

RAPOR

RÜZGARDA YENİ SAYFA: DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ

BÜŞRA ZEYNEP ÖZDEMİR

AĞUSTOS 2025 | SAYI: 268

RÜZGARDA YENİ SAYFA: DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ

BÜŞRA ZEYNEP ÖZDEMİR

COPYRIGHT © 2025

Bu yayının tüm hakları Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları (SETA) Vakfı'na aittir. SETA'nın izni olmaksızın yayının tümünün veya bir kısmının elektronik veya mekanik (fotokopi, kayıt ve bilgi depolama vd.) yollarla basımı, yayımı, çoğaltılması veya dağıtımı yapılamaz. Kaynak göstermek suretiyle alıntı yapılabilir.

SETA Yayınları 268
I. Baskı: 2025
ISBN: 978-625-5703-01-9

Editörya: Ebrar Üzümcü, Berrin Çalışkan, Mustafa Said İşeri
Mizanpaj: Erkan Söğüt
Baskı: Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık A.Ş., İstanbul

SETA | SİYASET, EKONOMİ VE TOPLUM ARAŞTIRMALARI VAKFI

Nenehatun Cd. No: 66 GOP Çankaya 06700 Ankara TÜRKİYE
Tel: +90 312 551 21 00 | Faks: +90 312 551 21 90
www.setav.org | info@setav.org | @setavakfi

SETA | İstanbul

Defterdar Mh. Savaklar Cd. Ayvansaray Kavşağı No: 41-43
Eyüpsultan İstanbul TÜRKİYE
Tel: +90 212 395 11 00 | Faks: +90 212 395 11 11

SETA | Washington D.C.

1025 Connecticut Avenue, N.W., Suite 1106
Washington D.C., 20036 USA
Tel: 202 223 98 85 | Faks: 202 223 60 99
www.setadc.org | info@setadc.org | @setadc

SETA | Berlin

Kronenstrasse 1, 10117 Berlin GERMANY
berlin@setav.org

SETA | Brüksel

Avenue des Arts 6, 1000 Bruxelles BELGIUM
Tel: +32 2 313 39 41

İÇİNDEKİLER

ÖZET | 7

GİRİŞ | 9

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİNİN GELİŞİMİ | 11

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİNİN
PLANLANMASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER | 15

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ | 17

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİNİN
AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI | 21

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİNE YATIRIM YAPAN ÜLKELER | 25

SANTRAL YATIRIMLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER | 35

TÜRKİYE'DE DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ ÇALIŞMALARI | 39

SONUÇ | 53

ÖZET

Dünya genelinde artan küresel ısınma ve iklim değışikliği kaygıları yenilenebilir enerji kaynaklarının yirmi yılı aşkın bir süredir ülkelerin enerji karışımındaki payının artmasına vesile olmaktadır. Bu noktada kilit bir rol atfedilen deniz üstü rüzgar enerjisi, küresel ölçekte hızla gelişen ve yatırım çeken yenilenebilir enerji alanlarından biridir. Karalara kıyasla açık denizlerde daha yüksek olan rüzgar potansiyelinden yararlanma imkanı kaydedilen teknolojik ilerlemelerle birleştğinde bu alandaki kurulu gücün hızlıca artmasını beraberinde getirmiştir.

Bu raporda deniz üstü rüzgar enerjisinin gelişimi, avantaj ve dezavantajları, günümüzdeki teknolojik durum, dünya genelindeki yatırımlar ve Türkiye'nin bu alandaki mevcut durumu analiz edilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin potansiyel sahaları, yasal düzenlemeleri, Dünya Bankası ile yürütülen çalışmalar ve destekleme mekanizmaları ışığında öneriler geliştirilmiştir.

GİRİŞ

Son yıllarda küresel ısınma ve iklim değışikliği ile mücadelenin dünya gündeminde daha fazla yer edinmesi düşük karbon emisyonlu ekonomi hedeflerinin yaygınlaşmasını beraberinde getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kilit rol oynadığı bu ekonomik model yeni teknolojilerin geliştirilmesi sürecine de ivme kazandırmıştır. Esasında ağırlıklı olarak gelişmiş ülkelerin öncülük ettiği yenilenebilir enerji odaklı çabaların temelinde uzunca bir süre ithal enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltma hedefi yer almıştır. Hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal enerji gibi geleneksel yöntemler ekseninde kurulu güçlerde varlık göstermeye başlayan yenilenebilir kaynaklar zamanla yeni bir kimlik daha kazanmıştır.

2000'lerden itibaren gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı enerji talebi artışı ve bununla birlikte yükselen sera gazı emisyonları son yirmi yılda uluslararası gündemde yer alan enerji tüketimine bağılı çevresel etki tartışmalarına yeni bir boyut kazandırmıştır. Emisyon artışının tetiklediği küresel ısınmayı yavaşlatma çabaları ise yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini farklı bir düzeye çıkarmıştır. Çeşitlendirme sağlayarak enerji güvenliğini artırmanın yanında fosil enerji kaynaklarının neden olduğu çevresel et-

kilerin azaltılmasına katkı sunmaları yenilenebilir kaynakların önemini hızla artırmıştır. Geleneksel yenilenebilir kaynaklara güneş ve rüzgar enerjileri alanındaki yeni teknolojiler eşlik etmiş, ülkelerin mümkün olan tüm öz kaynaklarıyla enerji üretmeleri için çalışmalar hızlandırılmıştır. Düşük karbonlu ekonomi modelinin bel kemiği haline gelen yenilenebilir enerjiler gelinen noktada dünya genelinde enerji sektöründe en fazla yatırımın yapıldığı alan olmuştur.

Deniz üstü rüzgar enerjisi ise rüzgar enerjisinin bir alt dalı olarak dünya genelinde güneş enerjisinin ardından en fazla yatırım alan sektörlerden biridir. Karalarda kullanılan rüzgar enerjisinden daha yüksek hızdaki rüzgarlardan da elektrik üretebilmek amacıyla açık denizlerde de uygulamalara başlanmış ve deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri giderek daha fazla dikkat çekici hale gelmiştir. Avrupa merkezli başlatılan deniz üstü rüzgar enerjisi bugün Asya ülkelerinin öncülüğünde dünyanın diğer bölgelerinde de yatırım yapılan bir teknolojidir. Türkiye de yakın çevresi ve Avrupa'da yenilenebilir enerji kaynaklarından en fazla yararlanan ülkeler arasında yer alarak rüzgar enerjisi faaliyetlerini deniz üstü rüzgar enerjisi alanına genişletmek için çalışmalar yürütmektedir.

Bu rapor deniz üstü rüzgar enerjisi teknolojilerinin gelişimi hakkında paylaşılan bilgilerin ardından teknolojinin geldiği mevcut durumu, projelendirme esnasında dikkat edilmesi gerekenleri ve deniz üstü rüzgar enerjisinin avantaj ve dezavantajlarını incelemektedir. Dünya genelinde deniz üstü rüzgar enerjisine en fazla yatırım yapılan ülkeleri de ele alan inceleme; Türkiye'de deniz üstü rüzgar enerjisi alanındaki çalışmaları, ülkemizin potansiyelini ve bu alandaki gelişmeleri analiz etmesinin ardından öneriler eşliğinde sona ermektedir.

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİNİN GELİŞİMİ

İnsanlığın yararlandığı en eski enerji kaynaklarından biri olan rüzgar enerjisinin elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımı 1800'lerin sonunda başlamıştır. Rüzgardan elektrik üreten ilk sistemler kırsal alanların aydınlatılması amacıyla kurulurken ilk rüzgar türbini 1891'de Danimarka'da inşa edilmiştir.¹ 1900'lerin henüz başında Danimarka'da toplam kurulu gücü 30 megavat (MW) olan yaklaşık 2 bin 500 rüzgar türbini kurulmuştur.² Modern yenilenebilir enerji kaynakları arasında zikredilen rüzgar enerjisi sistemleri ise 1970'lerdeki petrol krizlerini takiben 1980'lerde sanayileşmeye başlamıştır.³ Alternatif enerji kaynak-

1. Fransız mühendis Philippe Bruyere'e göre ilk rüzgar güülü 1883'te Viyana Elektrik Fuarı'nda tanıtılmış iken pek çok kaynağa göre ilk rüzgar enerjisi üretim sistemi 1887'de İskoçya'da kurulmuştur. Daha fazla bilgi için bkz. "140 Years of Wind Power", World Wind Energy Association, 31 Temmuz 2023, <https://wwindea.org/140-years-of-wind-power-as-the-world-reaches-1-miomw-new-discovery-shows-that-the-worlds-first-wind-generator-was-installed-in-1883>, (Erişim tarihi: 25 Haziran 2025).

2. Zachary Shahan, "History of Wind Turbines", Renewable Energy World, 21 Kasım 2014, <https://www.renewableenergyworld.com/storage/grid-scale/history-of-wind-turbines/#gref>, (Erişim tarihi: 26 Haziran 2025).

3. "Wind Energy", IRENA, <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Wind-energy>, (Erişim tarihi: 20 Haziran 2025); "Wind Explained – History of Wind Power", U.S. Energy Information Administration (EIA), 20 Nisan 2023, <https://www.eia.gov/energyexplained/wind/history-of-wind-power.php>, (Erişim tarihi: 20 Haziran 2025).

ları arayışına ithal edilen bir emtianın arz sorununun eklenmesi yerli kaynaklara yönelimi hızlandırarak yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimine ivme kazandırmıştır.

İlk olarak karalarda kurulan rüzgar enerjisi santralleri zamanla verimliliğin artırılması yönündeki çalışmaların bir sonucu olarak deniz alanlarına taşınmıştır. Açık denizlerdeki daha yüksek şiddetli rüzgarlardan yararlanmak adına dünyanın ilk deniz üstü rüzgar enerjisi santrali 1991’de Danimarka’nın Vindeby kıyılarında kurulmuştur. 11 adet rüzgar türbiniyle toplam 5 MW kurulu güce sahip olan ve yılda yaklaşık 2 bin 200 hanenin elektrik talebini karşılayan santral dönemin şartları gereğince kıyıya yakın, sığ bir alanda ve küçük ölçekli türbinler kullanılarak inşa edilmiştir. Takip eden on yılda Danimarka, Hollanda, İsveç ve Birleşik Krallık kıyılarında kurulan santraller de benzer şekilde kıyıya yakın alanlarda, kurulu gücü 0,5-2,3 MW arasında değişen ve deniz tabanına sabitlenen türbinlerden oluşmuştur.⁴

Yapılan çok sayıda araştırma-geliştirme (Ar-Ge) çalışması eşliğinde gelişen teknoloji günümüzde kıyıya uzak yerlerde de kuruluma imkan sağlamaktadır.⁵ Bunun yanında boyut olarak büyüyen türbinler daha az sayıda rüzgar türbiniyle daha yüksek miktarda elektrik üretimine olanak sağlamaktadır. Öyle ki günümüzde tek bir deniz üstü rüzgar türbini Vindeby Rüzgar Enerjisi Santrali’nin tamamından daha fazla elektrik üretebilir durumdadır.⁶

Hızla gelişen teknoloji sayesinde 2010’da kurulan bir deniz üstü rüzgar türbini 3 MW’lık kapasiteye ve yaklaşık 100 metre yüksekliğe ulaşabilirken günümüzde 25 MW’tan fazla kapasite ile 200 metrenin üzerinde yüksekliğe sahip deniz üstü rüzgar türbinleri üretilmektedir.⁷ Boyutları büyüyen türbinler

4. “Making Green Energy Affordable –How the Offshore Wind Energy Industry Matured– and What We Can Learn from It”, Ørsted, (Haziran 2019), <https://orsted.com/-/media/WWW/Docs/Corp/COM/explore/Making-green-energy-affordable-June-2019.pdf>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

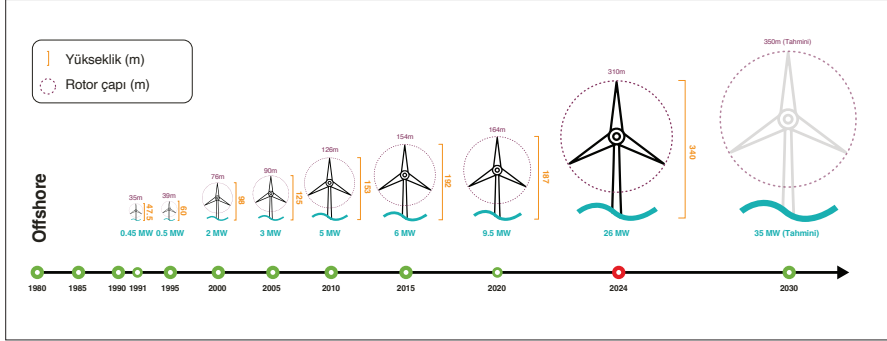
5. Bahse konu santral kıyıda yaklaşık 3 kilometre uzaklıkta inşa edilmişken günümüzde 120 kilometreden daha uzak mesafelerde dahi rüzgar santralleri kurulabilmektedir.

6. “The World’s First Offshore Wind Farm is Retiring”, State of Green, 15 Mart 2017, <https://stateofgreen.com/en/news/the-worlds-first-offshore-wind-farm-is-retiring>, (Erişim tarihi: 10 Ağustos 2025).

7. “Wind Turbines and Energy Production”, Business Norway, 13 Kasım 2024, <https://businessnorway.com/articles/wind-turbines-and-energy-production>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025); Lin Xiaoyi ve Yang Ruoyu, “World’s Largest Single Capacity Offshore Wind Turbine Successfully Installed”, *Global Times*, 28 Haziran 2023; Joe Salas, “Planet’s Largest Wind Turbine Record Broken again at 26MW”, *New Atlas*, 23 Ekim 2024, <https://newatlas.com/energy/world-record-offshore-wind-turbine-dongfang-26-mw>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

ise daha yüksekte ve daha geniş alanda hareket ederek daha fazla elektrik üretebilmektedir. Bu da yeni kurulan santrallerin daha yüksek “kapasite faktörü”ne sahip olduğu anlamına gelmektedir.⁸⁹

GÖRSEL 1. DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ TÜRBİNLERİNİN GELİŞİM TRENDİ (1980-2030)



Kaynak: “Global Offshore Wind Report 2025”.

8. “Kapasite faktörü” bir santralin belirli bir süre içinde ürettiği toplam enerjinin, tam kapasite üretebileceği enerjiye bölünmesiyle elde edilir. Deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinde kapasite faktörü, santralin kurulduğu yerdeki rüzgar kalitesine göre değişiklik göstermekle birlikte diğer yenilenebilir enerji teknolojileriyle kıyaslandığında deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin en yüksek kapasite faktörüne sahip olduğunu vurgulamak gerekir.

9. “Offshore Wind Outlook 2019”, IEA, (Kasım 2019), <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>, (Erişim tarihi: 10 Ağustos 2025).

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİNİN PLANLANMASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER

Tüm enerji santrallerinde olduğu gibi deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin planlanması esnasında da yatırımcıların güvenle yatırım yapmasını sağlamak için dikkat edilmesi gereken belli başlı hususlar vardır. Bunların en başında ise çevresel etki değerlendirmesi gelmektedir. Santralin inşası, çalışması ve devreden alınması süreçlerinde insan sağlığına ve tüm canlılara olası etkilerin araştırılması gerekmektedir. Çevresel açıdan gerekli koşullar sağlandığında ikinci olarak rüzgar potansiyeli incelenmektedir. Rüzgar potansiyelinin az ve rüzgar hızının düşük kuvvette olduğu bölgelerde verim az olacağından en az orta veya yüksek hızda rüzgarların esmesi beklenmektedir.

