KALKINMA AJANSLARI
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

İZMİR
KALKINMA
AJANSI

İZMİR RÜZGÂR SANAYİİ LOJİSTİK İHTİYAÇ ANALİZİ

2023

İZMİR RÜZGÂR SANAYİİ
LOJİSTİK İHTİYAÇ ANALİZİ
2023, İZMİR

Yayın Sahibi
İzmir Kalkınma Ajansı
Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19
35170 Konak/İzmir
Tel : 0232 489 81 81
Faks : 0232 489 85 05
E-posta : info@izka.org.tr

Proje Ekibi

Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi :
Doç.Dr. Gül DENKTAŞ ŞAKAR (Proje Koordinatörü)
Doç.Dr. Çimen KARATAŞ ÇETİN (Proje Koordinatörü)
Prof.Dr. D.Ali DEVECİ
Prof.Dr. Okan TUNA
Doç.Dr. Barış KULEYİN
Dr. Öğr.Üyesi Onur AKDAŞ
Öğr.Gör.Dr. Volkan ÇETİNKAYA
Arş.Gör.Dr. Bayram Bilge SAĞLAM
Arş.Gör.Dr. İlke Sezin AYAZ
Arş.Gör. Esra BARAN KASAPOĞLU
Arş.Gör. Burhan KAYIRAN
Arş.Gör. Erdem FİKİR

İzmir Kalkınma Ajansı
H.İ. Murat ÇELİK, Yatırım Destek Ofisi Koordinatörü
Hülya ULUSOY SUNGUR, Uzman
M. Sencer ÖZEN, Uzman
Emel YAVUZ, Uzman

Grafik Tasarım
Orçun ANDIÇ
Hasan Can ÇAKIR

© 2023, İZKA. Tüm hakları saklıdır. Bu eserin tamamı ya da bir bölümü, 4110 sayılı Yasa ile değişik 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu uyarınca, kullanılmazdan önce hak sahibinden 52. maddeye uygun yazılı izin alınmadıkça, hiçbir şekil ve yöntemle işlenmek, çoğaltılmak, çoğaltılmış nüshaları yayılmak, satılmak, kiralanmak, ödünç verilmek, temsil edilmek, sunulmak, telli/telsiz ya da başka teknik, sayısal ve/veya elektronik yöntemlerle iletilmek suretiyle kullanılamaz.

KALKINMA AJANSLARI
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

İZMİR
KALKINMA
AJANSI

İZMİR RÜZGÂR SANAYİİ LOJİSTİK İHTİYAÇ ANALİZİ

2023

İÇİNDEKİLER

	YÖNETİCİ ÖZETİ	**10**
BÖLÜM 1.	**GİRİŞ**	**14**
BÖLÜM 2.	**METODOLOJİ**	**18**
2.1.	Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	19
2.2.	Çalışmanın Yaklaşımı	21
2.3.	Örneklem	22
2.4.	Veri Toplama	25
2.5.	Verilerin Analizi	27
BÖLÜM 3.	**DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE RÜZGÂR ENERJİSİ SEKTÖRÜ: TANIMLAR, SINIFLANDIRMALAR VE EĞİLİMLER**	**28**
3.1.	Elektrik Enerjisi Üretimi	30
3.2.	Dünyada Rüzgâr Enerjisi	32
3.3.	Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi	36
3.4.	Rüzgâr Türbini Teknolojisi	39
3.5.	Rüzgâr Türbini Bileşenleri ve Ekipmanları	40
3.6.	Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması	42
3.7.	Denizüstü Rüzgâr Türbinleri	45
3.8.	Küresel Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Pazar Durumu	51
3.9.	Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Değerlendirilmesi	63
3.10.	Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Ana Paydaşlar: Dünya ve Türkiye	65
3.11.	İzmir ve Ege Bölgesi'nde Rüzgâr Sanayii Ekosistemi	74
BÖLÜM 4.	**RÜZGÂR ENERJİSİ SEKTÖRÜ VE LİMANLAR**	**78**
4.1.	Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Limanların Rolü	79
4.2.	Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Limanların Sınıflandırılması	88
4.3.	Liman Uygunluğuna İlişkin Kriterler	99
4.4.	Rüzgâr Enerjisi Sektörüne Hizmet Veren Avrupa Limanlarının Özellikleri	108
4.5.	Rüzgâr Enerjisi Sektörüne Hizmet Veren İzmir Limanlarının Özellikleri	129
4.6.	Rüzgâr Enerjisi Sektörüne Hizmet Veren İzmir Limanlarına İlişkin Uygunluk Değerlendirmesi	138
4.7.	Rüzgâr Enerjisi Sektörü İçin Çandarlı Limanı Projesine İlişkin Uygunluk Değerlendirmesi	145
4.8.	Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Projeleri İçin Çandarlı Limanı'nın Değerlendirilmesi	147
BÖLÜM 5.	**RÜZGÂR ENERJİSİ SEKTÖRÜNDE ANA LOJİSTİK SÜREÇLER**	**150**
5.1.	Tedarik Lojistiği Süreci	152
5.2.	Malzeme Yönetimi Süreci	154
5.3.	Fiziksel Dağıtım Süreci	155
5.4.	Liman Merkezli Lojistik Kapsamında Mevzuat, Kaynak ve Altyapılar	208

BÖLÜM 6.	**EYLEM PLANI**	**232**
6.1.	Gelecek Yıllara Yönelik Yük Tahminlemesi ve Öneriler	233
6.2.	Demiryollarının Geliştirilmesi İçin Gelecek Önerileri	247
6.3.	Karayolu Ulaştırmasının Geliştirilmesi İle İlgili Gelecek Önerileri	249
6.4.	İnsan Kaynağı Geliştirme Önerileri	250
6.5.	Yasal Mevzuat ve Gümrük İşlemlerine İlişkin İyileştirme Önerileri	256
6.6.	Bilgi ve İletişim Teknolojileri Geliştirme Önerileri	260
6.7.	İzmir Yatırım Alanlarına İlişkin Eylem Planı	261
6.8.	İzmir Limanlarına İlişkin Eylem Planı	265
BÖLÜM 7.	**SONUÇ VE DEĞERLENDİRME**	276
	KAYNAKÇA	**279**

ŞEKİLLER

ŞEKİL 1.	Türkiye Kurulu Gücünün Yıllara Göre Gelişimi (MW)	31
ŞEKİL 2.	Dünyada Yeni RES Kurulumlarının Tarihsel Gelişimi (GW)	32
ŞEKİL 3.	Dünyada Toplam RES Kurulumlarının Tarihsel Gelişimi (GW)	34
ŞEKİL 4.	İşletmedeki RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı	36
ŞEKİL 5.	Türkiye'deki RES Kümülatif Kurulu Güçleri (MW)	37
ŞEKİL 6.	Türkiye'de RES 2020 Yılı Aylık Elektrik Üretimi (MWh) ve Elektrik Üretimindeki Payı	38
ŞEKİL 7.	Türbin Bileşenleri ve Ekipmanlar	41
ŞEKİL 8.	Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması	42
ŞEKİL 9.	Yerçekimi Merkezli Temel	47
ŞEKİL 10.	Tekil Kazık Temel	47
ŞEKİL 11.	Üç Ayak Temel	47
ŞEKİL 12.	Ceket Temel	48
ŞEKİL 13.	Yüzer (Floating) Temel	48
ŞEKİL 14.	Denizüstü Rüzgâr Türbini Temel Tipleri	49
ŞEKİL 15.	Denizüstü Rüzgâr Türbinleri	49
ŞEKİL 16.	Ülkelere Göre Yeni Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Kurulumları	51
ŞEKİL 17.	Ülkelere Göre Toplam Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Kurulumları	52
ŞEKİL 18.	Yeni Rüzgâr Enerjisi Tesislerinin Görünümü 2020-2025 (GW)	52
ŞEKİL 19.	Yapım Aşamasında Olan Küresel Denizüstü Rüzgâr Kapasitesi (2019)	53
ŞEKİL 20.	Küresel Yüzer Denizüstü Rüzgâr Kaynağı Haritası	54
ŞEKİL 21.	Avrupa Ülkelere Göre Yıllık ve Toplam Denizüstü Rüzgâr Kapasitesi	55
ŞEKİL 22.	Avrupa'daki Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri Haritası	56
ŞEKİL 23.	2020 Yılı Boyunca Avrupa'da Yapımı Devam Eden Denizüstü Rüzgâr Çiftliklerinin Ortalama Su Derinliği ve Kıyıya Olan Mesafesi	57
ŞEKİL 24.	Avrupa'daki Tüm Denizüstü Rüzgâr Çiftliklerinin Ortalama Su Derinliği ve Kıyıya Olan Mesafesi	58
ŞEKİL 25.	2030 Yılı Avrupa Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Büyüme Öngörüleri	59
ŞEKİL 26.	Bölgesel Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Büyüme Öngörüleri	59
ŞEKİL 27.	Asya'daki Yapımı Devam Eden Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Projeleri (MW, 2020 1. Çeyrek)	60
ŞEKİL 28.	2030 Yılı Asya Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Büyüme Öngörüleri	60
ŞEKİL 29.	Bölgelere Göre Yeni Rüzgâr Enerjisi Tesislerinin Kurulum Öngörüleri (2020-2025)	61
ŞEKİL 30.	ABD'de Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Geliştirme Hedefleri	62
ŞEKİL 31.	Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri Kapasite Değişim Miktarları	63
ŞEKİL 32.	Türkiye'de İnşa Halindeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı	64
ŞEKİL 33.	Enercon Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi	69
ŞEKİL 34.	Vestas Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi	70
ŞEKİL 35.	Nordex Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi	71
ŞEKİL 36.	General Electric Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi	72
ŞEKİL 37.	Siemens Gamesa Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi	73
ŞEKİL 38.	İzmir Rüzgâr Türbini Ekipmanı Üretim ve Malzeme Firmaları	74

ŞEKİL 39.	İDÇ Limanı Kule Elleçme Operasyonu	80
ŞEKİL 40.	Batıliman'da Kanat Yüklemesi Öncesi Ataçman Sabitleme İşlemi	81
ŞEKİL 41.	TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Kanat İstifi	81
ŞEKİL 42.	Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Kurulum Süreçleri ve Aktörler	82
ŞEKİL 43.	Tavşan Kulağı Yöntemi	83
ŞEKİL 44.	Tam Rotor Yöntemi	84
ŞEKİL 45.	Ayrışık Bileşenler Yöntemi	84
ŞEKİL 46.	Jack-up Gemilerle Türbin Kurulum Operasyonu	86
ŞEKİL 47.	Açık Deniz Trafo Merkezi Kurulum Operasyonu	87
ŞEKİL 48.	TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Kanat Operasyonları	88
ŞEKİL 49.	Rostock Limanı Europort Genel Yük Terminali	89
ŞEKİL 50.	Teeside Limanı Üretim Tesisi Projesi	90
ŞEKİL 51.	Navantia Fene Tersanesi	91
ŞEKİL 52.	Navantia Puerto Real Tersanesi, Cadiz	92
ŞEKİL 53.	Gdansk Limanı Rıhtımları ve Gdansk Tersanesi	93
ŞEKİL 54.	Pori Limanı ve Pori Offshore Constructions	94
ŞEKİL 55.	Mitrena Tersanesi Yerleşim Planı	96
ŞEKİL 56.	Mitrena Tersanesi'nde Rüzgâr Türbini Birleştirme Operasyonu Örneği	97
ŞEKİL 57.	Eemshaven Limanı'nın İşletme ve Bakım Hizmeti Verdiği Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri	98
ŞEKİL 58.	Esbjerg Limanı Mobil Rıhtım Vinçleriyle Kanat Operasyonları	102
ŞEKİL 59.	Paletli Vinçler ile İkili Kanat Operasyonu	102
ŞEKİL 60.	Rüzgâr Türbini Bileşenleri Elleçleme Ekipmanları	103
ŞEKİL 61.	Rüzgâr Türbini Bileşenleri Elleçlemelerinde Kullanılan Ataçmanlar	105
ŞEKİL 62.	Nemport Limanı Ataçman (Spreader-Sonsuz Sapan) Görseli	106
ŞEKİL 63.	Wind Europe Ports Platform Üyesi Limanlar	108
ŞEKİL 64.	Esbjerg Limanı Tasarımı	109
ŞEKİL 65.	Esbjerg Limanı'nın Üs Olarak Kullanıldığı Rüzgâr Çiftlikleri	110
ŞEKİL 66.	Aalborg Limanı Doğu Terminali	111
ŞEKİL 67.	Roenne Limanı Yerleşim Planı	113
ŞEKİL 68.	Roenne Limanı Yerleşim Planı Uydu Görüntüsü	114
ŞEKİL 69.	Roenne Limanı 08.01.2020 İtibarıyla Yerleşim Planı Perspektif Çekim	114
ŞEKİL 70.	Roenne Limanı ve Çevresindeki Mevcut ve Yapılacak Olan Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Sahaları	116
ŞEKİL 71.	Eemshaven Limanı Yerleşim Planı Uydu Görüntüsü	118
ŞEKİL 72.	Eemshaven Limanı Yerleşim Planı Perspektif Çekim Görüntüsü	119
ŞEKİL 73.	Amsterdam Limanı Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri	121
ŞEKİL 74.	Hull Limanı Görünümü	122
ŞEKİL 75.	Able Marine Energy Park'ın Görselleştirilmesi	123
ŞEKİL 76.	AMEP Potansiyel Denizüstü Rüzgâr İş Akışı	123
ŞEKİL 77.	Polonya Münhasır Ekonomik Bölgesinde Yer Alan Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri	125
ŞEKİL 78.	Oostende Limanı REBO Ağır Yük Terminali	126
ŞEKİL 79.	Bilbao Limanı Tasarımı ve Terminaller	127
ŞEKİL 80.	Bilbao Limanı Rüzgâr Türbini Parçaları Rıhtımları	128

ŞEKİL 81.	Nemport Limanı	129
ŞEKİL 82.	SOCAR Aliağa Terminali	130
ŞEKİL 83.	Batıliman	132
ŞEKİL 84.	İDÇ Limanı	133
ŞEKİL 85.	TCDD İzmir (Alsancak) Limanı	134
ŞEKİL 86.	Rüzgâr Türbini Parçaları Rıhtım Elleçlemeleri	138
ŞEKİL 87.	Batıliman İskele Yapısı	141
ŞEKİL 88.	Akdeniz Denizüstü Rüzgâr Hız Haritası	147
ŞEKİL 89.	Çandarlı Limanı	148
ŞEKİL 90.	Rüzgâr Türbini Bileşenleri için Gerekli Olan Hammaddeler	153
ŞEKİL 91.	CBF Çerçevelerde Kanat Yerleşimi: Önden ve Yandan Görünüş	165
ŞEKİL 92.	CBF Çerçevelerde Kanat Yerleşimi: Üstten Görünüş	165
ŞEKİL 93.	Tek Katmanlı İstifleme ve Kanat Uçlarının Sabitlenmesi	166
ŞEKİL 94.	Üç Katmanlı Depolama ve Kanat Uçlarının Sabitlenmesi	166
ŞEKİL 95.	Köprü Bağlantı Parçaları ile Sabitleme	167
ŞEKİL 96.	Dişli Miller ile Sabitleme	167
ŞEKİL 97.	Kanat Kök Kısımlarının Kayışlar ile Sabitlenmesi	167
ŞEKİL 98.	D-550 Karayolu Üzeri Kanat Stok Sahası ve Makine Parkı	167
ŞEKİL 99.	Sasalı Antrepo Kanat Stok Sahası	167
ŞEKİL 100.	Kule Stok Sahası	168
ŞEKİL 101.	Kanat Elleçlemesi	168
ŞEKİL 102.	Kule Elleçlemesi	169
ŞEKİL 103.	Nasel-Hub Elleçlemesi	169
ŞEKİL 104.	Demiryolu ile Rüzgâr Türbini Ekipmanı Taşıması	171
ŞEKİL 105.	Kanat ve Kule Taşıma	173
ŞEKİL 106.	Nasel ve Hub Taşıma	173
ŞEKİL 107.	Düşük Kasa Römork	174
ŞEKİL 108.	Dört ve Sekiz Akslı Yarı Düşük Kasa Uzayabilir Römork	175
ŞEKİL 109.	Servis Yolunda Kanat Adaptörü ile Taşıma	176
ŞEKİL 110.	Rotor Kanadı Taşıma Sistemi (RBTS)	176
ŞEKİL 111.	Dolly Römork	177
ŞEKİL 112.	Kendinden Tahrikli Modüler Taşıyıcı	178
ŞEKİL 113.	İzmir Serbest Bölge-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Sevk Rotası	180
ŞEKİL 114.	Kömürlük Parklanma Alanı	181
ŞEKİL 115.	İzmir Serbest Bölge-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Taşıma Rotası Gözlem Noktaları	182
ŞEKİL 116.	Sasalı (Çiğli)-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Sevk Rotası	188
ŞEKİL 117.	Sasalı (Çiğli)-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Arası Taşıma Rotası Gözlem Noktaları	189
ŞEKİL 118.	İzmir Serbest Bölge-Aliağa Limanlar Bölgesi Sevk Rotası	192
ŞEKİL 119.	İzmir Serbest Bölge-Aliağa Limanlar Bölgesi Rotası Gözlem Noktaları	193
ŞEKİL 120.	Sasalı (Çiğli)-Aliağa Limanlar Bölgesi Nakliye Rotası	195
ŞEKİL 121.	Sasalı (Çiğli)-Aliağa Limanlar Bölgesi Rotası Gözlem Noktaları	195
ŞEKİL 122.	Zeytindağ (Bergama) Aliağa Limanlar Bölgesi Nakliye Rotası	197

ŞEKİL 123.	Zeytindağ (Bergama)-Aliağa Limanlar Bölgesi Rotası Gözlem Noktaları	198
ŞEKİL 124.	Sasalı (Çiğli)-Aliağa Limanlar Bölgesi Kuzey Ege Otoyolu Nakliye Rotası	200
ŞEKİL 125.	Sasalı (Çiğli)-Çandarlı Limanı Kuzey Ege Otoyolu Rotası Gözlem Noktaları	201
ŞEKİL 126.	İzmir Serbest Bölge-Çandarlı Limanı Kuzey Ege Otoyolu Nakliye Rotası	206
ŞEKİL 127.	Zeytindağ (Bergama)-Çandarlı Limanı Nakliye Rotası	207
ŞEKİL 128.	Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Göre İstihdam (bin, 2018)	218
ŞEKİL 129.	Farklı Senaryolar Altında Türkiye'nin 2028'e Kadar Geliştirebileceği Yenilenebilir Enerji İstihdamı	218
ŞEKİL 130.	Rüzgâr Enerjisi Değer Zincirinde Farklı Senaryolara Göre İstihdam Gelişimi, 2020–2028	219
ŞEKİL 131.	Rüzgâr Enerjisi Değer Zincirinde Farklı Senaryolara Göre Tahmini İstihdam Dağılımı, 2028	220
ŞEKİL 132.	Dünyada Yenilenebilir Enerji Yatırımları (Milyar Dolar) (2013-2018)	233
ŞEKİL 133.	Dünya Yıllık Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi (2000-2020 (MW))	234
ŞEKİL 134.	Yıllık Kapasite Artışları (GW)	236
ŞEKİL 135.	Karasal Rüzgâr Enerjisi Kapasite Projeksiyonu	237
ŞEKİL 136.	Karasal Rüzgâr Enerjisi Bölgesel Kapasite Tahminleri (GW)	237
ŞEKİL 137.	Dünya'da Karasal ve Denizüstü Rüzgâr Enerji Kapasitesi Artışı (2020-2025 (GW))	238
ŞEKİL 138.	Avrupa'da Denizüstü ve Karasal Rüzgâr Enerjisi Kurulan Kapasite (2011-2020 (GW))	239
ŞEKİL 139.	Avrupa'da Ülkelere Ait Kapasite Artışı ve Artıştaki Paylar (2020 (GW))	239
ŞEKİL 140.	Avrupa'da Toplam Kurulu Kapasitede Ülkelerin Payları (2020)	240
ŞEKİL 141.	Avrupa'da Karasal Türbin Sayısı ve Ortalama Türbin Gücü	240
ŞEKİL 142.	Avrupa'da Denizüstü Türbin Sayısı ve Ortalama Türbin Gücü	241
ŞEKİL 143.	Denizüstü Rüzgâr Enerji Santrali Alanları	241
ŞEKİL 144.	Wind Europe Community Düşük ve Gerçeğe Uygun Senaryolarına Göre Tahmini Kapasite Artışları (2021-2025 (GW))	242
ŞEKİL 145.	Wind Europe Community Gerçeğe Uygun Senaryoda Kapasite Tahmini	243
ŞEKİL 146.	Wind Europe Community Düşük Kapasite Senaryoda Kapasite Tahmini	243
ŞEKİL 147.	Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Kurulu Kapasite Gelişimi	244
ŞEKİL 148.	İzmir-Aliağa-Çandarlı Demiryolu Hattı	247
ŞEKİL 149.	Çandarlı Limanı Avan Proje Tasarımı Birinci Faz	272
ŞEKİL 150.	Çandarlı Limanı Avan Proje Tasarımı İkinci Faz	273
ŞEKİL 151.	Çandarlı Limanı Avan Proje Tasarımı Üçüncü Faz	273
ŞEKİL 152.	Çandarlı Limanı Avan Proje Tasarımı Temsili Görseli	274

TABLOLAR

TABLO 1.	Çalışmanın Örneklemi ve Görüşmelere Yönelik Bilgiler	23
TABLO 2.	Katılımcı Gözlem ile İncelenen Güzergahlar ve Gözlem Tarihleri	27
TABLO 3.	Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2009-2019 Yılı İstatistikleri (MW)	30
TABLO 4.	Dünyada Karasal RES Görünümü (2019-2020)	33
TABLO 5.	Dünyada Denizüstü RES Görünümü 2019-2020	35
TABLO 6.	Avrupa Birliği'nde Faaliyet Gösteren İlk Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri	45
TABLO 7.	Yüzer Rüzgâr Türbini Teknolojileri Karşılaştırması	50
TABLO 8.	Önümüzdeki Üç Yıl İçinde Devreye Girecek Yüzer Rüzgâr Çiftlikleri	54
TABLO 9.	2020 Yılı Şebekeye Bağlı Avrupa Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Projeleri	55
TABLO 10.	Türkiye'de RES Kurulu Kapasitesi En Yüksek Olan İlk On Yatırımcı	64
TABLO 11.	Rüzgâr Türbini Sektörü Dünya Genelindeki Ana Firmalar	65
TABLO 12.	İzmir Rüzgâr Enerjisi Sektörü Paydaşları Çözüm Ortakları	75
TABLO 13.	İzmir Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Sağlanan Lojistik Hizmetleri	76
TABLO 14.	Den Helder Limanı Terminallerinin Temel Teknik Özellikleri	119
TABLO 15.	Nemport Limanı Rıhtım ve Ekipman Özellikleri	130
TABLO 16.	SOCAR Aliağa Terminali Rıhtım ve Ekipman Özellikleri	131
TABLO 17.	Batıliman Rıhtım ve Ekipman Özellikleri	131
TABLO 18.	İDÇ Limanı Rıhtım ve Ekipman Özellikleri	132
TABLO 19.	TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Rıhtım Özellikleri	134
TABLO 20.	TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Saha Özellikleri	136
TABLO 21.	TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Ekipman Özellikleri	137
TABLO 22.	Sektör Paydaşlarının İzmir Limanlarının Uygunluğuna İlişkin Değerlendirmeleri	143
TABLO 23.	Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Kullanılan Gemiler	156
TABLO 24.	Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Kullanılan Gemilerin Teknik Özellikleri	158
TABLO 25.	Karasal Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Denizyolu Taşımasında Kullanılan Örnek Gemilerin Teknik Özellikleri (I)	161
TABLO 26.	Karasal Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Denizyolu Taşımasında Kullanılan Örnek Gemilerin Teknik Özellikleri (II)	163

TABLO 27.	Rüzgâr Türbini Ekipmanlarının Demiryolu ve Karayolu ile Taşınmasının Karbon Ayak İzi Açısından Değerlendirilmesi	172
TABLO 28.	Kuzey Ege Otoyolu Teknik Özellikleri	200
TABLO 29.	50 MW Rüzgâr Santrali Geliştirilmesi için İhtiyaç Duyulan İnsan Kaynağının Meslek Bazında Dağılımı	212
TABLO 30.	Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Ana İş Profilleri	212
TABLO 31.	50 MW Ölçeğindeki Bir Rüzgâr Enerjisi Santrali Proje Planlaması Süreçleri İtibarıyla Gereken İnsan Kaynakları	214
TABLO 32.	50 MW Ölçeğindeki Bir Rüzgâr Enerjisi Santrali Proje Planlamasında Yer Alan İnsan Kaynaklarının Dağılımı	215
TABLO 33.	50 MW Ölçeğindeki Bir Rüzgâr Enerjisi Santrali Taşıma Sürecinde Yer Alan İnsan Kaynaklarının Dağılımı	215
TABLO 34.	Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Santrali Süreçlerindeki İnsan Kaynakları	216
TABLO 35.	Rüzgâr Enerjisi Eğitim Planlarının Dünyada ve Türkiye'de Kıyaslanması	222
TABLO 36.	Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Sektörü İle İlişkili Eğitim Programları	222
TABLO 37.	Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Sektörü İle İlişkili Meslek Liseleri	226
TABLO 38.	Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Sektörü İle İlişkili Lisansüstü Programları	230
TABLO 39.	Dünya Kümülatif RES Kapasitesi Sıralaması	235
TABLO 40.	Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Yatırım ve Kapasite Gelişimi	244
TABLO 41.	İzmir İli Rüzgâr Enerjisi Sektörüne İlişkin Demiryolu Taşımacılığı Eylem Planı	248
TABLO 42.	İzmir İli Rüzgâr Enerjisi Sektörüne İlişkin İnsan Kaynakları Eylem Planı	253
TABLO 43.	İzmir İli Rüzgâr Enerjisi Sektörüne İlişkin Yasal Mevzuat ve Gümrük Süreçleri Eylem Planı	258
TABLO 44.	Bilgi ve İletişim Teknolojilerine İlişkin Eylem Planı	260
TABLO 45.	İzmir Yatırım Alanlarına İlişkin Eylem Planı	263
TABLO 46.	Mevcut Limanlara İlişkin Eylem Planı	266
TABLO 47.	Çandarlı Limanı'nın Rüzgâr Enerjisi Sektörüne Yönelik GZFT Analizi	267
TABLO 48.	Yapım Aşamasında Olan Çandarlı Limanı'na İlişkin Eylem Planı	274

YÖNETİCİ ÖZETİ

Sürdürülebilirlik kavramı, ilk kez 1987'de Birleşmiş Milletler'in Brundtland Raporu ismini verdiği raporda yer almıştır ve sürdürülebilir kalkınma ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Sürdürülebilirlik, günümüz ihtiyaçlarının karşılanmasıyla birlikte gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da gözetme ve ihtiyaçlarını karşılama yetilerini ellerinden almamak olarak tanımlanmaktadır. Çevresel, ekonomik ve sosyal bileşenlerden oluşan bu kavram, mevcut kaynakların doğru kullanımını ve gelecek nesillere aktarımını hedeflemektedir. Enerji de toplumun sürdürülebilirliğinde oldukça önemli bir rol oynayan unsur olarak değerlendirilmektedir. Bu noktadan hareketle, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik sürdürülebilirlik politikaları da her geçen gün toplumun ve sanayiinin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla devletler tarafından oluşturulmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisi kullanımı giderek artan ve kullanım alanlarının keşfi ile önümüzdeki yıllarda oldukça önem kazanacak olan bir enerji kaynağıdır. Çevre dostu olması, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olması, bakım ve işletme maliyetlerinin düşük olması, tükenme ve zamanla fiyatının artma riskinin bulunmaması ve işletmeye alınmasının kısa bir sürede gerçekleştirilmesi rüzgâr enerjisini günümüzde tercih edilen bir enerji kaynağı olmasını beraberinde getirmektedir. Sağladığı faydalar doğrultusunda dünyada yaygın olarak tercih edilen rüzgâr enerjisi, Avrupa ve ülkemizde de oluşturulan politikalar çerçevesinde gelişmeye devam etmektedir. Wind Europe tarafından yayımlanan "Avrupa'da Rüzgâr Enerjisi ve Ekonomik İyileşme" isimli raporda 2030 itibarıyla üye ülkelerin planlarının gerçekleşmesi durumunda Avrupa'da istihdam olanaklarının 450 bine, ekonomik gelirin ise 50 milyar avroya çıkabileceği belirtilmektedir. Ayrıca Avrupa, "Avrupa Yeşil Mutabakatı" (European Green Deal) stratejisiyle 2050 yılına kadar AB'yi net sera gazı emisyonlarının olmadığı, döngüsel ekonominin var olduğu, sürdürülebilir, akıllı ve çevreci ulaşımın gerçekleştiği, kaynak açısından verimli ve rekabetçi bir ekonominin olduğu, temiz, güvenilir enerjinin kullanıldığı bir büyüme stratejisini hedeflemektedir. Bu strateji doğrultusunda da, yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında, bölgesel işbirliğinden faydalanılarak denizüstü rüzgâr enerji çiftliklerinin enerji potansiyelini artırmak Avrupa özelinde ön plana çıkan gelişmelerdendir. Avrupa Birliği 2050 itibarıyla denizüstü rüzgâr enerjisi kullanımının 25 kat daha artırılmasını hedeflemektedir. Önümüzdeki 10 yıl içerisinde de Avrupa'daki denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin hacminin 25 GW'dan 110 GW'a artırılması beklenmektedir.

Dünya ve Avrupa'da sürdürülebilirlik kapsamında yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rüzgâr enerjisinin giderek artan önemi doğrultusunda, Türkiye'de de temiz enerjiye yönelik farkındalık ve rüzgâr enerjisi alanındaki yatırım beklentileri artış göstermektedir. T.C Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yüksekte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızına sahip olan bölgelerde kilometre başına 5 MW gücünde rüzgâr enerjisi santrali kurulabileceği belirtilmiştir. Hazırlanan Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) ışığında, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak hesaplanmıştır. TÜREB'in 2021 yılında yayınladığı (TÜREB, 2021a) "Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu" verilerine göre; Türkiye'de rüzgâr enerjisi santrallerinin bölgelere göre dağılımında Ege Bölgesi ilk sırada yer almaktadır. İzmir ili, bünyesinde birden fazla limanı içermesi, rüzgâr enerjisi ekipmanları üreticilerinin büyük bir kısmının burada konuşlanması, rüzgâr enerjisi sektörü ve dolayısıyla bu ürünlerin lojistik operasyonlarına yönelik bilgi ve deneyimin var olması, gelecekte işlerlik kazanma potansiyeli bulunan Çandarlı Limanı'nın İzmir'de yer alması, İzmir Serbest Bölgesi (İZBAŞ) ve Ege Serbest Bölgesi (ESBAŞ) olarak iki adet serbest bölgeye sahip olması ve bünyesinde rüzgâr enerjisi potansiyeli bulunduran birçok bölgeye sahip olmasıyla, rüzgâr enerjisi alanında oldukça önemli bir cazibe merkezi olmaktadır. TÜREB'in 2021 yılı verilerine göre (TÜREB,

2021a), İzmir ili rüzgâr enerjisi santralleri açısından Türkiye'de ilk sırada yer almaktadır. 1798,15 MW'lık kurulu gücü ile İzmir, Türkiye'deki toplam rüzgâr enerji santrali kurulu gücünün %19,32'sini oluşturmaktadır. İzmir günümüze kadar karasal rüzgâr enerji santralleri açısından yatırımların gerçekleştiği bir cazibe merkezi iken, dünyadaki gelişmeler paralelinde denizüstü rüzgâr enerji çiftliklerine yönelik farkındalığın oluşmasıyla, bu alanda da potansiyelin var olduğu önemli bir bölge olarak değerlendirilmelidir. Denizüstü rüzgâr enerjisinin gelişiminde, en önemli rol oynayan bileşenlerden biri de limanlardır. Limanlar, gerek denizüstü gerekse de karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin oluşumunda, lojistik faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde katma değerli hizmetlerin sunulmasını sağlayan ve rüzgâr enerjisi tedarik zinciri içerisinde kilit bir rol oynayan yapılardır. Limanlar, denizüstü rüzgâr enerjisi çiftliklerinin operasyon, bakım ve tutum faaliyetlerinin yapıldığı, denizüstü rüzgâr türbinlerinin ekipmanlarının taşımacılığının gerçekleştirildiği ve yüzer türbinlerin montajının yapıldığı lojistik üsler olarak değerlendirilmektedir. Wind Europe'un 2021'de yayınlanan "A 2030 Vision for European Offshore Ports" raporuna göre; Avrupa limanları altyapısal olarak her yıl 3 GW'lık yeni denizüstü rüzgâr çiftliğinin kurulmasını desteklemektedir. 2030 itibarıyla, bu limanların her yıl 11 GW'lık yeni denizüstü rüzgâr çiftliklerinin oluşumunu desteklemeleri gerekmektedir. Bu destekleme süreci ise; altyapının geliştirilmesi ve ek alanların yaratılabilmesi süreçlerinde yatırımların artmasına bağlı olmaktadır.

Türkiye'nin de karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin yanısıra, denizüstü rüzgâr çiftlikleri alanında enerji ve lojistik alanında stratejilerini belirlemesi büyük önem arz etmektedir. Dünya Bankası'nın "Expanding Offshore Wind to Emerging Markets-2019" raporunda Türkiye'nin denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyelinin 50 metreden az derinliği olan bölgelerde 12.000 MW, 50-1000 metre arasındaki derinliklerde 57.000 MW olduğu belirtilmiştir. COWI'nin 2021'de hazırladığı ve Türkiye'deki limanları denizüstü rüzgâr çiftlikleri potansiyeli açısından değerlendirdiği raporunda, Çandarlı ve Bandırma Limanları belirlenen kriterler doğrultusunda ön plana çıkan limanlar olmuştur.

Tüm bu gelişmeler ışığında, "İzmir Rüzgâr Sanayii Lojistik İhtiyaç Analizi" adı altında hazırlanan bu rapor, İzmir ilinin lojistik süreçler kapsamında mevcut durumunun değerlendirmesini sunmakta ve aynı zamanda Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi ekipmanlarının lojistik süreçlerinde ve denizüstü rüzgâr çiftlikleri özelinde potansiyelinin belirlenmesine yönelik bulguları ortaya çıkarmaktadır. Rapor ana olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Raporun ilk kısmında rüzgâr enerjisi sektörü, dünyada ve Türkiye'de rüzgâr enerjisinin genel durumu, sektöre yönelik teknik terimler, ilgili paydaşlar, dünyadan örnek liman uygulamaları, rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren İzmir'deki limanlar incelenmiştir. Ayrıca raporun ilk kısmında, rüzgâr enerjisi sektöründeki ana lojistik süreçler detaylı olarak sunulmuştur. Raporun ilgili süreçlerinde, İzmir ili rüzgâr enerjisi sektöründeki paydaşlar belirlenmiştir. Bu paydaşlar ana olarak türbin üreticisi işletmeler, rüzgâr türbini ekipman üreticisi işletmeler, limanlar, lojistik hizmet sağlayan ve destek hizmet sağlayan işletmeler, sivil toplum örgütleri ve kamu kurumlarından seçilmiştir. Paydaşlarla gerçekleştirilen görüşmeler ve ek olarak yapılan çalışmalar ve incelemeler çerçevesinde de, yük tahminlemesine yönelik izlenmesi gereken adımlar, karayolları ve otoyol iyileştirme önerileri, demiryollarının geliştirilmesi için öneriler, insan kaynakları, yasal mevzuat, bilgi ve iletişim teknolojileri alanlarına yönelik eylem planları ve son olarak da, İzmir limanlarına ilişkin eylem planları sunulmuştur.

Raporda Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik gelişmesi değerlendirilmiştir ve üç ana fazdan oluşan avan proje çalışması gerçekleştirilmiştir. Avan proje, Avrupa limanlarının incelenmesi, paydaşlarla gerçekleştirilen görüşmelerin bulguları ve ilgili literatürde yer alan rüzgâr enerjisi odaklı liman tasarımı çalışmaları dikkate alınarak hazırlanmıştır. Ana noktalar şu şekilde özetlenebilir:

- Projenin birinci fazında; Çandarlı Limanı'nda her biri 200 m uzunluğunda üç proje kargo rıhtımı planlanmıştır ve çizgisel (lineer) rıhtım özelliğinden dolayı hem rıhtım operasyonlarının verimliliği sağlanabilecektir hem de boyları 200 m'yi aşan iki geminin aynı anda operasyonu gerçekleştirilebile-

cektir. Ayrıca rıhtımların arkasında geçici depolama ve yükleme sahaları da planlanmıştır.

- Projenin birinci fazında Çandarlı Limanı sadece ithalat/ihracat yüklerine yönelik bir planlama dâhilinde tasarlanırken, ikinci fazda ise liman rüzgâr enerjisi sektöründe üretim yapan işletmelerin üretim faaliyetlerini de gerçekleştirebilecekleri bir alan olarak planlanmıştır. Böylelikle, liman bölgesinde üretim gereksinimi olan denizüstü rüzgâr türbini ve kule ve kanatlarının da üretimi için alan sağlanmış olacaktır. İkinci fazda, birinci fazdaki üç proje kargo rıhtımına ek olarak denizüstü rüzgâr enerji santrallerinin kurulumunda kullanılacak 2 adet Jack-up rıhtımı, denizüstü saha-bakım-onarım ikmal rıhtımı ve kuru havuz sahası tasarlanmıştır. Ayrıca, üretim sahası ve ilgili operasyonlarda kullanılabilecek helikopterler için heliport sahası da planlanmıştır. Özellikle Jack-up gemilere yönelik planlanan iki rıhtım ile bölgede denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulumu ve işletilmesi için önemli bir adım atılmış olacaktır.
- İkinci fazda bir diğer önemli nokta ise; türbin temeli üretimine imkân sağlayacak olan kuru havuz (dry-dock) alanının varlığıdır. Bu alan ile yüzer temellerin ve türbin bileşenlerinin bakım-onarım faaliyetleri mümkün olacaktır.
- Çandarlı Limanı'nın gelecekte yüzer temellerin üretimine imkân verecek bir yapıya kavuşması gerek bölgedeki gerekse de Avrupa başta olmak üzere yakın bölgelerdeki denizüstü rüzgâr enerji santrallerine bu ürünlerin gönderilmesini de beraberinde getirecektir.
- Proje kapsamında planlanan üçüncü fazda ise, ek olarak 800 m ilave rıhtım alanı ile diğer yük gruplarına da hizmet verebilecek bir alanın oluşturulması planlanmıştır.

Raporda Çandarlı Limanı'nın özellikle ikinci faz aşamasında liman art alanında denizüstü rüzgâr türbini kule ve kanatlarının üretimi için üretim tesislerine tahsis edilebilecek alanların uygunluğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte, raporda sunulan avan proje doğrultusunda, inşa edilecek rıhtımların ardındaki yükleme sahalarında ilgili türbin bileşenlerinin ön-montaj ve yükleme operasyonları gerçekleştirilebilecek ve rıhtımlar ile de denizüstü rüzgâr çiftlikleri kurulumunda Çandarlı Limanı önemli bir lojistik üs olarak rol oynayacaktır. Belirtilen çıktıların gerçekleşebilmesi için öncelikle mevcut raporda sunulan Çandarlı Limanı özelinde var olan gerek altyapı, üstyapı gerekse de stratejik planlama ile ilgili engellerin ortadan kaldırılması ve Çandarlı Limanı bölgesinin bu alandaki var olan potansiyeline yönelik farkındalığın artırılması gerekmektedir. Ayrıca, mevcut rapordaki sektör paydaşlarının görüşleri doğrultusunda sunulan GZFT analizinin değerlendirilmesi ve zayıf yönlerin ortadan kaldırılmasına yönelik planlamaların yapılması gerekmektedir.

Limanların lojistik anlamda gelişmelerinde en önemli tetikleyici unsurlardan birisi de ilgili altyapının var olmasıdır. Bu raporda, İzmir'de operasyonlarını sürdüren limanlar ve Çandarlı Limanı kapsamında rüzgâr enerjisi ekipmlarına ilişkin engel teşkil edebilecek durumlar mercek altına alınmıştır. Üretim noktalarından limanlara olan karayolu taşımacılığı sürecinde ana olarak belirtilebilecek hususlar şunlardır:

- Yol ve kavşak geometrilerinin yetersizliği özellikle kanat taşımalarında problemler ortaya çıkarmaktadır ve kavşak dönüş noktalarında operasyonların aksamasına neden olmaktadır. Önümüzdeki yıllarda bölgede üretilen kanat boylarının artacağı eğilimi göz önüne alındığında bu duruma yönelik çözümlerin sunulması büyük önem arz etmektedir.
- Kule taşımacılığında ise, köprü geçişleri yükseklik açısından belirli noktalarda geçişlerde problemler yaratmaktadır. Her ne kadar lojistik hizmet sağlayan işletmelerin kullandıkları araçların yapısı ve aldıkları önemler (araçların lastiklerinin hava basıncını indirmeleri) günümüzde köprü geçişlerini mümkün kılsa da, denizüstü rüzgâr çiftliklerinde monte edilen kulelerde hem köprü altı geçişlerinde yükseklik açısından, katılım ve ayrılmalarda, hem de kavşak dönüşlerinde uzunluk açısından sorunlar oluşturabilecektir.
- Yaya üst geçitleri, elektrik hatları, aydınlatma direkleri ve trafik işareti levhalarında yine kule yükseklikleri dikkate alınmadan planlamalar yapılmıştır, bu durum da karayolu taşımacılık operasyonlarında aksamaları beraberinde getirmektedir.

- Karayolu taşımacılığı alt ve üstyapısı göz önüne alındığında, İzmir ilinin rüzgâr enerjisi sektörünün giderek artan öneminin dikkate alınmadığı gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda da altyapı ve üstyapı ile ilgili kalıcı çözümler yerine geçici önlemler alınmıştır. Bu rapor ile birlikte, incelenen rotalarda altı çizilen yol ve kavşak geometrilerinin sorunlu kısımlarının çözümlenmesi önem arz etmektedir.
- Projede rüzgâr enerjisi sektörü için önemli rol oynayacağı öngörülen Çandarlı Limanı için Kuzey Ege Otoyolu büyük önem arz etmektedir. Kuzey Ege Otoyolu'nda, rüzgâr enerjisi ekipmanı taşıyan araçlar açısından ciddi engeller ve kısıtlar bulunmamaktadır. Otoyol giriş ve çıkışlarının araç geçişlerine uygunluğu, otoyol katılım ve ayrılma noktalarındaki kurpların geometrik yapısı tekrar değerlendirilmeli ve gerektiğinde iyileştirmeler yapılmalıdır.

Yasal mevzuatın özellikle karayolları açısından önemi vurgulanmıştır. Yasal mevzuat açısından değerlendirilebilecek ana bulgular şunlardır:

- Rüzgâr enerjsi santrali ekipmanları proje yükler kapsamında değerlendirilmektedir. Proje yüklerin diğer yük gruplarından farklılık göstermesi sebebiyle, sadece proje yüklerin taşınması süreçlerinde izlenecek kuralları belirleyen bir yönetmeliğe ihtiyaç duyulmaktadır.
- Giderek yoğunlaşan şehiriçi trafiği göz önüne alındığında şehir içi ana arter geçişlerinde rüzgâr enerjisi ekipmanlarını taşıyan araçların trafik yoğunluğuna sebep olduğu gözlemlenmektedir. Rüzgâr enerjisi santrali ekipmanı taşınması sürecinde otoyolların kullanımı ile ilgili bir düzenleme bulunmamaktadır. Lojistik hizmet sağlayan işletmelerin özel izin ile operasyonlarını gerçekleştirebildikleri otoyolların kullanımına yönelik düzenlemelerin tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.
- Ağır nakliye araçlarının gece saatlerinde seyrine yönelik kısıtlayıcı bir hüküm bulunmamaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yetki sahasında gece seyri izne tabii olurken, şehiriçi trafiğinde ağır taşıtların seyrinde Ulaşım Koordinasyon Merkezi'nin kararları dikkate alınmaktadır. Gece seyrinin Avrupa ülkelerinde serbest olması, bu anlamda karşılaşılan başarılı uygulamalar, ülkemizde de benzer uygulamaların mümkün olabileceğini düşündürmektedir. Gece seyri için izin süreçlerinin kolaylaştırılması ve ilgili prosedürlerin sadeleştirilmesi bu ekipmanların gündüz trafiğini meşgul etmeden rahatlıkla taşınmasını mümkün kılabilecektir.

