



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

İzmir İli

Yüzer Denizüstü Rüzgâr Türbini Platformu Üretim Tesisi

Ön Fizibilite Raporu





T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



İZMİR
KALKINMA
AJANSI

İzmir İli Yüzer Denizüstü Rüzgâr Türbini Platformu Üretim Tesisi Ön Fizibilite Raporu



2021
HAZİRAN

RAPORUN KAPSAMI

Bu ön fizibilite raporu, İzmir'in yeşil büyüme hedeflerine katkı sağlayacak şekilde İzmir'de temiz enerji ve temiz teknolojiler kümesinin geliştirilmesi ve bu sektörün değer zincirine yeni şirketlerin eklenmesi amacıyla İzmir ilinde yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformu üretim tesisi kurulmasının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak üzere Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren İzmir Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanmıştır.

HAKLAR BEYANI

Bu rapor, yalnızca ilgililere genel rehberlik etmesi amacıyla hazırlanmıştır. Raporda yer alan bilgi ve analizler raporun hazırlandığı zaman diliminde doğru ve güvenilir olduğuna inanılan kaynaklar ve bilgiler kullanılarak, yatırımcıları yönlendirme ve bilgilendirme amaçlı olarak yazılmıştır. Rapordaki bilgilerin değerlendirilmesi ve kullanılması sorumluluğu, doğrudan veya dolaylı olarak, bu rapora dayanarak yatırım kararı veren ya da finansman sağlayan şahıs ve kurumlara aittir. Bu rapordaki bilgilere dayanarak bir eylemde bulunan, eylemde bulunmayan veya karar alan kimselere karşı Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile İzmir Kalkınma Ajansı sorumlu tutulamaz.

Bu raporun tüm hakları İzmir Kalkınma Ajansı'na aittir. Raporda yer alan görseller ile bilgiler telif hakkına tabi olabileceğinden, her ne koşulda olursa olsun, bu rapor hizmet gördüğü çerçevenin dışında kullanılamaz. Bu nedenle; İzmir Kalkınma Ajansı'nın yazılı onayı olmadan raporun içeriği kısmen veya tamamen kopyalanamaz, elektronik, mekanik veya benzeri bir araçla herhangi bir şekilde basılamaz, çoğaltılamaz, fotokopi veya teksir edilemez, dağıtılamaz, kaynak gösterilmeden iktibas edilemez.

İÇİNDEKİLER

1. YATIRIMIN KÜNYESİ	3
2. EKONOMİK ANALİZ.....	5
2.1. Sektörün Tanımı	5
2.2. Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler	9
2.3. Sektörün Profili.....	13
2.4. Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep.....	22
2.5. Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini	23
2.6. Girdi Piyasası	26
2.7. Pazar ve Satış Analizi	28
3. TEKNİK ANALİZ.....	34
3.1. Kuruluş Yeri Seçimi.....	34
3.2. Üretim Teknolojisi	36
3.3. İnsan Kaynakları	38
4. FİNANSAL ANALİZ	41
4.1. Sabit Yatırım Tutarı.....	41
4.2. Yatırımın Geri Dönüş Süresi	41
5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ	41
5.1. Çevresel Etkiler	41
5.2. Sosyal Etkiler	42

TABLolar

Tablo 1 Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planındaki (UYEEP) Kapasiteler ve Üretimler	6
Tablo 2 2019-2023 Yenilenebilir Enerji Hedefleri	7
Tablo 3 YEK Yerel İçerik Destekleme Mekanizması Fiyat ve Süre	13
Tablo 4 YEKA İhaleleri Özeti	16
Tablo 5 Yüzer Platform Konseptlerinin Değerlendirme Tablosu	19
Tablo 6 Yüzer Platform Konseptlerinin Teknoloji Olgunluğu ve İmalat Açısından Karşılaştırılması	21
Tablo 7 Yüzer Denizüstü Rüzgar Türbini Platformu SH ve SEM Dökümü	26
Tablo 8 Girdi İhtiyaçları	27
Tablo 9 Girdi Fiyatları	28
Tablo 10 Karadeniz Bölgesi'nde Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Teknik Potansiyelinin Dağılımı, GW	31
Tablo 11 2030 DRES Kurulum Hedefleri ve Türkiye Pazar Payı	33
Tablo 12 İnşaat Limanı – Montaj Limanı Karşılaştırması	36
Tablo 13. İzmir İli 15 Yaş ve Üzeri Nüfusun Eğitim Durumuna Göre Dağılımı (%)	38
Tablo 14. Çalışma Çağındaki Nüfusun Oranı	39
Tablo 15. İzmir İli Genç Nüfus Oranı	39
Tablo 16 İzmir'deki Üniversitelerin Mezun Sayıları	40

ŞEKİLLER

Şekil 1 Türkiye'nin Denizüstü Rüzgârı Enerjisi Potansiyeli	5
Şekil 2 Türkiye'de Enerjiye Dair Yasal ve Düzenleyici Çerçevenin Gelişimi	9
Şekil 3 Teşvik Bölgelerine Göre İller	10
Şekil 4 Türkiye'nin Toplam Kurulu Elektrik Üretim Kapasitesinin Yıllık Gelişimi (MW)	14
Şekil 5 Türkiye'nin Kurulu Elektrik Üretim Kapasitesinin 2006-2019 İçin Teknoloji Bazında Karşılaştırması	14
Şekil 6 Teknoloji Bazında Yıllık Yenilenebilir Enerji Üretimi Kurulu Kapasitesi	15
Şekil 7 Önümüzdeki 10 yıl için Türkiye'de Enerji Talebi Tahmini	15
Şekil 8 Denizüstü Rüzgâr Türbinleri İçin En Yaygın Dört Yüzer Platform Tipi	18
Şekil 9 GWEC'in Yüzer Denizüstü RES Kurulu	22
Şekil 10 Santral Türüne Göre Dünya Elektrik Üretimi	23
Şekil 11 100 m Yükseklikte Küresel Denizüstü Rüzgâr Hızı Haritası	30
Şekil 12 Kara ve Denizüstü Rüzgâr Projeleri Teslim Süresi	33

İZMİR İLİ YÜZER DENİZÜSTÜ RÜZGÂR TÜRBİNİ PLATFORMU ÜRETİM TESİSİ ÖN FİZİBİLİTE RAPORU**1. YATIRIMIN KÜNYESİ**

Yatırım Konusu	Denizüstü rüzgâr türbini bileşenleri imalatı	
Üretilcek Ürün/Hizmet	Yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformu	
Yatırım Yeri (İl - İlçe)	İzmir	
Tesisin Teknik Kapasitesi	25 adet/yıl	
Sabit Yatırım Tutarı	90.000.000 \$	
Yatırım Süresi	2 yıl	
Sektörün Kapasite Kullanım Oranı	% 0	
İstihdam Kapasitesi	250 Kişi	
Yatırımın Geri Dönüş Süresi	5 Yıl	
İlgili NACE Kodu (Rev. 3)	30.11.01	
İlgili GTİP Numarası	890520000000001	
Yatırımın Hedef Ülkesi	Türkiye	
Yatırımın Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Etkisi	Doğrudan Etki	Dolaylı Etki
	Amaç 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı	Amaç 8: İnsana Yakınsır İş ve Ekonomik Büyüme
Diğer İlgili Hususlar	Türkiye, yenilenebilir enerjiye yönelik politikalarını geliştirmek üzere yenilenebilir enerji için yerel ekipman imalatını teşvik etmek de dahil olmak üzere çeşitli adımlar atmıştır. Bir sonraki adımda temel amaç denizüstü rüzgâr enerjisiyle ilgili teknolojilerin yerel olarak üretilmesidir.	

Subject of the Project	<i>Equipment production for off-shore wind turbine</i>	
Information about the Product/Service	<i>Floating offshore wind turbine platforms</i>	
Investment Location (Province-District)	<i>İzmir</i>	
Technical Capacity of the Facility	<i>25 pcs/year</i>	
Fixed Investment Cost	<i>90,000,000 \$</i>	
Investment Period	<i>2 Years</i>	
Economic Capacity Utilization Rate of the Sector	<i>0 %</i>	
Employment Capacity	<i>250</i>	
Payback Period of Investment	<i>5 Years</i>	
NACE Code of the Product/Service (Rev.3)	<i>30.11.01</i>	
Harmonized Code (HS) of the Product/Service	<i>890520000000001</i>	
Target Country of Investment	<i>Turkey</i>	
Impact of the Investment on Sustainable Development Goals	<i>Direct Effect</i>	<i>Indirect Effect</i>
	<i>Goal 9: Industry, Innovation and Infrastructure</i>	<i>Goal 8: Decent Work and Economic Growth</i>
Other Related Issues	<i>In order to promote its policies for RE, Turkey took measures including incentivizing the local equipment production for renewables. For the next step, the main scope is to produce offshore related technology domestically.</i>	

2. EKONOMİK ANALİZ

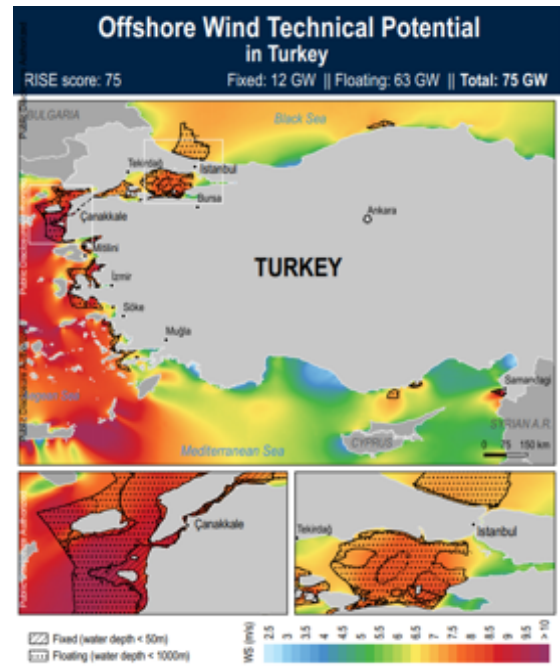
2.1. Sektörün Tanımı

Türkiye'nin ekonomik büyümesinin sürdürülmesi ve ülkenin, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin önlenmesine ve çevresel sürdürülebilirliğe dair taahhüdünün yerine getirebilmesi açısından yerli yenilenebilir enerji (YE) kaynaklarının geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır. Ülkemiz enerji politikasının temel önceliklerinden biri, yerli enerji kaynaklarını kullanmak ve büyüyen ülke ekonomisine çevresel olarak sürdürülebilir bir şekilde güvenilir, uygun fiyatlı enerji sağlamaktır. Türkiye hükümeti bu doğrultuda, enerji arz güvenliğini sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretiminin desteklenmesine devam edilmesi hususunu bir gereklilik olarak görerek yenilenebilir enerji konusuna, enerji güvenliği stratejisinin önemli bir bileşeni olarak Türkiye'nin 11. Kalkınma Planında (2018–2023) yer vermiştir.

Denizüstü rüzgâr enerjisi kullanımının geliştirilmesinin bu stratejinin bir unsuru olması beklenmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) ve Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM), denizüstü rüzgâr enerjisi hakkında bilgi birikimi oluşturmaya halihazırda başlamış durumdadır. ETKB ve ilgili paydaşlar, Mayıs 2017'de AB Katılım Öncesi Yardım Aracı (IPA) Enerji Sektörü Teknik Yardım Programı kapsamında; (i) Avrupa ve diğer bölgelerdeki mevcut deneyimler; (ii) politika, destek mekanizmaları ve maliyet eğilimleri ve (iii) örnek uygulama incelemeleriyle birlikte AB düzenlemelerinin ayrıntıları hakkında genel bir eğitim almıştır. Eğitimin ardından Almanya'da bir denizüstü rüzgâr enerjisi santraline saha ziyareti gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ETKB ve iletim sistemi işletmecisi TEİAŞ'tan beş kişilik bir heyet, ESMAP denizüstü rüzgâr atölyesine ve Haziran 2019'da Birleşik Krallık'ta bir çalışma gezisine katılarak, Türkiye'de denizüstü rüzgâr kullanımının gelişmesi için bir strateji ve yol haritası hazırlamanın önemini ve ayrıca ihaleler başlamadan önce ayrıntılı planlamaların avantajlarını yerinde görme imkanı bulmuştur. Türkiye heyeti, denizüstü rüzgâr kullanımının geliştirilmesi için belirli teknik alanlarda ek kapasitelerin geliştirilmesinin ülke menfaatine olacağı görüşünü bildirmiştir.

Bunlara ek olarak, Şekil 1'de görülebileceği gibi Türkiye'nin denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyeli değerlendirilmiş ve Marmara ve Ege kıyılarının özellikle yüzer türbin teknolojisi kullanımı açısından yüksek potansiyele sahip olduğu görülmüştür (The World Bank Group, 2019).

Şekil 1 Türkiye'nin Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli



Kaynak: Dünya Bankası

Türkiye'de denizüstü rüzgâr türbini platformu imalatı (NACE: 30.11.01 ve HS (GTIP): 890520000000001) hakkındaki bu çalışmanın amacı, imalat kabiliyetine ilişkin teknik ve mali değerlendirmeler yapmaktır. Bu ön fizibilite raporu, İzmir ve çevresinin konumu, bölgedeki yüksek rüzgâr potansiyeli, yüzer yapıların kullanım koşulları ve yakın konumdaki ekipman üreticileri gibi sınırlayıcı koşullar dikkate alınarak yatırımın uygunluğu hususunda fikir oluşturulması amacıyla oluşturulmuştur.

2.1.1. Türkiye Hükümetinin Yenilenebilir Enerji Stratejisi

Türkiye'nin enerjiyle ilgili üç temel politikası; enerji güvenliği, sürdürülebilir enerji arzı ve sera gazı emisyonlarının azaltılması olarak sıralanmaktadır. Bu çerçevede söz konusu politikalara paralel olarak Enerji sektörü için çeşitli strateji belgeleri hazırlamış ve yayınlamıştır. Bu strateji belgelerinin en önemlileri aşağıda sunulmuştur:

1. İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı (Temmuz 2011),
2. Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi,
3. Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (UYEEP) (Aralık 2014),
4. ETKB 2019-2023 Stratejik Planı,

İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı'nda temel hedef, yenilenebilir enerjinin enerji karomasındaki payını 2023 yılına kadar %30'a çıkarmak ve referans senaryoya göre karbon emisyonlarını %7 oranında azaltmak olarak belirlenmiştir.

Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi 21 Mayıs 2009 tarihinde yayınlanmıştır. Bu belgede 2023 yılına kadar Yenilenebilir Enerji (YE) kurumları için hedefler belirtilmiştir.

Bir diğer önemli YE strateji belgesi, 2013-2023 dönemi için yenilenebilir enerji pazarında Türkiye'nin en kapsamlı hedeflerini ortaya koyan "Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı"dır (UYEEP). Bu belgeye göre 2023 yılına kadar 34 GW hidroelektrik, 20 GW rüzgâr, 5 GW güneş, 1 GW jeotermal ve 1 GW biyokütle enerjisi kurulu gücüne ulaşılması planlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1 Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planındaki (UYEEP) Kapasiteler ve Üretimler

Yenilenebilir Enerji Teknolojisi	Kurulu Güç Kapasitesi (MW)			Elektrik Üretimi (GWh)		
	2013	2023	Δ	2013	2023	Δ
Hidroelektrik	22.289	34.000	%53	59,42	91.800	%54
Rüzgâr	2.759	20.000	%625	7.558	50.000	%562
Jeotermal	310	1.000	%223	1.364	5.100	%274
Güneş	0	5.000	-	0	8.000	-
Biyokütle	224	1.000	%346	1.171	4.533	%287

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2014)

Sektöre yönelik olarak yayınlanan en güncel strateji belgesi, ETKB 2019-2023 Stratejik Planıdır. Mayıs 2020’de yayınlanan ETKB 2019-2023 Stratejik Planının temel hedefi, Türkiye’nin 2023’te sürdürülebilir, güvenilir ve maliyet etkin bir enerji karmasına sahip olmasıdır. Yenilenebilir ve yerel kaynaklar ile depolama teknolojilerinin kullanılması, Türkiye’nin sürdürülebilir “karbonsuz” geleceğinin en önemli unsurları olarak kabul edilmektedir. Yerli ve yenilenebilir kaynaklar için belirlenen ana hedef, bu kaynakların enerji üretimindeki payını 2023 yılı sonuna kadar %59’dan %65’e çıkarmaktır. ETKB, bu amaçla her bir teknoloji için kurulu güç hedefleri belirleyerek, Türkiye’nin enerji karmasına ilave edilecek ek kurulu güç hedeflerini aşağıdaki tablodaki gibi belirlemiştir. Ayrıca, Stratejik Planda elektrik üretiminde doğal gaz kullanımının azaltılması hedeflenirken yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artış göstermesinin beklendiği ifade edilmektedir.

Tablo 2 2019-2023 Yenilenebilir Enerji Hedefleri

Teknoloji	Kurulu kapasite (MW) 03.02.2021	Hedeflenen kurulu kapasite (MW) 2023
Rüzgâr	8.704	11.883
Hidroelektrik	30.978	32.037
Güneş	6.746	10.000
Jeotermal	1.613	2.884
Biyokütle	1.097	
Yerli Kömür	11.336	14.664
Toplam	95.828	109.951

Kaynak: : T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2020)

Türkiye Elektrik İletim A.Ş verilerine göre Şubat 2021 itibarıyla rüzgâr enerjisi kurulu gücü 2021 yılı için 8,704 MW olup, bu rakamın 2023 yılına kadar 11.883 MW’a yükselmesi hedeflenmektedir. Gelecekteki rüzgâr enerjisi santrali yatırımları ve yerli üretim destekleri göz önüne alındığında, Türkiye’de üretim tesisi olan rüzgâr türbini ekipman imalatçılarının önümüzdeki yıllar için pazarda önemli bir avantaja sahip olacakları söylenebilir.

2.1.2. Türkiye'de Enerji Sektörüne Yönelik Faaliyet Gösteren Başlıca Kuruluşlar

Türkiye'de enerji sektörüne yönelik faaliyet gösteren başlıca kurumlar ve sorumlulukları aşağıda tanımlanmıştır.