Günümüz teknolojik koşullarında en az 6,0 m/sn rüzgar hızı gerekirken teknolojinin ilerlemesiyle birlikte daha düşük rüzgar

hızlarına elverişli türbinlerin geliştirileceği de düşünülmektedir. Potansiyelin net bir şekilde anlaşılabilmesi için açık denizlerde rüzgar hızının ölçülmesi, uzun yıllara dayanan ölçümlerle verilerin net bir şekilde ortaya koyulması büyük önem arz etmektedir. Türkiye’de denizlerdeki rüzgar ölçümlerini yapan ana kurum Meteoroloji Genel Müdürlüğüdür. Meteorolojik ölçümlerin yanı sıra deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tespit edilmesi de yine sahalanın elverişliliği için önemlidir.¹⁰

Rüzgarın yeterli bulunduğu sahalarda sırasıyla şebeke bağlantı olanakları, deniz derinliği, kıyıya uzaklık ve deniz tabanı koşullarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Şebeke imkanının olmaması ek yatırım maliyeti ortaya çıkaracakken derinliğin ve kıyıdan uzaklığın artması da yine maliyetleri yükseltmektedir. Derinliğin uygun seviyede, rüzgar hızının orta ve yüksek aralıklarda olduğu bölgelerde dikkate alınması gereken başlıca hususlar arasında askeri eğitim sahaları, deniz üstü alanların uçuş güvenliği ve kıta sahanlığının yanında çevresel koruma altında olan ve balıkçılık, deniz taşımacılığı, turizm ve hidrokarbon sektörleri için önem taşıyan alanlar yer almaktadır. Bu alanların ekonomik değere sahip olması nedeniyle gözetilmesi gerekmektedir. Ayrıca iletişim amaçlı döşenen deniz altı kabloları ve fay hatlarının mevcut olduğu alanlara da deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin kurulmaması tavsiye edilmektedir.¹¹

Son olarak santralin inşa edilmesi planlanan bölgelerde arazinin sahipliği konusu da yatırımın güvenliği açısından önem arz eden bir diğer husustur. Gerekli olması halinde kamulaştırma yapılması gerektiğinden arazi sahiplerinin rızasının alınması projenin hayata geçirilebilmesi için gerekli koşullardan biridir.

10. “Guide to an Offshore Wind Farm”, Offshore Renewable Energy Catapult, (Ocak 2019), <https://www.thecrownestate.co.uk/media/2860/guide-to-offshore-wind-farm-2019.pdf>, (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2025); “Denizüstü Rüzgar Enerjisi Türkiye Yol Haritası”, *Wind Energy Magazine*, 7 Haziran 2024; Travis Benn, “How to Start a Wind Farm: The Ultimate Guide”, Lumify Energy, 3 Haziran 2025, <https://lumifyenergy.com/blog/how-to-start-a-wind-farm>, (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2025).

11. Murat Durak vd., “Denizüstü Rüzgar Elektrik Santralleri Türkiye Yol Haritası”, DÜRED, (Ocak 2024), <http://dured.sanalsal.com/wp-content/uploads/sites/6/2025/03/denizustu-ruzgar-elektrik-santralleri-turkiye-yol-haritasi.pdf>, (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2025).

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ TEKNOLOJİLERİ

Günümüzde kurulum açısından iki temel deniz üstü rüzgar enerjisi santrali mevcuttur: deniz tabanına sabitlenen santraller ve yüzer santraller. Deniz tabanına sabitlenen santraller derinliğin 60 metreden az olduğu açık denizlerde çelik ve benzeri metallere üretilen yapılarla deniz tabanına sabitlenen rüzgar türbinlerinden oluşmaktadır. Bugün dünyada deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücü ağırlıklı olarak deniz tabanına sabitlenen türbinlerin yer aldığı santrallerden oluşmaktadır.¹²

Yüzer santraller ise derinliğin 50 metreden fazla olduğu alanlarda rüzgar türbinlerinin yüzer platformlara inşa edildiği, platformların deniz tabanına kablo, zincir ve halat gibi malzemelerle sabitlendiği santrallerdir. Dalgaların akış yönüne göre hareket edebilen türbinlerden oluşan bu santraller, deniz tabanına sabitlenen türbinlere kıyasla daha derin sularda elektrik üretme im-

12. "Global Offshore Wind Report 2024", World Forum Offshore Wind (WFO), (Nisan 2025), https://wfo-global.org/wp-content/uploads/2025/04/WFO_Global-Offshore-Wind-Report-2024_final.pdf, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

kanı sağlamaktadır.¹³ Dahası, yüzer santraller kıyıların turizm, balıkçılık ve benzeri amaçlarla kullanıldığı bölgelerde deniz üstü rüzgar enerjisi projeleri için potansiyel uygulanabilir alanları daha geniş kılmaktadır.

İlk yüzer deniz üstü rüzgar enerjisi türbini 2,3 MW'lık kurulu gücüyle 2009'da Norveç'te karaya 10 kilometre uzaklıkta kurulmuştur.¹⁴ Yine ilk örneklerinden biri Fransa'nın turistik cazibe merkezlerinden Marsilya kıyılarında faaliyete alınmıştır. Haziran 2025'te tam kapasite devreye alınan Fransa'nın ve Akdeniz bölgesinin ilk örneği olan 3 adet 8,4 MW kurulu güce sahip türbinden oluşan santralle yılda 45 bin kişinin elektrik talebinin karşılanması planlanmaktadır.¹⁵ Norveç ve Fransa'nın yanı sıra Birleşik Krallık, Çin ve Portekiz de yüzer deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin öne çıktığı ülkelerdir.¹⁶

Her iki teknolojinin de kullanıldığı hibrit deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri üçüncü yöntem olarak tartışılmaktadır. Bu santraller, derinliğin yer yer değişerek 50-60 metre arasında olduğu tek bir saha içinde farklı konumlarda hem tabana sabitlenmiş hem de yüzer türbinlerin kurulabilmesine imkan sağlayabilmektedir. Hibrit santrallerle farklı büyüklüğe sahip türbinlerin kullanılmasıyla deniz üstü rüzgar enerjisi potansiyelinin görece daha kısıtlı olduğu yerlerde de elektrik üretilebilmesi hedeflenmektedir.¹⁷

Deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin tamamı ürettiği elektriği deniz tabanında toprak altına gömülen kablolar (yüksek iletim hatları)

13. "Top 10 Things You Didn't Know about Offshore Wind Energy", Wind Energy Technologies Office of U.S. Department of Energy, 21 Ağustos 2014, <https://www.energy.gov/eere/wind/articles/top-10-things-you-didnt-know-about-offshore-wind-energy>, (Erişim tarihi: 1 Temmuz 2025).

14. "World's First Floating Offshore Wind Turbine Goes to Sea Off Norway Coast", Power Engineering, 8 Haziran 2009, <https://www.power-eng.com/renewables/wind-energy/worlds-first-floating-offshore-wind-turbine-goes-to-sea-off-norway-coast>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

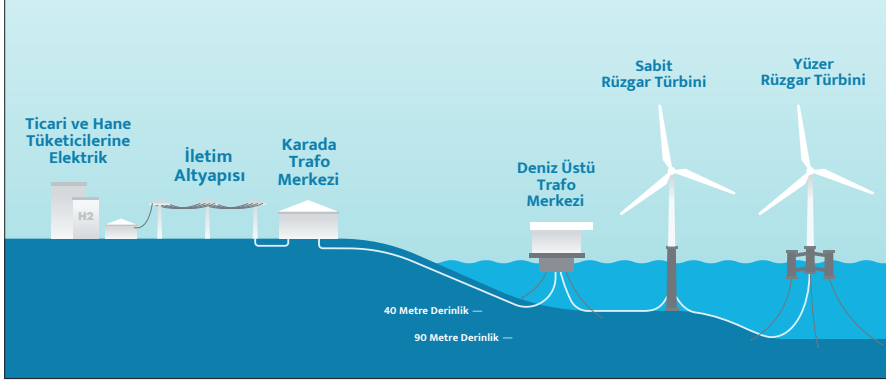
15. "Floating Offshore Wind", SBM Offshore, <https://www.sbmoffshore.com/what-we-do/floating-offshore-wind>, (Erişim tarihi: 2 Temmuz 2025); "Provence Grande Large: Full Commissioning of the First French Floating Offshore Wind Farm", EDF, 5 Haziran 2025, <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/provence-grand-large-full-commissioning-of-the-first-french-floating-offshore-wind-farm>, (Erişim tarihi: 2 Temmuz 2025); Adnan Memjia, "First Floating Offshore Wind Farm in France Fully Commissioned", Offshore Wind, 5 Haziran 2025, <https://www.offshorewind.biz/2025/06/05/first-floating-offshore-wind-farm-in-france-fully-commissioned>, (Erişim tarihi: 2 Temmuz 2025).

16. "Global Offshore Wind Report 2025", GWEC, (Haziran 2025), <https://www.gwec.net/gwec-news/offshore-wind-installed-capacity-reaches-83-gw-as-new-report-finds-2024-a-record-year-for-construction-and-auctions>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

17. Miriam Noonan, "The Benefit of Hybrid Bottom-Fixed and Floating Wind Sites", ORE Catapult, (Ocak 2021), <https://cms.ore.catapult.org.uk/wp-content/uploads/2021/01/AI-paper-Floating-hybrid-sites-final-2021.01.11.pdf>, (Erişim tarihi: 2 Temmuz 2025).

ile kıyıdaki en yakın şebekeye iletmektedir. Haberleşme için kullanılan kablolarla kıyasla daha kalın olan bu kablolar deprem, su altı akıntısı gibi doğal yollarla zarar görmekten veya insan kaynaklı tehlikelerden korunmak için birkaç metalle sarılıp özel gemilerle deniz tabanına gömülerek serilmektedir. Çevresel etkileri son derece tartışmalı olan bu hatların açık denizlerde rüzgar enerjisi kullanımının artmasıyla birlikte daha da çoğalmasa beklenmektedir.¹⁸

GÖRSEL 2. DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİ TEMSİLİ



Kaynak: “Offshore Wind Energy”, Offshore Infrastructure Regulator, (Aralık 2023), <https://www.oir.gov.au/sites/default/files/Offshore%20Wind%20Energy%20Brochure.pdf>, (Erişim tarihi: 7 Ağustos 2025).

Yıllar içinde yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı santrallerin maliyetleri gerileme kaydetmekle birlikte deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri görece yüksek maliyetiyle diğer santrallerden ayrılmaktadır.¹⁹ 2010’da dünya genelinde deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin toplam kurulum maliyeti 5 bin 518 dolar/kW, kapasite faktörü yüzde 38 ve seviyelendirilmiş elektrik maliyeti (*levelised cost of electricity*, LCOE)²⁰ ise 0,208 dolar/kilovat saat (kWh) iken 2024’te toplam kurulum maliyeti 2 bin 852 dolar/kW’a gerilemiş, gelişen teknoloji ile kapasite faktörü yüzde 42’ye yükselmiş, beraberinde LCOE 0,079 dolar/kWh’e düşmüştür. (Tablo 1).²¹

18. Andrienne Bernhard, “How Undersea Cables May Affect Marine Life”, BBC, 2 Şubat 2023.

19. Tablodaki veriler deniz tabanına sabitlenen deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri içindir.

20. LCOE, elektrik üretim santrallerinin birim enerji maliyetini hesaplamak için kullanılır ve ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım masrafları ile yakıt giderleri hesaba katılarak elektrik birim fiyatı hesaplanır.

21. “Renewable Power Generation Costs in 2024”, IRENA, (Temmuz 2025), <https://www.irena.org/Publications/2025/Jun/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2024>, (Erişim Tarihi: 16 Ağustos 2025).

TABLO 1. TOPLAM KURULUM MALİYETİ, KAPASİTE FAKTÖRÜ VE SEVİYELENDİRİLMİŞ ELEKTRİK MALİYETİNİN YILLAR İÇİNDE DEĞİŞİMİ (2010-2024)									
	Toplam Kurulum Maliyeti			Kapasite Faktörü			LCOE		
	[2024 Dolar/kW]			Yüzde			[2024 Dolar/kWh]		
	2010	2024	Değişim (Yüzde)	2010	2024	Değişim (Yüzde)	2010	2024	Değişim (Yüzde)
Biyoenerji	3.082	3.242	5	72	73	1	0,086	0,087	1
Jeotermal	3.083	4.015	30	87	88	1	0,055	0,060	9
Hidrolik	1.494	2.267	52	44	48	9	0,044	0,057	30
Fotovoltaik Güneş	5.283	691	-87	15	17	13	0,417	0,043	-90
Konsantre Güneş	10.703	3.677	-66	30	41	37	0,402	0,092	-77
Kara Rüzgar	2.324	1.041	-55	27	34	26	0,113	0,034	-70
Deniz Üstü Rüzgar	5.518	2.852	-48	38	42	11	0,208	0,079	-62

Kaynak: "Renewable Power Generation Costs in 2024".

İlerleyen zamanlarda Ar-Ge çalışmaları ve teknolojinin gelişmeye devam etmesiyle açık deniz rüzgar enerjisine olan talebin artacağı, diğer yenilenebilir enerji teknolojilerine benzer şekilde fiyatların daha da gerileyeceği öngörülmektedir.

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri karalarda kurulan rüzgar enerjisi santrallerine kıyasla yüksek maliyetine rağmen sundukları avantajlar sayesinde yatırım alan teknolojilerden biridir. Santrallerin kara rüzgar enerjisi santralleri ve diğer yenilenebilir enerji santrallerinin sağladığı avantajların tamamını sağladığı söylenebilir. Yenilenebilir enerji santrallerinin tümünde olduğu gibi sera gazı emisyonuna neden olmadan elektrik enerjisi üretmeleri birincil avantajıdır. Elektrik enerjisi kurulu gücünde çeşitlendirmeye katkı sağlayarak arz güvenliğini artırması en önemli avantajlarından bir diğeridir. Teknoloji üretimi, kurulumu, işletilmesi, servis bakım ve destek hizmetleri gibi santralin kurulumundan devreye alınmasına dek tüm süreç için yeni iş alanı oluşturulması nedeniyle iş gücü piyasası ve istihdama katkı sunması yine önemli avantajları arasında yer almaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajlarının yanında deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin kendine özgü avantajları da vardır. Bahse konu santrallerin sağladığı en büyük avantaj denizlerde esen daha kuvvetli rüzgarlar sayesinde daha yüksek

miktarda elektrik üretimine imkan sağlamasıdır. Bu sayede karalarda yer alan rüzgar enerjisi santrallerine kıyasla daha fazla elektrik üretebilmektedir. Yapılan çalışmalar 15 mil/saat (mph)²² hızla esen bir rüzgarla üretilebilecek elektriğin 12 mph hızla esen rüzgardan üretilebilecek elektrikten yaklaşık iki kat daha fazla olduğunu göstermektedir.²³

Deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin bir diğer avantajı açık denizlerde ve okyanuslarda esen rüzgarların karalardaki rüzgarlara kıyasla daha yüksek tutarlılığa sahip olması sayesinde daha sürdürülebilir elektrik üretebilmesidir. Bu da karalardaki rüzgar enerjisi santrallerine göre enerji güvenliğine daha fazla katkı sağladığı anlamına gelmektedir.