Bununla birlikte, İzmir ili ve Çandarlı Bölgesi özelinde sektörde insan kaynakları açısından karşılaşılan sorunlara değinilmiş ve eylem planı önerilmiştir.

- İnsan kaynaklarına özel eylem planı kapsamında ana olarak karayolu taşımacılığında istihdam edilen şoför, artçı ve öncü şoför ile vinç operatörlerinin sektörün gereksinimleri doğrultusunda özelleşmiş eğitimlerden geçirilmesinin altı çizilmiştir.
- Rüzgâr enerjisi santrali ekipmanlarının taşınması ve elleçlenmesine yönelik tecrübe ve bilgi kazanmadan operasyonda görev alan personelin gerek operasyon verimliliği gerekse de emniyet açısından tehdit oluşturduğu görülmektedir.
- Çandarlı Limanı'nın gelecekte denizüstü rüzgâr çiftlikleri kapsamında rol üsteleneceği düşünüldüğünde denizüstü rüzgâr enerjisi çiftliklerinde gerek kurulum gemisi, bakım-onarım gerekse de liman faaliyetlerinde istihdam edilecek personele ve bu personelin eğitimine yönelik planlamalara başlanması önem arz etmektedir.

Belirtilen noktalara ek olarak raporda detaylı olarak rüzgâr enerjisi sektöründe demiryollarının İzmir özelinde kullanımı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı, İzmir yatırım alanları ve bunlara yönelik eylem planları da sunulmaktadır. Liman oluşumu ve lojistik süreçlerin birbiriyle entegre olduğu gerçeği göz önüne alındığında, raporda gerek İzmir Limanları gerekse de Çandarlı Limanı'na yönelik lojistik süreçlerin detaylı olarak incelenmesi, ikinci el veriler, katılımcı gözlem ve gerçekleştirilen paydaş görüşmeleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Raporun İzmir ili rüzgâr enerjisi sektörünün lojistik alanındaki ilgili paydaşlarına sektörün gelişimini tetikleyecek unsurlar ve çözülmesi gereken problemler açısından faydalı olması beklenmektedir.

BÖLÜM 1.

Giriş

Giderek artan enerji talebi, fosil yakıtların sınırlı bir ömre sahip olması, bu tür kaynakların sınırlı sayıda ülkede bulunması ve karbon salımı oluşturmaları yenilenebilir enerjiye olan farkındalığı ve talebi artırmaktadır. Dünyada, çevre dostu ve devamlılık sağlayan enerjiye yönelik ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bazı enerji kaynaklarının sınırsız olmadığı göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunması, kullanılması ve değerlendirilmesi oldukça büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji, ilgili kaynakların yeterliliklerini tüketmeden gerek günümüzde gerekse de gelecekteki enerji ihtiyacının karşılanması için tercih edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının önümüzdeki yıllarda küresel enerji ihtiyacının önemli bir miktarını karşılayacağı öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan rüzgâr enerjisi, temiz ve çevre dostu olması sebepleriyle kullanımı her yıl giderek artan bir kaynak olarak değerlendirilmektedir.

Rüzgâr enerjisi, gerek karasal gerekse de denizüstü rüzgâr enerjisi santralleri ile giderek önemini artırmıştır. Mevcut karasal rüzgâr enerjisi santrallerine ek olarak, mavi büyüme stratejileri çerçevesinde denizüstü rüzgâr çiftliklerinin oluşturulması da ivme kazanmıştır. Mavi büyüme, karbon emisyonlarını ve kirliliği azaltmayı, enerji ve kaynak verimliliğini arttırmayı, biyoçeşitliliği sağlamayı ve ekosistemdeki kayıpları önlemeyi hedeflemektedir. Avrupa Birliği, su ürünleri yetiştiriciliği, deniz turizmi, deniz biyoteknolojisi, mavi enerji üretimi ve deniz madenciliği alanlarını birleştirerek "Mavi Büyüme Stratejisi" belgesini yayınlamıştır. Bu strateji, denizcilik sektöründe sürdürülebilir büyümeyi hedeflemektedir. Denizüstü rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, okyanus enerjisini içeren açık denizdeki yenilenebilir enerji, sürdürülebilir uzun vadeli kalkınmayı desteklemektedir ve bu kapsamda mavi ekonominin gerçekleşmesini mümkün hale getirebilmektedir. Özellikle liman odaklı stratejilerde mavi büyüme ile ilişkili olarak denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulması, bu alanda ilgili lojistik altyapının desteklenmesi de ön plana çıkan konulardır. Dünyada ve özellikle Kuzey Avrupa'da ilgili yatırımların gerek Avrupa Birliği gerekse de ülkelerin kendi enerji politikaları çerçevesinde yürütüldüğü bilinmektedir. Türkiye'nin de özellikle rüzgâr enerjisi açısından önemli bir coğrafyaya sahip olmasından hareketle, bu alanda ilgili yatırımlar yapılmaya devam edilmektedir. T.C. Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından 2019-2023 dönemi için hazırlanan On Birinci Kalkınma Planı'nda, "YEKA ve benzeri modeller sayesinde yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretiminde daha yoğun bir şekilde kullanılması sağlanacaktır." ifadesi yer almaktadır. Bu durum, rüzgâr enerjisi sektörüne sağlanacak teşvik ve desteklerin önümüzdeki yıllar içerisinde de devam edeceğini işaret etmektedir. 2019-2023 dönemi için hazırlanan On Birinci Kalkınma Planı'nda lojistik ve enerji altyapısı; ekosistemi iyileştirici politikalardan biri olarak değerlendirilmiştir. Türkiye'de rüzgâr enerjisi santrallerinin bölgelere göre dağılımı incelendiğinde, Ege Bölgesi'nin ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Ege Bölgesi'nde de İzmir ili rüzgâr enerjisi santralleri bakımından birinci sıradadır. Küresel anlamda önemli rüzgâr türbini ve rüzgâr türbini ekipman üreticisi firmaların üretim merkezleri de İzmir'de bulunmaktadır. Kanat ve kule ekipmanlarının bu bölgedeki üretim tesislerinden limanlara ulaştırılması ve nasel ve hub gibi ekipmanların da ithalatının yapılması rüzgâr enerjisi sektöründe İzmir Bölgesi limanlarının önemini ön plana çıkarmaktadır. İzmir'de bulunan mevcut limanlara ek olarak, rüzgâr enerjisi alanında gerçekleşecek gerek karasal gerekse de denizüstü yatırımlara hizmet verebilecek ihtisaslaşmış bir liman ihtiyacı da ortaya çıkmaktadır. Hinterlanda olan yakınlığı, mevcut altyapısının enerji sektörünün ihtiyaçlarına göre şekillenebilecek durumda olması Çandarlı Limanı'nı bu anlamda önemli bir potansiyel olarak işaret etmektedir. Ayrıca, On Birinci Kalkınma Planı'nda liman boyutundaki yatırımlar ve stratejiler özelinde Çandarlı Limanı'nın Ege Bölgesi hinterlandına hizmet edecek bir liman olarak hayata geçirilmesinin planlandığı belirtilmiştir. Belirtilen bu unsurlardan hareketle, İzmir ilinin rüzgâr enerjisi alanındaki durumunun değerlendirilmesine ek olarak, rüzgâr türbini ekipmanlarının lojistik süreçlerinin incelenmesi, mevcut limanların değerlendirilmesi ve Çandarlı Limanı'nın uygunluğunun incelenmesi gerçekleştirilecek yatırımlar açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, ikinci el veri kaynakları, yarı yapılandırılmış görüşmeler ve katılımcı gözlem yöntemleri ile İzmir ilindeki rüzgâr enerji sektöründeki lojistik süreçlerin ve Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi ekipmanları için bir ihracat limanı ve denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumu için uzmanlaşmış bir liman olabilmesi yönünde mevcut durumun ortaya konması ve ihtiyaçların değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında İzmir ilindeki rüzgâr enerjisi sektöründe yer alan ana paydaşlar belirlenmiştir ve bu taraflarla yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler ile birlikte katılımcı gözlem yöntemi de kullanılmıştır. Gerek kullanılan rotaların ve bu rotalardaki problemli yerlerin tespitinde gerekse de elleçleme ve taşımacılık süreçlerinin takibinde katılımcı gözlem yöntemi katkılar sağlamıştır. Çalışma kapsamında rüzgâr enerjisi sektöründe yer alan uluslararası kurum ve kuruluşların raporları, ilgili çalışmaları, sektör ile ilgili gerçekleştirilen akademik çalışmalar, limanların yayınlamış oldukları yıllık raporlar ve rüzgâr enerjisi kapsamındaki gelişmeleri inceleyen liman odaklı raporlar, görüşülen işletmelerin sundukları şirket içi raporlar, rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik istatistiklerin yer aldığı çalışmalar ikinci el veri kaynağı olarak incelenmiştir.

Çalışma, ana olarak iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım, dünya ve Türkiye'deki mevcut durumu gerek paydaşlar, limanlar, gerekse de lojistik süreçler açısından ortaya koymayı amaçlamaktadır. Rüzgâr türbin firmaları, rüzgâr türbini ekipman üreticisi firmalar, limanlar, lojistik hizmet sağlayan işletmeler, düzenleyici kuruluşlar ve sivil toplum kuruluşları ve yerel yönetim ile gerçekleştirilen görüşmeler ile İzmir ilindeki limanlar rüzgâr enerjisi sektörü açısından değerlendirilmiş, Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sanayii odaklı bir liman olarak planlanması süreci incelenmiş, denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinde mevcut İzmir limanlarının ve proje aşamasındaki Çandarlı Limanı'nın uygunluğu araştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, çalışmanın ilk kısmında belirtilen uluslararası ve ulusal sektörel eğilimler de dikkate alınarak İzmir ilindeki ilgili paydaşların görüşlerine başvurularak ilgili limanlar, Çandarlı Limanı ve lojistik süreçler ile ilgili mevcut durum ortaya konmuştur. Dünya ve Türkiye'deki rüzgâr enerjisi sektöründeki gelişmeler, rüzgâr enerjisi sektöründeki paydaşlara yönelik bilgiler de raporda yer almaktadır. Çalışmanın bir sonraki kısmında ise, limanlar konusu gerek dünyadaki örnek limanlar gerekse de İzmir'de bulunan limanlar olarak ayrı ayrı incelenerek, bu limanların rüzgâr enerjisi sektörüne uygunluğu değerlendirilmiştir. Ayrıca, Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sektörü açısından değerlendirilmesi, ihtisas limanı olma durumu ve denizüstü rüzgâr çiftliği oluşumu için potansiyelinin belirlenmesi de gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr enerjisi sektörüne farklı fonksiyonlarla hizmet sağlayan yurt dışındaki örnek limanlar incelenmiş ve "başaran yöntem" (best practice) tespiti ile proje halindeki Çandarlı Limanı için öneriler oluşturulmuştur. Ayrıca, rüzgâr enerjisi santrallerinin denizyolu lojistiği ilgili gemiler ve seyir emniyeti açısından değerlendirilmiş, İzmir iline özel, karayolu taşımacılığı rotaları, karşılaşılan darboğazlar, depolama ve elleçleme süreçleri ile birlikte, ilgili mevzuat, bilgi iletişim teknolojileri ve insan kaynakları ile ilgili bulgular sunulmuştur. Bununla birlikte, İzmir ilindeki rüzgâr enerjisi alanında üretim yapan işletmelerden limanlara olan taşımacılık süreçleri, kullanılan mevcut rotalar, bu rotalarda karşılaşılan ana problemli noktalar ve kullanılan taşımacılık araçları boyutunda incelenmiştir. Ayrıca, ekipmanların elleçleme ve depolama süreçleri ile birlikte ilgili depolar hakkında da bilgiler sunulmuştur. Rüzgâr enerjisi santrallerinin denizyolu lojistiği süreçleri, gereksinimleri, ilgili mevzuat, kullanılan bilgi iletişim teknolojileri ve rüzgâr enerjisi sektöründeki insan kaynakları da çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında ise, ilk kısımda incelenen süreçlere yönelik eylem planı ortaya koyulmuştur. Öncelikle, gelecek yıllara yönelik rüzgâr enerjisi alanındaki tahminler Dünya, Avrupa ve Türkiye olarak incelenmiştir ve yük tahminlemesinde izlenebilecek adımlar değerlendirilmiştir. İzmir ili ve çevresinde rüzgâr enerjisi ekipmanlarının taşınmasına yönelik demiryollarının kullanımı ve bu alanda öneriler de ayrı bir başlık olarak sunulmuştur. Ardından İzmir ili ve çevresinde rüzgâr enerjisi ekipmanlarının karayolu ile taşımacılığına yönelik eylem planı değerlendirilmiştir. Raporda, insan kaynağı geliştirme önerileri, yasal mevzuat ve gümrük işlemlerine ilişkin iyileştirme önerileri, bilgi ve iletişim teknolojileri geliştirme önerileri ve İzmir yatırım alanlarına ilişkin eylem planı da yer almaktadır. Gerçekleştirilen görüşmeler ışığında Çandarlı limanı özelinde oluşturulan GZFT analizinin bulguları sunulmuştur. Ayrıca, İzmir limanlarına ilişkin eylem planı kısmında mevcut limanlara ve Çandarlı Limanı'na ilişkin öneriler de yer almaktadır. Rapor, sonuç ve değerlendirme kısmı ile tamamlanmaktadır.

BÖLÜM 2.

Metodoloji

Çalışmanın metodolojisi; çalışmanın amacı ve kapsamı, çalışmanın yaklaşımı, örneklem, veri toplama ve verilerin analizi başlıkları altında incelenecektir.

2.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Rüzgâr enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birlikte, sürdürülebilirlik ile ilgili yaşanan gelişmelerin ışığında her geçen gün önem kazanmaya devam etmektedir. Ülkeler, her geçen gün bu alandaki kaynaklarını en üst seviyede kullanarak ilgili strateji ve politikalarını uygulamaya koymaktadırlar. Türkiye de rüzgâr enerjisi alanında gerek projelerle gerekse yatırımlarla ön planda yer almaktadır. 2010-2020 yılları arasında Türkiye'deki rüzgâr enerjisi yatırımlarının gelişimine bakıldığında büyük oranda bir artışın olduğu görülmektedir (TÜREB, 2021a). Rüzgâr enerjisi santrallerinin (RES) sayısının artmasıyla, gerek rüzgâr enerjisine yönelik olan farkındalık gerekse de Türkiye'nin bu alandaki zenginliği de ön plana çıkmaktadır. İzmir, Türkiye'de rüzgâr enerjisi alanında en öne çıkan il olarak değerlendirilmektedir. İşletmedeki rüzgâr enerjisi santrallerinin illere göre dağılımına bakıldığında, İzmir'in 1.798,15 MWm ile birinci sırada yer aldığı görülmektedir (TÜREB, 2021a). İzmir ve daha geniş çerçevede Ege Bölgesi'nin rüzgâr enerjisi açısından önemli fırsatlar sunması, bu bölgelerin potansiyelini değerlendirmeyi de zorunlu kılmaktadır. İzmir ili, gerek en fazla rüzgâr enerjisi santrali yatırımının yapıldığı bölge, gerekse de Türkiye'nin önemli ihracat ve ithalat limanlarının olduğu bir ticaret merkezi olarak ön plana çıkmaktadır. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı ve Aliağa'da yer alan terminallere ek olarak Çandarlı Limanı'nın da bu bölgede planlanması rüzgâr enerjisi ekipmanlarının gerek ihracatı gerekse de ithalatı için önemli bir gelişme olarak değerlendirilebilir.

Dünyadaki rüzgâr enerjisi alanındaki gelişmeler takip edildiğinde, karasal (onshore) rüzgâr enerjisi santralleri kadar, denizüstü (offshore) rüzgâr enerjisi santrallerinin de giderek önemini artırdığı görülmektedir. Kanat uzunluklarının da artmasıyla, sadece karada değil, denizde de rüzgâr enerjisi santrallerinin planlanması söz konusu olmuştur. Bu noktadan hareketle, bu çalışmanın amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- İzmir ili özelinde rüzgâr sanayiinin lojistik süreçler açısından değerlendirilmesinin gerçekleştirilmesi,
- Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi ekipmanları için bir ihracat limanı ve denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumu için uzmanlaşmış bir liman olabilmesi yönünde mevcut durumun ortaya konması ve ihtiyaçların değerlendirilmesi.

Belirlenen ana amaçların doğrultusunda, çalışmanın bazı alt amaçları da bulunmaktadır. Bunlar lojistik yönetimi ve liman bileşenleri olarak detaylı olarak şu şekilde sıralanmaktadır:

- İzmir Bölgesi'nde hizmet veren mevcut limanların rüzgâr enerjisi sanayii açısından değerlendirilmesi,
- İzmir Bölgesi'nde hizmet veren mevcut limanların sektörel lojistik ihtiyaçlar doğrultusunda liman bağlantılarına, liman tasarımına ve fiziki özelliklerine ilişkin gelişim ihtiyaçlarının değerlendirilmesi,
- Proje aşamasındaki Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sanayii odaklı bir liman olarak planlanması açısından potansiyelinin değerlendirilmesi,
- Proje aşamasındaki Çandarlı Limanı'nın yatırım fırsatları açısından Türkiye'de faaliyet gösteren sektör paydaşlarınca ön değerlendirmesinin ortaya konması,
- Türkiye'de gerçekleşecek denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinde mevcut İzmir limanlarının ve proje aşamasındaki Çandarlı Limanı'nın uygunluğunun değerlendirilmesi,
- Rüzgâr enerjisi sektörüne farklı fonksiyonlarla hizmet sağlayan yurt dışı limanlarının incelenmesiyle "başaran yöntem" (best practice) tespiti gerçekleştirerek proje halindeki Çandarlı Limanı için önerilerin oluşturulması,
- Rüzgâr enerjisi santrallerinin denizyolu lojistiği süreçlerinde gerek karasal gerekse de denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinde kullanılan gemilerin özelliklerinin ortaya çıkarılması,
- Denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerindeki seyir emniyetinin değerlendirilmesi,
- Denizüstü ve karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin liman gereksinimlerinin ortaya çıkartılması,
- İzmir ilinde yer alan rüzgâr türbini ve ekipman üre-

ticilerinin kullanmış oldukları karayolu rotalarının değerlendirilmesi ve ana olarak belirlenen problemli bölgelerin ortaya çıkartılması,

- Demiryolu taşımacılığına yönelik değerlendirmenin yapılması,
- İlgili parça ve ekipmanların taşımacılığında kullanılan araçlara yönelik değerlendirmenin yapılması,
- İlgili parça ve ekipmanların depolanmasına yönelik gerekliliklerin ve mevcut depolama alanları ile ilgili incelemenin gerçekleştirilmesi.
- Liman merkezli lojistik kapsamında mevcut yasal mevzuata yönelik değerlendirmenin yapılması,
- Rüzgâr enerjisi sektöründe yer alan işletmelerin ana olarak kullandıkları bilgi ve iletişim teknolojilerine ilişkin değerlendirmenin gerçekleştirilmesi,
- Rüzgâr enerjisi sektöründeki insan kaynaklarının mevcut durumunun değerlendirilmesi ve lojistik alanındaki insan kaynaklarına ilişkin incelemelerin sunulması.

2.2. Çalışmanın Yaklaşımı

Araştırma tasarımı, keşifsel (exploratory) ve sonuçlandırıcı (conclusive) olarak iki ana grupta değerlendirilmektedir (Gegez, 2010). Sonuçlandırıcı çalışmalar açıkça belirlenen araştırma amaçlarını ve bilgiye yönelik ihtiyaçları kapsamaktadır. Daha önce çalışılmayan ve yeni gelişme aşamasında olan ve yeni çalışılan konularda ise ana olarak keşifsel çalışmalar tercih edilmektedir. Bu çalışmada, İzmir ilindeki rüzgâr enerjisi sektörünün liman ve lojistik açıdan gereksinimlerinin incelenmesi amaçlanmaktadır ve bu yönde önceden gerçekleştirilmiş akademik ve sektörel çalışmaların oldukça kısıtlı olması, özellikle Çandarlı Limanı'nın bu yönde değerlendirilmesine yönelik verilerin çok kısıtlı olması sebebiyle, çalışmanın keşifsel özellikler taşıdığı belirtilebilir. Çalışma kapsamında, İzmir ili bünyesindeki rüzgâr enerjisi sektörünün değerlendirilmesi, ana aktörlerin belirlenmesi, kullanılan limanların bu sektöre yönelik işleyiş ve gereksinimleri, Çandarlı Limanı'nın gerek karasal gerekse de denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin kuruluma yönelik lojistik ve operasyonel gereksinimleri, uygunluk durumu ve aynı zamanda lojistik açıdan üretim noktalarından limanlara kullanılan rotaların durumu, karşılaşılan ana darboğazların belirlenmesi, kullanılan ana taşımacılık ekipmanlarının değerlendirilmesi, yasal mevzuat açıdan mevcut durumun incelenmesi, bilgi ve iletişim teknolojileri ile insan kaynaklarının değerlendirilmesi hakkında detaylı veri ve bilgilerin bulunmaması ve daha önce bu alanda gerçekleştirilmiş yeterli sayıda çalışmanın olmaması sebebiyle çalışmada keşifsel bir bakış açısı benimsenmiştir.

Çalışmada yarı yapılandırılmış görüşmeler, gözlem ve ikinci el verilerin kullanımı ile ana olarak kalitatif araştırma yöntemi kullanılmıştır. Kalitatif araştırma yönteminin kullanılmasının belirli sebepleri bulunmaktadır. Kalitatif çalışmaların amacı; belirli bir olguyu, vakayı anlamak ve tanımlamaktır. Her ne kadar kalitatif çalışmaların bulguların genellenebilirliği ile ilgili bazı kısıtları olduğu belirtilse de (Bryman, 2001), kalitatif çalışmaların temel amacı araştırılan olayların veya durumların anlamalarını ortaya çıkararak mevcut olan bilgiye katkı sağlamaktır. Bununla birlikte, sundukları esneklik, katılımcıların ifadelerine yönelik daha derinlemesine anlama ve değerlendirme imkânı tanımaları ve bir konuyu anlamada önemli ölçüde destek sağlamaları da kalitatif çalışmaların en önemli üstün yanları olarak görülmektedir (Chadwick vd., 1984).

Çalışmanın amaçları doğrultusunda İzmir ilindeki rüzgâr enerjisi sektörünün ilgili paydaşları ile kalitatif araştırma yaklaşımı çerçevesinde belirli araştırma yöntemleri kullanılmıştır. Bunlar; yarı-yapılandırılmış görüşmeler ve gözlemdir. Her ne kadar İzmir İli rüzgâr enerjisi santrali yatırımları açısından ilk sırada yer alsa da İzmir ilinin rüzgâr enerjisi santralleri kapsamında lojistik ihtiyaçlarının ve spesifik olarak da ilgili ve potansiyel limanlarının ayrıntılı olarak incelenmediği görülmektedir. Bu noktadan hareketle, daha önce detaylı olarak incelenmeyen bu alanın derinlemesine incelenmesine olanak sağlayan kalitatif yaklaşım ile farklı araştırma yöntemlerinin kullanılması da bulguların zenginliği açısından önem arz etmektedir. Çalışmada dünya ve Türkiye'deki rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik eğilimler, gelişmeler, denizüstü ve karasal rüzgâr enerjisi santralleri ile ilgili bilgiler, dünyada bu alanda örnek olan limanlar ve lojistik alandaki gelişmeler ile ilgili kısımlar ikincil veri kaynaklarından elde edilmiştir. İkinci el veri kaynakları, rüzgâr enerji sektörü ile ilgili kurum ve kuruluşların çeşitli aralıklarla yayınlamış oldukları raporlar, istatistikler, limanların yayınladıkları raporlar ve web siteleri, rüzgâr enerjisi sektöründe ana rol oynayan türbin üreticisi ve ekipman üreticisi işletmelerin raporları ve web siteleri gibi kaynaklardan oluşmaktadır. Yarı-yapılandırılmış görüşmeler ile birlikte gözlemin kullanılması da incelenen konuya yönelik derinlemesine olarak bilgi edinilmesini beraberinde getirmektedir. Gözlem yöntemi ile de gerek ikinci el veri kaynaklarından gerekse de yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen verilerin desteklenmesi ve zenginleştirilmesi mümkün olmuştur.

2.3. Örneklem

Çalışmanın ana kütlesini, İzmir ili bünyesinde yer alan rüzgâr enerjisi sektöründeki ilgili paydaşlar oluşturmaktadır. Çalışmanın amaçları çerçevesinde, zaman kısıtı ve ana kütlenin tamamına ulaşılabilirlik durumu da değerlendirilerek, amaçlı örnekleme yöntemi kapsamında kolayda örnekleme (convenience sampling) ve kartopu örneklemesi (snowball sampling) kullanılmıştır. Çalışmada nitel araştırma yöntemi yaklaşımının da benimsenmesiyle birlikte, amaçlı örneklemin kullanılması da uygun görülmüştür. Amaçlı örnekleme, sınırlı olan kaynakların verimli kullanımı için ilgili vakaların belirlenmesi ve seçilmesi için nitel araştırmalardan kullanılan örnekleme tekniğidir. Amaçlı örneklemede, çalışılan konu ile ilgili bilgili ve deneyimli bireylerin ya da grupların ortaya çıkarılması ve seçilmesi söz konusudur (Palinkas vd., 2015). Bu noktadan hareketle, çalışmanın amaçları ile de bağlantılı olarak amaçlı örnekleme kapsamındaki kartopu örnekleme ve kolayda örnekleme yöntemleri kullanılmıştır.

Kolayda örnekleme yönteminde, örnek sayısı ve örnek içerisinde yer alan taraflar tesadüfi olmayan yollarla belirlenmektedir (Robson, 2002). Bu çalışmada da ilk aşamada kolayda örnekleme yöntemi ile İzmir ilindeki rüzgâr türbini firmaları ve rüzgâr türbini ekipman üreticisi işletmeler belirlenmiştir. Bu işletmelerin belirlenmesinde, üretim hacimleri, sektördeki konumları gibi değişkenler göz önüne alınmıştır. Ayrıca, araştırmacıların edilebilirliğinin olduğu tarafların da örneklemde yer alması mümkün olmuştur. Bu işletmelerin yanı sıra, İzmir ilinde rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren limanlar, bu ürünlerin lojistik süreçlerinde hizmet veren lojistik hizmet sağlayan işletmeler, liman ve gemi acenteleri, sivil toplum kuruluşları, düzenleyici kuruluşlar ile de görüşülmüştür.

Kartopu örneklemesi yönteminde, çalışmanın konusu ile bağlantılı olarak referans kişiler seçilmekte ve bu kişiler aracılığıyla diğer taraflara ulaşılmak hedeflenmektedir (Biernacki & Waldorf, 1981). Bu çalışmada, görüşmeler esnasında yetkili kişilerin öneri ve tavsiyeleri doğrultusunda birlikte çalıştıkları lojistik işletmeler, acenteler, limanlar ile ilgili bilgiler edinilmiştir ve kartopu örneklemesiyle örneklemin daha da genişlemesi mümkün olmuştur. Rüzgâr enerjisi sektörünün kendi dinamikleri çerçevesinde yer alan aktörlerin farklılaştığı ve belirli alanlarda özelleştiği de göz önüne alındığında, sektörde önemli rol oynayan taraflardan diğer ilgili referans kaynaklarına ulaşmak kartopu örneklemesi yöntemi ile mümkün olmuştur.

Kolayda örnekleme ve kartopu örneklemesi yöntemlerinin kullanılmasıyla, çalışmada İzmir ilindeki rüzgâr enerjisi alanındaki paydaşların çalışma amaç ve kapsamı içerisinde yer alan kısmı ile görüşülmesi planlanmıştır. Özellikle amaçlı örnekleme yönteminde çalışmadan herhangi bir farklı veri edilmeyene kadar (satürasyon) devam ettirilmesi önemlidir (Gentles vd., 2015). Ayrıca, nitel araştırmalarda satürasyonun kullanılmasının sebebi, örneklem büyüklüğünün hesaplanması için matematiksel bir formülün bulunmamasıdır. Örneklem büyüklüğü, çalışmanın amacına göre ve eldeki kaynaklara göre farklılık göstermektedir (Dongre vd., 2010). Bu sebeple, çalışmanın içeriği doğrultusunda ve satürasyon da dikkate alınarak ilgili taraflar ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Tablo 1, çalışmada yer alan ve görüşülen taraflara yönelik bilgileri göstermektedir.

Tablo 1'den de görüldüğü üzere, iki adet rüzgâr türbini üretici işletme ve dört adet rüzgâr türbini ekipman üreticisi ile görüşülmüştür. Bu işletmeler ile gerek üretim hacimleri gerekse de sektördeki konumları gereği çalışmanın amaçları doğrultusunda görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr enerjisi sektöründe üretim sürecinin yanı sıra, çalışmanın amaçları doğrultusunda limanlar ile de görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşülen limanlar rüzgâr enerjisi ekipmanlarının ithalat ve ihracat süreçlerinde kullanılan limanlar olması sebebiyle ön planda yer alan limanlardır. Limanlar aynı zamanda, Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sektörü için uygunluğunun değerlendirilmesi kapsamında da kilit rol oynadığı için, örneklemde

önemli bir rol oynamaktadırlar. Bununla birlikte, çalışmanın ana amaçlarından birisinin de rüzgâr enerjisi ürünlerinin lojistik süreçlerinin incelenmesi olduğu göz önüne alındığında, bu sektöre hizmet veren lojistik hizmet sağlayan işletmelerin de çalışmanın örnekleminde yer alması gerekmektedir. Bu noktadan hareketle gerek kolayda örnekleme ve gerekse de kartopu örneklemesi yöntemiyle lojistik hizmet sağlayan firmalar ve gemi ve liman acenteleri ile de görüşülmüştür. Rüzgâr enerjisi sektörü ile bağlantılı olarak proje yükler çerçevesinde sektörün dinamiklerini ve stratejilerini belirleyen sivil toplum kuruluşları da bulunmaktadır. Ağır Nakliyeciler Derneği buna bir örnek olarak gösterilebilir. Bu sebeple, sivil toplum kuruluşu olarak bu dernek de örnekleme dâhil edilmiştir. İzmir ilinin ulaşım stratejilerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapan İzmir Büyükşehir Belediyesi de yerel yönetim temsilcisi olarak örneklemde yer almıştır. Rüzgâr enerjisi ekipmanlarının taşımacılığında ilgili mevzuatın uygulanması, izinlerin sağlanması, karayollarının durumu ile ilgili güncel verilerin paylaşılması alanında önemli bir paydaş olarak da Karayolları Genel Müdürlüğü 2.Bölge Müdürlüğü düzenleyici kuruluş olarak örnekleme dâhil edilmiştir. Ayrıca çalışmanın kapsamında denizüstü rüzgâr enerjisi terminalleri de değerlendirildiği için Türkiye Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Derneği ile de yaşanan son gelişmeler değerlendirilmiştir.

TABLO 1. Çalışmanın Örneklemi ve Görüşmelere Yönelik Bilgiler

Firma Türü	Görüşülen Firma Sayısı	Görüşme Türü	Görüşmenin Süresi
Rüzgâr Türbini Firması	2	Çevrim içi Görüşme	318 dk.
Rüzgâr Türbini Ekipman Üreticisi (Kule ve Üst Bileşen Üreticisi)	1	Çevrim içi Görüşme	63
Rüzgâr Türbini Ekipman Üreticisi (Kanat Üreticisi)	3	Çevrim içi Görüşme	174
Temiz Enerji Sektöründe Sivil Toplum Kuruluşu	2	Çevrim içi Görüşme Yüz Yüze Görüşme	120 dk.
Liman	4	Çevrim içi Görüşme Yüz Yüze Görüşme	255 dk.
Liman Acentesi	1	Çevrim içi Görüşme	73 dk.
Gemi Acentesi	1	Çevrim içi Görüşme	75 dk.
Lojistik Hizmet Sağlayan İşletme	4	Çevrim içi Görüşme Telefon Görüşmesi	316 dk.
Lojistik Ekipmanı Sağlayıcı İşletme	1	Çevrim içi Görüşme	95 dk.
Nakliye Sektöründe Sivil Toplum Kuruluşu	1	Çevrim içi Görüşme	136 dk.

Firma Türü	Görüşülen Firma Sayısı	Görüşme Türü	Görüşmenin Süresi
Lojistik Ekipmanı Sağlayıcı İşletme	1	Çevrim içi Görüşme	95 dk.
Yerel Yönetim	1	Çevrim içi Görüşme	45 dk.
Düzenleyici Kuruluş/Kamu Kurumu	1	Yüz Yüze Görüşme	75 dk
Firma Türü	Görüşülen Firma Sayısı	Görüşme Türü	Görüşmenin Süresi
Rüzgâr Türbini Firması	2	Çevrim içi Görüşme	318 dk.
Rüzgâr türbini ekipman üreticisi (Kule ve Üst Bileşen Üreticisi)	1	Çevrim içi Görüşme	63
Rüzgâr türbini ekipman üreticisi (Kanat Üreticisi)	3	Çevrim içi Görüşme	174
Temiz Enerji Alanında Sivil Toplum Kuruluşu	2	Çevrim içi Görüşme Yüz Yüze Görüşme	120 dk.
Liman	4	Çevrim içi Görüşme Yüz Yüze Görüşme	255 dk.
Liman Acentesi	1	Çevrim içi Görüşme	73 dk.
Gemi Acentesi	1	Çevrim içi Görüşme	75 dk.
Lojistik Hizmet Sağlayan İşletme	4	Çevrim içi Görüşme Telefon Görüşmesi	316 dk.
Lojistik Ekipmanı Sağlayıcı İşletme	1	Çevrim içi Görüşme	95 dk.
Nakliye Sektöründe Sivil Toplum Kuruluşu	1	Çevrim içi Görüşme	136 dk.
Lojistik Ekipmanı Sağlayıcı İşletme	1	Çevrim içi Görüşme	95 dk.
Yerel Yönetim	1	Çevrim içi Görüşme	45 dk.
Düzenleyici Kuruluş/Kamu Kurumu	1	Yüz Yüze Görüşme	75 dk

2.4. Veri Toplama

İzmir ilindeki rüzgar enerjisi sektörüne yönelik bu çalışma; daha önce Çandarlı Limanı'nın denizüstü ve karasal rüzgâr enerjisi santralleri kurulumuna uygunluğunun ve bu anlamdaki lojistik gereksinimlerinin incelenmemesi sebebiyle keşifsel bir özelliğe sahiptir. İlgili paydaşların görüşlerini almak üzere, yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, rüzgâr ekipmanı üretim tesislerinde lojistik süreçlere yönelik gözlem yöntemi ile incelemelerde bulunulmuştur. Bu kısımda sırasıyla, yarı yapılandırılmış görüşmelerin süreciyle ilgili bilgi verilecektir, ardından ise gözlem tekniğinin gerçekleştirilmesine yönelik açıklamalar sunulacaktır.

2.4.1. Yarı Yapılandırılmış Görüşmeler

Görüşme yöntemi, nitel araştırmalarda çok sık kullanılan bir veri toplama yöntemidir (Yıldırım & Şimşek, 2003). Ana olarak üç görüşme türü bulunmaktadır. Bunlar; yapılandırılmış, yarı-yapılandırılmış ve yapılandırılmamış görüşmelerdir (Altunışık vd., 2010). Yapılandırılmış görüşmeler, daha önceden belirlenmiş sorulardan oluşan mülakatlar olarak değerlendirilmektedir. Yapılandırılmamış görüşmelerde sorular, zaman içerisinde değişebilir ve taraflar arasındaki etkileşime bağlı olarak kendiliğinden oluşan sorulara dayalı sürece devam edilir. Yarı yapılandırılmış görüşmeler, araştırmacının farklı taraf ve paydaşlara yönelik değişebilen ve şekillenen temalarının ve soru listelerinin olduğu mülakat yöntemidir. Bazı sorular görüşmenin akışına göre farklılık gösterebilir veya belirli noktalara odaklanılabilir. Bu yöntem, sahip olduğu belirli düzeydeki standartlık ve esneklik ile birlikte, belirli bir konu ile ilgili derinlemesine bilgi edinilmesi (Yıldırım & Şimşek, 2003) gibi üstünlükler sunduğundan dolayı çalışmada tercih edilmiştir.

Çalışma süresince, görüşmeler esnasında araştırmacılar soruların akışında ve içeriğinde değişiklikler yapmışlardır. Bu durum görüşmelerin yürütülmesinde esneklik sağladığı gibi sürecin verimli bir şekilde tamamlanmasına olanak sağlamıştır. Önceden belirlenen sorulara ek olarak görüşme esnasında ilgi duyulan, açığa kavuşturulması gereken noktaların ortaya çıkması durumunda ek sorular ile sürecin desteklenmesi mümkün olmuştur. Ayrıca, katılımcının vermiş olduğu cevaplardan hareketle, ilerleyen sorularda tekrarı önlemek adına değişiklikler de yapılmıştır.

2.4.1.1. Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formlarının Hazırlanması

Yarı yapılandırılmış görüşme formları, rüzgâr türbini üretici firmalar, ekipman üreticisi firmalar, limanlar, lojistik hizmet sağlayan firmalar, Karayolları Genel Müdürlüğü, İzmir Büyükşehir Belediyesi olmak üzere altı farklı görüşmeye yönelik hazırlanmıştır. Soru formlarının hazırlanması sürecinde rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili uluslararası ve ulusal ikinci el veri kaynakları kullanılmıştır. Ayrıca, bir rüzgâr türbin üreticisi işletme ile tüm görüşmeler öncesinde gerçekleştirilen ön görüşme de soruların içeriklerinin belirlenmesinde önemli rol oynamıştır. Tüm soru formlarında katılımcının çalışmakta olduğu firmanın ismi, çalıştığı firma, görüşmenin tarihi ve saatine yönelik sorular yer almıştır. Soruların içeriği firmaların sektördeki konumlarına ve işleyişlerine göre farklılık gösterse de, tüm paydaşlar için ana başlıklar standart olacak şekilde düzenlenmiştir. Örnek olarak, türbin üreticisi firmalarda yer alan lojistik faaliyetlerde karayolu taşımacılığına yönelik değerlendirmeleri sorulurken, lojistik hizmet sağlayan işletmelere yönelik soru formunda, karayolu taşımacılığı süreçlerine ek olarak kullanılan araçlar ve ekipmanlar ile ilgili daha ayrıntılı sorulara yer verilmiştir.

Rüzgâr türbini firmalarına yönelik soru formunda; (i)iş hacmi ve sektörel öngörüler, (ii)liman faaliyetleri, (iii) lojistik faaliyetler (iv) bilgi iletişim (v)yasal mevzuat ve teşvikler (vi)insan kaynakları (vii) denizüstü rüzgâr enerjisi sektörü ve son olarak da (viii)strateji geliştirme ve öneriler bölümleri yer almaktadır. Rüzgâr türbini ekipman üreticilerine yönelik soru formunda

da rüzgâr türbini üreticilerine yönelik olan soru formundaki başlıklar yer almaktadır.

İş Hacmi ve Sektörel Öngörüler: Bu kısımda, üretim hacimleri, sektördeki gelişmeler, ürettikleri ekipmanlara yönelik teknik bilgiler sorulmuştur.

Liman Faaliyetleri: Tarafların kullandıkları limanlara yönelik görüşleri, TCDD İzmir (Alsancak) Limanı ve Aliağa Bölgesi'ndeki limanlara yönelik değerlendirmeleri, Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sektörü için uygunluğunun altyapı, üstyapı açısından incelenmesi ile ilgili detaylı sorular yer almaktadır.

Lojistik Faaliyetler: Kullanılan karayolu rotaları, bu rotalarda karşılaşılan problemler, demiryolu taşımacılığının uygunluğu, depolama ihtiyaçları ile ilgili sorular bulunmaktadır.

Yasal Mevzuat ve Teşvikler: Bu bölümde, lojistik süreçlerde ve liman ve gümrük ile ilgili süreçlerdeki mevzuata yönelik durum ile ilgili sorular yer almıştır.

İnsan Kaynakları: Tarafların insan kaynakları alanında geliştirilmesi gereken noktalara yönelik değerlendirmeleri, karşılaştıkları sorunlar, hangi paydaşlardan bu yönde destek istedikleri sorulmuştur.

Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü: Çandarlı Limanı'nın planlanmasında karasal rüzgâr enerjisi santrallerine ek olarak denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin gelişimine yönelik öngörüler irdelenmeye çalışılmıştır.

Strateji Geliştirme/Öneriler: Soru formunun son kısmında ise; rüzgâr enerjisi santralleri açısından İzmir ili ve Çandarlı Bölgesi'ne yönelik fırsatlar, tehditler, güçlü ve zayıf yönler ile ilgili tarafların görüşlerinin alınması amaçlanmıştır.

Belirtilen standart başlıkların yanı sıra, lojistik hizmet sağlayan işletmelere yönelik soru formunda ana olarak, operasyon (sunulan hizmetler ve operasyonların içeriği), üstyapı (kullanılan araçlar, ekipmanlar, bu alanda yaşanan gelişmeler, depolama-bekleme alanları ile ilgili yaşanan problemler, altyapı (karayolundaki altyapı alanında yaşanan problemler, limanlar ile bağlantılı lojistik sorunlar) başlıkları yer almıştır. Limanlara yönelik soru formunda ise; rüzgâr enerjisi sektörü açısından limanın uygunluğu (kapasite, rıhtım uzunluğu, derinliği, elleçleme ekipmanları, genişleyebilme potansiyeli vb.) ve operasyonel süreçler irdelenmiştir. İzmir Büyükşehir Belediyesi ve Karayolları Genel Müdürlüğü ile gerçekleştirilen görüşmelerde de ilgili tarafların İzmir ili ve Çandarlı Limanı ile ilgili rüzgâr enerjisi sektörünün durumu, yatırımlar, stratejiler kapsamında görüşleri alınmıştır.

2.4.1.2. Yarı Yapılandırılmış Görüşmelerin Gerçekleştirilmesi

Yarı yapılandırılmış görüşmeler, pandemi koşullarında gerçekleştirildiği için, çoğunlukla çevrim içi görüşmeler ile gerçekleştirilmiştir. Her görüşme öncesinde, ilgili taraf ile telefonla iletişime geçilmiş, çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmıştır ve tarafların onayını takiben de görüşmenin tarihi, çevrim içi görüşme platformunun belirlenmesi ile ilgili detaylar görüşülmüştür. Görüşme gününden önce, görüşmenin tarih ve saati ile ilgili taraflara hatırlatma yapılmış ve çevrim için görüşmelerde görüşülecek kişilere e-postaları üzerinden görüşmeye yönelik davetiye gönderilmiştir. Görüşme yapılacak taraflara talep ettikleri takdirde yarı yapılandırılmış görüşme formunun önceden gönderileceği de belirtilmiştir. Görüşmelerin başlangıcında, mülakata katılan taraflar birbirlerini kısaca tanıtmışlardır. Aynı zamanda görüşülen tarafın izni alınarak görüşmelerin kaydı alınmıştır. İzin alınması sürecinde şirket ve kişi detaylarının bu çalışma raporu dışında herhangi bir yerde paylaşılmayacağına ilişkin bilgi verilmiştir.

2.4.2. Katılımcı Gözlem

Çalışmada, kanat ve kulelerin taşımacılığı, lojistik süreçleri, kullanılan rotalar, depolama noktaları ve aynı zamanda karayolu taşımacılığında bu ürünlerin ulaştırılmasında karşılaşılan darboğazları daha yakından belirleyebilmek için gözlem yöntemi de kullanılmıştır. Gözlemde, araştırmacı, araştıracağı olayın yer aldığı ortamda bulunmaktadır. Böylece araştırmacı tarafından ortam ve katılımcıların davranışları daha iyi anlaşılabilmektedir (Anagün, 2012). Katılımcı gözlem, araştırmacıların örneklemin deneyimleri hakkında fikir edinmelerini sağlayan nitel bir araştırma yaklaşımıdır (Mack vd., 2011).

