidermeyi amaçlamaktadır. Yüksek mukavemetli ve hafif malzemeler, kanat boyutlarının artmasına olanak tanırken aynı zamanda rüzgar türbinlerinin mekanik yüklerini azaltmaktadır.



Enerji Depolama Entegrasyonu

Lityum-iyon piller, hidrojen depolama gibi enerji depolama çözümleriyle rüzgar enerjisi santrallerinin şebeke entegrasyonunu iyileştirilmekte, üretimdeki dalgalanmalar azaltılmakta ve santrallerin üreterek sattığı elektriğin ticaretinde optimizasyona katkı sağlanmaktadır.

Dijital İkiz ve Yapay Zeka Uygulamaları

Dijital ikiz teknolojisi ve yapay zeka (AI), türbin performansını optimize etmek, arızaları tahmin etmek ve bakım maliyetlerini azaltmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Nadir Toprak Elementlerinin Kullanımı

Rüzgar türbinlerinde kullanılan kalıcı mıknatıslar, nadir toprak elementleri (NTE) içeren neodimyum-demir-bor (NdFeB) alaşımlarından üretilmektedir. Bu mıknatıslar, özellikle doğrudan tahrikli (direct-drive) türbin jeneratörlerinde kullanılarak mekanik kayıpları azaltmakta ve enerji dönüşüm verimliliğini artırmaktadır.

Nadir toprak elementleri, çoğunlukla Çin’de çıkarılmakta olup, madencilik süreçlerinin çevresel etkileri ve Çin’in bu ürünlerin ihracatına getirdiğı kısıtlamalar sanayisi için problem yaratmaktadır. Geri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesi ve alternatif malzemeler üzerine yapılan araştırmalar, bu elementlere olan bağımlılığı azaltma potansiyeline sahiptir.

NTE’lere olan bağımlılığı azaltmak için ferrit mıknatıslar ve yeni kompozit alaşımlar araştırılmaktadır. Elektromanyetik teknolojilerdeki ilerlemeler, manyetik alan gücünü artırarak nadir toprak elementleri içermeyen jeneratör tasarımlarının geliştirilmesine olanak tanıyabilir.

Gelişmiş Daha Büyük Rüzgar Türbini Tasarımları

Türbin üreticileri, daha yüksek üretim kapasitesine sahip, daha uzun kanat boyu ve kule yüksekliğine süpürme alanı daha geniş, daha büyük türbinler geliştirmektedir. Daha yüksek boyutlu ve kapasiteli rüzgar türbinleri büyük oranda deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri için geliştirilmektedir.



Deniz Üstü Rüzgar Teknolojileri

Deniz üstü rüzgar türbinleri ve derin su kurulum teknikleri, daha önce erişilemeyen alanlarda rüzgar enerjisi kullanımını mümkün kılmaktadır. Yeni ankraj ve bağlama teknolojileri, zorlu deniz ortamlarında stabiliteyi ve uzun ömrü sağlamak için geliştirilmeye devam etmekte ve yatırımcılara sunulmaktadır.

İlk başlarda sabit temel olarak geliştirilen deniz üstü rüzgar türbinleri daha sonraki yıllarda yüzer deniz üstü rüzgar türbinlerinin de geliştirilmesi ile sabit temel ve yüzer olmak üzere iki kategoriye ayrılmıştır.

Yüzer deniz üstü rüzgar türbinlerin yatırım maliyetleri sabit temel olanlara göre daha yüksektir. Devam eden çalışmalarla yüzer deniz üstü rüzgar türbinlerinin üretim ve yatırım maliyetlerinin düşürülmesine ve bu santrallerin verimlilik, bakım ve operasyonel güvenliğinin artırılmasına çalışılmaktadır.

Şebeke Entegrasyonu ve Akıllı Şebekeler

Akıllı şebeke teknolojisi ve yüksek voltaj doğru akım (HVDC) gibi ileri düzey şebeke ve güç elektroniği çözümleri, rüzgar enerjisi santrallerinin daha yüksek kapasitelerle şebekeye sorunsuz entegrasyonunun sağlanması ve üretilen elektriğin daha uzun mesafelere en az kayıpla taşınabilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bakım ve Robotik

Otonom insansız hava araçları yapay zeka destekli izleme sistemleri ve kendini onaran malzemelerin kullanımı türbin ve santrallerin bakım maliyetlerini düşürmekte, önleyici bakımlarla olası arızaları önceden tespit ederek üretim kayıpları ile büyük arızaların önüne geçilmesini sağlamakta ve rüzgar santrallerinin ömrünü uzatmaktadır.



Maliyet Azaltma ve Ekonomik Uygulanabilirlik

Yenilikçi çözümler, rüzgar enerjisi üretiminde önemli maliyet düşüşlerine yol açarak onu fosil yakıtlarla daha rekabetçi hale getirmiştir. Türbin verimliliğindeki gelişmeler ve ölçek ekonomileri sayesinde rüzgar enerjisi için seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (LCOE) önemli ölçüde düşmüştür.

Pazar Genişlemesi

Rüzgar enerjisi yatırımları ve buna bağılı olarak rüzgar enerjisi sanayii hızla büyümeye devam etmektedir. Asya, Afrika ve Latin Amerika'daki gelişmekte olan pazarlar rüzgar enerjisi sektöründe türbin talebini arttırırken daha farklı türbin çeşitleri, üreticiler ve farklı teknoloji ile yeniliklerin de hızla pazara girmesini beraberinde getirmektedir.

Kamu-Özel Ortaklıkları ve Yatırım Trendleri

Hükümetler, araştırma kurumları ve özel şirketler arasındaki iş birlikleri inovasyonu teşvik etmektedir. Rüzgar enerjisi girişimlerine ve gelişmekte olan teknolojilere yönelik girişim sermayesi yatırımları da artmaktadır.

Kurumsal Sürdürülebilirlik Girişimleri

Çeşitli sektörlerdeki şirketler, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda giderek daha fazla rüzgar enerjisini benimsemektedir. Rüzgar enerjisi sağlayıcılarıyla yapılan kurumsal enerji alım anlaşmaları (PPA'lar) artış göstermekte ve rüzgar enerjisinin ticari uygulanabilirliğini kanıtlamaktadır.

Rüzgar enerjisi sektörü, Ar-Ge uygulamaları ve yenilikçi çözümler sayesinde hızla ilerlemektedir. Türbin teknolojisine yönelik araştırmalar temel gelişmeleri sağlarken, endüstriyel uygulamalar operasyonel verimliliği artırmakta ve teknolojik yayılımı güçlendirmektedir. Ticari açıdan bakıldığında, maliyet düşüşleri ve pazar genişlemesi sayesinde sektör giderek daha verimli ve ayakları üzerinde durabilen güçlü bir yapıya doğru evrilmektedir. Enerji depolama, yapay zeka ve deniz üstü rüzgar teknolojilerinde gelecekteki gelişmeler, rüzgar enerjisinin küresel enerji dönüşümündeki rolünü daha da pekiştirecektir.



4.3. Dijital Dönüşüm ve Teknoloji Entegrasyonu

Önceki bölümlerde detaylı olarak değinildiği gibi rüzgar enerjisi sektörü, veri analitiği, yapay zeka (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve otomasyon alanındaki ilerlemelerle birlikte dijital bir dönüşüm geçirmektedir. Bu teknolojiler, enerji üretimini optimize etmek, operasyonel maliyetleri azaltmak ve şebeke entegrasyonunu iyileştirmek için önemli katkılar sunmaktadır.

Kestirimci Bakım ve Otonom Denetim

AI ve IoT'nin entegrasyonu sayesinde, rüzgar enerjisi santrali operatörleri ekipman arızalarını tahmin edebilir ve pahalı arızalar meydana gelmeden bakım planlaması yapabilmektedir. Dronlar ve robot sistemleri, insan müdahalesini azaltarak türbinlerin otonom denetimini gerçekleştirmekte ve güvenliği artırmaktadır.

Şebeke Entegrasyonu ve Enerji Yönetimi

Gelişmiş şebeke yönetim sistemleri, AI ve dijital kontrol sistemlerini kullanarak enerji arz ve talebini dengeler. Akıllı şebekeler, gerçek zamanlı koşullara bağlı olarak güç dağıtımını dinamik olarak ayarlayarak rüzgar enerjisinin şebekeye daha dengeli ve verimli şekilde verilmesini sağlamakta ve dalgalanmaları önlemektedir.

Rüzgar Enerji Altyapısında Siber Güvenlik

Rüzgar santralleri giderek daha bağlantılı hale geldikçe, siber güvenlik tehditleri önemli bir risk oluşturmaktadır. Endüstriyel siber güvenlik önlemleri, AI destekli tehdit tespiti ve şifreli iletişim ağları, rüzgar enerjisi varlıklarını siber saldırılardan korumak için kritik öneme sahiptir.

Uzaktan İşletme ve Kontrol Sistemleri

Dijital kontrol merkezleri, rüzgar santrallerinin uzaktan izlenmesine ve yönetilmesine olanak tanıyarak operasyonel maliyetleri düşürmekte ve verimliliği artırmaktadır. Bulut tabanlı Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) sistemleri, operatörlerin herhangi bir yerden türbin ayarlarını değıştirmesine ve enerji çıktısını optimize etmesine olanak tanımaktadır.



Dijital dönüşüm ve teknoloji entegrasyonu, rüzgar enerjisi sektörünü şekillendirerek verimliliği artırmakta, maliyetleri düşürmekte ve şebeke güvenilirliğini iyileştirmektedir. AI, IoT, dijital ikizler ve blockchain teknolojileri, endüstriyel ve ticari uygulamalarda yeniliği teşvik etmektedir. Sektör dijitalleşmeye devam ettikçe, rüzgar enerjisi küresel ölçekte daha rekabetçi, sürdürülebilir ve erişilebilir hale gelmektedir.

4.4. Sonuç

Sektörde yapay zeka, büyük veri analitiği ve dijital ikiz teknolojileri gibi yenilikçi uygulamalar giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu teknolojiler türbin verimliliğini artırırken bakım süreçlerini optimize etmektedir. Türkiye'nin rüzgar enerjisi Ar-Ge'sine daha fazla yatırım yapması, rekabet avantajını artıracaktır.



5. BÖLÜM: İş Gücü ve Eğitim İhtiyaçları

5.1 Analizin Kapsamı ve Amacı

Dünya genelinde artan enerji penetrasyonu ve sıfır karbon hedefleriyle birlikte ülkeler, yenilenebilir enerjiye olan yatırımlarını hız kesmeden arttırmaya devam etmektedir. Başta Avrupa kıtası olmak üzere, fosil yakıtların tüketimini azaltarak temiz enerjiye olan bağılılığın artması politikasında olan Türkiye ve benzeri ülkeler, yenilenebilir enerji sektöründe yeni teknolojiler için çalışmalarını sürdürmektedir. Türkiye, 2023 yılı istatistiklerine göre elektrik üretiminin %36,2'sini kömürden, %21'ini doğalgazdan, %19,3'ünü hidrolik enerjiden elde ederken; rüzgar, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklardan enerjisinin yaklaşık %20'sini elde etmektedir. Türkiye bugün, 12.9 GW karada kurulu rüzgar enerji santraline sahiptir ve elektriğinin %12'sini bu santrallerden karşılamaktadır. Geliştirme aşamasında olan 26 GW karasal rüzgar enerjisi projesi bulunmaktadır.

Karasal rüzgar santrallerinin sayısı arttıkça, kurulum yapılacak potansiyel bölgelerin azalması, deniz üstü rüzgar enerjisi fikrini Türkiye için beraberinde getirmiştir. Kıyı kesimlerinde herhangi bir yeryüzü şekli nedeniyle bozulmaya uğramayan rüzgar enerjisinden maksimum düzeyde yararlanmayı amaçlayan ve türbinlerin kurulacağı lokasyonlardan kazanç sağlayan deniz üstü santrallerin popülaritesi gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye halihazırda bir deniz üstü rüzgar enerjisi santraline sahip olmasa da bu alanda çalışmalar devam etmektedir. Ancak araştırmalar, Türkiye'nin deniz üstü rüzgar potansiyelinin yaklaşık 75 GW olduğunu ortaya koymaktadır. Buna paralel olarak, Türk hükümeti 2035 yılına kadar 5 GW deniz üstü rüzgar kapasitesinin kurulması da dahil olmak üzere hedefler belirlemiş olup, aynı yıl ulusal enerjide %65 yenilenebilir enerjiye ulaşma hedefine katkıda bulunmayı planlamaktadır. Deniz üstü rüzgar potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik ilk resmi adımlar 2018 yılında Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından YEKA (Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı) ile atılmıştır. Bakanlık, deniz üstü santralleri desteklemek amacıyla ilk çalışmaları başlatmıştır. 2018 yılında bakanlık tarafından başlatılan ihaleler, yetersiz talep nedeniyle ertelenmiştir.



Türkiye'nin ekonomik kalkınma sürecinin önemli bir parçası olan yerli yenilenebilir enerji stratejilerinin doğru belirlenmesi, aynı zamanda küresel iklim değışikliklerini azaltmada da itici bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda 2011 yılında imzalanan Paris Anlaşması gereğince Türkiye, 2053 yılına kadar net sıfır karbon emisyonuna ulaşmayı taahhüt etmiş ve yenilenebilir enerjiye olan bağılılığını ortaya koymuştur. Tüm bu bağlamda T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023 Ağustos ayında deniz üstü rüzgar enerjisi için çalışmalara başlamış ve dört YEKA alanı belirlemiştir. Bandırma, Gelibolu, Karabiga ve Marmara Denizi ile Ege Denizi'nde Bozcaada yakınlarındaki bir bölge bu alanlar arasında yer almaktadır. Bu alanlar, rekabetçi açık artırmalar yoluyla büyük ölçekli yenilenebilir enerji projelerini kolaylaştırmayı amaçlayan YEKA planının bir parçasıdır.

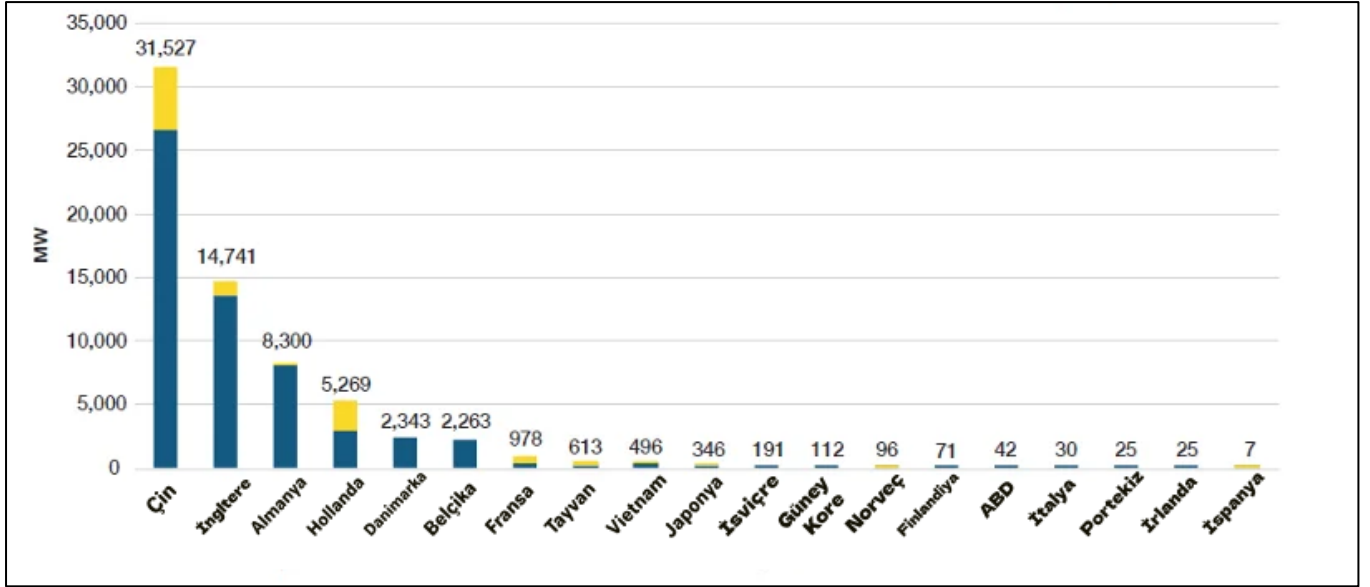
Devlet politikası ve yapılan yatırımlar göz önüne alındığında, Türkiye'nin karasal ve deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerindeki geleceğinin parlak olduğu görülebilir. Çalışmanın bu bölümünde özellikle deniz üstü rüzgar enerjisine küresel bir bakış sunularak, Türkiye'nin mevcut durumu detaylandırılacaktır. Karasal santrallerin aksine deniz üstü santrallerin kurulumundan bakımına kadar karşılaşılan birçok zorluk bulunmaktadır. Türkiye için yeni bir sektör olan deniz üstü rüzgar enerjisinde potansiyel santral alanlarının belirlenmesi, oşinografik araştırmalar, kurulum ve santral devreye alındıktan sonraki bakım süreçleri dahil olmak üzere alanında uzman personellerin yetiştirilmesi ve yeni istihdamların oluşturulması gerekmektedir. Yatırımcılar için de yeni bir sektör olan deniz üstü rüzgar enerjisinde, iş gücü piyasanın durumu ve sektöre genel bir bakış sunmak için bu bölüm tüm bu detaylar hakkında okuyuculara ışık tutmayı amaçlamaktadır.