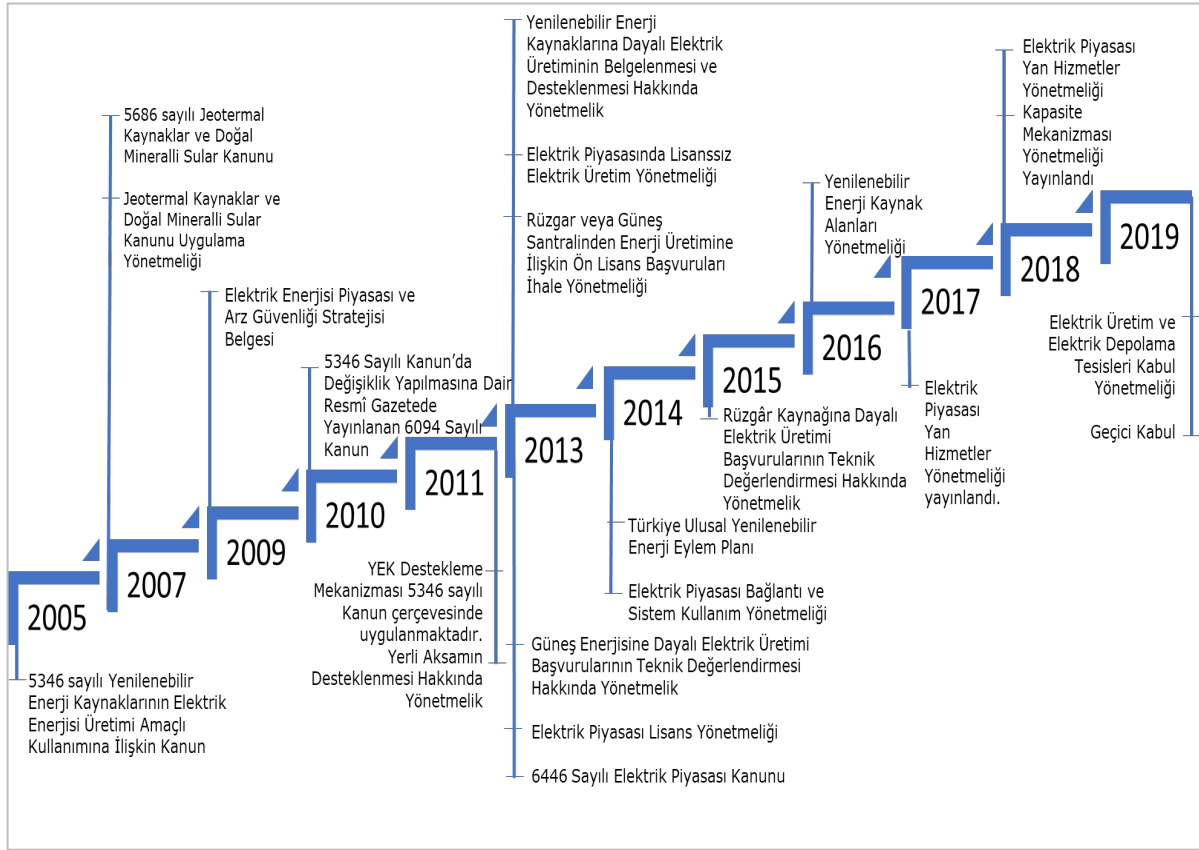
	
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)
ETKB'nin başlıca sorumlulukları; politika oluşturma, stratejik planlama, temel standartlar ile yasa ve yönetmeliklerin hazırlanmasıdır. ETKB, ayrıca, iklim değişikliğine, çevre sorunlarına ve enerji yatırım konularına dair eyleme geçmekten de sorumludur.	Türkiye'de bağımsız düzenleyici otorite olan EPDK'nin kuruluşu, 4628 sayılı eski Elektrik Piyasası Kanunu'na dayanmaktadır. EPDK, başlangıçta elektrik piyasalarını denetlemek için kurulmakla birlikte 5015, 4646 ve 5307 sayılı kanunlar çerçevesinde LPG, gaz ve petrol piyasalarının düzenlenmesi ve denetimi gibi sorumluluklar da üstlenmiştir.
	
Türkiye Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ)	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM)
EPIAŞ'ın temel sorumlulukları arasında elektrik sektörü için gün öncesi piyasaları, gün içi piyasaları ve dengeleme piyasalarını düzenlemek yer alır. EPIAŞ, doğal gaz sektörünün spot piyasa faaliyetlerinin düzenlenmesinden de sorumludur. Ayrıca YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) başta olmak üzere tarife maliyetlerinin hesaplanmasında da görev üstlenir.	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM); yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımından ve araştırma kurumları, yerel yönetimler ve STK'lar ile işbirliği içinde uygulamaya yönelik pilot projelerin hazırlanmasından/gerçekleştirilmesinden sorumludur. Kurum, enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerjinin kullanılması, sanayide ve binalarda enerji verimliliği konusunda bilinçlendirme, Cumhurbaşkanlığı bünyesinde Kabine tarafından onaylanan enerji verimliliği projelerinin uygulanması, Türkiye için yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği hedef ve projeksiyonlarının belirlenmesi için gerekli danışmanlığı sağlar.
	
Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)	
Kurumun temel sorumluluğu elektrik enerjisinin ulusal enerji politikalarına uygun, sürdürülebilir, kaliteli ve çevreye duyarlı bir şekilde iletilmesi için enerji piyasalarıyla uyumlu bir sistem ve şebeke yönetimi yapmaktır.	

2.1.3. Türkiye Enerji Dönüşümü Düzenleme Çerçevesi

Türkiye hükümetinin güçlü RES politikası taahhüdü göz önüne alındığında, Türkiye'deki toplam elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji yatırımlarının öneminin hızla arttığı rahatlıkla söylenebilmektedir. 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (Yenilenebilir Enerji Kanunu) ve Elektrik Piyasası Kanunu, yenilenebilir kaynakların ve üretimin türüne bağlı olarak başlıca yasal kaynaklardır. Örneğin, lisanslı üretim yönetmeliği ile lisanssız üretim ve teşvikler için izin ve yetkilendirme prosedürleri önemli ölçüde farklılık göstermektedir.

Şekil 2'de yenilenebilir enerjinin Türkiye'deki yasal ve düzenleyici çerçevesinin gelişimi özetlenmiştir.

Şekil 2 Türkiye'de Enerjiye Dair Yasal ve Düzenleyici Çerçevenin Gelişimi



Bununla beraber, karmaşık bürokratik ve idari prosedürler, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı konusundaki gelişmelerin önünde yavaşlatıcı unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.2. Sektöre Yönelik Sağlanan Destekler

2.2.1. Yatırım Teşvik Sistemi

Türkiye Cumhuriyeti, hem başlangıç hem de genişleme yatırım projeleri için başlangıç maliyetlerinin en aza indirilmesini ve yatırımların geri dönüşlerinin hızlandırılmasını destekleyen kapsamlı bir yatırım teşvik programı sunmaktadır. Yatırım teşvikleri; teknoloji transferi ve ekonomik kalkınma için önemli alanlar olarak sınıflandırılan öncelikli sektörlerdeki projelere de uyarlanabilmektedir.

Yatırımlar, Bakanlar Kurulu Kararı (2012/3305 sayılı “Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar” - 19.06.2012 tarihli Resmi Gazete) ve bu Karar’ın uygulanmasına ilişkin tebliğ (2012/1 Sayılı Uygulama Tebliği - 20.06.2012 tarihli Resmi Gazete) hükümleri çerçevesinde desteklenebilmektedir.

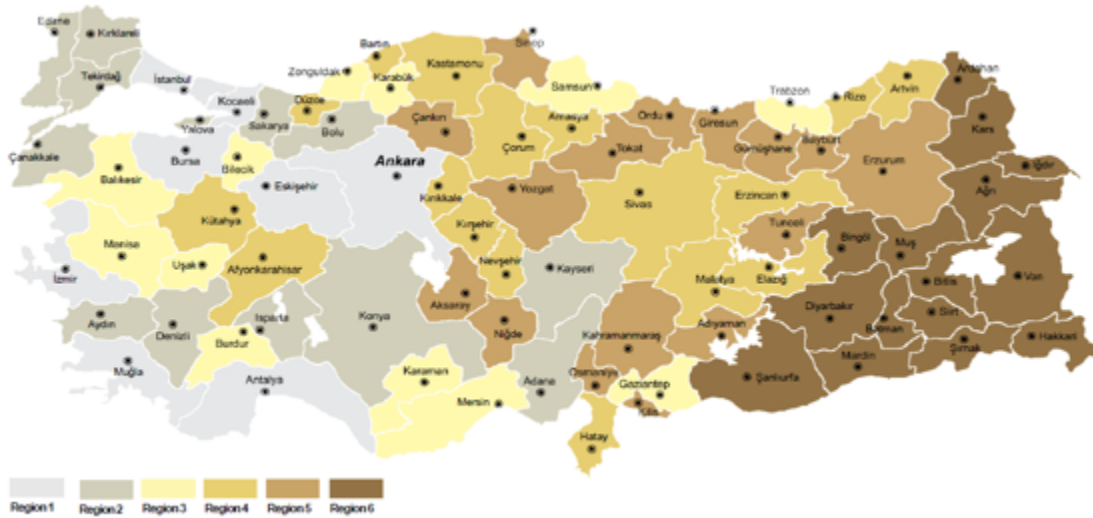
Teşvik sistemi 4 farklı uygulamadan oluşmaktadır:

- Genel Teşvik Uygulamaları
- Bölgesel Teşvik Uygulamaları
- Öncelikli Yatırımların Teşviki
- Stratejik Yatırımların Teşviki

Bölgesel Teşvik Uygulamaları kapsamında her ilde desteklenecek sektörler, illerin potansiyelleri ve ekonomik ölçek büyüklükleri dikkate alınarak tespit edilmiş olup, bölgelerin gelişmişlik seviyelerine göre yardım yoğunlukları farklılaştırılmıştır. Buna göre;

- İller, 2017 SEGE verileri temel alınarak altı bölgeye ayrılmıştır.
- İller itibarıyla belirlenen sektörler, aynı zamanda ilin bulunduğu bölgedeki sektör ve sabit yatırım tutarı şartlarını sağlamaları halinde desteklerden yararlanabilirler.
- Bölgesel desteklerden faydalanabilecek sektörler ve asgari yatırım tutarları ile illerin bölgesel desteklerden yararlanabilecek sektörleri Resmî Gazete Tarihi: 20.06.2012 ve Sayısı: 28329 olan tebliğin ek belgesi olan EK-2’de yer almaktadır.

Şekil 3 Teşvik Bölgelerine Göre İller



Kaynak: Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, (2021a)

Yukarıda bahsi geçen teşvik uygulamalarına ilave olarak, asgari sabit yatırım tutarı 500.000 TRY ve üzeri olan yatırımların Proje Bazlı Teşvik Uygulamasından yararlanması da mümkündür.

Destek Unsurları

- KDV İstisnası: Yatırım Teşvik Belgesi kapsamında yurt içinden ve yurt dışından temin edilecek yatırım malı makine ve teçhizat ile belge kapsamındaki yazılım ve gayri maddi hak satış ve kiralama için katma değer vergisinin ödenmemesi şeklinde uygulanır.
- Gümrük Vergisi Muafiyeti: Yatırım Teşvik Belgesi kapsamında yurt dışından temin edilecek yatırım malı makine ve teçhizat için gümrük vergisinin ödenmemesi şeklinde uygulanır.

- Vergi İndirimi: Gelir veya kurumlar vergisinin, yatırım için öngörülen katkı tutarına ulaşıncaya kadar indirimli olarak uygulanmasıdır.
- Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği: Yatırım Teşvik Belgesi kapsamı yatırımla sağlanan ilave istihdam için ödenmesi gereken sigorta primi işveren hissesinin asgari ücrete tekabül eden kısmının belirli bir süre Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından karşılanmasıdır.
- Yatırım Yeri Tahsisi: Yatırım teşvik belgesi düzenlenmiş olan stratejik yatırımlar, bölgesel ve öncelikli yatırımlar için stratejik yatırımlar ve bölgesel desteklerden yararlanacak yatırımlar için, 29/06/2001 tarihli ve 4706 sayılı Kanunun ek 3 üncü maddesi çerçevesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından (Milli Emlak Genel Müdürlüğü) belirlenen usul ve esaslara göre yatırım yeri tahsis edilebilir.
- Faiz veya Kar Payı Desteği: Yatırım teşvik belgesi kapsamında kullanılan en az bir yıl vadeli krediler için sağlanan finansman desteğidir. Teşvik belgesinde kayıtlı sabit yatırım tutarının %70'ine kadar kullanılan krediye ilişkin ödenecek faizin veya kâr payının belirli bir kısmı Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından karşılanmaktadır. Faiz desteği, stratejik yatırımlar, Ar-Ge ve çevre yatırımları ile 3, 4, 5 ve 6. bölgelerde bölgesel teşvik uygulamaları ve öncelikli yatırımların teşviki uygulamaları kapsamında yapılacak yatırımlar için uygulanmaktadır.
- Sigorta Primi Desteği: Yatırım teşvik belgesi kapsamında yatırımla sağlanan ilave istihdam için ödenmesi gereken sigorta primi işçi hissesinin asgari ücrete tekabül eden kısmının 10 yıl boyunca karşılanmasıdır. Genel teşvik uygulamaları hariç olmak üzere, yalnızca 6. bölgede gerçekleştirilecek yatırımlar için düzenlenen teşvik belgelerinde öngörülür. Ayrıca Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı kapsamında desteklenen stratejik yatırımlar için de uygulanabilir.
- Gelir Vergisi Stopajı Desteği: Yatırım teşvik belgesi kapsamında yatırımla sağlanan ilave istihdam için ödenmesi gereken gelir vergisi stopajının asgari ücrete tekabül eden kısmının 10 yıl süreyle terkin edilmesidir. Sadece 6. Bölgede gerçekleştirilecek yatırımlar için düzenlenen teşvik belgelerinde öngörülür. Ayrıca Teknoloji Odaklı Sanayi Hamlesi Programı kapsamında desteklenen stratejik yatırımlar için de uygulanabilir.
- KDV İadesi: Sabit yatırım tutarı 500 milyon Türk Lirasının üzerinde olan stratejik yatırımlar kapsamında gerçekleştirilen bina ve inşaat harcamaları için tahsil edilen KDV'nin iade edilmesi uygulamasıdır.

Proje Bazlı Teşvikler

Proje bazlı teşvikler, önemli alanlardaki yatırımlara yönelik olup, asgari sabit yatırım tutarı 500.000 TRY'dir. Yatırımın aynı zamanda teknoloji yoğun, katma değeri yüksek, ithalata bağımlı ve yerli imalat olmayan ya da düşük miktarlarda yerli üretimden oluşması gerekmektedir.

İzmir'de gerçekleşmesi öngörülen ve US-97 Kodu "3511.0.09.00 - Yüzen veya dalabilen sondaj ve üretim platformları" veya "3511.0.10- Diğer yüzer yapılar" olan yüzer denizüstü rüzgar türbini platformu imalatına ilişkin yatırımın toplam tutarının 500.000 Milyon TL'yi geçiyor olması ve ilgili ürünün ülkemizde henüz imalatının gerçekleştirilmiyor olması sebebiyle söz konusu yatırım Proje Bazlı Teşvik Uygulamasına dahil olacaktır. Proje bazlı teşvikler kapsamında aşağıdaki destek unsurları tanımlanmıştır. Yatırım projesinin niteliğine göre teşvik unsurları ve oranları değişiklik gösterebilmektedir.

- Hibe desteği,
- KDV muafiyeti,
- Gümrük vergisi muafiyeti,
- Yatırım harcamalarında %200'e varan kurumlar vergisi indirimi,
- İşveren payı için 10 yıla kadar SGK prim desteği,
- 10 yıl süreyle gelir vergisi stopajı desteği,
- 5 yıla kadar nitelikli personel desteği,

- 10 yıla kadar enerji harcamalarının %50'sine kadar enerji desteği,
- 10 yıla kadar faiz desteği,
- Yatırım tutarının %49'una kadar sermaye katkısı,
- 49 yıllığına arazi tahsis,
- Altyapı desteği,
- Satın alım garantisi,
- İzin-tahsis-ruhsat işlemlerinde kolaylık sağlanması,
- Bina-inşaat harcamalarında KDV iadesi.

Yukarıda belirtilenlere ek olarak, 2022 yılı sonuna kadar imalat sanayinde yapılacak yatırımlar için, halihazırda uygulanan orana 15 puan ek kurumlar vergisi indirimi desteği uygulanacaktır.

2.2.2. Diğer Destekler

Türkiye'de yenilenebilir enerji ekipmanı üretimine yönelik dolaylı destekler de tanımlanmıştır. Doğrudan ekipman yönelik olarak tanımlanmasa da yerli ekipman kullanımının özendirilmesi amacıyla enerji yatırımcılarına kullandıkları ekipmanın yerlilik oranına destekler sağlanmaktadır. Bu da yerli ekipman üreticilerinin iş hacminin büyümesi ve ürettiği ürünlerin yerel pazardaki tercih edilebilirliğinin artması anlamına gelmektedir.

Yenilenebilir Enerji Projeleri İçin Tanımlanan Teşvikler

- **Tarife Garantileri (TG'ler) ve Yerlilik Katkısı Desteği**

Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimini artırmak ve teşvik etmek üzere 18 Mayıs 2005 tarihli ve 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun", kısaca "YEK Kanunu" yürürlüğe girmiştir. YEK Kanunu, kanun kapsamında belirtilen her yenilenebilir enerji kaynağı için tarife garantileri (TG'ler) ve USD bazlı sabit fiyatları enerji piyasasına sunmuştur. Yatırımcılar, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizmasına (YEKDEM) katılarak 10 yıl süreyle verilen teşviklerden yararlanabilmektedir. YEK Kanunu, TG'lere ek olarak yerli ekipman kullanımını desteklemek için ek destekler sağlamaktadır. Üretim tesisinin bir bileşenine teşvik verilebilmesi için o bileşenin en az %55 yerlilik oranına sahip olması gerektirmektedir. Ancak bu, tam teşvik verileceği anlamına gelmemektedir. Yatırımcının bir bileşen için asgari %55'lik yerlilik eşliğini karşılaması halinde; yatırım, tanımlanan toplam teşvikin %55'i ile uyumlu olarak yerli imalat için teşvik almaya hak kazanmaktadır. Yatırımın kapsadığı %55'lik yerliliğin üzerindeki her bir parça için, yatırımcıya ilave teşvik verilmektedir. Buna göre ilgili yenilenebilir enerji üretim tesisinin TG fiyatlarına, ilave olarak değerlendirilebilecek yerlilik katkısı desteği eklenmektedir.

Yerli üretimin tanımı, standartları, belgelendirmesi ve kapsamının denetimine ilişkin usul ve esaslar 19.06.2011 tarihli Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik ile düzenlenmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, 2021b) USD bazlı TG'lerin süresi Temmuz 2021'in başında sona ermiştir.

Fakat 2021 başında büyük ölçekli lisanslı tesisler için Temmuz 2021'den Aralık 2025'e kadar yeni TRY bazlı yeni yenilenebilir TG planını duyurmuştur. Buna göre TG vadesi 10 yıl olacak ve fiyatlar TÜFE & ÜFE (%52) ve USD & EUR döviz kurları (%48) bazında üçer aylık dönemlerde artırılabilecektir. Her tür santral için 0,08 TRY/kWh sabit yerlilik katkısı desteği 5 yıl süreyle geçerli olacaktır. 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanununda yapılan son değişikliklere paralel olarak yenilenebilir enerji tesisleri için aşağıdaki taban fiyatlar ve yerlilik primi uygulanacaktır.

Tablo 3 YEK Yerel İçerik Destekleme Mekanizması Fiyat ve Süre

Yenilenebilir Enerji Üretim Tesisi Türü		YEKDEM Fiyatı (TRY kuruş/kWh)	YEKDEM Fiyat Dönem (yıl)	Yerel İçerik Fiyatı (TRY kuruş/kWh)	Yerel İçerik Fiyatı Dönem (yıl)
a. Hidroelektrik		40,00	10	8,00	5
b. Rüzgâr		32,00	10	8,00	5
c. Jeotermal		54,00	10	8,00	5
d. Biyokütle	Atık gazı ile elde edilen kaynaklar ve atık lastik işleme yan ürünleri	32,00	10	8,00	5
	Biyometanizasyon	54,00	10	8,00	5
	Termal Bertaraf	50,00	10	8,00	5
e. Güneş		32,00	10	8,00	5

Kaynak: Resmî Gazete (2021)

2.3. Sektörün Profili

Rüzgâr sanayiinin özellikle geniş tedarik zincirine ihtiyaç duyması ve rüzgâr türbininin üretim sürecinin jeneratör, nasele, kanat, şaft, kule, dişli kutusu, fren ve hidrolik sistemler ile mühendislik, lojistik, kurulum, müteahhitlik, servis ve bakım, güç yenileme ve geri dönüşüm vb. birçok ürün ve hizmeti içermesi sebebiyle diğer sektörlerin de gelişimini tetikleme potansiyeli bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisi sektörünün yarattığı değer zinciri; mal ve hizmet üretimi açısından çok farklı alanlarda değer yaratılabilmesini mümkün kılmaktadır.