Katılımcı gözlem, sistematik olarak gözlemleme, belgeleme, açıklama, yorumlama ve analiz etmeyi gerektirmektedir (Saunders vd., 2009). Katılımcı gözlem yöntemi, araştırmacıların gördükleri hakkında objektif notlar almalarına, sahada gözlem yapmalarına

olanak tanımaktadır (Mack vd., 2011). Katılımcı gözlem yoluyla elde edilen veriler, katılımcıların raporlarını kontrol etme fırsatı ve ayrıca araştırma alanının fiziksel, sosyal, kültürel ve ekonomik süreçlerini anlamak için faydalı bir araç sağlamaktadır. Çalışmada, Tablo 2'de belirtilen güzergahlarda araştırmacılar gözlem gerçekleştirmişlerdir.

Tablo 2'den de görüleceği üzere, gözlem, rüzgâr enerjisi sanayisinde yer alan çeşitli üreticilerin bulundukları üretim tesislerinden, TCDD İzmir (Alsancak) Limanı ve Aliağa Limanlar Bölgesi'ne olan rotalarda ana olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca, çeşitli üretim tesislerinde kanat ve kule yüklemesine yönelik operasyonlar da incelenmiştir. Çalışmada, Çandarlı Limanı'nın da rüzgâr enerjisi sektörü için uygunluğu incelendiği için, Kuzey Ege Otoyolu'nda da gözlem gerçekleştirilmiştir.

TABLO 2. Katılımcı Gözlem ile İncelenen Güzergahlar ve Gözlem Tarihleri

Güzergah	Gözlem Tarihi
İzmir Serbest Bölgesi (Menemen)- Aliağa Limanlar Bölgesi	30/04/2021 10:00-18:00 (3 saat)
Bergama Kule Üretim Tesisi-Aliağa Limanlar Bölgesi	30/04/2021 10:00-18:00 (3 saat)
Bergama Kanat Üretim Tesisi Bölgesi	30/04/2021 10:00-18:00 (2 saat)
İzmir Serbest Bölgesi (Menemen)- TCDD İzmir (Alsancak) Limanı	03/05/2021 10:00-17:00 (4 saat)
Sasalı Kanat Üretim Tesisi-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı	03/05/2021 10:00-17:00 (3 saat)
Kuzey Ege Otoyolu	13/03/2021 10:00-15:00 (5 saat)

2.5. Verilerin Analizi

Çalışmada tüm süreçlerin yürütülmesinde ikinci el veri kaynakları, projenin başlangıcından itibaren kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, yarı yapılandırılmış görüşmeler ilgili taraflarla gerçekleştirilmiştir. Yarı yapılandırılmış görüşmelerin her birinin ardından, kayda alınan görüşmeler tek tek dinlemiştir. Görüşmeler esnasında araştırmacıların almış oldukları notlar incelenmiştir. Bu sürecin ardından yarı yapılandırılmış görüşmelerin çevrim içi gerçekleştirilenleri ile ilgili transkripsiyon işlemi yapılmıştır. Bu işlem, yarı yapılandırılmış görüşmelerdeki katılımcıların söylediklerinin yazıya geçirilmesi sürecidir. Gerçekleştirilen iki yüz yüze görüşme, on yedi çevrim içi görüşme ve bir telefonla görüşmenin transkript edilmesi sonucunda yüz kırk beş sayfa doküman elde edilmiştir. Oluşturulan dokümanlar, raporun ilgili kısımlarında değerlendirilmek üzere araştırmacılar tarafından incelenmiştir, gerekli görülen yerlerde özetler oluşturulmuştur. Elde edilen ana temalar ve bulgular, çalışmanın ana amaçları kapsamında ilgili kısımlarda girdi oluşturacak şekilde düzenlenmiştir.

BÖLÜM 3.

Dünyada ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Sektörü: Tanımlar, Sınıflandırmalar ve Eğilimler

2020 yılı itibarıyla, tüm dünyadaki elektrik enerjisi üretiminin %27,3'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Dünya genelinde toplam elektrik üretiminin dörtte birini oluşturan yenilenebilir kaynak temelli elektrik üretiminin %58,45'i hidroelektrik enerji santrallerinden, %21,69'u rüzgâr enerjisi santrallerinden, %10,29'u güneş enerjisi santrallerinden, %8,08'i biyoenerji santrallerinden ve %1,47'si de jeotermal santraller ve dalga enerjisi santrallerinden sağlanmıştır (REN21 Renewables, 2021a). Bu anlamda, rüzgâr enerjisi dünya elektrik üretiminde yadsınamaz bir paya sahiptir.

Türkiye açısından değerlendirildiğinde ise, 2020 yılında Türkiye'de elektrik üretimi 305 bin GWh seviyesinde olup, kullanılan kaynakların üretimdeki oranları ise; kömürde %34,8, hidroelektrikte %25,6, doğalgazda %22,7, rüzgâr enerjisinde %8,1 ve güneş enerjisinde ise %3,8 olarak gerçekleşmiştir. Toplam elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların (hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal, yenilenebilir + atık) toplam payı ise % 42,4 değerine ulaşmış durumdadır. Yenilenebilir enerji açısından 2020 yılında elektrik üretiminde hidroelektrik, rüzgâr ve güneş enerjisi kaynakları en büyük paya sahip 3 kaynak olarak öne çıkmaktadır (TEİAŞ, 2021).

Ocak 2021 itibarıyla Türkiye elektrik üretim santralleri için kurulu güç değerleri toplamı 96 GW'ı geçmiş durumdadır. Toplam kurulu güç içerisinde yenilenebilir enerji açısından en büyük üç kaynağı, yaklaşık 31 GW güç ile hidroelektrik santraller (HES), yine 8,8 GW güç ile rüzgâr enerjisi santralleri ve 6,6 GW güç ile de güneş enerjisi santralleri oluşturmuştur (EPDK, 2021).

Bu bölümde ilk olarak, ülkemizdeki elektrik enerjisi üretimi ve gereksinimlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapıldıktan sonra, dünyada ve Türkiye'de rüzgâra dayalı elektrik enerjisi üretiminin gelişim süreci kapasite ve kullanım oranları dikkate alınarak karasal ve denizüstü rüzgâr santralleri özelinde mevcut projeksiyon aktarılacaktır. Rüzgâr enerjisi üretimini ve kullanılabilirliğini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemesi bakımından rüzgâr türbini teknolojileri sırasıyla genel olarak rüzgâr türbini bileşenleri ve ekipmanları olarak aktarılacak olup denizüstü rüzgâr türbini teknolojileri üretim, kurulum ve kapasite kullanım olanakları açısından değerlendirilecektir. Rüzgâr türbini sistemleri ve rüzgâr enerjisi santralleri farklı kurulum ve teknolojiler olarak avantajları ve dezavantajları açısından değerlendirilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya genelindeki kabul ve kullanım oranları aktarılacak ve denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin ortaya çıkışı ve gelişimi üzerinde durulacaktır. Denizüstü ve karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin dünya ve Türkiye özelinde mevcut durumu aktarılacaktır. Dünya'da ve Türkiye'de rüzgâr enerjisi alanında faaliyet gösteren firmaların ve sektör paydaşlarının pazar durumları değerlendirilecektir. Son olarak Türkiye ve Ege Bölgesi'ndeki paydaşların yerleşim ve faaliyet alanları özetlenecektir.

3.1. Elektrik Enerjisi Üretimi

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlardan enerji elde ederken ortaya çıkan çevre açısından olumsuz etkiler yanında ülke ekonomisine olumsuz yönde ekonomik etkiler de ortaya çıkarmakta ve cari açık açısından ciddi problemler oluşturmaktadır. Ülkemizin bugün dış ticaret açığının en önemli sebepleri enerji konusundaki dışa bağımlılık ve fosil yakıtlardan elde edilen yüksek maliyetli ve/veya verimsiz enerji kaynaklarının kullanımı olarak belirtilebilir. Bu açıdan bakıldığında rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle gibi kaynaklardan elde edilecek kaynaklar ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli açısından önemli bir fırsat yaratmaktadır (TSKB, 2020).

Enerji sektörüyle ilgili olarak On Birinci Kalkınma Planı'nda sunulan planlamalar çerçevesinde 491. ve 496. maddelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin hedefler belirlenmiş olup, elektrik üretimindeki 2018 yılındaki yüzde 32,5'luk payının 2023 yılında yüzde 38,8'e çıkarılması hedeflenmektedir. Aynı zamanda yenilebilir enerji sektörü, "Rekabetçi Üretim ve Verimlilik" başlığı altında belirlenen sanayi politikaları arasında öncelikli sektörler arasında yer almaktadır. Bu kapsamda "Yenilenebilir enerji alanında; yerli ekipman kullanımı, Ar-Ge, teknoloji transferi, kamu alımları gibi hususları içerecek mekanizmalar ile yeni yatırım modelleri hayata geçirilecektir." şeklinde ortaya konan ve uygulamaya konulmuş politika önceliğine yer verilmiştir (On Birinci Kalkınma Planı, 2019).

Türkiye'nin; rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi potansiyeli konusunda birçok avantaja sahip durumda olmasından dolayı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı'nda 2023 yılı için ulusal yenilenebilir enerji hedeflerine yönelik belirli hedefler saptanmıştır.

Planda ilk madde olarak belirlenmiş "Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %59'dan %65 seviyesine yükseltilmesi sağlanacaktır." başlığı altında; güneş enerjisi için 10.000 MW, rüzgâr enerjisi için 11.883 MW, hidroelektrik enerji için 32.037 MW, jeotermal enerji ve biyokütle (biyogaz dâhil) için de 2.884 MW kurulu güç değerleri hedeflenmiştir (ETKB, 2020). Türkiye için elektrik enerjisi tüketimi tüm gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi sürekli bir artış göstermektedir. 2018 yılında gerçekleşen artış önceki yıla göre %2,2 olmuştur. Buna karşılık enerji sarfiyatı 304,2 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Aynı şekilde elektrik üretimi de %2,2 oranında artarak önceki yıla nazaran 304,8 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye için elektrik tüketim miktarının 2023 yılı için hesaplanan baz senaryoya göre yıllık ortalama %4,8 artışla 375,8 TWh'e ulaşması öngörülmektedir (ETKB, 2021). Türkiye elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2019 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla lisanssız santraller dâhil olmak üzere 8.069'a yükselmiştir. Mevcut santrallerin 669 adedi hidroelektrik, 68 adedi kömür, 262 adedi rüzgâr, 52 adedi jeotermal, 330 adedi doğal gaz, 6.435 adedi güneş, 253 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir (ETKB, 2021). Bu santrallerin sayısı sürekli bir değişim göstermekte olup 2020 yılı sonu itibarıyla kurulu rüzgâr enerjisi santrallerinde bulunan türbin sayısı 3591'e ulaşmış olup kurulu güç miktarı da 9305 MW olarak gerçekleşmiştir (TÜREB, 2021a).

TABLO 3. Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2009-2019 Yılı İstatistikleri (MW)

	Kömür	Doğal Gaz	Diğer	Hidrolik	Jeotermal	Rüzgâr	Güneş	Toplam
2009	10.590	11.825	6922,5	14.553	77,2	791,6	-	44.761,2
%	23,66	26,42	15,47	32,51	0,17	1,77	-	100,00
2019	19.570	21.843	6248,5	28.503	1.514,7	7.591	5.995	91.267,0
%	21,44	23,93	6,85	31,23	1,66	8,32	6,57	100,00

Kaynak: TEİAŞ (2021)

2019 yılı sonu itibarıyla Türkiye kurulu gücü 91.267 MW'a ulaşmıştır. Kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı; %31,23'ü hidrolik enerji, %23,93'ü doğal gaz, %21,44'ü kömür, %8,32'si rüzgâr, %6,57'si güneş, %1,66'sı jeotermal ve %6,85'i ise diğer kaynaklar şeklindedir (TEİAŞ, 2021).

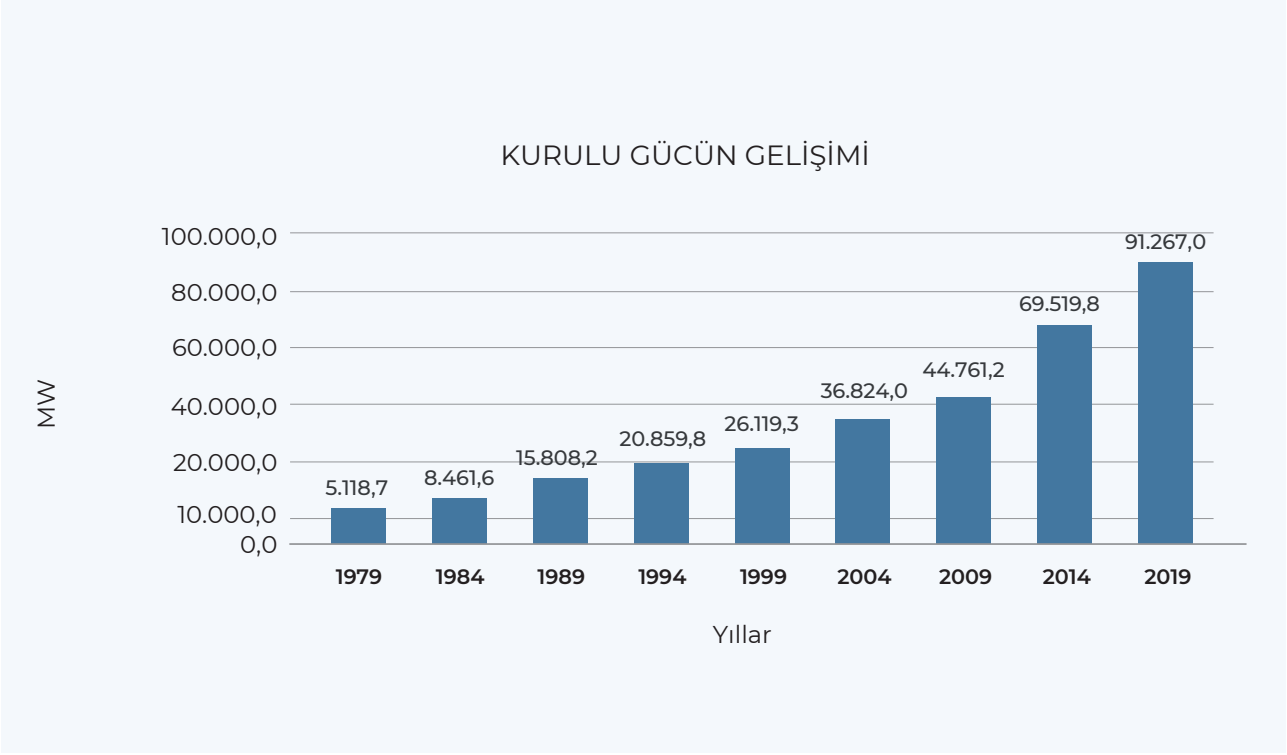
TEİAŞ 2020 yılı verilerine göre, 2020 yılı sonu itibarıyla Türkiye'nin toplam kurulu gücü 2019 yılına göre 4.623,6 MW artarak 95.890,6 MW'a ulaşmıştır. Oransal olarak bakıldığında ise, elektriksel kurulu gücün 2019'a göre %5,07 arttığı görülmektedir. Kurulu gücün %26,77'sini doğalgaz kaynaklı santraller, %23,91'ini barajlı hidroelektrik kaynaklı santraller, %10,55'ini ise kömür kaynaklı santraller oluşturmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapan santrallerin kurulu güçleri toplam 49.212,5 MW'ı bulurken, bu oran toplam kurulu gücün %51,32'sine denk gelmektedir. 2020 yılı sonu itibarıyla santral sayısı 9402'e ulaşırken 2019 yılında bu sayı 8589' idi (TEİAŞ, 2021).

Son dönemlerde Türkiye elektrik santralleri için kurulu güç değerleri incelendiğinde büyük bir yükseliş olduğu görülmektedir. 2009 yılında kurulu güç miktarı 44761 MW seviyesindeyken son 10 yıldaki eklenen ve kurulan santrallerle iki katından daha fazla artarak 2019 sonu itibarıyla 91267 MW seviyesine ulaşmış durumdadır (TEİAŞ, 2021).

Türkiye son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma ve potansiyelin değerlendirilmesi konusunda ciddi adımlar atmış durumdadır. Belirlenen hedefler doğrultusunda daha fazla potansiyelin ülke ekonomisine kazandırılması için, hem kamu hem de özel sektör tarafından Türkiye çapında ciddi atılımlar, destekler ve yatırımlar ortaya konmuş, bugün itibarıyla da önemli derecede yol alınmıştır. Türkiye Elektrik Üretim A.Ş. verilerine göre 2020 yıl sonunda toplam 94.801 MW civarındaki kurulu gücün 8.507 MW'lık kısmı rüzgâr, 6.513 MW'lık kısmı güneş, 1.556 MW'lık kısmı jeotermal, 1.053 MW'lık kısmı ise biyokütle enerjisine aittir (TEİAŞ, 2021).

ŞEKİL 1. Türkiye Kurulu Gücünün Yıllara Göre Gelişimi (MW)



Kaynak: TEİAŞ (2021)

3.2. Dünyada Rüzgâr Enerjisi

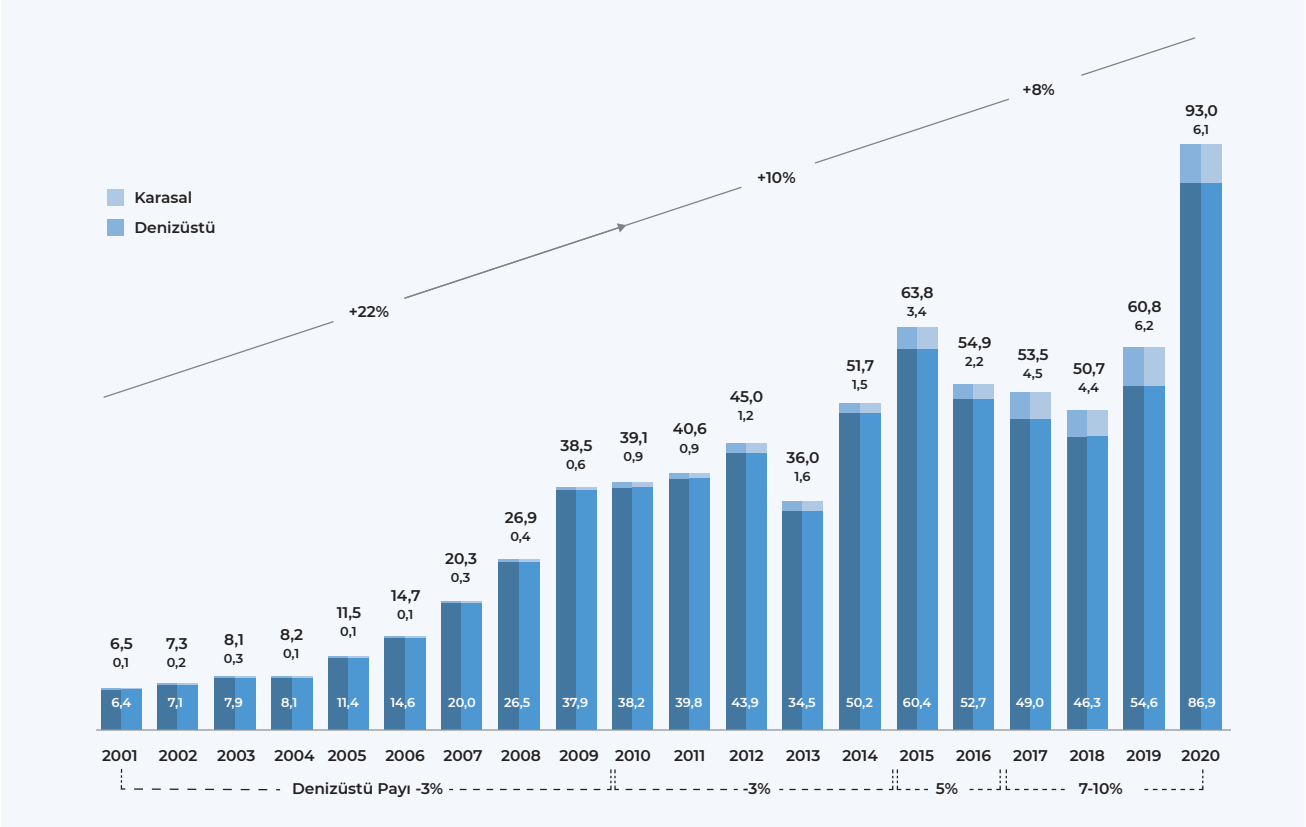
2020 yılı, küresel rüzgâr endüstrisi için tarihin en iyi yılı olarak gerçekleşmiştir. Yıllık bazda %53 büyüme göstermektedir ki, hem küresel tedarik zincirinde hem de proje yapımında yaşanan kesintilere rağmen, 93 GW rüzgâr enerjisi kurulumu, rüzgâr endüstrisinin dayanıklılığını kanıtlamış durumdadır. Bu kurulumlarla birlikte toplam kapasite 743 GW seviyesine çıkarak 2020 yılında büyüme %14 oranında gerçekleşmiştir (GWEC, 2021).

Yine 2020 yılı için, karasal RES yeni kurulumlarının güç toplamı 86,9 GW'a ulaşmıştır, ayrıca denizüstü RES pazarı da 6,1 GW'a ulaşarak, 2020 yılı hem karasal hem de denizüstü yeni RES kurulumları için tarihin en yüksek yıllarından biri olarak kayda geçmiştir (GWEC, 2021).

2020'de yeni kurulumlar için dünyanın ilk beş pazarı Çin, ABD, Brezilya, Hollanda ve Almanya olarak gerçekleşmiştir. Bu beş pazarın toplamı geçen yılki küresel ölçekte RES kurulum miktarlarının %80,6'sını oluşturmuştur (GWEC, 2021).

2020'de küresel olarak 86,9 GW karasal RES kapasitesi eklenmiştir. Bu oran %59 büyümeyi göstermektedir ve kümülatif karasal RES kapasitesini 700 GW seviyesinin üzerine taşımış bulunmaktadır. 2020'deki bu olağanüstü artışın başlıca nedeni, dünyanın en büyük iki rüzgâr enerjisi piyasası olan Çin ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki hızlı büyümedir. ABD karasal RES sektöründe, 2020'de yaklaşık 17 GW'lık yeni kurulumve devreye alma ile bugüne kadarki en yüksek yıllık değere ulaşılmıştır ve bu sayede toplam kurulu güç değerinin 120 GW eşiğinin üzerine çıktığı belirtilmiştir (GWEC, 2021).

ŞEKİL 2. Dünyada Yeni RES Kurulumlarının Tarihsel Gelişimi (GW)



Kaynak: GWEC (2021)

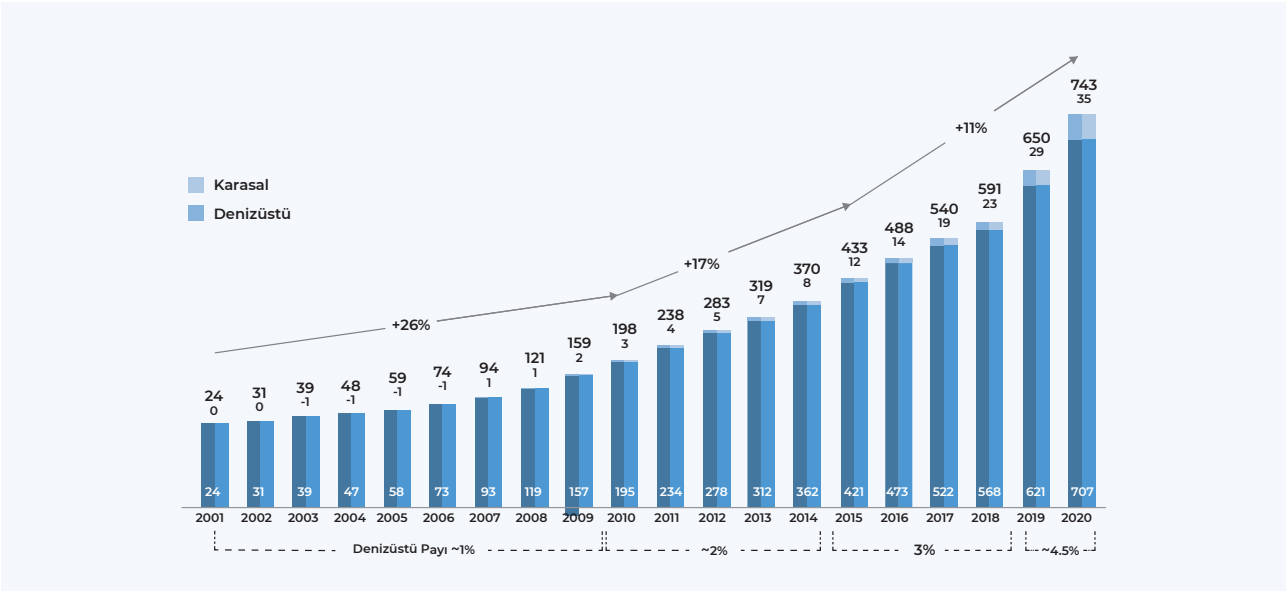
TABLO 4. Dünyada Karasal RES Görünümü (2019-2020)

MW, Karasal	Yeni Kurulumlar 2019	Toplam Kurulumlar 2019	Yeni Kurulumlar 2020	Toplam Kurulumlar 2020
Toplam Karasal	54,634	650,199	86,932	742,689
Amerika	13,437	148,081	21,75	169,758
ABD	9,143	105,436	16,193	122,275
Kanada	597	13,413	165	13,577
Brezilya	745	15,452	2,297	17,750
Meksika	1,281	6,215	574	6,789
Arjantin	931	1,604	1,014	2,618
Şili	526	2,145	684	2,829
Diğer Amerika Ülkeleri	214	3,817	823	3,920
Afrika, Orta Doğu	830	6,454	823	7,277
Mısır	262	1,452	13	1,465
Kenya	0	338	0	338
Güney Afrika	0	1,980	515	2,465
Diğer Afrika Ülkeleri	568	2684	295	3009
Asya-Pasifik	28,626	283,780	52,546	336,286
Çin	24,292	229,384	48,940	278,324
Hindistan	2,377	37,506	1,119	38,625
Avustralya	837	6199	1097	7296
Pakistan	50	1,239	48	1,287
Japonya	274	3857	551	4,373
Güney Kore	191	1,420	100	1515

MW, Karasal	Yeni Kurulumlar 2019	Toplam Kurulumlar 2019	Yeni Kurulumlar 2020	Toplam Kurulumlar 2020
Vietnam	160	388	125	513
Filipinler	0	427	0	427
Tayland	322	1538	0	1538
Diğer Asya Ülkeleri	123	1,822	566	2,388
Avrupa	11,741	182,651	11,813	194,075
Almanya	1,078	53,913	1,431	55,122
Fransa	1,336	16,643	1,318	17,946
İsveç	1,588	8,804	1,007	9,811
Birleşik Krallık	629	13,617	115	13,731
Türkiye	686	8,056	1,224	9,280
Diğer Avrupa Ülkeleri	6,424	81,618	6,718	88,185

Kaynak: GWEC (2021)

ŞEKİL 3. Dünyada Toplam RES Kurulumlarının Tarihsel Gelişimi (GW)



Kaynak: GWEC (2021)

COVID-19'un etkisine rağmen, küresel boyutta denizüstü RES endüstrisi 2020 yılında 6 GW'tan fazla yeni kurulum ile yeni şimdiye kadarki en iyi ikinci yılını geçirmiştir. 6 GW'ın neredeyse yarısı 3060 MW, sadece Çin tarafından gerçekleştirilen kurulumlardır. Avrupa da istikrarlı büyüme ile önemli bir aktör olmaya devam etmektedir. Kalan kapasitenin yaklaşık 1.5 GW'lık ikinci büyük kısmı Hollanda'da, 706 MW'lık kısmı da Belçika'da kurulmuştur. İngiltere ve Almanya da sırasıyla 483 MW ve 237 MW denizüstü RES kurarak, sektörde 4. ve 5. sırayı alan pazarlar olarak 2020 yılını tamamlamışlardır (GWEC, 2021).

TABLO 5. Dünyada Denizüstü RES Görünümü 2019-2020

MW, Denizüstü	Yeni Kurulumlar 2019	Toplam Kurulumlar 2019	Yeni Kurulumlar 2020	Toplam Kurulumlar 2020
Toplam Denizüstü	6,243	29,232	6,068	35,293
Avrupa	3,627	21,901	2,936	24,837
Birleşik Krallık	1,764	9,723	483	10,206
Almanya	1,111	7,491	237	7,728
Belçika	370	1,556	706	2,262
Danimarka	374	1,703	0	1,703
Hollanda	0	1,118	1493	2,611
Diğer Avrupa Ülkeleri	8	310	17	327
Asya-Pasifik	2,616	7,301	3,120	10,414
Çin	2,493	6,936	3,060	9,996
Güney Kore	0	73	60	136
Diğer Asya Ülkeleri	123	292	0	282
Amerika	0	30	12	42
ABD	0	30	12	42

Kaynak: GWEC (2021)

3.3. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi

Türkiye'de rüzgâr enerjisi santrallerinin mevcut kurulu güç toplamı 9305 MW olup, 3511 MW miktarı ile ilk sırada yer alan bölge %37,73 ile Ege Bölgesi'dir. İkinci olarak en yoğun kurulum olan bölge ise, 3291 MW ve %35,36'lık oranla Marmara Bölgesi'dir (TÜREB, 2021a).

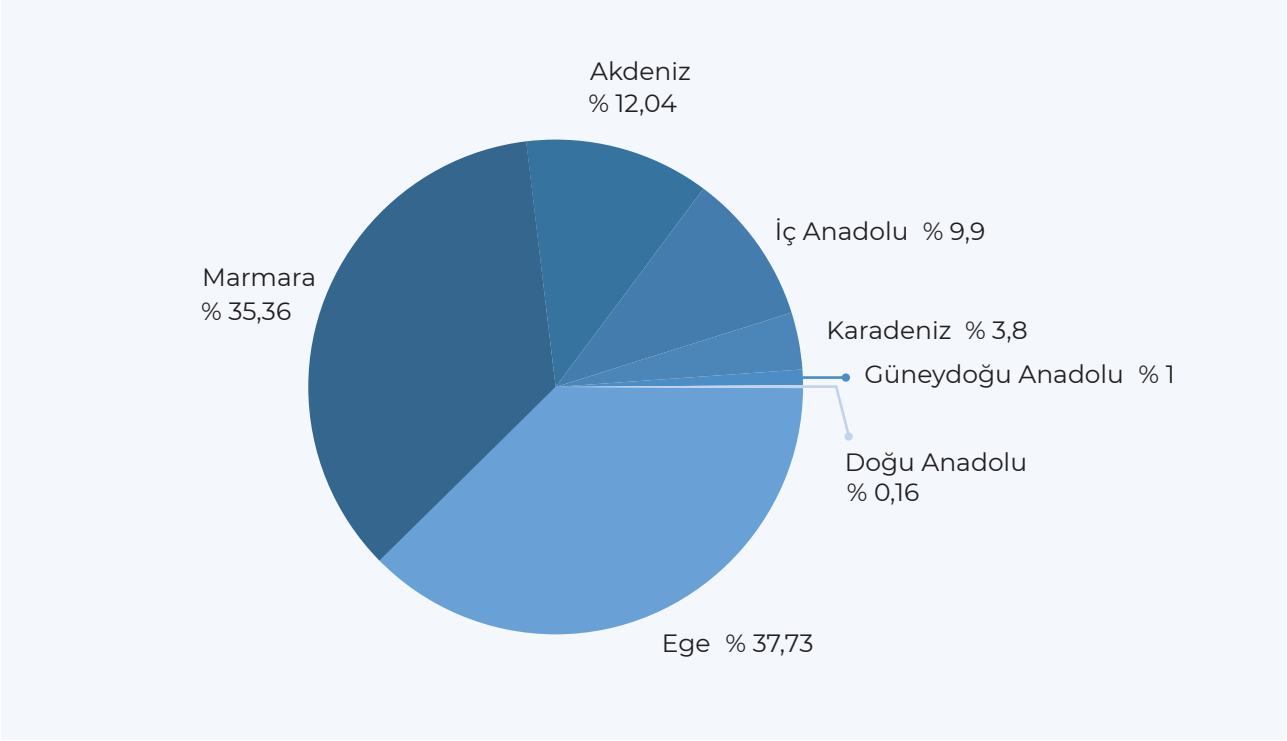
Daha sonra sırasıyla; 1120 MW kurulu güç ve %12,04'lük oranla Akdeniz Bölgesi, 921 MW kurulu güç ve %9,90'lık oranla İç Anadolu Bölgesi, 354 MW kurulu güç ve %3,80 oranıyla Karadeniz Bölgesi, 93 MW kurulu güç ve %1 oranıyla Güney Doğu Anadolu Bölgesi, son olarak da 15 MW kurulu gücüyle, %0,16 oranıyla Doğu Anadolu Bölgesi gelmektedir. En büyük kurulu güçlere sahip olan iki bölge olarak Ege ve Marmara Bölgelerinin toplamı 6802 MW ve %73,09 oranında toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücüne karşılık gelen yatırımların büyük bir kısmını oluşturmaktadır (TÜREB, 2021b).

İl bazında bakıldığında ise; İzmir 1798 MW ve %19,32 oranı ile kümülatif kurulu güç miktarı olarak ilk sırada yer alırken, Balıkesir 1220 MW kurulu güç ve %13,11 oranı ile, Çanakkale ise 751 MW kurulu güç ve %8,07, Manisa 717 MW kurulu güç ve %7,70 oranı ile İzmir'i takip etmektedirler (TÜREB, 2021b).

Türkiye'deki kümülatif kurulu gücün 4486 MW ve %48,2 oran ile yaklaşık yarısının bu dört ilimizde gerçekleştiği görülmektedir (TÜREB, 2021b).

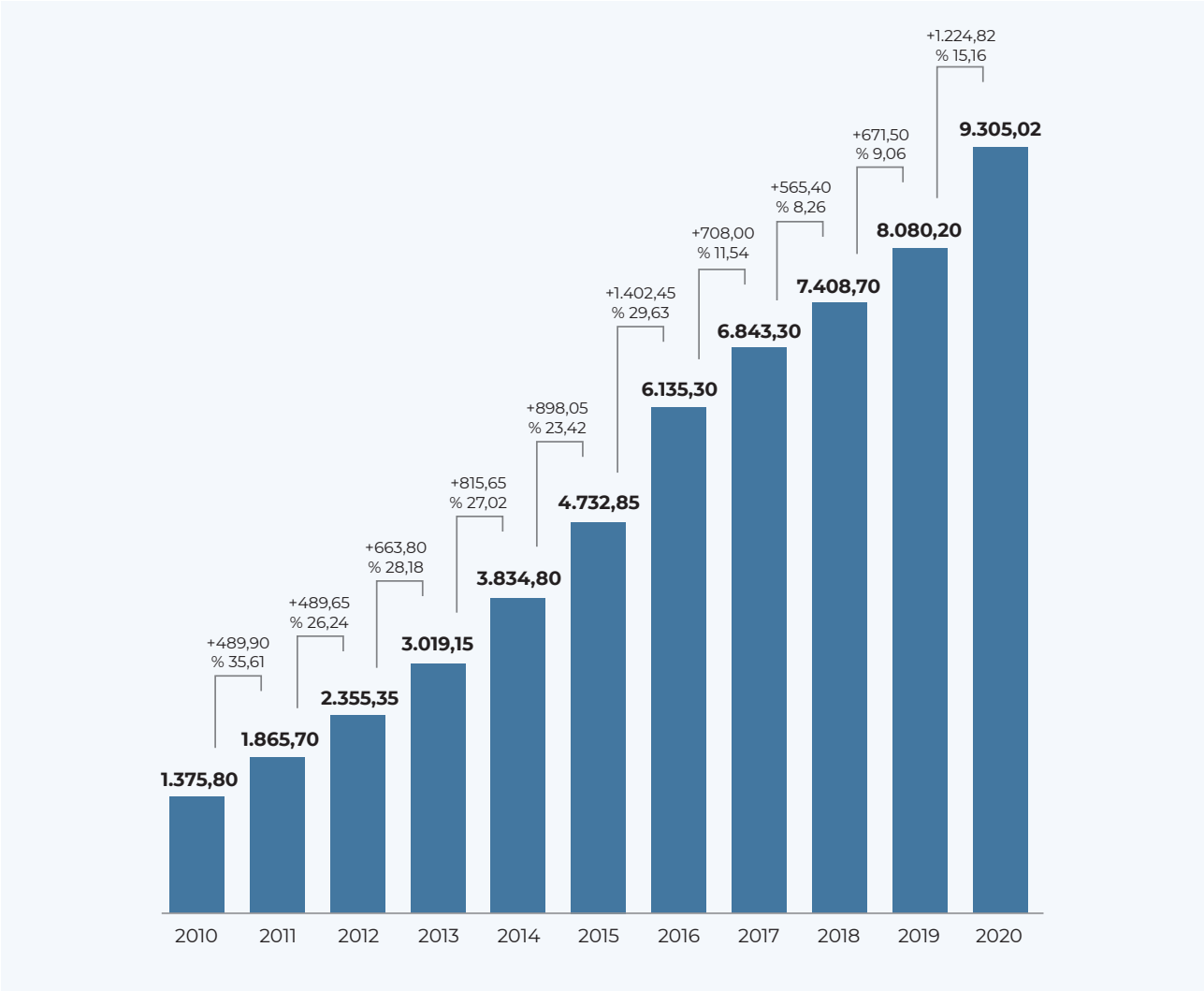
Rüzgâr enerjisi santralleri kurulumu 2010 yılından itibaren sürekli artıştadır. 2016 ve 2020 yılları miktar olarak sektör açısından ve elektrik enerjisi kurulu güç açısından en yüksek iki zaman dilimini ifade etmektedir.

ŞEKİL 4. İşletmedeki RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı



Kaynak: TÜREB (2021a)

ŞEKİL 5. Türkiye'deki RES Kümülatif Kurulu Güçleri (MW)



Kaynak: TÜREB (2021a)

Atılan adımlar ve sağlanan teşviklerle birlikte sektöre büyük canlılık kazandırılmış, yatırımcıların bu alana yönelik girişimleri ve rüzgâr türbini üreticilerinin de birçok ekipman üretimini ülkemizde yapmaya başlamasıyla son beş yılda 4733 MW olan kurulu güç miktarı yaklaşık iki katına 9305 MW seviyesine kadar çıkmıştır.

Rüzgâr enerjisi santrallerinden 2020 yılında 24.039.843 MWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Aylık ortalama 2.039.843 MWh karşılık gelen bu miktar Türkiye'nin yıllık elektrik üretiminin ortalama %8,44'ünü karşılamaktadır. Bu miktarlar ülkemiz açısından son derece önemli bir kaynak potansiyelinin kullanımını ifade etmektedir. 2020'nin Nisan ayı ortalaması ise aylık elektrik üretiminin %10'unu karşılayacak miktarların üzerine çıkarak tarihi seviyelere ulaşmıştır (TÜREB, 2021b).

ŞEKİL 6. Türkiye'de RES 2020 Yılı Aylık Elektrik Üretimi (MWh) ve Elektrik Üretimindeki Payı

Kaynak: TÜREB (2021a)

3.4. Rüzgâr Türbini Teknolojisi

Rüzgâr türbini temelde bir enerji dönüştürücü sistemdir. Rüzgâr enerjisi kavramının ortaya çıkmasını sağlayan rüzgârı oluşturan ana kaynak da güneştir. Rüzgâr, dünya üzerinde ısınma ve soğuma sonucunda sıcaklık farkı sonucunda oluşan basınç kuvvetlerin etkisi ile gerçekleşen hava hareketleridir. Rüzgâr enerjisi ise havada gerçekleşen bu akım ile ortaya çıkan kinetik enerjidir. Hava akımının hızı yani oluşan rüzgâr hareketinin hızı, rüzgârın gücünü belirleyen temel unsurdur ve doğrudan rüzgârın ortaya çıkarabileceği enerji miktarı ile orantılıdır, dolayısıyla kinetik enerjisi ile de ilgilidir (Letcher, 2017; Elibüyük & Üçgül, 2014).

Rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren söz konusu rüzgâr türbini teknolojisi; rüzgâr türbinlerinin ve ekipmanlarının üretimini, kurulumunu, iletimini ve güç sistemine entegrasyonunu ele alan, çok disiplinli (aerodinamik, mekanik, yapı dinamikleri, meteoroloji ve elektrik mühendisliği) geniş teknik disiplinleri içeren çok karmaşık bir teknolojidir. Yıllar içerisinde çok ciddi gelişmeler göstererek olgunlaşmış ve bugün en çok umut veren ve güvenilir yenilenebilir enerji teknolojisi haline gelmiştir. 1980'lerin başından itibaren birkaç kilovatlık rüzgâr türbinlerinden, günümüzde birkaç MW büyüklüğündeki rüzgâr türbinlerinin üretilebileceği noktalara gelinmesi hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir (Letcher, 2017; Özdilim, 2017).

Rüzgâr türbini, havada ortaya çıkan akımdan kaynaklanan rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bir rüzgâr türbini genel olarak bir kule üzerine monte edilen ve hareket eden bir gövde (nasel), bu gövdeye birleştirici bir göbek (hub) ile bağlanan pervaneler, elektrik enerjisini üreten bir jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu veya dişli kutusuz) ve elektrik-elektronik elemanlardan oluşmaktadır. Rüzgârın kinetik enerjisi kanatlar aracılığıyla rotor kısmında mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi ile hız dönüştürücüleri tarafından hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi de rüzgâr türbinin bağlı olduğu sistemin gerilim ve frekansına uyumlu hale getirilerek elektrik iletim sistemi aracılığıyla kullanılır duruma gelmektedir (Letcher, 2017; Anaya-Lara vd., 2018).

Son yıllarda rüzgâr türbini teknolojilerinde birçok yönden tasarımsal olarak gelişmeler yaşanmıştır. Aşağıda maddeler halinde rüzgâr türbinleri için teknolojik gelişmelerin hangi yönlerden gerçekleştiğiyle ilgili bileşenler bulunmaktadır (Gasch & Twele, 2012):

- Üç kanatlı rotor - İki kanatlı rotor
- sabit dönüş hızı - değişken dönüş hızı
- durak kontrolü - eğim kontrolü
- indüksiyon jeneratörü - senkron jeneratör
- elektrik uyarımlı senkron jeneratör - kalıcı manyetik senkron jeneratörü
- dişli kutulu (şanzıman) - dişli kutusuz (şanzıman yok ya da doğrudan tahrik)
- cam elyaf kanatlar - metal, ahşap kanatlar
- doğrudan şebeke bağlantısı - ac-dc-ac dönüşümü
- hidrolik aktüatörler - elektrikli aktüatörler

Tüm bu eşleştirmeler ile vurgulanan nokta; rüzgâr türbinleri açısından teknolojik gelişmelerin önünü açan araştırmalardır. Söz konusu teknolojik gelişmeler, rüzgâr türbinlerinden elde edilebilen mekanik enerji ve elektrik enerjisi güçlerinin artmasına, verimliliklerinin daha yüksek seviyelere çıkmasına yol açmıştır. Bununla birlikte dünya genelinde rüzgâr enerjisine duyulan ilginin ciddi oranda artmasında, kullanımının yaygınlaşmasında ve dünya çapında kurulumların hızla yükselmesinde büyük rol oynamıştır.

3.5. Rüzgâr Türbini Bileşenleri ve Ekipmanları

Rüzgâr türbininin yapısını daha kolay açıklayabilmek için dört kısma ayırmak mümkündür. İlk olarak tüm rüzgâr türbini sistemini ayakta tutan destekleyici yapı vazifesi gören kule temeli ve taşıyıcı sistem olarak da **kule** kısmının kendisi düşünülebilir. İkinci olarak; rüzgâr akımının oluşturduğu kinetik enerjinin mekanik enerjiye dönüşmesini sağlayan **kanatlar** önemli bir kısmı oluşturmaktadır. Diğer bir kısım ise; bu kanatların gövde ile bağlantısını sağlayarak oluşan mekanik enerjiyi diğer sistemlere aktaran **rotor** ve **hub (göbek)** şeklinde verilebilir. Son olarak ise; rotorun bağlı olduğu, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren en önemli aksam olan jeneratörün bulunduğu, ayrıca çeşitli dişli, fren, kontrol vb. sistemlerin de yer aldığı **nasel (gövde)** şeklinde bir kısım tanımlaması yapılabilir. Çeşitli kaynaklardan derlenen bilgilerle rüzgâr türbini ekipmanları ile ilgili tanımlamalar aşağıda sunulmaktadır (Gasch & Twele, 2012; Altuntaşoğlu, 2013; İSO, 2017; Özdilim, 2017; Letcher, 2017).