5.2 Dünyada Deniz üstü Trendleri

Deniz üstü rüzgar enerjisi, dünyada hızla büyüyen bir sektördür. Denizin üzerindeki güçlü rüzgarları kullanarak elektrik üretmeyi amaçlayan bu santraller, teknolojinin gelişimiyle birlikte temiz bir enerji kaynağı olarak önemli bir ivme göstermektedir. 2010 yılından 2023 yılına kadar, deniz üstü rüzgar enerjisi kapasitesi 3,1 gigavattan yaklaşık 60 gigavata ulaşmıştır. 2023 yılında, çoğu Asya ve Avrupa'da olmak üzere, 10 gigavattan fazla deniz üstü rüzgar enerjisi santrali devreye alınmıştır. Genellikle, deniz üstü rüzgar santralleri sabit temelli türbinler kullanılarak sığ sulara kurulsa da, yüzer deniz üstü

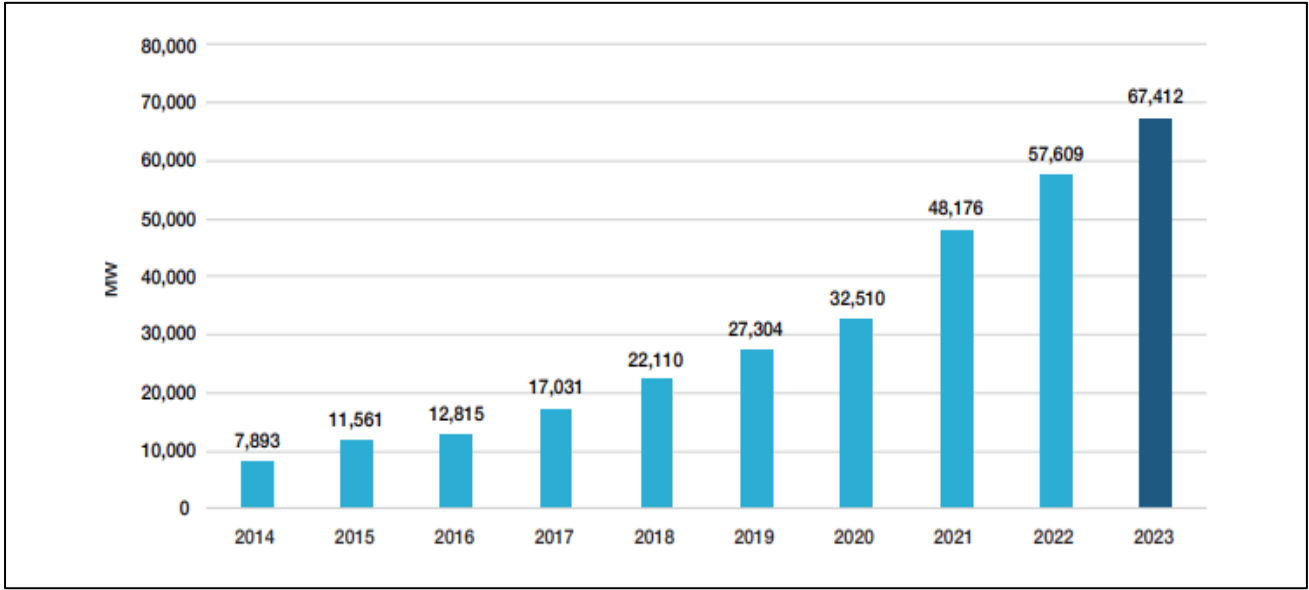


rüzgar türbinleri giderek yaygınlaşmakta ve rüzgar türbinlerinin daha derin sulara kurulmasına olanak sağlamaktadır. Genel olarak, dünya çapında deniz üstü rüzgar enerjisi yatırımları 33,75 milyar ABD dolarına ulaşmıştır.



Grafik 11: Ülkeler Bazında Operasyon Sürecindeki Deniz üstü Rüzgar Kapasitesi[5]

2023 yılı için yayınlanan rapora göre, deniz üstü rüzgar santrallerinin dünyadaki kurulu kapasitesi 60 GW'ı aşmıştır. Birleşik Krallık, 13 GW'ın üzerinde kurulu gücü ile dünyanın en büyük deniz üstü rüzgar enerjisine sahip ülkesidir ve 2030 yılına kadar kapasitesini 40 GW'a ulaştırmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda, dünyanın en büyük deniz üstü rüzgar santrali olan Hornsea 1 ve 2'ye de ev sahipliği yapmaktadır.



Grafik 12: Küresel Deniz st Rüzgar Santralleri Kurulu Kapasitesi[5]

2023 yılında Çin, 37 gigavattan fazla kurulu gle deniz üstü rüzgar gc kümülatif kapasitesi en yüksek ülke oldu ve bu da dünya genelinde kurulu toplam açık deniz kapasitesinin yaklaşık yarısına denk gelmekteydi. 2023 yılında Çin, yaklaşık 6,3 gigavat yeni deniz üstü rüzgar kapasitesini devreye almıştır. Geçtiğimiz yıl dünya çapında toplam 10,85 gigavat deniz üstü rüzgar kapasitesi devreye alınmıştır. Küresel deniz üstü rüzgar yıllık kapasite eklemelerinin 2024'ten 2033'e kadar 17,8 ila 66,2 gigavat arasında değişeceği ve Avrupa ile Çin'in pazara öncülük edeceği tahmin edilmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), mevcut duruma bakarak 2030 yılına kadar 200 GW'a ulaşan bir deniz üstü rüzgar enerjisinin olabileceğini öngörmektedir. 2050 yılına kadar ise deniz üstü santrallerden elde edilecek enerji ile küresel ölçekte elektrik talebinin %10'unun karşılanması planlanmaktadır.

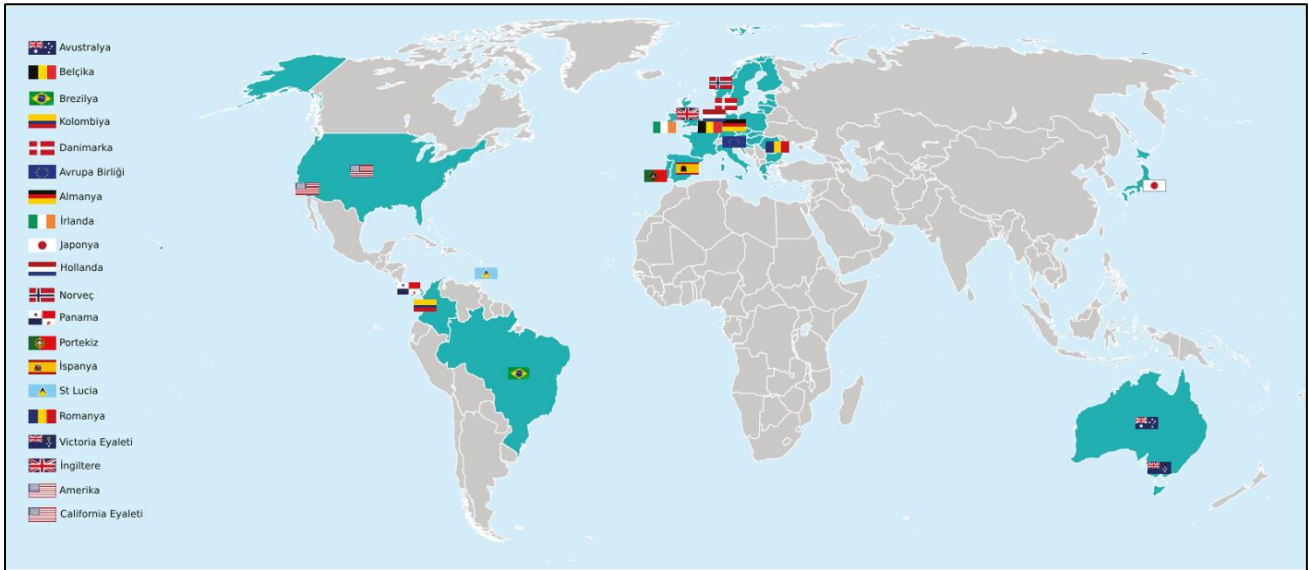
Karasal rüzgar enerjisinde dünyanın önde gelen ülkelerinden olan Danimarka, 2030 yılında 5 GW deniz üstü rüzgar enerjisi kapasitesine ulaşmayı hedeflemektedir. Hollanda ise mevcut santrallerde genişlemeye giderek 2030 yılına kadar 11,5 GW deniz üstü rüzgar enerjisi hedeflemektedir. İşve, Fransa, İspanya ve Belçika gibi ülkeler de deniz üstü santrallerde gelişme yaşanan ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de halihazırda faaliyette olan deniz üstü rüzgar enerjisi santrali bulunmamakla



birlikte, Türk hükümetinin 2035 yılı planları arasında 5 GW deniz üstü rüzgar enerjisine ulaşma hedefi bulunmaktadır.

Son on yılda deniz üstü rüzgarının küresel düzeyde elektrik maliyetinde (LCOE) yaşanan düşüş ve daha büyük türbinler ile daha uzun kanatlar gibi teknolojik gelişmeler, küresel deniz üstü rüzgarının büyümesini desteklemeye yardımcı olmuştur. Deniz üstü rüzgarı, dünyanın enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayacaktır. Gelişen malzeme teknolojisi ve mühendislik yetenekleri ile birlikte, sabit tabanlı teknolojilerin yanı sıra açık denizlerde yüzer tabanlı santrallerin popülerliği de artmaktadır. Deniz üstü (Offshore) santrallerde kullanılan türbinlerin anma güçleri de 15 MW'lara kadar ulaşmıştır.

Ülkeler deniz üstü rüzgar enerjisine olan ilgilerini ortaya koymak için bir mutabakatta birleşmişlerdir. GWEC, IRENA ve Danimarka hükümeti iş birliği ile kurulan Küresel Açık Deniz Rüzgar İttifakı (GOWA)'na 20 den fazla ülke dahil edildi. İttifaktaki ülkeler, 2030 yılına kadar 380 GW ve 2050 yılına kadar 2000 GW açık deniz rüzgar kurulumu hedefini benimsemişlerdir.



Grafik 13: 2024 Ocak Ayı İtibariyle GOWA Üyesi Olan Ülkeler

Tüm bu gelişmeler ışığında, Türkiye'nin son zamanlarda yöneldiği deniz üstü rüzgar santralleri konusunda atması gereken stratejik adımları doğru belirlemesi ve rüzgar potansiyelini doğru



değerlendirmesiyle birlikte, Avrupa ve dünyada sektörün önemli paydaşlarından biri olması beklenmektedir.

5.3. Türkiye’de Deniz üstü Sektör ve İş Gücü Piyasasının İlk Adımları

Türkiye'nin 1998 yılında 1,5 megavat (MW) kurulu güce sahip İzmir'deki Germiyan RES ile başlayan rüzgar enerjisi serüveni, son dönemde yenilenebilir enerji santrallerine sağlanan teşvikler ile hız kazanmaktadır. Türkiye, son yıllarda karasal rüzgar enerjisi sektöründe Avrupa'nın önde gelen ülkelerinden biri haline gelmiştir. Dünya genelinde karasal santrallere güçlü bir alternatif olarak, deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin popülaritesi artan bir eğilim göstermektedir. Türkiye, 2021 yılında imzalanan Paris Anlaşması'na uygun olarak 2053 yılına kadar net sıfır karbon emisyonuna ulaşmayı taahhüt ederek sürdürülebilir enerji politikalarına olan bağlılığını pekiştirmiştir. Türkiye, bu alandaki ilk girişimlerini 2018 yılında YEKA modeli ile ortaya koymuştur.

YEKA modelinde, elektrik üretimi için ekipmanların yerli üretimi şartıyla belirli bölgelerin yatırımcılara devredilmesi için ihaleler düzenlenmektedir. Bakanlık, bunları desteklemek amacıyla deniz üstü rüzgar santralleri üzerine çalışmalar başlatmıştır. 1.200 MW'lık deniz üstü rüzgar santrali (DRES) projesi için ihale, Haziran 2018'de Resmi Gazete'de ilan edilmiştir. Deniz üstü rüzgar projesi için aday bölgeler olarak Saros, Kiyıköy ve Gelibolu olarak belirlenmiştir. 2018'deki ihaleler, yetersiz talep nedeniyle ertelenmiştir. Ağustos 2023'te, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, potansiyel olabilecek deniz üstü rüzgar santralleri için dört alan belirlemiştir: Deniz üstü rüzgar projesi için aday bölgeler olarak; Bandırma açıklarında 1.111 kilometrekare (km²), Gelibolu açıklarında 75,6 kilometrekare (km²) ve Karabiga kıyılarında 410 kilometrekare (km²) alan ilan edilmiştir. YEKA alanlarının belirlenmesinin ardından Türkiye'deki rüzgar sektörü yatırımcıları, Türkiye kıyılarındaki rüzgar potansiyelinin yüksek olduğu bölgelere doğru yüzlerini çevirmiştir. Bu alanlar için meteorolojik ve oşinografik ölçüm ve analizler yapılarak, sahalar için detaylı yasal çalışmalar yürütölüp, fizibilite çalışmalarına başlanacaktır.

Bu bağlamda, deniz üstü rüzgar enerjisi, elektrik talebinin fazla olduğu bölgelere yakın noktalara kurulduğunda, elverişli deniz üstü rüzgar enerjisi kaynakları enerji bağımsızlığını önemli ölçüde



artırabilecek ve yenilenebilir enerji teknolojileri içinde bütünleyici bir rol oynayarak yerli ve büyük miktarlarda bir elektrik üretim kaynağı sunacaktır. Türkiye; Avrupa, Asya ve Orta Doğu'nun kesiştiği noktadaki stratejik konumu nedeniyle köklü bir denizcilik endüstrisine sahiptir. Ülkenin gemi inşası, deniz lojistiği ve açık deniz petrol ve gaz arama konusunda güçlü bir geçmişı vardır. Bu deneyim, açık deniz rüzgar enerjisi iş gücünün geliştirilmesi için değerli bir altyapı sağlar. Doğru politikalar, yatırımlar ve işgücü geliştirme stratejileriyle Türkiye, deniz üstü rüzgar enerjisi pazarında önemli bir oyuncu olmak için stratejik konumundan ve yerleşik denizcilik sektöründen yararlanabilir. Ancak deniz üstü rüzgar santrallerinin kurulumu, karasal rüzgar santrallerinin aksine daha karmaşık bir süreçtir. Bu süreç, çevresel değerlendirme, rüzgar kaynağı değerlendirmesi gibi çeşitli mühendislik konuları ile başlar ve fizibilite sonrası kurulum ve operasyonel aşamalarını içerir.

Ön Araştırma ve Fizibilite Çalışmaları

- **Konum Seçimi:** Santralin tasarlanacağı bölgenin rüzgar potansiyeli belirlenir. Ortalama rüzgar hızı, deniz derinliği, dalga boyu ve kısıtlayıcı etmenler gibi parametreler belirlenmelidir.
- **Rüzgar Verisi Toplama:** Santralin kurulacağı bölgedeki rüzgar hızı ve rüzgarın hakim yönü belirlenir. Uzun dönem veri setleri ile bölgenin rüzgar potansiyelinin doğru değerlendirilmesi, fizibilite çalışmalarının en önemli aşamasını oluşturur.
- **Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED):** Deniz ekosistemi, deniz faunası, balıkçılık faaliyetleri ve floranın detaylı incelenmesi için çevresel etki değerlendirmesi gerçekleştirilmelidir.
- **Yasal İzinler:** Kıyı-liman ve çevresel etki değerlendirmesi ile ilgili yasal izinlerin alınması sürecini içerir.

Mühendislik Tasarımı

Santral Tasarımı: Hakim rüzgar yönü, türbinler arası uyanma (wake) etkisi gibi parametreler göz önünde bulundurularak türbin konumlandırma çalışmaları gerçekleştirilir. Kullanılacak olan türbin rotor çapı, kule yüksekliği ve nominal gücü de bu aşamada değerlendirilmesi gereken etmenlerdir.



- **Altyapı Planlaması:** Santral kurulurken deniz tabanına kabloların döşenmesi, bağlantı noktalarının belirlenmesi ve enerjinin iletim hatları ile iletilmesi gibi altyapı çalışmaları yürütölmektedir.
- **Temel Tasarımı:** Sabit temelli türbinlerin deniz tabanına montajının yapılması sürecini içerir. Kurulum yapılacak bölgenin derinliğine göre farklı türde temeller (örneğin, tek kazık, vakumlu kova keson temel, kafes) kullanılabilir.