Üçüncüsü, denizler ve okyanuslar karalardan daha geniş kullanılmayan, müsait alan sunmaktadır. Bu durum daha fazla sayıda rüzgar enerjisi türbini ve santrali kurulmasına imkan tanımaktadır. Yerleşim yerlerinin kıyılarda yoğun bir şekilde bulunduğu ülkelerde/şehirlerde kıyı bölgelerinde kurulacak deniz üstü rüzgar enerjisi santralleriyle elektrik enerjisi talebi karşılanabilmektedir. Dahası elektrik üretim santralının tüketim noktasına yakın olması da ayrıca enerji teminini daha güvenli hale getirmektedir. Dağıtık elektrik üretiminde olduğu gibi tüketimin yoğun olduğu veya tüketim merkezine yakın alanların yakınlarında talep edilen elektriğin üretilmesi azalan mesafe nedeniyle kayıp kaçığın önüne geçilmesini kolaylaştırarak daha güvenli enerji arzı sağlamaktadır.²⁴

Son olarak deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin çevresel etki değerlendirmesi incelendiğinde deniz ekosistemine fayda sağladıkları görülmektedir. Açık denizlerde santrallerin kurulduğu bölgelerin gemi trafiğine kapatılmasının kirliliği önlemesinin yanı sıra deniz canlılarının korunmasına yardımcı olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Ayrıca santrallerin yer aldığı alanlarda balıkçılık faaliyetlerinin durdurulmasının da balıkların varlığının devamlılığına katkı sunduğu ifade edilmektedir.²⁵

Deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı santrallerde olduğu gibi avantajlarının yanında bazı dezavantajları

22. Mil/saat: m/s. 15 m/s= 24,1 km/s iken 12 m/s= 19,3 km/s'tir.

23. "What are the Advantages and Disadvantages of Offshore Wind Farms?", American Geosciences Institute, <https://profession.americangeosciences.org/society/intersections/faq/what-are-advantages-and-disadvantages-of-offshore-wind-farms>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

24. "Advantages and Disadvantages of Offshore Wind", Business Norway, 13 Kasım 2024, <https://business-norway.com/articles/advantages-and-disadvantages-of-offshore-wind>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

25. Ibon Galparsoro vd., "Reviewing the Ecological Impacts of Off-shore Wind Farms", *NPJ Ocean Sustainability*, Cilt: 1, (2022).

da vardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının günümüzde halen mevsimsellikten etkilenmeye açık olması santrallerin dönemsel olarak değişen miktarlarda elektrik üretmesine neden olmaktadır. Yağışın bol olduğu dönemlerde hidroelektrik santrallerinden fazla, az olduğu dönemlerde ise az elektrik üretilmesi gibi rüzgarın daha fazla olduğu dönemlerde rüzgar enerjisi santrallerinden daha fazla ve az olduğu dönemlerde daha az elektrik üretilmektedir. Yakın bir zamana dek dünyanın en büyük kurulu gücüne sahip olan Birleşik Krallık, mevsimsellik faktörü nedeniyle deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin beklenenden az elektrik ürettiği dönemlerde yedek kapasite ve baz yük olarak kullanılan fosil yakıtlı santralleri devreye almak durumunda kalmıştır.²⁶ Tablo 1’de de görüldüğü üzere gelişen teknolojiyle birlikte yenilenebilir santrallerin kapasite faktörü artmakla birlikte halen –bilhassa rüzgar enerji santrallerinde– yüzde 50’nin altındadır.

Deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin diğer yenilenebilir santrallerde olduğu gibi bir diğer dezavantajı teknolojilerinin üretilmesi sürecinde neden olduğu çevresel zararlardır. Günümüzde demir-çelik, alüminyum ve bakırın yanında nadir toprak elementleri ve kritik madenler temiz ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin üretiminde kullanılmakta; bahse konu sanayinin sürdürülebilirliğinin güvenliği için bu madenlerin üretiminin devamlılığının sağlanması da gerekmektedir. Madenlerin çıkarılması ve üretilmesi süreci sera gazı salımının yanı sıra çevre ve su kirliliğine de neden olabilmektedir. Dahası teknolojilerin üretimi esnasında ortaya çıkan kirlilik de yine yenilenebilir teknolojilerin “temiz”liği konusunda tartışmalara yol açmaktadır. Bugün dünyanın en büyük enerji teknolojileri üreticisi ve yenilenebilir enerji teknolojileri açısından da en büyüğü olan Çin’in elektrik enerjisi üretiminin ağırlıklı olarak kömürden sağlanıyor olması üretim sürecinde neden olunan çevresel etkiyi açıkça göz önüne sermektedir.

Diğer yenilenebilir santrallerde olduğu gibi deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin bir dezavantajı da santrallerin ömrünü doldurması sonrasında ortaya çıkmaktadır. Türbin parçalarının geri dönüştürülmesi alüminyum, demir, çelik ve bakır gibi madenler için kolay olmakla birlikte halen geri dönüşümü mümkün olmayan parçalar da mevcuttur. Küresel ölçekte uzun

26. Jasper Jolly, “Renewable Energy Firms Warn of Difficult Conditions Amid Slow Winds”, *The Guardian*, 3 Kasım 2021; Darrell Proctor, “UK Restarts Coal-Fired Units as Temperatures, Power Demand Rise”, *The Power Mag*, 13 Haziran 2023.

vadede artan yenilenebilir kurulu gücüyle birlikte büyük bir çevresel kirliliğe neden olunabileceğinden endişe duyulmaktadır.²⁷

Son olarak yenilenebilir santrallerin yanı sıra tüm santraller için geçerli olan alan seçiminin dikkatli yapılması deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri için de geçerlidir. Santraller kuruldukları bölgede sosyoekonomik açıdan zarara da neden olabilir. Turizm ve balıkçılık gibi ekonomik açıdan önem arz eden sektörlerin faaliyette olduğu kıyıların deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri için seçilmesi bu sektörlerden elde edilen gelirleri engelleme riski taşımaktadır. Bu durum ekonomisi bahse konu sektörlerle dayalı ülkeler için çok çeşitli olumsuzluğa neden olabilmenin yanı sıra yerel halkta da rahatsızlığa neden olabilir.²⁸

Deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri yüksek kurulum maliyeti nedeniyle de diğer enerji santrallerden ayrılmaktadır. Deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinde kullanılan teknolojinin kara rüzgar enerjisi santrallerinin teknolojilerine kıyasla daha yüksek maliyete sahip olması kurulum esnasında daha yüksek finansman ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Santrallerin kurulduğu alanlarda deniz derinliği arttıkça maliyetler de artmaktadır.²⁹

Deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin kurulum maliyetlerinin yanı sıra bakım ve onarım giderleri de kara rüzgar enerjisi santrallerine kıyasla daha yüksektir. Bunun nedeni açık denizler ve okyanuslardaki şiddetli dalgaların ve hızlı rüzgarların rüzgar türbinlerinin karalarda yer alan türbinlere kıyasla daha fazla hasar alması ve daha sık bakım ihtiyacı ortaya çıkarmasıdır.³⁰

Yapılan bazı çalışmalar deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin deniz ve okyanuslardaki doğal hayata olumsuz etkilerinin de olabileceğini göstermiştir. Gerek rüzgar türbinlerinin üretildiği materyaller gerekse kurulum ve operasyon sırasında neden olunan gürültü kirliliğinin buldukları bölgedeki deniz canlıları ve su altı ekosisteminin zarar görmesine neden olabileceği görülmüştür.³¹

27. "Advantages and Disadvantages of Offshore Wind".

28. "What are the Advantages and Disadvantages of Offshore Wind Farms?".

29. "Advantages and Disadvantages of Offshore Wind".

30. "The Pros and Cons of Onshore & Offshore Wind", Brunel, 19 Mayıs 2021, <https://www.brunel.net/en/blog/renewable-energy/onshore-offshore-wind>, (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2025); "Onshore vs Offshore Wind Energy: What's the Difference?", National Grid, 30 Mart 2022, <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/onshore-vs-offshore-wind-energy>, (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2025); "What are the Advantages and Disadvantages of Offshore Wind Farms?", American Geosciences Institute, <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/what-are-advantages-and-disadvantages-offshore-wind-farms>, (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2025); "Global Offshore Wind Farm Database and Intelligence", TGS, <https://www.4coffshore.com/windfarms>, (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2025).

31. "Offshore Wind Geospatial Analysis", IEA, 14 Kasım 2019.

DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİNE YATIRIM YAPAN ÜLKELER

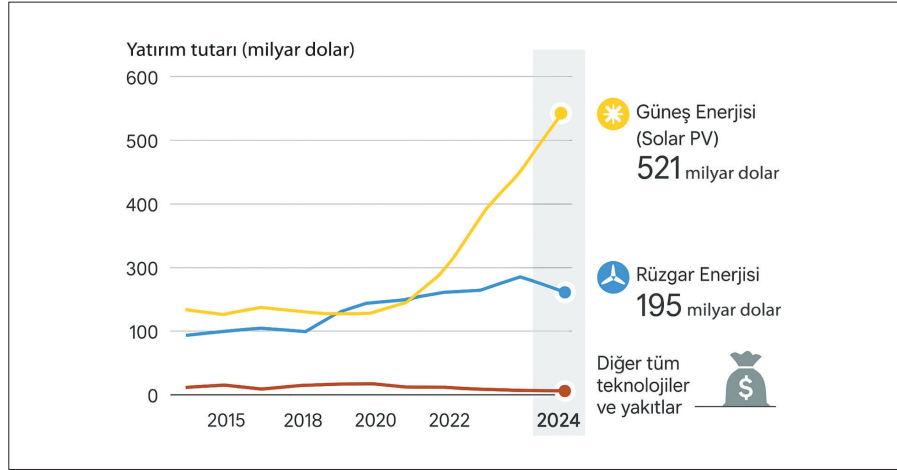
Rüzgar enerjisi güneş enerjisiyle birlikte son yıllarda yenilenebilir enerji kaynakları arasında küresel ölçekte en fazla yatırım alan enerji kaynakları arasında yer almaktadır.³² Güneş enerjisinden elektrik üretilmesine olanak sağlayan panellerin rüzgardan elektrik üretmek için kullanılan türbinlere kıyasla daha sınırlı bir alana ihtiyaç duyması, binaların çatılarında dahi konumlandırılabilir olması güneş enerjisini nihai tüketiciler tarafından da tercih edilebilir kılmaktadır.

Rüzgar enerjisi alanında yüksek maliyetler nedeniyle finansman ve projeler ağırlıklı olarak kara rüzgar enerjisine yoğunlaşmaktadır. İlk deniz üstü rüzgar enerjisi santrali 1991’de kurulmuş olmasına karşılık 2000 yılına gelindiğinde yaklaşık 17 bin MW olan dünya rüzgar enerjisi kurulu gücü içinde deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücü yalnızca 67 MW’tır. Bu miktar dünya toplam rüzgar enerjisi kurulu gücünün yalnızca yüzde 0,4’üne karşılık gelmiştir. Ülkelere göre kurulu güç dağılımı incelendiğinde yalnızca üç Avrupa ülkesinde deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin

32. “World Energy Investment 2025”, IEA, (Haziran 2025), <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2025>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025); “Energy Transition Investment Trends 2024”, Bloomberg NEF, 30 Ocak 2024; “Global Status Report 2025”, REN21, (Haziran 2025), <https://www.ren21.net/gsr-2025>, (Erişim tarihi: 7 Temmuz 2025).

yer aldığı görülür. Bu ülkeler sırasıyla Danimarka (50 MW), İsveç (13 MW) ve Birleşik Krallık'tır (4 MW).³³

GRAFİK 1. DÜNYA YENİLENEBİLİR ENERJİ KURULU GÜÇ YATIRIMLARI (2015-2024, MİLYAR DOLAR)



Kaynak: "Global Status Report 2025".

Dünya genelinde yaklaşık 3 milyara yakın insanın kıyılara 100 kilometre yakınlıkta yaşadığı bilinirken Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency, IEA) tarafından yapılan bir çalışmaya göre küresel deniz üstü rüzgar enerjisi teknik potansiyeli küresel elektrik talebinden 18 kat daha fazladır.³⁴ En yüksek teknik potansiyel 27 üyeli Avrupa Birliği'nde (AB) iken ardından sırasıyla ABD, Japonya, Çin ve Hindistan gelmektedir.³⁵

2010-2020 arasında her yıl yaklaşık yüzde 30 büyüyen küresel deniz üstü rüzgar enerjisi piyasasına ağırlıklı olarak İngiltere, Almanya ve Danimarka tarafından yatırım yapılmıştır. Bununla birlikte Çin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına benzer şekilde deniz üstü rüzgar enerjisi alanında da en fazla yatırım yapan ve bu alanda kurulu gücüne en fazla yeni kapasite ekleyen ülke olmuştur (Tablo 2).³⁶

33. "Data - Country Rankings", IRENA, <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>, (Erişim Tarihi: 16 Ağustos 2025).

34. 2019'da yayımlanan raporda 2018 küresel elektrik talebi göz önünde bulundurularak yorum yapılmıştır.

35. "Offshore Wind Outlook", IEA, 25 Ekim 2019, <https://www.iea.org/reports/offshore-wind-outlook-2019>, (Erişim Tarihi: 16 Ağustos 2025).

36. "Offshore Wind Outlook 2019".

TABLO 2. ÜLKELERE GÖRE DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ KURULU GÜÇ GELİŞİMİ (2000-2024, MW)

ÜLKE	2000	2010	2020	2024
Danimarka	50	868	1.701	2.813
İsveç	13	163	203	193
Birleşik Krallık	4	1.341	10.383	14.745
Hollanda		228	2.460	4.748
Belçika		197	2.262	2.262
Çin		100	8.990	39.100
Almanya		80	7.787	9.215
Finlandiya		26	32	32
İrlanda		25	25,2	25
Japonya		25	59	290
Güney Kore			136	136
Tayvan			128	2.963
Vietnam			99	1.104
Fransa			14	1.487
Norveç			2	90
Portekiz			25	25
İspanya			5	5
ABD			29	171
TOPLAM	67	3.053	34.340	79.404

Kaynak: IRENA

Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyinin (Global Wind Energy Council) 2024 raporuna göre son bir yılda dünya genelinde deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücüne eklenen 8 gigavatlık (GW) yeni kapasiteyle bir rekora imza atılmıştır. Kurulumu tamamlanmış ancak henüz devreye alınmamış santrallerle birlikte kurulu güç 83 GW'a ulaşmıştır.³⁷ Yılda 298 GWh (gigavat saat) elektrik üretimiyle 73 milyon hanenin elektrik ihtiyacının karşılanması planlanmaktadır. Kurulu güce yapılan eklemenin yanı sıra yıl içinde 56 GW'lık yeni kapasite tahsis yapılmıştır. Mayıs 2025 itibarıyla inşası devam eden 48 GW kurulu güce sahip santrallere 2025-2026 arasında toplam 100 GW büyüklüğünde yeni tahsislerin ekleneceği öngörülmektedir.

Bunun yanı sıra sektörün iş gücü piyasasına/istihdama sağladığı katkı da önemli bir boyuta ulaşmıştır. Rapora göre 2024 yıl sonu itibarıyla dünya

37. Edward Peters, "2024 a Record Year for Offshore Wind as Capacity Surpasses 83GW Worldwide", 4C Offshore, 27 Haziran 2025, <https://www.4coffshore.com/news/2024-a-27record-year27-for-offshore-wind-as-capacity-surpasses-83gw-worldwide-nid31394.html>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

genelinde deniz üstü rüzgar enerjisi gelişimi doğrudan 8 bin 700 kişiye tam zamanlı ve dolaylı olarak da 8 bin 800 kişiye istihdam sağlayarak toplamda 17 bin 500 kişi için iş imkanı oluşturmuştur. Tüm bunların sağlanması için dünya genelinde sektöre yapılan yatırımın da 327,8 milyar dolara ulaştığı düşünülmektedir.³⁸

Yatırımlar üretim bazında incelendiğinde dünya genelinde deniz üstü rüzgar enerjisi teknolojilerine en fazla yatırımın Çin'de yapıldığı görülmektedir. Çinli firmalar kanat ve motor beşiği gibi komponentlerin üretimine yoğun olarak yatırım yaparak ülkedeki kıyı bölgelerini bu alanda teknoloji üretim merkezi haline getirmektedir. 20 üretim merkezi ve 10'dan fazla deniz üstü limanına ek olarak inşası devam eden üretim merkezleriyle Çin'in 20 GW üretim kapasitesine ulaşarak önümüzdeki 5-10 yıllık ulusal talebini karşılayacak duruma geleceği öngörülmektedir. En uzun ve en büyük rüzgar türbini üretimlerinin de yine Çin'de gerçekleştirilmesi ülkeyi bu alandaki teknolojinin belirleyicisi haline getirmektedir.