3.5.1. Kule

Çelik saçtan yapılan, parçalar halinde üst üste birleştirilerek, yukarı çıktıkça daralan bir tüp şeklinde üretilen taşıyıcı bileşendir. Kule parçaları öncelikle birbirlerine civatalarla sabitlenirler. Ayrıca kule bütün olarak düşünüldüğünde, gövde (nasel) ve zeminde temele flanşlar ve civatalarla bağlanır. Kule tabanı, kuleyi destekleyici unsur ve oluşan rüzgâr yüklerini temele aktaran kısım olarak bir görev üstlenmektedir. Temel genellikle çelikle güçlendirilmiş ve derin bir çukur içerisine imal edilmiş betondan oluşan bir yapıdır. Ancak denizüstü rüzgâr türbini sistemlerinde ise kule temeli için çok daha farklı yapılar kullanılmaktadır. İlerleyen bölümlerde bu konuya ayrıca değinilecektir.

3.5.2. Kanatlar

Rüzgârın oluşturduğu kinetik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren, malzemesi çelikle güçlendirilen, epoksi, reçine gibi cam takviyeli elyaftan oluşan en temel ekipmanlar arasında tanımlanır.

3.5.3. Rotor ve Hub (Göbek)

Kanatlar ve kanatların kökünü göbek (hub) kısmına aktaran ve üzerinde kanat açı ayarlama (pitch) sistemi de bulunan kısımdır.

3.5.4. Gövde (Nasel)

Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren en önemli aksam olan jeneratörün bulunduğu, ayrıca çeşitli dişli, fren, kontrol ve sürücü sistemlerin de yer aldığı kısımdır. Rüzgâr türbinin bir çok mekanik kısmını içinde barındırır. Elektriksel ve yardımcı ekipmanların dış ortamdan korunmasını sağlar. Genellikle çelikten yapılmış bir çerçeve üzerine kapalı olarak oluşturulan bir yapıya sahiptir.

3.5.5. Diğer Ekipmanlar ve Bileşenler

Kanat Açı (Pitch Control) Sistemi

Rüzgârın anlık olarak gerçekleşen hızına göre, en iyi dönme açısının sağlanabilmesi için kanadın açılarını ayarlayan kısımdır. Paslanmaz çelik ve alaşımlı çelikten üretilen parça, elektrik veya hidrolik sürücü ile döndürülmektedir. Her kanat için ayrı şekilde açılarını ayarlayan yuvarlak dişli bir sistemdir.

Kanat Kökü

Kanatları sağlıklı ve güvenilir bir biçimde göbek kısmına sabitlenmesini sağlayan çelikten yapılan bağlantı parçalarıdır.

Dişli Kutusu

Rüzgâr türbininin en ağır parçalarından biridir. Kanatlardan rotora oradan da mile (şafta) aktarılan düşük devir hızını jeneratörün ihtiyaç duyacağı yüksek hıza dönüştüren önemli bir ekipmandır. Doğrudan sürücülü türbinlerde dişli kutusu olmadan yapılan bir tasarım söz konusu olduğu için dişli kutusu bulunmamaktadır.

Jeneratör

Rotordan aktarılan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren elektrik üretecidir. Asenkron, Senkron ve Sabit Mıknatıslı (PM) gibi farklı tiplerde jeneratörler kullanılmaktadır.

Frenler

Rüzgâr türbininin bakım ihtiyacı olduğunda veya olumsuz hava koşullarında sistemi durdurmaya yarayan yardımcı ekipmanlar olarak tanımlanabilirler.

Sensörler

Rüzgârın hızını ve yönünü bilmek sistemin verimli ve doğru çalışması için gereklidir. Anemometre gibi hız sensörü, rüzgâr yön sensörleri sürücü sistemler ve kontrol sistemleri için önemli bilgi kaynakları durumundadır.

Soğutma Sistemi

Soğutma fanları ve havalandırma kanalları ile ısınma olabilecek jeneratör, transformatör ve dişli kutusunun bulunduğu kısmın soğutulmasını sağlayan ekipmandır.

Yön Bulma Mekanizması (Yaw) Sistemi

Rüzgâr türbinin en yüksek gücü sağlaması için sensörlerden gelen bilgilere göre türbin yönünün belirlenmesi ile gövdeyi (nasel) rüzgâr yönüne döndürecek şekilde hareket ettiren mekanizmadır.

Elektronik Kontrol Sistemi

Rüzgâr türbinin tüm ekipmanlarının, çalışmasını ve türbinin performans verilerinin değerlendirilmesi, izlenmesi ve kaydedilmesini sağlayan birimdir. Ayrıca kulenin ana denetleyicisi ile alt denetleyiciler ve dışarıdaki birimler arasındaki iletişimi kuran sistemidir.

Miller

İki tür mil olduğu söylenebilir, bunlar düşük hız ve yüksek hız milleridir. Rotorun düşük hızlı dönüşünü oluşan mekanik enerjiyi göbekten alarak dişli kutusuna, oradan jeneratöre aktarılmasını sağlayan ekipmanlardır.

Yataklar

Millerin, dişli kutusunun, yön bulma mekanizmasının, jeneratörün ve diğer dönen parçaların sabitlenmesi için gerekli olan ara elemanlardır.

Kaplin

Dişli kutusu ile jeneratör arasındaki mil (şaft) bağlantısını sağlayan ara ekipmandır. Dişli kutusu tarafından ortaya çıkan titreşimli hareketlerin ve yüklerin etkisini de azaltan bir elemandır.

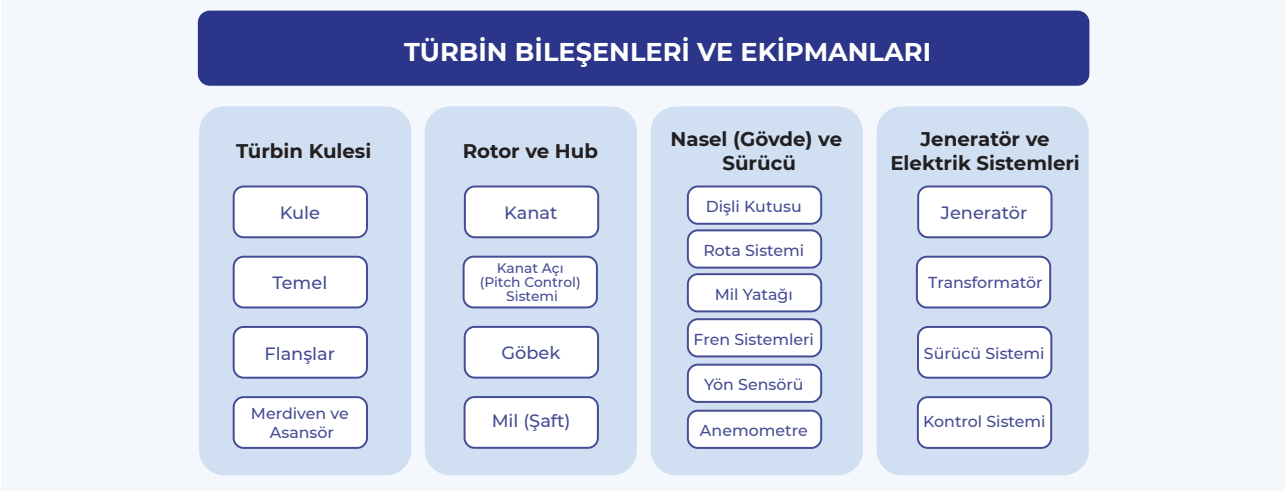
Konvertör

Doğru akım jeneratörlerinde elde edilen ve üretilen doğru akım şeklindeki elektrik enerjisini şebekeyle uyumlu olacak biçimde alternatif akıma elektrik enerjisine dönüştüren ekipmandır.

Transformatör

Jeneratörde üretilen elektrik enerjisinin voltajını şebeke ile uyumlu voltaj değerine yükselten veya düşüren ekipmanlardır. Transformatörler rüzgâr türbininden üretilen elektrik enerjisini yükselterek havai hatlar veya yeraltına kurulmuş kablo hatları ile santral çıkış hattına ve şebekeye iletilmesini sağlamaktadırlar.

ŞEKİL 7. Türbin Bileşenleri ve Ekipmanlar



3.6. Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

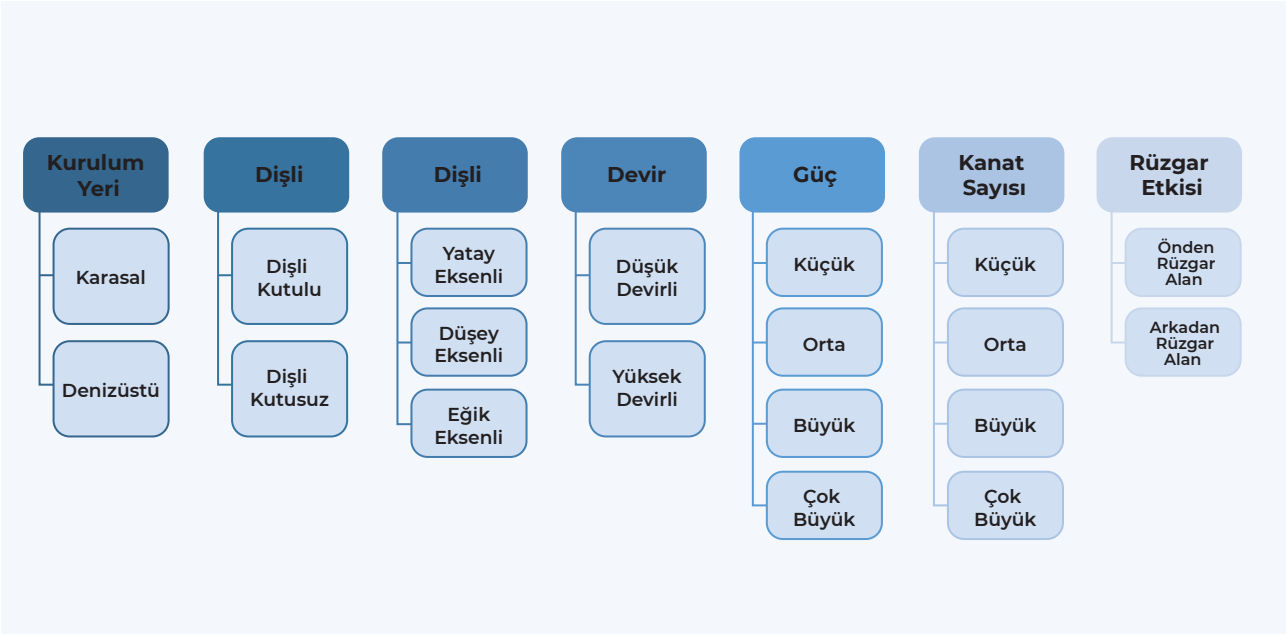
Rüzgâr türbinleri çeşitli özelliklerine göre birçok yönden sınıflandırılabilmektedir. En temel sınıflandırmalardan biri kurulum yeri olarak söylenebilir. Türbin sisteminde güç aktarma elamanı olarak dişli kutusu bulunup bulunmama durumuna göre dişli kutulu ve dişli kutusuz olarak önemli bir sınıflama başlığı karşımıza çıkmaktadır. Dönme eksenine, devir sayısına, üretebildiği elektrik gücü miktarına, kullandığı jeneratör tipine, dişli kutusu durumuna, tasarlandığı kanat sayısına ve türbine gelen rüzgâr etkisine göre diye açıklanabilen farklı sınıflandırma başlıkları oluşturulabilmektedir. (Letcher, 2017; Nurbay & Çınar, 2005; Elibüyük & Üçgül, 2014).

Rüzgâr türbinleri için en yaygın olarak kullanılan sınıflandırma/isimlendirme, rüzgâr türbininin kurulum yerine göre ve türbin tipinin dişli durumuna göre olmaktadır. Öncelikle rüzgâr enerjisi santralinin kurulum yeri, üretilmekte olan rüzgâr türbini tiplerinden birini seçerken büyük önem arz etmektedir.

3.6.1. Rüzgâr Türbini Kurulum Yerleri

Karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulum ve işletme maliyetlerinin denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerine göre daha düşük olması ve kullanılan rüzgâr türbini maliyetinin daha düşük olmasından dolayı dünya üzerinde kurulu güç miktarı açısından daha hızlı ilerlemiştir. Ancak gün geçtikçe gelişen teknolojiler ve rüzgâr potansiyelinin de yüksek olması sebebiyle denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumunun artacağı bilinmektedir. Özellikle Avrupa kıtasında karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulum yerlerinin seçiminde alan olarak azalma olması ve üretim verimlerinin düşük olmasından dolayı denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumuna hız verilmiştir (Anaya-Lara, 2018; Elibüyük & Üçgül, 2014; Özdilim, 2017).

ŞEKİL 8. Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması



Kaynak: Elibüyük & Üçgül (2014)

3.6.2. Dişli Durumu

Yaygın olarak kullanılan bir rüzgâr enerjisi sistemi; bir rüzgâr türbini, bağlantı ekipmanı (dişli kutusu), jeneratör ve kontrol sistemi içermek durumundadır. Ancak son yıllarda geliştirilen yeni teknolojilerle dişli kutusu bulunmayan türbinler sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Rüzgâr türbin üniteleri sürücü sistemleri bakımından; dişli kutusu kullanılan ve dişli kutusu kullanılmayan türbin jeneratör sistemleri olarak iki sınıfa ayrılabilir (Elibüyük & Üçgül, 2014).

3.6.2.1. Dişli Kutulu (Gearbox) Rüzgâr Türbinleri

Jeneratörleri az kutuplu olarak tasarlanmış olan makineler yüksek devirlerde çalışmaktadır. Bu nedenle de rotor dönüş hızıyla jeneratörün devir sayısını uygun hale getirmek için 1'e 50 veya 1'e 70 gibi oranlarda dişli kutusu (hız dönüştürücü) kullanılmaktadır. Dişli kutusu bulunan rüzgâr türbinlerinin jeneratör tipleri de aşağıdaki gibidir (Letcher, 2017; Alaya-Lara, 2018):

- Sabit hızlı - Sincap Kafesli İndüksiyon Jeneratörü
- (SCIG - Squirrel Cage Induction Generator)
- Değişken hızlı - Çift Beslemeli İndüksiyon Jeneratörü
- (DFIG - Double-fed induction generator)
- Rotoru Sargılı Senkron Jeneratör
- (WRSG - Wound rotor synchronous generator)

3.6.2.2. Dişli Kutusuz (Direct Drive) Rüzgâr Türbinleri

Bu tip rüzgâr türbini jeneratörler tiplerinde kutup sayısı fazla ve devir sayısı da oldukça düşüktür. Devir sayısı düşük olduğu için de sistemde hızı arttırıcı veya dönüştürücü bir dişli sisteme ihtiyaç duyulmamaktadır. Dişli kutusuz rüzgâr türbinleri için jeneratör tipleri şunlardır (Elibüyük & Üçgül, 2014; Alaya-Lara, 2018):

- Direkt sürümlü - Elektriksel Uyartımlı Senkron Jeneratör
- (EESG - Electrically Excited Synchronous Generator)
- Direkt sürümlü - Sürekli Mıknatıslı Senkron Jeneratör (PMSG - Permanent Magnetic Synchronous Generator)
- Yüksek Voltaj Değişken Kapasitörlü Doğru Akım Jeneratörü
- (HVDC - High-Voltage Variable-Capacitance Direct Current Generator)

3.6.3. Kanat Sayısı

Kanat sayıları göz önüne alındığında rüzgâr türbinleri tek kanatlı, iki kanatlı, üç kanatlı ve çok kanatlı şeklinde dört farklı sınıfa ayrılabilmektedirler. Günümüzde üretilen modern rüzgâr türbinlerinde en çok kullanılan kanat biçimi üç kanatlı türbin tasarımına sahip modellerdir. Bunun en önemli sebebi ise, pervanenin tüm hızlarda sabit bir atalet momentine sahip olması şeklinde ifade edilmektedir. Üç veya daha fazla kanat tasarımı barındıran olan rüzgâr türbini pervaneleri veya kanatları bu avantaja sahip olmaktadır. Ayrıca, üç kanatlı pervane tasarımlarına sahip türbinler bu avantajından dolayı rüzgâr türbinleri üzerinde ek bir yük oluşturmamaktadır.

3.6.4. Diğer Sınıflamalar

Yukarıda belirtilen sınıflandırmalar dışında rüzgâr türbinleri dönme eksenine göre üç sınıfta verilmektedirler. Bunlar:

- Yatay eksenli rüzgâr türbinleri
- Dikey eksenli rüzgâr türbinleri
- Eğik eksenli rüzgâr türbinleri

olarak sınıflandırılmaktadır. Dikey dönüş eksenine sahip rüzgâr türbinleri, rüzgâr yönünden bağımsız olarak çalışma avantajına sahiptir. Bu nedenle rüzgâra yönlendirme için bir sapma sistemine ihtiyaç duymazlar (Gasch & Twele, 2012).

Ürettikleri güç miktarı açısından rüzgâr enerjisi türbinleri küçük güçlü, orta güçlü, büyük güçlü ve çok büyük güçlü türbinler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Aşağıda bu sınıflamalara göre belirlenmiş güç değeri aralıkları verilmiştir (Elibüyük & Üçgül, 2014):

- Küçük güçlü: Güçleri 30 kW'tan az olan türbinlerdir.
- Orta güçlü: Güçleri 30-100 kW arasında olan türbinlerdir.
- Büyük güçlü: Güçleri 100 kW-1 000 kW arasında olan türbinlerdir.
- Çok büyük güçlü: Bu türbinlerin güçleri 1 MW veya daha fazladır.

Rüzgâr etkisine göre de rüzgârı önden alan ve rüzgârı arkadan alan rüzgâr türbini tipleri olarak da sınıflamalar yapılmaktadır. Ayrıca devir sayısına göre düşük devirli ve yüksek devirli şeklinde sınıflandırmalar ile de karşılaşılmaktadır (Elibüyük & Üçgül, 2014).

3.7. Denizüstü Rüzgâr Türbinleri

Denizüstü rüzgâr çiftliği sektörü, dünyanın ilk denizüstü rüzgâr çiftliğinin Danimarka'nın Vindeby şehrinin kıyılarında kurulduğu 1991 yılından bu yana katlanarak büyümüştür (Clark & DuPont, 2018). Kurulan bu ilk denizüstü rüzgâr çiftliği her biri 450 kW birim kapasiteye sahip 11 denizüstü rüzgâr türbininden oluşuyordu ve toplam 4,95 MW kurulu güce sahipti (Sahin, 2004).

1991 ve 2001 yılları arasında, Avrupa Birliği'nde faaliyet gösteren birkaç denizüstü rüzgâr çiftliğinin inşası ile deneysel projeler yürütülmüştür. Farklı rüzgâr türbini modelleri, farklı kurulum tipleriyle test edilmiştir ve kıyıdan 7 km'ye kadar mesafeler ve 10 m'ye kadar derinliklerde bu projeler için her biri 450-600 kw arası nominal kapasiteli rüzgâr türbinleri kullanılmıştır (Bilgili vd., 2011).

Deneysel kurulum ve üretim çalışmalarının ardından 2002 yılında gerçek anlamda denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinin kurulumuna başlanmış olup şimdiye kadarki en büyük denizüstü rüzgâr çiftliklerinden biri, 2002 yılında Danimarka'nın Horns Rev bölgesinde bulunan Kuzey Denizi'nde inşa edilmiştir. Horns Rev 1 denizüstü rüzgâr çiftliği projesinde 80 adet Vestas üretimi denizüstü rüzgâr türbini bulunmaktadır ve kapasitesi 160 MW'dır. Ayrıca, Horns Rev 1 denizüstü rüzgâr çiftliği 2002 yılına kadar kurulumu gerçekleştirilen tüm rüzgâr çiftliği projelerinin teknolojik birikimini içinde barındıran bir proje olmasıyla denizüstü rüzgâr çiftliği projelerini deneysellikten kurtarmış ve alana öncülük eden bir proje olmuştur (Bilgili vd., 2011). 2007 yılına kadar denizüstü rüzgâr türbinlerinin büyüklükleri ve kapasiteleri nispeten belli düzeylerde iken, 2008 yılıyla birlikte, denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinde yer alan türbin ve diğer

TABLO 6. Avrupa Birliği'nde Faaliyet Gösteren İlk Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri

Kurulum Yılı	Proje Yeri	Kapasite (MW)	Türbin Sayısı	Su Derinliği (m)	Kıyıya Uzaklık (km)	Rüzgâr Türbini Üreticisi
1991	Vindeby, Danimarka	4.95	11	2,5-5	2,5	Bonus
1994	Lely, Hollanda	2	4	5 – 10	0,75	Nedwind
1995	Tum Knob, Danimarka	5	10	0,8 – 4	6	Vestas
1996	Irene Vorrink, Hollanda	16,8	28	2	0,03	NordTank
1998	Bockstigen, İsveç	2,8	5	6 – 8	3	WindWorld
2000	Blyth, İngiltere	3,8	2	6	1	Vestas
2001	Middelgrunden, Danimarka	40	20	5 – 10	2 - 3	Bonus
2001	Utgrunden I, İsveç	10,5	7	4 - 10	7	GE

Kaynak: Bilgili vd. (2011)

ekipmanların boyutları ve kapasitelerinde kademeli bir artış görülmeye başlanmıştır. 2008 yılı itibarıyla Avrupa Birliği'nde 30'dan fazla denizüstü rüzgâr çiftliği projesi faaliyete geçirilmiştir (Colmenar-Santos, 2016). 2011 yılına gelindiğinde, dokuz Avrupa ülkesindeki 49 denizüstü rüzgâr çiftliğinde 1247 rüzgâr türbini faaliyet göstermekteydi (Silva vd., 2011). 2012 yılına gelindiğinde, dünya çapındaki denizüstü rüzgâr türbinlerinden üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık 1/3'ü Avrupa'da ve özellikle İngiltere, Almanya, İtalya, İspanya, İsveç ve Fransa'da üretilmiş olup bu üretimin katkısı yaklaşık 4100 MW olarak ölçülmüştür (Wilkes & Moccia, 2013). 2017 yılı, Avrupa'daki toplam kurulu kapasiteyi önemli ölçüde artıran ilk denizüstü rüzgâr adası projesinin geliştirilmesi de dâhil olmak üzere çeşitli nedenlerle bu rüzgâr enerjisi sektörü için en verimli yıllardan biri olmuştur. Ek olarak, Almanya ve Hollanda gibi ülkeler bu alandaki yatırımları teşvik eden yeni ekonomik düzenlemeler getirmiştir. 2017 yılı aynı zamanda Kuzey Avrupa ve daha sonra Asya, Kuzey Amerika ve diğer ülkelere uzanan denizüstü rüzgâr enerjisi sektörünün ciddi şekilde genişlemesine işaret eden bir yıl olmuştur. 2017 yılsonu itibarıyla Avrupa'nın 11 ülkesindeki denizüstü rüzgâr enerjisi üretimi 15780 MW ile dünya genelinin %84'ünü oluşturmuştur. Geri kalan %16'lık kısmın büyük bir bölümü, Çin, ardından Vietnam, Japonya, Güney Kore ve Amerika Birleşik Devletleri tarafından üretilmiştir (DeCastro, 2019). 2018 yılında, İngiltere denizüstü rüzgâr enerjisi sektöründe 8 GW ile yıllardır süre gelen birinciliğini korumuştur. İngiltere'yi sırasıyla Almanya, Çin, Danimarka ve Belçika takip etmiştir. Ardından diğer sekiz Avrupa ülkesi, dört Asya ülkesi ve Amerika Birleşik Devletleri gelmektedir. 2019 yılında Avrupa'da gerçekleştirilen yeni denizüstü rüzgâr çiftlikleri ile 3627 MW'lık yeni bir kapasite artışı gerçekleşmiştir (Ramírez vd., 2019).

Karasal rüzgâr enerjisi sistemlerinin tecrübelerinden yola çıkılarak yapılan analizler sonucunda, denizin üzerinde oluşan rüzgârların karada gerçekleşen rüzgârlara göre daha fazla hıza sahip olduğu ve tüm yıl süresince de oldukça düzenli bir rüzgâr rejimine sahip olduğu fark edilmiştir. Bu ortaya çıkan durum, bu konularda çalışan biliminsanlarının denizin üstünde rüzgâr enerjisi santrali inşa edilmesiyle ilgili araştırmalarının artmasına sebep olmuştur. Ayrıca karasal rüzgâr enerjisi santrallerinde olduğu gibi toprak alanlara ihtiyaç duyulmaması, gürültü ve görüntü kirliliğine sebep olmaması gibi yönler de denizüstü rüzgâr türbinlerinin avantajları olarak kabul edilmiştir. Fakat ilk yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyeti açısından da karasal rüzgâr türbini santrallerine göre dezavantajlı olduğunu söylemek gerekmektedir (Özdilim, 2017; Anaya-Lara, 2018).

Dünyada denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyeli henüz tam olarak kullanılmaya başlanmış durumda değildir. Ancak gelişen teknolojilerle birlikte denizin içinde de çok sayıda santraller kurulmaya başlanmıştır. Bunun sonucu olarak son yıllarda tüm dünya genelinde denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerine ciddi yatırımlar ve planlamalar gerçekleştirilmektedir.

3.7.1. Deniz Derinliği ve Temel Seçimi

Suyun derinliği, denizüstü rüzgâr türbini ve temeli seçiminde santraller için çok önemli bir etkendir çünkü derinlik arttıkça türbin kurulumu gittikçe zorlaşmaktadır ve maliyet artmaktadır. Günümüzde denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumu 50 m derinliğe kadar uygulanmaktadır. Ayrıca bu santrallerin, yüksek rüzgâr hızlarına ve dalgalara karşı dayanıklı olması için temel yapılarının çok güçlü olması gerekir. Bunun için farklı derinliklerde ve taban yapılarında kullanılmak üzere beş adet temel çeşidi geliştirilmiştir (Özdilim, 2017).

3.7.1.1. Yerçekimi Merkezli (Gravity) Temel

Genellikle beton veya çelikten yapılır. Deniz derinliğine ve rüzgâr türbinin kapasitesine göre ağırlığı 500 ile 1500 ton arasında değişmektedir. Bu temel çeşidi, sakin ve derin olmayan sular için geliştirilmiştir. Kütle ve maliyet neredeyse suyun derinliğinin karesi ile arttığından bu tip temellerin kullanıldığı derinlik genellikle 10 m civarındadır.

3.7.1.2. Tekil Kazık (Monopile) Temel

Deniz tabanına hidrolik bir çekiç yardımıyla çakılan çelik borudan oluşur. Bu çelik boru 4-6 m çapa ve 175-1000 ton arasında ağırlığa sahiptir. Tekil kazık temellerin kullanılması için deniz tabanının kum veya balçık olması gerekir. Bundan dolayı deniz tabanı hazırlığına gerek yoktur ve düşük maliyetlidir. Denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinde en yaygın olarak kullanılan bu temel tipi 25 m derinliğe kadar uygulanabilir.

3.7.1.3. Üç Ayak (Tripod) Temel

Bir çelik borunun üç ayak ile desteklenecek şekilde dizaynı yapılmış temel çeşididir. Üç ayak temellerin mukavemeti yüksektir ve her ayak deniz tabanına çakılır. Bundan dolayı düzensiz deniz tabanlarında bile dayanıklılığı çok yüksektir. 20-40 m derinliğe sahip bölgelerde kullanımı yaygındır. Maliyeti yerçekimi merkezli ve tek kazık temellere göre biraz daha yüksektir.

3.7.1.4. Ceket (Jacket) Temel

Rüzgâr türbini, dört ayaklı bir platform üzerine yerleştirilir ve bu platformun tüm ayakları deniz tabanına çakılmaktadır. Karmaşık bir konstrüksiyona sahip olan ceket temel tipi 20-50 m derinliğe sahip denizlerde kullanılır.

3.7.1.5. Yüzer (Floating) Temel

Karadan uzaklaştıkça rüzgârlar daha güçlenir ve rüzgâr rejimi karanın etkilerinden kurtulduğu için daha düzenli hale geçer. Bu sebeple karadan daha uzak sularda kurulacak türbinlerin daha yüksek verimli çalışacağı bilinmektedir fakat diğer temel tipleri ile 50 m.'den daha derin sularda kurulum yapılması mümkün değildir. Yüzer temel çeşidi bu soruna bir çözüm olarak geliştirilmiştir. Türbin deniz tabanına özel halatlarla bağlanmaktadır. Henüz dünya genelinde kullanımı yeni başlamış olan bu tasarımın ilk örnekleri Kuzey Denizi'nde Danimarka açıklarında bulunmaktadır.

ŞEKİL 9. Yerçekimi Merkezli Temel

Kaynak: Özdilim (2017)

ŞEKİL 10. Tekil Kazık Temel

Kaynak: Özdilim (2017)

ŞEKİL 11. Üç Ayak Temel

Kaynak: Özdilim (2017)

Zamanla, denizüstü rüzgâr türbinleri daha farklı ve özel bir teknolojiye dönüşmüştür. Açık deniz türbinleri, nispeten yüksek miktarda denize erişim maliyeti göz önüne alındığından, bakım gereksinimlerini azaltmak için daha farklı özelliklere sahip olarak tasarlanmışlardır. Aynı zamanda, açık deniz rüzgâr çiftlikleri, arazi kullanım baskılarından, çeşitli çevreci görüşler hakkında ortaya çıkan endişeler ve ulaşım / altyapı kısıtlamaları dâhil olmak üzere karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin karşılaştığı sorunlardan daha azıyla karşılaşmaktadır. Bu nedenle, karadaki benzer santrallerden çok daha yüksek kapasite faktörleri üretebilen sistemler haline gelmişlerdir.

Uzun yıllar boyunca, açık deniz rüzgârı enerjisi üretimi, MWh başına 150 ila 200 dolar arasında değişen üretim maliyetleri ile karasal olarak elde edilen rüzgâr enerjisine göre daha pahalıydı. Teknolojik gelişmeler, ölçek ekonomileri ve piyasadaki olgunlaşma sayesinde fiyatlar düşmeye devam etmiştir. Tedarik zincirleri, daha iyi satın alma stratejileri ve kamu hizmetleri, petrol ve gaz sektörlerinden birçoğu dâhil olmak üzere büyük ve sofistike proje geliştiricilerin çabaları olmasına rağmen, bugüne kadar açık deniz rüzgâr endüstrisi büyük ölçüde Avrupa ve Çin ile sınırlı kalmıştır (ESMAP, 2019).

Fiyatlar düşmeye devam ettikçe, denizüstü rüzgâr santralleri gelişmekte olan piyasalarda giderek daha fazla ilgi görmektedir. Tahminler, açık deniz rüzgârının 2019›dan 2024›e yılda 7 ila 11 GW ekleyeceğini ve 2025›ten 2030›a kadar 15 ila 21 GW / yıl arasında olacağını göstermektedir.

Açık deniz rüzgâr enerjisi sektörü, karasal rüzgâr türbini ve ilgili endüstrilerden toplanan uzmanlıklar üzerine inşa edilmiştir. 2000›lerin başında, Birleşik Krallık o zamanın en büyük karasal rüzgâr türbinlerini olan 2 MW gücündeki türbinleri seçerek, bu rüzgâr türbinleri ile açık deniz üzerinde rüzgâr enerjisi uygulamalarına başlamıştır (ESMAP, 2019).

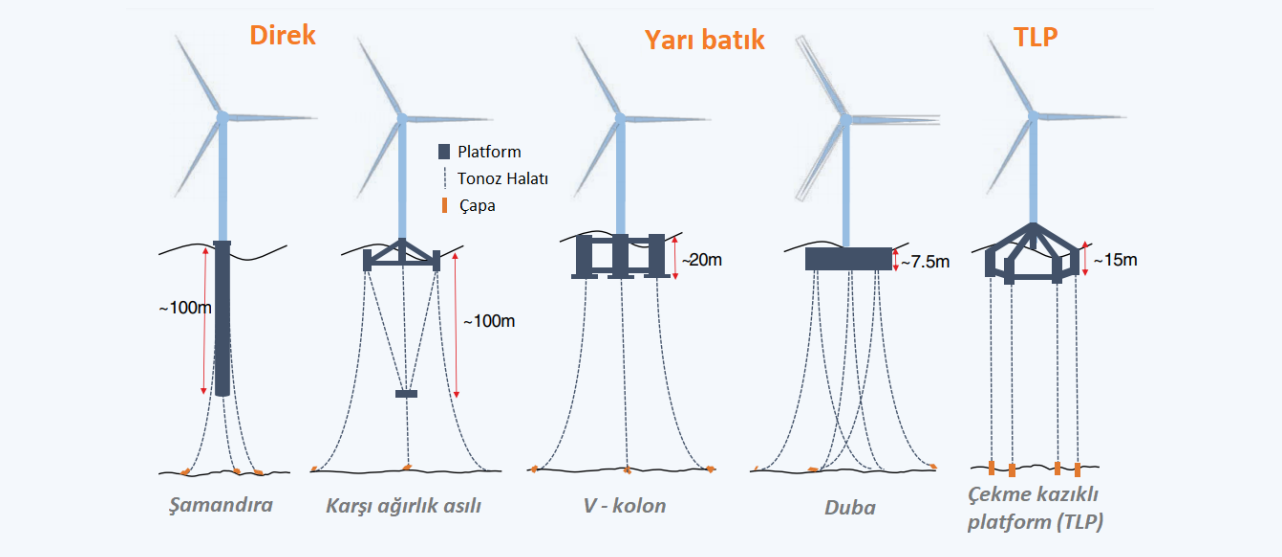
ŞEKİL 12. Ceket Temel

Kaynak: Özdilim (2017)

ŞEKİL 13. Yüzer (Floating) Temel

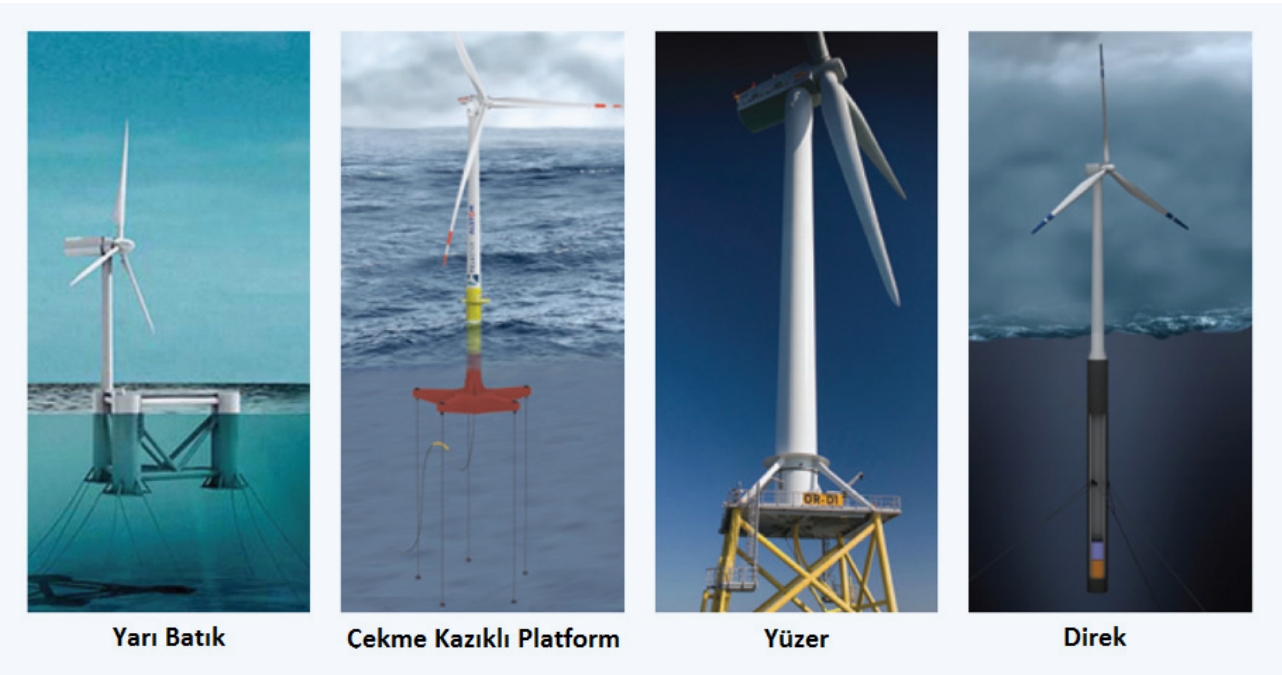
Kaynak: Özdilim (2017)

ŞEKİL 14. Denizüstü Rüzgâr Türbini Temel Tipleri



Kaynak: ESMAP (2019)

ŞEKİL 15. Denizüstü Rüzgâr Türbinleri



Kaynak: Energy Technologies Institute (2015)

Rüzgâr türbini kurulum gemileri, özellikle kaldırma mavnaları, açık deniz petrol endüstrisinden getirilerek kullanılmıştır, ancak bu sistemler hem kaldırma kapasitesi hem de erişim açısından sınırlı kapasiteye sahip olan sistemlerdir. Proje geliştiriciler okyanustaki projeleri planlanmasına, kurulum ve işletilmesine ve nispeten karmaşık lojistik gereksinimlerine aşina olmadığından, ilk gerçekleştirilen projeler çok pahalı olma eğiliminde idi ve bu sebeplerden dolayı projelerin oluşumu beklenenden daha uzun sürmüştür (ESMAP, 2019).

Denizüstü rüzgâr türbini teknolojilerindeki gelişmeler ve yenilikler ilerlemeye devam etmiştir. Yeni "yüzer denizüstü rüzgâr" teknolojileri (Şekil 15), sektördeki

birçok uzman tarafından bir sonraki adım olarak görülmektedir. Yüzen rüzgâr türbin temelleri henüz emekleme aşamasında olmasına rağmen mükemmel bir potansiyele sahiptir. Bu tip temellere sahip geliştirilen rüzgâr türbinleri 50 m ila 1.000 m derinlik arasındaki sulara kurulabilecek esnekliğe sahiptir. Şimdiye kadar hakim olan sabit temel teknolojisine uygun olmayan derin su alanlarının da önünü açılabilecek ve yeni yenilebilir enerji kaynak alanları oluşturulabilecektir (ESMAP, 2019).

Tablo 7'de paylaşılan Enerji Teknolojileri Enstitüsü tarafından ortaya konmuş Yüzer Platform Sistemi bilgilerine göre; proje ile sağlanan veriler ve düşünceler, yüzen açık deniz rüzgâr teknolojilerinin Birleşik Krallık'taki 50 m.'den daha derin sularda, daha önce erişilemeyen ve kullanılamayan yüksek rüzgâr potansiyeli bulunan enerji kaynak alanlarına uygun ve rekabetçi maliyetlerle erişebildiğini göstermiştir (Energy Technologies Institute, 2015).

Ayrıca, sığ su konumlarında (yaklaşık 30 m) mevcut sabit temel yaklaşımlarının kullanımının, genellikle yüzen teknolojilere tercih edildiğini göstermiştir. Bu nedenle, Birleşik Krallık'ta önemli ölçüde uzun vadeli açık deniz rüzgâr yayılımı sağlamanın en uygun yolu, sığ sularda sabit temel sistemlerinin bir karışımı ve daha yüksek rüzgâr derinliklerinde (kıyıdan 12 km ila 100 km arasındaki) çeşitli yeni yüzer platform teknolojilerinin konuşlandırılması olacaktır.

TABLO 7. Yüzer Rüzgâr Türbini Teknolojileri Karşılaştırması

	Çekme Kazıklı Platform (Leg Tension Platform)	**Yarı Batık (Semi-Submercible)**	**Direk (Spar)**	**Yüzer (Floater)**
Genel açıklama	Gerilmiş iplerle yerinde tutulan Suya batırılmış yüzer yapı	Dalga yüksekliğinin üzerinde bir çalışma platformuna bağlı batık balastlı yapılar	Katener ipleri ile sabitlenmiş balastlı bir yapı	Katener ipleri ile sabitlenmiş yarı mobil balastlı yapı
6MW Tipik Kütle (ton)	1100	2500	11500	1900
Stabilite (i)	+ + + + +	+ +	+ + + +	+ + +
THS (ii) (tüm uygulamalar)	4	7	7	4
Minimum Su Derinliği (m)	>50	50	80	30
Yorumlar	Sabitleme sistemi ve bağlama karmaşıklığı zorlukları	Aktif dengeleme sistemi karmaşıklığı maliyeti artırır	Kurulum, İngiltere sularında uygulamayı sınırlayan korunaklı derin su alanına ihtiyaç duyar	Genellikle türbin güvenilirliğine yardımcı olan gelişmiş stabilite için amortisörler içerir

i. Stabilite, dış kuvvetlerden kaynaklanan hareket miktarı anlamına gelir. Daha fazla stabilite, daha fazla yıldızla gösterilir.

ii. Teknolojiye Hazırlık Seviyesi, teknoloji geliştirme olgunluğunu tanımlamanın bir yöntemidir (1 – 9).

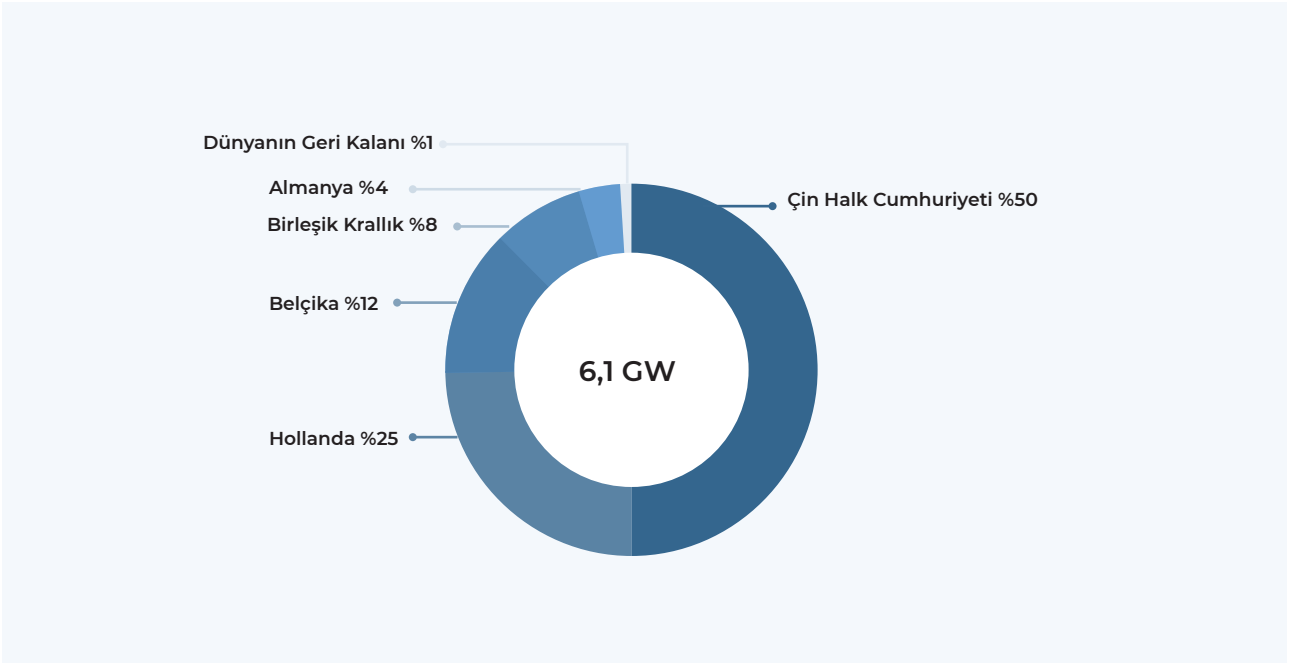
Kaynak: Energy Technologies Institute (2015)

3.8. Küresel Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Pazar Durumu

Tüm dünyayı derinden etkileyen COVID-19 pandemisine rağmen, 2020 yılı yeni eklenen 6 GW'lık kapasite ile küresel denizüstü rüzgâr endüstrisi için tarihin en iyi ikinci yılı olmuştur ve sektördeki büyüme eğilimi devam etmiştir. Her ne kadar yeni planlanan denizüstü rüzgâr enerjisi kapasitesi 2019 yılına göre düşük olsa da; 2020'de 7 GW'den fazla denizüstü rüzgâr enerjisi ihalesi başlatılmış ve bu kapasitenin 5.5 GW'si ABD'deki New Jersey, New York ve Rhode Island'da devletin talepleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Küresel denizüstü rüzgâr enerjisi pazarı gerçekleştirilen yeni kurulumlar sayesinde 2016 yılında 2,2 GW ile %4 olan pazar payını 2020 yılında 6,1 GW ile %7'ye çıkarmıştır (GWEC, 2021). Global Denizüstü Wind Report'a göre dünya çapında 146 denizüstü rüzgâr çiftliği faaliyettedir (WFO, 2020).