Deniz üstü rüzgar santrallerinde kullanılan türbinler ve ekipmanlar, genellikle büyük boyutlu ve ağır parçalardır. Bu ekipmanların üretimi, özel fabrikalarda gerçekleştirilir ve buradan tedarik edilir. Bu ekipmanlar en temel bileşenleriyle; türbin kuleleri, jeneratörler ve kanatlardır.

Taşıma ve Lojistik Planlaması

Deniz üstü rüzgar santralleri için kullanılan ekipmanlar, genellikle kara yoluyla limanlara getirilip, buradan deniz yoluyla kurulacak sahalara taşınır. Bu süreçte karşılaşılan lojistik etmenler şunlardır:

- **Büyük Yük Taşıma Gemileri (Heavy-Lift Vessels):** Rüzgar türbinlerinin kuleleri, jeneratörleri ve kanatları gibi büyük ekipmanları, deniz üzerinden taşımak için ağır yük gemileri kullanılır. Bu gemiler, ekipmanları güvenli bir şekilde taşıyacak şekilde tasarlanmıştır ve rüzgar türbinlerinin montaj alanına yakın bir limana getirilir.
- **Liman ve Depolama Altyapısı:** Lojistik operasyonlarının verimli yürütölebilmesi için uygun liman altyapısı ve depolama alanları gereklidir. Bu limanlar, ekipmanların yüklenmesi, boşaltılması ve depolanmasını sağlar.
- **Liman Seçimi:** Limanların, türbin bileşenlerinin güvenli bir şekilde depolanabilmesi ve taşınabilmesi için uygun altyapıya sahip olması gerekir. Ayrıca, deniz üstü operasyonlar için taşımacılığın yapılacağı bölgeye uzaklıkları da önemlidir.
- **Hava Koşulları ve Zorluklar:** Deniz üstü taşımacılığı genellikle hava koşullarına bağlıdır. Fırtınalar, şiddetli rüzgarlar ve yüksek dalgalar gibi olumsuz koşullar taşıma sürecini etkileyebilir. Bu nedenle taşıma planlaması, hava koşulları ve deniz durumu göz önünde bulundurularak yapılır.



İnşaat ve Kurulum

Temel İnşaatı: Sabit tabanlı rüzgar türbinleri için türbinlerin kurulacağı deniz tabanında temeller inşa edilir. Bu temellerle türbinler, deniz tabanına sabitlenir.

Türbinlerin Yerleştirilmesi: Türbin jeneratörleri ve kuleleri, denize özel ekipmanlarla montelenir.

Elektrik İletimi: Deniz üstü santralden üretilen elektriğin karaya iletilebilmesi için deniz altı kabloları döşenir.

Bağlantı Noktaları ve Altyapı Kurulumu: Santralden üretilen elektriğin karadaki şebekeye ulaşması için kurulacak sistemler ve bağlantı noktalarını içerir.

Test ve Devreye Alma

- **Test Süreci:** Türbinler, kurulum yapıldıktan sonra enerji üretimi, operasyonel performans ve güvenlik açısından test edilir.
- **Santralin Sistem ile Entegrasyonu:** Santral, elektrik iletim altyapısı ile şebekeye bağlanarak tam kapasiteyle çalışacak şekilde test edilir ve devreye alınır.

İşletme ve Bakım

Deniz üstü rüzgar santralleri operasyona geçtikten sonra bakım süreci de önemli bir lojistik altyapıya ihtiyaç duyar.

- **İzleme ve Yönetim:** Santral devreye alındıktan sonra performansı sürekli olarak takip edilir. SCADA sistemleri ile rüzgar hızı, güç üretimi ve ekipmanların durumu gibi veriler izlenmelidir.
- **Periyodik Bakım:** Santralin ömrünü uzatmak için türbinlerin mekanik ve elektronik aksamaları sürekli takip edilerek arıza anında bakımlarının yapılması gerekmektedir.
- **Deniz Üstü Bakım:** Deniz üstü santral bakımları zorlu bir süreci içerdiğinden özel bakım gemileri ve iş makineleri kullanılmalıdır.



- **Bakım Gemileri:** Bakım, deniz üstünde özel ekipmanları olan gemiler ve eğitimli teknik personellerle gerçekleştirilir.
- **Yedek Parçalar ve Malzeme Taşıma:** Türbinlerin bakım durumunda yedek parçalara ihtiyaç duyulduğunda bakım gemileri hazırda olmalıdır. Arızalara hızlıca müdahale edilerek daha fazla güç kaybının önüne geçilmelidir.
- **Acil Müdahale ve Kurtarma:** Acil durum lojistiği planı hazırlanarak, bakım ekiplerinin ve yedek parçaların hızla taşınabilmesi sağlanabilir ve santrale hızlı müdahale edilebilir.

Performans İzleme ve Sürekli Geliştirme

Verimlilik İzleme: Santralin verimliliği izlenerek, türbinlerin ömrü ve çevresel şartlar göz önünde bulundurularak değerlendirmeler yapılmaktadır.

Yatırım ve Genişleme: Hızla gelişen türbin teknolojisi sayesinde, daha verimli türbinler, düşük maliyetli montaj ve altyapılar geliştirilmektedir. Yeni teknolojilerle santrale ek türbinlerin eklenmesi ve genişleme gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır.

5.4. İş Gücü Profili / Analizi

Türkiye, 2024 Haziran ayı itibarıyla yaklaşık 12.9 GW karada kurulu rüzgar enerjisi kapasitesine sahiptir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) 2023 yılı raporuna göre Türkiye, karasal rüzgar enerjisi kurulu güçte 11.sırada, Avrupa'da ise 5.sırada yer almaktadır. Türkiye'nin ekonomisinde önemli bir yer tutan rüzgar enerjisi, aynı zamanda büyük bir istihdam profili de açığa çıkarmaktadır. Türkiye rüzgar enerjisi sektörü , yerli üretim ile teknoloji geliştirmede büyük gelişimler göstermiş ve böylece yurtdışı ile yapılan türbin ihraçlarını da arttırmıştır. Tüm bu gelişmelerle, sektörün ihtiyaç duyduğu iş gücü artmış ve eğitimli iş gücü ihtiyacı da gündeme gelmiştir. Bugün Türkiye'de yaklaşık yirmi bin kişi bu alanda istihdam edilmektedir. Bu istihdamın %22 civarında bir kısmını mühendisler ve %6 civarını ise teknisyenler oluşturmaktadır. Yüzdelik dilimin diğer kısımlarını ise diğer sektör çalışanları oluşturmaktadır. Sektörde çalışan teknik eleman profili şöyledir:



- Makine Mühendisleri
- Elektrik Mühendisleri
- Enerji Mühendisleri
- İnşaat Mühendisleri
- Rüzgar Türbini Teknisyenleri
- Elektrik ve Elektronik Teknisyenleri
- Teknik Personel ve Operatörler
- Hizmet Teknisyenleri
- Proje Yöneticileri ve Koordinatörler
- Araştırmacılar ve Akademisyenler
- Saha Personeli
- Çevre ve Hukuk Uzmanları
- Satın Alma ve Lojistik Uzmanları

Türkiye'nin 2035 yılı için belirlediği 5 GW deniz üstü rüzgar enerjisi hedefi doğrultusunda, sektörde çalışabilecek nitelikli personel ihtiyacı artmaktadır. Bu kapsamda, proje geliştirme süreçlerine paralel olarak nitelikli personel yetiştirilmesi de sürecin sorunsuz ve hızlı ilerlemesi açısından son derece önemlidir. Santralin kurulum, bakım ve işletilmesi ciddi bir istihdam gücü ortaya çıkarır. Bu sektördeki istihdam, farklı mühendislik ve teknik uzmanlık becerileri gerektirmektedir.

Karasal rüzgar santrallerinde çalışanların aksine, doğası gereği daha kompleks bir çalışma alanına sahip olan deniz üstü santral personelleri, detaylı teknik eğitimlerden geçmektedir. Deniz üstü santrallerde kullanılan türbinler, 250 metre rotor çapı ve 15 MW anma gücü seviyelerine ulaşmıştır. Dolayısıyla, bu türbinlerin kanat, kule ve jeneratör üretimlerinde daha büyük mekanizmaların üretimi



için; yapısal mühendisler, makine mühendisleri ve elektrik mühendislerine ihtiyaç duyulmaktadır. Mekanik ve elektrik sistemlerinin entegrasyonu için alanında uzman sistem mühendislerine olan gereklilik artacaktır.

Deniz  st  rüzgar projelerinde, türbinlerin verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için çeşitli sistemlerin uyum içinde olmasını sağlamak önemlidir. Denizaltı mühendisleri, su altı temellerini ve türbin bağlantılarını oluşturan sistemler üzerinde çalışır. Bu mühendisler, denizaltı yapıları ve kablo projelerinin tasarım çalışmalarını ve uygulamalarını yürütmektedir. Deniz  st  rüzgar enerjisi sektöründe açığa çıkan nitelikli personel ihtiyaçlarından bazıları şu şekildedir.

Mühendislik: Türbinlerin tasarımı, dizaynı, konumlandırılacağı yerlerin seçimi, kurulumu ve operasyon sürecinin tamamında yüksek mühendislik becerilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Rüzgar Türbini Teknisyeni: Türbinlerin kurulumu, bakımı ve onarımıyla ilgilenir. Bu teknisyenler, türbinlerin mekanik, elektriksel ve yazılımsal bakımlarını gerçekleştirir.

- **Denizcilik ve Lojistik Uzmanı:** Deniz  st  operasyonlarının düzenli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak için lojistik ve taşımacılık hizmetlerini koordine eder. Bu uzmanlar, ekipman taşımacılığı ve çalışanların deniz platformlarına ulaşımını sağlar.
- **HSE (Health, Safety, Environment) Uzmanı:** İş sağlığı, güvenliği ve evre standartlarını denetler. Deniz  st  projelerinde güvenlik çok önemli olduğundan, HSE uzmanları güvenli çalışma ortamı sağlamak için kurallara ve prosedürlere sıkı sıkıya uyar.
- **İlk Yardım ve Kurtarma Teknisyeni:** Rüzgar enerjisi sektöründe, özellikle deniz üstü çalışmalarda, ilk yardım ve acil durum müdahaleleri çok önemlidir. Bu teknisyenler hem ilk yardım hem de kurtarma operasyonları için gerekli eğitimlere sahiptir.
- **Proje Yöneticisi:** Rüzgar enerjisi projelerinin tüm aşamalarını (planlama, kurulum, bakım ve devreye alma) yönetir. Proje yöneticisi, ekibin koordinasyonunu sağlar ve bütçe, zamanlama gibi kritik faktörleri takip eder.



- **İnşaat Yöneticisi:** Deniz üstü rüzgar çiftliklerinin inşa edilmesi sırasında iş güvenliği, maliyet ve zaman çizelgesini yönetir.
- **İnsan Kaynakları Uzmanı:** Çalışanların işe alımını, eğitimini ve personel yönetimini sağlar. Deniz üstü projelerinde çalışanların eğitimi ve motivasyonu çok önemlidir.

5.5. Deniz üstü Eğitim ve Yetenek Geliştirme Gereksinimleri

Türkiye için yeni bir sektör olan deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin kurulumu, yeni eğitim ve iş gücü geliştirme ihtiyaçlarını da beraberinde getirmiştir. Bu anlamda, santralin kurulacağı alanların geliştirilmesinden, santral kurulduktan sonra türbinlere yapılacak bakımlara kadar uzanan süreçte yeni eğitim ve yeteneklere ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye'nin iş gücü maliyetleri, Batı Avrupa ülkeleriyle karşılaştırıldığında rekabetçidir ve bu da ülkeyi deniz üstü rüzgar enerjisi projeleri için cazip bir yer haline getirmektedir. Ancak, uzmanlaşmış deniz üstü işçilerinin ücretleri, gereken teknik uzmanlık ve güvenlik eğitimi nedeniyle geleneksel iş gücünden daha yüksek olabilir. Sektör büyüdükçe iş gücü maliyetleri artabilir, ancak küresel yenilenebilir enerji pazarında Türk iş gücünün göreceli rekabet gücünün olumlu kalması beklenmektedir. Türkiye'de şu anda deniz üstü rüzgar enerjisi için uzmanlaşmış becerilerde bir boşluk bulunmaktadır. Bu boşluğu gidermek ve sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli iş gücünü yetiştirebilmek için, deniz üstü rüzgar teknolojisi, proje geliştirme, inşaat ve bakımını hedefleyen eğitim programlarına daha fazla odaklanması gerekmektedir. Bu programlar hem teknik uzmanlık hem de sektördeki güvenlik ve çevresel gerekliliklere uyum sağlama konusunda önemli bir rol oynayacaktır. Eğitim sürecinin geliştirilmesi, sektördeki iş gücü ihtiyacını karşılamakla birlikte, Türkiye'yi deniz üstü rüzgar enerjisi alanında uluslararası düzeyde rekabetçi bir oyuncu haline getirebilir.

Türkiye; Danimarka, Almanya ve İngiltere gibi yerleşik deniz üstü rüzgar endüstrilerine sahip diğer ülkelerle karşı karşıyadır. Bu ülkelerin deniz üstü rüzgar enerjisi için daha gelişmiş bir iş gücü piyasası bulunmaktadır ve bu da Türkiye'nin büyük ölçekli projeler için gereken en iyi yetenekleri çekmesini zorlaştırabilir. Bu nedenle, dışarıdan iş gücü temin edilmesi yerine, kendi iç piyasasında uzmanlaşmış insan sayısını arttırması son derece kritik bir konudur. Sektörün gelişimi için iş gücü profilinin uygun



şekilde eğitilmesi ve uzmanlık kazandırılması büyük önem taşımaktadır. Deniz üstü rüzgar santrallerinde çalışacak personellere kazandırılması gereken temel yeteneklerden bazıları şunlardır:

İş Sağliğı ve Güvenliğı Eğitimi

Deniz üstü santraller, denizde yapılan operasyonlar nedeniyle yüksek risk taşımaktadır. Bu nedenle, iş sağliğı ve güvenliğı (İSG) eğitimleri büyük önem taşır. Bu eğitimler şunları içerir:

- **Deniz Üstü Çalışma Güvenliğı:** Personel, denizde meydana gelebilecek herhangi bir olumsuz duruma karşı eğitilmelidir. Deniz üstü santrallerde çalışacak olan personelin, acil durum prosedürleri, deniz güvenliğı, ilk yardım ve can kurtarma eğitimleri alması gereklidir.
- **Helikopterle Erişim (Helicopter Underwater Escape Training - HUET):** Deniz üstü rüzgar santrallerine erişim için helikopter kullanılabilir. Bu durumda, helikopter kazalarında suya düşme ve kurtulma prosedürleri öğretilmelidir.
- **Denizde Kurtarma ve Can Salı Kullanımı:** Çalışanların suya düşmesi durumunda can salı kullanabilmesi ve su üzerine çıkma konusunda bilgi sahibi olmaları gerekmektedir.
- **Yüksek İrtifa Çalışma Eğitimi:** Türbinlerin montaj ve bakımı esnasında yüksekte çalışma yapılacağı için bu tür çalışmalar için gerekli eğitimler ve güvenlik önlemleri öğretilmelidir.

Teknik ve Mühendislik Eğitimleri

Deniz üstü rüzgar santralleri, karmaşık mühendislik süreçlerini içerir. Bu nedenle bu sektördeki mühendislerin de alanlarında çeşitli teknik eğitimler alması gerekmektedir.

Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi

Deniz Taşımacılığı Eğitimi: Taşıma operasyonları, limanlarda yapılan yükleme-boşaltma işlemleri gibi lojistik faaliyetleri kapsayan eğitimler verilmelidir.

Ağır Yük Taşıma ve Yük Kaldırma Eğitimi: Türbin bileşenlerinin büyük boyutlu ve ağır olması nedeniyle, taşınması ve montajı esnasında herhangi bir problemle karşılaşılması için eğitim



verilmesi önemlidir. Ağır yük taşımacılığı, yük kaldırma prosedürleri ve güvenlik önlemleri konularında personel eğitilmelidir.

Tedarik Zinciri ve Depolama Yönetimi: Tedarik zinciri ve depolama eğitimleri ile ekipman ve malzemelerin doğru şekilde depolanması ve inşa alanlarına zamanında ulaştırılması sağlanır. Ayrıca, yedek parça yönetimi ve zamanında temin edilmesi konusu da eğitimde yer almalıdır.

İleri Teknoloji kullanımı

Deniz üstü rüzgar santrallerinde uzaktan izleme sistemleri önemli bir yer tutar. Bu alanda personele verilmesi gereken eğitimlerden bazıları şunlardır:

Uzaktan İzleme ve Yönetim Sistemleri Eğitimi: Rüzgar türbinlerinin verimli çalışabilmesi için uzaktan izleme ve veri analizi teknolojileri kullanılır. Bu sistemlerin nasıl çalıştığı ve izleme yazılımlarının kullanımı konusunda eğitim verilmelidir.