Bununla beraber, Bloomberg New Energy Finance (BNEF), 2020 yılı rüzgâr enerjisi santrali yatırımlarında kullanılan rüzgâr türbinlerinin %51'inin General Electric (GE), Goldwind, Vestas ve Envision tarafından üretildiğini ortaya koymuştur. Bu dört firmanın toplam üretimi 48,6 GW kurulu güce tekabül etmektedir. Bunun 13,5 GW'lık kısmı ABD merkezli General Electric (GE), 13 GW'lık kısmı Çin merkezli Goldwind, 12,4 GW'lık kısmı Danimarka merkezli Vestas, 10,3 GW'lık kısmı ise yine Çin merkezli Envision tarafından üretilmiştir. Bunun dışında Siemens-Gamesa (SGRE), Mingyang, Shanghai Electric, Windey, CRRC, Sany gibi önemli türbin üreticileri de 2020 yılı pazar payı sıralamasında ilk 10'da yer almıştır.

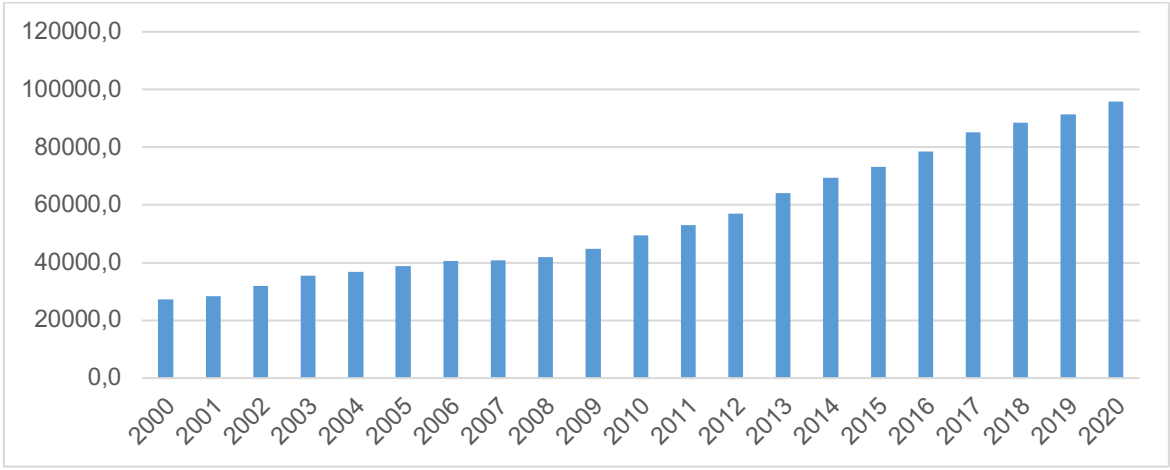
Bugüne kadar gerçekleştirilen RES yatırımları incelendiğinde; Vestas, Siemens-Gamesa, GE, Goldwind, Enercon ve Nordex firmalarının ürettiği türbinlerin diğer firmaların türbinlerine göre daha yoğun bir şekilde kullanıldığı anlaşılmaktadır. Sektörün güçlü tedarik bir zincirine ihtiyaç duyması sebebi ile bu firmaların faaliyetleri tedarik zincirinin konuşlanacağı bölgeleri belirleyebilmekte ya da bu firmalar güçlü tedarik zincirinin olduğu bölgelere üretim tesisi kurabilmektedirler. Söz konusu firmalar arasında Goldwind, Vestas, Envision, Siemens-Gamesa, Ming Yang ve Shanghai Electric denizüstü rüzgâr türbini üretimi yapmaktadır.

2.3.1. Türkiye'de Enerji Talebi ve Elektrik Üretimi

Türkiye ekonomisi dünyanın en hızlı büyüyen ekonomilerinden biridir. Bu hızlı ekonomik büyüme, enerji talebine de yansımaktadır. Türkiye, enerji talebindeki artışları mevzuat değişiklikleri yaparak, yenilenebilir enerji portföyünün payını artırarak, enerji verimliliği programları oluşturarak ve özel sektör yatırımlarını teşvik ederek karşılamak için birçok adım atmıştır. Türkiye, attığı bu adımlarla son 20 yılda enerji sektörünün dönüşüm sürecinde kayda değer bir ilerleme kaydetmiştir. Bu dönüşümün ilk sonucu olarak, dağıtım sektörünün tamamı özelleştirilmiştir. Enerji üretim tesislerinin özelleştirme süreci ise devam etmektedir.

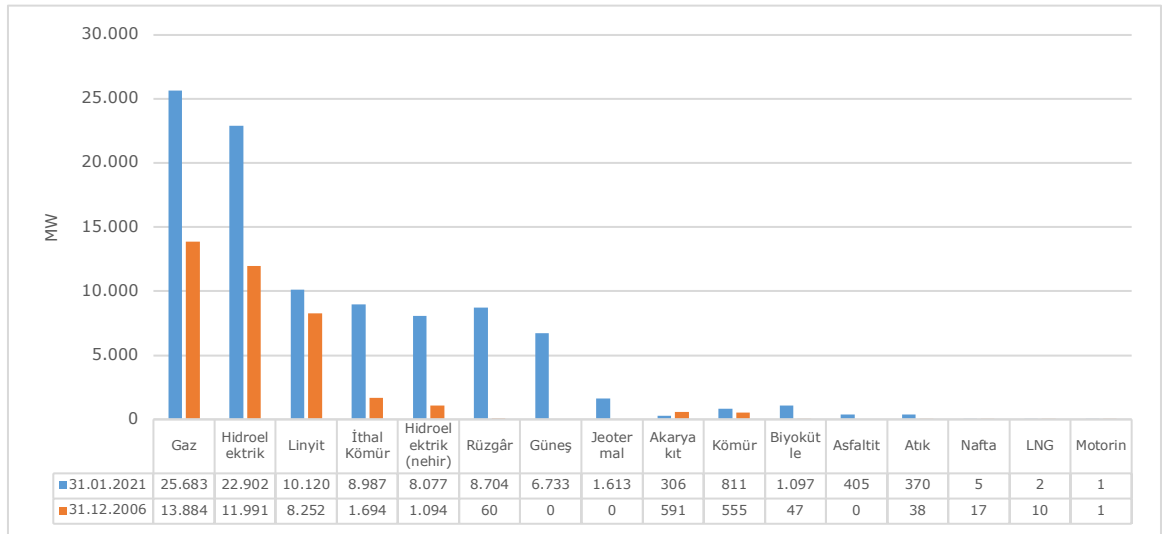
Türkiye'nin enerji talebi, son 10 yılda ortalama %5'in üzerinde bir oranla artmıştır. Türkiye, son yıllarda artan talebi karşılamak için büyük çaba sarf etmiş ve kurulu kapasitesini kayda değer bir düzeye çıkarmıştır. Türkiye'nin kurulu güç kapasitesinin tarihsel gelişimi, hem toplam kurulu kapasite (Şekil 4) hem de teknoloji bazında Şekil 5) aşağıda sunulmuştur.

Şekil 4 Türkiye'nin Toplam Kurulu Elektrik Üretim Kapasitesinin Yıllık Gelişimi (MW)



Kaynak: TEİAŞ

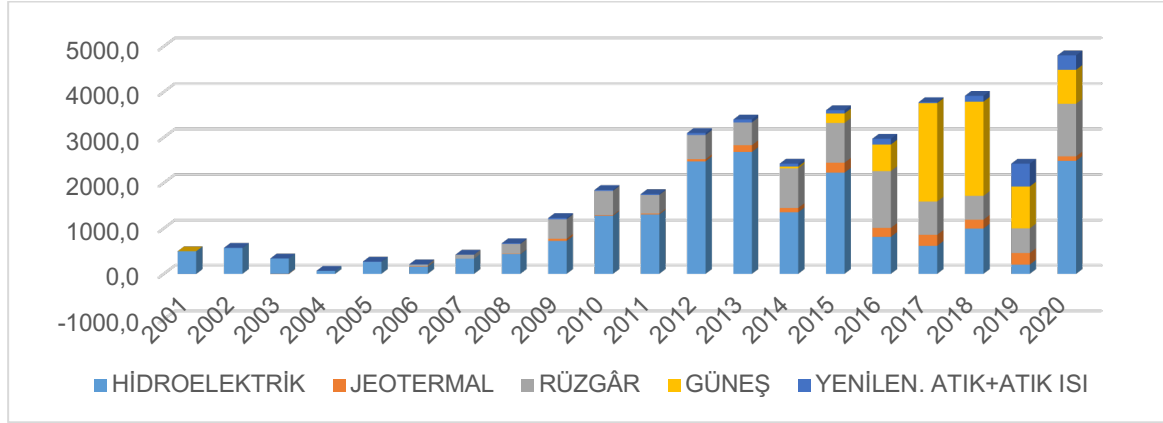
Şekil 5 Türkiye'nin Kurulu Elektrik Üretim Kapasitesinin 2006-2019 İçin Teknoloji Bazında Karşılaştırması



Kaynak: TEİAŞ

Türkiye, kurulu gücünü artırırken yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji karmasındaki payını artırmaya özel bir önem vermiştir. 2019 itibarıyla, Türkiye'nin toplam kurulu gücünün %45'inden fazlası yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanmaktadır (bkz. Şekil 6). Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına, özellikle güneş ve rüzgâr enerjisine yönelik teşvikler sayesinde yenilenebilir enerji yatırımları özel ilgi görmüştür. 2001-2020 yılları arasında Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücünün gelişimi aşağıda verilmiştir.

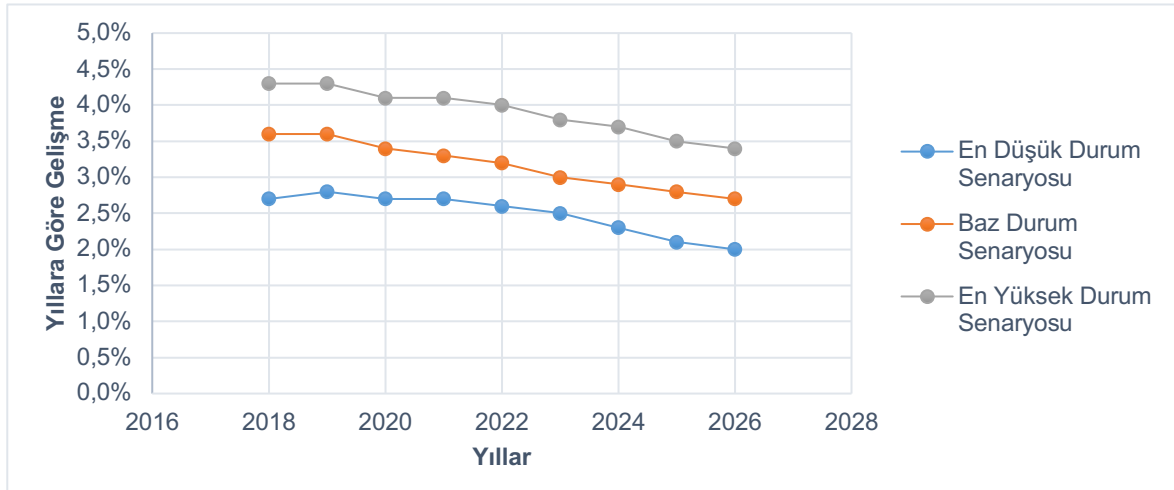
Şekil 6 Teknoloji Bazında Yıllık Yenilenebilir Enerji Üretimi Kurulu Kapasitesi



Kaynak: TEİAŞ

Ancak, TEİAŞ tarafından yapılan son çalışmalara göre, enerji talep artışının azalarak büyüme hızının ortalama bir seviyeye gelmesi beklenmektedir. Buna göre baz senaryoda önümüzdeki 10 yıl için talep artış hızının %2,7 ile %3,6 arasında olması beklenmektedir. TEİAŞ tarafından yayınlanan talep projeksiyon çalışmalarından birinin sonuçları Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7 Önümüzdeki 10 yıl için Türkiye'de Enerji Talebi Tahmini



Kaynak: TEİAŞ

2.3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) Modeli

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 9 Ekim 2016 tarihli Resmî Gazete'de Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği'ni yayımlamıştır. Yönetmelik, yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemek ve yenilenebilir varlıkların yerli imalatını teşvik etmek için yeni bir yatırım modeli getirmiştir. Yönetmeliğin temel amaçları şu şekilde belirlenmiştir: Kamu, hazine veya özel mülkiyet alanlarında

yenilenebilir enerji bölgelerinin belirlenmesi yoluyla yenilenebilir enerji kaynaklarını çok daha verimli ve etkin bir şekilde işletmeye almak; yenilenebilir enerji yatırımlarını çok daha hızlı gerçekleştirmek; Türkiye'de yenilenebilir enerji ekipmanı üretmek; yerel olarak üretilmiş ekipmanları/bileşenleri kullanmak; teknoloji transferi yoluyla araştırma ve geliştirme faaliyetlerine katkıda bulunmak. Yenilenebilir enerji kaynak alanları ve elektrik bağlantı kapasitesi kullanım hakları "Yurt İçinde Üretim Karşılığı Tahsis(YÜKT)" veya "Yerli Malı Kullanım Karşılığı Tahsis(YMKT)" mekanizmaları kapsamında gerçekleştirilecek ihale sonucunda uygun bir yatırımcıya sunulabilmektedir.

Yurt İçinde Üretim Karşılığı Tahsisinde, YEKA ve bağlantı kapasitesi kullanım hakkı teklif edilen tüzel kişilik, Türkiye'de standartlara ve görev tanımına (GT) göre bir ekipman imalat fabrikası kurmak zorundadır. Tüzel kişi tarafından bir de Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Merkezi kurulmalıdır. Ar-Ge Merkezinde faaliyetlerin belirli bir süre ve bütçe, çalışan sayısı, personel nitelikleri gibi önceden belirlenmiş zorunlu koşullar doğrultusunda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu mekanizmada, YEKA'da GT'de belirtilen yerli imalat aksam ve diğer yerel bileşenler kullanılmalıdır. Yerli Malı Kullanım Karşılığı Tahsisinde ise, YEKA ve elektrik bağlantı kapasitesi kullanım hakları, ihaleyi kazanan ve santral için yerli imalat aksam ve diğer ilgili yerel bileşenleri (tesis dengesi) Türkiye'deki mevcut fabrikalardan tedarik etmeyi taahhüt eden bir tüzel kişiye verilmektedir. Aksam ve bileşenler, GT'lerde tanımlandığı gibi belirli yerel içerik oranlarına sahip olmalı ve ulusal veya uluslararası standartlarla uyumlu olmalıdır.

YEK Destek tarifelerinden açık eksiltme ihalesine tabi olan ve 5346 sayılı Kanun gereği daha fazla yerlilik katkısı desteği almaya hak kazanan lisanslı projelerden farklı olarak, YEKA projeleri için ihale süreci hem TG hem de fazla yerlilik katkısı desteğini kapsayan belirli bir tavan fiyattan indirim yapılmasını gerektirmektedir. Bu, kazanan tüzel kişilerin ekstra yerel içerik desteği alma hakkı olmadığı anlamına gelmektedir.

Ancak YEKA modelinde ESAA süresi, Kanunda lisanslı ve lisanssız projeler için öngörülen TG süresinin (halen 10 yıl) çok ötesine geçmektedir ve bu süre, Karapınar YEKA-1 için 1 GW'lık güneş enerjisi santrali ihalesinde ve 1 GW'lık Rüzgâr Enerjisi YEKA ihalesinde 15 yıl olarak belirlenmiştir. Bu ihalelerin özeti Tablo 4'de görülebilir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi, 2021b).

Tablo 4 YEKA İhaleleri Özeti

İhale	YEKA RES- 1	YEKA RES - 2			
Tarih	17 Ağustos	19 Mayıs			
Kapasite	1 GW	Balıkesir için 250 MW	Çanakkale için 250 MW	Aydın için 250 MW	Muğla için 250 MW
Enerji Üretim Kapasitesi (milyar kWh)	3	-			
Kazanan Teklif (ABD dolar cent/kWh)	3,48	4	3,53	4,56	3,67
Kazanan	Siemens-Kalyon-Türkerler konsorsiyumu	Enercon	Enerjisa	Enerjisa	Enercon
Beklenen Toplam Yatırım (milyar dolar)	1,1	1			
Yerelleştirme ve Ar-Ge Yatırımı	%65	-			

Yukarıda belirtilen ihalelere ilave olarak 2018 yılında 1,2 GW denizüstü RES ihalesi duyurulmuştur ancak ihale koşullarının olgunlaşmaması nedeniyle ertelenmiştir. Söz konusu ihalenin tekrar ilan edileceği Bakanlık yetkililerince açıklanmış olup, ihaleyle ilgili hazırlık çalışmaları halihazırda devam etmektedir.

Mevcut karasal rüzgâr enerjisi yatırımlarına ve potansiyeline ilave olarak, Dünya Bankası'nın 2019 yılında yürüttüğü çalışmaya göre Türkiye'nin denizüstü rüzgâr enerjisi üretim potansiyeli teknik açıdan araştırılmış ve oldukça yüksek bir potansiyelden söz edilmiştir (The World Bank Group, 2019). Çalışmada, denizüstü rüzgâr enerjisi yatırımları için en cazip bölgenin Ege Denizi'nin kuzeybatısı olduğu ve en büyük alanın 6 GW sabit ve 19 GW yüzer platform teknik denizüstü rüzgâr enerjisi üretim potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Marmara Denizi ve Karadeniz'in rüzgâr hızının da yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çerçevede denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyelinin yanı sıra, henüz denizüstü rüzgâr türbini bulunmayan ve yerli ekipman üreticisinin olmadığı Türkiye pazarında gelecek dönemde denizüstü rüzgâr enerjisi ekipman üreticileri için önemli avantajların oluşması beklenmektedir.

2.3.3. Yüzer Denizüstü Rüzgâr Türbini Platformu Konseptleri

Yüzer Platform ve İstasyon Koruma Sistemi

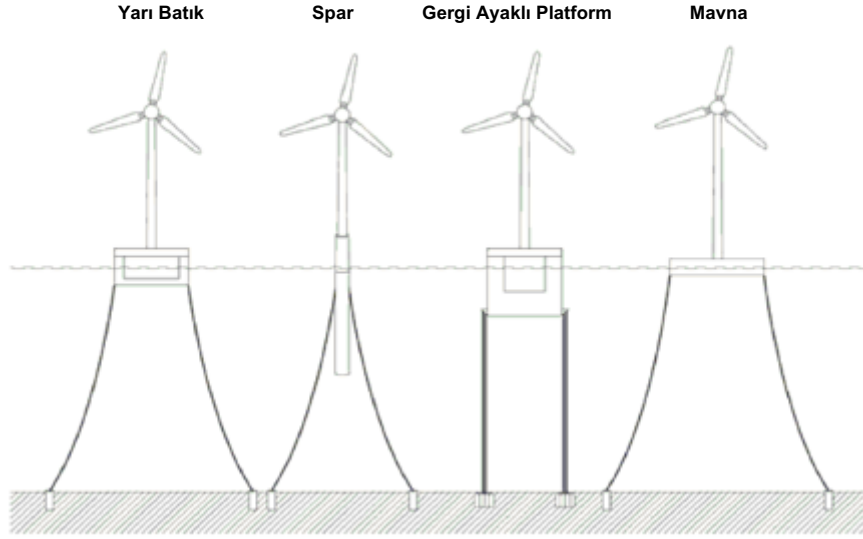
Yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformlarının gelişimi esnasında, 50 metre ve daha derin denizlerdeki uygulamalar için çeşitli konseptler geliştirilmiş ve ilgili mühendislik yöntemleri ile bu konseptler değerlendirilmiştir. Bu konseptlerden bazıları, ticari aşama öncesinde prototip kurulum olarak (küçük boyutlu) rüzgâr santrali uygulamalarında test edilmektedir. Birçoğu ise çizim aşamasında kalmıştır.