Çin, 2020'de 3 GW'ın üzerinde kapasiteye sahip yeni denizüstü rüzgâr çiftliği kurulumları gerçekleştirerek arka arkaya üçüncü kez yeni denizüstü rüzgâr çiftliği kurulumları açısından dünyaya liderlik etmiştir. Böylece Almanya'yı geride bırakarak dünyanın ikinci en büyük denizüstü rüzgâr enerjisi pazarı haline gelmiştir. Birleşik Krallık ve Almanya 483 MW ve 237 MW'lık yeni kurulumları ile 2020'de yeni kurulumlar açısından dünyada 4. ve 5. sırayı almışlardır. Birleşik Krallık toplam denizüstü rüzgâr enerjisi kapasitesi açısından ise birinci sırada yer almaktadır (GWEC, 2021). Yeni kurulumlar açısından ilk beş ülke Şekil 16'da, toplam (kümülatif) kurulumlar açısından ilk beş ülke sıralaması ise Şekil 17'de gösterilmektedir.

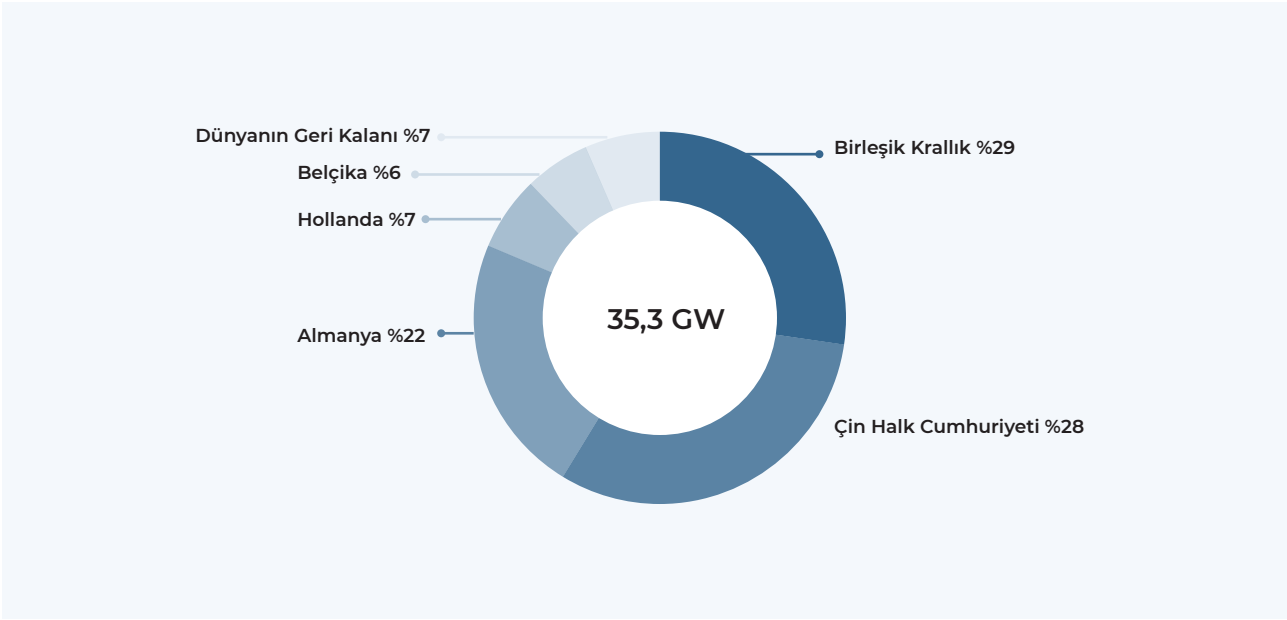
ŞEKİL 16. Ülkelere Göre Yeni Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Kurulumları



Kaynak: GWEC (2021)

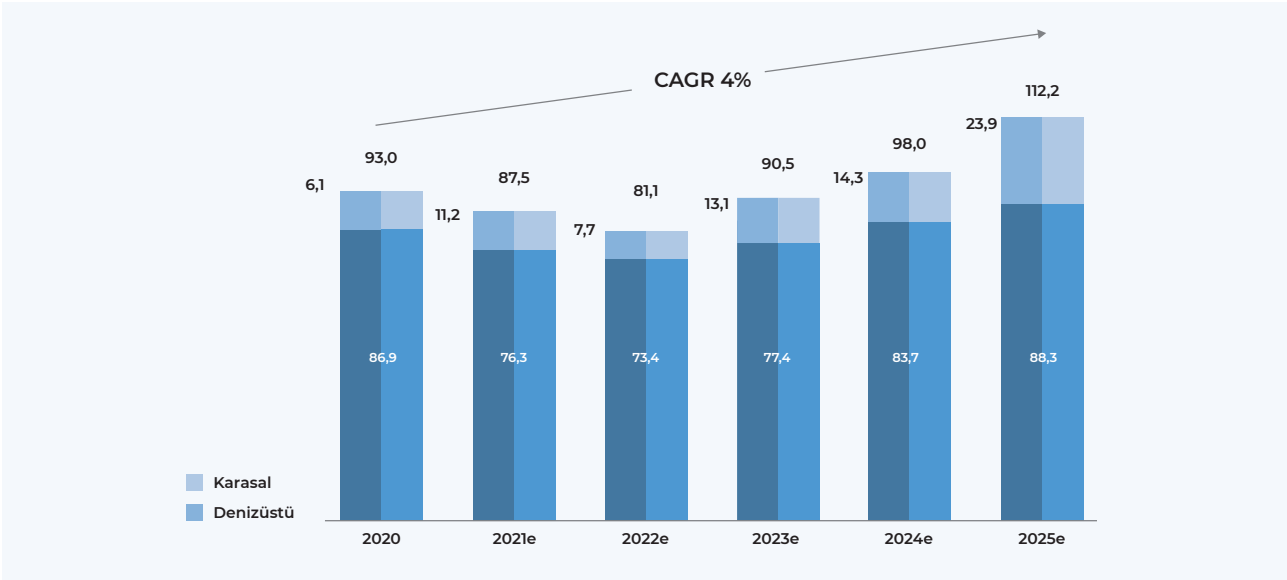
Rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili gelecek öngörüleri incelendiğinde piyasa görünümü olumlu olmaya devam etmektedir. Önümüzdeki beş yıl için yıllık bileşik büyüme oranı (Compound Annual Growth Rate) %4 olarak hesaplanmıştır ve Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi (GWEC Market Intelligence) önümüzdeki beş yıl içinde sektöre 469 GW'ın üzerinde yeni kapasite eklenmesini beklemektedir. Bu beklenti, 2025'e kadar her yıl yaklaşık 94 GW'lık yeni kurulum anlamına gelmektedir (GWEC, 2021).

ŞEKİL 17. Ülkelere Göre Toplam Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Kurulumları



Kaynak: GWEC (2021)

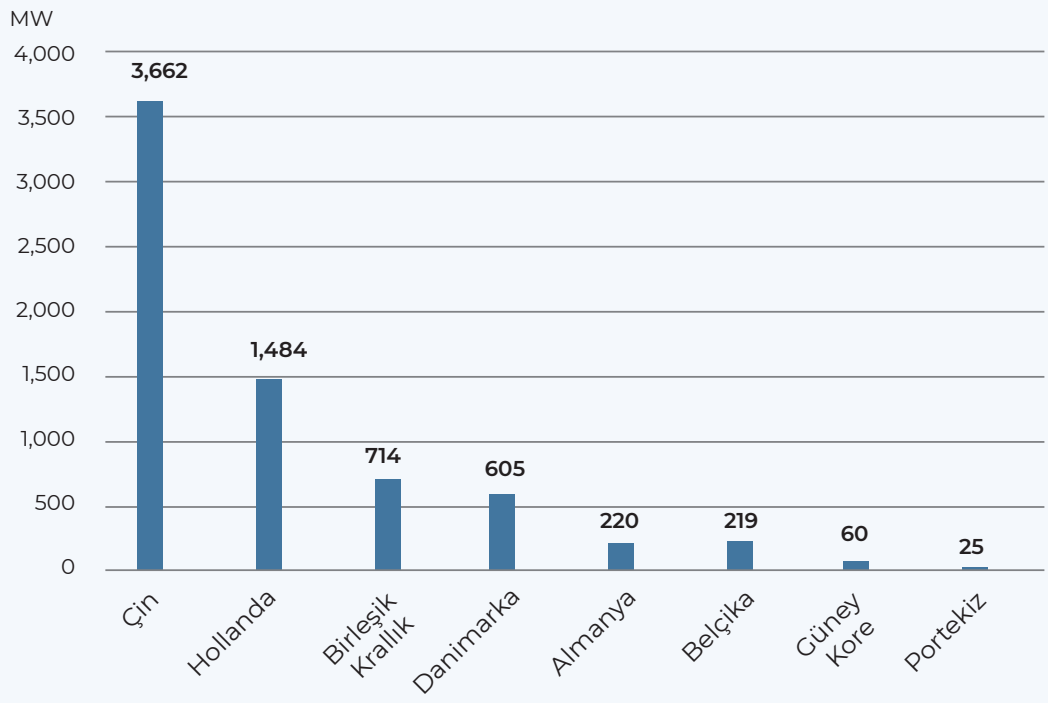
ŞEKİL 18. Yeni Rüzgâr Enerjisi Tesislerinin Görünümü 2020-2025 (GW)



** CAGR = Compound Annual Growth Rate / Yıllık Bileşik Büyüme Oranı*

Kaynak: GWEC (2021)

ŞEKİL 19. Yapım Aşamasında Olan Küresel Denizüstü Rüzgâr Kapasitesi (2019)



Kaynak: WFO (2020)

Küresel yüzer denizüstü rüzgâr enerjisi sektörü incelendiğinde dünyanın ilk MW ölçekli yüzer denizüstü rüzgâr türbininin, 2009 yılında Norveç'te Equinor tarafından şebekeye bağlanmış olduğu görülmektedir. 2019 yılı itibari ile dünya genelinde 32 MW'ı İngiltere'de, 19 MW'ı Japonya'da, 10.4 MW'ı Portekiz'de, 2.3MW'sini Norveç'te ve 2 MW'ı Fransa'da olmak üzere toplam 65,7 MW yüzer rüzgâr türbini kurulmuştur. 2020 yılında ise Portekiz 16,8 MW'lık iki yeni yüzer denizüstü rüzgâr türbinini devreye sokmuştur. Ayrıca, Birleşik Arap Emirlikleri'nden Plambeck Emirates isimli yenilenebilir enerji çözümleri sunan şirket İtalyan Saipam çok uluslu petrol hizmetleri şirketi ile Suudi Arabistan hükümeti için 500 MW'lık bir yüzer denizüstü rüzgâr çiftliği tasarlamak ve geliştirmek amacıyla mutabakat anlaşmasına varmıştır. Yüzer denizüstü rüzgâr türbinlerinin tabanlarında kullanılan malzemeler petrol ve gaz endüstrisinden elde edilmektedir. Bu yüzden bu sektörlere yapılan yatırımların yüzer denizüstü rüzgâr türbini tesislerinin ticarileşme ve sanayileşme hızını artırması beklenmektedir (GWEC, 2020; GWEC, 2021).

Şu anda İngiltere, Portekiz ve Japonya, toplam yüzer denizüstü rüzgâr türbini kurulumlarında ilk üç pazarı oluşturmaktadır. Yüzer rüzgâr enerjisinin toplam rüzgâr tesislerine mevcut katkısı oldukça küçüktür, ancak 2030'da küresel yeni rüzgâr tesislerinin % 6'sını oluşturarak önümüzdeki 10 yılın sonuna doğru giderek daha önemli bir rol oynayacaktır. 2030 yılı yüzer denizüstü rüzgâr enerji sektörü tahmini, 3 GW ile yaklaşık 19 GW arasında değişmektedir. Önümüzdeki 10 yıl içinde 6,2 GW'lık yüzer rüzgâr çiftliği inşa edileceğini tahmin edilmektedir (GWEC, 2020).

TABLO 8. Önümüzdeki Üç Yıl İçinde Devreye Girecek Yüzer Rüzgâr Çiftlikleri

ÜLKE	RÜZGÂR ÇİFTLİĞİ	KAPASİTE	TÜRBİN SAYISI (MW)	BEKLENEN İŞLETME TARİHİ
Fransa	Éoliennes Flottantes de Groix	28.5	3	2022
	EFGL	30	3	2023
	EolMed	30	3	2023
	Provence Grand Large	25	3	2023
Norveç	Hywind Tampen	88	11	2022
Birleşik Krallık	Kincardine	50	5	2021

Kaynak: Wind Europe Community (2021a)

ŞEKİL 20. Küresel Yüzer Denizüstü Rüzgâr Kaynağı Haritası

Kaynak: GWEC (2020)

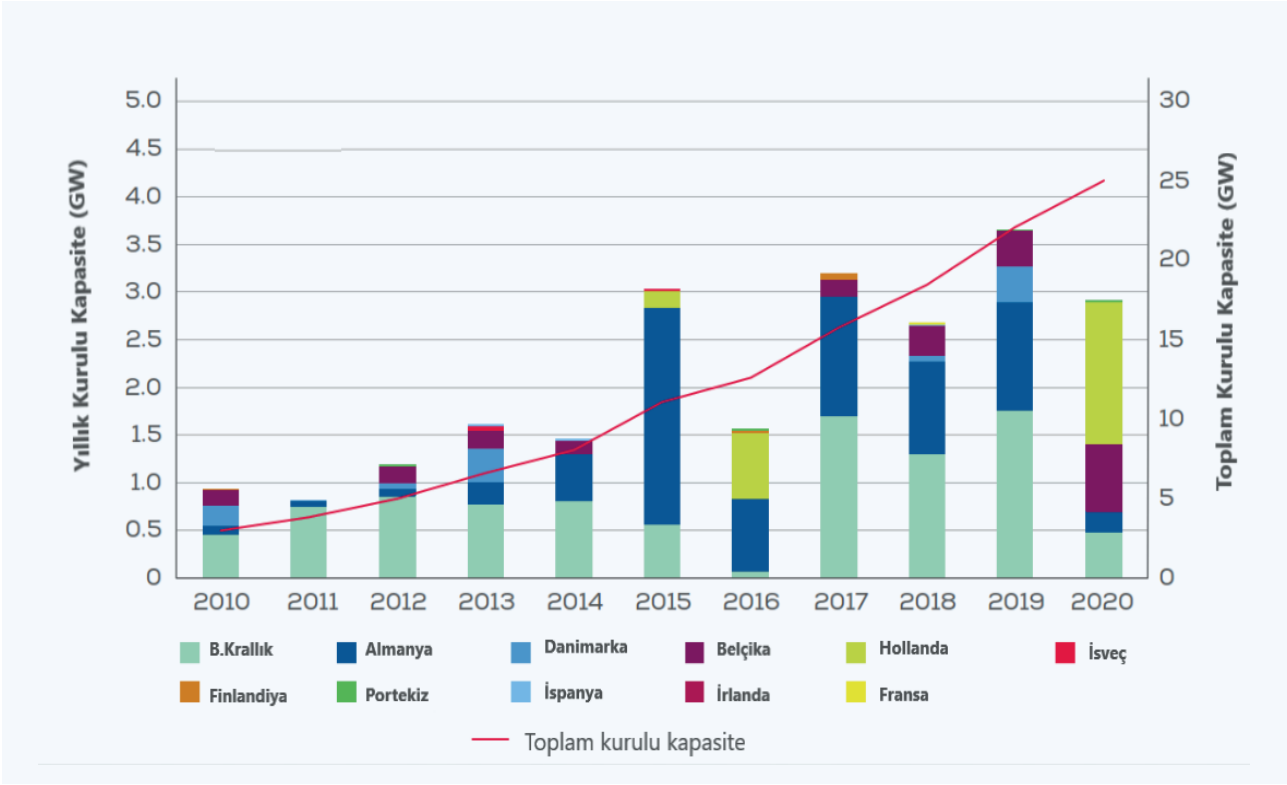
3.8.1. Avrupa Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü

Avrupa, denizüstü rüzgâr endüstrisinin ilk ortaya çıktığı bölgedir. Dünyanın ilk denizüstü rüzgâr türbini 1991'de Danimarka'da kurulduğundan beri, Avrupa hem denizüstü rüzgâr kurulumlarında hem de türbin teknolojisi yeniliklerinde liderliği elinde bulundurmaktadır. Geçtiğimiz 10 yılda, Avrupa denizüstü rüzgâr enerjisi pazarı, %11 yıllık büyüme yaşayarak, 2019'un sonunda dünyanın en büyük bölgesel pazarı haline gelmiştir. Avrupa, 2019 yılı sonu itibarıyla en büyük denizüstü rüzgâr enerjisi pazarı olmaya devam etmekte ve toplam küresel denizüstü rüzgâr

enerjisi santrali kurulumlarının %75'ini oluşturmaktadır (GWEC, 2020).

Avrupa, 2020 yılı boyunca dokuz rüzgâr çiftliğinde şebekeye bağlı 356 yeni denizüstü rüzgâr türbininden oluşan 2,9 GW denizüstü rüzgâr kapasitesi eklemiştir. Avrupa'da şu anda 12 ülkede şebekeye bağlı 5.402 rüzgâr türbinine karşılık gelen 25 GW'lık toplam kurulu denizüstü rüzgâr kapasitesi mevcuttur. Ørsted (% 17), RWE Yenilenebilir Enerji Kaynakları (% 10), Vattenfall (% 6) ve Macquarie Capital (% 6), Avrupada denizüstü rüzgâr çiftliklerinin en büyük sahipleridir (Wind Europe Community, 2021a).

ŞEKİL 21. Avrupa Ülkelere Göre Yıllık ve Toplam Denizüstü Rüzgâr Kapasitesi



Kaynak: Wind Europe Community (2021a)

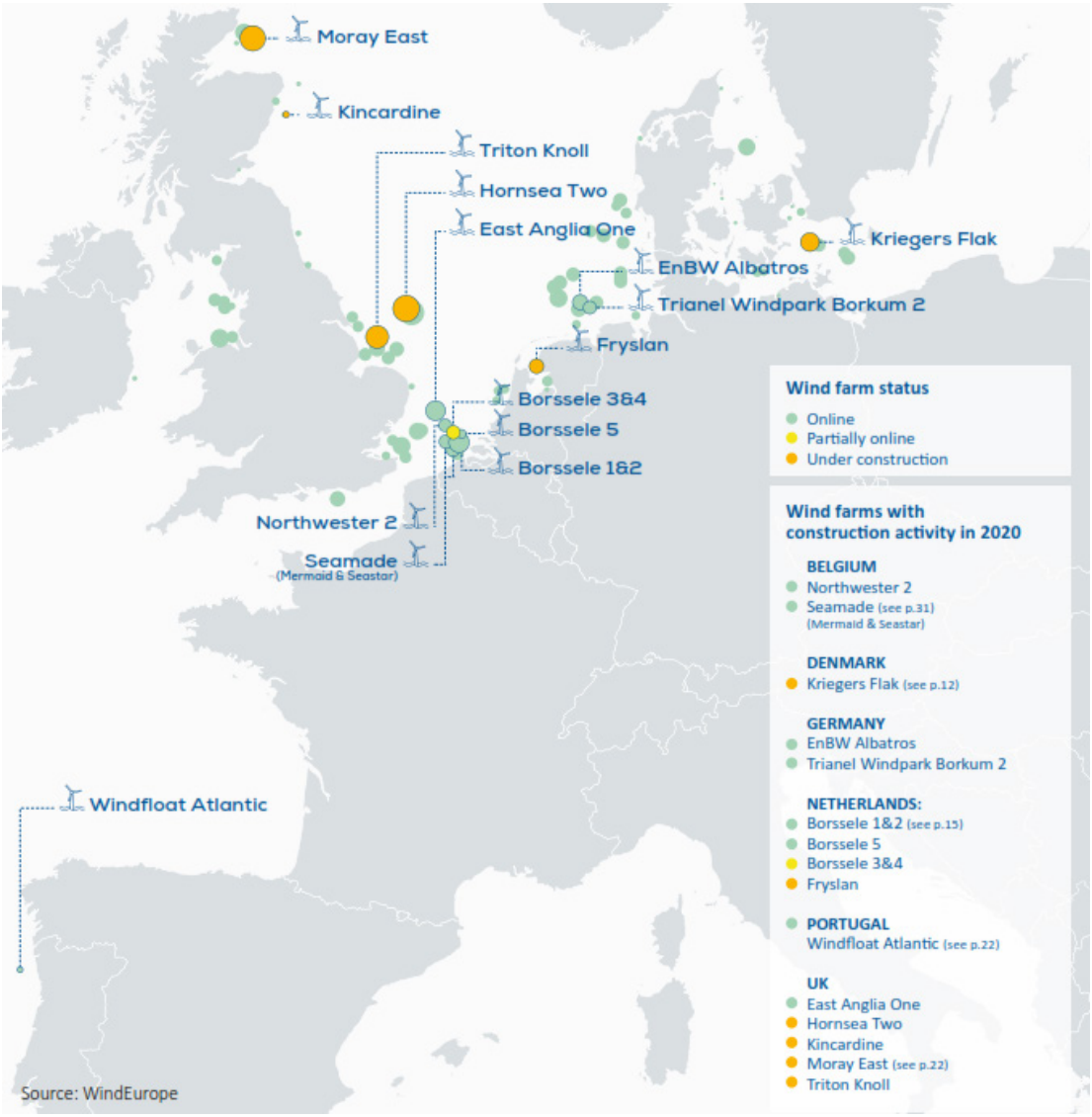
TABLO 9. 2020 Yılı Şebekeye Bağlı Avrupa Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Projeleri

ÜLKE	BAĞLANAN RÜZGÂR ÇİFTLİĞİ SAYISI	KÜMÜLATİF /TOPLAM KAPASİTE (MW)	BAĞLI TÜRBİN SAYISI	2020 YILINDA BAĞLANAN KAPASİTE (MW)	2020 YILINDA BAĞLANAN TÜRBİN SAYISI
Birleşik Krallık	40	10.428	2.294	483	69
Almanya	29	7.689	1.501	219	32
Hollanda	9	2.611	537	1.493	172
Belçika	11	2.261	399	706	81
Danimarka	14	1.703	559	0	0
İsveç	5	192	80	0	0
Finlandiya	3	71	19	0	0

ÜLKE	BAĞLANAN RÜZGÂR ÇİFTLİĞİ SAYISI	KÜMÜLATİF /TOPLAM KAPASİTE (MW)	BAĞLI TÜRBİN SAYISI	2020 YILINDA BAĞLANAN KAPASİTE (MW)	2020 YILINDA BAĞLANAN TÜRBİN SAYISI
İrlanda	1	25	7	0	0
Portekiz	1	25	3	17	2
İspanya	1	5	1	0	0
Norveç	1	2	1	0	0
Fransa	1	2	1	0	0
TOPLAM	**116**	**25.014**	**5.402**	**2.918**	**356**

Kaynak: Wind Europe Community (2021a)

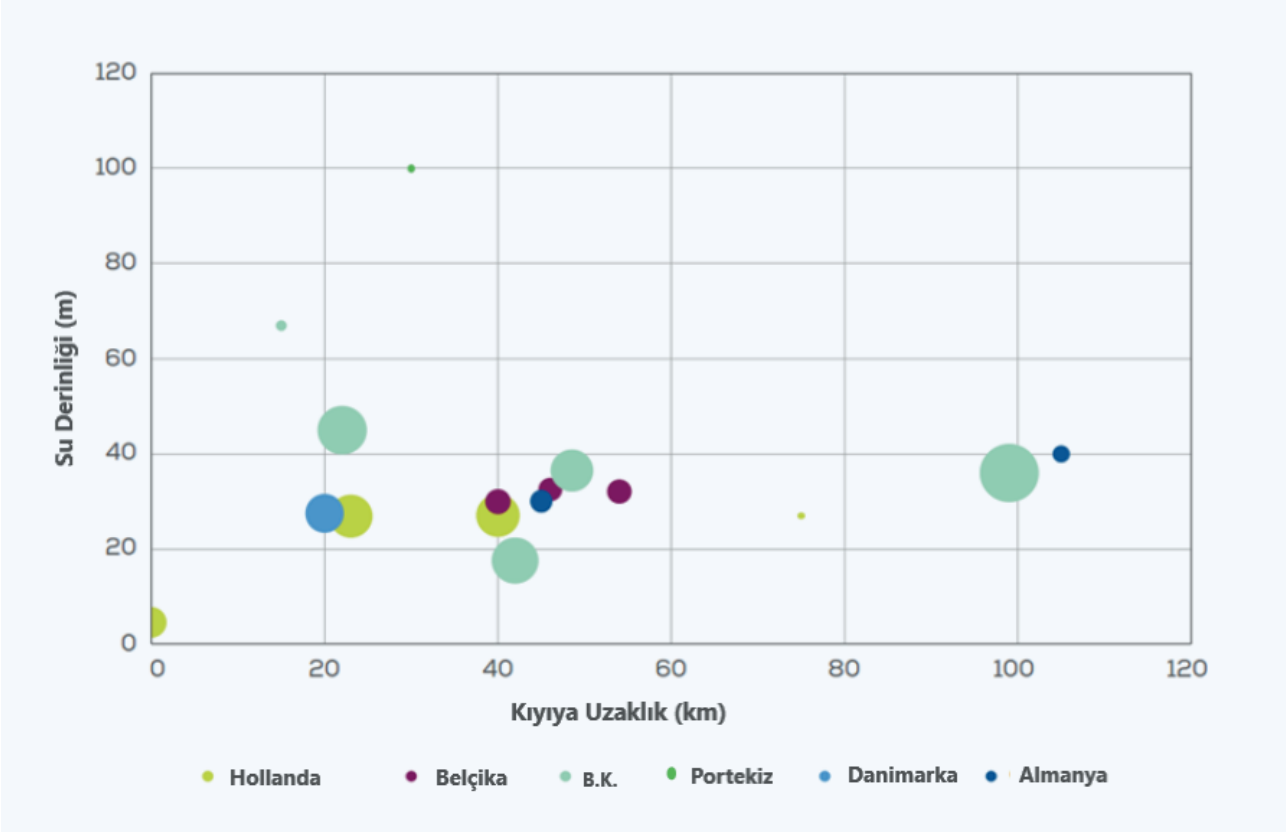
ŞEKİL 22. Avrupa'daki Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri Haritası



Kaynak: Wind Europe Community (2021a)

Açık denizde kıyıdan uzaklaşmak, daha istikrarlı rüzgâr koşullarına sahip daha geniş deniz alanlarını mümkün kılmaktadır ancak iletim maliyetleri, inşaat ve işletme maliyetleri daha pahalıdır. Avrupa'da 2020 yılında yapımı devam eden denizüstü rüzgâr çiftliklerinin ortalama su derinliği, geçen yıla (34 m) göre hafif bir artışla 36 m olmuştur. Kıyıya olan ortalama mesafe ise geçen yıla göre (52 km) azalarak 44 km olmuştur (Wind Europe Community, 2021a).

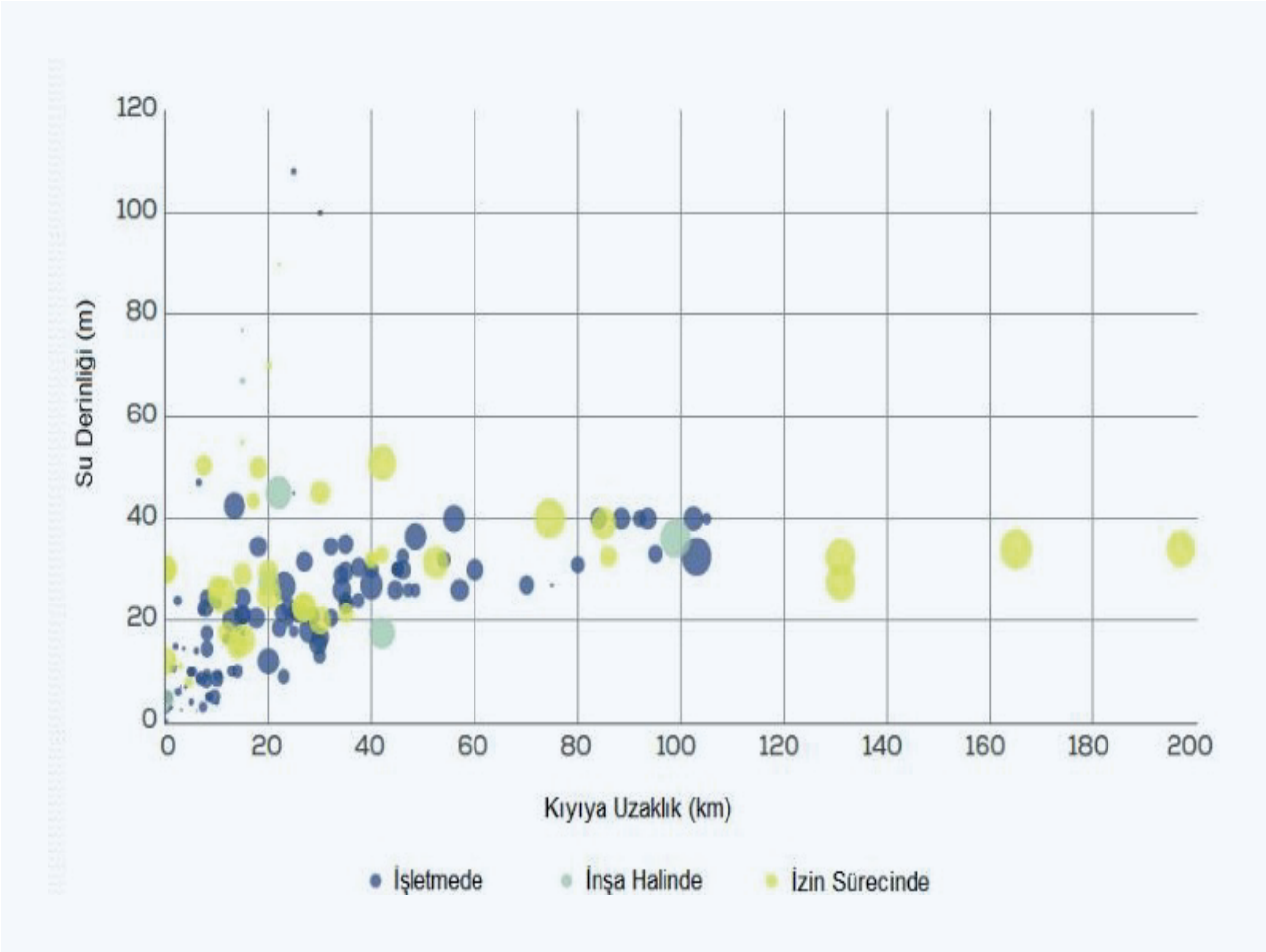
ŞEKİL 23. 2020 Yılı Boyunca Avrupa'da Yapımı Devam Eden Denizüstü Rüzgâr Çiftliklerinin Ortalama Su Derinliği ve Kıyıya Olan Mesafesi



*(*Baloncuğun boyutu sitenin kapasitesini gösterir.)*

Kaynak: Wind Europe Community (2021a)

ŞEKİL 24. Avrupa'daki Tüm Denizüstü Rüzgâr Çiftliklerinin Ortalama Su Derinliği ve Kıyıya Olan Mesafesi

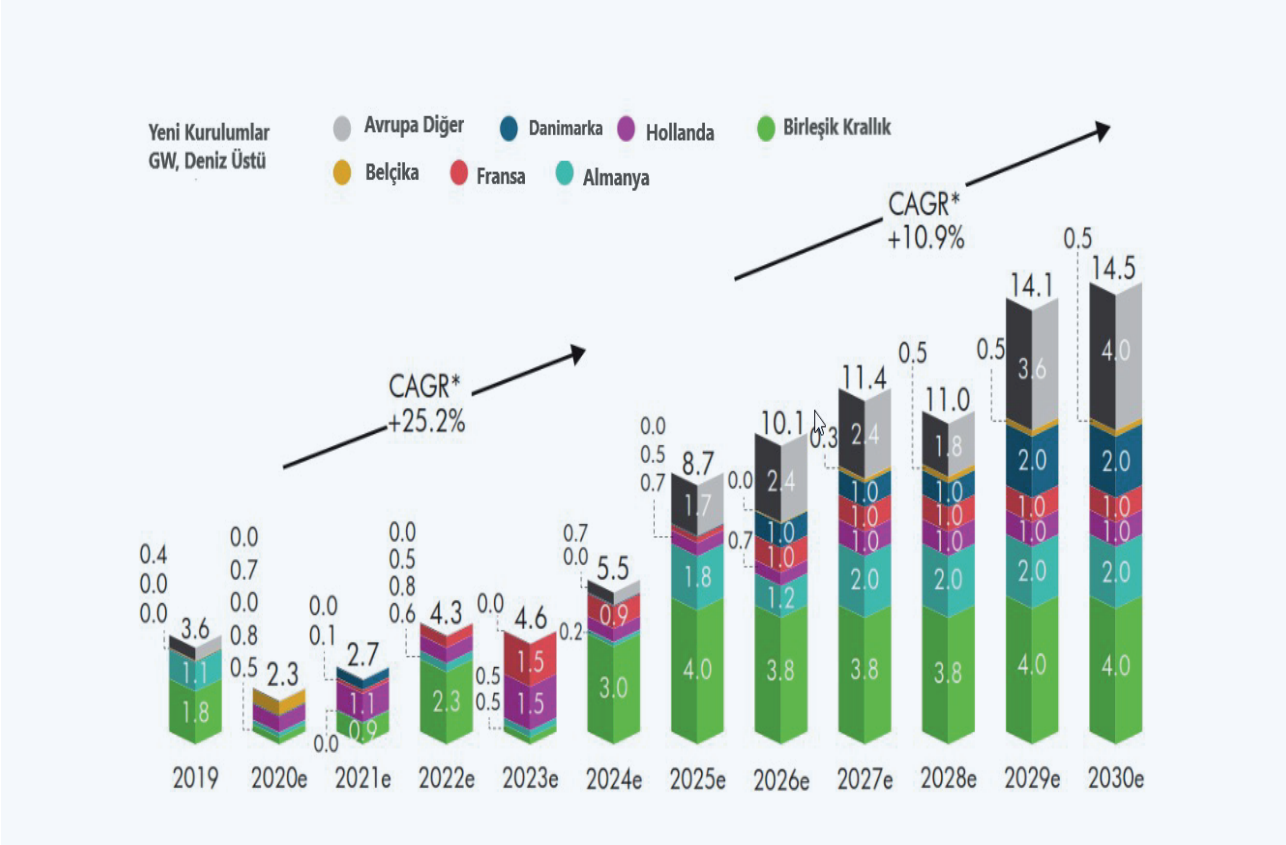


*(*Baloncuğun boyutu sitenin kapasitesini gösterir.)*

Kaynak: Wind Europe Community (2021a)

Önümüzdeki on yıldaki potansiyel büyümeye bakıldığında, Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi (GWEC Market Intelligence), yeni denizüstü rüzgâr enerjisi projelerinin hem inşa edilmesi hem de işletilmesi yeni nükleer enerji ve gazla çalışan enerji santrallerinden daha ucuz olduğu için, Avrupa denizüstü rüzgâr enerjisi piyasasının güçlü bir şekilde büyümeye devam edeceğini tahmin etmektedir. Özellikle Avrupa'da 2023 yılından itibaren İngiltere'de hükümet politikası gereği temiz enerji üretimine yönelik büyük projelerin devreye girmesi ve Doğu Avrupa ülkeleri tarafından 2024 yılından itibaren gerçekleştirilecek yeni projeler ile denizüstü rüzgâr enerjisi sektörünün büyümeye devam etmesi beklenmektedir (GWEC 2020; GWEC 2021).

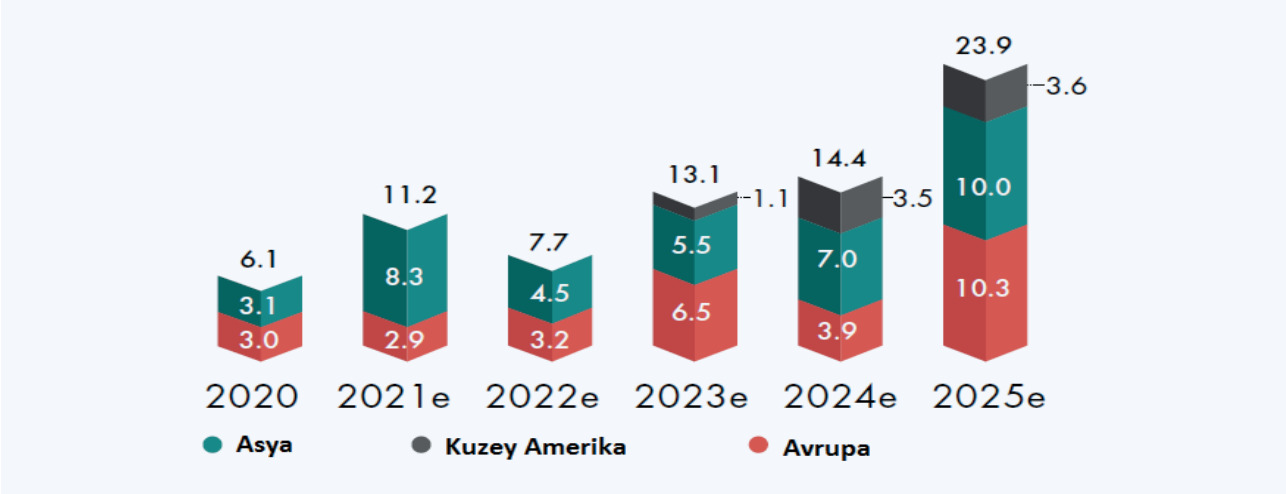
ŞEKİL 25. 2030 Yılı Avrupa Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Büyüme Öngörüleri



** CAGR = Compound Annual Growth Rate / Yıllık Bileşik Büyüme Oranı*

Kaynak: GWEC (2020)

ŞEKİL 26. Bölgesel Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Büyüme Öngörüleri



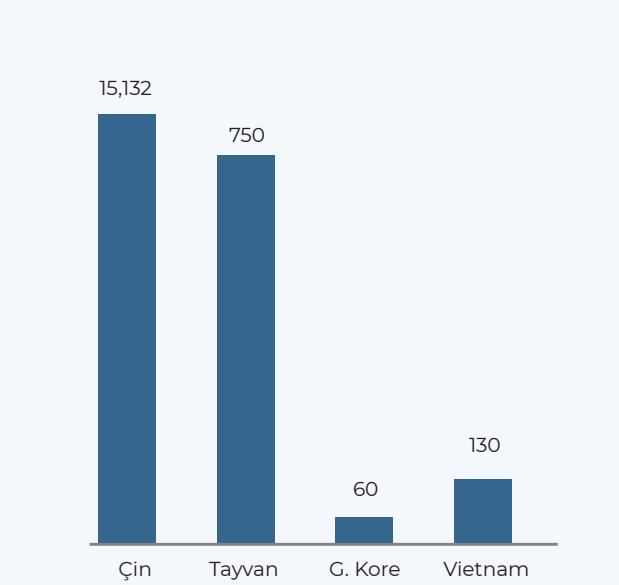
Yeni Kurulumlar (GW) Kaynak: GWEC (2021)

3.8.2. Asya Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü

Çin 2020 yılında rekor kırarak planlanan tüm yeni denizüstü rüzgâr enerjisi kapasitesinin yarısının kurulumunu gerçekleştirmiştir. Gelecek öngörülerine göre Çin önümüzdeki beş yıl içinde de sektöre en büyük katkı sağlayan ülke olmaya devam edecek ve onu Tayvan, Vietnam, Japonya ve Güney Kore izleyecektir.

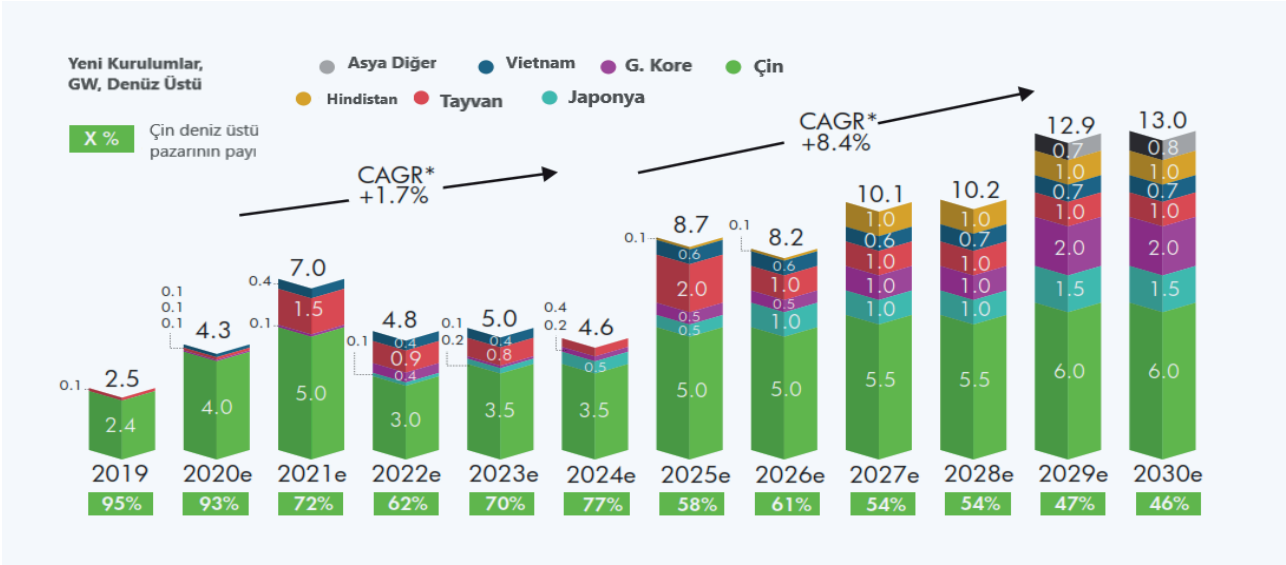
Asya kıtasındaki diğer önemli ülkeler incelendiğinde, Hindistan'da COVID-19 salgınının da etkisiyle arazi edinimi, şebeke bağlantılarının sağlanması ve gerekli izinlerin alınması gibi mevcut konularda yaşadığı zorlukların arttığı ve 2020 yılının zorlu geçtiği görülmektedir. Hindistan'ın yanı sıra Vietnam'ın da beklenen kurulum planları sebebiyle bölgede itici bir güç olarak belirmesi beklenmektedir. Ayrıca, Filipinler ve Endonezya gibi Güneydoğu Asya ülkelerinin ve Kazakistan ve Özbekistan gibi Orta Asya'daki gelişmekte olan pazarların da önümüzdeki yıllarda büyüme göstermesi beklenmektedir (GWEC, 2021).