Otonom Teknolojiler ve Dronlar: Deniz üstü projelerinde, otonom gemiler, insansız hava araçları ve robotlar gibi yeni teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojiler hakkında eğitim verilmeli ve personel, bu araçların etkin ve güvenli kullanımına dair bilgi sahibi olmalıdır.

Veri Analizi ve Performans İzleme: Rüzgar türbinlerinin verimliliğini artırmak için toplanan verilerin analiz edilmesi gereklidir. Bu nedenle, veri analizi ve performans izleme eğitimlerine de odaklanılmalıdır.

Çevre ve Sürdürülebilirlik Eğitimleri

Deniz üstü projelerde çevresel etkiler, projenin her aşamasında dikkate alınmalıdır. Çevre ve sürdürülebilirlik konularında eğitim de oldukça önemlidir:

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED): Deniz üstü projelerde çevresel etkilerin değerlendirilmesi gereklidir. Personelin bu konuda eğitimi ile çevresel zararlar minimuma indirilerek sürdürülebilir projeler hayata geçirilebilir.



Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma Eğitimi: Deniz ekosisteminin korunması için, balıkçılık, deniz yaşamı ve diğerk doğal kaynaklar üzerindeki etkilerle ilgili eğitimler verilmelidir.

Türkiye, yakın gelecekteki deniz üstü rüzgar santralleri hedefine ulaşmak için gerekli teknik personel ihtiyacını karşılamak amacıyla bazı adımlar atmalıdır. Bunlardan biri de, ihtiyaç duyulan teknik eğitimlerin meslek liselerinde ders içeriği olarak verilmesidir. Bazı meslek liselerinde halihazırda bu alanda gelişmiş uygulamalı eğitimler ve özel sektör ile iş birlikleri bulunmaktadır. Büyükşehirler öncelikli olmak üzere, teknik altyapısı uygun olan meslek liselerinde uygulamalı eğitimler verilmelidir. Gençlerin bu alanda ilgisini çekebilmek için, özel sektör ve yükseköğretim kurumlarından uzman kişilerce seminerler ve eğitimler düzenlenebilir.

Meslek Liselerinde Deniz üstü Rüzgar Enerjisi Eğitimi

Türkiye'deki bazı meslek liselerinde, yenilenebilir enerji ve rüzgar enerjisi üzerine özel bölümler ve programlar bulunmaktadır. Bu eğitimlerde deniz üstü rüzgar enerjisi ile ilgili başlıca konular şunlar olabilir:

Rüzgar Türbinleri ve Elektrik Üretimi: Öğrenciler, deniz üstü rüzgar türbinlerinin nasıl çalıştığını, kurulumu, bakım ve onarım süreçlerini öğrenebilirler.

Deniz üstü Rüzgar Santralleri Kurulumu ve Bakımı: Deniz üstü rüzgar santrallerinin kurulumu, deniz altı kabloları, jeneratörler, türbinlerin yerleştirilmesi ve deniz koşullarında bu tür tesislerin bakımı eğitimi verilebilir.

Yenilenebilir Enerji Teknolojileri: Rüzgar, güneş ve diğerk yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonu üzerine eğitimler içerir.

Elektrik ve Elektronik Teknolojileri: Elektriksel sistemlerin yönetimi, enerji iletimi ve dağıtımı ile ilgili beceriler kazandırılabilir.

Deniz Güvenliği ve Çevre Etkileri: Deniz üstü rüzgar enerjisi projelerinde çevre koruma önlemleri, denizcilik güvenliği ve sürdürülebilirlik üzerine bilgiler verilebilir.



Meslek Yüksekokulları ve Deniz Üstü Rüzgar Enerjisi Eğitimi

Meslek yüksekokulları, uygulamalı, kısa süreli ve özellikle sektöre yönelik eğitimler sunan kurumlardır. Deniz üstü rüzgar enerjisi eğitimleri doğrudan verilmiyor olsa da sektörün ihtiyacını karşılayacak eğitimler halihazırda verilmektedir. Bu eğitimlerin kapsamı genişletilerek, yenilenebilir enerji alanlarına yönelik yeni bölümler açılmalıdır. Halihazırda verilen eğitimler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Rüzgar Enerjisi Teknolojisi: Bu programda öğrenciler, rüzgar enerjisi sistemlerinin tasarımı, kurulumu, işletilmesi ve bakımı üzerine eğitim alırlar. Deniz üstü rüzgar türbinlerinin çalışması, kurulumu ve bakımına dair özel dersler de verilebilir. Ayrıca elektrik ve elektronik teknolojileri konusunda uygulamalı eğitimler sunulmaktadır.

Yenilenebilir Enerji Sistemleri: Rüzgar enerjisi, güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu üzerine dersler içerir. Bu programda öğrenciler, deniz üstü rüzgar enerjisi projelerinde de yer alabilecek mühendislik bilgilerine sahip olabilirler.

Elektrik Enerjisi Üretimi ve Dağıtımı: Deniz üstü rüzgar santralleriyle elektrik üretimi ve bu enerjinin iletimi üzerine teorik ve uygulamalı eğitimler sunulur.

Enerji Verimliliği ve Yönetimi: Bu programda enerji verimliliği, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik eğitimler verilir. Deniz üstü rüzgar enerjisi sistemlerinin enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi önemli bir eğitim konusu olabilir.

Üniversitelerde deniz üstü rüzgar enerjisi üzerine daha ileri düzeyde, araştırma ve mühendislik odaklı eğitimler verilmektedir. Enerji mühendisliği, elektrik mühendisliği ve çevre mühendisliği, üniversitelerdeki bölümlerinin eğitim verdiği alanlardan bazılarıdır. Deniz üstü rüzgar enerjisi eğitiminde aşağıdaki alanlardaki eğitimler yer almaktadır:

Enerji Mühendisliği: Türkiye'de birçok üniversitede enerji mühendisliği programları bulunmaktadır. Rüzgar enerjisi, deniz üstü rüzgar santralleri, elektrik üretimi, enerji iletimi ve dağıtımı bu



programlarda ele alınan konulardan bazılarıdır. Öğrenciler, deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin operasyonları üzerinde bilgi birikimi sağlayabilmektedir.

Gemi-Deniz Mühendisliği: Deniz üstü rüzgar enerjisinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynayan deniz mühendisliği bölümü, deniz üstü rüzgar türbinlerinin kurulumu, yapısal tasarım, deniz altı kabloları, çevresel etkiler ve deniz güvenliği üzerine eğitimler sunmaktadır.

Çevre Mühendisliği: Deniz üstü rüzgar santrallerinin çevresel etkilerinin araştırılması üzerine ders içerikleri bulunmaktadır. Öğrenciler, deniz ekosistemlerine zarar vermeyen, sürdürülebilir enerji üretimi tekniklerini öğrenebilirler.

Elektrik Mühendisliği: Deniz üstünde kullanılacak türbinlerin elektriksel altyapısı, jeneratörler, güç dönüşüm sistemleri ve enerji iletimi gibi konularda eğitimler yer almaktadır.

Biyomühendislik ve Sürdürülebilir Enerji Çalışmaları: Bu alanlarda öğrenciler, yenilenebilir enerji projelerinin tasarımı, yönetimi ve sürdürülebilirliği konularında eğitim alabilirler.

Deniz üstü deniz üstü santrallerinin Türkiye’de hızlı bir gelişim sürecine girmesi için, meslek liseleri, meslek yüksekokulları ve üniversitelerde bu alandaki ders içerikleri ve bölüm sayıları arttırılmalıdır. Ayrıca, özel sektör ve hükümet iş birlikleri ile sektörün ihtiyaç duyduğu kaliteli iş gücü rahatlıkla sağlanabilir.

5.6. Deniz üstü İş Gücü Talebi ve Arzı Analizi

Türkiye’nin deniz üstü rüzgar enerjisi iş gücü piyasası, teknolojik gelişmeler, ekonomik büyüme, artan yatırımlar ve küresel eğilimlerle birlikte şekillenmeye başlamıştır. Türkiye, bilgi teknolojilerinde, dış kaynak kullanımında, üretim ve lojistik gibi alanlarda Avrupa piyasasında önemli bir merkez haline gelmiştir. Ege ve Marmara Denizi gibi bölgelerde, Türkiye’nin deniz üstü rüzgar enerjisi için 10 GW veya daha fazla kapasiteye sahip yüksek bir potansiyeli bulunmaktadır. Yenilenebilir enerjiye geçiş sürecini hızlandıran Türkiye’de, deniz üstü rüzgar enerjisi iş gücüne olan talebin önemli ölçüde artması beklenmektedir. Türkiye’de deniz üstü rüzgar enerjisi gelişimi, saha araştırmaları, inşaat,



türbin kurulumu, işletme, bakım ve devre dışı bırakma gibi çeşitli alanlarda iş gücü yaratması beklenmektedir.

Deniz üstü rüzgar endüstrisindeki gelişmeler, proje yönetimi, mühendislik ve teknik uzmanlık alanlarında iş gücü ihtiyacını artırmaktadır. Özellikle yüzen rüzgar türbinleri, türbin kurulum gemileri ve deniz altı kablo kurulumu gibi alanlarda uzmanlık, deniz üstü rüzgar enerjisinin teknolojik zorluklarını aşmak için kritik öneme sahiptir. Türkiye'nin deniz üstü rüzgar enerjisi projeleri, deniz ve deniz üstü inşaatı, elektrik mühendisliği ve yenilenebilir enerji sistemleri gibi alanlarda uzmanlaşmış kişilere olan talebi arttıracaktır.

Deniz üstü santrallerin işletim ve bakım gereksinimleri, doğası gereği karasal rüzgar santrallerinden daha karmaşıktır. Bu sebeple sektörde uzmanlaşmış personel yetiştirilmesi son derece kritik bir ihtiyaçtır. Deniz üstü santraller devreye alındıktan sonra türbinlerin SCADA sistemleriyle izlenmesi, bakım ve onarım süreçlerinin yürütülmesi gibi süreklilik gerektiren bir süreç başlar. Sektör, mühendislik hizmetleri, saha teknisyenleri ve destek personelleri gibi uzmanlara sürekli ihtiyaç duyacaktır. Gelişen türbin teknolojisi, artan türbin boyutları, deniz üstüne kurulan türbin platformları ve özel gemilerin kullanımı gibi faktörler nedeniyle, deniz üstü rüzgar çiftlikleri inşasında uzmanlaşmış personel sayısı Türkiye'de hala gelişimin erken aşamalarında.

Deniz üstü İş Gücü Talebi

Deniz üstü iş gücü talebini etkileyen faktörlerden bazıları şunlardır:

Sektörel Büyüme: Liman işletmeciliği, deniz üstü santraller gibi sektörlerdeki büyüme, daha fazla iş gücü talebine yol açmaktadır.

Teknolojik Yenilikler: Gelişen teknoloji ile alanında uzman yeni personellere ihtiyaç duyulmaktadır.

Eğitim ve Nitelik İhtiyacı: Deniz üstü rüzgar santralleri alanındaki iş gücü talebi, eğitim seviyesine ve uzmanlığa sahip kişilere ihtiyaç duyar. Bu durum, mühendislik, teknisyenlik, kaptanlık, deniz güvenliği uzmanlığı gibi alanlarda nitelikli eleman taleplerini etkiler.



Deniz üstü İş Gücü Arzı

Deniz üstü iş gücü arzı, mevcut iş gücü yeterliliğini ve dağılımını ifade eder. Arz, genellikle şu faktörlerden etkilenir:

Proje Aşamalarına Göre İş Gücü İhtiyacı

Planlama ve Tasarım Aşaması: Proje yönetimi, çevresel analiz, mühendislik, deniz bilimleri gibi alanlarda uzmanlara ihtiyaç duyulur.

İnşaat ve Kurulum Aşaması: Deniz üstü rüzgar santrallerinin inşaatı, uzmanlık gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu aşamada, deniz-inşaat mühendisleri, rüzgar türbini montaj uzmanları, gemi operatörleri, vinç operatörleri, elektrik teknisyenleri, güvenlik personeli gibi birçok profesyonel işe alınır. Ayrıca, rüzgar türbinlerinin denizde inşa edilmesi gerektiği için denizcilik sektöründen uzmanlık ve iş gücü gereksinimi de artmaktadır.

Bakım ve Operasyon Aşaması: Rüzgar santrallerinin işletilmesi ve bakımı, düzenli olarak nitelikli teknisyenler, elektrik mühendisleri, bakım ekipleri ve uzaktan izleme uzmanları gerektirir. Türbinlerin periyodik bakımları, sistem optimizasyonları ve onarımları için bu tür iş gücüne olan talep yüksektir.

Teknolojik Yenilikler ve İleriye Dönük Gelişmeler

- **Yüksek Kapasiteli Türbinler:** Türbinlerin kapasitesinin artması ve daha büyük boyutlarda olması, daha fazla mühendislik ve montaj iş gücü gerektirecektir. Bu tür gelişmeler, daha yüksek beceri setlerine sahip iş gücü talebini artırır.
- **Dijitalleşme ve İzleme Teknolojileri:** Türbinlerin uzaktan izlenmesi ve dijital platformlar aracılığıyla yönetilmesi ihtiyacı, yazılım mühendisleri, veri analistleri ve dijital yönetim uzmanları gibi yeni iş gücü taleplerini doğurur.



Çevresel ve Yasal Düzenlemeler

Uluslararası ve yerel çevresel düzenlemeler, projelerin planlanması ve yürütülmesi sırasında ek uzmanlık gerektirir. Çevre mühendisleri ve yasal danışmanlar, çevresel etkilerin değerlendirilmesi, izinlerin alınması ve sürdürülebilirlik kriterlerinin sağlanmasında kritik bir rol oynar.

Deniz üstü Rüzgar Santralleri İş Gücü Arzı

Denizcilik ve Mühendislik Eğitimi: Deniz üstü rüzgar enerjisi sektörü, genellikle denizcilik mühendisliği, inşaat mühendisliği, elektrik mühendisliği ve yenilenebilir enerji mühendisliği gibi teknik alanlarda eğitim almış kişileri talep eder. Bu tür eğitimlerin yeterli sayıda ve yüksek kalitede sunulması, sektöre arz sağlamak için kritik önem taşır.

İş Gücü Gelişimi ve Sertifikalar: Sektör, türbin kurulumunu, denizde güvenlik ve bakımı gibi uzmanlık gerektiren alanlarda ek eğitim ve sertifikalar gerektirebilir. Bu tür eğitimler, iş gücünün sektöre adapte olmasını sağlar. Ayrıca, iş güvenliği ve denizcilik sertifikaları gibi belgeler de iş gücü arzını etkileyebilir.

Uluslararası İş Gücü Piyasası ve Göç: Deniz üstü rüzgar santralleri, genellikle farklı coğrafi bölgelerde faaliyet gösterdiği için uluslararası bir iş gücü arzı söz konusu olabilir. Özellikle Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika gibi bölgelerde, denizcilik ve yenilenebilir enerji sektörlerinde eğitimli iş gücü hareketliliği görülmektedir. Bu durum, sektöre olan arzı arttırabilir.

Demografik Değişiklikler: Yaşlanan iş gücü, bazı beceri setlerinde azalma ve emeklilik oranlarının artması gibi zorluklar yaratabilir. Bu durum, gelecekteki iş gücü arzını tehdit edebilir.

Çalışma Koşulları: Denizcilik sektöründeki çalışma koşullarının zorlu olması ve düşük ücretler, gençlerin sektöre olan ilgisini azaltabilir ve iş gücü arzında azalmalar görülebilir.



İş Gücü Arz-Talep Analizi Stratejisi

İş gücü arz-talep dengesinin doğru kurulabilmesi için aşağıdaki stratejiler uygulanabilir:

Eğitim ve Yetenek Gelişimi: Deniz üstü rüzgar enerjisi sektöründe eğitim veren kurumların ve programların yoğunlaşması, iş gücü arzını artırabilir. Ayrıca, sektör personelinin eğitiminin sürekliliği sağlanarak sektördeki beceri boşlukları doldurulabilir.

Çalışma Koşullarının İyileştirilmesi: Çalışma koşulları iyileştirilerek sektöre yönelik ilgi artırılabilir, iş gücünün sürdürülebilirliğine katkıda bulunulabilir. Özellikle zorlu saha koşullarında çalışan personelin motivasyonunu arttırmak için iyileştirilmiş sosyal haklar sunulabilir.

Otomasyon ve Teknolojik Yatırımlar: Teknolojik yenilikler, bazı iş gücü ihtiyacını azaltabilir. Bu nedenle, sektördeki şirketlerin teknolojik altyapıya yatırım yaparak verimliliği artırması önerilebilir.