Denizüstü rüzgâr enerjisi sektöründe hayata geçirilebilecek pek çok yenilik ve teknoloji olsa da bugün hala gelişmekte olan pazara Petrol ve Doğalgaz sektöründe iyi bilinen aşağıdaki dört altyapı felsefesi hakimdir:

- Yarı Batık
- Spar Şamandıra
- Gergi Ayaklı Platform (GAP)
- Mavna

Şekil 8 bu dört yaygın yüzer platformun yapısını göstermektedir. Bunlar, destek yapılarının statik dengeyi nasıl sağladığına bağlı olarak sınıflandırılabilir. Yüzer rüzgâr platformlarının destek yapıları; boyuna ötelenme, yana ötelenme, dalıp-çıkma, yalpa, baş-kıç vurma ve savrulma gibi bazı küresel hareket türlerine göre uyumlu veya kontrollü olabilir. Kontrollü tipler, tam bir sabitleme anlamına gelmez; ancak, uyumlu tiplerde metrelerle ifade edilen yer değiştirmelere kıyasla santimetre düzeyinde yer değiştirmeler (örneğin, bir gergi ayaklı platform kirişlerinin esnek bir şekilde gerilmesi) meydana gelir. Günümüzde yüzer rüzgâr türbini platformu alanına uyumlu yapılar hakimdir ve bunlar, katener bağlama ve farklı demirleme seçeneklerine imkân tanımaktadır.

Şekil 8 Denizüstü Rüzgâr Türbinleri İçin En Yaygın Dört Yüzer Platform Tipi



Yüzer denizüstü rüzgâr türbini yapıları için istasyon koruma sistemi, yapıyı yerinde tutmak ve enerji üretiminin sürdürülmesi için hayati önem taşımaktadır. İstasyon koruma sisteminde, uyumlu yapılar için (Şekil 8'deki yarı batık, spar şamandıra ve mavna gibi) katener veya gergin bağlama sistemi kullanılırken kontrollü destek yapılarında (Şekil 8'deki gergi ayaklı platform (GAP) gibi) tendon sistemleri kullanılmaktadır. Katener bağlama hattı, bir çapa ile bağlanmadan önce yatay olarak deniz tabanına indirilirken, gergin bağlama sistemin deniz tabanında bir hat olmadan sabitleme noktasına açıyla yaklaşmaktadır. Gergi ayaklı bağlama sistemi yükü yapıdan sabitleme noktasına dikey olarak aktarmaktadır. Bu çözümler arasında en küçük ayak izine sahip çözümdür, ancak aynı zamanda sabitleme çözümleri ve deniz tabanı koşullarına ilişkin çok katı gereklilikleri vardır.

Bugün geliştirilmekte olan en önemli konseptler aşağıda sunulmuştur.

- Windfloat Yarı Batık Sistemi
- Hywind Spar Şamandırası
- Ideol "Sönümlenme Havuzu" Naval Energies Yarı Batık Platformu
- SBM GAP
- TretraSpar
- Hexicon çoklu türbin platformu

Konseptlerin Değerlendirmesi

Konseptlerin teknolojik açıdan olgunluklarını karşılaştırmak için aşağıdaki puanlama kullanılmıştır:

- 5 – Denizüstü rüzgâr çiftliği için kurulumu gerçekleştirilmiş veya yapım aşamasında,
- 4 – Prototip üretimi yapılmış büyük ölçekli rüzgâr türbini (4 MW+),
- 3 – Prototip üretimi yapılmış küçük ölçekli rüzgâr türbini (2- 3 MW),
- 2 – Ölçekli modelleme (dalga tankları) veya planlı prototip ile konsept modelleme,
- 1 – Ölçekli modelleme olmaksızın konsept modelleme.

Tablo 5 Yüzer Platform Konseptlerinin Değerlendirme Tablosu

Konsept	Avantajları	Dezavantajları	Uygun derinlik	Kurulu Güç	Kanıtlanmış Tam Ölçek	Teknoloji Olgunluk Puanı
(1) Windfloat Yarı Batık Sistemi	- Kanıtlanmış konsepttir. - Aktif balast yönetimi ile açık denizde stabildir.	- Aktif stabilite gereklidir. - Uzun çapanın geniş bir alana yayılma potansiyeli vardır. - Diğer bazı konseptlere kıyasla seri koruma konusunda zayıf potansiyel sunar.	>30 m	2 MW + 25 MW, yapım aşamasında olan başka rüzgâr çiftlikleri var	2011'den bu yana faaliyet halinde 2 MW	5
(2) Hywind Spar Şamandıra	- Açık denizde stabildir, aktif stabilite gerekli değildir. - Çelik veya betondan üretilebilir.	- Korunaklı ve derin deniz ihtiyacı nedeniyle sınırlı inşa alanı vardır. - Uzun çapanın geniş bir alana yayılma potansiyeli vardır.	>90 m	32,3 MW	2,3 MW (Hywind Demo) 2009'dan bu yana 5 x 6 MW (Hywind İskoçya) 2017'den bu yana	5
(3) Ideol "Sönümlleme Havuzu"	- Esnek imalat imkanı sağlar. - Çelik veya betondan üretilebilir. - Sönümlleme havuzu ile pasif stabilite sağlanır.	- Açık deniz koşullarında diğer seçenekler kadar stabil değildir. - Uzun çapanın geniş bir alana yayılma potansiyeli vardır.	>30 m, ancak yumuşak deniz koşullarıyla sınırlı olma ihtimali var	5,2 MW	2 MW (Floatgen) 2018'den bu yana 3 MW (Hibiki) 2018'den bu yana	3
(4) Naval Energies Yarı Batık Platform	- Açık denizde stabil, aktif stabilite gerekli değil, doğal olarak dengeli. - Çelik veya beton	- Daha fazla malzeme gerektiğinden WindFloat'a kıyasla daha pahalı ve daha büyüktür.(4 ana kolona karşı 3 ana kolon). - Kuru havuzda imalat ve yüzdürme gerekir. - Diğer konseptlere kıyasla daha fazla optimizasyon gereklidir.	>40 m	Bilgi yok	Bilgi yok	2
(5) SBM GAP	Deniz tabanına demirmek için daha küçük alan gereklidir.	- Sistem yüzer şekilde stabil olmadığı için sistemde (kirişler) önemli miktarda yedekleme gereklidir. - Çapalar deniz dibi koşullarına bağlıdır.	>50 m En uygunu >200 metre için,	Bilgi yok	Bilgi yok	2

	• Derin sularda (>100 m) petrol ve gaz platformlarında kanıtlanmış teknoloji. • Daha az hidrodinamik yükleme çeker. • Tüm seçenekler arasında en stabil olduğu düşünülmektedir.	• Kablolar ve kirişler daha özel ve maliyetlidir.	aksi halde kirişlerde daha büyük yük			
(6) TretraSpar	• Modüler yapı ve ince uzun bileşenlere dayalıdır. • Spar şamandıraya benzer, yüzer şekilde stabildir. • Prototip geliştirilmektedir.	• Bileşenlerin bağlantısı tam olarak tasarlanmamıştır veya dayanıklılığı kanıtlanmamıştır.	>40 m	Bilgi yok	Bilgi yok	1
(7) Hexicon	• Çoklu rotor dikilerek türbin başına platform maliyeti azaltılabilmektedir. • Deniz tabanına demirlemek için daha küçük alan gereklidir. • Yapı kanatları rüzgâra doğru dönüktür.	• Türbin kuleleri ve motor yuvaları henüz açılı olacak şekilde tasarlanmamıştır. • Rotorlar arasında boşluk gerektiğinden diğer konseptlere göre çok daha büyüktür. • Rüzgâr yönü ve motor yuvası yönü arasında yanlış hizalama potansiyeli yüksektir. • İnşası için geniş alan/kuru havuz gereklidir. • Taret bağlama son derece uzmanlık gerektiren bir teknolojidir.	>50 m	Bilgi yok	Bilgi yok	1

İmalat, lojistik ve kurulum açısından konseptler arasında da kıyaslama yapılmasının faydalı olduğu düşünülmüştür. Bu kıyaslamada puanlama en yüksek puan 5, en düşük puan 1 olacak şekilde uzman değerlendirmesi ile yapılmıştır.

Tablo 6 Yüzer Platform Konseptlerinin Teknoloji Olgunluğu ve İmalat Açısından Karşılaştırılması

	WF	HW	ID	NE	SBM	TS	HX
1. Teknolojik Olgunluk Seviyesi (Yukarıdaki tabloda da sunulmuştur.)	5	5	3	2	2	1	1
2. Üretim kolaylığı	4	4	4	5	3	3	2
3. Prefabrikasyon imkânları	4	3	4	3	5	5	4
4. Tasarımın seri üretime uygunluğu	3	4	3	2	3	5	3
5. İmalat sahası açısından esneklik	4	3	4	3	3	5	4
6. Türbin montajının kolaylığı	5	2	5	4	4	4	3
7. Kurulum yönteminin (sahada) kolaylığı	5	3	4	4	2	3	3
8. Nakliye süreçlerinin kolaylığı	4	4	3	4	2	2	4
9. Türbin montaj sahası ve nakliye rotası açısından esneklik	5	2	5	5	3	4	5
Ağırlıksız Toplam	39	30	35	32	27	32	29

WF: WindFloat, HW: Hywind, ID: Ideol, NE: Naval Energies, TS: TretraSpar, HX: Hexicon

Yukarıdaki tablodaki her bir maddeye farklı ağırlıklar uygulanabilir. Fakat, bu tablonun amacı, Türkiye'deki yüzer rüzgâr enerjisi platformu geliştirme alanları için yakın gelecekte hangi konseptlerin tercih edilebileceğini göstermektir. Ağırlıksız toplam, WindFloat ve Ideol konseptlerinin Hywind, Naval Energies ve TretraSpar ile birbirlerine yakın bir şekilde en yüksek puanı aldığını ve SBM ile Hexicon konseptlerinin diğer konseptlere kıyasla daha az gelişmiş veya daha karmaşık belirli özellikleri olduğunu göstermektedir.

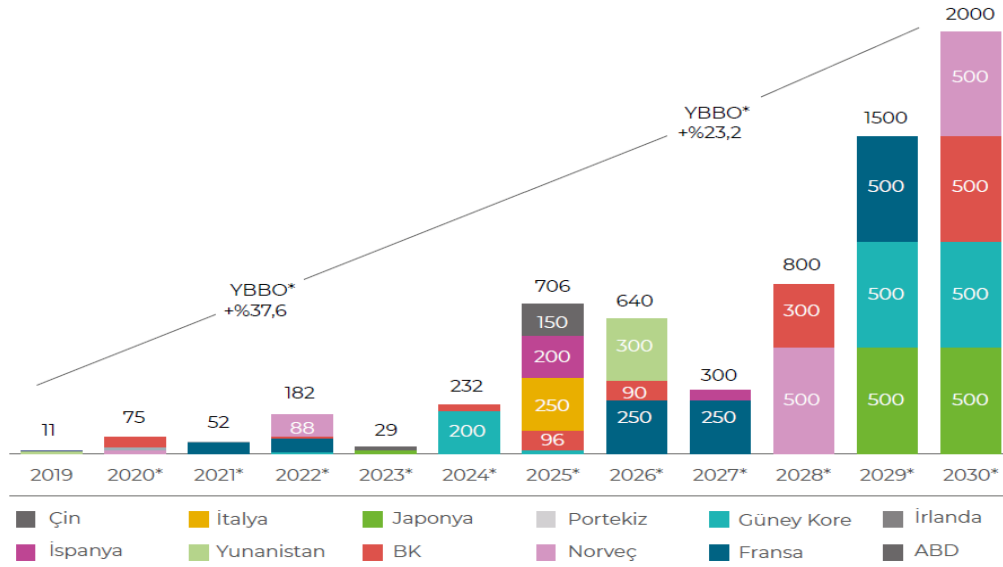
2.4. Dış Ticaret ve Yurt İçi Talep

Son 10 yılda, rüzgâr türbin boyutlarının hızlı bir şekilde artış göstermesi nedeniyle sektörün lojistik ihtiyaçları daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Türbinlerdeki bu büyüme eğilimin devam edecek olmasının sebebiyle, önümüzdeki dönemde lojistik ihtiyaçların öneminin daha da artması beklenmektedir. WindEurope tarafından hazırlanmış rüzgâr türbini ekipman üreticileri haritasında, Avrupa'da üretim faaliyetlerinin genel olarak Almanya, İspanya, Danimarka, İtalya, Türkiye, Polonya, Fransa, Birleşik Krallık, Portekiz gibi ülkelerin denize yakın şehirlerinde, lojistik altyapısı güçlü, rüzgâr potansiyeli yüksek bölgelerde yer aldığı görülmektedir. Dünyanın diğer bölgelerinde ise, ABD, Çin, Hindistan, Brezilya ve Meksika gibi ülkelerde yer alan ekipman üretim tesisleri sektörün ihtiyaç duyduğu üretimi gerçekleştirmektedir.

GWEC verilerine göre, 2013 yılında küresel pazarda 63 türbin üreticisi bulunurken 2019 yılında 33 türbin üreticisi bulunmaktadır. İmalat sanayiinde yaşanan sert rekabet ve şirket birleşmelerinin sonucu olarak önümüzdeki dönemde bu sayının daha da azalması fakat firma bazında ölçeklerin daha da büyümesi beklenmektedir.

Şu anda az sayıda uygulaması hayata geçmiş yüzer DRES'lerin yatırım maliyetlerinde yaşanması muhtemel azalmayla beraber Şekil 9 aracılığıyla hesaplanabileceği üzere 2030 yılında toplam kurulu güç içerisinde 6,5 GW'lık bir paya sahip olacağı, bunun karşılığında ise 10 milyar dolar değerinde denizüstü rüzgar türbini platformu ihtiyacının doğacağı tahmin edilmektedir.

Şekil 9 GWEC'in Yüzer Denizüstü RES Kurulu



Rüzgar Enerjisi santrali yapılacak sahanın deniz tabanı özelliklerine göre ise türbinin temel yapısı farklı mühendislik firmaları tarafından tasarlanmaktadır. Küresel pazarda ön plana çıkan yüzer denizüstü rüzgar türbini platformu tasarımı geliştiren ve üreten lider firmaların bazıları aşağıda sunulmuştur.

- Equinor ASA
- SBM Offshore
- Windcrete
- Hexicon
- BW Ideol
- Stiesdal Offshore
- Flowocean
- Naval Group
- Technologies A/S
- NOV

Ülkemizde ise; Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, yukarıda bahsedilen potansiyele dayanarak, 21 Haziran 2018 tarihinde Türkiye'nin ilk denizüstü rüzgâr enerjisi santrali (1.200 MW) kurulumuna yönelik YEKA ihalesi ilan etmiştir. Tekliflerin 23 Ekim 2018 tarihine kadar kabul edileceği, Saroz (Edirne-Enez, Keşan), Kırıkköy (Kırklareli-Vize) ve Gelibolu-Şarköy (Çanakkale-Tekirdağ) proje için aday bölgeler olarak bildirilmiştir. Ancak 1.200 YEKA ihalesi, şartların olgunlaşmaması sebebiyle ertelenmiştir. Bakanlık, şu anda denizüstü rüzgâr enerjisi uygulamaları için uzun vadeli bir planlama geliştirmektedir ve ilan edilen alanlar için veri toplanmaktadır. Ertelenen YEKA ihalesinin 2022–2023 yıllarında yapılması ve 2023'ten sonra enerji karmasında denizüstü rüzgâr enerjisinin payının arttırılmak istenmesi sebebiyle her 5 yılda bir DRES kurulumuna yönelik YEKA ihalesi düzenlemesi beklenmektedir.

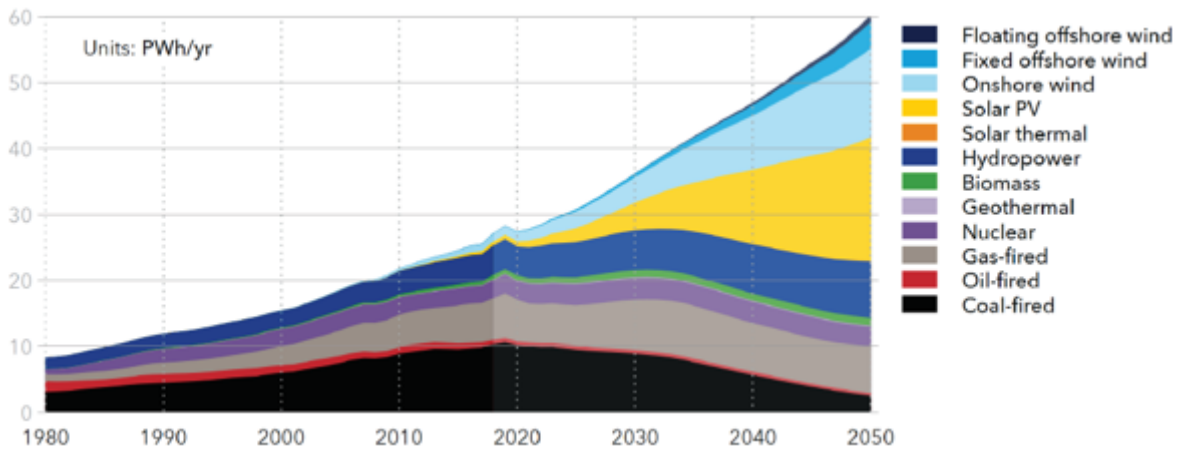
2.5. Üretim, Kapasite ve Talep Tahmini

Hem Türkiye'de hem de Akdeniz ülkelerindeki geliştirmelerin ve ihalelerin zamanlaması göz önünde bulundurulduğunda, üretilen yüzer platformlara yönelik ihtiyaç, 2020'lerin ikinci yarısında, 2028'e yaklaşırken yılda 250 ila 500 MW'ı destekleyen yapılara yönelik talep olarak ortaya çıkabilecek durumdadır. Yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformlarının 2020'lerin sonlarında yaygın bir teknoloji haline dönüşmesi halinde, 2030'lardaki talep, şu anda görünür olan talebi büyük ölçüde geride bırakabilir niteliktedir. Bunlarla birlikte, önümüzdeki dönemde yüzer denizüstü rüzgâr enerjisi kurulu güç hedeflerinin ve kurulumlarının, teknolojinin olgunlaşmasıyla zaman içinde artması beklenmektedir.

2.5.1. Talep Tahmini

Küresel enerji sektörü, özellikle elektrifikasyon yoluyla, enerjiyi karbondan arındırma ve emisyonları azaltma yönünde ilerlemektedir. Karbonsuzlaştırma çalışmalarının arzulandığı kadar hızlı ilerlememesi sebebiyle, küresel sıcaklık artışı şu anda 2 °C'nin üzerine doğru ilerlemektedir. Bu nedenle de Paris Anlaşması'nın iklim hedeflerine ulaşılmasının zorlaştığı düşünülmektedir (DNV (2020)). Bugün enerji karmasında elektriğin oranı %20'nin altında olsa da 2050 yılına kadar bunun iki katına çıkması beklenmektedir. Rüzgâr enerjisinin söz konusu elektriğin yaklaşık %30'unu oluşturması ve güneş enerjisinin de benzer bir paya sahip olması öngörülmektedir (bkz Şekil 10).