Buna karşılık Avrupa, rüzgar türbini üretimindeki lider pozisyonunu korumaktadır. Kara ve deniz üstü rüzgar santrallerinin ilklerine ev sahipliği yapan Avrupa ülkeleri olgunlaşan endüstrileriyle dünyanın pek çok noktasına ihracat yapmaktadır. Çin'in üretimi ağırlıklı olarak iç piyasada talep görürken Avrupalı firmalar çok sayıdaki ülkeye hem ihracat yaparak hem de üretimlerinin bir kısmını kaydırarak tecrübe birikimine öncülük etmektedir.³⁹

Dünya genelinde 2024'te kurulu güce eklenen yeni kapasitenin ağırlıklı olarak Asya –özellikle Çin– (yüzde 7,67) ve Avrupa (yüzde 5,76) merkezli olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 18 ülkede yer alan deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin toplam kurulu gücü 62 bin 623 MW iken en yüksek kurulu güç toplam kurulu gücün yaklaşık yarısına ev sahipliği yapan Çin'dedir (Tablo 2).

Çin, ilk yatırımını 2007'de yapmış ve üç yıl boyunca 2 MW'ta sabit kalan kurulu gücünü 2010'da 100 MW'a ulaştırmıştır.⁴⁰ 2016 itibarıyla her yıl

38. "Global Offshore Wind Report 2025", GWEC, (Haziran 2025), <https://www.gwec.net/gwec-news/offshore-wind-installed-capacity-reaches-83-gw-as-new-report-finds-2024-a-record-year-for-construction-and-auctions>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

39. "Renewables 2024 – Analysis and Forecast to 2030", IEA, (Ekim 2024), <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>, (Erişim tarihi: 28 Temmuz 2025); "Global Offshore Wind Report 2025".

40. 2010'da ilk ticari deniz üstü rüzgar enerjisi santrali, 102 MW kurulu güce sahip Donghai Bridge Wind Farm, devreye alınmıştır. Bkz. "Global Offshore Wind Report 2025".

1 GW'a yakın ilave kurulu gücü devreye alması sonucunda da 2024 yıl sonu itibarıyla küresel kurulu gücün yüzde 49,2'sine sahip olmuştur.⁴¹ Bahse konu kurulu güç Çin'in rüzgar enerjisi kurulu gücünün yüzde 7,5'ine ve toplam yenilenebilir enerji kurulu gücünün de yüzde 2,1'ine eşittir.⁴²

Birleşik Krallık, Çin'den sonra en fazla deniz üstü rüzgar kurulu gücüne sahip ikinci ülkedir. Kuzey Denizi'nin verimli rüzgarları ve bölgede sona eren çok sayıda hidrokarbon faaliyetinin de yardımıyla ülke aynı zamanda Avrupa'daki en yüksek deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücüne ev sahipliği yapmaktadır. 14 bin 745 MW değerindeki kurulu güç toplam rüzgar kurulu gücünün yüzde 47,1'ine ve toplam yenilenebilir kurulu gücünün de yüzde 25,1'ine eşittir.⁴³

Deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücünün en yüksek olduğu üçüncü ülke Almanya'dır. 2024 yıl sonu verilerine göre Almanya'nın 9 bin 215 MW olan deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücü toplam rüzgar kurulu gücünün yüzde 30,32'sine ve yenilenebilir enerji kurulu gücünün yüzde 5,15'ine eşittir.⁴⁴

İlk deniz üstü rüzgar enerjisi santralini inşa eden ülke olan Danimarka 2 bin 812 MW değerinde kurulu gücüyle 6. sırada yer alırken yine bu alandaki ilk ülkelerden biri olan İsveç ise 2024 yıl sonu itibarıyla ilk on ülke arasında bulunmamaktadır. Çin'in başı çektiği Asya ülkeleri kurulu güç bakımından ağırlığa sahip olmalarına karşılık en fazla kurulu güce sahip 10 ülkenin 6'sı Avrupa'dandır (Tablo 2).

Dünyanın en büyük ekonomisine sahip olan ABD, deniz üstü rüzgar enerjisi konusunda çok sayıda ülkenin gerisinde kalmıştır. Bu alandaki ilk türbinini 2013'te devreye alan ülke ticari anlamda ilk deniz üstü rüzgar enerjisi santralini Nisan 2024'te faaliyete almıştır.⁴⁵

41. "Renewable Capacity Statistics 2025", IRENA, (Mart 2025), <https://www.irena.org/Publications/2025/Mar/Renewable-capacity-statistics-2025>, (Erişim Tarihi: 11 Ağustos 2025)

42. "What are The Latest Trends in Renewable Energy?"; "Power Production Capacity in China 2017-2022, by Source", Statista, 18 Nisan 2023, <https://www.statista.com/statistics/302191/china-power-generation-installed-capacity-by-source>, (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2025).

43. "Renewable Capacity Statistics 2025".

44. "What are the Latest Trends in Renewable Energy?"; Bruno Burger, "Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2022", 2 Ocak 2023.

45. "First U.S. Grid-Connected Offshore Wind Turbine Installed off the Coast of Maine", U.S. Department of Energy, 1 Ekim 2013, <https://www.energy.gov/eere/wind/articles/first-us-grid-connected-offshore-wind-turbine-installed-coast-maine>, (Erişim tarihi: 24 Haziran 2025); "35 Miles East of Long Island, the U.S. has Its First Large Offshore Wind Farm", NPR, 14 Mart 2024, <https://www.npr.org/2024/03/14/1238593852/first-large-offshore-wind-farm-opens-long-island-south-fork>, (Erişim tarihi: 24 Haziran 2025).

Mevcut kurulu güç bu şekildeyken ülkelerde deniz üstü rüzgar enerjisi konusundaki tutum günümüzde çeşitli nedenlerden farklılık göstermektedir. En fazla ses getiren değişimlerden biri hiç şüphesiz ABD’de yaşanmıştır. İkinci kez başkan seçilen Donald Trump’ın göreve gelmesinin ardından ABD’nin –pek çok konuda olduğu gibi– deniz üstü rüzgar enerjisi konusundaki yaklaşımında değişiklik olmuştur. Fosil enerji kaynaklarının üretimini ülkenin önceliği haline getiren ve nükleer enerjiye büyük önem atfeden Trump, Biden döneminde başlatılan temiz enerjiye geçiş çalışmalarının önemli bir kısmını durduracağını ve yürürlükten kaldıracağını kampanya döneminde sıklıkla dile getirmiştir.⁴⁶

ABD Başkanı Trump göreve geldiği ilk gün bir önceki dönemde olduğu gibi ülkesini Paris İklim Anlaşması’ndan geri çekmenin yanı sıra deniz üstü rüzgar enerjisi projelerini askıya alan bir başkanlık kararnamesi de imzalamıştır. Aynı kararnamede navigasyon güvenliği çıkarları, ulaşım çıkarları, ulusal güvenlik çıkarları, ticari çıkarlar ve deniz memelileri üzerindeki etkilerin kapsamlı bir değerlendirmeye ihtiyaç duyması nedeniyle deniz üstü rüzgar enerjisinin yanında kara rüzgar enerjisi projeleri için de tüm federal izinlerin geçici olarak dondurulmasına karar verilmiştir. Kararnamede “geçici süreliğine” ibaresi yer almakla birlikte sürenin ne zaman sona ereceğine dair bir ifadeye yer verilmemiştir.⁴⁷ Kararı takiben İçişleri Bakanlığı altmış gün süreliğine kara ve deniz üstü rüzgar enerjileri ve güneş enerjisi projeleri için izin sürecini askıya almıştır. Altmış günün sona ermesinin ardından ise güneş ve jeotermal enerjisi ve depolama projeleri için izin sürecinin devam ettiğine dair karar açıklanmış ancak rüzgar enerjisi kararda yer almamıştır.⁴⁸

Trump daha sonra Mayıs’ta New York eyaletinde Norveçli Equinor tarafından inşası devam eden Empire Wind projesi için durdurma kararını kaldır-

46. Onur Kolçak ve Büşra Zeynep Özdemir, “The Paradigm Shift in the U.S. Policies Under President Trump’s Second Term: Energy, Climate, Sustainability and Trade Agenda”, *SETA Analiz*, Sayı: 93, (Mart 2025); Onur Kolçak, “The Point of No Return: How the 2024 U.S. Presidential Election will Reshape Global Sustainability and Energy Policy”, *SETA Analiz*, Sayı: 92, (Ekim 2024).

47. “Temporary Withdrawal of All Areas on the Outer Continental Shelf from Offshore Wind Leasing and Review of the Federal Government’s Leasing and Permitting Practices for Wind Projects”, The White House, 25 Ocak 2025, <https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/01/temporary-withdrawal-of-all-areas-on-the-outer-continental-shelf-from-offshore-wind-leasing-and-review-of-the-federal-governments-leasing-and-permitting-practices-for-wind-projects>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

48. Matthew Einsenson, “100 Days of Trump 2.0: Renewable Energy Siting and Permitting”, Columbia Law School, 5 Mayıs 2025, <https://blogs.law.columbia.edu/climatechange/2025/05/05/100-days-of-trump-2-0-renewable-energy-siting-and-permitting>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

mıŖa da bu tarihe dek bazı ölkelerde deniz üstü rüzgar enerjisi alanında geri adım atılmasına neden olmuŖtur.⁴⁹ Çok sayıda ölkede faaliyet gösteren bazı Ŗirketler bu kararı takiben birtakım projeleri askıya alırken bazı hükümetler de deniz üstü rüzgar enerjisi ihalelerini durdurma yönünde eğilim göstermiŖtir.⁵⁰ Litvanya hükümeti bunun ilk örneklerindedir. Litvanya Enerji Bakanlığı 29 Ocak'ta yaptığı bir açıklamada 18 Kasım 2024'te baŖlatılan ölkenin ilk deniz üstü rüzgar enerjisi projesi için ihale sürecini geçici süreliğine durdurduğu bilgisini paylaŖmıŖtır. Bu açıklamada projenin hayata geçirilmesi sonrasında oluşması muhtemel elektrik fiyatlarından nihai tüketicinin mümkün olduğunca az etkilenmesi için sürecin yeniden gözden geçirileceği bildirilmiŖtir.⁵¹ Hükümet daha sonra Nisan'da ihalenin yeniden gözden geçirildiğini, çeŖitli değişiklikler yapıldıktan sonra devam ettirileceği bilgisini paylaŖmıŖ ve bu alanda faaliyet gösteren Ŗirketleri ihaleye katılmaya davet etmiŖtir.⁵²

Asya'nın yükselen deniz üstü rüzgar enerjisi ölkelerinden biri olan Tayvan da ihale sürecini askıya alan ölkelerden biridir. Nisan ve Mayıs aylarında toplam 900 MW kurulu güce sahip iki santral için ihale süreçleri iptal edilmiŖtir. Tayvan hükümetinden yapılan açıklamada ihaleyi kazanan Ŗirketlerin tamamının sözleşme süreçlerini vaktinde yerine getirmemeleri nedeniyle ihalelerin iptal edildiği bilgisi paylaŖılmıŖtır.⁵³

Temmuz baŖında Belçika hükümeti de deniz üstü rüzgar enerjisi ihalesini durdurma kararı alan ölkeler arasına katılmıŖtır. Hükümet yaklaşık dört yıldır yoğun bir Ŗekilde planlanan Prens Elizabeth Sahası için Kasım'da yapacağı açık artırma sürecini sona erdirdiğini açıklamıŖtır. Enerji Bakanı Mathieu Bihet yaptığı açıklamada ihalenin zaman çizelgesi ve yasal çerçevesinin belir-

49. "Trump Administration to Allow Work to Continue on 5 Billion Dollar New York Wind Farm", *The Guardian*, 20 Mayıs 2025.

50. Stine Jacobsen ve Louise Rasmussen, "Orsted Cancels Major UK Wind Project as Economics Worsen", Reuters, 7 Mayıs 2025.

51. "The Tender for the Offshore Wind Farm is Being Suspended in Order to Improve Its Conditions for Consumers", Lietuvos Respublikos Energetikos Ministerija, 29 Ocak 2025, <https://enmin.lrv.lt/en/news/the-tender-for-the-offshore-wind-farm-is-being-suspended-in-order-to-improve-its-conditions-for-consumers>, (EriŖim tarihi: 8 Temmuz 2025).

52. Nadine Schioldan, "The Lithuanian Government Has Officially Agreed to Make Modifications to Its Tender for the 700 MW Offshore Wind Project , Inviting New Bids to Advance the Country's Renewable Energy Goals", 4C Offshore, 15 Nisan 2025, <https://www.4coffshore.com/news/the-lithuanian-government-has-officially-agreed-to-make-modifications-to-its-tender-for-the-700mw-offshore-wind-project2c-inviting-new-bids-to-advance-the-country92s-renewable-energy-goals.-nid31023.html>, (EriŖim tarihi: 8 Temmuz 2025).

53. Bojan Lepic, "Taiwan Cancels Two Offshore Wind Projects", Splash247, 30 Mayıs 2025, <https://splash247.com/taiwan-cancels-two-offshore-wind-projects>, (EriŖim tarihi: 8 Temmuz 2025).

siz ve gerçekçi olmadığını ifade etmiş, bu nedenle sürecin devam etmeyeceğini duyurmuştur. Karar ülkede faaliyet gösteren şirketlerin eleştirilerine hedef olmuştur. Yenilenebilir enerji kooperatiflerinden SeaCoop CSVO, hükümet tarafından alınan bu kararın belirsizliğe neden olarak yatırım güvenliğini tehdit ettiğini, maliyetlerin artmasına neden olabileceğini ve 2030 yılı emisyon azaltımı hedefine ulaşmada engel teşkil edeceğini ifade etmiştir.⁵⁴

Hükümetlerin peş peşe aldığı kararlar özel sektör için de güvensiz bir ortam oluşturarak şirketlerin ihalelerden çekilmesine veya süreçleri durdurma kararı almasına neden olmuştur. ABD’de deniz üstü rüzgar enerjisi alanında faaliyet gösteren/göstermeye hazırlanan çok sayıda şirket Trump’ın kararının ardından projelerini durdurma/projelerinden geri çekilme kararı almıştır. Mart’ta Alman enerji şirketi RWE, ABD’deki deniz üstü rüzgar enerjisi operasyonlarını Trump yönetiminin oluşturduğu siyasi ortam nedeniyle durdurma kararı aldığını açıklamıştır. RWE’nin Almanya dışında en fazla yenilenebilir kurulu gücüne sahip olduğu ülke ABD olmasına karşın şirket New York, Louisiana ve Kaliforniya’daki deniz üstü rüzgar enerjisi projelerini devam ettirmeme yönünde karar almıştır.⁵⁵

Nisan’da ise Norveç merkezli Equinor, New York açıklamalarında devam eden Empire Wind adlı projesini durdurma kararı almıştır. Şirket tarafından yapılan açıklamada yaklaşık 1.500 kişiye istihdam sağlayan ve 500 bin hane nin elektrik ihtiyacını karşılayacak olan projenin Trump’ın kararının ardından durdurulma zorunluluğuyla karşı karşıya gelmesi nedeniyle hukuki süreç dahil tüm hakların değerlendirileceği belirtilmiştir.⁵⁶ Mayıs’ta proje özelinde durdurma kararının kaldırılması Empire Wind’in tamamlanmasını güvence altına alsın da diğer projeler ve şirketler için belirsizliği ortadan kaldırmamıştır. Temmuz’da İspanyol EDP Renewables ve Fransız ENGIE’nin ortak işitiraki olan Ocean Winds ve Amerikan Avangrid toplam 2 GW kurulu güce sahip olması planlanan Massachusetts ve Rhode Island’daki projelerini Başkan

54. Edvard Peters, “Belgium Shocks Industry after Halting Offshore Wind Tender”, 4C Offshore, <https://www.4coffshore.com/news/belgium-shocks-industry-after-halting-offshore-wind-tender-nid31408.html>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