Deniz üstü rüzgar santralleri sektörü, hızla büyüyen ve büyük bir iş gücü talebi olan dinamik bir alan olarak ön plana çıkmaktadır. Bu sektörde aranan iş gücü, özellikle mühendislik, denizcilik, bakım ve operasyon gibi yüksek beceri gerektiren pozisyonları kapsamaktadır. Ancak, iş gücü arzı; eğitim sistemleri, uluslararası iş gücü hareketliliği ve çalışma koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Arz-talep dengesizliği, sektörün sürdürülebilirliğini tehdit edebileceği için, stratejik eğitim, iş gücü geliştirme ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi son derece önemlidir.

5.7. Mevcut Uluslararası Eğitim Programları ve Ulusal Entegrasyon İhtiyaçları

Türkiye, deniz üstü rüzgar enerjisi ve ilgili iş gücü konularına odaklanarak, yenilenebilir enerji alanında bölgesel bir lider olma potansiyeline sahiptir. Aynı zamanda yabancı yatırımları çekme ve deniz üstü rüzgarı teknolojilerinde inovasyonu teşvik etme fırsatına da sahiptir. Türkiye, yerel projelerin yanı sıra Akdeniz ve Karadeniz ülkeleri gibi gelişmekte olan deniz üstü rüzgar pazarlarına nitelikli işgücü sağlamak için de bir merkez olma şansına sahiptir.

Deniz üstü rüzgar endüstrisi genişledikçe, Türk işgücünün deniz üstü rüzgar enerjisi projeleri için belirli ihtiyaçları karşılamak ve yeteneklerini geliştirmek için adapte olması gerekecektir. Adaptasyon sürecinin ilk aşamasını, alanında yetenekli kişilere verilecek olan eğitim süreci kapsamaktadır.



Deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinde, santralin kurulacağı bölgenin rüzgar potansiyelinin değerlendirilmesi aşamasında rüzgar kaynağı değerlendirme mühendislerince yapılan çalışmalar son derece önem arz etmektedir. Rüzgar kaynağı değerlendirme aşaması, karasal rüzgarın aksine deniz üstünde nispeten daha az kompleks olsa da, bölgenin rüzgarının anlamlandırılması ve türbin yerleşimlerinin, seçimlerinin bu doğrultuda yapılması kritik bir meseledir. Bu alanda çalışan mühendislere, küresel anlamda tecrübesi olan uzmanlarca eğitim aldırılması gerekmektedir. Örneğin Danimarka Teknik Üniversitesi'nde (DTU) uzmanlarca verilen "Deniz üstü Rüzgar Santrali Planlaması" kursunda;

- Politika çerçevesi ve deniz tabanı tahsisi
- Deniz üstü rüzgar türbini teknolojisi ve yüzen rüzgar türbinleri
- Deniz üstü rüzgar kaynağı ve saha koşullarının değerlendirilmesi
- Deniz üstü şebeke bağlantıları ve enerji adaları
- Deniz üstü çevresel etki değerlendirmesi
- Deniz üstü rüzgar ekonomisi
- Deniz üstü destek mekanizmaları ve ihaleler
- Deniz üstü rüzgar enerjisinin toplumsal boyutları gibi konularda eğitim almak ve istihdam edilecek kişileri bu alanlarda uzmanlaştırmak mümkündür.

EMD International tarafından verilecek bir eğitim; mikro-konuşlandırma, enerji üretim değerlendirmesi ve belirsizlik gibi parametrelerin anlamlandırılmasında faydalı olacaktır.

Santral kurulacak bölgedeki ön ölçümden, santral kurulumuna ve sonrasındaki mekanik-elektrik onarımlarını kapsayan süreçte, teknik ve uygulamalı eğitimlerin alınması son derece kritik bir meseledir. Özellikle saha personeli için uygulamalı eğitimler, iş sağlığı ve güvenliği adımlarını da kapsadığı için hayati önem taşımaktadır.



Teknik personel için verilebilecek eğitimlerden bazıları şunlardır:

Deniz üstü Sağlık Sertifikası: Teknisyen, deniz üstü ortamında çalışmaya tıbbi olarak uygun olduğunu ve 30 kg'a kadar yük taşıma konusunda herhangi bir kısıtlaması olmadığını belirten bir sağlık sertifikası almalıdır.

HSE Becerileri

İlk Yardım: Teknisyen, çalışma ortamında yaşamı tehdit eden durumların işaretlerini ve semptomlarını tanıyabilmeli, kazazedeyi bir sonraki bakım seviyesine teslim edilene kadar hayat kurtarmak ve daha fazla yaralanmayı önlemek amacıyla güvenli ve etkili bir ilk yardım uygulayabilmelidir.

Elle Taşıma: Ekipman veya yedek parçaları taşırken, teknisyen kas-iskelet sistemi yaralanma riskini azaltmalı ve görev ve faaliyetlerini mümkün olan en güvenli şekilde gerçekleştirmelidir.

Yangın Farkındalığı: Teknisyen, yangınları önleyebilmeli, yangını değerlendirirken uygun kararlar verebilmeli, personelin tahliyesini yönetebilmeli ve yönetilemeyen bir yangın olayında herkesin güvenli bir şekilde hesaplanmasını sağlamalıdır. Olayın güvenli olduğuna karar verilirse, katılımcılar bir yangın söndürücü kullanarak ilk yangını etkili bir şekilde söndürebilmelidir.

Yüksekte Çalışma: Teknisyen, temel kişisel koruyucu ekipmanları kullanarak yüksekte güvenli bir şekilde çalışabilmeli ve yüksekte kapsamlı temel kurtarma gerçekleştirebilmelidir.

Denizde Hayatta Kalma: Teknisyen, deniz üstü deniz üstü operasyonlarının tüm yönlerinde güvenli ve sorumlu bir şekilde hareket edebilmeli ve doğru önleyici eylemleri gerçekleştirebilmelidir.

Kişisel Koruyucu Ekipman: Teknisyen, her zaman hava ve deniz koşullarına uygun kişisel koruyucu ekipman giymelidir.

VHF / Uydu Telefonu: Şamandıra/gemi haberleşmesi ve acil durum çağrılarını için VHF ahizesinin kullanımına aşina olmalıdır.



Eğitim ve Öğretim Kurumları

Türkiye ve dünya çapında birçok üniversite, yenilenebilir enerji teknolojileri alanında eğitim ve sertifika programları sunmaktadır. Global Wind Organisation (GWO) gibi kurumlar, deniz üstünde kurulacak olan santrallerin kurulum ve bakımıyla ilgili eğitimler vermektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi (GWEC) gibi örgütler hakkında bilgi edinmek, deniz üstü rüzgar enerjisini ilerletmede küresel iş birliğini anlamaya yardımcı olur.

Akademik kurumlar, araştırma merkezleri ve özel şirketler arasındaki iş birlikleri, deniz üstü rüzgar enerjisindeki teknolojik yeniliği yönlendirmeye devam etmektedir. Aynı zamanda sektörde bu alanda faaliyet gösteren firmalar, üniversite öğrencilerine staj imkanı sunarak ve uygulamalı eğitim fırsatları sağlayarak sektörün geleceği açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Yenilenebilir enerji, mühendislik ve deniz teknolojileri alanlarında programlar sunan üniversiteler ve teknik enstitüler, Türkiye'nin yüksek öğrenim sistemi için hayati öneme sahiptir. Bu kurumlar, deniz üstü rüzgar sektörü için yetenekli bir iş gücü oluşturma konusunda kritik bir rol oynamaktadır. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) ve diğerk üniversiteler, nitelikli profesyoneller yetiştirme potansiyeline sahiptir.

Deniz üstü rüzgar enerjisine odaklanan eğitim programları hâlâ gelişim aşamasındadır. Bu, çalışanların rüzgar türbini teknolojisi, proje yönetimi ve deniz üstü inşaat teknikleri gibi alanlarda uygun şekilde eğitimlerini sağlamak amacıyla, uluslararası yenilenebilir enerji örgütleri, mesleki eğitim merkezleri ve özel sektörle iş birliklerini içerebilir.

Deniz üstü rüzgar enerjisi eğitimi, teknik mühendislikten çevre bilimine ve politikaya kadar çok geniş bir yelpazede konuları kapsar. Bu hızla gelişen endüstri, artan talepleri karşılamak amacıyla gelecek nesil profesyonelleri yetiştirmede kritik bir rol oynamaktadır. Rüzgar türbinlerinin teknik tasarımından çevresel etkilerine, rüzgar enerjisinin ekonomisinden sektörel politikalara kadar pek çok alanda eğitim alacak bireyler, bu dinamik alanda önemli fırsatlar elde edebilir. Deniz üstü rüzgar enerjisi hem eğitim hem de kariyer gelişimi için sayısız olanak sunmaktadır. Türkiye'de yeni atılacak



bu adımlar için dünyanın önde gelen deniz üstü santrallerine sahip ölkelerin eğitim ve uygulamaları rol model alınabilir.

Çin, Hollanda ve İngiltere, deniz üstü rüzgar enerjisi alanında öne çıkan isimler olmakla birlikte, uyguladıkları bazı eğitim programları ve uygulamalar şöyledir;

Eğitim Kurumları:

- **Delft University of Technology (TU Delft):** Hollanda'nın önde gelen üniversitelerinden biri olan TU Delft, deniz üstü rüzgar enerjisi üzerine çeşitli lisans ve yüksek lisans programları sunmaktadır. Ayrıca, endüstri ile iş birliği içinde sektöre yönelik özel kurslar da verilmektedir.
- **WINDESHEIM University of Applied Sciences:** Rüzgar enerjisi mühendisliği alanında eğitim veren bir diğer kurumdur.
- **İşbirlikleri:** Hollanda, deniz üstü rüzgar enerjisi alanında pek çok sanayi kuruluşu ve hükümet organı ile iş birliği yaparak eğitim ve araştırma programları düzenler. Bu iş birlikleri, sektöre yenilikçi çözümler getirmeyi hedefler.
- **Eğitim ve Sertifikalar:** Hollanda, deniz üstü rüzgar enerjisi çalışanları için sektöre özel sertifika ve pratik eğitimler de sunmaktadır. Bu kurslar, rüzgar türbinleri kurulumu, bakım ve güvenlik uygulamalarını içerir.
- **Shanghai Jiao Tong University:** Çin'in önde gelen üniversitelerinden biri olan Shanghai Jiao Tong University, enerji mühendisliği ve deniz üstü rüzgar enerjisi alanlarında programlar sunmaktadır.
- **Dalian University of Technology:** Rüzgar enerjisi mühendisliği konusunda birçok araştırma ve eğitim programı geliştiren üniversitelerden biridir.
- **University of Strathclyde:** Deneyimli mühendisler yetiştirmek için deniz üstü rüzgar enerjisi üzerine lisansüstü programları sunmaktadır.



- **Cardiff University:** Yenilenebilir enerji ve deniz üstü rüzgar enerjisi konusunda ileri düzey programlar ve araştırmalar mevcuttur.

Çin, İngiltere ve Hollanda, deniz üstü rüzgar enerjisi sektöründe lider ülkeler olup, bu alandaki uzmanlıklarını arttırmak için kapsamlı eğitim programları sunmaktadır. Bu ülkelerdeki uygulamalı eğitimler, sektördeki profesyonellere yüksek nitelikler kazandırmayı amaçlamaktadır.

Çin’de, deniz üstü rüzgar santrallerinin işletilmesi, kurulumu ve bakımı gibi kritik alanlarda çalışanlar için uygulamalı eğitimler sunulmaktadır. Bu eğitimler, sektörde tanınan mühendislik ve enerji firmaları tarafından verilmektedir ve iş gücünü, hızla büyüyen deniz üstü rüzgar enerjisi pazarında yetkin kılmaktadır.

İngiltere, deniz üstü rüzgar enerjisi sektöründe uluslararası düzeyde önemli bir merkez olup, sektördeki deneyimiyle küresel pazarda büyük bir paya sahiptir. İngiltere’de, deniz üstü rüzgar santrallerinde çalışanlar için güvenlik eğitimleri gibi çeşitli eğitim programları sunulmaktadır. Bu eğitimler, iş sağlığı ve güvenliği konusunda çalışanların bilinçlenmesini sağlamak ve güvenli çalışma ortamlarını garanti altına almak için hayati öneme sahiptir.

Hollanda, deniz üstü rüzgar enerjisi alanında eğitimde uzun bir geçmişe sahip olup, sektördeki liderliğini eğitim programlarıyla pekiştirmektedir. Hollanda, deniz üstü rüzgar enerjisi sektöründe çalışan uzmanları yetiştiren ve sürekli gelişimi destekleyen eğitim kurumlarına sahiptir.

Hollanda, Çin ve İngiltere’nin eğitim modelleri dikkatlice incelenerek, Türkiye’deki iş gücünün kalitesi artırılabilir. Ayrıca, uluslararası standartlara uygun eğitimlerle Türkiye, deniz üstü rüzgar enerjisi sektöründe daha rekabetçi ve nitelikli bir iş gücü oluşturabilir, bu sayede küresel pazarda güçlü bir oyuncu olma yolunda önemli bir adım atabilir.

Türkiye’nin yenilenebilir enerji projelerine verdiği destek, dolaylı olarak deniz üstü rüzgarı iş gücünün tedarikini teşvik edebilir. Bu girişimler, gerekli beceri setlerini geliştirmek için eğitim kurumları, hükümet organları ve özel şirketler arasında güçlü ortaklıklarla mümkündür. Deniz üstü rüzgar enerjisi, Türkiye için yeni bir sektör olduğundan, özellikle meslek liseleri, üniversiteler ve lisansüstü



programlar aracılığıyla sektörde çalışacak personelin teknik anlamda gelişimi sağlanabilir ve kariyer planlamaları aşamasında gençlere yön gösterilebilir. Bu kapsamda, öncelikle ülke politikaları içinde değerlendirilerek, gençleri yenilenebilir enerji alanında kariyer yapmaya teşvik etmek için burslar veya eğitim programlarına fon sağlayarak hükümet tarafından yönlendirilen programlar açılmalıdır.

Türkiye’de, Yenilenebilir Enerji, Mekanik ve Elektrik-Elektronik bölümlerinde deniz üstü rüzgar enerjisini konu alan bazı modüller, eğitimler ve kurslar bulunmaktadır. Bu programlar aracılığıyla genç mühendisler ve teknikerler, bu sektörde istihdam sağlayabilir. Belirli niversitelere ait meslek yüksekokulları ve özel sektör iş birlikleriyle bu alanda kapsamlı eğitimler verilmektedir.

Meslek liselerinde teknik eleman yetiştirmek için aşağıdaki konularda dersler ve kurslar açılarak öğrencilere ön bir mesleki yeterlilik kazandırılabilir:

- Temel yenilenebilir teknolojiler eğitimi
- Rüzgar enerjisi teknolojileri eğitimi
- Elektrik-elektronik eğitimi
- Temel mekanik eğitimi
- Deniz üstü rüzgar santralleri eğitimi

Meslek liselerinde verilen eğitimlerle fikir ve beceri sahibi olan öğrencilerden, bu konuda uzmanlaşmak isteyenlerin, daha sonra özel kurslar veya üniversitelerde eğitimlerine devam etmeleri gerekmektedir.

Yükseköğretim kurumlarından bazıları, özellikle rüzgar teknolojisi alanlarında özel sektör ve öğrencilerle iş birliği içerisinde. Bakanlar Kurulu’nun 2014/6798 sayılı Kararı ile onaylanan “Türkiye Ulusal Deniz Araştırma Stratejisi (TÜDAS) Belgesi’nin” önceliklerinden biri de deniz bilimlerinde araştırma kapasitesinin istihdamı ve güçlendirilmesi ve bu bağlamda deniz ve deniz hukuku alanında araştırmacılar için eğitim programları uygulanmasıdır. Ankara niversitesi’ne bağlı olarak kurulan Deniz ve Deniz Hukuku Araştırma Merkezi (DEHUKAM), Türkiye’de deniz ve deniz hukuku ve politikası



alanında ilk ve tek ulusal merkez olup, aynı zamanda 6550 sayılı Kanun kapsamında sosyal bilimler alanında yeterlilik kazanan ilk araştırma altyapısıdır. DEHUKAM Yönetim Kurulu, üniversiteler, kamu ve özel sektör temsilcilerinden oluşmakta olup, DEHUKAM'ın ulusal bir merkez statüsüne kavuşmasıyla birlikte Türkiye'nin ihtiyaç duyduğu bir akademik kurum kurulmuştur. Deniz üstü alanlarda proje geliştirilmek istendiğinde en temel konu olan deniz hukuku, ülkeler arası karasuları, münhasır ekonomik bölge gibi konularda eğitimler verilmektedir.

İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi, yenilenebilir enerji ve rüzgar enerjisi üzerine eğitimler veren üniversitelerden biridir. İzmir Kalkınma Ajansı'nın (İZKA) desteğini alarak 2022 yılında kurulan İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rüzgar Enerjisi Meteorolojisi ve Çevresel Uygulama ve Araştırma Merkezi (RÜZMER), rüzgar enerjisi meteorolojisi, malzeme ve çevre laboratuvarlarından oluşmaktadır ve öncelikle Türkiye rüzgar enerji sektörünün faaliyetlerine destek olarak, ilerleyen süreçte gerekli akreditasyonları da alarak uluslararası bir merkez olma hedefindedir. İZKA Deniz üstü Ölçüm Direği projesine ev sahipliği yapan üniversite, iş birliği ile 2023 yılında Aliağa açıklarında, Çandarlı Körfezi'nin tamamını temsil yeteneğine sahip bir noktada 40 metrelik rüzgar ölçüm direği kurmuştur. Bünyesinde rüzgar enerjisi üzerine uzmanlaşmış akademisyenleri bulunduran üniversite, çeşitli eğitim ve seminerlerle gençler ve özel sektörle bir araya gelmektedir.

European Climate Foundation (ECF), Agora Energiewende ve Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi (İPM) iş birliği ile kurulan SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi, Türkiye'nin düşük karbonlu bir enerji sistemine geçişi hakkındaki tartışmaları desteklemektedir. Farklı paydaşların bakış açılarını dikkate alan merkez, bu geçişin ekonomik potansiyeli, teknik fizibilitesi ve ilgili politika araçlarına yönelik bir anlayış oluşturulmasına katkı sunmaktadır. Türkiye'de enerji dönüşümü ve yeşil enerji ile ilgili konularda teknik eğitimler vermektedirler.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından verilen "Rüzgar Enerjisinin Temelleri", "Rüzgar Enerji Santralleri", "Rüzgar Potansiyelinin Belirlenmesi", "Çevresel ve Ekonomik Etkiler" gibi teorik ve uygulamalı eğitimler, sektör çalışanları için oldukça faydalı olacaktır.



Türk Deniz Kuvvetleri'ne bağlı Seyir Hidrografi ve Oşinografi Daire Başkanlığı tarafından verilecek eğitimlerle, santrallerin kurulacağı bölgenin su yüzeyi şekillerini, suyun derinliğini, suyun akışını ve su kütlesinin diğer fiziksel özelliklerini anlamak mümkün olacaktır. Oşinografi eğitimleriyle deniz üstü rüzgar santrallerinin tasarımı, kurulumu ve işletilmesi sırasında önem arz eden deniz yüzeyindeki akıntılar, dalga boyları, deniz altı topografyası, tuzluluk, su sıcaklığı, rüzgar hızları ve yönleri gibi unsurlar hakkında bilgi sahibi olunabilecektir.

Deniz üstü rüzgar santrallerinde santralin kurulumunu kapsayan süreçte lojistik önemli bir unsurdur. Bu anlamda kullanılacak limanların belirlenmesi, gemicilik faaliyetlerinin yürütülmesi gibi hususlarda Denizcilik Genel Müdürlüğü tarafından kıyı-liman ile ilgili teknik eğitimler verilmesi mümkündür.

Tüm bu kurumların dışında, rüzgar kaynağı değerlendirme mühendisliğinden türbin kanat, kule, jeneratör üretimi yapan firmalara kadar özel sektörde bu alanda uzmanlaşmış kişilerce çeşitli eğitim ve staj imkanları verilerek gençlerin deniz üstü rüzgar enerjisi konusunda ilgisi çekilebilir ve gelecekte alanında uzmanlaşmış kişilerle değerli bir istihdam gücü oluşturacaktır. Türkiye'nin 2035 yılı hedeflerinden olan 5GW deniz üstü rüzgar enerjisi hedefi, yeni bakış açıları ile sektöre yeni bir soluk kazandıracaktır. Karasal rüzgar enerjisinde belirli bir başarıya ulaşmış, kendi pazarını oluşturmayı başarmış olan Türkiye, deniz üstü rüzgar enerjisinde de bilgi birikimini ortaya koyarak, sektör de gelişimin yollarını arayacaktır. Bu aşamada en önemli konu, devlet organlarındaki yasal izin süreçlerinin hızlandırılması, dünya pazarına hakim olan Çin, İngiltere, Hollanda gibi ülkelerin teknoloji ve uygulamalarının doğru analizi ve kendi pazarımıza entegrasyonu ve eğitimli bir iş gücü oluşturmak olacaktır. Türbin kule, jeneratör ve kanat üretiminde önemli bir yerli pazarı olan Türkiye, deniz üstü santrallerde kullanılacak büyük boyuttaki ve ağır türbin bileşenlerini üretmede de yerlilik politikası üzerinde durmalıdır.



ÖNERİLER

Yasal İzin Süreçlerinin İyileştirilmesi: Deniz üstü rüzgar enerjisi projelerinin önündeki bürokratik engellerin kaldırılması ve yasal izin süreçlerinin hızlandırılması için devlet organları tarafından yeni düzenlemeler yapılmalıdır. Bu süreçler şeffaf ve etkin bir şekilde yönetilmelidir.

Teknolojik Yatırımlar ve Uluslararası İş birlikleri: Deniz üstü rüzgar enerjisi konusunda lider ülkelerin (Çin, İngiltere, Hollanda) tecrübeleri ve teknolojileri analiz edilmeli ve Türkiye'nin yerel pazarına entegre edilmelidir. Teknolojik iş birlikleri, Türkiye'nin sektördeki rekabet gücünü artıracaktır.

Eğitim ve İş Gücü Gelişimi: Deniz üstü rüzgar enerjisi projelerinde çalışacak nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi için üniversiteler ve meslek yüksekokulları ile iş birliği yapılmalıdır. Ayrıca, sektöre yönelik özel eğitim programları ile tekniker, mühendis ve diğeri uzmanlar yetiştirilmelidir.

Yerel Üretim Kapasitesinin Artırılması: Deniz üstü rüzgar santrallerinde kullanılan ekipmanların yerli üretimi teşvik edilmelidir. Bu durum, maliyetleri düşürürken aynı zamanda Türkiye'nin global pazarlara ihracat yapabilmesini sağlayacak bir fırsat sunar.

Çevresel ve Sosyal Sorumluluk: Deniz üstü rüzgar enerjisi projelerinin çevresel etkileri titizlikle değerlendirilmeli, ekosistem üzerindeki olumsuz etkiler en aza indirilmelidir. Ayrıca, yerel halkın projelere dahil edilmesi ve sosyal sorumluluk projeleri ile toplumsal destek sağlanmalıdır.

Finansal Destek ve Teşvikler: Deniz üstü rüzgar enerjisi projelerinin finansmanı için özel teşvikler ve yatırım destekleri sağlanmalıdır. Bu sayede yerli ve yabancı yatırımcıların projelere katılımı arttırılabilir.

Tüm bu süreçler doğru analiz edildiğinde, 3 tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'nin 2035 yılı hedefi ve sonrasında deniz üstü rüzgar enerjisi alanında önünün açık olacağı aşikardır.

5.8. Sonuç

Türkiye'de rüzgar enerjisi sektöründe nitelikli iş gücü ihtiyacı hızla artmaktadır. Özellikle deniz üstü rüzgar enerjisi projeleri için uzmanlaşmış mühendis ve teknisyen ihtiyacı belirgin hale gelmiştir. Uluslararası eğitim programlarının entegrasyonu ve yerli eğitim müfredatlarının güncellenmesi bu alandaki boşluğu doldurabilir.



6. BÖLÜM: Türkiye Rüzgar Enerjisi Sektörü Finansal Analiz

Türkiye'nin enerji sektörü, 2000'lerden itibaren yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu dönüşümde, YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) ve YEKA (Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları) gibi destek ve ihale mekanizmaları önemli rol oynamıştır. Bu rapor, Türkiye'de rüzgar enerjisi sektörünün gelişimini, YEKDEM ve YEKA'nın tarihsel değişimlerini ve bu mekanizmaların sektöre olan finansal etkilerini incelemektedir.

6.1. 2011 Öncesi Dönem: Türkiye'de Rüzgar Enerjisinin İlk Adımları

2011 öncesinde Türkiye'nin rüzgar enerjisi sektörü, sınırlı sayıda proje ve düşük kurulu kapasite ile karakterize edilmekteydi. **10.05.2005 tarihli 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu**, sektörde bir dönüm noktası olmuştur. Bu Kanun, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek için çeşitli destekler ve alım garantileri sunmuştur. Yenilenebilir enerji projeleri için ilk kez tarife garantisi ilan edilirken 31.12.2011 tarihine kadar işletmeye alınan projeler 7 yıl boyunca tarifeden yararlanmaya hak kazanmıştır. Kanun'da tarife, bir önceki yılın ortalama serbest piyasa elektrik fiyatı olup ilk olarak Türk lirası olarak ilan edilmiştir. Belirlenen seviye "geçen senenin piyasa fiyatı" olarak bir teşvik içermediğinden dolayı daha sonra 18.04.2007 tarihli 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile birlikte "Ancak uygulanacak bu fiyat 5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk lirasından az, 5,5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk lirasından fazla olamaz. Ancak 5,5 Euro Cent/kWh sınırının üzerinde serbest piyasada satış imkânı bulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisans sahibi tüzel kişiler bu imkândan yararlanırlar" ifadesiyle birlikte tüm yenilenebilir kaynak türlerine aynı tarife uygulanmıştır. Pratikte hep serbest piyasa alternatifi kullanılmış, kanunun verdiği en kötü durum garantisi kullanılarak kredi bulmak mümkün hale gelmiştir. 2005'in sonundan itibaren projeler



yapılmaya başlamıştır. Ancak, bu dönemde sektördeki büyüme hem finansman zorluklar hem de yasal belirsizlikler nedeniyle sınırlı kalmıştır.

2005-2010 Arası Gelişmeler:

- **Yasal Çerçevenin Oluşturulması:** 2005 yılında kabul edilen Yenilenebilir Enerji Kanunu ile rüzgar enerjisi projelerine devlet desteği sağlanmaya başlanmıştır.
- **Proje Geliştirme Zorlukları:** Teknik bilgi eksikliği, yeterli altyapının olmaması ve lisanslama süreçlerindeki yavaşlık, yatırımcıların sektöre girişini zorlaştırmıştır.
- **Kurulu Kapasite:** 2010 yılına gelindiğinde, Türkiye'nin toplam rüzgar enerjisi kurulu gücü sadece 1 GW seviyesindeydi (Grafik 1). Bu rakam, potansiyelin çok altında kalmıştır.

Bu dönemde elde edilen deneyimler, YEKDEM ve YEKA mekanizmalarının geliştirilmesine temel oluşturmuş ve sektörün hızlı büyümesi için gerekli altyapının oluşturulmasına katkı sağlamıştır.

YEKDEM: Tarihsel Değişimler ve Sektöre Etkileri

YEKDEM, Türkiye'de yenilenebilir enerji projelerinin yatırım cazibesini artırmak amacıyla 2011 yılında başlatılmıştır. Bu mekanizma, rüzgar enerjisi üreticilerine ABD doları bazında sabit fiyat garantisi sunarak projelerin finansmanını kolaylaştırmıştır. YEKDEM'in tarihsel sürecinde belirgin değişiklikler şunlardır:

- **2011-2020:** Sabit fiyat garantisi modeliyle yatırım risklerini azaltan ve döviz bazlı destek sağlayan YEKDEM, bu dönemde rüzgar enerjisi projelerinin hızla artmasına olanak tanımıştır. Rüzgar enerjisi projeleri için 7.3 USD cent/kWh fiyat garantisi sunulmuş, yerli ekipman kullanımı halinde bu tarife artırılmıştır. 2011-2020 yılları arasında devreye girecek projelere 10 yıllık destek süresi tanınmıştır. Bu dönemde toplamda yaklaşık 8.000 MW'ın üzerinde rüzgar enerjisi kapasitesi YEKDEM kapsamında devreye alınmıştır. Bu kapasite,

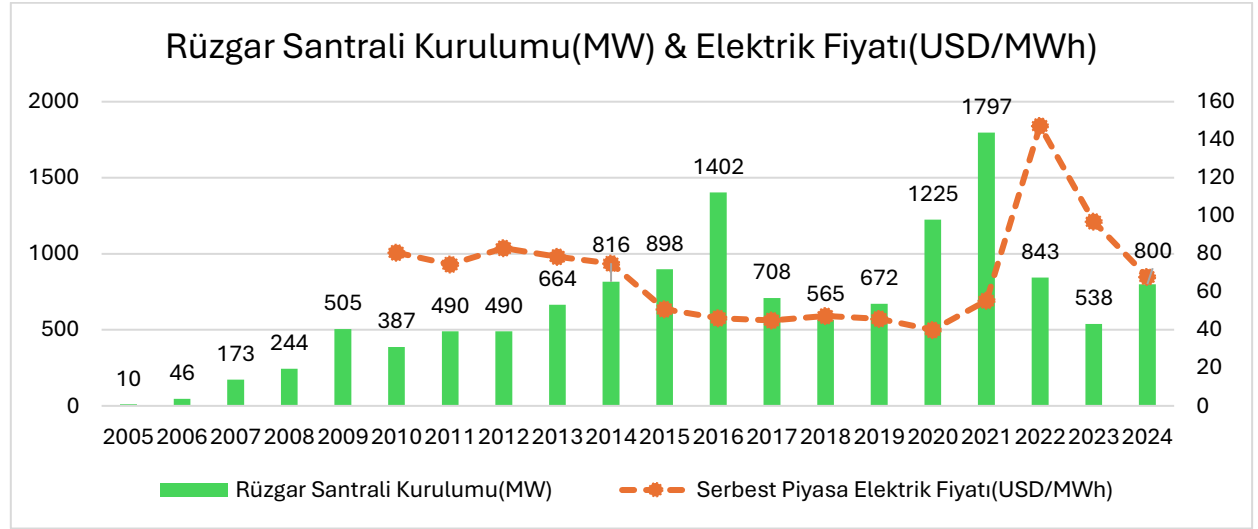


Türkiye'nin toplam yenilenebilir rüzgar enerji portföyünün kilit taşı haline gelmiş, çok önemli katkı sağlamıştır. Yerli ekipman teşviki detayları aşağıdaki gibi detaylandırılmıştır:

- **Kule:** 0.6 USD cent/kWh ek destek
- **Kanat:** 0.8 USD cent/kWh ek destek
- **Jeneratör ve Elektronik Ekipman:** 1.0 USD cent/kWh ek destek
- **Nacelle ve rotor:** 1.3 USD cent/kWh ek destek

Toplam Yerli Katkı: Yerli ekipman kullanımı durumunda toplamda 3.7 USD cent/kWh'ye kadar 5 yıl boyunca ek destek sağlanabilmektedir. Bu teşvikler, projelerin yerli katkı oranını artırırken aynı zamanda tedarik zincirinin Türkiye'de gelişmesine olanak tanımıştır.

YEKDEM kapsamında devreye giren projeler, elektrik fiyatlarının düşmesine ve piyasanın daha öngörülebilir hale gelmesine katkı sağlamıştır (Grafik 1). Ancak mekanizmanın maliyeti tüketicilere yansıdığı için zaman zaman eleştirilere konu olmuştur.