Şekil 10 Santral Türüne Göre Dünya Elektrik Üretimi



Kaynak: DNV (2020), Tarihsel veri IEA (2019), IRENA (2019)

Enerji dönüşümünde gelişmekte olan teknolojilerin uygulanması bir gereklilik olarak karşımıza çıkmakta ve denizüstü rüzgâr enerjisinin kullanımı bu dönüşümde ön planda yer almaktadır. Küresel rüzgâr enerjisi kapasitesinin bir nesilden biraz uzun bir sürede 10 kat artması beklenmektedir. Sabit temelli denizüstü rüzgâr türbinleri nispeten sığ denizlere (40-50 m derinliğe kadar) kurulabilmektedir

ve bunun için sınırlı sayıda uygun alan bulunabilmektedir. Yüzer denizüstü rüzgâr türbinleri, birkaç yüz metre derinliğindeki sulara yerleştirilebilir niteliktedir. Yüzer denizüstü rüzgâr türbinlerinin gelişimi, rüzgâr enerjisi yatırımlarını dünyanın birçok bölgesinde (örneğin Asya Pasifik bölgesindeki birçok büyük yerleşim alanlarına yakın yerlerde) uygun maliyetli bir seçenek haline getirebilir potansiyele sahiptir.

Birçok prototip ve ilk birkaç pilot yüzer rüzgâr çiftliği, yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformlarının kullanımının mümkün olduğunu göstermiştir. Teknolojinin, 2020'lerde bu başlangıç denemelerinden ilk ticari ölçekli kurulumlara doğru evrilmesi beklenmektedir. Her yıl, birçok yeni proje erken geliştirme aşamasına girmektedir. Önümüzdeki dört yıl içinde, dünya çapında her yıl en az bir yeni projenin kurulması ve ilerleyen dönemde proje sayısı ile beraber proje boyutlarında da artış beklenmektedir. 2025'e kadar olan gelişmeler büyük ölçüde Avrupa'da gerçekleşirken 2025'ten sonra Asya ve ABD'de de önemli ölçüde hızlanacağı öngörülmektedir.

GWEC (Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi) Küresel Rüzgâr Raporu'na göre, denizüstü rüzgâr enerjisi üretimi için yıllık bileşik büyüme oranının önümüzdeki beş yıl içinde %31,5 olması beklenmektedir. Bu, mevcut kapasiteye toplamda 70 GW'ın üstünde kurulu güç eklenmesi anlamına gelmektedir. Bu durum denizüstü rüzgâr enerjisi pazarı için olumlu bir tablo olarak değerlendirilmiştir. Bunda katkısı olan faktörler arasında, denizüstü rüzgâr enerjisi seviyelendirilmiş enerji maliyetindeki(LCOE) keskin düşüş; Avrupa, ABD, Japonya ve Güney Kore'de denizüstü rüzgâr enerjisi hedeflerinin artması; yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformlarının ticarileşmesinin ve endüstriyelleşmesinin beklenmesi; denizüstü rüzgâr enerjisi sektörünün sektörler arası işbirliğini kolaylaştırmadaki benzersiz rolü ve fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye doğru küresel enerji geçişinin hızlandırılması yer almaktadır (GWEC (2021).

2050 itibarıyla, kurulu yüzer rüzgâr enerjisi kapasitesinin bugünkü 100 MW değerinden 250 GW'ın üzerine, denizüstü rüzgâr enerjisi pazarının %20'sinden fazlasına ve dünya enerji kaynaklarının yaklaşık %2'sine yükseleceği tahmin edilmektedir.

Türkiye'nin coğrafi konumu dikkate alındığında, üretilen yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformların hedef pazarının Karadeniz ve Akdeniz ülkeleri olacağı varsayılmaktadır. Hedef pazarlar içerisindeki denizüstü rüzgar enerjisi potansiyelleri ve hükümet hedefleri gözden geçirilerek önümüzdeki sekiz yıl için projeksiyon yapılmıştır. Projeksiyona dair detaylar Bölüm 2.7'de verilmiştir. Tahminin mevcut bilgilerle yapıldığı göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak zamanla daha fazla hükümetin denizüstü rüzgâr enerjisi konusunun gelişimine yönelik stratejiler benimseyerek mevcut potansiyelin genişlemesine ve hayata geçmesine katkı sağlaması kuvvetle muhtemeldir.

2.5.1. Üretim ve Kapasite

Üretilen Model Yüzer Platform Seçimi

2.3.3 bölümünde aktarıldığı üzere yüzer denizüstü rüzgâr türbinleri için platform tasarımları ve önerilen teknolojiler çok çeşitlidir. Yüzer platform konseptlerinin çeşitliliği göz önüne alındığında, gelecekte inşa edilecek yüzer denizüstü rüzgâr çiftlikleri inşa gerekliliklerini değerlendirmek için bir "model yüzer platform- (model floater)" seçilmiş ve ön fizibilite çalışmasının bundan sonraki bölümünde baz alınacak konsept belirlenmiştir. Sektördeki önemli eğilimler aşağıdaki gibidir:

Yüzer Denizüstü Rüzgâr Türbini Boyutları: 8 ila 9 MW büyüklüğünde türbinlerle pilot proje planlamalarının yapılması mümkündür ancak 2021'de planlanacak herhangi bir ticari projede en az 10 MW, hatta 12 MW'lık türbinlerin değerlendirilmesinin makul olacağı öngörülmektedir. Önümüzdeki yıllarda 14 MW ila 15 MW türbinlerin imalata alınacağı düşünülmektedir, 2030 yılı civarında planlanacak büyük projelerde 14-15 MW'lık türbinlerin kullanılacağı varsayılabilmektedir. 2030'larda ise daha da büyük türbinler inşa edilmesi ve kullanıma sunulması beklenmektedir. Bu doğrultuda türbinlerin kurulu güç kapasitelerinin en az 18-20 MW seviyelerinde olacağı tahmin edilmektedir.

Yüzer platform tipi: Spar şamandıra, yarı batık ve mavna çözümlerinin başarısı örnek projelerle kanıtlanmıştır, GAP için ise halen MW boyutunda bir uygulama beklemektedir. Bunlara ilave olarak pek çok konsept ve bunların varyasyonları geliştirilmektedir ve gelecekte bunlardan bazıları uygulamalı olarak sahada test edilecektir. Önümüzdeki 10 yıl boyunca, yüzer platform konseptlerindeki çeşitliliğinin devam beklenmektedir.

Türbin montajına yönelik yöntemler geliştirilmediği sürece (örn. daha derin sularda açık denizde) spar şamandıra konseptinin niş bir uygulama olarak ancak çok derin liman alanlarına sahip ülkelerde (özellikle Norveç) kullanılacağı varsayılmaktadır. Yarı batık sistem ise birçok proje tarafından referans olarak alınmaktadır. Bu konseptin optimize edilmiş versiyonlarının büyük bir pazar payına sahip olması beklenmektedir. Mavna konseptinin ise; imalat avantajları vardır fakat stabilite ve hareket açısından uygunluğu düşüktür. Bu nedenle büyük ölçekli uyarlamaların hayata geçirilmesi beklenmelidir.

Önceki bölümdeki çeşitli yüzer platform konseptlerinin karşılaştırılmasından yola çıkarak, tekno-ekonomik analizler için model konsepti olarak yarı batık **WindFloat** tasarımına benzer bir yüzer platform kullanılacaktır.

Yarı batık sistemin tahmini boyutlarından yola çıkarak imalat gereksinimlerini karşılayan üretim tesislerinin, Ideol'un çelik mavna konseptinin veya SBM'nin GAP yapısının da imalat süreçlerini yürütebileceği varsayılabilir. Dolayısıyla, aşağıdaki analizin sonuçları daha geniş bir çözüm yelpazesine uygulanabilir ve yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformu piyasasının geliştirebileceği diğer konseptleri de kapsar niteliktedir.

Çelik ve beton: Yüzer platformlar çelik veya betondan veya bunların kombinasyonundan yapılabilir. Genel olarak, çelik temellerin pazar payının daha büyük olması beklenmektedir. İmalat çeşitliliklerini artırmak isteyen tersaneler, tesislerini ve süreçlerini buna göre uyarlayabilmektedir. Seri üretim için özellikle ilgi çekici alanlarda beton temeller uygulanabilir. İlk Hywind türbinlerinde çelik platformlar kullanılırken, Hywind Tampen projesinde beton platformlar kullanılacak olması dikkat çekicidir. Ideol'un mavna konsepti hem beton (Floatgen) hem çelik (Hibiki) olarak hayata geçirilmiştir.

Söz konusu platformların her birinin imalatı için yaklaşık 200 m2 alan ihtiyacı bulunmaktadır. Çalışma kapsamındaki optimum kapasite için ise toplam üretim alanı ihtiyacı 600 m2 olarak belirlenmiştir. Toplam ağırlığı 3.000 tonun üzerinde olan bu yapının imalat ve lojistik süreçlerinin başarılı bir şekilde yerine getirilebilmesi için zemin direnci büyük önem arz etmektedir.

Yüzer Denizüstü Rüzgâr Türbini Platformu Üretimine İlişkin Yaklaşım

Yüzer yapıların maliyetinin, tüm denizüstü rüzgâr enerjisi santrali gelişimi bağlamında değerlendirilmesi gerekir. NREL, yüzer denizüstü rüzgâr türbini yatırımları için Sermaye Harcaması (SH) ve Sistem Dengesi Harcamalarına (SEM) ilişkin dökümü hazırlamış ve sonuçları Tablo 7'deki gibi sunmuştur. Yayınlanan sonuçlara göre, geliştiriciler, 6,1 MW yüzer denizüstü rüzgâr türbinli (DRT) bir RES projesini hayata geçirebilmek için toplam yatırım harcamalarının %27'sine tekabül eden 1.438 USD/kW'lık altyapı ve temel harcamaları dahil olmak üzere 5.328 USD/kW harcamaktadır.

İstasyon koruma sisteminin bu altyapı ve temel maliyetinde çıkararak rakamı yaklaşık %17 azaltmak, yalnızca yüzer platform için 1.200 USD/kW tutarını belirlemek makul bir yaklaşım olacaktır. Farklı çalışmalar da, mevcut yüzer altyapı maliyetlerini benzer aralıkta göstermektedir. Maliyetlerin zamanla (öğrenme deneyimi, tasarım ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesi) ve ayrıca türbin boyutları 8-10 MW'tan 12-15 MW'a çıktıkça azalması beklenmektedir. (Bu çalışmada, NREL rakamının 10 MW yüzer platform için de geçerli olacağı varsayılmıştır)

Tablo 7 Yüzer Denizüstü Rüzgar Türbini Platformu SH ve SEM Dökümü

	6,1 MW Yüzer DRT (USD / kW)	6,1 MW Yüzer DRT (USD / MWh)
TÜRBİN SERMAYE HARCAMASI	1.301	22,7
Geliştirme Maliyeti	165	2,9
Mühendislik ve Yönetim	85	1,5
Altyapı ve Temel	1.438	25,1
Liman, Lojistik, Ulaştırma	44	0,8
Elektrik Altyapısı	979	17,1
Montaj ve Kurulum	439	7,7
Kira Ücreti	88	1,5
SİSTEMİN DENGESİ HARCAMALARI	3.237	56,6
Sigorta (İnşaat Sırasında)	52	0,9
Hizmetten Çekme Senedi	76	1,3
İnşaat Finansmanı	221	3,9
Olağan Dışı Harcamalar	389	6,8
Tesisin Devreye Alınması	52	0,9
RUHSAT VE HİZMET MALİYETLERİ	790	13,8
TOPLAM SERMAYE HARCAMALARI	5.328	93,1

Kaynak: NREL

Türkiye kıyıları için yapılan projeksiyon sonucunda, önümüzdeki sekiz yılda toplam 2000 MW'lık bir yüzer DRES pazarı oluşabileceği ve ~10 MW kapasiteli türbinlerin kurulacağı varsayıldığında bunun yıllık 25 yüzer platform talebi yaratacağı tespit edilmiştir. Piyasa talebi doğrultusunda yüzer platform üretim tesislerinin yıllık üretim kapasitesi 25 adet civarında (%100 kapasite kullanımıyla) olması uygun olacaktır. Böyle bir kapasite Türkiye'de tek bir üretim limanı ile gerçekleştirileceği öngörülmektedir. Her bir yüzer platformda yaklaşık 3.000 ton çelik kullanıldığı düşünüldüğünde, yüzer platform başına satış fiyatının, üretici için %10'luk bir kâr marjı ile birlikte 12 milyon USD civarında olacağı varsayılabilir.

2.6. Girdi Piyasası

Aşağıdaki tabloda, yüzer denizüstü rüzgâr türbininin yapısında kullanılan hammaddelerin listesi verilmiştir. Model yüzer platformun ana bileşenleri (bkz. Bölüm 2.3.3), tamamı çelikten yapılmış kolonlar, gergiler, karina plakaları ve türbin kulesi için bir geçiş parçasıdır. Bunlar, genel olarak aynı yerde üretilen ve monte edilen büyük ve ağır bileşenlerdir. Büyük bir tedarik zinciriyle beraber tersanede sadece son montajın yapılması bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Ana yüzer platforma ek olarak, I-boruları, tekne iskeleleri, döşeme platformları, yürüme yolları ve merdivenler gibi ikincil çelik parçalar da bulunmaktadır. Bu parçaların çoğu tipik olarak tedarik zincirinde imal edilecek ve tersaneye tedarik edilecektir. Ayrıca, korozyon kontrol (kaplama) sistemi, balast sistemi dahil elektrik bileşenleri ve çeşitli sensör ve aletler gibi parçalar da kullanılmaktadır.

Çelikle ilgili parçalar, bunlarla ilişkili işçilik dahil (örneğin kaynak), toplam birim maliyetin yaklaşık %83'ünü oluşturur. Çelik imalatı, yüzer platform üretimiyle ilgili harcamaların asıl kısmını oluşturduğundan, genellikle birincil ve ikincil çelik olarak ayrılan diğer tüm maliyetleri ton başına bir fiyatta toplamak uygun olacaktır. Bu fiyatların tüm inşaat alanı ücretlerini, işçilik ve ekipman kullanımını içerdiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Çeliği %6 ile kaplama izlemektedir, ancak malzeme (boya) bunun sadece küçük bir kısmını oluştururken asıl maliyet kaplamanın uygulamasına aittir. Elektrik ve kontrol sistemi de ek maliyetler doğurmaktadır. Diğer unsurlar ise inşaat tersanesindeki ek işlemler ve proje destek faaliyetleridir.

Tablo 8 Girdi İhtiyaçları

Ürün Adı	Girdi	Tür	Nihai ürünün tipik maliyet oranı	
Yüzer Denizüstü Rüzgâr Türbini Platformu (Yarı Batık Tip)	Kule için geçiş parçası dahil birincil çelik	Çeşitli ebatlarda haddelenmiş çelik levhalar, ağırlık birimi (t)	%48 İşçilik dahil	
	Aşağıdaki gibi eklentiler dahil ikincil çelik - I-boruları - Tekne iskelesi - Platformlar, merdivenler - Yürüme yolları, ızgaralar - İnış delikleri ve benzeri - Katodik koruma için anotlar - Kaynak malzemeleri	Çeşitli ebatlarda haddelenmiş çelik levhalar, ağırlık birimi (t) Ayrıca, imalat birimleri, çelik / alüminyum / kompozitler / diğer malzemeler Anotlar için çinko / alüminyum / diğer malzemeler	%35 İşçilik dahil	
	Kumlama dahil koruma / kaplama sistemi	Açık deniz için uygun boya sistemi, kumlama malzemeleri	6%	
	Aşağıdakiler dahil elektrik malzemeleri - Balast sistemi - Sensörler - Yardımcı sistemler	Pompalar, borular, kablolar (bakır)	%3	
	Yükleme	Makine kullanımı, işçilik	%2	
	Ön çalışmalar		Çeşitli	%3
	PY, KG/KK, SGÇ, vb.	Çeşitli	%3	
	TOPLAM		100%	

Yukarıda görülebileceği gibi, çelikten yapılmış yüzer denizüstü rüzgâr platformu için ana girdi haddelenmiş çelik levhalardır. 3.000 ton ağırlığındaki bir model ünite için, işçilik dahil çelik bileşen, bir ünitenin toplam maliyetinde açık ara belirleyici unsurdur. Tablo 9'da gösterildiği gibi, haddelenmiş çeliğin girdi fiyatı önemli ölçüde daha düşüktür. Çelik fiyatları, piyasa dalgalanmalarına göre değişebilmektedir. Bu çalışmada haddelenmiş çeliğin birim fiyatı 700 USD/t olarak varsayılmıştır. Önümüzdeki 2-3 yılda Türkiye için tahmini rakamın 650 ila 700 USD/t olacağı öngörülmektedir. Denizüstü yapıların daha üst düzey (daha güçlü) çelik türleri gerektirebileceği için fiyat olarak üst

değer seçilmiştir. Yapının tüm ağırlığı, ton başına daha az işçilik gerektiren birincil çelik ve çok daha fazla işçilik gerektiren ikincil çelik olarak ayrılmıştır.

Tablo 9 Girdi Fiyatları

Ürün Adı	Girdi	Miktar	Birim Fiyatı (USD/t)	Parça Başına Birim Girdi Maliyeti (Milyon USD)	Yıllık Üretim (MW)	Yıllık Maliyet (milyon USD)
Yüzer Denizüstü Rüzgâr Türbini Platformu (Yarı Batık)	Birincil çelik (haddelenmiş levhalar)	2.550 t / 10 MW birim	700	1.785	25 x 10 MW = 250 MW	44,6
	İkincil çelik (haddelenmiş levhalar, imalat parçaları)	450 t / 10 MW birim	700	0,315		7,9
	Çeşitli diğer					(Çeşitli)
	TOPLAM (Çelik ile ilgili)				52,5	

DRES uygulamalarına özel olarak yapılması gereken kaplama sistemi başta olmak üzere, yüzer platformların ilave malzeme girdileri vardır. Boya miktarı ve ilgili fiyat, çelik ile ilgili maliyet unsurlarına kıyasla küçüktür ve bunlara Tablo 9'da yer verilmemiştir. Benzer durum yardımcı elektrik sistemi için de geçerlidir.

Tablo 9'da verilen rakamlara geniş açıdan bakıldığında: İstasyon Koruma Sistemi hariç 10 MW kapasiteli bir yüzer DRES platformu, 1.200 USD/kW, yani 12 milyon USD ile maliyetlendirilebilir. 3.000 ton ağırlığında olduğu düşünüldüğünde, çok daha düşük olan 700 USD/t çelik girdi fiyatına kıyasla ton başına satış fiyatı 4.000 USD/t olacaktır.

Ayrıca, yüzer denizüstü rüzgâr türbininin tipik olarak bağlama hattı (zincir, kablo veya fiber halat veya bunların kombinasyonu) ve projeye özel çapalar şeklinde bir istasyon koruma sistemi (İKS) gerekmektedir. Bunlar genel olarak tersane faaliyetleri ile ilgili değildir ve tedarik zincirinde tedarik edilerek doğrudan montaj limanına teslim edilir. Bu nedenle, bu bileşenler burada ayrıca ele alınmamıştır.