55. Michelle Lewis, “Global Energy Giant RWE Halts Offshore Wind Because of Trump”, Electrek, 25 Nisan 2025, <https://electrek.co/2025/04/25/global-energy-giant-rwe-halts-us-offshore-wind-because-of-trump>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

56. “Equinor Suspends Offshore Construction Activities Fort He Empire Wind Project”, Equinor, 17 Nisan 2025, <https://www.equinor.com/news/20250417-suspends-offshore-construction-activities-empire-wind>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

Trump'ın rüzgar enerjisi karşıtı duruşu nedeniyle askıya aldıklarını açıklamıştır. Ocean Winds CEO'su tarafından yapılan açıklamada Eylül 2024'te ihale kazananlar belirlenmiş olmasına karşılık sözleşme müzakerelerinin dört kez ertelendiği ve projelerin sağlıklı bir şekilde tamamlanabilmesi için yeni bir başkanlık memorandumuyla izin beklendiği ifade edilmiştir.⁵⁷

En yüksek ikinci kurulu güce sahip ülke olan Birleşik Krallık'ta rüzgar enerjisi alanında dünyanın önde gelen şirketlerinden biri olan Danimarkalı Orsted hayata geçirmeye hazırlandığı önemli bir projeyi Mayıs'ta rafa kaldırmıştır. 2023'te Birleşik Krallık Enerji Güvenliği Bakanlığı tarafından verilen lisans ile dünyanın en büyük deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinden birini kurmaya hazırlanan şirket Hornsea sahasının dördüncü bölümünü hayata geçirmek üzere anlaşma sağlamıştı. Şirket tarafından yapılan açıklamada kötüye giden küresel ekonominin tedarik zincirinde belirsizliklere yol açarak yatırımlar için güvensiz bir ortam oluşturduğu gerekçesi öne sürülmüştür. İlerleyen zamanlarda projenin hayata geçirilmesi konusunun yeniden gözden geçirileceği belirtilmiştir.⁵⁸

Yine Equinor, Temmuz 2025'in başında bu kez Avustralya'daki bir projeden çekilme kararı aldığını açıklamıştır. 1,5 GW'lık bir projeden çekilen şirketin Aralık 2022'den bu yana çoğunluk hissesine sahip olduğu Bass Offshore Rüzgar Enerjisi (BOWE) santrali de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımını azalttığı bildirilmiştir.⁵⁹

Yüksek maliyetlerden olabildiğince az etkilenmek ve *know how* paylaşmak amacıyla ülkeler açık denizlerde rüzgar enerjisinden yararlanmak için iş birlikleri de yapmaktadır. Bunun ilk örneklerinden biri Avrupa'dadır. 2016' da Avrupa Komisyonunun da katılımıyla dokuz Avrupa ülkesi bir araya gelerek Kuzey Denizleri Enerji İş Birliği'ni (The North Seas Energy Cooperation) kurmuştur. Komisyonun yanında Almanya, Belçika, Birleşik Krallık, Dani-

57. Nichola Groom, "Focus: Trump Hostility to US Offshore Wind Reverberates Through Supply Chain", Reuters, 14 Şubat 2025; Daniel Ackerman, "Offshore Wind Industry Whiplashed by Changing Trump Administration Policies", Market Place, 28 Mayıs 2025, <https://www.marketplace.org/story/2025/05/28/offshore-wind-industry-whiplashed-by-changing-trump-administration-policies>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

58. "Ørsted to Discontinue the Hornsea 4 Offshore Wind Project in Its Current Form", Ørsted, 7 Mayıs 2025, <https://orsted.com/en/company-announcement-list/2025/05/orsted-to-discontinue-the-hornsea-4-offshore-wind--143901911>, (Erişim tarihi: 7 Temmuz 2025); Justin Rowlett, "Blow to Clean Energy Drive as Major Windfarm Ditched", BBC, 7 Mayıs 2025.

59. Edward Peters, "Equinor Withdraws from Australian Offshore Wind Project in Major Blow", 4C Offshore, 4 Temmuz 2025, <https://www.4coffshore.com/news/equinor-withdraws-from-australian-offshore-wind-project-in-major-blow-nid31429.html>, (Erişim tarihi: 4 Temmuz 2025).

marka, Fransa, Hollanda, İrlanda, Lüksemburg ve Norveç'in üye olduğu iş birliğiyle, ülkelerin Kuzey Denizlerindeki yenilenebilir enerji potansiyelinden yararlanma oranlarının artırılması hedeflenmiştir.

Deniz üstü rüzgar enerjisinin de konu olduğu söz konusu iş birliğinin Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyumlu olacak şekilde İrlanda ve Kelt denizleri dahil Kuzey Denizi'nde şebeke gelişimini ve bölgedeki büyük yenilenebilir enerji potansiyelinin gelişimini desteklemesi ve kolaylaştırması planlanmaktadır. O tarihten bu yana bölgedeki potansiyeli hayata geçirmek üzere çeşitli çalışmalar yapılmış ve 2022'de bu çalışmalar sonucunda dokuz ülke bir araya gelerek bir bildiri imzalamıştır. Buna göre bölgede 2030'a dek en az 76 GW ve 2040'a dek en az 193 GW, 2050'ye dek ise en az 260 GW deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücüne ulaşılması planlanmıştır. AB'nin Net Sıfır Emisyon hedefi için 2050'ye dek en az 300 GW deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücünü hayata geçirme hedefinin bir parçası olarak görülen bu projeye hedefin yüzde 85'ine ulaşılabileceği öngörülmektedir.⁶⁰ Son olarak Ekim 2024'te bir araya gelen taraflar ihaleye açılacak sahalarda üzerinde anlaşma sağlamıştır. En düşüğü 250 MW kurulu güce sahip olacak şekilde planlanan sahalardan ilerleyen dönemde yeşil hidrojen üretilmesi de hedeflenmektedir.⁶¹

2017'de bu kez Danimarka, Hollanda ve Almanya Kuzey Denizi'nin deniz üstü rüzgar enerjisi potansiyelini hayata geçirmek üzere bir iş birliği başlatmıştır. Üç ülkeden sistem operatörleri arasında imzalanan antlaşmayla Kuzey Denizi Rüzgar Enerjisi Merkezi Programı (North Sea Wind Power Hub Programme) kurulmuştur. Yapılan çalışmalara göre 30 GW olan potansiyelin ilk aşamada 10 GW ve ikinci aşamada 15 GW kurulu güce sahip merkezler şeklinde hayata geçirilmesi hedeflenmiştir. 2020'de fizibilite çalışmalarına başlanan projenin 2025'te inşasına başlanması planlanmıştır⁶² ancak Ağustos 2025 itibarıyla bu plan henüz hayata geçirilememiştir.

60. "The North Seas Energy Cooperation", Avrupa Komisyonu, (Ekim 2024), https://energy.ec.europa.eu/topics/infrastructure/high-level-groups/north-seas-energy-cooperation_en, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

61. "NSEC Tender Planning-October 2024", North Seas Energy Cooperation, (Ekim 2024), https://energy.ec.europa.eu/topics/infrastructure/high-level-groups/north-seas-energy-cooperation_en, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

62. "Accelerating Deployment of Large-scale Offshore Wind Power", IEA, 17 Kasım 2020, <https://www.iea.org/articles/accelerating-deployment-of-large-scale-offshore-wind-power>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025); "Approach of the Consortium", North Sea Wind Power Hub Programme, <https://northseawindpowerhub.eu/approach-of-the-consortium>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

SANTRAL YATIRIMLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Ülkelerdeki deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu güç gelişimini hiç şüphesiz en çok etkileyen faktörlerin başında yasal prosedürler gelmektedir. ABD merkezli dünyaca ünlü bir yatırım danışmanlık şirketinin yaptığı bir araştırma bunu doğrulamaktadır. Araştırmaya göre bilhassa deniz üstü rüzgar enerjisi santral projelerinde hayata geçirilen ve devreye alınan santrallerin yaklaşık yüzde 80'i hükümetlerin veya bağlı olunan siyasi otoritelerin politikalarıyla doğrudan ilgilidir.⁶³ Ülkelerin alanda izlediği politikalar ve geliştirdikleri yasal mevzuatlar söz konusu olduğunda Kuzey Avrupa ülkeleri ilk yatırım yapan ülkeler olmaları nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir.

Dünyadaki ilk deniz üstü rüzgar enerjisi santralini kuran Danimarka zaman içinde yaptığı düzenlemelerle bu konuda geliştirdiği mevzuatı diğer ülkeler için örnek alınabilecek bir ko-

63. "Global Offshore Wind Capacity to Reach 330GW By 2030", ReNews.biz, 18 Mayıs 2022, <https://renews.biz/77932/global-offshore-wind-capacity-to-reach-330gw-by-2030>, (Erişim tarihi: 11 Ağustos 2025).

numa getirmiştir. Kopenhag hükümeti 1976'da kurduğu bir kamu kurumu olan Danimarka Enerji Ajansı ile santral kurulum süreçlerinin tamamını tek elden yönetmektedir. *One-stop-shop* olarak anılan yasal çerçeveye ilgili kuruma, deniz üstü rüzgar enerjisi projeleri için izin ve onay verme yetkisi verilmiştir. Bu kurum; santrallerin planlanması, devreye alınması ve kullanım ömürlerini doldurmalarının ardından hizmet dışı bırakılmasından sorumlu makamdır. Santral projelerinin hayata geçirilmesi için denizcilik güvenliği, radar sistemleri ve balıkçılık sektörü gibi farklı alanlardan izin gereksinimlerini bir araya getirerek tek bir lisans sunar. Bu şekilde proje onay sürecini hızlandırarak yatırımcılar için lisans almayı kolaylaştırmanın yanında şeffaflık ve hesap sorulabilirlik sağlayarak riskleri azaltır.⁶⁴

Birleşik Krallık, alanda örnek teşkil edebilecek bir diğer yasal çerçeveye sahip ülkedir. Hükümet, Fark Sözleşmeleri (Contracts for Difference, CfD) mekanizmasıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretecek olan özel/tüzel kişilere sabit fiyat garantisi sağlamaktadır. Ödemeler, tüketicilerin faturalandırılmasında vergi yoluyla temin edilen gelire yapılmaktadır. Mekanizma ile piyasada elektrik fiyatlarının belirlenen miktardan düşük olması halinde aradaki fark devlet tarafından üreticiye ödenir. Piyasada fiyatların belirlenen miktardan yüksek olması halinde ise oluşan fark bu kez üretici tarafından devlete iade edilir. Amaç hem üreticinin hem de devletin fiyatta meydana gelecek dalgalanmalara karşı korunmasıdır.

15 yıl süreyle geçerli olan sabit fiyattan alım garantisi yatırımcıların piyasaya duyduğu güvenin artırılması için Temmuz 2025 itibarıyla 20 yıla uzatılmıştır. Düzenlemeye ek olarak Birleşik Krallık hükümeti –yalnızca deniz üstü rüzgar enerjisi santrali projelerinde geçerli olacak şekilde– yerli tedarik zinciri yatırımlarını da teşvik etmek için Temiz Endüstri Bonusu adını verdiği destekle santral kurulumunda yerli teknolojiden yararlanılması halinde eks-

64. “Danish Experiences from Offshore Wind Development”, Danish Energy Agency, (Mart 2017), https://ens.dk/sites/default/files/media/documents/2024-11/offshore_wind_development_0.pdf, (Erişim tarihi: 17 Temmuz 2025); “One-Stop-Shop to Accelerate Offshore Wind Permitting”, State of Green, 7 Nisan 2025, https://stateofgreen.com/en/news/one-stop-shop-to-accelerate-offshore-wind-permitting/?utm_source=chatgpt.com, (Erişim tarihi: 17 Temmuz 2025); Ceciel Nieuwenhout, “Developing Offshore Wind Farms – a Comparison and Analysis of the Legal and Governance Frameworks of the North Sea Coastal States”, European Journal of Comparative Law and Governance, (Aralık 2023).

tra ödeme yapmayı taahhüt etmiştir.⁶⁵ Ancak 20 yıla uzatılan alım garantisi yalnızca deniz tabanına sabitlenen ve yüzer deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri, kara rüzgar enerjisi santralleri ve güneş enerjisi santralleri için geçerlidir. Yasanın geçerlilik süresinde yapılan uzatmada Orsted'in güvensiz küresel ekonomik koşulları gerekçe göstererek yakın zamanda askıya aldığı projenin etkisi olduğu düşünülmektedir. Son olarak 2022'de deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri için belirlenen 58,87 İngiliz sterlini/MWh olan sabit alım fiyatının güncel enflasyon farkıyla 85 £/MWh olacağı tahmin edilmektedir.⁶⁶

Hollanda –Danimarka'ya benzer şekilde– sübvansiyon uygulamadan yenilenebilir kaynakları teşvik eden ülkelerdendir. Bu örnekte devlet, deniz üstü rüzgar enerjisi projeleri için alanları belirlemesinin ardından ön fizibilite, çevresel etki değerlendirme, zemin etüdü ve yerinde rüzgar ölçümleri gibi projelendirmeler için gerekli çalışmaları yaparak yatırımcıları teşvik etmektedir. Derlenen verilerle açık artırma usulü ihaleler düzenlenerek en düşük fiyat teklifini veren yatırımcıyla sözleşme yapılmaktadır.⁶⁷

Deniz üstü rüzgar enerjisi alanına sonradan dahil olmasına karşılık kurulu gücüne eklediği yüksek kapasiteye sahip santrallerle en fazla kurulu güce sahip ülke haline gelen Çin ise Avrupa ülkelerinden farklı bir yöntem izlemektedir. Çin, bir devlet politikası olarak son yıllarda başta enerji olmak üzere hemen her sektörde yaptığı gibi deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri yatırımlarının büyük bir kısmını da devlet şirketleriyle gerçekleştirmektedir. Eyalet sistemine sahip olan ülke, merkezi hükümetten onay alınmasına ihtiyaç duymadan eyalet hükümetlerinin kendi deniz üstü rüzgar enerji santrallerini planlamalarına olanak sağlamaktadır. 2024'e dek on bir eyalet kendi deniz üstü rüzgar enerjisi planlarını hayata geçirir duruma gelmiştir. Ulusal şirketler tedarik zinciri altyapısı oluşturmanın yanı sıra santral kurma, lojistik için liman vb. tesislerin inşası gibi görevleri de üstlenmektedir.⁶⁸

65. Aralık 2024'te alınan kararın Temmuz 2025 itibarıyla geçerli olması planlanmıştır. "Contracts for Difference and Capacity Market Scheme Update 2024", UK Government Department for Energy Security and Net Zero, https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference-and-capacity-market-scheme-update-2024/contracts-for-difference-and-capacity-market-scheme-update-2024?utm_source=chatgpt.com, (Erişim tarihi: 18 Temmuz 2025).

66. "Contract for Difference (CfD)", IEA, (2019), <https://www.iea.org/policies/5731-contract-for-difference-cfd>, (Erişim tarihi: 18 Temmuz 2025); Jim Pickard ve Rachel Millard, "UK Extends Subsidy Contracts in Boost for Wind and Solar Developers", *Financial Times*, 15 Temmuz 2025.

67. "Wind Farms Zones", Netherlands Enterprise Agency, <https://offshorewind.rvo.nl>, (Erişim tarihi: 18 Temmuz 2025).

68. "Global Offshore Wind Report 2025".

İzin sürecinin uzunluğu da yine yatırımcı davranışını etkileyen bir diğer önemli kriterdir. Bu konuda Avrupa'daki en kısa süreyi sunan ülkelerden biri 4,5 yıla Danimarka iken en uzun izin sürecinin olduğu ülke ise 11 yıla Fransa'dır.⁶⁹ Hırvatistan'da kara rüzgar enerjisi santrallerinin izin süreci 10 yıla; Belçika, Yunanistan, İspanya ve İsveç'te ise 8 yıla dek sürebilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi kurulu gücündeki payını daha hızlı bir şekilde artırmak ve 2050'de Net Sıfır Emisyon hedefine ulaşmak için AB, 2021'de güncellediği Yenilenebilir Enerji Direktifi ile ülkelerin Danimarka'dakine benzer *one-stop-shop* izin sürecini hayata geçirmesini ve sürecin tamamının 2,5 yılı aşmayacak şekilde düzenlenmesini şart koşmuştur.