ŞEKİL 27. Asya'daki Yapımı Devam Eden Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Projeleri (MW, 2020 1. Çeyrek)



Kaynak: GWEC (2020)

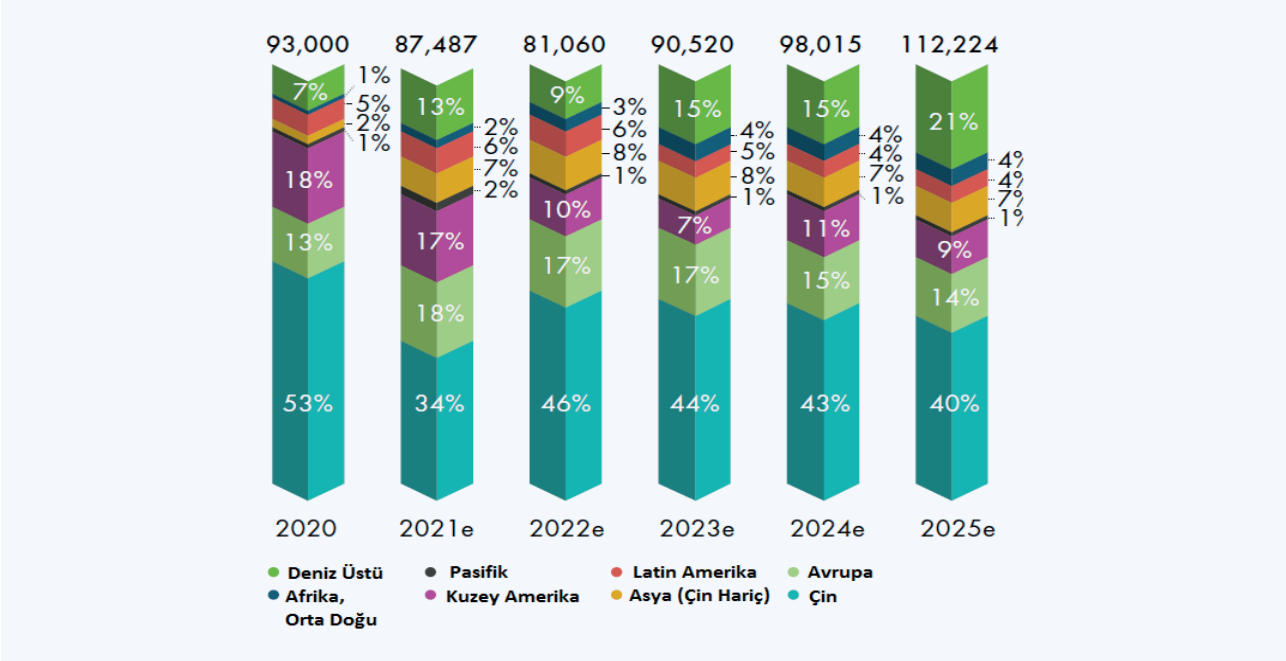
ŞEKİL 28. 2030 Yılı Asya Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Büyüme Öngörüleri



** CAGR = Compound Annual Growth Rate / Yıllık Bileşik Büyüme Oranı*

Kaynak: GWEC (2020)

ŞEKİL 29. Bölgelere Göre Yeni Rüzgâr Enerjisi Tesislerinin Kurulum Öngörüleri (2020-2025)



MW ve yüzde, denizüstü ve karasal

Kaynak: GWEC (2021)

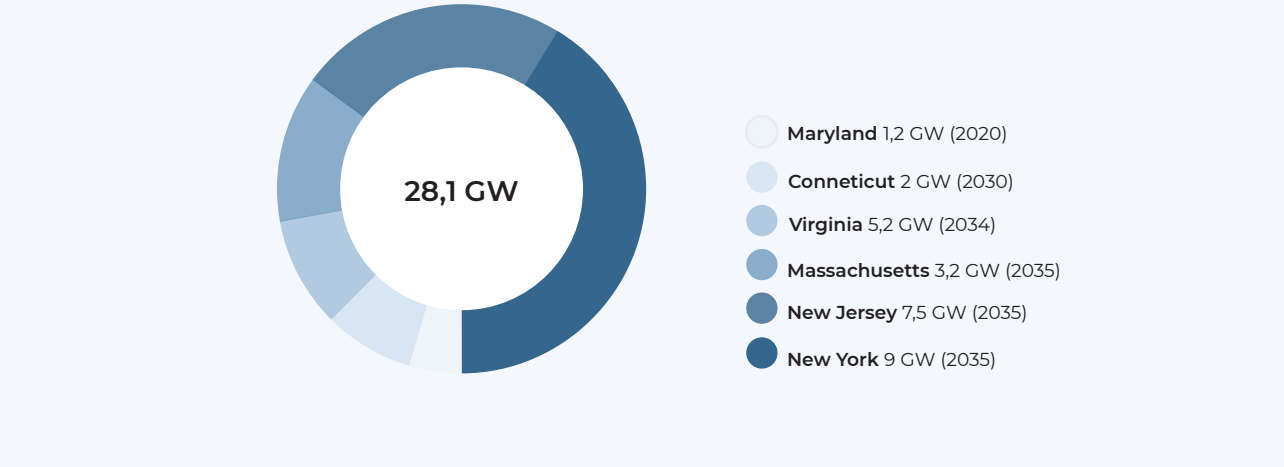
3.8.3. Amerika Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü

ABD denizüstü rüzgâr enerjisi sektörü 2019 yılında büyük ilerleme kaydetmiştir. New York ve New Jersey denizüstü rüzgâr enerjisi hedeflerini yükselttikten ve daha fazla eyalet denizüstü rüzgâr enerjisi hedeflerini açıkladıktan sonra, ülkenin 2018 yılında 9.1 GW olan toplam denizüstü rüzgâr enerjisi hedefleri 2019 yılında 25.4 GW'ye yükselmiştir. 2026 yılına kadar 15'ten fazla denizüstü rüzgâr enerjisi projesinin inşa edilmesi beklenmektedir.

ABD'de Virginia'da 12 MW'lık bir pilot proje, Okyanus Enerjisi Yönetimi Bürosu (BOEM) tarafından onaylanan ve federal sulara kurulan ilk denizüstü rüzgâr enerjisi projesi olarak Haziran 2020'de tamamlanmıştır. Eyalet düzeyinde, Maine, Connecticut, Massachusetts, New York, New Jersey, Delaware, Maryland, Virginia ve Kuzey Carolina'dan oluşan Doğu Yakası (East Coast) kümesi, 2019 yılının ilk çeyreği itibarıyla 28.1 GW'a ulaşan toplam denizüstü rüzgâr tedariği hedefleriyle denizüstü rüzgâr enerjisi için güçlü bir talep yaratmaktadır.

Kuzey Amerika, ilk test denizüstü rüzgâr türbinini 2013 yılında Maine kıyılarında kurmuş ve ilk ticari rüzgâr enerjisi projesini Aralık 2016'da Rhode adasındaki şebekeye (grid) bağlamıştır. Kuzey Amerika, ABD'de 2019 itibarıyla yalnızca 30 MW denizüstü rüzgâr enerjisi kurulumuna sahiptir ancak önümüzdeki yıllarda artacağı öngörülmektedir. Özellikle Joe Biden yönetiminin desteği ile kamu hizmeti ölçeğindeki 800 MW'dan fazla kapasitesi bulunan denizüstü rüzgâr türbini tesislerinin 2023 yılına kadar devreye girmesi ve bu yıldan sonra çoklu GW seviyesinde yeni tesislerin inşa edilmesi beklenmektedir (GWEC, 2020; GWEC, 2021).

ŞEKİL 30. ABD'de Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Sektörü Geliştirme Hedefleri



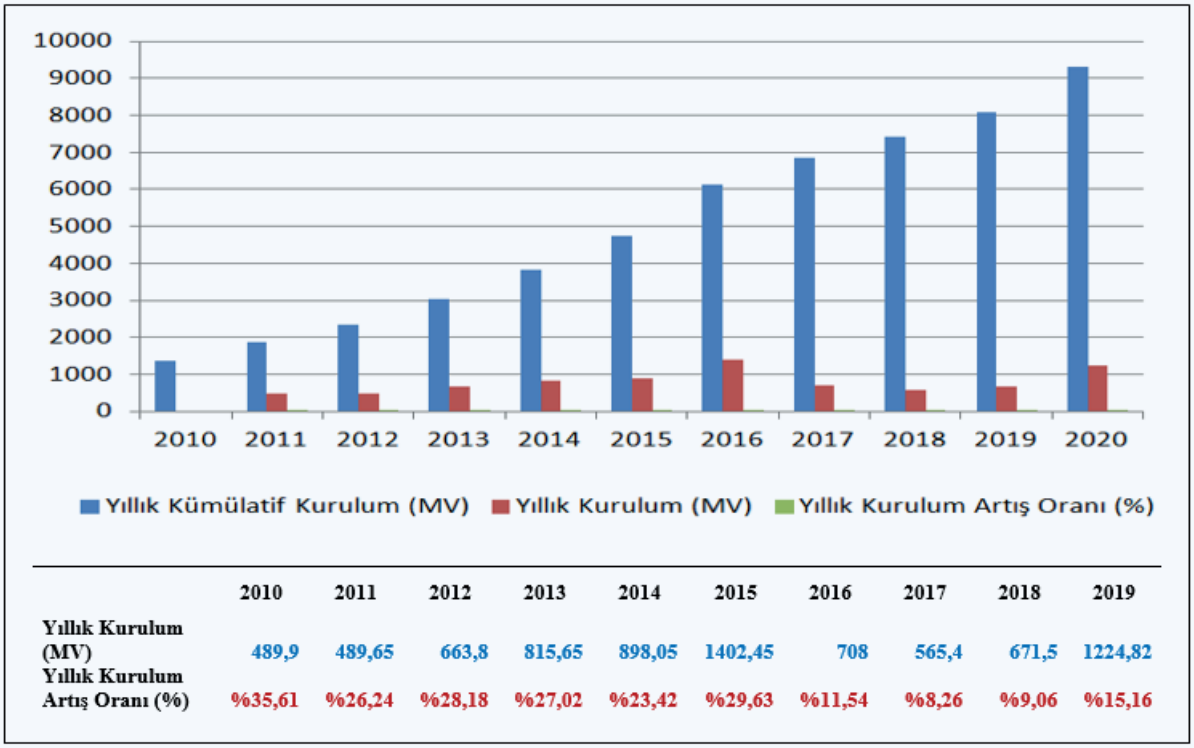
Kaynak: GWEC (2020)

Latin Amerika bölgesinde de 2021'de yeni bir kurulum rekoru beklenmektedir ancak ülke düzeylerindeki hükümet destekleri, ekonomik istikrar konusundaki sorunlar ve şebeke (grid) kapasitesi gibi konular nedeniyle bölge hala rüzgâr enerjisi sektörü için karışık bir konumdadır. Brezilya, Şili, Meksika, Arjantin ve Kolombiya'nın önümüzdeki beş yıl içinde bölgesel büyümeye en çok katkıda bulunan beş ülke olması beklenmektedir (GWEC, 2021).

3.9. Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Değerlendirilmesi

Türkiye'deki rüzgâr enerji santrallerinin kurulu güçlerinin değişimine bakıldığında 2010 yılı itibarıyla 1.375,8 MW olan mevcut kurulu güç miktarı yıllar içerisinde artış göstererek 2020 yılı itibarıyla 9.305,02 MW'a ulaşmıştır. Yıllar arasındaki kapasite artışlarına bakıldığında bir önceki yıla göre oransal olarak en yüksek kapasite artışı %35,61 ile 2011 yılında gerçekleşirken; yine bir önceki yıla göre kapasite miktarı olarak en yüksek kapasite artışı 1402,45 MW ile 2016 yılında gerçekleşmiştir (TÜREB, 2021a).

ŞEKİL 31. Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri Kapasite Değişim Miktarları



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Yıllık Kurulum (MV)	489,9	489,65	663,8	815,65	898,05	1402,45	708	565,4	671,5	1224,82
Yıllık Kurulum Artış Oranı (%)	%35,61	%26,24	%28,18	%27,02	%23,42	%29,63	%11,54	%8,26	%9,06	%15,16

Kaynak: TÜREB (2021a)

3.9.1. Türkiye'de İşletmedeki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Yatırımcılara Göre Dağılımı

Türkiye'de kurulu olan rüzgâr enerjisi santrallerinin oransal ve miktar olarak yatırımcılara dağılımı göz önüne alındığında kurulu kapasitede ilk on yatırımcı aşağıdaki tabloda yer almaktadır (TÜREB, 2021a).

TABLO 10. Türkiye'de RES Kurulu Kapasitesi En Yüksek Olan İlk On Yatırımcı

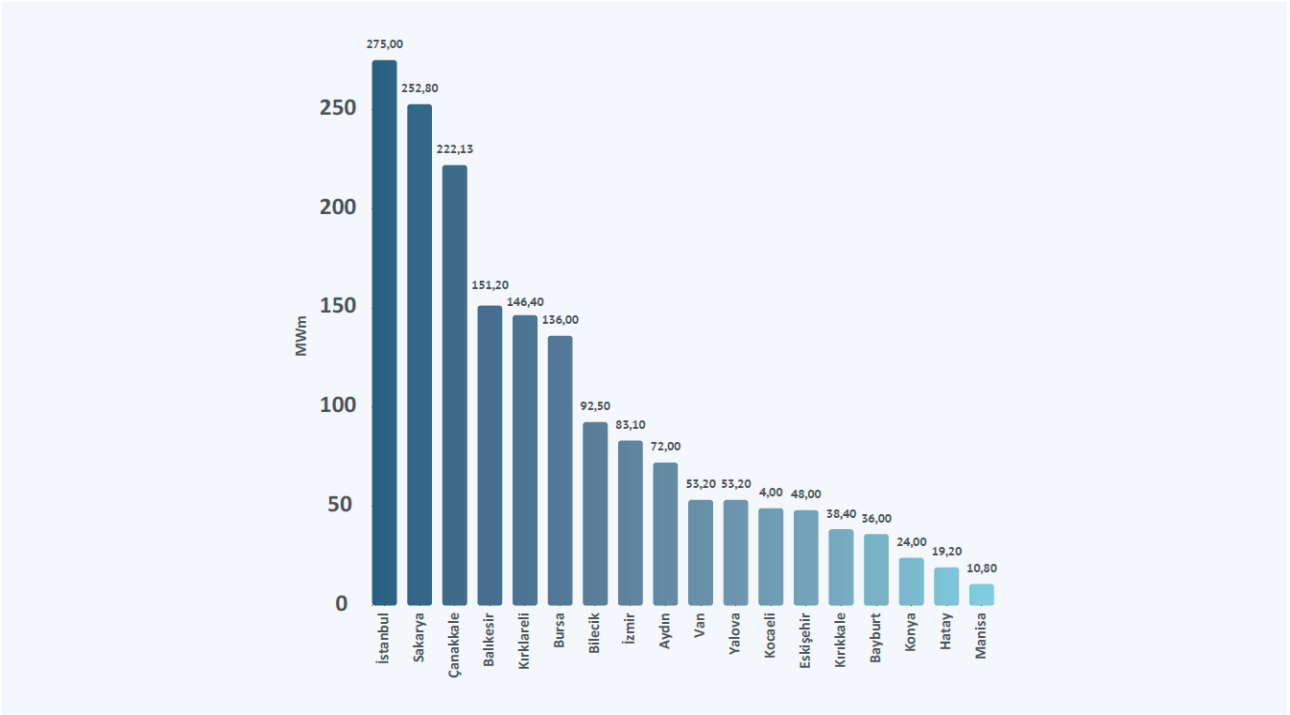
Yatırımcılar	Kapasite (MW)	Kurulu Kapasitedeki Oranı (%)
Polat Enerji	598,7	6,43
Güriş	588,85	6,33
Demirer Enerji	580,78	6,24
Borusan EnBW	571,47	6,14
Eksim Yatırım	412	4,43
Bilgin Enerji	371,5	3,99
Fina Enerji	351	3,77
Akfen Enerji	348,9	3,75
Alto Holding	252	2,71
Sancak Enerji	245,7	2,64

Kaynak: TÜREB (2021a)

3.9.2. Türkiye'de İnşa Halindeki Rüzgâr Enerji Santralleri

2021 yılı itibarıyla, inşa halindeki rüzgâr enerjisi santrallerinin tamamlanması halindeki kurulu güçleri toplamı 1762,93 MW'dır. İnşa halindeki RES'ler mevcut kurulu kapasitenin %18,94'ünü oluşturmaktadır (TÜREB, 2021a). İnşa halindeki RES'ler 2020 yılı Temmuz ayında 2451,05 MW'lık inşa hali kapasitesiyle son sekiz yıl içinde en yüksek inşa kapasitesine ulaşmıştır. 2021 yılı Ocak ayı itibarıyla inşa halindeki RES'lerin miktarı 1762,93 MW'dır. İnşa halindeki RES'lerin türbin markalarına göre dağılımına bakıldığında inşa halindeki kapasite sırasıyla 857,78 MW (%48,66) ile General Electric, 686,10 MW (%38,92) ile Nordex, 159,8 MV (%9,06) ile Vestas ve 59,25 (%3,36) ile Siemens Gamesa firmasınca geliştirilen rüzgâr türbinlerinden oluşmaktadır. İnşa halindeki RES'lerin coğrafi bölgelere dağılımına bakılacak olursa sırasıyla, 1378,23 MW (%78,18) ile Marmara Bölgesi, 165,9 MW (%9,41) ile Ege Bölgesi, 110,40 MW (%6,26) ile İç Anadolu Bölgesi, 53,2 MW (%3,02) ile Doğu Anadolu Bölgesi, 36 MW (%2,04) ile Karadeniz Bölgesi ve 19,20 MW (%1,09) ile Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde olduğu görülmektedir (TÜREB, 2021a).

ŞEKİL 32. Türkiye'de İnşa Halindeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı



Kaynak: TÜREB (2021a)

3.10. Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Ana Paydaşlar: Dünya ve Türkiye

Başta Avrupa olmak üzere dünyanın farklı bölgelerinde rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik yatırımlar gerçekleştirilmektedir. Bu yatırımları gerçekleştiren ana paydaşlara ilişkin bilgiler dünya ve Türkiye özelinde aşağıdaki bölümlerde aktarılacaktır.

3.10.1. Rüzgâr Enerjisi Sektörünün Dünyadaki Ana Paydaşları

Denizüstü rüzgâr enerjisi sektörü kamu hizmeti şirketleri, ekipman üreticileri (OEM'ler), yükleniciler (mühendislik, inşaat ve kurulum, vb.), bağımsız enerji üreticileri, altyapı fonları ve kurumsal yatırımcılar gibi çok çeşitli gruplardan oluşmaktadır (Ioannou, 2017). Denizüstü rüzgâr çiftliklerinin inşası birkaç endüstriyel segmentte organize edilmiştir ve her bir sektör bazı şirketlerin hakimiyetindedir. Denizüstü rüzgâr türbinleri, temel yapıları, rüzgâr kuleleri ve kablolar (diziler ve şebeke bağlantıları arasında) üreten firmalar, inşaat firmaları ve montaj firmaları önemli ölçüde süreçte rol oynamaktadır (Ramírez vd., 2019).

TABLO 11. Rüzgâr Türbini Sektörü Dünya Genelindeki Ana Firmalar

Üretilen Bileşenler	Firma	Ülke
Ana Üreticiler	Vestas	Danimarka
	MHI Vestas	Japonya, Danimarka
	Goldwind	Çin
	Siemens Gamesa	İspanya
	GE Renewable Energy	ABD
	Envision	Çin
	Senvion SE	Almanya
	Enercon	Almanya
	Nordex	Almanya
	Sinovel	Çin
	Suzlon	Hindistan
Rüzgâr Türbini Kurulum Firmaları	A2Sea	Danimarka
	Van Oord/MPI	Hollanda
	Fred Olsen Wind Carrier	Norveç
	Seajacks	İngiltere
Denizüstü RES Yatırımcı ve Geliştiricileri	GeoSea	Belçika
	Ørsted	Danimarka
Denizüstü RES Yatırımcı ve Geliştiricileri	Vattenfall	İsveç

Üretilen Bileşenler	Firma	Ülke
Denizüstü RES Yatırımcı ve Geliştiricileri	E-on	Almanya
	RWE	Almanya
	Equinor	Norveç
	SSE	İskoçya
	Iberdrola	İspanya
Temel Kurulum ve Çelik Üretim Firmaları	EEW	Almanya
	SiF Tecade	Hollanda
	Bladt Industries	Danimarka
	Smulders JV	Belçika
	SPT Denizüstü	Hollanda
	Windar Renovables	İspanya
Türbin Yapıları Kurulum Firmaları	van Oord/MPI	Hollanda
	GeoSea/Deme	Belçika
	Boskalis Seaway Heavy Lifting	Hollanda
Rüzgâr Kule Üreticileri	KGW Schweriner	Almanya
	Welcon	Danimarka
	Titan Wind	Danimarka
	GRI Towers	İspanya
	Cs Wind	İngiltere
	Navacel	İspanya
Şebeke Bağlantı Kablosu Üreticileri	JDR	İngiltere
	Nexans	Fransa
	Prysmian	İtalya
	Norddeutsche Seekabelwerke GmbH	Almanya
Ağ Kablosu Üreticileri	NKT	Danimarka
	ABB	İsviçre
	Nexans	Fransa
	Prysmian and Norddeutsche Seekabelwerke GmbH	İtalya

Kaynak: Junqueira vd. (2021); Buckley & Shah (2019)

Vestas

Dünya genelinde rüzgâr türbinlerinin tasarımı, üretimi, kurulum ve servis faaliyetlerini yürütmekte olan firma, 2021 yılı itibarıyla, 83 ülkede 132 GW'tan fazla kurulu kapasiteye sahiptir ve ayrıca 29 binden fazla kişiye sektörde doğrudan istihdam sağlamaktadır. 1898 yılında metal pencere ve kapılar imal eden bir üretici olarak iş dünyasına giren firma, 1948 yılında Vestas ismini almıştır. 1960'lara kadar elektrikli mutfak gereçleri üreten firma, 1968'den sonra ağır vasıtalar için turbointercooler üretimine başlamıştır. 1971 petrol krizinin ardından yeni arayışlara giren firma, 1981'de 55KW'lık rüzgâr türbinini Danimarka'da inşa etmiştir. 1999 yılında enerji verimliliği en yüksek olan rüzgâr türbinlerinin üretimine başlamış olup 2001 yılında Danimarka açıklarındaki Kuzey denizinde dünyanın en büyük denizüstü rüzgâr çiftliğini kurmuştur. 2006 yılında Çin Tianjin'deki ilk türbin fabrikasını kurmuştur. 2009 yılında sektördeki küresel rekabetin yarattığı zorlukların beraberinde günümüzde de faaliyetlerini sürdürmeye devam etmektedir (Vestas, 2021d).

MHI Vestas

Nisan 2014'te kurulan Mitsubishi Heavy Industries (MHI) ve Vestas Wind Systems A / S (Vestas) arasındaki bir ortak girişim olan MHI Vestas, ana şirketlerinin rüzgâr enerjisi sektöründeki deneyimlerini denizüstü rüzgâr türbinlerinin tasarım, üretim, montaj ve servisi amacıyla denizüstü sistemler özelinde faaliyet göstermek üzere kurulmuştur. Avrupa, Asya Pasifik ve ABD'de 3000'den fazla kişiye sektörde doğrudan istihdam olanağı sağlamıştır. Firmanın merkezi Aarhus Danimarka'da bulunmaktadır (MHI-Vestas, 2021).

Goldwind

Çin merkezli olan firma, kurulduğundan bu yana 6 kıtada 27 ülkede toplam 60 GW güce sahip 35000'den fazla rüzgâr türbini kurulumu gerçekleştirmiş ve dünya genelinde 8000'den fazla kişiyi sektörde doğrudan istihdam etmektedir. Ayrıca 4500'den fazla teknoloji patentine sahip olan firmanın dünyanın çeşitli yerlerinde 6 farklı Ar-Ge merkezi bulunmaktadır ve firma çeşitli borsalarda işlem görmektedir. Goldwind, Çin Halk Cumhuriyeti'nde yaşanan ekonomik reformların bir sonucu olarak, 1985-1997 yılları arasında rüzgâr enerjisi sektörüne ilişkin daha çok keşfedici nitelikte olan faaliyetlerinin ardından 1998-2005 yılları arasında gerçek anlamda rüzgâr türbini üretimi faaliyetlerine başlamıştır. 2006-2010 yılları arasında sektörde yaşanan ciddi teknolojik değişim ve yenilenme ile birlikte sermaye artırımı ile uluslararası piyasaya da açılmıştır. 2010-2015 yılları arasında maliyet kontrolü ve rekabetçi konumlandırma sağlamada sorun oluşturan uluslararası pazarlara giriş sorunları konusunda yürüttüğü Ar-Ge faaliyetleriyle sektördeki dönüşümü ve yenilenmeyi yakalamıştır. 2016-2021 yılları arasında çeşitlendirilmiş işletme faaliyetleriyle hem karasal hem de denizüstü rüzgâr türbini üretimlerini aynı ağırlıkta ele alarak sektörde uluslararası alanda çeşitlendirmeden yararlanmayı hedeflemektedir (Goldwind. 2021).

Siemens Gamesa

Karasal ve denizüstü rüzgâr türbini tasarım, üretimi konularında uzmanlaşan firma Siemens ve Gamesa firmalarının işbirliğiyle oluşum göstermiştir. Merkezi İspanya olan firma 1981 yılından beri rüzgâr enerjisi alanında faaliyet göstermektedir. 90'dan fazla ülkede toplam 90,1 GW kapasiteli rüzgâr türbini kurulum gerçekleştiren firma, 2021 yılı itibarıyla, halihazırda tamamlandığında 9,3 GW'lık kapasite artışı sağlayacak olan kesinleşmiş karasal rüzgâr türbini siparişi almıştır. Şirket, sektörün karasal rüzgâr türbini alanında 10000'den fazla kişiye doğrudan istihdam olanağı sağlamaktadır. Yine 2021 yılı itibarıyla, denizüstü rüzgâr türbinleri alanında 15 GW'lık kurulu güce sahip olan firma, denizüstü rüzgâr türbini alanında 6000'den fazla kişiye doğrudan istihdam olanağı sağlamaktadır. Denizüstü rüzgâr türbini alanında Siemens Gamesa, %70›in üzerindeki pazar payıyla denizüstü en büyük kurulu kapasite ve en büyük sipariş kaydıyla ile sektördeki en büyük oyuncudur. 2021 yılı itibarıyla, karasal rüzgâr türbini alanında 35. yılını ve denizüstü rüzgâr türbini alanında 25. yılını doldurmuştur. Denizüstü rüzgâr türbini sektörü, güçlü bir şekilde büyümekte ve 2025 yılına kadar küresel olarak %13›lük uzun vadeli kümülatif pazar büyümesi vaat etmektedir. Bu pazar büyümesini Avrupa›daki kurulumların ardından Çin, Tayvan ve ABD'deki kurulumlar takip edecektir. Firma, ABD ve Tayvan gibi

gelişmekte olan pazarlarda yer almayı hedeflemenin yanı sıra marka ve değer zincirinin devamlılığı için Avrupa ve Çin pazarında rekabetçi bir konumunu devam ettirme gayretindedir (Siemens Gamesa, 2021c).

General Electric

GE yenilenebilir enerji sektörünün birçok alanında faaliyet gösteren bir firma olmakla birlikte, rüzgâr enerjisi sektöründe de hem karasal hem de denizüstü rüzgâr türbini alanında faaliyet göstermektedir. Firma, dünya genelinde 35'den fazla ülkede, toplam kurulu kapasitesi 62 GW olan, 49000'in üzerinde karasal rüzgâr türbini kurulumu gerçekleştirmiştir. Dünya genelinde, karasal rüzgâr enerjisi uygulamalarından kaynaklanan küresel kapasitenin 2022 yılına kadar yaklaşık 750 GW'a ulaşması beklenmektedir. Ayrıca, 2021 yılı itibarıyla, kurulu denizüstü rüzgâr enerjisi kapasitesinin önümüzdeki on yıl içinde %529'luk ciddi bir artışla yaklaşık 90 GW'a çıkması ve denizüstü rüzgâr enerjisi sektörünün küresel rüzgâr endüstrisinin %15'ini oluşturması beklenmektedir (General Electric, 2021a). Bu anlamda, artacak olan denizüstü rüzgâr türbini talebi ve kapasite uygunluğu nedeniyle, General Electric firması 2018 yılı itibarıyla, yüksekliği 260 m, rotor boyu 220 m, kanat uzunlukları 107 m olan ve 12 MW elektrik üretim kapasitesine sahip dünyanın en büyük denizüstü rüzgâr türbini olan "Haliade-X" isimli modelini tanıtmıştır. Firma, bu rüzgâr türbininin tasarım, üretim ve kurulum faaliyetlerinin temini için 2021 yıl sonuna kadar yaklaşık 400 milyon dolarlık yatırım harcaması yapacaktır (General Electric, 2021b).

Enercon

Almanya merkezli olan Enercon firması, 30 yıldan uzun bir süredir rüzgâr enerjisi sektöründe faaliyet göstermektedir. Firma, sektördeki ilk türbin üreticisi olmakla birlikte tüm rüzgâr enerjisi türbinlerinde dişli kutusuz tahrik konseptini kullanmaktadır. Firma, dünya çapında toplam gücü 52,0 GW'nin üzerinde 29800'den fazla rüzgâr türbini kurmuş bulunmaktadır (Enercon, 2021b).

Nordex

Nordex firması dünya genelinde karasal rüzgâr türbinlerinin tasarım, üretim ve pazarlamasını yürütmektedir. Firma sektörde faaliyete başladığı 1985 yılından bu yana 40'dan fazla ülkede, toplam gücü 32 GW'ın üzerinde ve halihazırda 8383 adet karasal rüzgâr türbininin kurulumunu gerçekleştirmiştir. Nordex, yerel tedarikçilerin hakimiyetinde olan Çin pazarı hariç, tüm büyük rüzgâr endüstrisi pazarlarında karasal rüzgâr türbinleri alanında faaliyet göstermektedir. Bu stratejik odağa dayalı olarak firma, Çin dışında karasal rüzgâr enerjisi için dünya pazarının yaklaşık %90'ına hizmet vermektedir. Bu anlamda, firma sadece karasal rüzgâr enerjisi teknolojilerine yatırım yapmakta ve radikal şekilde denizüstü rüzgâr teknolojilerine yatırım yapmaktan kaçınarak risk minimizasyonu sağlamakta ve sektörde tek bir alan özelinde yer almaktadır (Nordex, 2020).

Sinovel

Sinovel firması, büyük ölçekli karasal, denizüstü ve gelgit rüzgâr türbinlerinin bağımsız geliştirme, tasarım, üretim ve satışında uzmanlaşmıştır ve sektördeki ilk Çin firmasıdır. 2020 yılı itibarıyla Sinovel firması, Çin pazarında 4. sırada yer almaktadır ve toplam 16548 MW kapasiteye sahiptir. Sinovel firmasının Çin pazarındaki denizüstü rüzgâr türbinlerinin kümülatif kurulu üretim kapasitesi 170 MW›a ulaşmakla birlikte denizaşırı pazarlardaki denizüstü rüzgâr türbinleri kapasitesi toplamı 388,5 MW'dır (Sinovel, 2021).

Suzlon

Suzlon firması, 1995 yılında kurulmuş olan Hindistan merkezli bir firmadır. Firma, Hindistan ve Çin'deki 14 fabrikada ürettiği 12.000'den fazla rüzgâr türbininin kurulumunu dünyanın 18 ülkesinde gerçekleştirmektedir ve toplam 18800 MW'dan daha fazla kurulu kapasiteye sahiptir. Uzmanlık alanı karasal rüzgâr türbinleri olan firma, 2014 yılından bu yana denizüstü rüzgâr türbinleri üzerine de çalışmalar yürütmektedir (Suzlon, 2021).

Envision

Şangay Çin merkezli olan firma, 2008 yılından bu yana karasal rüzgâr türbinleri üzerine uzmanlaşmış olup 2017 yılından bu yana denizüstü rüzgâr türbinlerinin üretimine de başlamıştır. Envision tarafından geliştirilen düşük rüzgâr akımı altında çalışabilen akıllı

türbin (smart turbine) teknolojisi Çin pazarının düşük rüzgâr performansı olan bölgelerinin %60'ında kullanılmaktadır (Envision, 2021).

Senvion

2001 yılında Almanya'da kurulmuş olan firma, 2014 yılından itibaren Siemens Gamesa ortaklığıyla faaliyetlerini yürütmektedir. Kurulu olan mevcut Senvion karasal rüzgâr türbinlerinin bakım, iyileştirme ve modernizasyon faaliyetleri Siemens Gamesa ortaklığıyla yürütülmektedir (Senvion, 2021).

3.10.2. Rüzgâr Enerjisi Sektörünün Türkiye'deki Ana Paydaşları

Rüzgâr enerjisi sektörünün Türkiye'deki ana paydaşları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

Enercon

Firma dünya genelinde, 30 yıldan daha uzun bir süredir rüzgâr enerjisi sektöründe faaliyet göstermektedir. Türkiye'deki ilk rüzgâr enerjisi türbini kurulumunu, 1998 yılında İzmir Çeşme RES'de toplam kurulu kapasitesi 1,5 MW olan ve her biri 0,5 MW kapasiteli üç adet Enercon E-40 model rüzgâr türbinleriyle gerçekleştirmiştir. Bunu 2000 yılında Çanakkale Bozcaada RES ve 2003 yılında İstanbul Sunjüt RES sahalarındaki kurulumlar takip etmiştir ve 2006 yılıyla birlikte firmanın üretimi olan karasal RES sahaları artarak devam etmiştir (Enercon, 2021b).

Enercon firması tarafından üretilen karasal rüzgâr türbinleri ülkemizde 28 farklı yatırımcı tarafından, 49 farklı RES proje sahasındaki, 110 RES çiftliğinde kullanılmaktadır. 2021 yılı itibarıyla, Enercon firmasınca üretilen rüzgâr türbinlerinin ülkemizdeki kapasitesi 1972,40 MW'dır. Kurulu gücün %27,83'ü il olarak İzmir sınırları içerisinde ve coğrafi bölge olarak %96,7'si Ege Bölgesi sınırları içerisindedir (TÜREB, 2021b). 2010 yılından bu yana Türkiye'de de üretim faaliyetlerini gerçekleştiren Enercon firması, 2021 yılı itibarıyla RES türbin kanadı ve çelik kule aksamlarının imalatına devam etmekle birlikte, 2019 yılından bu yana İzmir'de jeneratör aksamlarının üretimini de yapmaya başlamıştır. Bu anlamda, Enercon firması, İzmir'de jeneratör parçaları ve kanat tedariği konusunda birer adet olmak üzere iki tedarikçi firma ile üretim faaliyetlerini desteklemektedir. Ayrıca, Gemlik-Bursa ve Ankara'da çelik kule imalatı ve çelik kule aksam imalatı üzerine farklı firmalarla işbirliği yürütmekte olan Enercon firması, İzmir'de yürüttüğü jeneratör aksamı ve kalıplı imalat faaliyetleri için bir tedarikçi ile işbirliği yürütmektedir. Proje bazlı olarak, kapasite miktarına göre farklı tedarikçilerle de üretim faaliyetlerini destekleyen firma, üretim faaliyetlerini ağırlıklı olarak Ege Bölgesi'nde yürütmektedir. Firmada, bileşen bazında üç bileşenden oluşan bir üretim gerçekleştirilmektedir.

ŞEKİL 33. Enercon Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi

Kaynak: TÜREB (2021b)

Bunlar kanat, kule ve jeneratör parçalarından oluşmaktadır. 2020 yılı itibarıyla jeneratör üretimi tamamen yurtiçi pazarı desteklerken; 2021 yılı itibarıyla Türkiye üzerinden jeneratör ihracatına da başlanmıştır ve bu süreç henüz çok yenidir. Firma, 2020 yılı itibarıyla, yıllık 95 set jeneratör ve 85 set çelik kule üretim kapasitesine sahiptir. Şu an Enercon Türkiye, hem Almanya'daki hem de Avrupa'nın diğer yerlerindeki karasal projelere de RES bileşenlerini üretip tedariğini sağlamaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasındaki en önemli unsur Almanya'da RES sektörüne üretim yapan fabrikaların küçülmeye gitmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu anlamda, özellikle Almanya'nın mevcut kurulu karasal RES pazarındaki ihtiyacı karşılamak üzere küçük boyutlardaki karasal rüzgâr türbini parçaları Enercon Türkiye tarafından üretilmektedir. Ayrıca, yeni tip rüzgâr türbini ve bileşenlerinin üretimi gerçekleştirilerek Avrupa'da Akdeniz ülkelerine (Yunanistan ve İtalya) ve İskandinav ülkelerine (Almanya, İsviçre, Hollanda, Danimarka) üretim ve ihracat gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, Asya pazarında Çin'in özerk bölgesi olarak nitelendirilen Tayvan'a yanı sıra Vietnam'a ve Japonya'ya da üretim ve ihracat gerçekleştirilmektedir. Çin pazarı için çalışmalar yürütülmekte olup henüz bu pazarda yer alınmamıştır. 2021 yılı itibarıyla Tayvan, Vietnam ve Japonya'da üstlenilen RES projeleri neticesinde gelecek iki ya da üç yıl boyunca (2023-2024'e kadar) Enercon Türkiye, Uzakdoğu pazarında etkinliğini sürdürecektir (Enercon, 2021c).

Vestas

1945 yılında kurulan Danimarka merkezli Vestas şirketi 1979 yılında rüzgâr türbini endüstrisine girmiş ve AR-GE çalışmalarının ardından 1989 yılında ilk ticari rüzgâr türbinini üretmiştir (Enerji Atlası, 2021b). Vestas firması tarafından üretilen karasal rüzgâr türbinleri ülkemizde 28 farklı yatırımcı tarafından, 43 farklı RES proje sahasında kullanılmaktadır. 2021 yılı itibarıyla, Vestas firmasınca üretilen rüzgâr türbinlerinin ülkemizdeki kapasitesi 1872,60 MW'dır (TÜREB, 2021b).

Kurulu gücün en küçük bölümü %2,19'u (41,1 MW) il olarak İzmir sınırları içerisinde ve coğrafi bölge olarak %8,25'i (154,6 MW) Ege Bölgesi sınırları içerisindedir. Kurulu gücün en büyük bölümü %25,69'u (481,25 MW) ile Balıkesir ilinde ve %48,78'i (913,6 MW) ile Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. Firma Türkiye'deki ilk rüzgâr enerjisi türbini kurulumuna 1998 yılında İzmir Alaçatı RES'de toplam kurulu kapasitesi 7,2 MW olan ve her biri 0,6 MW kapasiteli 12 adet Vestas V44-600 model rüzgâr türbinleriyle başlamıştır.

ŞEKİL 34. Vestas Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi

Kaynak: TÜREB (2021b)

Bunu, 2006 yılında İstanbul Tepe RES ve 2007 yılında Manisa Karakurt RES sahalarındaki kurulumlar takip etmiş ve 2008 yılıyla birlikte firmanın üretimi olan karasal RES sahalarının ülkemizdeki kurulumu artarak devam etmiştir (TÜREB, 2021b). Vestas firmasının kanat üretim faaliyetleri İzmir Menemen'de yer alan İzmir Serbest Bölgesi'nde TPI Kompozit Kanat firması tarafından gerçekleştirilmektedir. 2021 yılı itibarıyla bu fabrikada 80 m uzunluğundaki kanatların üretimine başlanacaktır (Vestas, 2021c).

Nordex

Nordex Group, 2009 yılından bu yana Türkiye pazarında faaliyet göstermektedir (Nordex, 2021). Firma,

1985 yılında Danimarka'da kurulmuştur ve şu an merkezi Almanya'da bulunmaktadır. Nordex firması, rüzgâr türbini üretimi konusunda 30 yıllık bir tecrübeye sahiptir. Özellikle Avrupa pazarı olmak üzere dünya rüzgâr enerjisi pazarında önemli bir yere sahip olan Nordex, Türkiye pazarında da oldukça güçlüdür (Enerji Atlası, 2021a).

Nordex firması tarafından üretilen karasal rüzgâr türbinleri ülkemizde 50 farklı yatırımcı tarafından, 91 farklı RES proje sahasında kullanılmaktadır. 2021 yılı itibarıyla, Nordex firmasınca üretilen rüzgâr türbinlerinin ülkemizdeki kapasitesi 2495,55 MW'dır. Kurulu gücün en küçük bölümü %0,19'u (4,8 MW) Sakarya ve Kırıkkale illeri içerisinde ve coğrafi bölge olarak %0,46'sı (11,7 MW) Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisindedir. Kurulu gücün en büyük bölümünün %30,25'i (755,05 MW) ile İzmir ilinde ve %45,34'ü (1131,65 MW) Ege Bölgesi'nde yer almaktadır. Firma Türkiye'deki ilk rüzgâr enerjisi türbini kurulumuna 2007 yılında Manisa Soma RES'de toplam kurulu kapasitesi 90 MW olan ve her biri 2,5 MW kapasiteli 36 adet Nordex N90 model rüzgâr türbinleriyle başlamıştır.

Bunu takiben 2008 yılında Balıkesir Bandırma-3 RES sahasındaki kurulumlar takip etmiş ve ilerleyen yıllarla birlikte firmanın üretimi olan karasal RES sahalarının ülkemizdeki kurulumu artarak devam etmiştir (TÜREB, 2021b).

ŞEKİL 35. Nordex Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi

Kaynak: TÜREB (2021b)

General Electric

General Electric firması tarafından üretilen karasal rüzgâr türbinleri ülkemizde 15 farklı yatırımcı tarafından, 33 farklı RES proje sahasında kullanılmaktadır. 2021 yılı itibarıyla, General Electric firmasınca üretilen rüzgâr türbinlerinin ülkemizdeki kapasitesi 1417,42 MW'dır. İl bazında kurulu gücün en küçük bölümü %0,71 (10,2 MW) ile Manisa ilinde ve en büyük bölümü %22,14 (313,85 MW) ile İzmir ilinde yer almaktadır. Kurulu güç üç farklı coğrafi bölgeye dağılmıştır. Bunlar %36,56 (518,32 MW) ile Marmara Bölgesi'nde, %36,02 (510,6 MW) ile Ege Bölgesi'nde ve %27,40 (388,5 MW) ile Akdeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Firma Türkiye'deki ilk rüzgâr enerjisi türbini kurulumuna 2006 yılında Balıkesir Bandırma RES'de toplam kurulu kapasitesi 30 MW olan ve her biri 1,5 MW kapasiteli 20 adet General Electric GE1.5se modeli rüzgâr türbinlerinin kurulumuyla başlamıştır. Ardından 2009 yılında Osmaniye Gökçedağ RES sahasındaki kurulumlarla birlikte ilerleyen yıllarda firmanın üretimi olan karasal RES sahalarının ülkemizdeki kurulumu artarak devam etmiştir (TÜREB, 2021b).

Siemens Gamesa

1847 yılında bir telgraf şirketi olarak Almanya'da kurulan Siemens Endüstri, sağlık ve enerji alanında faaliyet gösteren bir şirket olup İspanya menşeli Gamesa rüzgâr türbini firmasıyla marka birlikteliğine gitmiştir ve rüzgâr enerjisi alanında Siemens Gamesa adıyla faaliyet göstermeye devam etmektedir (Enerji Atlası, 2021c). Siemens Gamesa firması tarafından üretilen karasal rüzgâr türbinleri ülkemizde 18 farklı yatırımcı tarafından, 33 farklı RES proje sahasında kullanılmaktadır. 2021 yılı itibarıyla, Siemens Gamesa firmasınca üretilen rüzgâr türbinlerinin ülkemizdeki kapasitesi 1313,25 MW'dır. Kurulu gücün en küçük bölümü %0,36'sı (4,8 MW) il olarak Eskişehir sınırları içerisinde ve yine kurulu gücün en küçük bölümü coğrafi bölge olarak %3,55'i (46,7 MW) Karadeniz Bölgesi sınırları içerisindedir. Kurulu gücün en büyük bölümü %17,31'i (227,45 MW) ile Çanakkale ilinde ve yine kurulu gücün en büyük bölümü coğrafi bölge olarak %40,52'si (532,25 MW) ile Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. Firma Türkiye'deki ilk rüzgâr enerjisi türbini kurulumunu 2010 yılında Aydın Söke RES'de toplam kurulu kapasitesi 30 MW olan ve her biri 2 MW kapasiteli 15 adet Siemens Gamesa G90 model rüzgâr türbinleriyle gerçekleştirmiştir. Bunu takiben 2013 yılıyla birlikte firmanın üretimi olan karasal RES sahalarının ülkemizdeki kurulumu artarak devam etmiştir (TÜREB, 2021b).