2.7. Pazar ve Satış Analizi

ABD Enerji Bakanlığı, Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL), "2019 Yılı Rüzgâr Enerjisinin Maliyeti İncelemesi" raporunda, Şekil 24'de gösterildiği gibi 2.6 MW kurulu güce sahip bir karasal rüzgâr türbinin yatırım maliyetini kW başına 1.436 dolar olarak tespit etmiştir. Bunun 991 dolarlık kısmının türbinin kendi maliyeti, 326 dolarlık kısmının mühendislik ve altyapı çalışmalarına ilişkin maliyetler, 120 dolarlık kısmının finansal maliyetler olduğu belirtilmiştir. Yatırım maliyetine ilave olarak ise, kW başına yıllık 43 dolarlık operasyonel maliyet oluşmaktadır. Buna göre yatırım harcamalarının %69'u ekipman, %31'i hizmet alımları olarak sınıflandırılabilir.

6,1 MW kurulu güce sahip bir sabit temelli denizüstü rüzgâr türbinin (DRT) yatırım maliyetinin kW başına 4.077 dolar olduğu tespit edilmiştir. Bunun 1.301 dolarlık kısmının türbinin kendi maliyeti, 2.131 dolarlık kısmının mühendislik, altyapı ve finansmana ilişkin maliyetler, 645 dolarlık kısmının hizmet alımı harcamalarına ilişkin maliyetler olduğu belirtilmiştir. Yatırım maliyetine ilave olarak ise kW başına yıllık 124 dolarlık operasyonel maliyet oluşmaktadır. Buna göre yatırım harcamalarının %29'u ekipman, %71'i hizmet alımları olarak sınıflandırılabilir.

6,1 MW kurulu güce sahip bir yüzer temelli denizüstü rüzgâr türbinin (DRT) yatırım maliyetinin kW başına 3.328 dolar olduğu tespit edilmiştir. Bunun 1.301 dolarlık kısmının türbinin kendi maliyeti, 3.237 dolarlık kısmının mühendislik, altyapı ve finansmana ilişkin maliyetler, 790 dolarlık kısmının hizmet alımı harcamalarına ilişkin maliyetler olduğu belirtilmiştir. Buna göre yatırım harcamalarının %27'si temel yapılarına yani %25'i yüzer yapılara ilişkin harcamalardan oluşmaktadır.

Bununla birlikte ,denizüstü rüzgâr enerjisi uygulamalarına yönelik bir liman, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli potansiyel gelir akışlarına da sahip olabilecektir:

- **Kargo verimliliği:** Denizüstü rüzgâr enerjisi ile ilgili kargo işleri, tahıl veya petrol gibi dökme ürünlere kıyasla genel olarak oldukça sınırlıdır. Bu raporda kullanılan basitleştirilmiş varsayımlarla, türbinle ilgili parçalar 2.000 t / türbin ve yüzer platformla ilgili parçalar "3.000 t / yüzer denizüstü rüzgâr türbini"ne kadar çıkabilir.
- **Arazi alanının kiralanması:** Denizüstü rüzgâr enerjisi alanına yönelik hizmet veren Batı Avrupa limanlarında, kullanılan alanlardan elde edilen kira geliri, limanın gelirine büyük ölçüde katkı sağlamaktadır. Batı Avrupa limanlarında hem depolama hem inşaat alanı için yıllık kira bedelinin 48 ila 72 USD/m² gibi bir tutara ulaştığından söz edilebilir. Dolayısıyla yılda 60 USD/m² gibi bir gelir elde edilebilmektedir. Bu tutar yılda 600.000 USD/hektar anlamına gelir. Bir denizüstü RES geliştiricisinin bir yıl boyunca ortalama olarak 30 hektar (depo + inşaat) kullanması halinde, o yıl limanın geliri 18 milyon USD olacaktır.
- **Ekipman kullanımı:** Limanlar, yüzer platform yapımı için vinç gibi ekipmanları üreticiye sağlayabilirler. Bu vinçler için kullanım ücreti uygulanır ve liman için kayda değer bir gelir kaynağı oluşturulabilir. Ancak, ilk yatırımın genel olarak birkaç rüzgâr projesi üzerinden itfa edilmesi gerekir.

Tahmini gelir, büyük ölçüde bir veya daha fazla denizüstü rüzgâr enerjisi santrali geliştiricisi tarafından kullanılacak inşaat/depolama alanına bağlıdır ve bu nedenle düşük hacim (ortalama bir RES, yüzer denizüstü rüzgâr türbini sayısı), zamanlama (projenin verilmesinde ve planlanmasında gecikme) ve proje geliştiricilerinin, limanı bir inşaat limanından ziyade bir montaj limanı olarak görmesi (dolayısıyla liman alanının kullanıldığı süre azalır) gibi risklere tabidir. Bu değerlendirmeler sonucu aşağıdaki gibi bir ön tahmin yürütülebilir:

- Yılda 25 x 10 MW üretim (= 250 MW), liman geliri ~18 milyon USD/yıl
- Toplamda ise erişilebilir pazar büyüklüğü 2.000 MW (yani 8 yıllık üretim karşılığı) için liman geliri 144 milyon USD olacaktır.

Yine de büyük çaplı bir liman yatırımının sadece yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformu üretimine yönelik olarak gerçekleştirilmesi finansal açıdan cazip görünmemektedir. Bu nedenle liman, diğer gelir akışlarını (dökme kargo, LNG gibi petrol ve gaz uygulamaları ve proje yüklerini) içerecek şekilde geliştirilir ve liman alanı zaman içinde değişen ihtiyaçlara uyum sağlayabilecek şekilde esnek kurgulanabilirse, hem yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformu üretimine ev sahipliği yapabilir hem de diğer faaliyetlere burada yürütülebilir. Ancak bu şekilde söz konusu liman yatırımı finansal açıdan anlamlı hale gelmektedir.

2.7.1. Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Yurt İçi Pazar Potansiyeli

Türkiye 780.580 km²lik (301.382 mil kare) bir alana ve toplam 8.430 km (5.238 mil) kıyı şeridine sahiptir. Ülke, Karadeniz'i batı kıyısındaki Ege'ye bağlayan İstanbul Boğazı, Marmara Denizi ve Çanakkale Boğazı'ndan oluşan Türk Boğazlarını kontrol ettiği için stratejik bir konumdadır. Türkiye'nin üç tarafı Ege, Karadeniz ve Akdeniz'le çevrilidir.

Coğrafi olarak denizüstü rüzgâr enerjisi yatırımları için elverişli olan Türkiye'nin, Dünya Bankası'nın yürüttüğü bir araştırmaya (2019) göre, kıyıları 200 km uzaklığa kadar denizüstü rüzgâr enerjisi

yatırımları açısından potansiyel barındırmaktadır. Bu potansiyel, sabit temelli denizüstü rüzgâr enerjisi santralleri (DRES) için 12 GW, yüzer DRES'ler için 57 GW olarak belirlenmiştir. Araştırmanın temel bulguları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Ege Denizi kıyılarının kuzey-batı bölgesi 9 m/s rüzgâr hızı ile teknik olarak toplam 25 GW potansiyele sahiptir ve DRES yatırımları için en cazip bölgedir.
- Marmara Denizi ve Karadeniz 7-8 m/s değerinde, iyi seviyede bir rüzgâr hızına sahiptir.
- Ülkemizin batı ve Doğu Akdeniz kıyıları önemli yatırım fırsatlarına ev sahipliği yapmaktadır.
- Ege Denizi ve Karadeniz arasındaki yoğun deniz yolu trafiği bulunmaktadır. Ancak bu husus dikkatli bir planlamayla yönetilebilecek durumdadır.
- Projelerin planlanmasında yerel paydaşların katılımı sağlanmalı, bölge turizmi üzerindeki etkileri ve görsel etkiler dikkate alınmalıdır.

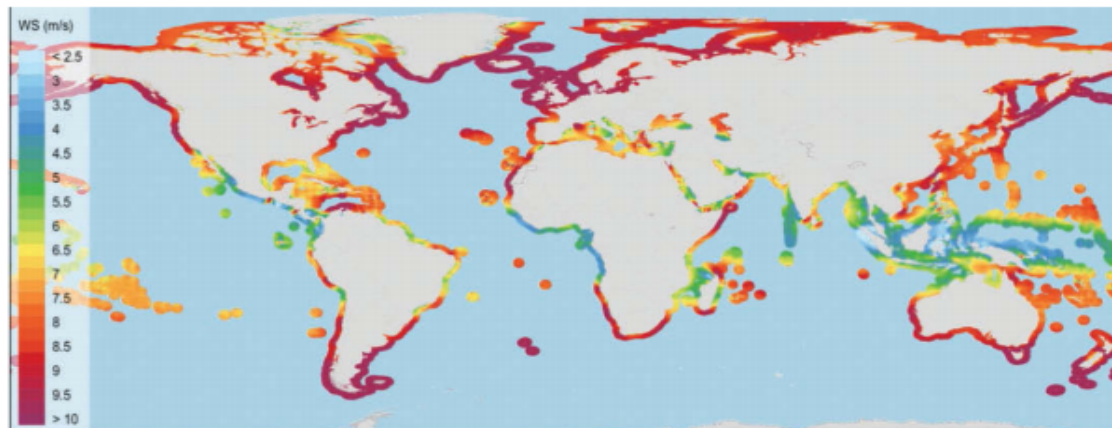
Araştırmada yer alan diğer bir husus; ülkemizin denizüstü rüzgâr santrallerine yönelik iletim altyapısıyla ilgilidir. Ülkemizin kuzeyi ve batısındaki iletim altyapısının 380 kV ve 154 kV hatlar sayesinde oldukça güçlü olduğu vurgulanmakla beraber, özellikle 1 GW üzeri projelerde yeni şebeke yatırımlarının yapılmasına a ihtiyaç olabileceği ifade edilmiştir.

Bununla beraber Küresel Rüzgâr Atlası'na göre Ege Bölgesinin en rüzgârlı %10'luk alanı için ortalama enerji yoğunluğunun 922 W/m² ve 100 m yükseklikte ortalama rüzgâr hızının 9,36 m/s olduğu görülmektedir. Ayrıca, denizüstü RES potansiyelinin yüksek olduğu kırmızı renkle gösterilmiş alanlar görülebilmektedir.

2.7.2. Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Yurt Dışı Pazar Potansiyeli

Dünya Bankası tarafından yayınlanan rapor (2019), 100 m kule yüksekliğinde, kıyıdan 200 km'ye kadar denizüstü rüzgâr hızlarına ilişkin küresel bir genel bakışı yansıtmaktadır. DRES projeleri potansiyel olarak 7 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızlarına sahip bölgelerde uygulanabilmektedir (ancak Avrupa'daki çoğu uygulama 8 ila 9 m/s'nin üzerindeki rüzgâr hızlarına sahip bölgelerde gerçekleştirilmiştir); bu alanlar turuncu ve kırmızı ile işaretlenmiştir. Harita, özellikle Asya ve Amerika'daki gelişmekte olan birçok ülke için fırsatları açıkça göstermektedir. Bununla birlikte, rüzgâr hızı, DRES'lerin nerede uygulanabilir olabileceğini belirlemede faktörlerden yalnızca birisidir.

Şekil 11 100 m Yükseklikte Küresel Denizüstü Rüzgâr Hızı Haritası



Kaynak: <https://globalwindatlas.info>

Türkiye'nin coğrafi konumu dikkate alındığında, üretilecek yüzer denizüstü rüzgâr yapıları için uluslararası ticaretin ana pazarları Karadeniz ve Akdeniz ülkeleri olması beklenmektedir.

Karadeniz Bölgesinin Potansiyeli

Karadeniz, denizüstü rüzgâr enerjisi yatırımlarının gelişimi için iyi bir doğal potansiyele sahiptir. Dünya Bankasının yakın zamanda yayınladığı bir çalışmada (The World Bank Group, 2020) Karadeniz bölgesinin denizüstü rüzgâr enerjisi teknik potansiyeli 269 GW sabit ve 166 GW yüzer olmak üzere 435 GW olarak tahmin edilmiştir. Ülke başına Karadeniz bölgesi denizüstü rüzgâr potansiyeli Tablo 10'da sunulmaktadır.

Tablo 10 Karadeniz Bölgesi'nde Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Teknik Potansiyelinin Dağılımı, GW

Ülke	Sabit (GW)	Yüzer (GW)	Toplam (GW)
Bulgaristan	2	24	26
Romanya	22	54	76
Ukrayna	183	68	251
Türkiye	12	63	75
Karadeniz Bölgesi Toplam	269	166	435

Kaynak: Dünya Bankası , (2020)

Halihazırda geliştirilmekte olan herhangi bir proje bulunmamakla birlikte, bölgede denizüstü rüzgâr enerjisine ilgi beklenenden erken gösterilmektedir. İlk projelerden biri olan ve Romanya'da yürütülen Hidroelectrica kapsamında 2026 yılına kadar 300 MW'ı denizüstü RES olmak üzere 600 MW'lık RES yatırımının yapılması hedeflenmektedir. Denizüstü rüzgâr enerjisi projelerinin, ülkenin şu anda durdurulan denizüstü gaz projelerine ilginç bir alternatif olacağı düşünülmektedir.

Bulgaristan'ın mütevazı denilebilecek sabit temelli denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyeli (2 GW), ülkenin kurulu güç potansiyelinin altıda birine eşittir. Yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformları, teknolojinin ticarileştirilmesiyle birlikte gelecekte bu ülke için iyi bir seçenek olabileceği öngörülmektedir.

Ukrayna, 250 GW'ın üzerinde bir potansiyelle açık ara en yüksek potansiyele sahip ülkedir. Denizüstü rüzgâr enerjisi, kullanılması halinde, hızla pazar payını kaybeden bir varlık olan kömür rezervlerinin değerini kolayca yakalayıp geçebilir niteliktedir. Şu anda ülkede DRES olmamasına rağmen, hızla büyüyen karasal rüzgâr enerjisi sektörü, 2010'dan bu yana altı kattan fazla artış göstererek 2019'da 620 MW kurulu güce ulaşmıştır. Bu durum, ülkenin tamamlayıcı olarak düşük karbonlu ekonomiye geçişinin ilk adımları olarak denizüstü rüzgâr enerjisi kullanımının geliştirilmesine ivme kazandırabilir niteliktedir. Bununla beraber, DRES yatırımları için en uygun bölgeler Azak Denizi'nde ve Rusya ile gerilim yaşanan Kırım'ın çevresinde bulunmaktadır.

Gürcistan, 20 MW'lık karasal RES'i 2017'de devreye almıştır ve denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyeli düşük olarak değerlendirildiği için ülke, diğer karasal rüzgâr enerjisi projelerini değerlendirmektedir. Konuya daha geniş bakış açısıyla yaklaşıldığında ise denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyeli, Gürcistan'ı Avrupa elektrik şebekesine bağlayacak olan Gürcistan-Romanya Karadeniz Denizaltı İletim Hattının inşasıyla ilgili süregelen tartışmaları canlandırmak için bir fırsat olarak görülebilir. Örneğin Romanya'da DRES'lerden üretilen elektrik, Rusya ve Azerbaycan'dan yapılan elektrik ithalatına alternatif olabilir niteliktedir.

Akdeniz Bölgesinin Potansiyeli

EU Comission (2021)'a göre, Akdeniz'de elektrik üretimine yönelik dalga ve gelgit pilot projelerinden oluşan denizüstü teknolojilerinin kullanımı şimdiye kadar nispeten yavaş ilerlemiştir. Karasal rüzgâr ve güneş enerjisi, Akdeniz adalarında elektrik üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 20). Bölgedeki ülkelerin çoğu, Ulusal Enerji ve İklim Planlarının (UEİP'ler) bir parçası olarak önümüzdeki 10 yıl için teknoloji bazında hedefler belirlemiştir. En yüksek hedefler sabit temelli DRES (Fransa, İtalya, Portekiz ve Yunanistan) ve karasal güneş enerjisi santralleri için belirlenmiştir. Diğer bazı ülkeler de (Malta, Kuzey Kıbrıs ve Güney Kıbrıs) aktif olarak yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) potansiyeline dair analizler yürütmektedir.

Şu anda Akdeniz bölgesinde denizüstü teknolojileri çok sınırlı bir alanda konuşlandırılmıştır. Mevcut kurulu denizüstü kapasiteleri, ağırlıklı olarak Portekiz'in Atlantik kıyılarında yer alan yüzer denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinden ve esas olarak İtalya ve Yunanistan'da bulunan dalga ve gelgit pilot projelerinden oluşmaktadır. Projeler küçük ölçeklidir ve yüzer rüzgâr platformların ticarileşme öncesi bir aşamada, dalga ve gelgit projeleri ise Ar-Ge aşamasındadır (EU Comission (2021)).

Akdeniz bölgesindeki ülkelerin çoğu, iklim stratejilerinin taslağını içeren nihai UEİP'lerini hazırlamış, kamuoyuna sunmuş ve önümüzdeki 10 yıl için teknoloji bazında hedefler belirlemiştir. Denizüstü rüzgâr enerjisi kurulu güç hedefleri, 2028'e kadarki süreçte birkaç sabit temelli ve yüzer DRES ihalesi düzenlemeyi planlayan Fransa'nın UEİP taslağında açıkça belirlenmiştir (Fransa Enerji Geçiş Bakanlığı, 2019). 2022 yılında, Akdeniz'deki sahalarda 2 x 250 MW ölçeğinde yüzer DRES ihalesi yapılması planlanmaktadır. Fransa hükümeti, Akdeniz'de 2 x 500 MW ölçeğindeki ek projeler için 2024–2028 yılları arasında yeni bir ihale düzenlemeyi hedeflemektedir. Bu bakımdan, 2040 itibarıyla Fransa'nın Akdeniz'deki denizüstü rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 1.500 MW olacağı tahmin edilmektedir. Öte yandan, Fransa'nın hedefi Akdeniz bölgesi için 3.000 ile 5.000 MW aralığındadır.

İspanya, hedef senaryosuna göre toplam karasal ve denizüstü rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi olarak 2025 için yaklaşık 40 GW ve 2030 için 50 GW öngörmektedir (İspanya Ekolojik Geçiş ve Demografik Mücadele Bakanlığı, 2020a). İspanya'nın UEİP'si, denizüstü ve okyanus enerjileri gibi henüz olgunlaşmamış teknolojileri destekleyecek kamu mekanizmalarını etkinleştirme konusundaki kararlılığını yansıtmaktadır. Aynı zamanda ada bölgelerinin özelliklerini de ayrıca vurgulamaktadır (İspanya Ekolojik Geçiş ve Demografik Meseleler Bakanlığı, 2020a).

Portekiz ve İtalya, 2030 yılına kadar önemli ölçüde denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyelini kullanmayı hedeflemektedir. Ancak Portekiz, bu hedefe nasıl ulaşılabileceğini henüz belirlememiştir (Enerji ve Jeoloji Genel Müdürlüğü, 2019). İtalya ise, henüz sabit temelli ve yüzer teknolojiler arasında ayırım yapmamıştır (Ekonomik Kalkınma Bakanlığı (İtalya), 2019).