Grafik 14: Türkiye'de yıllık santral kurulumu ve serbest piyasa elektrik fiyatı

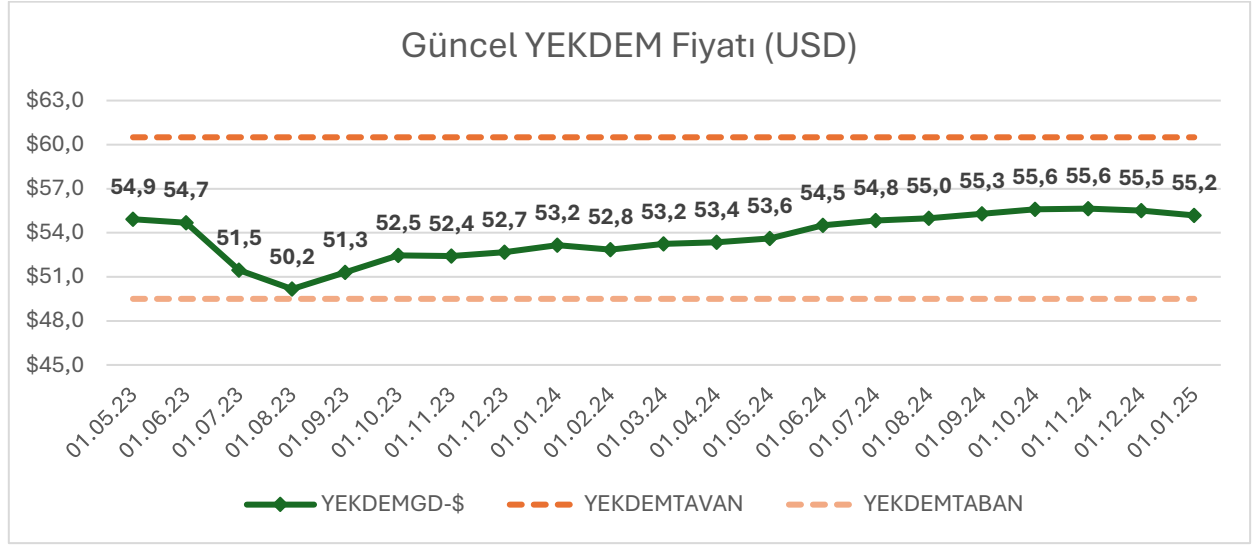
IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi



- **2021:** YEKDEM mekanizması güncellenerek ABD doları cinsinden tarifeler TL cinsinden tarifeler olarak değiştirilmiştir ve yerli ekipman kullanımını teşvik eden ek destek mekanizmaları eklenmiştir. 01.07.2021 tarihinden 31.12.2025 tarihine kadar işletmeye alınan projeler 10 yıl süreyle tarifieden ve 5 yıl süreyle yerli katkı teşviklerinden yararlanabilecektir. Tarifeler, 51 \$/MWh tavan fiyat ile hem rüzgar hem de güneş enerjisi için 320 TL/MWh (yaklaşık ~45 \$/MWh) olarak belirlenmiştir. Tarifeler TL cinsinden olduğu için yatırımcıya güven sağlamak amacıyla, tarife enflasyon endekslerinin %52'si ve döviz kurlarındaki değişimin %48'inin ağırlıklandırıldığı bir formülle üç ayda bir eskalasyona tabi tutulmuştur. TL cinsinden elektrik tarifesine geçildikten sonra YEKDEM popülerliğini kaybetmiş ve yatırımcılar tarafından tercih edilmemiştir.
- **2023 ve Sonrası:** YEKDEM mekanizması 3. versiyonunda, halen TL cinsinden olsa da USD-EUR döviz kurlarındaki değişikliklere daha duyarlı hale gelmiştir. 01.07.2021 ile 31.12.2030 tarihleri arasında işletmeye alınan projeler, 10 yıl boyunca tarifieden ve 5 yıl boyunca yerel içerik teşviklerinden yararlanmaya hak kazanmaktadır. Tarifeler hem karasal rüzgar hem de güneş enerjisi için 1.250 TL/MWh (yaklaşık ~65\$/MWh) olarak belirlenmiş olup, taban ve tavan fiyatları sırasıyla 49,5 ve 60,5 \$/MWh'dir (Grafik 2). nceki versiyonlardan farklı olarak, deniz şt ve depolamalı rüzgar ve güneş enerjisi projeleri için tarifeler de açıklanmıştır. Eskalasyon sıklığı bir aya indirilmiş olup döviz kurlarındaki değişimin ağırlığını %48'den %60'a çıkaracak ve dolayısıyla enflasyon endekslerinin ağırlığını %52'den %40'a indirecek şekilde formülde bir iyileştirme ile uygulanmıştır. Ayrıca, yerli katkı payı da Türk lirası cinsinden belirlenmiş aynı şekilde eskalasyon tabi tutulmuştur ve bu durum sektörde yerli üretim teşvik edilmesini hedeflemiştir. Depolamalı rüzgar ve güneş projeleri için 1.060 TL/MWh (yaklaşık ~55\$/MWh) olarak belirlenmiş olup, taban ve tavan fiyatları sırasıyla 58,5 ve 71,5 \$/MWh'dir.



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir



Grafik 15: Güncel YEKDEM Fiyatları

YEKDEM'in Rüzgar Sektörüne Katkıları ve Etkileri:

- Finansal Cazibe:** Özellikle 2011-2020 arası dönemde sabit dolar bazlı fiyat garantileri, yatırımcıların finansman bulmasını kolaylaştırmış ve projelerin karlılığını artırmıştır. Sabit fiyat garantileri sayesinde yatırımcıların sermaye maliyetlerini düşürmesine olanak sağlamıştır.
- Uluslararası Yatırımcıların İlgi:** 2011-2020 arası dönemde döviz bazlı gelir garantileri, uluslararası yatırımcıları cezbederek sektördeki sermaye akışını hızlandırmıştır.
- Yerli Üretim ve İstihdam:** YEKDEM kapsamında geliştirilen projeler, yerli üretim ve istihdamı teşvik ederek Türkiye'nin ekonomik büyümesine katkıda bulunmuştur.

IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi





YEKA: Tarihsel Değişimler ve Sektöre Etkileri:

YEKA, yenilenebilir enerji alanlarında büyük ölçekli projelerin gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla 2017 yılında başlatılmıştır. YEKA'nın tarihsel süreçteki değişimleri şu şekilde özetlenebilir:

- **2017-2019:** YEKA-1 (2017) ve YEKA-2 (2019) ihaleleri, sabit fiyat garantisi sunarak uzun vadeli gelir modeli oluşturmuş ve bu projelerde yerli içerik şartları uygulanmıştır. YEKA-RES-1'de 4 bölgede 1 GW kapasite toplu olarak ihale edilmiştir. Kalyon & Türkerler & Siemens konsorsiyumu tarafından 34,8 \$/MWh teklifi ile kazanılan yarışmada tarife garantisi sözleşme tarihinden itibaren 15 yıl idi. Rüzgar türbini üretim tesisi yatırımı da içeren yarışmada kazanılan kapasiteler 11.05.2024 tarihli ve 32543 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren 7501 sayılı Maden Kanunu İle Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun'un 13. maddesiyle 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'na eklenen Geçici 32. maddenin ikinci fıkrasında yer alan madde kapsamında yükümlölüklerinin sonlandırılarak teminat mektuplarında iade hakkı tanınması sonrasında 1 GW kapasite konsorsiyum tarafından iade edilmiştir. YEKA-2 ihalesinde ise 1 GW kapasite 4 bölgede ayrı ayrı ihale edilmiştir. Enercon ve EnerjiSA Üretim tarafından ikişer proje ile kazanan teklifler 35,3 ila 45,6 \$/MWh arasındadır. Tarife garantisi 15 yıl iken minimum %55 yerlilik şartı koşulmuştur. Enercon projelerindeki payını 29 Mart 2024 tarihinde Enerjisa'ya devretmiştir. YEKA-2 ihalesinde kazanılan projeler 2024 yılından itibaren kademeli bir şekilde devreye alınmayası başlamıştır.
- **2020-2024:** Dolar bazlı fiyat mekanizmasından TL cinsinden tarifeler olarak değiştirilmesi sistemi YEKA ihalelerinde de uygulanmıştır. 2022 YEKA-3 rüzgar ihalesinde 20 bölgede 850 MW kapasite tahsis edilmiştir. Ortalama kazanan teklif 597 TL/MWh (~40 \$/MWh) olup, enflasyon endekslerinin %40'ı ve döviz kurlarındaki değişimin %60'ı ile ağırlıklandırılmış bir formülle üç ayda bir artırılabacaktır. Referans ABD doları fiyatının %15 altında veya üstünde
IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi



ABD doları cinsinden taban ve tavan fiyat bulunmaktadır. Bu uygulama, projelerin finansal dayanıklılığını artırmıştır. YEKA tarife alım garantisi süresi, YEKA sözleşmesinin imzalandığı tarihten 69 ay sonra başlayacak ve MW başına ilk 35 GWh teslim edilene kadar sürecektir. Serbest piyasada yüksek seyreden elektrik fiyatlarından dolayı bakanlık yatırımcılara avantaj sağlaması amacıyla 69 aydan önce devreye alınan projeler serbest piyasada elektrik satabileceğini garantilemiştir. Böylece projelerin hızlı devreye alınması da teşvik edilmiştir.

- **2024 ve Sonrası:** Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının açıklamasına göre 2035 yılına kadar her yıl en az 2.000 MW'lık YEKA ihalesi yapılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda, 2035 yılına kadar rüzgar ve güneşte toplam 120.000 megavatlık kurulu güce ulaşılması planlanmaktadır. 2025 yılında yapılması planlanan YEKA 4. ihalesi, rüzgar enerjisi alanında 5 bölgede toplam 1.200 megavatlık kapasiteyi kapsayacak şekilde düzenlenmiştir. İhale kapsamında, her bir yarışma için başlangıç tavan fiyatı 5,50 dolar-cent/kWh, taban fiyatı ise 3,50 dolar-cent/kWh olarak belirlenmiştir. Alım garantisi süresi ise 20 yıla çıkarılmıştır. İhalede, taban fiyata ulaşılması halinde taban fiyat elektrik fiyatı olarak sabit kalırken yarışmacılar megavat başına katkı payı artırarak kazanan belirlenecektir. Katkı payı tek seferlik bir ödeme olup minimum başlangıç fiyatı 10.000 dolar olacaktır. Başvuruların 21 Ocak 2025 tarihinde yapılması planlanmaktadır. Bu ihaleyle birlikte, Türkiye'nin yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşma yolunda önemli bir adım atılması ve enerji sektöründe sürdürülebilir büyümenin desteklenmesi amaçlanmaktadır. Yerlilik şartı bir önceki YEKA ihalesi ile aynı şart koşulmuştur. Bakanlık YEKA RES-3 ihalesinde olduğu gibi 72 aydan önce devreye alınan projeler için serbest piyasa elektrik satışı ile yatırımcılara avantaj sunmaktadır. Diğer ihaleden farkı ise serbest piyasa elektrik fiyatının belirli bir taban fiyat (49.5 USD/MWh) altına düşmesi durumunda ödemelerin bu taban fiyat üzerinden yapılacağı belirtilmiştir.

IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi



Dolar bazlı fiyat mekanizmasından TL cinsinden tarifeler olarak değiştirilmesi her ne kadar kur korumalı olsa da eskalasyon mekanizması kompleks yapısı ve TL cinsi fiyatlardan dolayı yabancı yatırımcı ölkemizde iştahını kaybetmiştir. Yapılması planlanan son ihalede sabit dolar bazlı fiyat politikası yatırımcıların ilgisini çekmiştir. Yatırımların hızlı devreye alınmasını amacıyla, piyasada taban fiyatın (49.5 USD/MWh) altına dūřölmesi durumunda ödemelerin bu taban fiyat üzerinden yapılacağı desteğiyle de yatırımcılara ek teşvik verilmiştir. Bu model, yerli sanayinin gelişmesini ve yerel ekonomiye katkısı artırabilir.

YEKA'nın Rüzgar Sektörüne Katkıları ve Etkileri:

- **Büyük Ölçekli Projeler:** YEKA mekanizması, Türkiye'nin rüzgar enerjisi kapasitesinin ve yerli sanayisinin hızla artmasına olanak tanınması hedeflenmektedir.
- **Yerli Teknoloji ve İş Gücü:** Yerli ekipman kullanım şartları, teknoloji transferini ve yerel ekonomiyi desteklemiştir.
- **Uzun Vadeli Gelir Güvencesi:** Özellikle son güncellemeler ile açıklanan YEKA-4 versiyonundaki sabit fiyat garantileri ve uzun vadeli enerji alım anlaşmaları, yatırımcı güvenini artırarak sektöre istikrar kazandıracaktır.

Rüzgar Projelerinin Finansal Analizi:

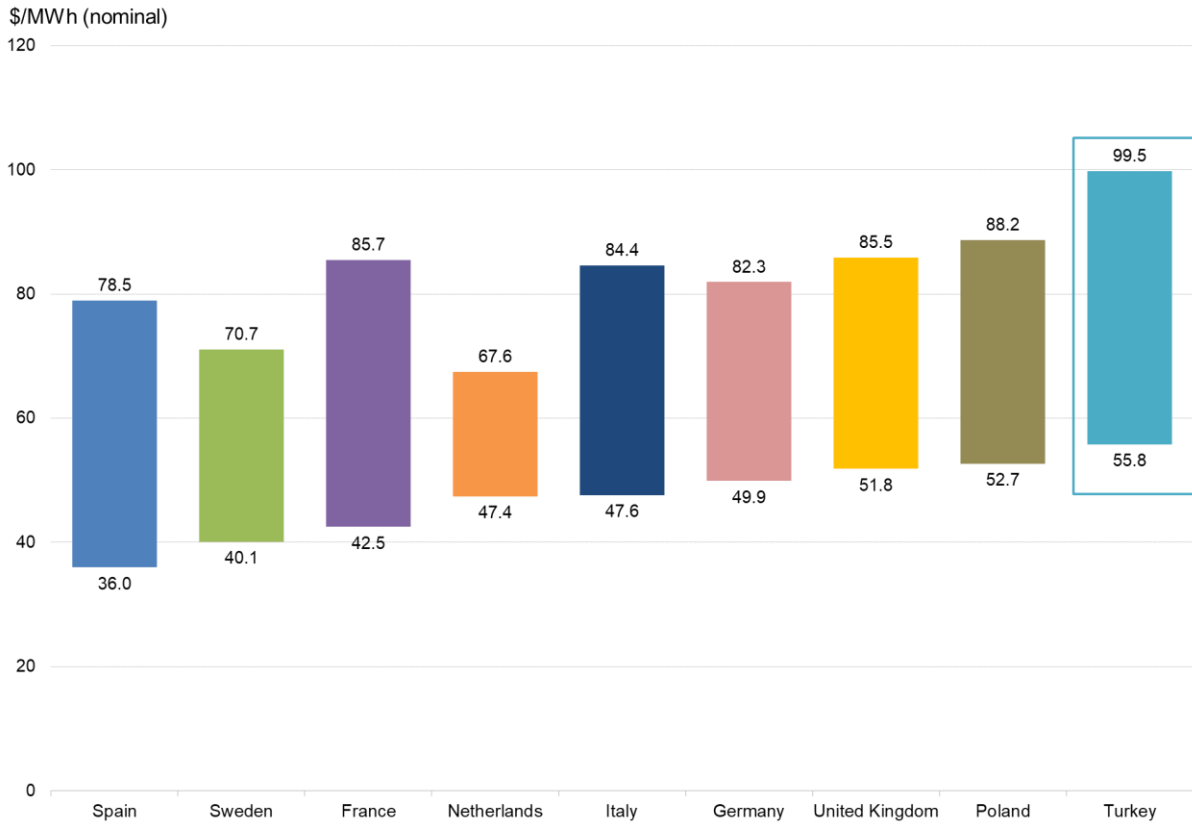
YEKDEM ve YEKA kapsamındaki ihalelerde belirlenen sabit fiyatlar ve düşük finansman maliyetleri, proje risklerini azaltmış ve yatırımcıları cezbetmiştir. Ancak, Türkiye'nin artan ölk riski puanı, sermaye maliyetlerini olumsuz etkilemiş ve LCOE (Levelized Cost of Energy) oranlarını yükseltmiştir. LCOE, geçmişten bu yana yatırım kararları ve proje değerlendirmelerinde kullanılan metriktir.

BloombergNEF'in 2023 raporuna göre, Türkiye'nin LCOE maliyetleri, Avrupa'nın birçok ölkesi ile karşılaştırıldığında daha yüksek seviyelerdedir ve bu durum özellikle finansman maliyetlerindeki



artışla ilişkili bulunmuştur. Bu rapora göre Türkiye EMEA bölgesinde en yüksek enerji maliyetlerine sahipken, LCOE 55.8\$/MWh ile 99.5\$/MWh aralığında hesap edilmiştir (Grafik 3).

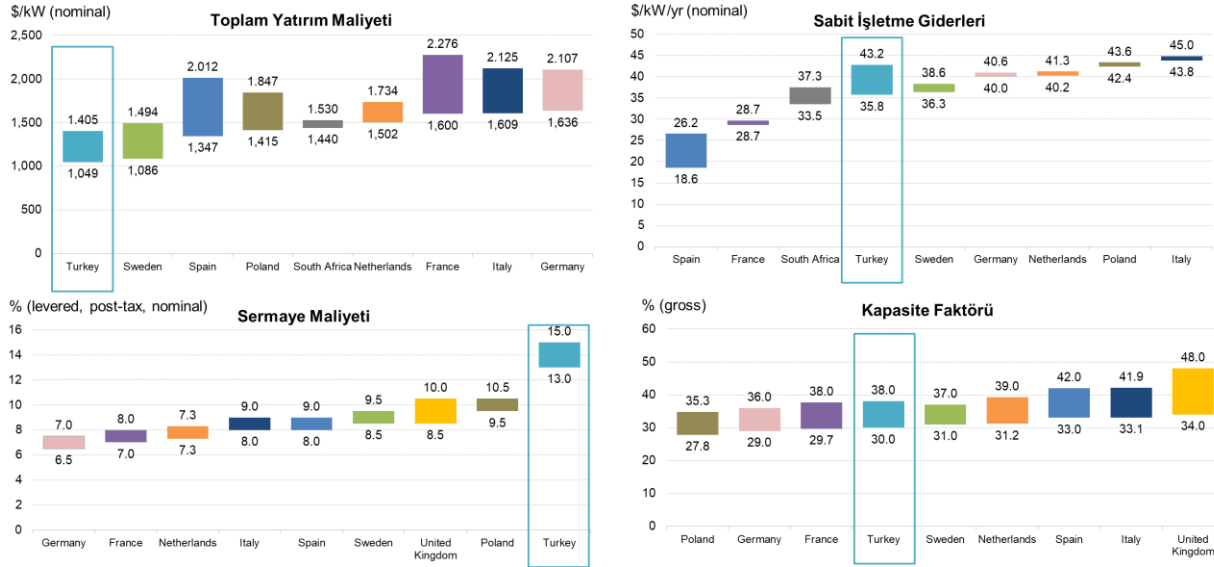
BNEF'in varsayımlarına detaylı olarak bakıldığında Türkiye neredeyse en düşük yatırım ve ortalama işletme bakım maliyetlerine sahip iken, sermaye maliyetlerindeki açık ara yüksek fark enerji maliyetlerindeki artışa neden olmaktadır. (Grafik 4).