2022'de RePowerEU paketiyle bir kez daha güncellenen süreç, deniz üstü rüzgar enerjisi projeleri için izin sürecini maksimum 3 yıl, kara projeleri için ise 2 yıl olacak şekilde planlanmıştır. Yenilenebilir hızlandırma alanları (*renewables acceleration areas*) olarak tanımlanan bölgelerde de daha hızlı ve seçilmiş alanlarda kurulacak deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri için süreç en fazla 1 yıl olarak belirlenmiştir.⁷⁰ Temmuz 2025 itibarıyla üye ülkelerin henüz bu direktife uyum sağladığı söylenemez. Almanya 2023'te kara rüzgar enerjisi projeleri için izin sürecini 18 aya dek kısaltmıştır. Kasım 2025 itibarıyla tüm süreçlerin tek bir elden yürütüldüğü (*one-stop-shop*) dijital bir uygulamayı hayata geçirmeye hazırlanmaktadır. İspanya ise 150 MW'ın altındaki projeler için izin sürecini 2 yıla düşüren düzenlemeleri hayata geçirmiştir.⁷¹

69. "Developing Offshore Wind Farms – a Comparison and Analysis of the Legal and Governance Frameworks of the North Sea Coastal States".

70. "Enabling Framework for Renewables", Avrupa Komisyonu, https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/enabling-framework-renewables_en?utm_source=chatgpt.com, (Erişim tarihi: 18 Temmuz 2025).

71. "RePowerEU – 3 Years on", Avrupa Komisyonu, https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/actions-and-measures-energy-prices/repowereu-3-years_en, (Erişim tarihi: 18 Temmuz 2025).

TÜRKİYE'DE DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ ÇALIŞMALARI

Rüzgar enerjisi son yıllarda Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında özel önem atfettiği konulardan biridir. Son yirmi yılda yenilenebilir enerjilere dayalı kurulu güç, güneş enerjisinin yanında kara rüzgar enerjisi kurulu gücünün artırılması sayesinde de ciddi ilerleme kaydetmiştir. 2002'de yalnızca 19 MW olan kara rüzgar enerjisi kurulu gücü 2024 yıl sonunda 13 bin 792 MW'a ulaşmıştır. Bahse konu kurulu güçle Türkiye Avrupa'da en yüksek kara rüzgar kurulu gücüne sahip 6. ülke olmuştur.⁷² Bu süreçte Türkiye'nin toplam yenilenebilir kurulu gücü de 12 bin 291 MW'tan 72 bin 288 MW'a ulaşmış ve Avrupa ülkeleri arasında 5. sıraya yerleşmiştir.⁷³ Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) verilerine göre Haziran 2025 itibarıyla 13 bin 391 MW olan kara rüzgar enerjisine dayalı kurulu güç toplam 72 bin 288 MW olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu gücün yüzde 18,5'ini oluşturmaktadır.

72. "Renewable Capacity Statistics 2025".

73. TEİAŞ "Santral Kurulu Güç Raporları"ndan ve IRENA "Renewable Energy Statistics 2023" verilerinden derlenmiştir.

Geçen yaklaşık yirmi yılda rüzgar enerjisi alanındaki çalışmalar yalnızca santral kurulumuyla sınırlı kalmamış aynı zamanda rüzgar enerjisi sanayiine de yatırım yapılmıştır. 2005'te çıkarılan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) Kanunu ile yenilenebilir kaynaklardan elektrik üreten santrallere elektrik alım garantisi sağlanırken kurulumu esnasında yerli ekipman kullanan santrallere ek ödeme yapılması da bu konuda atılmış en önemli adımların başında gelmektedir. 2017 itibarıyla Yenilenebilir Kaynak Alanları (YEKA) ihaleleriyle yenilenebilir kaynaklardan büyük ölçekli santrallerin kurulumu sağlanırken rüzgar ve güneş enerjileri alanlarında üretim yapacak fabrikaların kurulumunun şart koşulması Türkiye'nin yenilenebilir enerji sanayiinde önemli bir ilerleme kaydetmesini sağlamıştır. Bu sayede Türkiye bugün rüzgar türbinlerinin kule, rotor kanatları ve jeneratörleri başta olmak üzere pek çok aksamını üretebilir ve ihraç edebilir hale gelmiştir.⁷⁴ Ancak dünya genelindeki duruma benzer şekilde Türkiye'de rüzgar enerjisi alanındaki çalışmaların tamamı kara rüzgar enerjisi alanında yapılmış ve henüz deniz üstü rüzgar enerjisi santrali inşa edilmemiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2018'de toplam 1,2 GW kapasiteli deniz üstü rüzgar enerjisi santrali kurulumu için YEKA ihalesi düzenlemiştir. O dönemde Türkiye'nin ilk ve dünyanın ise en büyük deniz üstü rüzgar enerjisi santrali olması planlanan proje için Saros (Edirne-Enez, Keşan), Gelibolu-Şarköy (Çanakkale-Tekirdağ) ve Kıyıköy (Kırklareli-Vize) açıkları aday bölgeler arasında gösterilmiştir. Diğer YEKA ihalelerine benzer şekilde santrallerde kullanılacak aksamın en az yüzde 60 yerlilik oranına sahip olması ve yüzde 80 Türk teknik personel istihdamının sağlanması beklenmiştir. Bunun yanı sıra her biri en az 6 MW kapasiteli rüzgar türbinlerinin kullanılması ve 60 ay içinde devreye alınması şart koşulan proje için aynı yılın Ekim ayına dek başvuru süresi tanınmıştır.⁷⁵ Ancak kurulum yapılması öngörülen alanlara ait yerinde ölçüm verilerinin bulunmaması ihaleye katılım sağlanamamasına neden olmuştur.⁷⁶

74. Firdevs Yüksel, "Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücü Mayıs'ta 13 Bin 391 Megavata Ulaştı", Anadolu Ajansı Enerji Terminali, 15 Haziran 2025.

75. "Türk Karasularında 2-3 Milyar Dolarlık Rüzgar Santrali", *Dünya*, 22 Haziran 2018.

76. "Paydaş Etkileşim Planı (PEP) – Avrupa Birliği Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPA) 2019 Enerji Sektör Programı-FAZ 4 Projesi (P179235)", T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (Şubat 2023), https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/IPA_2019_SEP_PDF_TR_202303081115.pdf, (Erişim tarihi: 29 Ağustos 2023).

İhaleden bir yıl sonra dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma oranlarının artırılmasına yönelik çalışmalar yapan kurumlardan biri olan Dünya Bankası geliştirmekte olan ülkelerde deniz üstü rüzgar enerjisinin gelişimine yönelik rapor yayımlamıştır. Raporla Brezilya, Hindistan ve Güney Afrika'nın da aralarında bulunduğu sekiz ülkeden biri olarak Türkiye'ye de yer verilmiştir. Rapora göre Türkiye'de deniz üstü rüzgar enerjisi için en uygun alanlar Ege'nin kuzeybatı kıyılarında yer almaktadır. Söz konusu alanda rüzgarın hızı 9 m/sn'ye dek ulaşabilirken deniz tabanına sabitlenen türbinler için 6 GW ve yüzer türbinler için ise 19 GW'lık potansiyel olduğu belirtilmiştir. Marmara ve Karadeniz kıyılarında da rüzgar hızınının 7-8 m/sn arasında değiştiği bölgeler yer alırken ülkemizin hem güney hem kuzeyinde potansiyel vadeden bazı sahaların bulunduğu ifade edilmiştir. Toplamda tüm kıyılarda 50 metreye dek olan derinlikteki alanlar için 12 GW, 1.000 metreye dek olan derinlikteki alanlar için ise 57 GW'lık potansiyel mevcuttur. Buna karşılık Ege ve Karadeniz'deki liman bölgelerini ve Marmara Denizi'ndeki yoğun gemi trafiğini hesaba katmak gerekmektedir. Daha da önemlisi Ege'de kara sularının 6 deniz miliyle sınırlı olması, münhasır ekonomik bölge (MEB) sınırlarının belirlenmemiş olması ve irili ufaklı adaların varlığının potansiyelin kullanılmasında engeller teşkil edebileceği öngörülmüştür.⁷⁷

Türkiye'nin 10 Kasım 2021 itibarıyla Paris İklim Anlaşması'na taraf olması ve beraberinde 2053 Net Sıfır Emisyon hedefini belirlemesi yenilenebilir enerji alanındaki çalışmaların hızlandırılması adına atılan en somut adımlardan biridir. Sera gazı emisyonlarının en büyük kalemini oluşturan enerji sektörünün sera gazı salımının azaltılması yenilenebilir kaynakların kurulu güçteki payının artırılmasıyla doğrudan ilişkili olduğundan söz konusu alandaki yatırımların artırılması hedeflenmektedir. Ocak 2023'te Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından kamuoyuyla paylaşılan Türkiye Ulusal Enerji Planı da karbon nötr olma yolunda 2035'e dek gerçekleştirilmesi öngörülen hedefleri açısından önemlidir. Planda 2022'de 11,4 GW olan rüzgar enerjisi kurulu gücünün 2035 yıl sonuna dek 29,6 GW'a

77. "Going Global – Expanding Offshore Wind to Emerging Markets", World Bank Group, (Ekim 2019), <https://documents1.worldbank.org/curated/en/716891572457609829/pdf/Going-Global-Expanding-Offshore-Wind-To-Emerging-Markets.pdf>, (Erişim tarihi: 1 Eylül 2023).

yükseltileceği öngörülmüş, kara rüzgar enerjisinin 24,6 GW ve deniz üstü rüzgar enerjisinin ise 5 GW kurulu güce ulaştırılması planlanmıştır.⁷⁸

Planın ardından 1 Mayıs'ta güncellenen YEKDEM tarifelerinde enerji kaynağına göre ödenen katkı payları ve sürelerinde rüzgar enerjisi santralleri kara üstü ve deniz üstü olmak üzere iki ayrı kalemde ele alınmaya başlamıştır.⁷⁹ YEKDEM destekleme mekanizması uygulama fiyatı kara üstü rüzgarı için 106 TL/kWh (kilovat saat) iken deniz üstü rüzgarı için 144 TL/kWh olmuştur. Diğer santrallerle benzer şekilde elektrik üretimi için 10 yıl süreliğine, yerli aksam için de 5 yıl süreliğine desteklenmesi planlanmıştır (Tablo 3).

TABLO 3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞINA DAYALI ÜRETİM TESİS TİPLERİNE İLİŞKİN DESTEKLEME MEKANİZMASI (1 MAYIS 2023)							
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi		YEKDEM Uygulama Fiyatı (TL Kuruş/kWh)	YEKDEM Fiyatı Uygulama Süresi (Yıl)	YEKDEM Taban Fiyatı (USD Cent/kWh)	YEKDEM Tavan Fiyatı (USD Cent/kWh)	Yerli Katkı Fiyatı (TL Kuruş/kWh)	Yerli Katkı Fiyatı Uygulama Süresi (Yıl)
Hidroelektrik Üretim Tesisi	Rezervuarlı	144,00	10	6,75	8,25	28,80	5
	Nehir Tipi	135,00	10	6,30	7,70	28,80	5
Rüzgar Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	Karasal	106,00	10	4,95	6,05	28,80	5
	Deniz Üstü	144,00	10	6,75	8,25	38,45	5
Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi		202,00	15	9,45	11,55	28,80	5
Biyokütle Dayalı Üretim Tesisi	Çöp Gazı/ Atık Lastikler*	106,00	10	4,95	6,05	28,80	5
	Biyometanizasyon	173,00	10	8,10	9,90	28,80	5
	Termal Bertaraf	134,90	10	5,75	8,00	21,58	5
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi		106,00	10	4,95	6,05	28,80	5
Rüzgar/Güneş ile Bütünleşik Elektrik Depolama Tesisi		125,00	10	5,85	7,15	38,45	10
Pompalı Depolamalı Hidroelektrik Üretim Tesisi		202,00	15	9,45	11,55	38,45	10
Dalga veya Akıntı Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi		135,00	10	6,30	7,70	38,45	10

Kaynak: *Resmî Gazete*, 1 Mayıs 2023, Sayı: 32177.

* Çöp gazı ve atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklar

78. "Türkiye Ulusal Enerji Planı", T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2022), https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/Turkiye_Ulusal_Enerji_Planı.pdf, (Erişim tarihi: 4 Eylül 2025).

79. Abdullah Paçal, "Türkiye, Deniz Üstü Rüzgar Enerjisinde Yeni Bir Döneme Giriyor", Petrotürk, 9 Temmuz 2025, <https://www.petroturk.com/yenilenebilir-enerji-haberleri/turkiye-deniz-ustu-ruzgar-enerjisinde-yeni-bir-doneme-giriyor>, (Erişim tarihi: 21 Temmuz 2025).

Yine Mayıs 2023'te, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Dünya Bankası arasında deniz üstü rüzgar enerjisi alanında ortak çalışmalar başlamıştır. Bakanlık, Dünya Bankası bünyesindeki AB'nin enerji sektörüne yönelik üyelik öncesi yükümlülüklerin yerine getirilmesi programı kapsamında deniz üstü rüzgar enerjisi yatırım potansiyelinin artırılmasına yönelik danışmanlık hizmeti almaya başlamıştır. AB ile Dünya Bankası arasında imzalanan anlaşma gereğince Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmesi ve yaygınlaştırması, iklim değişikliğiyle mücadeleyi enerji sektörüne entegre etmesi için 12 milyon 826 bin avro hibe sağlanmasına karar verilmiştir. Deniz üstü rüzgar enerjisinin desteklenmesine yönelik proje, Dünya Bankası'nın desteğiyle Türkiye'de seçilen sahalarda riskin azaltılması ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesini hedeflemiştir. Düzenlenmesi muhtemel bir açık artırma usulü ihale için yatırımcıların bilgilendirilebilmesi adına ön fizibilite çalışmalarının yerine getirilmesi planlanmıştır. Bu kapsamda jeolojik ve jeoteknik araştırmaların yanı sıra meteorolojik ve oşinografik⁸⁰ ölçümlerin ve teknoekonomik değerlendirmelerin Mart 2027'ye dek yapılıp tamamlanması öngörülmüştür.⁸¹

Ulusal Enerji Eylem Planı'nı takiben Şubat 2024'te yine Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Türkiye'nin açık denizlerdeki rüzgar enerjisi potansiyeline yönelik çalışmalar yapılması ve yerinde değerlendirmelerle somut veriler elde edilmesi kararı almıştır. AB'ye katılım süreci bünyesinde desteklenen bir proje olarak Marmara Denizi'nin belirlenen sahalarında deniz üstü rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenebilmesi amacıyla jeolojik ve jeoteknik ölçümler, meteorolojik ve oşinografik analiz ve ölçümler, ekonomik ve finansal ön fizibilite çalışmaları, çevresel ve sosyal kısıt analizi yapılması hedeflenmiştir. Elde edilecek bulgularla deniz üstü rüzgar enerjisi santrali inşa edilebilecek alanların net bir şekilde belirlenmesi ve yeni bir ihale öncesinde katılımcıların güven içinde yatırım yapmaya teşvik edilmesi

80. Denizlerin ve okyanusların jeolojik, kimyasal, fiziksel ve biyolojik açılardan kapsam, içerik ve özelliklerini ortaya koyan disiplinler arası ölçüm. Daha fazla bilgi için bkz. "Oşinografi Nedir?", Oşinografi.com, <https://osinografi.com/osinografi/osinografi-nedir>, (Erişim tarihi: 28 Temmuz 2025).