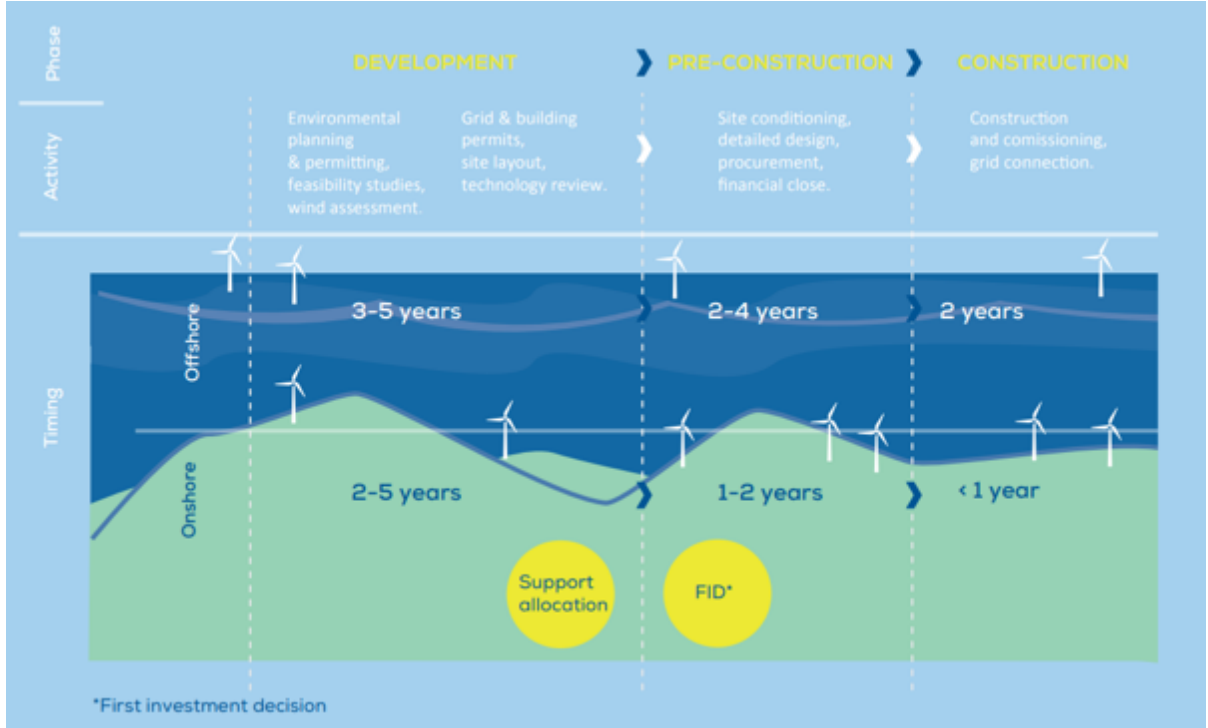
Yunanistan denizüstü rüzgâr enerjisi konusunda aktif olarak araştırma yapmaya başlamıştır. Mart 2021'de EDPR ve Engie'nin "Ocean Winds" ortak girişimi (OG), Yunan proje geliştiricisi Terna Energy ile Yunan sularında 1,5 GW yüzer DRES geliştirme planlarını açıklamıştır.

Denizüstü rüzgâr enerjisine ilgi gösteren ve taahhütte bulunan başka ülkeler de bulunmaktadır ancak denizüstü rüzgâr enerjisi kurulu güç hedefleri henüz açıklanmamıştır. Örneğin Malta, karasularında denizüstü rüzgâr çiftlikleri geliştiriminin teknolojik ve ekonomik olarak uygulanabilir olmadığını doğrulamıştır ancak gelişmeleri izlemeye devam etmektedir (Malta Hükümeti, 2019). Bununla beraber, Malta yüzer güneş enerjisi platformlarını ülkenin özel durumu için potansiyel bir teknolojik çözüm olarak gördüğünü belirtmiştir.

RES projeleri, şebekeye bağlı bir santralin faaliyetine başlamasından önceki geliştirme dönemi ile karakterize edilmektedir. (Şekil 21). Genel olarak proje zaman çizelgesi; saha incelemesini, kaynak değerlendirmesini, çevresel etki değerlendirmelerini ve diğer teknik çalışmaları, ardından tasarım

ve tedarik, inşaat ve devreye almayı içerir. Ülkeden ülkeye farklılık gösteren izin süreci, proje üstünde önemli bir etkiye sahiptir. Karadaki tipik rüzgâr enerjisi geliştirme süreçleri 5 ila 8 yıl sürerken, denizdeki rüzgâr enerjisi geliştirme süreçleri 7 ila 10 yıl sürmektedir.

Şekil 12 Kara ve Denizüstü Rüzgâr Projeleri Teslim Süresi



Kaynak: WindEurope (2017)

Bölüm 2.7.1 ve 2.7.2'de Türkiye'nin çevre pazarları için sunulan hedef kurulumlar ve denizüstü rüzgâr enerjisi projelerinin teslim süreleri göz önüne alındığında, Tablo 11'de Türkiye'de 2030'a kadar kısmen veya tamamen üretilebilecek yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformları için pazar potansiyeli tahmin edilmektedir.

Tablo 11 2030 DRES Kurulum Hedefleri ve Türkiye Pazar Payı

Ülke	2030-Toplam DRES Kurulum Hedefi (MW)	2030- Sabit Temelli DRES Kurulum Hedefi (MW)	2030-Yüzer DRES Kurulum Hedefi (MW)	Türkiye'de İmalat İçin Pazar Potansiyeli (%)	2030-Türkiye'de İmalat İçin Yüzer Rüzgâr Platformu Pazar Potansiyeli (MW)
Türkiye	1.200	0	1.200	100%	1.200
Romanya	300	300	0	%20	0
Fransa	500	0	500	%20	100
İtalya	900	0 (Henüz karar alınmadı)	900	%20	180
Portekiz	300	0	300	%0	0
Yunanistan	1.500	0 (karar verilecek)	1.500	30%	500

Yukarıdaki tabloya göre, 2030 yılına kadar yüzer platform için pazar payı, yerel ve uluslararası pazar arasında bölünmek üzere 2.000 MW civarında olabilecek niteliktedir. Yine de Türkiye'nin uluslararası pazarlara katılım potansiyelini artırabilecek veya azaltabilecek jeopolitik durumunun değişkenlik gösterdiği göz önünde bulundurulmalıdır. İç pazar, üretim altyapısı oluşturmak için kolaylaştırıcı bir unsur olarak kabul edilebilir durumdadır. Türkiye'de denizüstü rüzgâr enerjisi piyasasının erken dönemdeki olası başarısı, Türkiye iç piyasasının potansiyelini genişleterek daha fazla sahanın ihaleye çıkarılması için bir ivme yaratabilecek potansiyele sahiptir. Ayrıca, denizüstü rüzgâr enerjisi sistemlerinin kurulmasıyla Marmara Bölgesi için enerji arzındaki süreklilik geliştirilebilir. Bu da Türkiye iç pazarının potansiyelini genişletmek için bir başka bir önemli itici güç olabilecektir.

Benzer şekilde, Akdeniz ve Karadeniz ülkeleri; örneğin kıyı metropol alanlarındaki elektrik talebini karşılamak, iklim değişikliği hedeflerini karşılamak veya şebeke kısıtlarını gidermek gibi hedeflerle yüzer denizüstü rüzgâr enerjisi kaynaklarını aktif olarak kullanmaya başlayabilecek potansiyele sahiptir. Ayrıca, karşılıklı bağlantı projeleri DRES'lerden elde edilen elektriğin dağıtımını kolaylaştırabilir nitelikte olabilecektir.

3. TEKNİK ANALİZ

3.1. Kuruluş Yeri Seçimi

Yüzer platformun ağırlığı göz önüne alındığında, yapının inşa edilebileceği akabinde suya indirilebileceği bir İnşaat Limanında üretilmesi gerekmektedir. İnşaat limanı denizüstü rüzgâr santrali sahasına yakın olması durumunda (örneğin birkaç on kilometre ve tercihen 100 km'den az), aynı zamanda rüzgâr türbininin yüzer platforma takıldığı Toplama Limanı veya Montaj Limanı olarak da kullanılabilir. İnşaat limanı denizüstü rüzgâr enerjisi yatırım alanından uzaktaysa, bir Toplama veya Montaj Limanı yüzer yapının sahaya çekilmeye hazır hale getirmek için kullanılmaktadır. Bu durumda, yüzer platformlar kendileri rüzgâr türbini olmadan toplama limanına çekilebilir veya birkaçı bir nakliye gemisine yüklenebilir.

Limanlarda söz konusu faaliyetlerin gerçekleştirileceği alanlar belirlenirken, yüzer platformların sahaya çekmesini mümkün kılabilmek için mesafe konusu dikkate alınmalıdır. Çekme mesafesi ne kadar kısa olursa, projedeki kötü hava koşullarından kaynaklı gecikmenin daha az olması muhtemeldir. Toplama limanları, gelecekte ana bileşen değişimi gerekebileceğinden, denizüstü rüzgâr enerjisi santralleri için bir İşletme ve Bakım üssü olarak da önemlidir.

- Depolama alanının en az 10 t/m² taşıma kapasitesine sahip olması gerekmektedir. Çok amaçlı uygulamalar için inşaat ve depolama alanları da 15-20 t/m² taşıma kapasitesine sahip olmalıdır. Rıhtım yanındaki ağır yük kaldırma alanı 25-35 t/m²'ye olanak sağlamalıdır. Ayrıca, rıhtım, birkaç yüz metre uzunluğunda olmalıdır (örn. 500 m ile 750 m).
- Rıhtımın hemen yanındaki su derinliği, gemilerin modüler bileşeni boşaltmasına izin vermek ve türbinin montajı ve devreye alınması (yaklaşık 1-2 hafta) için rıhtım yanında bazı konseptleri yüzdürme seçeneğine sahip olabilmek için gelgitin çekildiği dönemde bile yaklaşık 11 ila 16 m derinlikte olmalıdır. Yükleme gemilerini barındırmak için RO/RO manevra alanlarına da ihtiyaç duyulmaktadır.
- Bazı konseptler, türbini yüzer platform üzerine dikmek üzere yüzer bir vincin kullanılabilmesi için korunaklı alanlarda derinliğin daha fazla olmasını gerektirir. Bu derinlikler konseptle bağlı olarak 16 metreyi aşabilmektedir.
- Bileşenlerin depolama alanı olarak 15 – 30 hektarlık bir alan gereklidir ve büyük rüzgâr enerjisi santrali geliştirmelerini besleyebilmek için inşaat alanının da yaklaşık 15 – 30 hektar olması beklenir.

- Limanın, yükseklik kısıtlaması olmaksızın (köprüler olmadan) açık denize erişimi olmalıdır. Kanalların genişliği minimum 100 m ile 150 m, ideal olarak daha büyük (örneğin liman meşgulse 250 m) olmalıdır.
- Genel olarak yaklaşık 60.000 m² ile 85.000 m² arasında depo alanı da gerekli olmaktadır.

Söz konusu gereksinimler İzmir'in Dikili ilçesinde yer alan ve uygulama süreci askıya alınan Çandarlı Limanı Projesinin bulunduğu bölgede karşılanabilecektir. Mevcut haliyle baştan sona sektör ihtiyaçlarına göre tasarlanabilecek geniş alanlara ve projenin henüz başlangıç aşamasında olması dolayısıyla yatırım esnekliğine sahiptir. Mevcut haliyle proje aşamasındaki Çandarlı Limanı'na ilişkin bilgiler şu şekildedir:

- Dalgakıran uzunluğu: 1501 m.
- Liman geri sahası: 1 milyon m²
- Rıhtım uzunluğu: 2000 m.
- Rıhtım derinliği: 20 m.
- Karayolu Bağlantısı: Kuzey Ege Otoyoluna doğrudan bağlantı mevcuttur.

Çandarlı Limanının yüzer denizüstü rüzgar türbini üretimi amacıyla inşaat limanı olarak kullanılabilmesinin yanı sıra denizüstü rüzgar türbinlerinin montaj limanı olarak da kullanılabilmesi mümkündür. Çandarlı Limanının mülkiyetinin T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nda olması sebebiyle söz konusu yatırımın kamu yatırımı olarak gerçekleştirilmesi veya başka bir yatırımcı eliyle gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

İnşaat ve Toplama Limanı Karşılaştırması

Limanın toplama limanı veya inşaat limanı olması durumundaki gereklilik farkları aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Tablo 12 İnşaat Limanı – Montaj Limanı Karşılaştırması

	İnşaat Limanı	Toplama Limanı (Montaj Limanı)	İnşaat ve Toplama Limanı
Kapsam	Kısmen önceden üretilebilen bileşenlerle yüzer platform imalatı yapılmaktadır.	Rüzgâr türbinlerinin depolanması ve yüzer platformlara monte edilmektedir.	İkisi de
Rıhtım Yanı Su Derinliği	Minimum 11-16 m	Minimum 11-16 m	Minimum 11-16 m
İnşa / Montaj Alanı (15-20 t/m²)	15 – 30 hektar	10 hektar	15 – 30 hektar
Depolama Alanı (10 t/m²'den az olmamalı, ideali 15-20 t/m²)	0 – 15 hektar İnşaat Bileşenleri	15 – 30 hektar Türbin Bileşenleri	15 – 30 hektar Türbin ve İnşaat Bileşenleri
Suya İndirme / Yükleme	RORO ve yarı batık, muhtemelen kızak	Vinçler	RORO ve yarı batık Vinçler
Rıhtımdan Türbin Montajı	Hayır	Evet	Evet
Rıhtım yanı direnci	25-35 t/m ²	25-35 t/m ²	25-35 t/m ²
Rıhtım yanı uzunluğu	500+ m	500+ m	500+ m
Denizüstü RES Sahasına Mesafe	Limit yok	Hava koşulları aralığı nedeniyle yaklaşık 100 deniz mili (Hs<2,5 m)	Hava koşulları aralığı nedeniyle yaklaşık 100 deniz mili (Hs<2,5 m)

3.2. Üretim Teknolojisi

Çoğu konseptin ana bileşenleri çelik kolonlar, gergiler ve karina plakalarıdır. Bunlar, yeterli alana, ekipmana ve iş gücüne sahip bir tersaneye ihtiyaç duyan büyük ve ağır bileşenlerdir. Bu bileşenlerin imalatı ve montajı genel olarak aynı yerde yapılmaktadır. Ayrıca, bileşenler daha büyük bir tedarik zinciri kullanılarak bağımsız olarak (kolon, kiriş, karina plakası) imal edilebilir ve daha sonra sahada monte edilebilir özelliklere sahiptir. Montaj için bileşenleri kaldırmak ve platformu kurabilmek için vinçler ve hareket ettirebilmek için Kendinden Tahrikli Modüler Taşıyıcılar (KTMT'ler) tersanedeki

temel gereksinimlerdir. Tersanede ayrıca yüzer platformu yüklemek için de özel araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Yükleme işlemi kuru havuz, dalgiç mavna, halatlı vinçler, RO/RO veya kızaklar kullanılarak yapılabilmektedir.

Ana bileşenlerin imalat ve montajına ek olarak, yükleme platformları, tekne iskeleleri, merdivenler, yürüyüş yolları gibi ikincil çelik ürünler ve balast sistemi, I-boruları, katodik koruma, elektrik kablolama ve enstrümantasyon gibi parçalarla ilgili işler de yürütülmektedir.

Beton konseptlerde çelik bileşenler de (kuleler ve ikincil parçalar) yer almaktadır, ancak beton karıştırma tesisleri ve slip formları için daha fazla alana ihtiyaç duyulmaktadır. Beton yapılar daha kalın kesitlere sahiptir ve bu nedenle kaldırılmak yerine yüzdürülebilmeleri için bir kuru havuza ihtiyaç duyulacaktır.

Platform üretimin ve inşaatın gerçekleştirileceği alanda aşağıdaki makine teçhizatın bulunması beklenir, ancak üretime konu olacak tasarıma göre daha fazlasına da ihtiyaç duyulabilir.

- Deniz Vinçleri (rıhtım kenarında ağır yük kaldırma)
- Paletli Vinçler,
- Kafes Bomlu Mobil Vinçler / Teleskopik Mobil vinçler,
- KTMT'ler,
- Römorkör Kaptanları,
- Mafsallı Boom Liftler (Kiraz Toplayıcılar),
- Mafi Treyler / Dorse Treyler.

Hywind, Ideol ve Naval Energies konseptlerinin beton seçenekleri limanda farklı bir yerleşim gerektirmektedir. Beton yapılar tipik olarak binalara kıyasla daha yüksek güçlendirme seviyelerine sahiptir. Bu, yaklaşık 300 kg/m³ seviyelerindedir ve yüksek gerilimli alanlar (örneğin açıklıklar) 600 kg/m³'e kadar güçlendirilmiş çelik yoğunluğuna sahip olmalıdır. Beton yapıya sızıntıyı azaltmak amacıyla tasarımcılar çelik çubuklar için ön gerdirmeye veya sonradan gerdirmeye uygulayabilirler. Alınacak daha ileri önlemler arasında, agregaların sağlam ve yoğun bir şekilde üretilerek kontrolünün ve derecelendirmesinin iyi yapılması, minimum çimento içeriğine sahip zengin karışımlar oluşturulması ve düşük su çimento oranı ile iyi işçilik yer alır.

Yüzer yapı inşaatı için seçenekler aşağıdakilerden oluşmaktadır;

- Montaj için inşaat limanına taşınan bileşenlerin beton imalatının saha dışında yapılması,
- Soğuk derzlerden kaçınmak için sürekli bir beton tedariki gerektirecek olan kayar şekillendirme ile inşaat limanında beton dökülmesi.

Bir beton kamyonu yaklaşık 8m³ hazır beton taşıyabilmektedir. Thorton Bank'ın ağırlık tabanı yaklaşık 5.000 m³ beton alır ve Ideol'un yüzer beton konseptinin yaklaşık 3.000 m³ olduğu varsayılmaktadır. Deniz yapıları için su çimento oranları 0,45'ten ve sıçrama bölgesinde 0,4'ten yüksek değildir ve sıçrama bölgesinde çimento içeriği 400 kg/m³'tür. Bu, 1m³ betonarmenin 160 litre kaynak suyu ihtiyacı olduğu ve 3.000 m³ betonarme bir yapı, yani bir yüzer platform için 480.000 litre kaynağına gerektiği anlamına gelmektedir. 5 yüzer platform için yaklaşık olarak bir olimpik yüzme havuzu (50 m x 25 m x 2 m) kadar su kullanılacaktır. Kürleme işlemi sırasında kürleme yüzeyini ıslak tutmak için de kaynak suyu kullanılır; deniz suyu, çimento ile karıştırmak veya kürleme sırasında beton yüzeyi ıslak tutmak için kullanılmamalıdır. Bu nedenle, beton yapı imalatının önemli sorunlarından biri, yerel içme suyu kaynağını etkilemeden ihtiyaç duyulan hacmin sağlanabileceği uygun ve onaylanmış bir su kaynağının varlığının zorunlu olmasıdır.

Hazır beton tedarikinin aksamaması için inşaat limanına bir hazır beton tesisinin kurulması gerekir. Tesiste aşağıdaki makine teçhizatın bulunması gerekmektedir.

- Agregası teslimatının depolanacağı ve kabul edileceği alan (mavna ile nakledilebilir)
- Çimento sevkiyatını kabul etmek ve depolamak için alan ve silolar,
- Katkı maddelerinin sevkiyatını kabul etmek ve depolamak için alan ve silolar,
- Agregası ve çimento karışımını (tartım bunker/deposu) kontrol etmek için bunkerler,
- Agregaları taşımak için nakil bantları,
- Mikserler
- Pompalar
- Su temini ve deposu
- Güç kaynağı (bağımsız jeneratör ve yakıt deposu).
- Karıştırılan betonun inşaat alanına taşınması için beton mikserleri.

3.3. İnsan Kaynakları

İzmir'in nüfusu 2020 yılı itibarıyla 4.394.694 iken, çalışma yaşı olarak tanımlanan 15-64 yaş arası nüfusu 3.065.501'dir. Yükseköğretimde istihdam edilenlerin %29,2'si İzmir'deki üniversitelerden mezundur ve bu rakam Türkiye ortalamasının 4 puan üzerindedir. Ayrıca İzmir'de istihdam edilenlerin %22'si lise ve meslek yüksekokulu mezunudur ve bu rakam Türkiye ortalaması (%21,5) seviyesine yakındır (TÜİK, 2020).