Grafik 16: BNEF 2023 LCOE Hesabı



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir



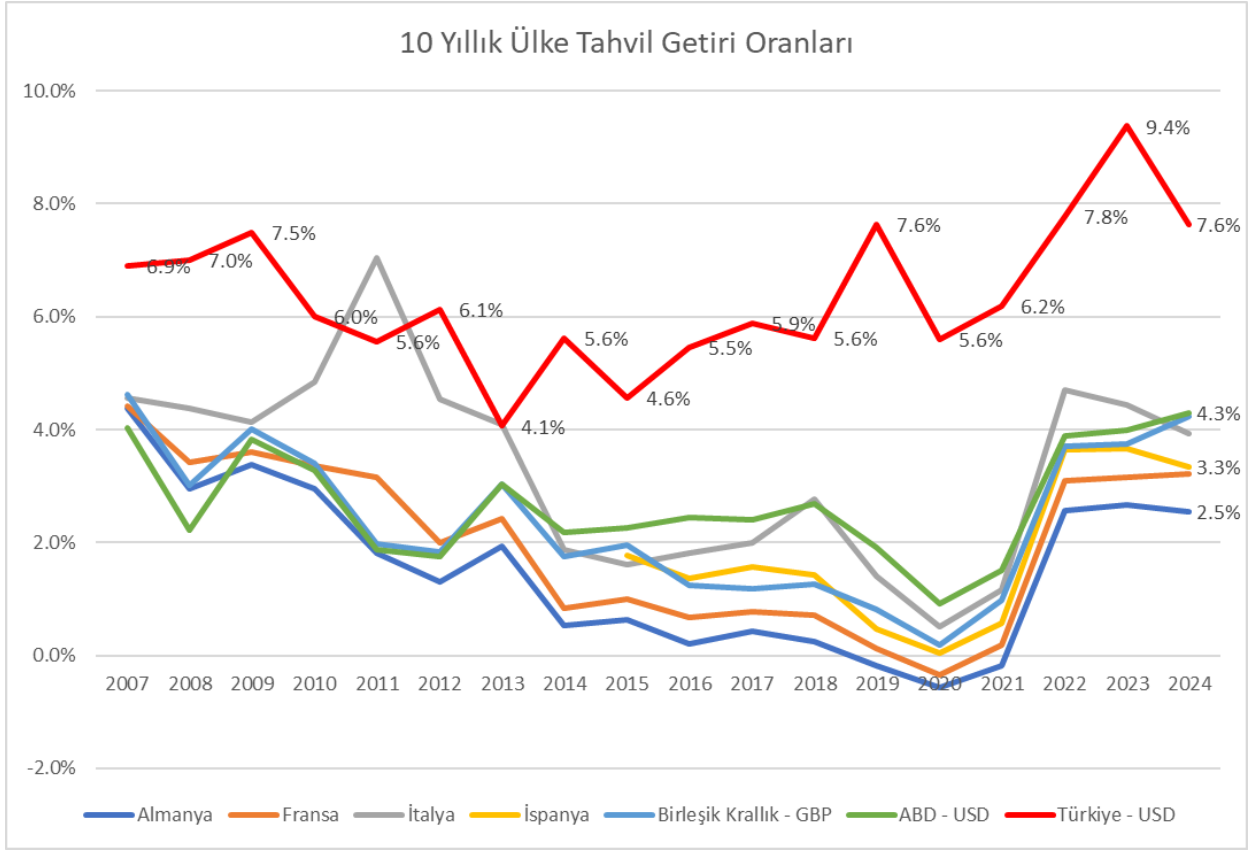
Grafik 17: BNEF 2023 LCOE Hesabında Kullanılan Parametreler

TÜREB LCOE Çalışması

Yatırım tercihlerinde ülke riski dikkate alınmaktadır. Yatırımların ülke riskinin üstünde getiri elde etmesi amaçlanırken ülke riskinin üstüne proje riski eklenerek proje indirgeme oranı bulunmaktadır. Türkiye rüzgar yatırımlarında beklenen IRR, ülke riskinden ötürü Avrupa ve ABD'ye oranla daha yüksek olmaktadır(Grafik 5).



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir



Grafik 18: 10 yıllık Ülke Tahvil Getiri Oranlarının zamanla değişimi

TÜREB olarak hem sermaye ve yatırım maliyetleri hem de ülke riskini de göz önünde bulundurarak ülkemizdeki hem rüzgar projelerinde hem de depolamalı rüzgar projelerinde enerji maliyetleri hesap edilmiştir. Hesaplarımızda kullanılan temel parametrelerin varsayımları aşağıdaki tabloda detaylandırılmıştır.

IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi





Tablo 6: LCOE hesabı için temel varsayımlar

LCOE Temel Varsayımlar	
Rüzgar Yatırım Maliyeti	1.200 kUSD/MW
Depolama Yatırım Maliyeti	200 kUSD/MW
P50 Kapasite Faktörü	%35
WACC	%12
İşletmeye Giriş	2027
USD Enflasyon	%2

Bu temel varsayımlar kapsamında 2027’de işletmeye alınan projelerin enerji maliyeti ortalaması 56.2USD/MWh iken depolamalı rüzgar projeleri için maliyet 64.5USD/MWh’a çıkmaktadır. Altta ki hassasiyet tablolarında farklı rüzgar kapasite faktörleri, RES yatırım maliyeti ve LCOE indirgeme oranlarında LCOE değişimleri yer almaktadır.

LCOE - US\$/MWh	RES Yatırım Maliyeti - kUSD/MWh							LCOE - USD/MWh	LCOE İndirgeme Oranı (WACC)						
56,2	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300	1.350	56,2	10,5%	11,0%	11,5%	12,0%	12,5%	13,0%	13,5%
29,0%	60,4	62,6	64,8	67,0	69,2	71,4	73,5	29,0%	60,0	62,4	64,7	67,0	69,3	71,7	74,1
31,0%	56,4	58,8	60,9	62,9	65,0	67,0	69,1	31,0%	56,6	58,6	60,8	62,9	65,1	67,3	69,5
33,0%	53,3	55,5	57,4	59,4	61,3	63,2	65,1	33,0%	53,4	55,3	57,3	59,4	61,4	63,5	65,6
35,0%	50,5	52,6	54,4	56,2	58,0	59,8	61,6	35,0%	50,6	52,4	54,3	56,2	58,1	60,1	62,1
37,0%	48,0	49,9	51,7	53,4	55,1	56,8	58,5	37,0%	48,1	49,8	51,6	53,4	55,2	57,1	58,9
39,0%	45,7	47,6	49,2	50,9	52,5	54,1	55,7	39,0%	45,5	47,4	49,1	50,9	52,6	54,3	56,1
41,0%	43,7	45,5	47,0	48,6	50,1	51,7	53,2	41,0%	43,5	45,3	46,9	48,6	50,2	51,9	53,6

Tablo 2: Rüzgar projeleri için LCOE hesabı

LCOE - US\$/MWh	RES Yatırım Maliyeti - kUSD/MWh							LCOE - USD/MWh	LCOE İndirgeme Oranı (WACC)						
64,4	1.050	1.100	1.150	1.200	1.250	1.300	1.350	64,4	10,5%	11,0%	11,5%	12,0%	12,5%	13,0%	13,5%
29,0%	70,4	72,6	74,8	76,9	79,1	81,3	83,5	29,0%	68,9	71,7	74,3	76,9	79,6	82,3	85,1
31,0%	65,8	68,1	70,2	72,2	74,3	76,3	78,4	31,0%	64,9	67,3	69,8	72,2	74,8	77,3	79,9
33,0%	62,1	64,3	66,2	68,1	70,0	72,0	73,9	33,0%	61,2	63,5	65,8	68,1	70,5	72,9	75,3
35,0%	58,8	60,8	62,6	64,5	66,3	68,1	69,9	35,0%	58,0	60,1	62,2	64,5	66,7	68,9	71,2
37,0%	55,8	57,8	59,5	61,2	62,9	64,6	66,3	37,0%	55,1	57,1	59,1	61,2	63,3	65,4	67,6
39,0%	53,2	55,0	56,6	58,3	59,9	61,5	63,1	39,0%	52,1	54,3	56,3	58,3	60,3	62,3	64,3
41,0%	50,8	52,5	54,1	55,6	57,2	58,7	60,3	41,0%	49,7	51,9	53,7	55,6	57,5	59,5	61,4

Grafik 19: Depolamalı Rüzgar Projeleri İçin LCOE Hesabı

IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi



Rüzgar Enerjisi Projelerinin Zorlukları ve Fırsatları

Zorluklar:

- Ülke riski nedeniyle yüksek sermaye maliyetleri.
- Uzun süreç alan izin ve bağlantı prosedürleri.
- LCOE oranlarının yüksekliği, uluslararası yatırımcıların projelere olan ilgisini azaltabilmektedir.

Fırsatlar:

- 2035 Yenilenebilir Enerji Yol Haritası kapsamında planlanan 120 GW yenilenebilir enerji kapasitesi hedefi.
- YEKA ihaleleriyle yerli üretimin desteklenmesi ve bölgesel ekonomik kalkınmaya katkı.
- Türkiye'nin jeopolitik konumu, Avrupa enerji pazarına yakınlığı nedeniyle yenilenebilir enerji ihracatında önemli bir fırsat sunmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Türkiye, rüzgar enerjisi sektöründe büyük potansiyele sahip olmakla birlikte, YEKDEM ve YEKA gibi mekanizmaların etkili kullanımıyla bu potansiyel daha da arttırılabilir. Ancak, izin süreçlerinin kısaltılması, finansman maliyetlerinin düşürülmesi ve yerel üretimin desteklenmesi kritik önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, öneriler şunlardır:

- **İzin Süreçlerinin Hızlandırılması:** İzin ve bağlantı prosedürlerinin hızlandırılması, projelerin zamanında hayata geçirilmesini sağlayacaktır.
- **Yerli Ekipman Kullanımının Teşviki:** Yerli üreticilere sağlanacak ek teşvikler, teknoloji transferini hızlandırabilir.

IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi



- **Uluslararası Yatırımcıların Çekilmesi:** Finansman maliyetlerini düşürmek için uluslararası finans kuruluşlarıyla iş birliği yapılabilir.
- **Ar-Ge ve Teknoloji Geliştirme:** Rüzgar enerjisi teknolojilerinde yerli yeniliklerin artırılması, maliyetlerin düşmesine katkıda bulunacaktır.

6.2. Sonuç

Türkiye'de rüzgar enerjisi yatırımları 18 milyar USD'yi aşmış olsa da finansmana erişimde yaşanan sorunlar sektördeki büyümeyi yavaşlatmaktadır. Mevcut teşviklerin uzun vadeli öngörülebilirliği sağlanarak finansman koşullarının iyileştirilmesi gerekmektedir.

7. Değerlendirme ve Sonuç

Türkiye rüzgar enerjisi sektörü, güçlü bir büyüme trendi yakalamış olup, 2024 yılı itibarıyla toplam elektrik üretiminin %11,4'ünü karşılamaktadır. Bu başarı, devlet destekleri, yatırımcı ilgisi ve teknolojik gelişmelerle sağlanmıştır. Ancak, sektörün önündeki temel zorluklar arasında mevzuatsal süreçlerin karmaşıklığı, tedarik zinciri bağımlılıkları, finansman erişimi ve nitelikli iş gücü eksikliği bulunmaktadır.

Ana Bulgular:

- **Yatırım Potansiyeli:** 2024 yılı sonu itibarıyla mevcut proje stoğu 25.474 MW'a ulaşmıştır. 2035 yılına kadar YEKA ve diğer mekanizmalarla 20.000 MW ilave kapasite tahsisi hedeflenmektedir.
- **Düzenleyici Engeller:** TEA süreçleri, kamulaştırma izinleri ve çevresel düzenlemeler, proje geliştirme süreçlerini yavaşlatmaktadır.
- **Teknoloji ve İnovasyon:** AI, IoT ve büyük veri gibi yenilikçi teknolojiler sektöre entegrasyon sürecindedir. Ancak Ar-Ge yatırımları artırılmalıdır.



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir

- **Tedarik Zinciri ve Lojistik:** Türkiye’de yerli üretim güçlü bir konumda olsa da türbin jeneratörleri ve dişli kutularında ithalata bağımlılık devam etmektedir.
- **Finansal Sürdürülebilirlik:** YEKDEM teşvikleri sayesinde sektör büyüme de finansal sürdürülebilirlik için yeni teşvik mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.
- **İşgücü ve Eğitim:** Nitelikli iş gücü eksikliği, özellikle deniz üstü rüzgar projelerinde belirgin hale gelmiştir.

Türkiye'nin rüzgar enerjisindeki rekabet avantajını koruyabilmesi için daha kapsamlı politika düzenlemeleri, finansman erişiminin iyileştirilmesi, yerli üretimin desteklenmesi ve Ar-Ge yatırımlarının artırılması gerekmektedir. Sektör, orta ve uzun vadede sürdürülebilir büyüme sağlamak için bu faktörlere odaklanmalıdır.



Kaynakça

- DEHUKAM. (2025). <https://www.dehukam.org/en/foundation-purpose/> adresinden alındı
- DTU. (2025). <https://lifelonglearning.dtu.dk/en/wind-energy/master-en/offshore-wind-farm-planning/> adresinden alındı
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. (2025).
- EMD International. (2025). <https://www.emd-international.com/windpro/courses/> adresinden alındı
- Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ). (2025).
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). (2025).
- GWEC. (2024). <https://gwec.net/global-offshore-wind-report-2024/> adresinden alındı
- IEA. (2025). <https://www.iea.org/about> adresinden alındı
- IRENA. (2025). <https://www.irena.org/Energy-Transition/Partnerships/GOWA> adresinden alındı
- İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Rüzgar Enerjisi Meteorolojisi ve Çevresel Uygulama ve Araştırma Merkezi. (2025). <https://ruzmer.iyte.edu.tr/> adresinden alındı
- SHURA. (2025). <https://shura.org.tr/> adresinden alındı
- Siemens Gamesa. (2025). <https://www.siemensgamesa.com/global/en/home/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-14-222-dd.html> adresinden alındı
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2025).
- T.C. Dışişleri Bakanlığı. (2025). <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> adresinden alındı
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2025).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2025). <https://enerji.gov.tr/> adresinden alındı
- T.C. Ministry of Energy and Natural Resources. (2023). *Stakeholder Interaction Plan, February 2023*.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2025).
- TÜREB & SHURA. (2024). *Deniz Üstü Rüzgar Enerjisi İhaleleri: Küresel Eğilimler ve Türkiye için Öneriler*.
- Türk Deniz Kuvvetleri Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı. (2025). <https://www.shodb.gov.tr/> adresinden alındı
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ). (2025).
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB). (2025).
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. (2023). *2023 Türkiye Rüzgar Enerjisi Sanayisi Envanteri Araştırması*.
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. (2024). *Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu, Temmuz 2024*.
- WFO. (2024). <https://wfo-global.org/wp-content/uploads/2024/04/WFO-Report-2024Q1.pdf> adresinden alındı
- World Bank. (2020). *Technical Potential for Offshore Wind in Türkiye Map, May 2020*.



Avrupa Birliği tarafından
finanse edilmektedir

Websiteler:

<https://ruzmer.iyte.edu.tr/>

<https://shura.org.tr/>

<https://www.shodb.gov.tr/>

<https://enerji.gov.tr/>

<https://wfo-global.org/wp-content/uploads/2024/04/WFO-Report-2024Q1.pdf>

<https://gwec.net/global-offshore-wind-report-2024/>

<https://www.iea.org/about>

<https://www.siemensgamesa.com/global/en/home/products-and-services/offshore/wind-turbine-sg-14-222-dd.htm>

<https://www.irena.org/Energy-Transition/Partnerships/GOWA>

<https://lifelonglearning.dtu.dk/en/wind-energy/master-en/offshore-wind-farm-planning/>

<https://www.emd-international.com/windpro/courses/>

<https://www.dehukam.org/en/foundation-purpose/>

<https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>

IPA III/2023/450-707 Değişim Rüzgarları: Yeşil Enerji Yoluyla Paydaşların Güçlendirilmesi