81. "Restructuring Paper on a Proposed Project Restructuring of Türkiye-EU IPA Energy Sector Program Phase Project—Offshore Wind Support", The World Bank, 25 Mayıs 2023, <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099071624015012140/pdf/P179235112204d0fc1b3871ae4994cef393.pdf>, (Erişim tarihi: 11 Temmuz 2025).

planlanmıştır.⁸² Alınan karar ve yapılan incelemeler sonucunda deniz üstü rüzgar enerji santralleri için uygun alanlar belirlenmiş ve 4 Ağustos'ta Bakanlık aday YEKA alanlarını kamuoyuyla paylaşmıştır. Belirlenen alanlar Bandırma, Bozcaada, Gelibolu ve Karabiga'da yer almıştır.⁸³

Şubat 2025'te Dünya Bankası bu kez Türkiye'nin deniz üstü rüzgar enerjisi potansiyeli özelinde hazırladığı bir rapor yayımlamıştır. "Türkiye Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası" başlıklı rapor bu konuda bir önceki rapordan farklı olarak oldukça kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Raporu göre mevcut teknolojik koşullarda Türkiye'nin deniz üstü rüzgar hızları orta ve düşük düzeyli olarak ölçülmüştür. Rüzgar hızının en fazla ölçüldüğü yerler 8,0-9,5 m/sn ile Ege kıyıları ve Marmara Denizi'nde yer almaktadır. Karadeniz bölgesindeki rüzgarlar yüksek tutarlılık oranına sahipken hız açısından ise ortalama 7-7,5 m/sn ile daha geride kalmaktadır. Son olarak Akdeniz kıyılarının ekonomik açıdan santral kurulumuna elverişli olmadığı kanaati paylaşılmıştır.

Ege, Marmara Denizi ve Karadeniz kıyılarında deniz tabanına sabitlenen rüzgar türbinlerinin kurulumu için 50 metreye dek derinliğe sahip alanlar yer almaktadır. Ancak bu alanların uygunluğu değerlendirilirken deniz trafiği, liman bölgeleri, seyrüsefer güvenliği, adacık ve kayalıkların mevcudiyetinin yanı sıra çok yüksek çevresel ve sosyal hassasiyete sahip alanlar göz önünde bulundurulduğunda yasaklı bölgelerin⁸⁴ geniş bir yer kapladığı ve potansiyel vadeden yerlerin ise azaldığı görülmektedir (Harita 1).⁸⁵

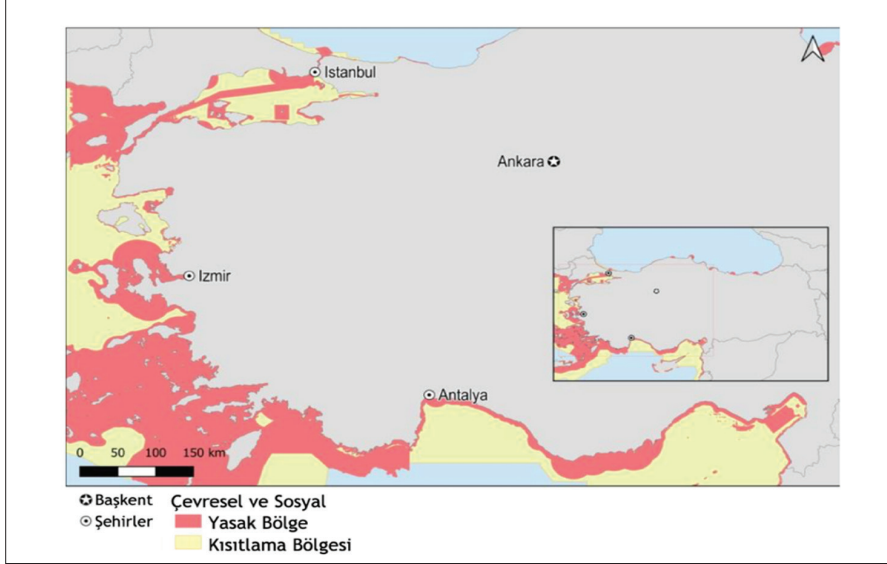
82. "Paydaş Etkileşim Planı (PEP) – Avrupa Birliği Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPA) 2019 Enerji Sektör Programı – FAZ 4 Projesi (P179235)".

83. "Denizüstü Aday YEKA İlanı", T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 4 Ağustos 2023, <https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=20382>, (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2025).

84. Yasaklı bölgeler başlıca askeri bölgelerin ve Uluslararası Denizcilik Örgütü tarafından tescil edilen deniz taşımacılığı güzergahları gibi sosyal ve teknik kısıtların olduğu alanların yanı sıra örneğin deniz kaplumbağalarının beslenme ve yumurtlama alanları, Akdeniz foklarının yaşam alanları gibi koruma alanları ve biyolojik çeşitlilik açısından uluslararası tanınırlığı olan alanlardır. Daha fazla bilgi için bkz. "Türkiye Deniz üstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası".

85. "Türkiye Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası (Turkish)", Dünya Bankası, (Şubat 2025), <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099022625113027269>, (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2025).

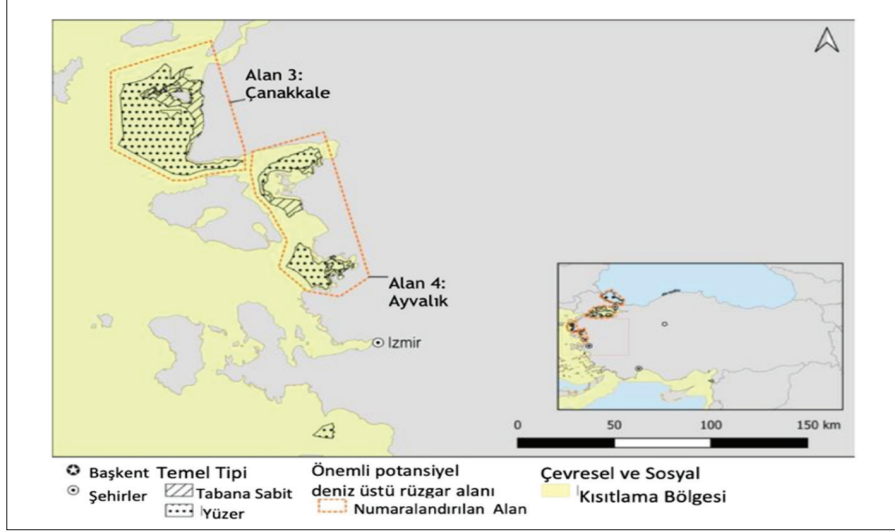
HARİTA 1. TÜRKİYE'DE ÇEVRESEL, SOSYAL VE TEKNİK AÇILARDAN YASAKLI VE KISITLI BÖLGELER



Kaynak: "Türkiye Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası".

Rapora göre yasaklı alanlar, sosyal ve çevresel kısıtların olduğu bölgeler denklemden çıkarıldığında deniz tabanına sabitlenen rüzgar türbinleri için uygun alan oldukça kısıtlanmaktadır. Deniz tabanına sabitlenen rüzgar türbinlerinden oluşan santraller için derinliğin 50 metreden az ve rüzgar hızının 7 m/sn'den fazla olduğu, kısıtların olmadığı ve bu üç özelliği taşıyan alan bulunmamaktadır. Yasaklı, sosyal ve çevresel açılardan uygun olmayan, düşük rüzgar hızına sahip ve derinliğin fazla olduğu alanlar çıkarıldığında Ege ve Marmara'da deniz tabanına sabitlenen ve yüzer santraller için uygun alanlar kısıtlıdır (Harita 2 ve 3).

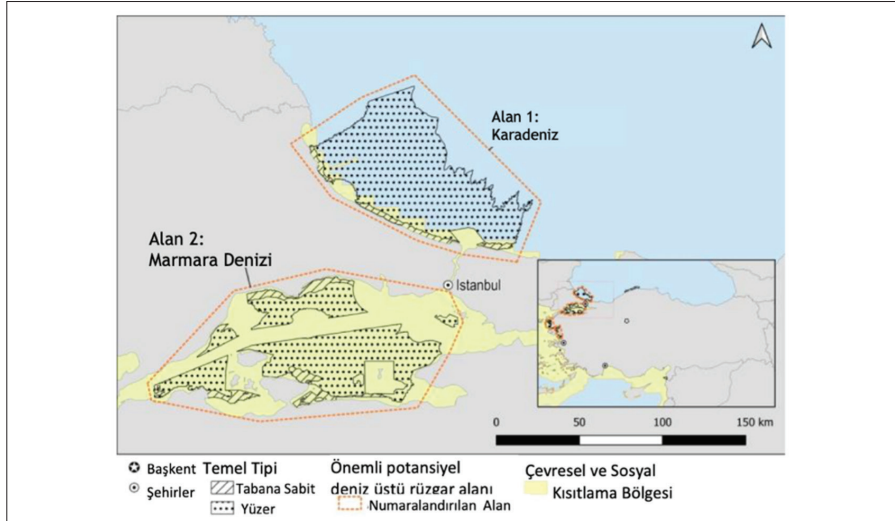
HARİTA 2. EGE DENİZİ'NDE YÜZER VE SABİT TEMELLİ DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ PROJELERİ İÇİN POTANSİYEL ALANLAR



Kaynak: "Türkiye Deniz üstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası".

Yapılan tüm bu değerlendirmelerden sonra bir önceki raporda verilen potansiyel miktarlarında gerileme olmuştur. Dolayısıyla bu alanlar projelendirilmeden önce ayrıntılı değerlendirmeye gerek duyulacağı öngörülmektedir.

HARİTA 3. MARMARA DENİZİ VE KARADENİZ'DE YÜZER VE SABİT TEMELLİ DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ PROJELERİ İÇİN POTANSİYEL ALANLAR



Kaynak: "Türkiye Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası".

Harita 2 ve 3'te verilen alanların teknik potansiyeli güncelde en sık kullanılan teknoloji baz alınarak hesaplandığında deniz tabanına sabitlenen deniz üstü rüzgar enerjisi türbinleri için 6,8 GW ve yüzer deniz üstü rüzgar enerjisi türbinleri için ise 59,7 GW sonucuna ulaşıldığı görülmektedir (Tablo 4).

TABLO 4. TÜRKİYE'DEKİ ÖNEMLİ DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ ALANLARININ ÖZELLİKLERİ

	Sabit DRES* Potansiyeli		Yüzer DRES Potansiyeli		Rüzgar Hızı
	Kilometrekare	GW	Kilometrekare	GW	m/sn
Karadeniz	290	1,3	5.530	24,9	7,0-7,5
Marmara Denizi	610	2,7	4.330	19,5	7,0-8,5
Çanakkale	380	1,7	1.660	7,5	8,5-10,0
Ayvalık	230	1,0	610	2,7	7,0-9,5
Küçük Alanlar	-	-	1.140	5,1	7,0-8,5
TOPLAM	1.510	6,8	13.270	59,7	

Kaynak: "Türkiye Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası".

* Deniz üstü rüzgar enerjisi

Bu değerler Dünya Bankası'nın "Türkiye" başlığına yer verdiği bir önceki raporda belirttiği değerlerden daha düşüktür. Ayrıca teknik potansiyelin bahsi geçen tüm kısıtların göz önünde bulundurulmasıyla birlikte muhtemel projelerin hayata geçirilmesi sürecinde yüzde 100 karşılık bulmaması ihtimalinin yüksek olduğunu unutmamak gerekir.⁸⁶ Buna karşılık teknolojik koşullarda iyileşme olmasıyla daha düşük rüzgar hızlarında da elektrik üretebilecek daha verimli türbinler üretilmesi halinde potansiyelin yükselebileceğinin altını çizmek de gerekir.

Dünya Bankası ile birlikte yürütülen çalışmalar kapsamında Mart 2025 itibarıyla Marmara Denizi'nde yerinde rüzgar ölçüm çalışmalarına başlanmıştır. Potansiyelin Ege Denizi'nde daha yüksek olmasına karşılık bu bölgede kara sularının dar olması, MEB bulunmaması ve Yunanistan ile zaman zaman yaşanan anlaşmazlıklar gibi kısıtlarıyla bölgenin daha riskli bulunması nedeniyle Marmara Denizi önceliklendirilmiştir. Mart 2027'ye dek tamamlanması planlanan ölçümlerle bölgenin yatırım çekme potansiyelinin artırılması planlanmaktadır.⁸⁷

86. Hesaplama 4,5 MW/kilometrekarelik bir rüzgar türbin jeneratörü yoğunluğu baz alınarak yapılmıştır.

87. "Türkiye - EU IPA Energy Sector Program Phase IV Project - Offshore Wind Support", The World Bank Group, 27 Haziran 2025, <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099062725101056563/pdf/P179235-5b2c8c33-9a35-417b-8344-bbcb187337e7.pdf>, (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2025); Duygu Alhan, "Türkiye Marmara'da Deniz Üstü Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Yatırıma Dönüştürülmesi için Kolları Sıvadı", Anadolu Ajansı Enerji Terminali, 8 Kasım 2024.

1 Temmuz 2025'te YEKDEM tarifelerinde yapılan güncellemeyle yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik fiyatlarında bir değişiklik daha olmuştur. Diğer kaynaklarla birlikte deniz üstü rüzgar enerjisinden üretilen elektrik için belirlenen fiyatta da değişiklik yapılmıştır. Buna göre 1 Mayıs 2023'te 144 TL/kWh olan YEKDEM uygulama fiyatı 305,40 TL/kWh'e yükseltilmiştir. Yerli aksam kullanımına verilen destek de 38,45 TL/kWh iken 81,52 TL/kWh'e çıkarılarak verilen en yüksek fiyat olarak güncellenmiştir.

TABLO 5. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞINA DAYALI ÜRETİM TESİS TİPLERİNE İLİŞKİN DESTEKLEME MEKANİZMASI (1 TEMMUZ 2025)

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi		YEKDEM Uygulama Fiyatı (TL kuruş/kWh)	YEKDEM Yerli Katkı Fiyatı (TL kuruş/kWh)
Hidroelektrik Üretim Tesisi	Rezervuarlı	305,40	61,09
	Nehir Tipi	286,30	61,09
Rüzgar Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	Karasal	224,80	61,09
	Deniz Üstü	305,40	81,52
Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi		428,44	61,09
Biyokütle Dayalı Üretim Tesisi	Çöp Gazı/Atık Lastikler	224,80	61,09
	Biyometanizasyon	366,90	61,09
	Termal Bertaraf	286,12	45,76
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi		224,80	61,09
Rüzgar/Güneş ile Bütünleşik Elektrik Depolama Tesisi		265,11	81,52
Pompa Depolamalı Hidroelektrik Üretim Tesisi		428,44	81,52
Dalga veya Akıntı Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi		286,30	81,52

Kaynak: EPİAŞ

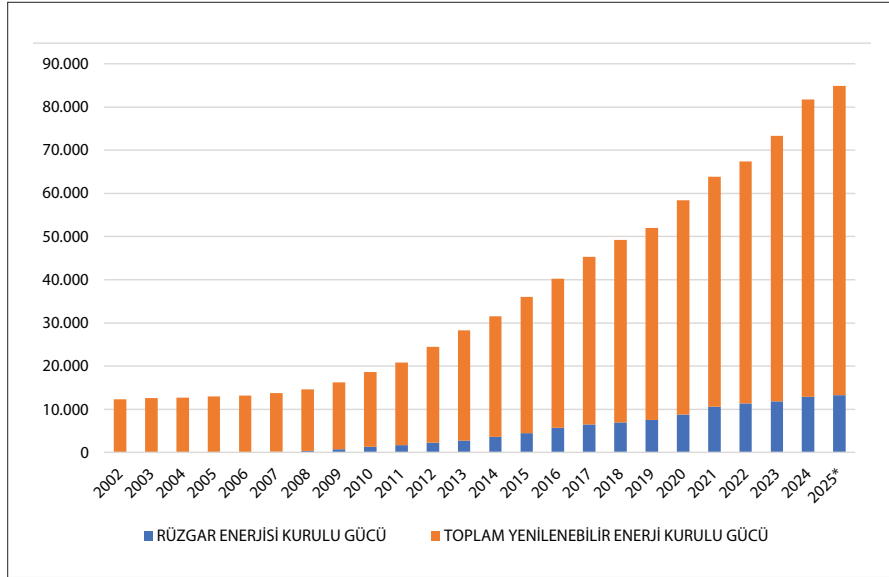
Türkiye henüz deniz üstü rüzgar enerjisi santraline sahip olmamasına karşılık santrallerin şebekeye bağlanması için gerekli olan iletim hatlarını döşeyecek gemileri inşa edebilme kapasitesine sahiptir. Güney Kore merkezli LS Marine Solution, Asya'nın bu alandaki en büyük gemisinin inşası için 30 Haziran'da Yalova merkezli Tersan Tersanesi ile anlaşma imzalamıştır.⁸⁸ Yapılan anlaşmayla yalnızca bu alanda hizmet vermek üzere özel olarak geliştirilecek gemi Türkiye'nin gelecek için ihracat potansiyeli taşıdığını da açıkça göstermektedir.