ŞEKİL 36. General Electric Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi

Kaynak: TÜREB (2021b)

ŞEKİL 37. Siemens Gamesa Firması Tarafından Üretimi Yapılan Kurulu RES Sahaları Türkiye'deki Yerleşimi

Kaynak: TÜREB (2021b)

Ülkemizdeki Diğer Rüzgâr Türbini Firmaları: Suzlon, Sinovel, Goldwind, Senvion

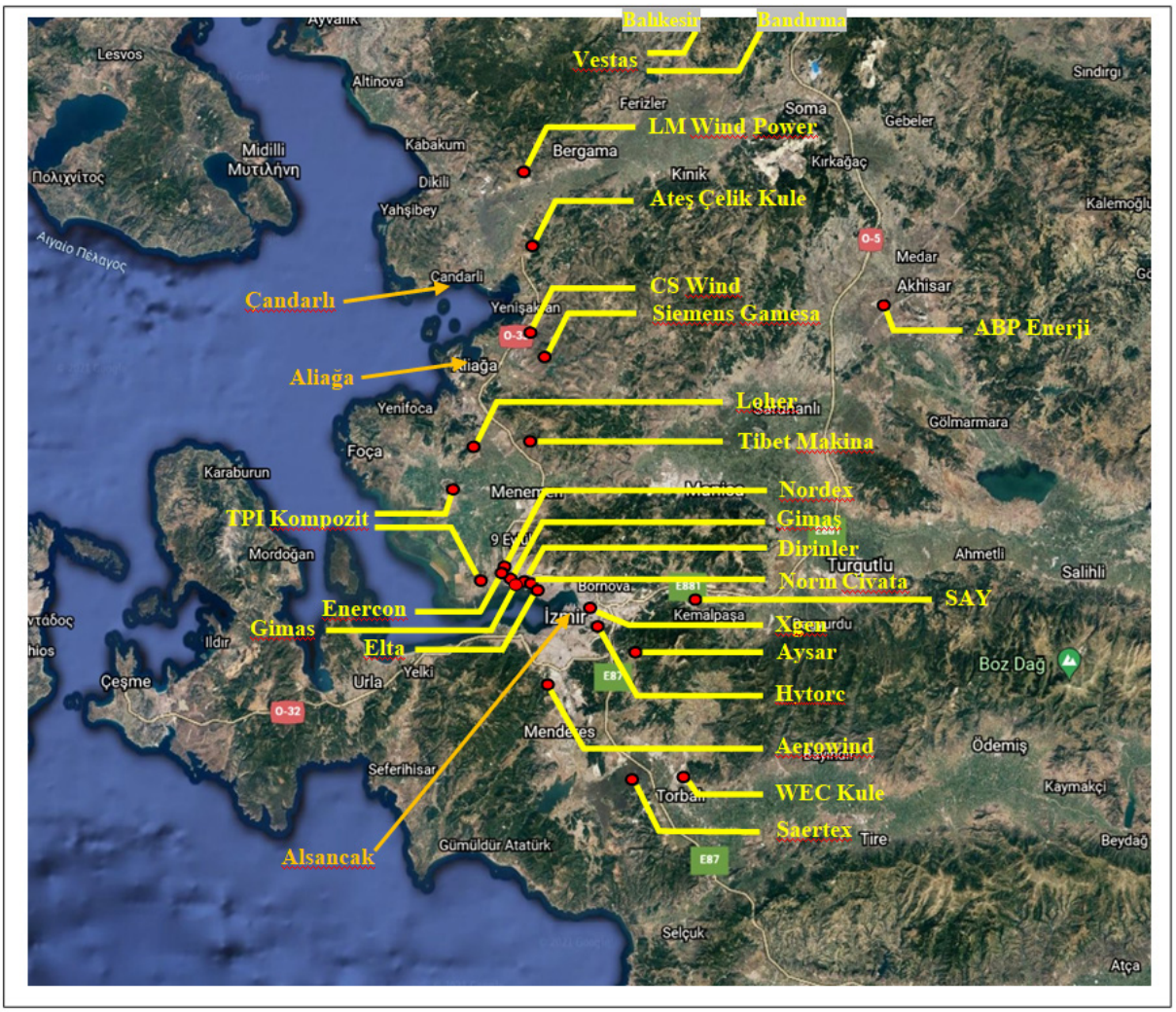
Ülkemizde rüzgâr enerjisi sektörüne yaklaşık olarak son beş yıl içinde giriş yapmış olan diğer rüzgâr türbini firmaları da bulunmaktadır. Bunlardan, Goldwind firması 2019 yılında Kayseri'de bulunan bir RES proje sahasında toplam gücü 10,20 MW olan ve her biri 3,4 MW gücünde üç türbin kurulumu yapmıştır. Senvion firması 2016 yılında İzmir'de ve 2020 yılında Kocaeli'de birer RES proje sahasında kurulu gücü toplamı 6,40 MW olan iki türbin kurulumu yapmıştır. Sinovel firması 2013 yılında Uşak'ta ve 2016 yılında Yalova'da birer RES proje sahasında kurulu gücü toplamı 108 MW olan 72'şer adet türbinden oluşan ve her birinin gücü 1,5 MW olan türbinlerin kurulumunu yapmıştır. Suzlon firması 2'si İzmir'de (2014 yılında) ve birer tane Aydın (2009 yılında) ve Muğla'da (2016) bulunan dört RES proje sahasında toplam gücü 109,20 MW olan 48 adet türbin kurulumu gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, Türkiye'de kurulu olan karasal rüzgâr türbini markalarının mevcut kurulu kapasitedeki pazar payı dağılımı sırasıyla şu şekildedir: Nordex pazarın %26,82'sini, Enercon pazarın %21,2'sini, Vestas pazarın %20,12'sini, General Electric pazarın %15,23'ünü, Siemens Gamesa pazarın %14,11'ini, Suzlon pazarın %1,17'sini, Sinovel pazarın %1,16'sını, Goldwind pazarın %0,10'unu, Senvion pazarın %0,06'sını elinde bulunmaktadır (TÜREB, 2021b).

3.11. İzmir ve Ege Bölgesi'nde Rüzgâr Sanayii Ekosistemi

Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere, Türkiye'deki rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik ekipman üreten ve hizmet sağlayan sanayii paydaşları Ege Bölgesi'nde ve özellikle İzmir ili ve çevresinde konumlanmıştır.

İzmir ve Ege Bölgesi'nde rüzgar sektörüne yönelik ekipman üreten kuruluşlar, hassas proje yüklerine yönelik hizmet veren çözüm ortakları ile çalışmaktadırlar. İzmir ekosisteminde genel olarak çalışılan bu kuruluşlara yönelik bilgiler tablo 12'de verilmektedir:

ŞEKİL 38. İzmir Rüzgâr Türbini Ekipmanı Üretim ve Malzeme Firmaları



Üreticiler:* *Siemens Gamesa, Nordex, Enercon, Vestas;* **Kanat Üreticileri: *TPI Kompozit, LM Wind Power;* ***Bileşen Üreticileri:*** *SAY, Elta, Gimas, HyTorc;* ***Elyaf Malzeme Üreticisi:*** *Saertex;* ***Kule Üreticileri:*** *Ateş Wind Power (Ateş Çelik), CS Wind, WEC Kule;* ***Dişli Kutusu Bileşenleri Üretimi:*** *Tibet Makina, Dirinler;* ***Bağlantı Ekipmanları:*** *Norm Civata;* ***Kule, Platform Ekipmanları Üreticileri:*** *ABP Enerji, Löher, Xgen.*

Kaynak: İZKA (2020)

TABLO 12. İzmir Rüzgâr Enerjisi Sektörü Paydaşları Çözüm Ortakları

Firma/Kuruluş Türü	Paydaşlar
Lojistik Hizmet Sağlayıcı İşletmeler	Borusan Lojistik
	Hareket Proje Taşımacılığı ve Yük Mühendisliği
	Mağdenli Nakliyat
	DSV
	Güleray Nakliyat
	Öznakliyat
	Sarılar Grup (Nakliyat)
Lojistik Ekipman Sağlayıcı İşletmeler	Sistem Vinç
	Sarılar Grup (Vinç)
	İzmir Vinç
Liman Acentesi	Medden Denizcilik
Limanlar	TCDD İzmir (Alsancak)
	SOCAR Terminal
	Batıliman
	İDÇ Liman
	Nemport

TABLO 13. İzmir Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Sağlanan Lojistik Hizmetleri

Aracılar	Hizmetler
Borusan Lojistik	▸ Kanat ihracatına yönelik hizmetler (ihracat limanına taşıma ve yükleme) ▸ Liman elleçleme (yüklerin stok sahasına istiflenmesi, yükleme günü yüklerin stok sahasından alınıp gemiye aktarılması dâhil) TCDD İzmir (Alsancak) limanındaki gemi yüklemesi yapılırken gözetim ve sörvey hizmeti ▸ Kule ihracatı operasyonları (İDÇ limanına ön taşıma, bu yüklemelere ilişkin gemilerin organize edilmesi Borusan bünyesinde olan chartering firması tarafından gerçekleştirilmektedir). ▸ Türkiye içerisindeki hizmetler: ▸ İç piyasadaki üreticilerden alınan kanat ve kulelerin proje sahasına taşınması, ▸ Proje sahasına yawpılacak olan taşımalarda, ilgili firmalardan proje sahasının yerleşim (lay-out) planı temin edilerek buna göre operasyon gerçekleştirilmesi, ▸ Vinç hizmeti ve nakliye hizmetini ve beraberinde gözlem ve survey hizmeti ve road survey olarak tanımlanan nakliye risk planlaması hizmeti, ▸ Yol sörvey hizmeti, proje sahasına gidilecek olan uygun güzergah ve rotanın belirlenmesi, güzergahtaki ilgili geçit ve noktalarda yapılması gereken değişiklikler (direklerin sökülmesi vb. gibi) ve ilgili kurum ve kuruluşlarla mutabakat sağlanmasını kapsamaktadır. ▸ İthal yüklerin, nasel, hub ve drivetrain (şanzıman dişli kutusu ve jeneratörden oluşan kısım) taşınmasına ilişkin olarak geminin iskeleye yanaşmasına müteakip yüklerin gemiden stok sahasına alınması ve stok sahasından proje sahalarına taşınmasına kadar olan sürecin yönetilmesi.
Mağdenli Nakliyat	Turnkey projeler, gemi brokerliği, limanlardaki stok hizmetleri, yurtiçi nakliyesi, yurtiçinde proje sahasına taşınması, stoklanması ve tonajlı vinçlerle kurulumu, kardeş kuruluş olan TorkCheck firması ile montaj hizmeti.
Hareket Nakliyat	Turnkey projeler, rüzgâr santrali bileşenlerinin limanlardan veya üreticilerden proje sahalarına taşınması, bu esnada gerekirse geçici depolanması, proje sahasında indirilmesi, vinçle kurulumunun gerçekleştirilmesi, elektrik ve mekanik montajının yapılması. *Frame değişikliğini, kanadın ağrılık merkezini esnemesini, yapısını bilen ve bunu daha önce yapmış kişilerce/teknisyenlerce yapılması gerekiyor. Mevcut depolar kapalı depo olduğu için ve diğer açık depolar mühendislik hizmeti sunamadığı için bu hizmeti verememektedir. Bu tip depolama hizmetlerini profesyonel olarak ilk defa Hareket Nakliyat vermeye başlamıştır.
Medden Shipping	Liman acenteliği, liman terminal hizmetleri (gelen yükün kamyondan indirilmesi, kamyona geri yüklenmesi, geminin altına taşınması, gemiye yüklenmesi, gemide lashing olarak adlandırılan sağlamlaştırma, bağlama işlemlerinin yapılması).
DSV	Vestas'ın global tedarikçisi olan DSV, Türkiye'de de bu firmanın tüm operasyonları koordine etmekte, lojistik ve liman süreçlerini yönetmektedir.
Limanlar	İzmir rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren limanlar yoğunluklarına göre TCDD İzmir (Alsancak), Batıliman, SOCAR Terminal, İDÇ ve Nemport'tur. Limanlarda operasyon hizmeti sunulmamakta, sadece iskele/rıhtım kullanımı ve depolama hizmetleri sağlanmaktadır. Limana ait vinç ve ekipmanlar bu sektöre özel elleçlemelerde kullanılmamakta, operasyonu yapan Medden, Borusan gibi firmalarca temin edilmekte, vinç firmalarından kiralanmaktadır.

BÖLÜM 4.

Rüzgâr Enerjisi Sektörü ve Limanlar

Çalışmanın bu bölümünde gerek denizüstü gerekse karasal rüzgâr enerjisi projelerinde önemli lojistik altyapılar olan limanların üstlendiği rollere değinilecektir. Özellikle denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulumunda limanlar, geleneksel liman fonksiyonlarının oldukça ötesinde roller üstlenip, bütünleşik üretim ve tedarik faaliyetlerinin koordinasyonun sağlandığı merkezler olarak görev almaktadır. Dolayısıyla bir limanın söz konusu faaliyetleri gerçekleştirebilecek uygunlukta olması mekânsal özelliklerinin yanı sıra teknik özelliklerinin de sektör ihtiyaçlarıyla örtüşmesini gerekli kılmaktadır. Bu doğrultuda limanların üstlendiği rollerin aktarılmasının ardından, ön plana çıkan uygunluk kriterleri değerlendirilecektir. İlerleyen kısımlardaysa rüzgâr enerjisi sektörü özelinde ihtisaslaşmış Avrupa limanları örnekleri incelenecek ve proje aşamasındaki Çandarlı Limanı dâhil olmak üzere İzmir limanlarına ilişkin değerlendirmeler ortaya konulacaktır.

4.1. Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Limanların Rolü

Limanlar, gerek denizüstü gerekse karasal rüzgâr çiftliklerinin kurulumu ve bakımı açısından kritik olan tüm tedarik zincirlerine hizmet etmek için çok sayıda faaliyete ev sahipliği yapabilen endüstriyel bölgelerdir. Eğitim merkezleri ve depolardan, yenilenebilir enerji üretimine ve elektrik depolamaya kadar çeşitli faaliyetlere ev sahipliği yapabilen limanlar, farklılaşan fonksiyonlarına bağlı olarak rüzgâr enerjisi endüstrisine hizmet sağlamaktadır. Limanlar ayrıca, kara taşımasıyla uygun tesislere aktarılması gereken büyük bileşenlerin test tesisleri için de ideal bir şekilde mekansal fırsatlar sunabilirler (Wind Europe Community, 2017a). Dolayısıyla günümüzde limanların rüzgâr enerjisi sektörü adına üstlenecekleri roller, hizmet ettikleri hinterlandın talepleri ve bu sektör özelindeki yatırım ölçeğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu unsurlar doğrultusunda limanların rüzgâr enerjisi sektörünün ihtiyaçlarını etkin bir şekilde karşılayabilmeleri için operasyonel yeterliliklerini, bağlantılarını ve tasarımlarını uygun hale getirebilmeleri gerekmektedir.

Limanların sektör özelinde üstlenecekleri roller karasal rüzgâr çiftlikleri ve denizüstü rüzgâr çiftlikleri için farklılıklar gösterecektir. Bu doğrultuda limanların rolleri, sağlanan hizmetler, operasyon süreçleri ve liman seçim kriterlerine ilgili başlıklar altında değinilecektir.

4.1.1. Karasal Rüzgâr Çiftlikleri ve Limanlar

Limanlar, karasal rüzgâr çiftliklerine yönelik türbin üretiminde ihtiyaç duyulan hammadde veya ara ürünlerin tedariği ve tamamlanmış rüzgâr türbini bileşenlerinin aktarılması için kritik lojistik üslerdir. Söz konusu limanların uygunluğu, rüzgâr türbini bileşeni üretim tesisleri ve rüzgâr çiftliği sahalarıyla bağlantısını sağlayan karayollarının uygunluğuyla doğrudan ilişkilidir. Özellikle 80 m. uzunluğuna ulaşabilen kanatların ihracat veya ithalat süreçlerinde karayollarının genişliği, kavşakların taşıyıcı araçların manevralarına uygunluğu ve yol üzerinde bulunan engellerin (örn; tabela, üst geçit, köprü) geçişe müsaade edebilirliği liman bağlantısının uygunluğunu değerlendirirken göz önünde bulundurulması gereken parametrelerdir.

Liman bağlantısının uygunluğunun yanı sıra, limanın operasyonel yeterliliklerini belirleyen depolama ve rıhtım alanlarının uygunluğu da önem arz etmektedir. Proje yüklerinin ölçeği nedeniyle, liman işletmecileri ithalat veya ihracat sürecini belirsizliklere izin vermeyecek şekilde organize etmelidir. Operatörlerin öncelikle proje işinin temellerini kavramak adına yük sahipleriyle koordine olmaları gerekmektedir. Limanların normalde odaklandığı dökme yük ve konteyner gibi diğer liman faaliyetlerine kıyasla proje yük operasyonlarında standartlaştırmanın daha zor olmasına bağlı olarak, limanın tecrübesi ön plana çıkan bir unsurdur (Port Strategy, 2018).

Karasal rüzgâr türbinlerinin aktarılmasında tercih edilecek limanlarda özel olarak tasarlanmış rıhtımlar, depolama alanı ve projeye özel ekipman yatırımları gereklidir. Bu özel alanlar sayesinde operasyon verimliliğinin artırılmasının yanı sıra yükün ve liman çalışanlarının emniyetini de güvence altına almak kolaylaşacaktır. Örneğin diğer yük gemileriyle ortak iskele kullanımı söz konusu olduğunda, kule ve kanatların uzunlukları sebebiyle diğer gemilere yönelik elleçleme operasyonlarının duraksatılması gereksinimi doğabilmektedir. Benzer şekilde, iskelenin genişliğine bağlı olarak operasyonların akıcılığını engelleyecek liman içi trafiğine ilişkin problemlerle karşılaşılabilmektedir.

Rıhtım operasyonlarının verimliliğini etkileyen bir başka faktör de operasyon hızıdır. Hızı belirleyen en önemli kriter ise elleçlemede kullanılacak olan vinçlerdir. Türbin bileşenlerinin elleçlenmesinde ebatların uzunluğu sebebiyle genellikle iki vinç koordineli olarak çalışmaktadır. Tandem operasyon adı verilen bu yükleme/tahliye operasyonları, standart elleçleme

operasyonlarına kıyasla oldukça zordur. Bu operasyonların sorunsuz yürütülmesi için yıpranma dönemlerine bağlı hassasiyet seviyeleri ve operatör kabini konumlandırmalarına göre eş değer iki vincin kullanılmasında fayda vardır. Mobil rıhtım vinçleri (MHC) taşıma kapasiteleri, operatör kabinlerinin operasyon takibine uygun yükseklikte olmasıyla bu operasyonlarda en çok tercih edilen liman ekipmanıdır. Ancak MHC sahibi olmayan limanlarda üçüncü tarafların sağlayacağı paletli, mobil ve teleskobik vinçler kullanılabilmektedir. Geminin kendinden vinçli olması koşulundaysa, bu vinçlerle elleçleme operasyonu gerçekleştirilebilmektedir. MHC'ler, operasyon hızı olarak karşılaştırıldığında diğer alternatiflere kıyasla öne çıkan ekipman tipidir. Vinç tercihi kadar, operatör tecrübesi ve koordineli çalışma kabiliyeti de gerek operasyon hızı gerekse emniyeti adına önemlidir. İDÇ Limanı'nda çift vinç (tandem) ile gerçekleştirilen kule elleçleme operasyonu görseli aşağıdaki gibidir.

Elleçleme operasyonlarının sorunsuz gerçekleştirilebilmesi adına üretici firmalar tarafından oluşturulan yönergeler önem arz etmektedir. Ağırlık merkezleri, takozlama noktaları, ataçman sabitleme noktaları vb. bilgileri içeren bu yönergeler yüke verilebilecek hasarların önüne geçilmesi adına takip edilmeli ve operasyon süreçlerinde bulunan tüm şahıslara bildirilmelidir. Elleçleme operasyonunda kullanılacak olan yüke özel ataçman limanda mevcut olmadığı durumlarda, üretici firma veya liman acentesi tarafından temin edilebilmektedir. Şekil 39'da görüldüğü üzere elleçleme operasyonu, ataçmanın yükün ağırlık merkezine göre tespit edilmiş belirli kısımlarında yer alan bağlantı noktalarına sabitlenmesiyle başlamaktadır. Her proje yükünün özelliklerine bağlı olarak rüzgâr türbini firmaları tarafından operasyona dâhil olacak taraflara aktarılmış manueller dikkate alınarak süreç yönetilmektedir.

ŞEKİL 39. İDÇ Limanı Kule Elleçme Operasyonu

Kaynak: İDÇ Limanı (2021)

ŞEKİL 40. Batıliman'da Kanat Yüklemesi Öncesi Ataçman Sabitleme İşlemi

Kaynak: Batıliman (2021)

İhracat yüklerinin elleçleme öncesinde, ithalat yüklerinin ise gemiden elleçlenmesini takiben uygun depo alanına aktarılmaları gerekmektedir. Özellikle kule ve kanatların ebatları göz önünde bulundurulduğunda söz konusu depo alanlarının bu yükleri karşılayabilecek kapasiteye sahip olması zaruridir.

Ağırlık ve hacimleri dolayısıyla kule bileşeninin üst üste kademeli istifi nadiren gerçekleştirilirken, kanatlar için 2-3 kademeli istif mümkün olabilmekte ve böylece kapasite değerlendirmesine yönelik avantaj elde edilebilmektedir. İhracat yüklemeleri üretim firmalarının limanlara yakın konumlanmış olduğu koşullarda supalan olarak gerçekleşmekte ve böylece limanlarda depolama hizmetine gerek duyulmamaktadır. Ancak özellikle ithalat yüklerinde proje sahalarının farklı sebeplere bağlı olarak (örn: mevsim koşulları, proje izinlerinde yaşanabilen gecikmeler) zamanında hazır olmaması durumlarında liman depo alanlarında uzun süre beklemeleri gerekebilmektedir. Söz konusu yüklerin hassasiyetinden ötürü ara depolama tesislerinin kullanımı ek elleçlemelere sebep olacağı için nadiren uygun görülmektedir.

Aşağıdaki görseller TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nda rüzgâr türbini bileşenlerine ayrılmış olan depolama alanını göstermektedir. Görsellerde de görüldüğü üzere kanatlar istif çerçevelerine, çerçevelerse zemine sabitlenerek operasyon güvenliği sağlanmaktadır.

Karasal rüzgâr türbinlerinin aktarılmasında rol üstlenen limanların, rıhtım ve liman sahası kapasitelerinin belirlenebilmesi ve gereksinim olduğu koşullarda ilgili yatırımların gerçekleştirilebilmesi için sektörün eğilimleri yakinen takip edilmelidir.

ŞEKİL 41. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Kanat İstifi

Rüzgâr türbini bileşenlerinin ebatlarında yaşanan hızlı büyüme, bu yükleri taşıyan kara nakliye araçlarına ve ağır yük gemilerine de yansımaktadır.

Dolayısıyla deniz yönlü operasyonlarda rıhtım uzunluğu, rıhtım sayısı, elleçleme ekipmanı sayısı gibi liman performansı belirleyicileri, kara yönlü operasyonlardaysa depolama alanı sektörün ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde güncellenmelidir. Bileşen ebatlarının yanı sıra yenilenebilir enerji gereksiniminin yükselişte olmasına bağlı olarak söz konusu bileşenlere olan talebin de yükselişte olduğu dikkate alınmalı ve ihtiyaç duyulacak liman yatırımlarını gerçekleştirmek adına sektör paydaşlarıyla etkileşim halinde bulunulmalıdır.

4.1.2. Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri ve Limanlar

Bir denizüstü rüzgâr çiftliğinin kurulum aşamasında etkin tedarik zinciri yönetimi, rüzgâr enerjisi endüstrisi işletmelerinin rekabet üstünlüğünü korumak için hayati önem taşıyan üretim, depolama yerleri ve taşımacılığın tasarlanmasıyla beraber, süreçlerin bütünleşik olarak planlanması adına kritik kararlar almayı içerir. Bu kararlar tedarik zincirini oluşturan aktörlerin (üreticiler, depolar, limanlar) sayıca fazla olması ve/veya dağınık bir şekilde konumlanmış olması koşullarında daha da karmaşık hale gelebilmektedir. Dahası, bu aktörler arasında liman ve depolar özelinde kapasiteye ilişkin kısıtlar, üreticiler özelindeyse envanter yönetim politikaları ve taşıma modu tercihlerine ilişkin öncelikler tedarik zincirinin tasarımı ve bütünleşik planlanması adına tarafların maliyetleri ve operasyonel verimlilikleri açısından belirli zorlukları ortaya çıkarabilmektedir. Dolayısıyla, gerek maliyetlerin düşürülmesi gerekse rüzgâr türbini bileşenlerinin boyutuna bağlı olarak ortaya çıkan operasyonel zorlukların giderilmesi adına, imalatçıların kendi tesislerini yük çıkışlarına uygun liman tesislerine yakın alanlara konumlandırması avantajlı bir tercihtir (Elkinton vd., 2014). Şekil 42'de denizüstü rüzgâr çiftliği kurulumunda rol sahibi taraflar ve üstlenilen roller görselleştirilmiştir.

Denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulmasına yönelik ilk adım, bileşenleri üretim tesislerinden limandaki kara montaj sahasına teslim etmektir. Bu bileşenler kule, nasel, rotor, kanat ve türbin temelidir (foundation).

ŞEKİL 42. Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Kurulum Süreçleri ve Aktörler

Üretim Tesisi	Lojistik Hizmet Sağlayıcılar	Liman Operatörü	Gemi Operatörü	Yatırımcı İşletmeler
Üretim	Bileşenlerin Taşınması	Depolama & Elleçleme	Kurulum Öncesi Taşıma	Saha Kurulumu

Müşteri
Diğer Aktörler (örn: denizcilik otoriteleri, hizmet sağlayıcılar, gümrük idaresi)

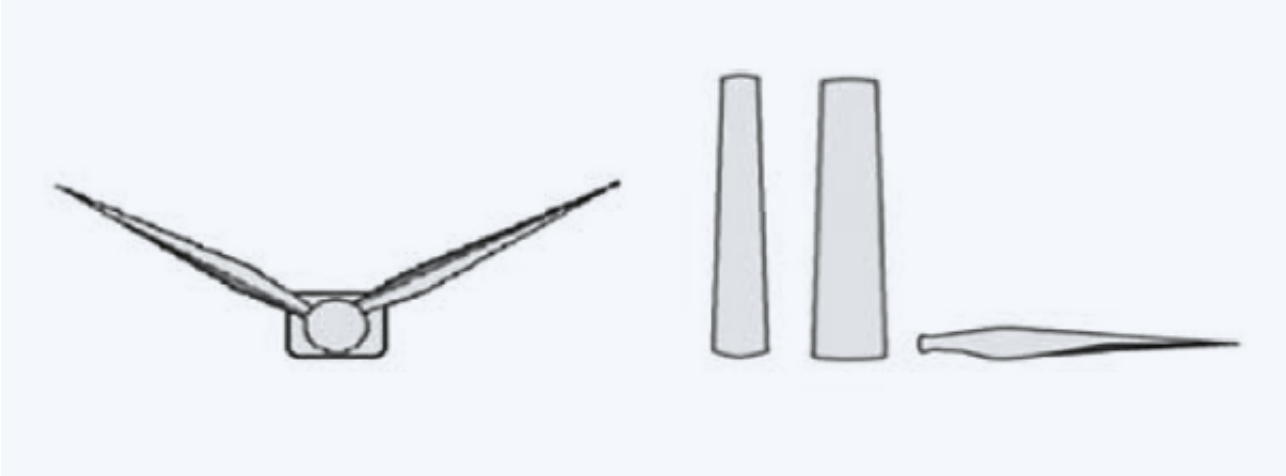
Kaynak: Quandt vd. (2017)

Tüm bileşenler tasarım ve üretimi takiben, limandaki kara montaj sahasına hasar görmeden aktarılmalıdır. Üreticinin konumuna ve bileşen boyutuna bağlı olarak, bileşenler ebatlarına uygun taşıma araçları kullanılarak kara yoluyla veya açık deniz gemileri kullanılarak deniz yoluyla taşınabilir. Tüm rüzgâr enerjisi santrali bileşenlerinin aynı anda teslim edilmesine gerek olmadığı unutulmamalıdır. Özellikle bileşen boyutlarındaki büyüme limanlarda ayrılmış olan depolama ve montaj alanlarının yetersiz kalmasına sebebiyet verebilmektedir. Limandaki montaj sahasında sınırlı alan olması durumunda, planlanan kurulum stratejisine göre bileşenler, önceki bileşen paketi kurulum gemisine yüklendikten sonra teslim edilmelidir. Böylece limanlarda kapasite kısıtları minimum seviyede tutulup, ek elleçleme maliyetlerinin oluşmasının önüne geçilebilir. Bu doğrultuda bileşen üreticileri, depolama sorunlarını önlemek için bileşenleri planlanan teslim tarihinden hemen önce üretir. Özellikle hava koşullarının denizüstü rüzgâr türbini kurulum faaliyetlerine uygun olmadığı durumlarda, deniz yönlü taşımacılık faaliyetleri aksaklığa uğramakta ve kara yönlü taşımacılık faaliyetlerini planlananın dışına çıkarabilmektedir. Liman sahasında gerçekleşecek montaj faaliyetleri de bu anlamda aksaklıktan etkilenecektir (Vis & Ursavas, 2016).

Liman Montaj Sahası Operasyonları: Limandaki montaj sahası, rüzgâr türbini kurulum stratejisine göre tüm bileşen montajlarının tamamlandığı alandır. Ardından bileşenlerin denizüstü rüzgâr çiftliğinin konumuna taşınmak üzere rıhtıma aktarılarak kurulum gemisine yüklenmesi gerçekleşir. Kara ve deniz trafo merkezlerinin (substation) teslimi doğrudan kurulum yerlerine yapılır ve limanda montaj gerekmez. Türbinlerin temelleri tipik olarak doğrudan gemiye yüklenerek denizüstü rüzgâr çiftliğinin bulunduğu yere teslim edilir. Ek olarak, kablo döşeme gemileri hâlihazırda kablolarla yüklenmiştir ve liman montaj sahasında herhangi bir operasyon gerekmez. Bu nedenle, limanda montaj yalnızca rüzgâr türbini bileşenleri için geçerlidir. Limanda gerçekleşecek montaj operasyonları kurulum stratejisine bağlı olarak farklılık gösterecektir (Asgarpour, 2016). Limanların montaj faaliyetlerini gerçekleştireceği senaryo dâhilinde, liman montaj operasyonları üç farklı montaj stratejisine göre şekillenecektir (Vis & Ursavas, 2016).

a. **Tavşan kulağı yöntemi (bunny ear):** Bu montajlama tercihinde nasel, hub ve iki adet kanat liman montaj sahasında birleştirilmektedir. Montajlama sonrasında oluşacak "tavşan kulağı" benzeri nihai ürüne istinaden bu isimlendirme uygun görülmüştür. İki parça halinde kule ve montajlaması gerçekleştirilmemiş olan üçüncü kanat ayrı olarak bileşenleri kurulum alanına taşıyacak olan gemiye yüklenmektedir. Bu montajlama stratejisi sonucu dört parça olarak kurulum alanına taşınmakta ve dolayısıyla kurulum sürecinde dört lifte ihtiyaç duyulmaktadır.

ŞEKİL 43. Tavşan Kulağı Yöntemi

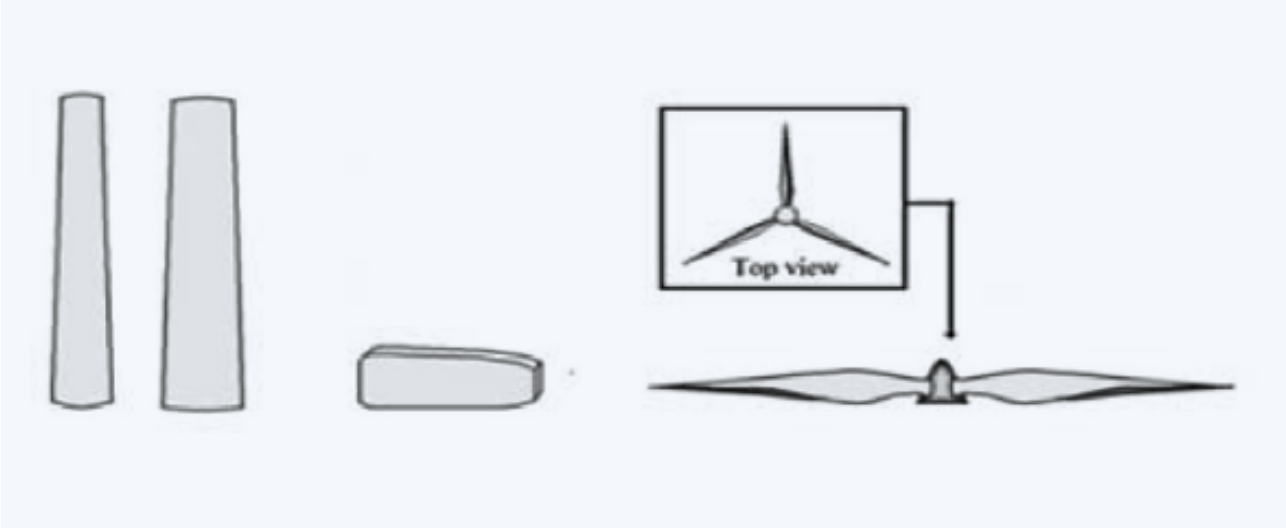


Kaynak: Vis & Ursavas (2016)

b. **Tam rotor yöntemi (full rotor star):** Bu montajlama tercihinde hub ve üç kanat rotorun tamamını birleştirmiş olacak şekilde liman montaj sahasında birleştirilmektedir. Kurulum sahasına parçaları taşıyacak olan gemiye montaj sonrası nihai hale getirilmiş rotor dışında iki kule parçası ve nasel yüklenecektir. Bu montajlama stratejisinde de denizüstü rüzgâr türbini dört parça olarak kurulum alanına taşınmakta ve dolayısıyla kurulum sürecinde dört lifte ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemin sorunu, her bir rotor-nasel-kule grubu için gereken güverte alanının çok geniş olması ve mevcut gemi tasarımları varsayıldığında, güverteye yalnızca bir rotor-nasel-kule düzeneğinin yüklenebilmesidir.

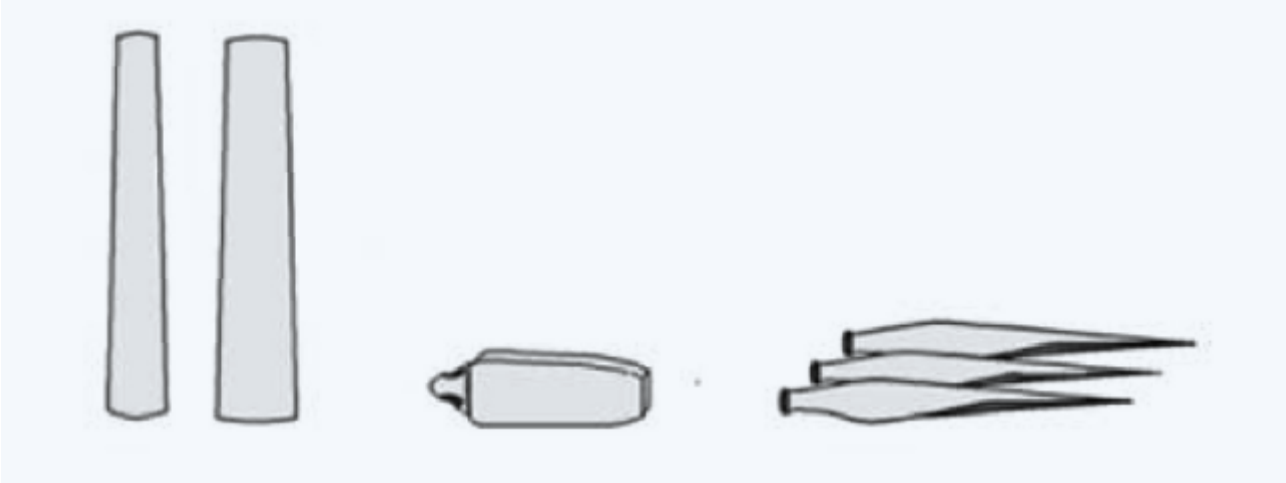
c. **Ayrışık bileşenler yöntemi:** Bu montajlama tercihinde yalnızca hub ve nasel liman montaj sahasında birleştirilmektedir. Bunun yanı sıra, iki kule parçası ve üç kanat kurulum sahasına taşınmak üzere gemiye yüklenecektir. Nihai olarak altı parçadan oluşmuş olan bu yükleme, kurulum sürecinde altı lifte ihtiyaç duymaktadır.

ŞEKİL 44. Tam Rotor Yöntemi



Kaynak: Vis & Ursavas (2016)

ŞEKİL 45. Ayrışık Bileşenler Yöntemi



Kaynak: Vis & Ursavas (2016)

Herhangi bir liman montaj hizmetine gerek duymaksızın tüm denizüstü rüzgâr türbin bileşenlerinin ayrışık olarak taşınmasıyla kurulum faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi de teorik olarak mümkündür. Ancak, 15 rüzgâr türbini üzeri rüzgâr çiftliklerinde ve/veya 15 km. üzeri liman- denizüstü rüzgâr çiftliği mesafelerinde bu yöntemin verimsiz olacağı tespit edilmiştir (Asgarpour, 2016). Montaj tercihlerinde belirleyici olan, rüzgâr çiftliği projesinin kapasite büyüklüğü, limanla olan mesafesi ve kurulum gemisinin taşıma kapasitesidir. Ancak gerek ayrışık bileşenler yöntemine kıyasla daha az lift ihtiyacına sahip olması gerekse mevcut kurulum gemilerinin güverte konfigürasyonuna uygunluğu açısından tavşan kulağı yöntemi, avantajları doğrultusunda sıkça tercih edilen montaj yöntemidir. Bir gemiye sığabilecek maksimum türbin sayısı, bir gemideki mevcut alana ve her türbin için gereken alana bağlıdır. Her türbin için gereken alansa, kullanılan ön montaj yöntemine göre değişecektir. Dolayısıyla kullanılacak gemi tipinin ve taşımaya konu olan rüzgâr türbini bileşenlerinin ebatları montaj yöntemlerinin uygunluğunu belirleyecektir. Nihai olarak dikkat edilmesi gereken unsur, rüzgâr çiftliği kurulumunu liman-rüzgâr çiftliği arasında çalışan kurulum gemisini en az sefer ve bekleme süresiyle kullanabilecek uygunluktaki montaj yönteminin tercih edilmesidir. Denizüstü kurulum faaliyetleri maliyet açısından değerlendirildiğinde, söz konusu kurulum gemilerinin kiralama maliyeti önemli bir yer tutmaktadır. Bu anlamda gemilerin dönüş sürelerini (turn around time) azaltmaya yönelik montaj tercihi kritik öneme sahiptir. Bunun yanı sıra, kurulum bölgelerinde deniz tabanına bağlı yüzer pontonlar kullanılarak gemilerin bekleme süresi azaltılabilir. Pontonların kullanılması koşulunda, jack-up gemilerdense besleme gemileri aracılığıyla liman-ponton arası rüzgâr türbini bileşenlerinin aktarılması sağlanarak maliyetlerin düşürülmesi sağlanabilir.

Gemi Operasyonları: Denizüstü rüzgâr çiftliğinin kurulumundan önceki son adım, tüm bileşenlerin rüzgâr çiftliğinin bulunduğu yere taşınmasıdır. Daha önce de belirtildiği gibi liman, rüzgâr çiftliği ve üretim tesislerinin konumuna bağlı olarak, türbin temelleri ve deniz trafo merkezleri (substation) limana aktarılmaksızın doğrudan rüzgâr çiftliği kurulum alanına taşınabilir. Geriye kalan rüzgâr türbini bileşenleriyse tipik olarak limandaki montaj sahasında işlemleri tamamlandıktan sonra kurulum gemilerine yüklenir. Yük kapasitesi, hava kısıtlamaları, vinç operasyonlarının hassasiyeti, maliyetler, seyahat hızı ve teknik riskler bakımından farklılık gösteren çeşitli kurulum gemisi tipleri mevcuttur (Asgarpour, 2016). Bu gemilere ilişkin detaylı incelemeye raporun ilerleyen kısımlarında yer verilecektir.

Kurulum gemilerine yükleme operasyonları gerçekleştirilebilmesi için öncelikle güverte hazırlığı yapılmalıdır. Liman montaj sahasından gemi güvertesine rüzgâr türbini bileşenlerinin elleçlenmesinden önce gerçekleşen bu aşamaya **mobilizasyon** adı verilmektedir. Kurulumun ardından gemi üzerindeki ekipmanın kaldırılmasını kapsayan aşamaysa **demobilizasyon** olarak adlandırılmaktadır (Lacal-Arántegui vd., 2018). Büyük kurulum gemileri için her iki süreç de bir ay kadar uzun süreleri bulabilmektedir.

Rüzgâr türbini bileşenlerinin gemiye yükleme operasyonları söz konusu gemi üzerinde vinç olup olmamasına göre değişiklik göstermektedir. Gemi vincinin mevcut olmadığı koşullarda liman rıhtım vinçleri kullanılarak operasyon gerçekleştirilmektedir (Elkinton vd., 2014). Kurulum gemisinin mobilizasyonu ve bileşenlerin geminin güvertesine yüklenmesinden sonra, gemi rüzgâr çiftliğinin bulunduğu alana doğru yolculuğuna başlayabilir. Ancak, rüzgâr çiftliğinin bulunduğu alandaki hava koşulları kurulumun uygunluğu için belirleyicidir. Hava koşullarının kurulum için uygun olmaması durumunda gemi limanda beklemek durumunda kalacaktır. Özellikle, kara ile mesafesi fazla olan rüzgâr çiftliği projeleri için hava koşuluna bağlı gecikmeler maliyet açısından önemli bir paya sahiptir.

Denizüstü Rüzgâr Türbini Kurulum Operasyonları: Bu operasyonlar türbin temeli kurulumu, türbin kurulumu, trafo merkezlerinin kurulumu ve kablo kurulumu olarak dört aşama dâhilinde sınıflandırılabilir.

Tercih edilecek türbin temeline bağlı olarak bu temellerin kurulum operasyonları farklılık gösterecektir. Günümüzde denizüstü rüzgâr türbinlerinin %90'a

yakını tekil kazık (monopile) temellerine sahiptir. Bu temeller hidrolik çekiç kullanma (hammering) veya kazık delgisi (pile drilling) yöntemleriyle deniz tabanına yerleştirilebilir. Hidrolik çekiç kullanımında 2000-3000 çekiç darbesiyle türbin temelinin zemine yerleştirilmesi işlemi tamamlanmaktadır. Kazık delgisi yöntemiyleyse, tekil kazığın doğru derinliğe yerleştirilmiş olduğundan emin olmak adına sürekli olarak takibi gerçekleştirilmektedir. Her iki işlem için de türbin temellerinin kurulum süresi 1-2 günü bulmaktadır (Asgarpour, 2016).

Türbin temeli kurulumunun tamamlanmasıyla türbin kurulumu operasyonu başlamaktadır. Kurulacak olan türbin bileşenleri kule, nasel, hub ve kanatlardır. Kule parçaları yaygın olarak liman montaj sahasında halihazırda birleştirilmiş haliyle gemiye yüklendiği için, deniz üzerinde montaj işlemi nadir olarak gerçekleştirilir. Kurulum gemisinin pozisyonunu sabitlemesi ardından kule kaldırılır ve türbin temelinin üzerine yerleştirilerek civatalanır. Kurulacak ikinci türbin bileşeni naseldir. Bu bileşeni de vinçler kaldırır ve kulenin üzerine yerleştirir. Kanatların kurulumu hangi montaj tercihiyle hazırlanmış olduğuna bağlı olarak değişiklik gösterecektir. Üç kanadın da kurulmasının ardından türbin kurulumu operasyonu tamamlanmaktadır (Asgarpour, 2016).

Türbin kurulumunun da tamamlanmasıyla trafo merkezlerinin kurulumu aşaması başlamaktadır. Rüzgâr türbini jeneratörlerini bir şebekeye bağlamak için uygun elektrik altyapısı gereklidir. Rüzgâr çiftliğinin kıyıya yakın olması durumunda türbin jeneratörleri doğrudan kıyıdaki trafo merkezine bağlanabilir. Ancak, rüzgâr çiftliğinin kıyıya uzak olması durumunda hem kara hem de açık deniz trafo merkezleri gerekmektedir. Açık deniz trafo merkezlerinin kurulumunda da rüzgâr türbinlerinin kurulum operasyonuna benzer olarak öncelikle temelin kurulması, sonrasındaysa trafo merkezinin temelin üzerine yerleştirilmesi işlemleri tamamlanmalıdır. Son aşamaya gelindiğinde, kablo kurulumu gerçekleştirilecek ve enerji transferi mümkün hale gelecektir (Asgarpour, 2016).