İl Nüfusunun Eğitim Durumu

Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) sonuçlarına göre, İzmir ilinde 6 yaş ve üzeri nüfus grubunda, okuryazarlık oranı 2018 yılında %98,6 olarak gerçekleşmiştir. İzmir, okuryazar oranı açısından Türkiye ortalamasının (%97,0) üzerinde bir değere sahip olup bu alanda dördüncü sırada yer almaktadır.

Eğitim durumuna göre 15 yaş ve üzeri nüfusun dağılımına bakıldığında, 2018 yılı itibarıyla İzmir'de ilköğretim ile ortaokul veya dengi okul mezununun Türkiye ortalamasının altında olduğu görülürken, diğer eğitim branşları açısından İzmir'in Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 13. İzmir İli 15 Yaş ve Üzeri Nüfusun Eğitim Durumuna Göre Dağılımı (%)

Eğitim Durumu	2014	2015	2016	2017	2018	Türkiye 2018
İlköğretim	15,9	13,6	12,6	12,7	12,7	14,4
İlkokul	26,9	26,3	24,9	24,2	22,2	21,2
Ortaokul veya Dengi	8,9	10,5	12,0	12,0	12,7	14,2
Lise veya Dengi	23,9	24,1	24,5	24,7	25,6	24,1
Yüksekokul veya Fakülte	15,8	17,1	18,0	18,4	19,2	15,9
Yüksek Lisans	1,2	1,3	1,4	1,7	1,9	1,6
Doktora	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3

Kaynak: TÜİK, Bölgesel İstatistikler, Eğitim İstatistikleri.

Çalışma Çağındaki Nüfus

İzmir ilinde 15-64 yaş arasını kapsayan çalışma çağındaki nüfus, 2019 yılı itibarıyla 3,1 milyon kişi olup il nüfusunun %70'ini oluşturmaktadır. İlde çalışma çağındaki nüfus, 2015-2019 döneminde Türkiye geneline göre daha düşük artış göstermiştir. Bu dönemde İzmir'de çalışma çağındaki nüfus %3,4 oranında artış gösterirken, Türkiye genelinde ise %5,7'lik bir artış yaşanmıştır.

Tablo 14. Çalışma Çağındaki Nüfusun Oranı

Yıllar	Türkiye		İzmir	
	15-65 Yaş Nüfus	Toplam Nüfusa Oranı %	15-65 Yaş Nüfus	Toplam Nüfusa Oranı %
2015	53.359.594	67,8	2.956.505	70,9
2016	54.237.586	68,0	2.990.943	70,8
2017	54.881.652	67,9	3.020.262	70,6
2018	55.633.349	67,8	3.036.141	70,3
2019	56.391.925	67,8	3.057.656	70,0

Kaynak: TÜİK, Nüfus İstatistikleri.

Genç Nüfus Oranı

İzmir'de çalışma çağındaki nüfus içinde 15-25 yaş arasını kapsayan genç nüfus 2019 yılı itibarıyla 575.185 kişi olup çalışma çağındaki nüfusun %18,8'ini, toplam il nüfusunun ise %13,2'sini oluşturmaktadır. İlde 15-25 yaş arası genç nüfus, 2015-2019 döneminde %3,3 oranında azalış gösterirken, aynı dönemde Türkiye genelinde %0,4 artış yaşanmıştır.

Tablo 15. İzmir İli Genç Nüfus Oranı

Yıllar	Türkiye			İzmir		
	15-25 Yaş Nüfus	Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı %	Toplam Nüfusa Oranı %	15-25 Yaş Nüfus	Çalışma Çağındaki Nüfusa Oranı %	Toplam Nüfusa Oranı %
2015	12.899.667	24,2	16,4	595 101	20,1	14,3
2016	12.989.042	23,9	16,3	591 821	19,8	14,0
2017	12.983.097	23,7	16,1	589 597	19,5	13,8
2018	12.971.396	23,3	15,8	581 396	19,1	13,5
2019	12.955.672	23,0	15,6	575 185	18,8	13,2

Kaynak: TÜİK, Nüfus İstatistikleri.

Yukarıdaki istatistiklere ek olarak, İzmir nüfusunun %32'sini 30 yaş altı genç nüfus oluşturmaktadır. Bu nedenle İzmir, yatırımcılarına dinamik bir işgücü kaynağı sunmaktadır. Verilere göre İzmir'de işsizlik oranı Türkiye ortalamasının üzerinde olmasına rağmen, İzmir'de işgücüne katılma oranı Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bunun bir nedeni, kadınların işgücü piyasasında aktif olarak yer almasıdır.

Nitelikli işgücü kaynağı açısından İzmir'deki üniversitelerin seçilmiş fakültelerinden mezun olanların sayıları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 16 İzmir'deki Üniversitelerin Mezun Sayıları

Mezun Sayısı (2020)	Mühendislik	Temel Bilimler	İdari Bilimler
Dokuz Eylül Üniversitesi	1225	182	1827
Ege Üniversitesi	667	470	476
Ege Üniversitesi	263	159	200
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	227	102	-
Yaşar Üniversitesi	315	140	270
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi	223	-	168
Toplam	2920	1053	2941

Kaynak: Yüksek Öğrenim Bilgi Yönetim Sistemi

İstihdam Edilecek Personele ilişkin Bilgiler

Yüzer yapıların imalatı ve sürecinde ağırlıklı olarak mavi yaka istihdamının olması beklenmektedir.

- Üretim süreçlerinde göre almak üzere 150 kişilik bir mavi yakalı personel (Brüt ücret yaklaşık olarak 800 dolar olarak kabul edilmiştir) ile alt bileşenlerin imalatı gerçekleştirilirken, lojistik operasyonları yürütecek 25 operatöre (Brüt ücret yaklaşık olarak 1100 dolar olarak kabul edilmiştir) ihtiyaç duyulmaktadır.
- Söz konusu imalat ve lojistik süreçlerin yerine getirilmesinin yanı sıra tasarım ve mühendislik süreçlerinde çalışmak üzere yaklaşık 30 mühendise (Brüt ücret yaklaşık olarak 1300 dolar olarak kabul edilmiştir), idari işlerin yürütülebilmesi için 20 beyaz yakalı personele (Brüt ücret yaklaşık olarak 1500 dolar olarak kabul edilmiştir) ihtiyaç duyulmaktadır.
- Belirtilen süreçler çeşitli seviyelerde görev alacak 25 kişi (Brüt ücret yaklaşık olarak 2000 dolar olarak kabul edilmiştir) aracılığı ile sevk ve idare edilecektir.

Yürütülecek faaliyetlerin çoğu imalat sanayiine göre daha yüksek kalite beklentisine ve iş güvenliği ihtiyacına sahip olması sebebiyle ilgili sektörlerdeki ücret politikasının %15-25 üzerinde olacaktır.

4. FİNANSAL ANALİZ

4.1. Sabit Yatırım Tutarı

İzmir'de yüzer platform imalatı için seçilecek liman altyapısının yüzer denizüstü rüzgâr türbini platformu imalatına uygun olacağı veya söz konusu liman yatırımının liman işleticisi veya devlet tarafından karşılanacağı varsayılmaktadır. Ancak yine de limanda projeye has özel uyarlamaların yapılması gerekmektedir.

Liman yatırımı hariç olmak kaydıyla, yatırım projesine özel vinçler ve diğer gerekli makineler için yaklaşık 20 milyon USD ve yine tarama ve rıhtım kenarı ve/veya zemin güçlendirme faaliyetleri için 70 milyon USD daha yatırım yapılması gerekmektedir. Bu nedenle toplan sabit yatırım tutarının 90 milyon USD olması beklenmektedir.

Yüzde 7 faiz oranıyla 90 milyon USD'lik toplam tutarın finansmanının kredi ile yapılacağı ve özkaynak payının %25 olduğu varsayılmıştır.

4.2. Yatırımın Geri Dönüş Süresi

İzmir'de yüzer platform üretecek bir tesisin kurulması için finansman maliyeti dahil **yatırımın geri dönüş süresinin yaklaşık 5 yıl olacağı** tespit edilmiştir. Yukarıdaki varsayımlardan herhangi bir sapmanın yatırımın fizibilitesini etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle, bu raporda açıklandığı gibi, denizüstü rüzgâr projeleri hedefleri ve potansiyeller henüz belirsizdir. Ayrıca, İzmir'deki bir liman, yüzer platform İzmir'de üretilmesi için Türkiye'deki diğer limanlarla rekabet etmek durumunda kalabilecektir.

Bununla beraber yüzer platform imalatına yönelik olarak yapılacak yatırımın geri dönüş süresi proje bazlı yatırım teşviki alınarak biraz daha azaltılabilir niteliktedir. İzmir'de gerçekleştirilecek söz konusu yatırımın, proje bazlı yatırım olarak sınıflandırılabilmesine ilişkin sebepler ise aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Ürünün yerli üretim kapasitesinin ithalat hacminden az olması (yerli üretimi bulunmamaktadır)
- Yatırım tutarının 500 milyon TRY'nin üzerinde olması,
- %40 yerli katma değerli üretimin olması (haddelenmiş çelikle ilişkili yüzer platformların maliyetinin %80'inden fazlası ve Türkiye ana çelik üreticilerinden biridir)

5. ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİ ANALİZİ

5.1. Çevresel Etkiler

Yatırımın, çevre analizi kapsamında belirlenen tüm olumlu ve olumsuz etkileri bu bölümde belirtilmiştir.

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED), planlanan projelerin olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesi, olumsuz etkilerin önlenmesi veya en aza indirilmesine yönelik tedbirlerin değerlendirilmesi, konum ve teknoloji alternatiflerinin değerlendirilmesi, projelerin T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı nezdinde izlenmesi ve kontrol edilmesi amacıyla yapılan bir çalışmadır. Bir başka deyişle, ekonomik ve sosyal kalkınmayı engellemeden ekonomik politikalara karşı çevresel değerlerin korunmasıdır.

Projeler için “ÇED Olumlu” kararı veya “ÇED Gerekli Değildir” kararı alınmadıkça, projeler için onay, izin, teşvik, yapı ve kullanım ruhsatı verilmez, proje için yatırıma başlanamaz ve ihaleye çıkılamaz.

Çevre Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği Ek-1 listesinde yer alan faaliyetler veya Çevre Etki Değerlendirmesi Ek-2'de yer alan gereklilikler ÇED Yönetmeliği Ek-3'te yer alan formata göre hazırlanmalıdır. Çevre Etki Değerlendirme Yönetmeliği Ek-2 listesinde yer alan faaliyetlerin, durumlarına göre proje tanıtım dosyası hazırlanarak ilgili Valiliğe veya Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'ne sunulması zorunludur.

Ayrıca ÇED Yönetmeliği'nin 26. maddesi uyarınca ÇED başvuru dosyası, ÇED raporu veya proje tanıtım dosyası hazırlayacak kurum veya kuruluşlar Bakanlıktan yeterlilik belgesi almak zorundadır.

ÇED Yönetmeliği Ek-1 veya Ek-2 kapsamına girmeyen ve durumunu herhangi bir şekilde belgelemek isteyenlere (Muafiyet veya Kapsam Dışı Yazısı almak isteyenlere) ilgili İl Müdürlüklerine yaptıkları başvuru kapsamında muafiyet veya kapsam dışı bırakma yazısı verilir.

5.2. Sosyal Etkiler

Yatırımın gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek sosyal etkiler bu bölümde yer almaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma, ekonomik ve sosyal kalkınma ile çevresel boyutları içeren çok yönlü bir terimdir. Günümüzde yatırım ve yatırım araçlarına olan ihtiyaç her geçen gün artmakta ve bu ihtiyacın karşılanması sürdürülebilir kalkınma için önem arz etmektedir. Sürdürülebilir kalkınma için ülkenin politika ve stratejileri kapsamında hazırlanan planlar doğrultusunda gerekli yatırımların yapılması hem yatırımın yapıldığı bölgenin hem de ülke ekonomisinin gelişmesine katkı sağlayacaktır. Gelişmekte olan ülke ekonomisi ile statü farklılıkları azaltılarak toplumun refahı ve huzuru artacaktır. Bu nedenle yatırımların sosyoekonomik kalkınmaya ve kalkınmaya katkı sağlaması beklenmektedir.

Yatırımın bir diğer etkisi de bölgedeki istihdama sağladığı katkıdır. Yatırım sayesinde kurulacak tesislerde personel ihtiyacı ortaya çıkacağından yeni istihdam alanları oluşturulacaktır. İstihdam ile ekonomik anlamda dolaylı bir etki oluşacaktır. İstihdam edilenler gelirlerini harcayacak ve farklı sektörlerde bir ekonomik faaliyet zinciri oluşacaktır. Dolayısıyla söz konusu istihdam bölge ekonomisine ve ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Ek-1: Fizibilite Çalışması için Gerekli Olabilecek Analizler

Yatırımcı tarafından hazırlanacak detaylı fizibilitede, aşağıda yer alan analizlerin asgari düzeyde yapılması ve makine-teçhizat listesinin hazırlanması önerilmektedir.

- **Ekonomik Kapasite Kullanım Oranı (KKO)**

Sektörün mevcut durumu ile önümüzdeki dönem için sektörde beklenen gelişmeler, firmanın rekabet gücü, sektördeki deneyimi, faaliyete geçtikten sonra hedeflediği üretim-satış rakamları dikkate alınarak hesaplanan ekonomik kapasite kullanım oranları tahmini tesis işletmeye geçtikten sonraki beş yıl için yapılabilir.

Ekonomik KKO= Öngörülen Yıllık Üretim Miktarı /Teknik Kapasite

- **Üretim Akım Şeması**

Fizibilite konusu ürünün bir birim üretilmesi için gereken hammadde, yardımcı madde miktarları ile üretimle ilgili diğer prosesleri içeren akım şeması hazırlanacaktır.

- **İş Akış Şeması**

Fizibilite kapsamında kurulacak tesisin birimlerinde gerçekleştirilecek faaliyetleri tanımlayan iş akış şeması hazırlanabilir.

- **Toplam Yatırım Tutarı**

Yatırım tutarını oluşturan harcama kalemleri yıllara sari olarak tablo formatında hazırlanabilir.

- **Tesis İşletme Gelir-Gider Hesabı**

Tesis işletmeye geçtikten sonra tam kapasitede oluşturması öngörülen yıllık gelir gider hesabına yönelik tablolar hazırlanabilir.

- **İşletme Sermayesi**

İşletmelerin günlük işletme faaliyetlerini yürütebilmeleri bakımından gerekli olan nakit ve benzeri varlıklar ile bir yıl içinde nakde dönüşebilecek varlıklara dair tahmini tutarlar tablo formunda gösterilebilir.

- **Finansman Kaynakları**

Yatırım için gerekli olan finansal kaynaklar; kısa vadeli yabancı kaynaklar, uzun vadeli yabancı kaynaklar ve öz kaynakların toplamından oluşmaktadır. Söz konusu finansal kaynaklara ilişkin koşullar ve maliyetler belirtilebilir.

- **Yatırımın Kârlılığı**

Yatırımı değerlendirmede en önemli yöntemlerden olan yatırımın kârlılığının ölçümü aşağıdaki formül ile gerçekleştirilebilir.

Yatırımın Kârlılığı= Net Kâr / Toplam Yatırım Tutarı

- **Nakit Akım Tablosu**

Yıllar itibariyle yatırımda oluşması öngörülen nakit akışını gözlemlemek amacıyla tablo hazırlanabilir.

- **Geri Ödeme Dönemi Yöntemi**

Geri Ödeme Dönemi Yöntemi kullanılarak hangi dönem yatırımın amorti edildiği hesaplanabilir.

- **Net Bugünkü Değer Analizi**

Projenin uygulanabilir olması için, yıllar itibariyle nakit akışlarının belirli bir indirgeme oranı ile bugünkü değerinin bulunarak, bulunan tutardan yatırım giderinin çıkarılmasıyla oluşan rakamın sıfıra eşit veya büyük olması gerekmektedir. Analiz yapılırken kullanılacak formül aşağıda yer almaktadır.

$$NBD = \sum (NA_t / (1-k)^t) \quad t=0$$

NA_t : t. Dönemdeki Nakit Akışı

k: Faiz Oranı

n: Yatırımın Kapsadığı Dönem Sayısı

- **Cari Oran**

Cari Oran, yatırımın kısa vadeli borç ödeyebilme gücünü ölçer. Cari oranın 1,5-2 civarında olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Cari Oran} = \text{Dönen Varlıklar} / \text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}$$

Likidite Oranı, yatırımın bir yıl içinde stoklarını satamaması durumunda bir yıl içinde nakde dönüşebilecek diğer varlıklarıyla kısa vadeli borçlarını karşılayabilme gücünü gösterir. Likidite Oranının 1 olması yeterli kabul edilmektedir. Formülü aşağıda yer almaktadır.

$$\text{Likidite Oranı} = (\text{Dönen Varlıklar} - \text{Stoklar}) / \text{Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar}$$

Söz konusu iki oran, yukarıdaki formüller kullanılmak suretiyle bu bölümde hesaplanabilir.

- **Başabaş Noktası**

Başabaş noktası, bir firmanın hiçbir kar elde etmeden, zararlarını karşılayabildiği noktayı/seviyeyi belirtir. Diğer bir açıdan ise bir firmanın, giderlerini karşılayabildiği nokta da denilebilir. Başabaş noktası birim fiyat, birim değişken gider ve sabit giderler ile hesaplanır. Ayrıca sadece sabit giderler ve katkı payı ile de hesaplanabilir.

$$\text{Başabaş Noktası} = \text{Sabit Giderler} / (\text{Birim Fiyat} - \text{Birim Değişken Gider})$$

Ek-2: Yerli/İthal Makine-Teçhizat Listesi

İthal Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	F.O.B. Birim Fiyatı (\$)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyet (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı

Yerli Makine / Teçhizat Adı	Miktarı	Birimi (Adet, kg, m ³ vb.)	Birim Maliyeti (KDV Hariç, TL)	Toplam Maliyeti (KDV Hariç, TL)	İlgili Olduğu Faaliyet Adı

KAYNAKÇA

- Abanades J (2019), Wind Energy in the Mediterranean Spanish ARC: The Application of Gravity Based Solutions, Frontiers in Energy Research (FENG), Valencia, Spain
- Able UK (2021), www.ableuk.com/sites/port-sites/humber-port/amep/
- CEPS (2020), How Black Sea Offshore Wind Power Can Deliver A Green Deal For This EU Region
- DNV (2020), Energy Transition Outlook [çevrimiçi] eto.dnvgl.com
- EU Comission (2021), Study on the offshore grid potential in the Mediterranean Region
- GWEC (2021), Global Wind Report-2021
- IEA (2019), World Energy Outlook 2018
- IRENA (2019), Global Energy Transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition)
- NREL (2019), Cost of Wind Energy Review
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi (2021a), Türkiye’deki Yatırımlar için Devlet Teşvikleri Rehberi
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi (2021b), Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları Rehberi
- T.C. Resmi Gazete (2021), 31380 sayılı Resmi Gazete
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2014), Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2020), 2019-2023 Stratejik Planı
- The World Bank Group (2019), Going Global-Expanding Offshore Wind to Emerging Markets
- The World Bank Group (2020), Offshore Wind Technical Potential in Black Sea
- WindEurope (2017), “Wind Energy in Europe: Outlook to 2020



Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi, 1203/11. Sk.
No: 5-7, Kat: 19 35170 KONAK / İZMİR / TÜRKİYE
Tel.: 0 (232) 489 81 81 - Faks: 0 (232) 489 85 05

E-Posta: info@izka.org.tr | www.izka.org.tr

Kalkınma Ajansı Yayınları Bedelsizdir, Satılmaz.