88. Erward Peters, "Asia's Largest Cable-Laying Vessel to Be Built at Turkish Shipyard", 4C Offshore, 30 Haziran 2025, <https://www.4coffshore.com/news/27asia27s-largest27-cable-laying-vessel-to-be-built-at-turkish-shipyard-nid31396.html>, (Erişim tarihi: 8 Temmuz 2025).

Fırsatlar ve Riskler

Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları alanında son yirmi yılda oldukça önemli bir ilerleme katetmiştir. Artan enerji talebini karşılamada ilk başvuru kaynakları arasında yer alması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının hem kurulu güçte hem de sanayi üretimindeki ağırlığı artmıştır. Rüzgar enerjisi alanındaki ilk yatırım 1986'da İzmir'in Çeşme ilçesinde kurulan türbinle yapılmış, ülkenin ilk rüzgar enerjisi santrali de yine Çeşme'de 1998'de 1,5 MW kurulu güçle hayata geçirilmiştir. 2002'de 19 MW olan rüzgar enerjisine dayalı kurulu güç toplam 12 bin 291 MW olan yenilenebilir enerji kurulu gücünün yüzde 0,15'ini oluşturmuştur. Ardından sırasıyla 2012'de 2 bin 261 MW'a yükselen rüzgar enerjisi kurulu gücü toplam 22 bin 180 MW olan yenilenebilir kurulu gücünün yüzde 10,2'sini, 2022'de ise 11 bin 396 MW olan kurulu güç toplam 56 bin 6 MW olan yenilenebilir kurulu gücünün yüzde 20,4'üne karşılık gelmiştir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun (EPDK) güncel verilerine göre de Nisan 2025'te Türkiye'de rüzgar enerjisine dayalı kurulu güç 13 bin 250 MW'a ulaşarak toplam 71 bin 583 MW olan yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu gücün içinde yüzde 18,5'lik paya sahip olmuştur.

GRAFİK 2. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİNE DAYALI KURULU GÜCÜN GELİŞİMİ (2002-2025, MW)



Kaynak: EPDK
*2025 Nisan'a dek

Kurulu güçteki artışa, uygulanan politikalar sayesinde sanayideki gelişim de eşlik etmiştir. Ağırlıklı olarak Ege Bölgesi'ndeki sanayi yatırımlarıyla rüzgar türbini ekipmanları üretiminde Avrupa'daki önemli merkezlerden biri haline gelen Türkiye'de rüzgar enerjisi sanayi hem istihdam hem de ekipman temini açısından iç piyasayı rahatlatılabilir hale gelmiştir. Alandaki ithalatın azaltılmasına katkı sunmasının yanında ihracat da yapan üreticiler dış ticaret dengesine olumlu katkı sunabilmektedir.

Bu bilgi birikimi ve kurulu güçle yola çıkacak olan Türkiye deniz üstü rüzgar enerjisi alanında da önemli bir gelişim gösterebilir. Kara rüzgar enerjisi alanında önemli tecrübe kazanan sanayi deniz üstü rüzgar enerjisi alanına adapte edilebilir. Böyle bir durumda Türkiye bölgesindeki üretim merkezlerinden biri olarak önemini pekiştirebilir. Ancak bunun için dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır:

- İlk olarak yasal ve kurumsal çerçevenin net bir şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Enerji piyasalarında –bilhassa elektrik piyasasında– sıklıkla değişen mevzuat yatırımcılar açısından riskli bulunmakta ve caydırıcı olabilmektedir. Şeffaf ve öngörülebilir kanun düzenlemeleri, netleştirilmiş yasal çerçeveler belirsizliği azaltarak yatırımcı için teşvik edici olacaktır.
- Günümüzde deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerinin çok sayıda yenilenebilir enerji teknolojilerine kıyasla halen yüksek finansman gerektirdiği bir gerçektir. Bu nedenle Türkiye gibi henüz bu alanda bir santrali bulunmayan ülkeler için santral projelerinin devlet tarafından desteklenmesi son derece önemlidir. Almanya ve İspanya gibi ülkelerde uygulanmasıyla yüksek yenilenebilir kurulu gücünün oluşturulmasında kritik rol oynayan tarife garantisi (*feed-in-tariffs*) halihazırda Türkiye'de de YEKDEM ve YEKA mevzuatları kapsamında uygulanmasıyla yenilenebilir kurulu gücünün artışında etkili olmuştur. Deniz üstü rüzgar santralleri için düzenlenecek YEKA süreçlerinde tarife garantisi miktarı ilk hayata geçirilecek birkaç santral projesi için daha yüksek tutularak yatırımcı açısından risk azaltılabilir.
- Alım garantisinin yanı sıra diğer teşvik mekanizmaları da Türkiye ölçeğinde değerlendirilebilir. Vergi kredisi veya vergi indirimi –yine tarife garantisi gibi– en sık uygulanan destekleme yöntemlerinden bi-

ridir. Deniz üstü rüzgar enerjisi projelerini hayata geçiren tüzel kişilerin vergi borcunda indirim yapılmasıyla devlete olan vergi borcunun azaltılması yatırım için teşvik edicidir.

- Santral kurulumu için belirlenen yüksek potansiyele sahip sahalarda gerekli olan ön fizibilite çalışmaları, çevresel etki değerlendirmesi, rüzgar ölçümleri ve zemin değerlendirmesi gibi süreçlerin –Hollanda örneğinde olduğu gibi– devlet tarafından yürütülmesiyle hem yatırımın hayata geçirilmesi süreci kısaltılabilir hem de yatırımcı için güven artırılabilir.
- Türkiye’de Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde çevre kirliliğini önlemek ve döngüsel ekonomi sürecini kolaylaştırmak amacıyla kurulan Çevre Ajansına benzer şekilde –Danimarka örneğinde olduğu gibi– yenilenebilir enerji kaynaklarının hem sanayide hem de kurulu güçteki payının artırılması için Yenilenebilir Enerji Ajansı kurulabilir. Ajans bünyesinde deniz üstü rüzgar enerjisi santrallerine yönelik süreçlerin *one-stop-shop* yöntemindeki gibi tek elden yürütülmesiyle yatırım süreci kısaltılıp güven ortamı artırılabilir.
- Türkiye’nin kara rüzgarı konusundaki bilgi birikimi deniz üstü rüzgar enerjisi teknolojileri için bir avantajdır. Ege Bölgesi’nde ağırlık kazanan kule, jeneratör ve rotor gibi parçaları gibi türbin aksamalarını üreten sanayiciler devlet desteği sağlanmasıyla deniz üstü rüzgar enerjisi sanayiine daha hızlı ve güvenli bir şekilde adapte edilebilir. Teşvik edilen üretici sağlanan yatırım güvenliğiyle daha az riskle daha kolay yatırım yapabilir.
- Bakanlığın bir süredir gündeminde olan ve Avrupa ülkelerinin ortalamasına kıyasla daha kısa sürede tamamlanan izin süreçlerinin yeniden düzenlenmesi gündemdedir. Bakanlıkça üzerinde çalışılan “süper izin” düzenlemesinin hayata geçirilmesiyle izin sürecinin daha da kısaltılması planlanmaktadır. Bu sayede yatırımcılara geri dönüş beklentisi açısından da daha az risk teşkil eden ve daha hızlı kazanç üreten bir ortam sağlanabilir.
- Son olarak Türkiye dahil tüm ülkeler için günümüzde en elzem hususlardan biri elektrik altyapısının daha dirençli hale getirilmesidir. Günümüzde iklim değişikliğinin neden olduğu düzensiz yağışlar,

fırtına ve aşırı sıcaklar gibi olumsuz hava koşullarının yanı sıra deprem gibi doğal afetler ve siber saldırılar ülkeler için enerji arzına ve dolayısıyla ulusal güvenliğe doğrudan tehdit oluşturmaktadır.⁸⁹ Tüm ülkeler deniz üstü rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklara yatırım yaparak kurulu gücünü artırmanın yanı sıra elektrik üretim, iletim ve dağıtım hatları, trafo ve şebekeler ve tüm altyapısının güvenliğini artırmaya odaklanmalıdır. Türkiye gibi konumu itibarıyla kriz bölgelerine ve jeopolitik risklere açık ülkeler için elektriğin sürdürülebilir bir şekilde tedarik edilmesi, üretimin sürdürülebilirliği kadar kritik bir konudur.

89. Yapılan araştırmalara göre elektrik sektörüne düzenlenen siber saldırılar yalnızca 2020-2022 arasında iki kat artmıştır. Bkz. "Cybersecurity in the Power Sector", Eurelectric, 21 Şubat 2025, <https://www.eurelectric.org/in-detail/cybersecurity-in-the-power-sector>, (Erişim tarihi: 29 Temmuz 2025).

SONUÇ

Deniz üstü rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içinde teknik potansiyeli en yüksek alanlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Dünya genelinde okyanus ve denizlerin sunduğu geniş alanlar ve daha tutarlı rüzgar koşulları sayesinde bu teknoloji hem yüksek verimlilik hem de sürdürülebilir elektrik üretimi açısından stratejik önem arz etmektedir. Küresel ölçekte Çin, Danimarka ve Birleşik Krallık gibi ülkeler öncülüğünde kurulu güçler hızla artarken enerji güvenliği ve istihdam açısından bu teknolojinin ekonomik getirileri de artmaktadır.

Ancak bu alanın gelişimi yalnızca teknolojik ilerlemeye değil aynı zamanda yatırım ortamının istikrarına, yasal çerçevenin netliğine, izin süreçlerinin uzunluğuna ve basitliğine, yerli sanayi kapasitesinin gelişimine ve çevresel hassasiyetlere bağlıdır. Son dönemde bazı ülkelerde ihale süreçlerinin askıya alınması, yatırım kararlarının ötelenmesi ve finansal riskler bu sektörün kırılganlıklarına da işaret etmektedir. Bu durum yalnızca teknik potansiyelin değil yönetim yapısının da belirleyici olduğunu göstermektedir.

Türkiye özelinde bakıldığında deniz üstü rüzgar enerjisi potansiyeli henüz somut projelere dönüşmemiştir. Kara rüzgar

enerjisindeki önemli ilerlemeye rağmen deniz üstü alanında henüz faaliyette olan bir santral bulunmamaktadır. Buna rağmen Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı öncülüğünde yapılan ölçüm çalışmaları, Dünya Bankası ile geliştirilen projeler ve YEKDEM desteklerinin deniz üstü santraller için güncellenmesi gibi adımlar bu alanda güçlü bir stratejik irade bulunduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Dünya Bankası'nın 2025 yol haritasında Türkiye'nin Ege ve Marmara kıyılarında orta düzeyde potansiyele sahip olduğu belirtilmiş ancak deniz trafiği, çevresel hassasiyetler ve uluslararası deniz hukuku gibi faktörlerin etkisiyle kullanılabilir alanların sınırlı olduğu da vurgulanmıştır. Bu nedenle ön fizibilite çalışmalarının titizlikle tamamlanması, sosyoekonomik etkilerin çok yönlü analiz edilmesi ve yatırımcı güvenini artıracak mekanizmaların oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Türkiye için deniz üstü rüzgar enerjisi sadece elektrik üretimi açısından değil teknoloji transferi, yerli sanayinin gelişimi, dışa bağımlılığın azaltılması ve yeşil dönüşüm hedefleri açısından da önemli bir fırsattır. Marmara gibi iç denizlerde yapılacak projeler hem teknik açıdan uygulanabilirlik taşıyabilir hem de yatırımcıların ilk adım için daha düşük riskle ilerlemesine olanak tanıyabilir. Yasal mevzuatın sadeleştirilmesiyle Avrupa'daki örneklerine benzer *one-stop-shop* mekanizmalarının geliştirilmesi ve yerli üretim teşviklerinin artırılması Türkiye'nin bu alanda da rekabetçi bir konum kazanmasına katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak Türkiye, deniz üstü rüzgar enerjisini bir stratejik sektör olarak ele almalı, ilk etapta pilot projeler yardımıyla tecrübe biriktirerek bu alandaki kurulu gücünü artırmaya odaklanmalıdır. Enerji arz güvenliği, iklim taahhütleri ve sanayileşme hedeflerinin kesişiminde yer alan bu alanın bütüncül ve kararlı bir kamu politikasıyla desteklenmesi Türkiye'nin bölgesel enerji liderliğini bir adım daha öteye taşıyabilir.

BÜŞRA ZEYNEP ÖZDEMİR

2013'te İzmir Ekonomi Üniversitesi İşletme Fakültesi Uluslararası İlişkiler ve Avrupa Birliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlamıştır. 2016'da aynı üniversitenin Sosyal Bilimler Enstitüsü'nden sürdürülebilir enerji alanında yüksek lisans derecesini "European Energy Union: A Further Step Ahead or Reorganization?" isimli tez çalışmasıyla almıştır. Doktora eğitimine Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler programında devam eden Özdemir, Ocak 2017'den bu yana SETA'da çalışmaktadır. *Dünya Enerji Trendleri: Rezervler, Kaynaklar ve Politikalar* kitabının editörlerinden olan Özdemir çok sayıda Türkçe ve İngilizce kitap bölümü, rapor, analiz ve köşe yazısı kaleme almıştır.

RÜZGARDA YENİ SAYFA: DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ

BÜŞRA ZEYNEP ÖZDEMİR

Küresel ölçekte hız kazanan enerji dönüşümü, ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele ve düşük karbonlu kalkınma hedefleri doğrultusunda yeni stratejik yönelimler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu dönüşümün merkezinde ise çevresel etkileri asgari düzeyde olan ve yerli yenilenebilir enerji kaynakları yer almaktadır. Bu bağlamda deniz üstü rüzgar enerjisi dünya genelinde gerek sahip olduğu yüksek teknik potansiyel gerekse artan yatırım ilgisi ile ön plana çıkmaktadır.

Bu rapor, deniz üstü rüzgar enerjisi teknolojilerinin gelişimini, dünya genelindeki uygulamaları, yatırım süreçlerinde karşılaşılan yapısal ve teknik dinamikleri çok boyutlu bir perspektifle incelemektedir. Ayrıca Türkiye'nin mevcut durumu, potansiyel kaynak alanları, düzenleyici çerçevesi ve stratejik yol haritasına ilişkin güncel verileri değerlendirerek karar alıcılara yönelik somut politika önerileri de sunmaktadır.

Türkiye'nin 2053 Net Sıfır Emisyon hedefi doğrultusunda deniz üstü rüzgar enerjisi yalnızca bir enerji üretim alternatifi değil aynı zamanda sanayi politikası, bölgesel kalkınma ve teknoloji transferi açılarından kritik bir araçtır. Elinizdeki rapor söz konusu potansiyelin rasyonel, planlı ve sürdürülebilir bir biçimde nasıl hayata geçirilebileceğine dair bir analiz sunarken enerji dönüşümüne stratejik düzeyde katkı sağlamayı amaçlamaktadır.