ŞEKİL 46. Jack-up Gemilerle Türbin Kurulum Operasyonu

Kaynak: Asgarpour (2016)

ŞEKİL 47. Açık Deniz Trafo Merkezi Kurulum Operasyonu

Kaynak: Asgarpour (2016)

4.2. Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Limanların Sınıflandırılması

Rüzgâr çiftliği projelerinde izlenecek kurulum stratejilerine göre limanların bu sektörde üstleneceği roller şekillenmektedir. Bu çerçevede limanları ithalat/ihracat limanları, üretim limanları, montaj limanları ve işletme/bakım limanları olarak dört grupta incelemek mümkündür. Ancak limanlar farklı rüzgâr çiftliği projelerinde farklı rollere sahip olabilir. Örneğin, bir denizüstü rüzgâr çiftliği projesi için üretim limanı olarak konumlanmış bir liman bir başka projede montaj limanı olarak konumlanabilir. İlerleyen kısımlarda her bir liman sınıflandırmasının karakteristik özellikleri aktarılacak ve rüzgâr çiftliklerinin kurulumunda üstlendikleri roller açıklanacaktır.

4.2.1. İhracat/İthalat Limanları

Karadaki üreticilerden bileşenlerin ağır kapasiteli yük gemilerine aktarılmak üzere taşındığı yük limanlarıdır. Bileşenler, bu gemiler aracılığıyla üretim ve montaj limanlarına aktarılacaktır. Dolayısıyla üretim ve montaj hizmetlerinin gerçekleştirilmediği bu limanlarda temel fonksiyonlar elleçleme ve depolamadır (Enamorado, 2016). Benzer şekilde türbin üretimine konu olan parçaların ithalatı da bu limanlardan gerçekleştirilebilir. Türkiye'de rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren limanlar bu kategoriye girmektedir. Liman içerisinde üretim, montaj, test gibi faaliyet merkezleri yer almaz iken sadece proje yük kapsamındaki kanat, kule, nasel, hub vb. yüklerin depolanması ve elleçlenmesi hizmetleri sunulmaktadır. Şekil 48'de İzmir'de rüzgâr enerjisi sektöründe başlıca ihracat limanı olan TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'ndaki kanat operasyonlarından bir görsel sunulmaktadır.

ŞEKİL 48. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Kanat Operasyonları

Kaynak: DSV Lojistik (2021)

Rostock Limanı, Almanya

Her ne kadar 2 km'lik art alanında Nordex ve ENO Energy Systems gibi rüzgâr türbini ve bileşenleri üreticilerinin üretim ve lojistik tesisleri yer alsa da Europort Rostock Terminali daha çok karasal rüzgâr türbinleri için bir ihracat ve ithalat limanı özelliği taşımaktadır. Terminal içerisinde rüzgâr türbini bileşenlerinin elleçlenmesi, depolanması ve katma değerli hizmetler sunulmaktadır. Ana müşterileri Nordex ve Vestas olan terminalden; İrlanda, İsveç, Türkiye ve Güney Amerika'ya ihracat yapılmaktadır (Janetzko, 2013). Şekil 49'da görülen 2 numaralı iskele genel yüklere ve özellikle rüzgâr enerjisi sektörüne tahsis edilmiştir. 13 rıhtıma sahip İskele 2'nin açık depolama sahası 110,000 m², kapalı depolama alanı 64,000 m² olup rıhtım uzunluğu 2,680 m. ve derinliği 9.45-9.80 m. arasındadır. İskelede, 144 ton kapasiteye sahip yedi vinç, 78 tonluk reachstacker ve 25 ton kapasiteli forkliftler mevcuttur (Euroports, 2021).

ŞEKİL 49. Rostock Limanı Europort Genel Yük Terminali

Kaynak: Google Haritalar (2021); Euroports (2021)

4.2.2. Üretim Limanları

Denizüstü rüzgâr türbinlerinin ebatları göz önünde bulundurulduğunda, lojistik maliyetleri ve sorunları azaltmak adına üretim tesislerini liman alanlarına kurmaları oldukça faydalıdır. Bu sayede üretimde kullanılacak hammaddenin temini, üretimi farklı tesislerde gerçekleşecek bileşenlerin deniz yoluyla ulaştırılması ve denizüstü rüzgâr çiftliğine taşınacak tamamlanmış türbinlerin elleçlenmesi süreçleri kolaylaşmaktadır. Bu avantajlar çerçevesinde denizüstü türbin üreticilerinin ihtiyaçlarına karşılık veren ihtisaslaşmış üretim limanları yaygınlaşmaktadır. Bu limanlar genelde 10 senelik gelecek planlaması çerçevesinde 10 deniz mili çeperinde 5 GW üzeri rüzgâr potansiyeli bulunan coğrafyalarda mevcuttur (FOWIND, 2016).

Türbin üretim limanlarının yanı sıra, türbin temeli üretimi için ihtisaslaşmış limanlar da mevcuttur. Yine, büyük boyutlu ve kütleli olma özelliği göz önüne alındığında, bu üreticilerin tesislerini, hem hammaddelerin alınmasına hem de proje tedariğine uygun olan bir rıhtıma sahip liman arazisi içinde konumlandırmaları gerekir. Bu limanların rüzgâr çiftliği projelerine yakın olmadığı koşullarda aracı bir liman olarak birleştirme/montaj limanlarının dâhil edildiği kurulum stratejileri izlenmektedir. Türbin temeli üreticileri geleneksel olarak sıvı ve gaz platformları üretimine yoğunlaşmış işletmeler oldukları için, mevcut konumları çoğu zaman rüzgâr enerjisi sektörü odağında şekillenmemiştir. Dolayısıyla söz konusu kurulum stratejisi Avrupa örneklerinde yaygın olarak görülmektedir (FOWIND, 2016). Benzer bir durum deniz trafo merkezi üreticilerinin kullandığı üretim limanları için de geçerlidir.

Görüldüğü gibi üretim limanları farklı rüzgâr türbini bileşenlerinin üretimine mekânsal imkân sağlayan limanlardır. Süreçlerin karmaşıklığını gidermek ve maliyetlerin düşürülmesi adına ideal olan senaryo, özellikle ebat ve kütle olarak büyük bileşenlerin üretim ve birleştirme işlemlerinin gerçekleşebileceği şekilde ihtisaslaşmanın sağlanması olacaktır.

Üretim limanları sınıflandırmasında örnek olarak gösterebilecek Avrupa limanları Aalborg, Bremerhaven, Cuxhaven, Emden, Esbjerg, Humber, Lubmin, Medway, Methil, Rostock ve Rotterdam limanlarıdır (European Wind Energy Association, 2011). Liman sektöründe eğilim üretim faaliyetlerine imkân sağlayan bu tip limanların artırılması yönündedir ve proje aşamasındaki üretim limanlarının sayısı da oldukça fazladır. Şekil 50'de İngiltere'nin Teesside Limanı'na ait rüzgâr enerjisi sektörü üretim tesisleşmesi projesinin görselleştirilmesine yer verilmiştir. Hull Limanı'yla birlikte bu limana İngiltere'nin 2030 yılı itibarıyla toplam 40GW üretime ulaşılması hedefiyle 133 milyon Dolar yatırımı bulunmaktadır (The Maritime Executive, 2021).

ŞEKİL 50. Teeside Limanı Üretim Tesisi Projesi

Kaynak: The Maritime Executive (2021)

Navantia Fene ve Puerto Real Tersaneleri, İspanya 300 yıllık köklü bir geçmişe sahip, İspanya devletine ait bir tersane grubu olan Navantia yüksek teknolojili askeri ve sivil gemilerin tasarımında ve yapımında uzmanlaşmıştır. Navantia petrol ve gaz sektörlerindeki deneyimi ile birlikte, jacket, yüzer yapılar ve denizüstü trafo merkezleri gibi sabit yapılar da dâhil olmak üzere denizüstü rüzgâr sektörüne çeşitli hizmetler sunmaktadır. Ría de Ferol ve Bahia de Cadiz bölgelerinde yer alan son teknolojiye sahip olan modern tesisleri (Fene tersanesi ve Puerto Real tersanesi), tüm yıl boyunca ideal bir iklimle birlikte, denizüstü rüzgâr yapılarının üretimi için uygun koşulları sağlamaktadır. 1.200 ton taşıma kapasitesine ve 85 m.'ye kadar yüksekliğe çıkabilen Navantia vinçleri jackets ve üst modüller (topside modules) gibi büyük yapıları kaldırabilmektedir. Ek olarak, her iki tersane de toplamda yaklaşık 100 yapıyı stoklamaya yetecek kadar geniş depolama alanlarına sahiptir. Bu tesisler Avrupa'nın en büyük ve en donanımlı tersaneleri arasındadır. Fene Tersanesi toplam 682.667 m² dir. Tersanedeki üretim sahası ise 129.701 m² dir. Tersanede, 800 ton kapasiteli bir gantry vinç ve 100 ton ve altı kapasiteye sahip sekiz vinç bulunmaktadır (Navantia Shipyard Group, 2018a).

ŞEKİL 51. Navantia Fene Tersanesi

Kaynak: Google Haritalar (2021); Navantia Shipyard Group, (2021)

Puerto Real Tersanesi ise 1.150.000 m² toplam alana sahiptir. Tersanedeki üretim sahası 296,600 m²'dir. Tersanede, 112 m. yükseklik, 175 m. genişliğe sahip iki gantry vinç ve 100 ton ve altı kapasiteye sahip yedi vinç bulunmaktadır (Navantia Shipyard Group, 2018b).

Puerto Real, Cadiz tersanesinin offshore sahasında faaliyet gösteren ve denizüstü rüzgâr türbinleri platformlarının tasarımı, mühendisliği, üretimi, taşınması ve kurulumu gibi geniş hizmet yelpazesine sahip olan Dragados Offshore, 1975 yılından beri burada hizmet vermektedir. Şekil 52'de görülen bu saha, 510,000 m² toplam alana, 225,000 m² montaj sahasına, 60,000 m² kapalı alana ve 43,200 m² lik fabrika alanına sahiptir. Rıhtım uzunluğu 680 m. ve rıhtım derinliği 5-12 m. arasındadır. Bu sahada Dragados Offshore'a ait 22 kapalı atölyede piping, kumlama, boyama gibi hizmetler verilmektedir. Saha depolama alanı 86,000 m² olup, rıhtım açık denize 500 m. genişlik, 4 km. uzunluk ve 12 m. derinlikteki bir deniz kanalı ile bağlanmaktadır (Dragados Offshore, 2021).

Gdansk Limanı (GSG Towers Gdansk), Polonya

GSG Towers Sp. zo.o. Gdańsk Tersanesi, gemi inşa altyapısını kullanan, kulelerin satışı ve üretiminden sorumlu olan, gerek karasal gerekse denizüstü rüzgâr türbinleri için rüzgâr kuleleri üretiminde uzmanlaşmış bir şirkettir. Ayda 26 kule üretim kapasitesi ile GSG Towers dünya sıralamasında kule üreticileri arasında ilk beş içerisindedir. Maksimum 38 m. uzunluğunda ve 8 m. yarıçapında kule üretim kapasitesi bulunan GSG Towers'ın hemen yanındaki rıhtımdan kule yüklemeleri yapılmaktadır. Burada ayrıca farklı kaldırma kapasitelerine sahip özelleştirilmiş gemi ve güverte vinçleri gibi çeşitli denizüstü araç ve yapılarının da üretimleri gerçekleştirilebilmektedir. Üretim süreçlerinin yanı sıra denizüstü yapılar ve gemiler üzerinde test ve birleştirme işlemleri de gerçekleştirilebilmektedir (Gdansk Shipyard, 2021).

GSG Towers'ın içerisinde yer aldığı Gdansk Tersanesi, Gdansk Limanı'nın bir parçasıdır. Şekil 53'de görüldüğü gibi Gdansk Limanı, 38 adet rıhtımı bulunan sıvı dökme yük, LPG, kömür, demir cevheri, genel yük, Ro-Ro, ferry, konteyner ve daha birçok farklı yük türüne hizmet sunan terminallere sahip bir limandır.

ŞEKİL 52. Navantia Puerto Real Tersanesi, Cadiz

Kaynak: Dragados Offshore (2021)

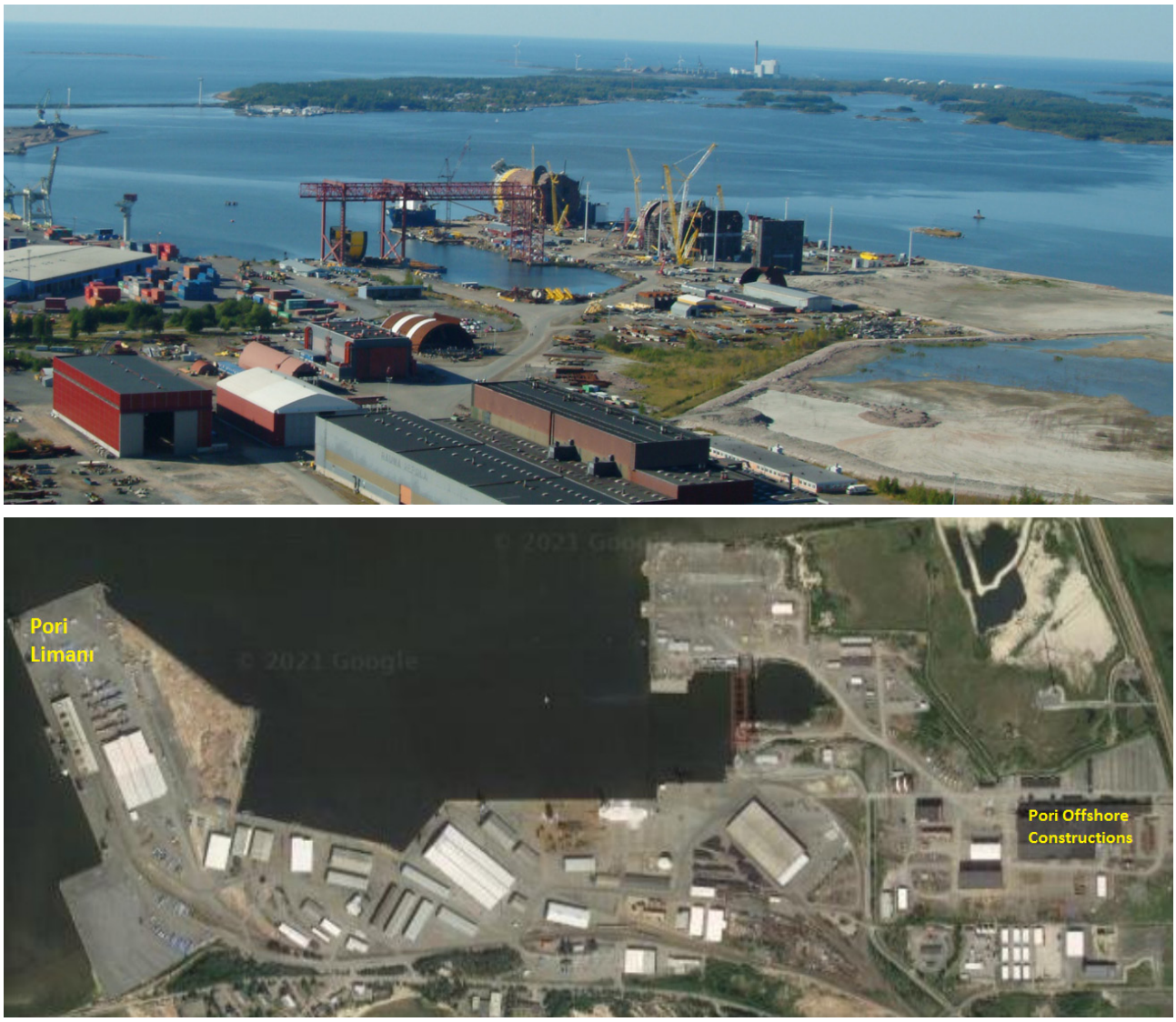
ŞEKİL 53. Gdansk Limanı Rıhtımları ve Gdansk Tersanesi

Kaynak: Port Gdansk, (2021); Trojmiasto, (2021)

Pori Limanı ve Pori Denizüstü Yapıları (Pori Offshore Constructions)

Pori Offshore Constructions (POC) Finlandiya merkezli mühendislik, proje yönetimi ve üretim merkezidir. Pori şehrinin 20 km. batısında yer almaktadır ve Pori Limanı'na direkt bağlantısı vardır. Pori Offshore Constructions, denizüstü rüzgâr enerjisi sektörüne odaklanan üretim ve kurulum çözümleri sunmaktadır. Ayrıca POC, buz koşullarında çalışabilen dünyadaki yüzer denizüstü rüzgâr türbini projelerinin gerçekleştirilmesinde öncü olmuştur (Pori Offshore Constructions, 2021).

ŞEKİL 54. Pori Limanı ve Pori Offshore Constructions



Kaynak: Pori Offshore Constructions (2021); Google Haritalar (2021)

4.2.3. Birleştirme/Montaj Limanları

Birleştirme/Montaj limanları hizmet verdiği denizüstü rüzgâr çiftliği projelerine yakın konumda bulunan ara liman tesisleridir. Bu konsept, üreticiler/imalatçılar rüzgâr çiftliği kurulum sahasına uzun mesafelerde bulunduklarında giderek daha değerli hale gelmektedir. Özellikle Kuzey Avrupa'da inşa edilmiş olan çoğu denizüstü rüzgâr çiftliği projesinde üretim tesisleriyle çiftlikler arasındaki mesafe oldukça fazla olmuştur. Kurulum gemilerinin kiralama bedellerinin yüksek olmasına bağlı olarak, üretim limanlarından ağır

kapasiteli yük gemileriyle bileşenlerin uzun mesafelerde birleştirme/montaj limanlarına taşınması ve böylece kurulum gemilerinin daha kısa mesafelerde kısa süreli döngülerle kurulum faaliyetlerini gerçekleştirmesi ekonomik avantajlar sağlayabilmektedir (European Wind Energy Association, 2011).

Bu projelerde optimum faydayı sağlayacak deniz yönlü lojistik tercihlerinin belirlenebilmesi için mesafe ve gemi kiralama bedellerinin yanı sıra, birleştirme/montaj limanlarının kullanılmasıyla ortaya çıkacak fazladan elleçleme maliyetlerini ve de proje programına ilişkin olası gecikme risklerini değerlendirmek gerekecektir (FOWIND, 2016). Avrupa'da yer alan Aalborg, Barrow, Belfast, Bremerhaven, Cuxhaven, Dunkirk, Eemshaven, Emden, Esbjerg, Great Yarmouth, Methil, Mostyn, Nyborg, Ramsgate, Rostock, Rotterdam ve Sassnitz limanları birleştirme/montaj fonksiyonuna sahip liman örnekleridir (European Wind Energy Association, 2011).

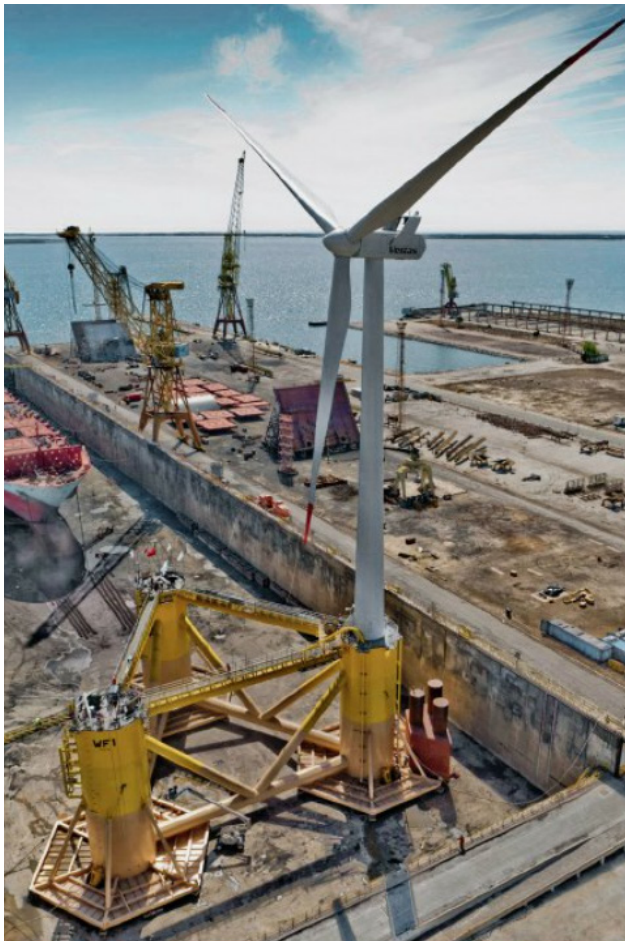
Lisnave Mitrena Birleştirme (Montaj) Tersanesi, Portekiz

Lisnave Estaleiros Navais S.A., dünyanın önde gelen gemi onarım şirketlerinden biridir. 1973 yılında hem gemi tamiri hem de gemi inşası için artan taleple başa çıkmak için Setúbal'daki Mitrena'da yeni bir gemi inşa ve gemi onarım tersanesi inşa edilmiştir. O zamandan beri tüm faaliyetler Mitrena'da gerçekleştirilmektedir. Lizbon'un 60 km. güneyinde yer alan Mitrena gemi onarım tersanesinin 6 kuru havuzu ve 700.000 gross ton kapasitesi vardır. Toplam uzunluğu 1.400 m. olan yedi iskeleye, 100 tona kadar kapasiteye sahip 20 MHC tipi hareketli vince ve bir depo sahası vincine sahiptir (Lisnave Shipyard, 2021a). Mitrena tersanesinin yerleşim planı ve denizüstü rüzgâr türbini birleştirme alanı Şekil 55'te sunulmaktadır.

ŞEKİL 55. Mitrena Tersanesi Yerleşim Planı

Kaynak: Lisnave Shipyard. (2021b); Google Haritalar (2021)

ŞEKİL 56. Mitrena Tersanesi'nde Rüzgâr Türbini Birleştirme Operasyonu Örneği



Kaynak: Antonutti vd. (2014)

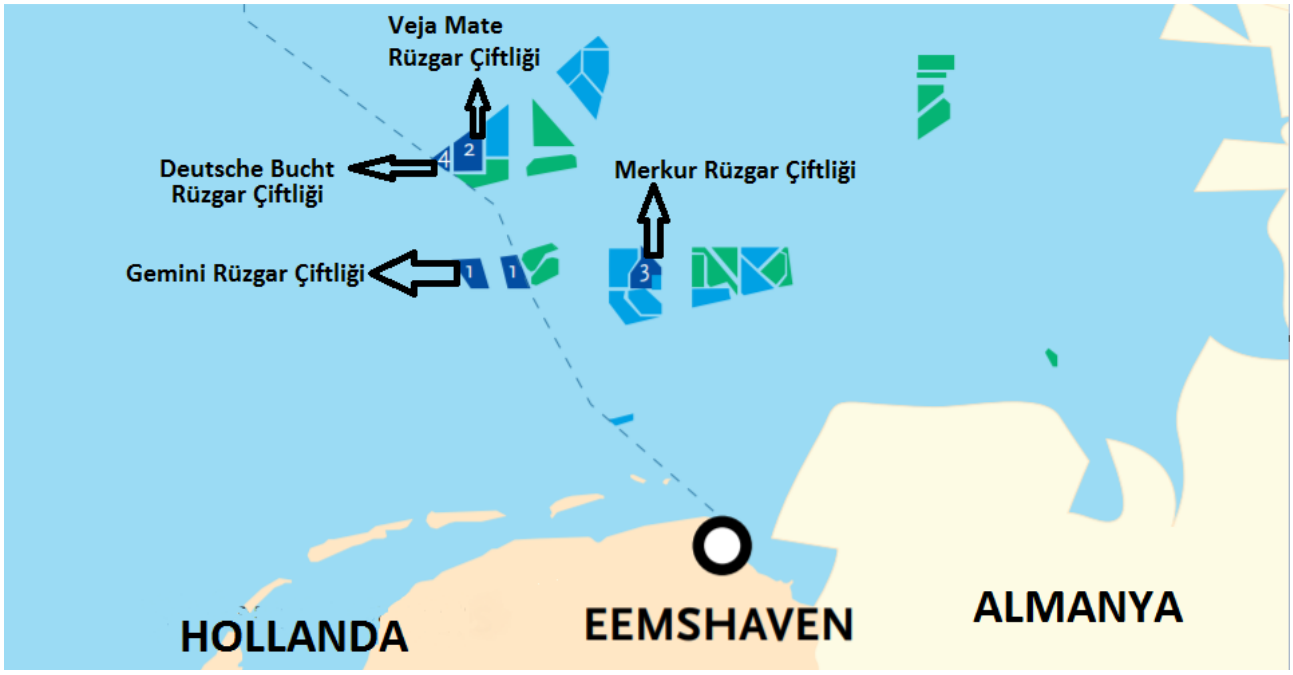
4.2.4. İşletme ve Bakım Limanları

Bu limanlar, rüzgâr çiftliğine işletim ve bakım için destek hizmetleri sağlar. Operasyondaki beklenmedik durumlar için hızlı bir müdahaleyi desteklemeli ve bu nedenle personel ve parçalar için sahaya erişim sürelerini makul seviyelerde tutabilmek adına çiftlikten nispeten kısa bir mesafede konumlandırılmalıdırlar (Enamorado, 2016; Ahsan & Pedersen, 2018). Bu faaliyetlerde genellikle 15-25 m. uzunluğunda ve 2 m. derinliğe sahip küçük hizmet tekneleri kullanılmaktadır. Dolayısıyla özel bir rıhtım yatırımına gereksinim yoktur. Bazı işletme/bakım limanlarında söz konusu hizmetler helikopter aracılığıyla gerçekleştirilmekte ve dolayısıyla liman sahasında veya yakın bir alanda helikopter sahasına ihtiyaç duyulabilmektedir (European Wind Energy Association, 2011). Rüzgâr çiftliğinin 20 ila 25 yıllık işletme ömrü boyunca gerekli olan tüm operasyon ve bakım faaliyetleri için merkez görevi görecek olan bu limanlarda bir kara ofisi ve depolama alanının mevcudiyeti de önemlidir (FOWIND, 2016).

Eemshaven Limanı, Hollanda

Eemshaven limanı, özellikle Kuzey Denizi'nin Almanya'ya komşu olan kesiminde denizüstü rüzgâr çiftlikleri için bir üs ve hizmet limanı haline gelmiştir. Wadden Seaports tarafından işletilen Eemshaven limanı, Groningen liman otoritesine bağlı olan içi içe dört terminalden oluşmaktadır. Bu terminaller Beatrixhaven, Julianahaven, Wilhelminahaven ve Emmahaven terminalleridir (Wynn, 2017). Denizüstü rüzgâr türbinlerinin işletimi ve bakımı (O&M) ile ilgili faaliyetler için bir hizmet limanı özelliği taşıyan limanda, Emmahaven ve Beatrixhaven terminalleri bu faaliyetler için daha uygundur. Servis operasyon gemileri, kablo döşeme ve diğer açık deniz destek gemileri için yeterli yanaşma yeri bulunan limanda, yolcu indirme için de yeterli imkânlar mevcuttur. Güç kaynağı ve tatlı su bağlantıları, depolama olanakları, ofis alanı, gümrük işlemleri ve çeşitli lojistik sağlayıcıların varlığı ile Eemshaven, bakım ve hizmet işletmelerini barındırmak için tüm gereksinimleri karşılamaktadır. Eemshaven halihazırda, toplam 1,7 GW'lık 316 türbine işletme ve bakım hizmeti vermiş olup Gemini (150 türbin), Veja Mate (67 türbin), Merkur Offshore (66 türbin) ve Deutsche Bucht (33 türbin) rüzgâr çiftlikleri için hizmet üssü konumundadır. Hizmet limanı olmasının yanı sıra limanda test alanı da mevcuttur ve Senvion, 2-B Energy ve Lagerwey firmalarının Eemshaven içerisinde test türbinleri yer almaktadır (Groningen Seaports, 2021).

ŞEKİL 57. Eemshaven Limanı'nın İşletme ve Bakım Hizmeti Verdiği Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri



Kaynak: Groningen Seaports (2021)

4.3. Liman Uygunluğuna İlişkin Kriterler

Rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren limanlar üstlendikleri rollere göre farklı hizmet çeşitlilikleriyle operasyonlarını yürütmektedir. Sektörün büyümesiyle ve liman rekabetinin de bu alanda artmasıyla bu sektörün ihtiyacına yönelik liman gereksinimlerini ortaya koyan birçok akademik çalışma ortaya konmuştur. Benzer şekilde rüzgâr çiftliği projelerinin fizibilite çalışmalarında liman uygunluğu kriterleri değerlendirmeye alınmakta ve lojistik süreçlerin liman ayağında karşılaşılabilecek sorunlar tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Akbari vd. (2017)'ye göre liman bağlantıları, limanın fiziki özellikleri ve liman tasarımı olarak üç ana başlık altında derlenecek şekilde rüzgâr enerjisi sektöründe liman uygunluğuna ilişkin kriterleri değerlendirmek mümkündür. Kriterlerin önem derecesi, değerlendirmeye tabi olan limanların üstlenecekleri roller, talep yoğunluğu ve sektörün eğilimlerine bağlı olarak değişim gösterebilmektedir.

4.3.1. Liman Bağlantıları

Bileşen üreticileriyle liman arasındaki bağlantı: Büyük rüzgâr türbini bileşenleri, üretim yerlerinden, gemiye yüklenmeden önce depolanacakları veya monte edildikleri kurulum limanlarına götürülmelidir. Ayrıca açık deniz rüzgâr türbinlerinde, yerçekimine dayalı temeller (gravity based foundation) gibi sabit türbin temelleri tercihen limanlarda üretilir veya tersanelerde inşa edilebilir. İkinci koşulda tersane de bir üretim tesisi olarak değerlendirilmeli ve liman ile arasındaki mesafe bu parametre dâhilinde ele alınmalıdır. Limanın üretici ve tedarikçilerden uzaklığı, nakliye maliyetine etki edeceği için başlıca liman seçim kriteridir (Akbari vd., 2017). Benzer şekilde limanla üretim tesisleri arasındaki bağlantı yollarının söz konusu türbin bileşenlerinin nakliyesine izin vermeyen yapıda olması veya sıkça operasyonel sorunlara sebebiyet veriyor olması liman tercihini belirlemektedir. Bileşen ebatlarının oldukça büyük olmasına bağlı olarak, bileşen üreticilerinin de üretim tesislerini uygun limanların art alanlarına kurması kritik öneme sahiptir.

Limanın karayolu ağına bağlantısı: Türbin bileşenlerinin taşınması büyük oranda karayolu taşımacılığıyla gerçekleşmektedir. Dolayısıyla limanların karayolu ağlarına erişimi bu taşıma araçlarına uygun yapıda olmalıdır. Bileşenlerin ve alt grupların taşınması için kamyonlar, kendinden tahrikli modüler taşıyıcılar (SPMT) ve düşük kasa (low-bed) römorklar gibi araçlar kullanılır. Bu araçların özelliklerine ilişkin kapsamlı bilgiler raporun ilerleyen kısımlarında yer almaktadır. 3 MW'lık bir referans türbin için, karayolunda şerit genişliği minimum 5,5 m. olmalıdır. Çekilen araçta bulunan bileşenin yatay ve dikey olarak en uç noktaları dikkate alınarak belirlenen ölçülere göre yatay gabari 5.5 m.'den 11 m.'ye artmalıdır (Akbari vd., 2017). Aynı zamanda kullanılacak olan rotaların şehir trafik yoğunluğundan mümkün olduğunca uzak olması, güvenlik risklerinin asgari düzeyde olması ve yüke veya araca zarar verecek yol bozukluklarının olmaması liman-karayolu ağı bağlantısının uygunluğunu belirleyen diğer önemli faktörlerdir.

Limanla denizüstü rüzgâr çiftliği arasındaki bağlantı: Denizüstü rüzgâr çiftliğinde ana üs olarak kullanılacak limanlar özelinde bu parametre oldukça önemlidir. Kurulum ve işletme/bakım işlemlerinin maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda liman ve rüzgâr çiftliği arasındaki mesafe artışı olumsuz etki yaratacaktır (Akbari vd., 2017). Amerika'nın doğu yakasında bulunan kurulum limanlarının denizüstü proje alanlarına uzaklığı 75-150 deniz mili aralığındadır (Cooper & Marrone, 2013). COWI (2021)' in incelemesine göre, son 5 yıldaki 40 Avrupa projesi dikkate alındığında liman ve denizüstü rüzgâr çiftliği arasındaki uzaklıklar 37 projede 250 km'nin altındadır. Avrupa'da Esbjerg Limanı'nda olduğu gibi kısıtlı sayıda da olsa bazı limanlar mesafe açısından kıyasla uzak olan çevre ülkelerde gerçekleşen rüzgâr çiftliği projelerinde üs olarak kullanılabilmektedir.

Limanla helikopter sahası arasındaki bağlantı: Denizüstü rüzgâr çiftliklerinin işletme/bakım faaliyetleri için zaman zaman helikopterler kullanılmaktadır. Helikopter kullanımı, özellikle hava koşullarının iş teknelerinin verimliliğini kısıtladığı durumlarda bu

faaliyetler için önemlidir. Dolayısıyla işletme/bakım limanıyla helikopter sahası arasındaki bağlantı veya liman tesisinde bu sahanın mevcudiyeti bir parametre olarak değerlendirilmelidir (Akbari vd., 2017). Örneğin Hollanda'daki Eemshaven Limanı içerisindeki Beatrixhaven Terminali'nde bir heliport (helikopter sahası) yer almakta ve denizüstü rüzgâr santralleri için işletme ve bakım faaliyetleri başta olmak üzere acil durumlar ve gemilere kılavuzluk etmek için de kullanılmaktadır (Groningen Seaports, 2021).

4.3.2. Limanın Fiziki Özellikleri

Liman derinliği (draft): Bu parametre, limanın derin drafta sahip büyük gemileri barındırma kabiliyetiyle ilgilidir. Açık deniz rüzgâr türbini kurulum ve işletme/bakım gemilerinin çoğu 8 metreden fazla bir drafta sahiptir. Bu nedenle liman uygunluğu söz konusu gemiler için uygun derinliğe sahip olma şartına bağlıdır (Akbari vd., 2017). Deniz taşımacılığında kullanılan diğer yük gemilerindeki artan draft eğilimine kıyasla denizüstü kurulum gemilerinin draft gereksiniminde benzer bir eğilime rastlanmamaktadır. Özellikle kurulum gemilerinin kurulum işlemini gerçekleştireceği proje alanlarının büyük oranda sığ derinliklere sahip olması dolayısıyla, gemi tasarımları düşük derinlik seviyelerine uygun şekildedir (Cooper & Marrone, 2013). Ancak kanat, nasel ve kule taşımacılığında kullanılan ağır kapasiteli yük gemilerinde (heavy-lift cargo vessels) draft gereksinimi 9,5 m.'ye ulaşabilmektedir (Elkinton vd., 2014).

Liman derinliğini önemli bir parametre yapan bir başka unsur da limanda üretimi yapılacağı durumda rüzgâr türbini temelleridir. Yerçekimine Dayalı Temeller, karada kuru havuzda üretilen rüzgâr türbinleri için bir beton temel tipidir. Kendi kendine yüzen bu temeller, üretildiği kuru havuzdan hedefine yüzdürülür ve ardından su ve kum ile balastlanarak daldırılır. Örneğin 25 m. su derinliğinde bir yerçekimine dayalı temel üretimi için, liman derinliği minimum 7,5 m olmalıdır. Avrupa özelinde toplam 12 farklı denizüstü rüzgâr çiftliğinde bu tip türbin temelleri kullanılmış olup bu çiftliklerin yedisi Danimarka, üçü İsveç, biri Almanya ve biri de Belçika'da bulunmaktadır (Esteban vd., 2019).

Rıhtım uzunluğu: Bu parametre gemilerin toplam uzunluğu ile ilişkilidir. Rüzgâr türbini bileşenlerinin uzunluğuna bağlı olarak bu bileşenleri taşıyan gemiler de zorunlu olarak uzundur. Açık deniz rüzgâr kurulum aşaması için bazı kurulum ve işletme/bakım gemileri genellikle 200 m.'yi aşmaktadır. Mevcut iskele/rıhtım uzunluğu ve sayısı, hazırlık ve kurulum için gereken gemi sayısını desteklemek için kritik öneme sahiptir. Yüksek gemi kiralama tarifeleri ve özellikle büyük rüzgâr çiftliği projelerinde limana uğrak sıklığı nedeniyle, her kurulum gemisi için özel iskele erişimi gereklidir. Aksi takdirde, bileşenleri yükleyemeyen gemilerin kurulumundan kaynaklanan gecikmeler maliyet açısından engelleyici niteliktedir (Cooper & Marrone, 2013). Özetle, rıhtım tasarımında dikkate alınması gereken unsurlar gemi uzunluklarının yanı sıra rıhtım işgal oranını belirleyen limana yanaşacak gemi sayısı ve operasyon süreleridir. Rüzgâr türbinleri bileşenlerindeki ebatların büyüme eğilimine benzer şekilde, en yeni nesil kurulum gemileri de büyümektedir. MPI'nin "Resolution" gemisi 130 m., Fred Olsen Windcarrier'ın "Brave Tern" gemisi 132 m. ve daha büyük olan Swire Blue Ocean'ın "Pacific Orca" gemisi 161 m. uzunluğundadır.

Rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet verecek limanlarda kurulum gemilerinin yanı sıra deniz yoluyla bileşenlerin taşınmasını gerçekleştirecek ağır kapasiteli yük gemilerinin de yanaşmasına uygun rıhtımın mevcut olması gereklidir. Özellikle hizmet verilen temel yük grubu proje yükler olmayan limanlarda (örn; kuru dökme yük limanları, konteyner limanları), ortak rıhtım kullanımı operasyonları aksatacak durumlara sebep olabilmektedir. Bu anlamda ideal olan söz konusu aksaklıkların yaşanmasını engelleyecek şekilde rıhtım atamalarının belirlenmesi olacaktır.

Cooper & Marrone (2013) ideal bir denizüstü rüzgâr türbini kurulumunda ana üs olarak kullanılacak limanlar için, her rıhtım için minimum uzunluk 200 m. olacak şekilde iki özel kurulum gemisi iskelesi ve bir nakliye iskelesinden oluşacak 600 m. toplam rıhtım uzunluğu gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu hesaplamanın büyümekte olan gemi boylarını da dikkate alarak yapılmış olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Rıhtım taşıma kapasitesi: Taşıma kapasitesi, zemin yüzeyinin belirli bir bileşenin ağırlığını destekleme yeteneği olarak tanımlanır. Zemin taşıma kapasitesi, arıza oluşmadan zeminin destekleyebileceği maksimum taşıma basıncıdır. 15-20 ton / m^2 zemin taşıma kapasitesi rüzgâr enerjisi bileşenlerinin ağırlıkları dikkate alındığında uygun olarak kabul edilmektedir (Akbari vd., 2017). Denizüstü rüzgâr türbini bileşenleri arasında en yüksek ağırlığa sahip olan yük tipi Yerçekimine Dayalı Temellerdir. 15-20 ton / m^2 zemin taşıma kapasitesi gereksinimi özellikle bu temellerin tercih edildiği denizüstü rüzgâr çiftliği projelerine hizmet edilebilmesi için zaruridir (Porter & Phillips, 2016).

Bileşen ebatlarındaki artış, doğal olarak ağırlık açısından da artışa sebep olmaktadır. Avrupa'daki mevcut eğilim, daha derin sular için daha büyük türbinleri ve temelleri elleçleyebilmek adına önemli ölçüde daha yüksek rıhtım taşıma kapasitelerine sahip olmak yönündedir. Örneğin, Almanya Cuxhaven Limanı'nın proje yük iskelesi zemin taşıma kapasitesi 25 t/ m^2'dir.

Zemin özellikleri açısındansa, rıhtım alanının beton veya asfalt yüzeye sahip olması önemli bir faktördür. Aksi takdirde bitmiş haliyle boyalı ve fiberglas kaplı türbin bileşenlerinin yüzeylerinde tozumaya veya taşlara bağlı hasar gelebilir (Thomsen, 2014).

Deniz tabanı uygunluğu: Limanın deniz tabanına uygunluğu, limanın deniz tabanının kaldırmalı gemileri (jack-up) barındırma kabiliyetini ifade eder. Deniz tabanı, yükleme ve boşaltma aşamalarında bu gemileri desteklemek için hazırlanmalıdır (Akbari vd., 2017). Deniz tabanı uygunluğunu değerlendirmek adına, bir deniz tabanı alanının biyolojik ve jeolojik özelliklerini ortaya koyan çalışmalar yürütülmelidir (Mulcan vd., 2015). Deniz tabanının uygun olmadığı koşullarda kaldırmalı gemiler stabilite sorunu yaşayacak ve gerek hız gerekse güvenlik açısından yükleme operasyonlarında aksaklıklar yaşanacaktır (Thomsen, 2014). Söz konusu parametre yalnızca denizüstü rüzgâr türbinlerinin kurulum faaliyetlerinde ana üs olarak kullanılacak limanlar için geçerlidir. Yalnızca bileşenlerin elleçlenmesi için faaliyet yürüten ihracat/ithalat limanlarında böyle bir gereksinim bulunmamaktadır.

Elleçleme ekipmanı: Nasel, kule ve kanat gibi türbin bileşenlerinin gemiden karaya veya karadan gemiye aktarılması için gerekli olan ekipman donanımının limanda mevcut olması gerekmektedir. Ro-Ro ve Lo-Lo tipi gemilere yüklenecek türbin bileşenlerinde vinç ihtiyacı söz konusu değilken, ağır kapasiteli yük gemilerine yönelik elleçleme operasyonlarında büyük oranda mobil rıhtım vinçlerinden (MHC) yararlanılmaktadır (Akbari vd., 2017). Kıyasla elleçleme verimliliği daha düşük olsa da bazı limanlarda mobil vinçler bulunmadığı için teleskobik vinçlerle bu operasyonlar yürütülmektedir. Bir diğer vinç türü ise sıklıkla kullanılan paletli vinçlerdir. Kendinden vinçli ağır kapasiteli yük gemilerindeyse söz konusu operasyon bu vinçlerle gerçekleşebilmektedir. Yükün hassas yapısı göz önünde bulundurulduğunda vinç operatörünün kabiliyeti önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır.

Liman operasyonlarında, kanat ve kule gibi rüzgâr türbini bileşenlerinin gemiden-rıhtıma veya rıhtımdan-gemiye aktarılmasında en ideal elleçleme ekipmanı mobil rıhtım vinçleridir (MHC). Örneğin, yılda yaklaşık 1200 türbin sevkiyatı yapan Danimarka'nın Esbjerg Limanı'nda Liebherr marka beş adet mobil rıhtım vinci bulunmaktadır. Şekil 58'de de görüldüğü gibi kanat operasyonlarında toplam kaldırma kapasitesi 448 ton olan Liebherr LHM 800 (308 ton) ve LHM 500 (150 ton) marka iki vinç (tandem) ile ikili kaldırma (twin lift) operasyonları yürütülmektedir.

Şekil 59'da bu kez Türkiye limanlarından yine iki adet paletli vinç ile tandem kanat operasyonları görülmektedir.

Limanlarda rüzgâr türbini parçalarının rıhtımda elleçlenmesinde kullanılan çeşitli vinç türleri Şekil 60'da toplu olarak sunulmaktadır. Liebherr markalı vinçler için serileri de belirtilmektedir. Bu vinçler dışında daha küçük kapasiteli (60-70 tonluk) hi-up olarak adlandırılan kamyon üstü vinçler, rüzgâr bileşenlerinin liman sahasındaki operasyonlarında ve saha ve rıhtım arasındaki taşımalarda tercih edilmektedir.

ŞEKİL 58. Esbjerg Limanı Mobil Rıhtım Vinçleriyle Kanat Operasyonları

Kaynak: Port of Esbjerg (2019)

ŞEKİL 59. Paletli Vinçler ile İkili Kanat Operasyonu

Kaynak: DSV Lojistik (2021)

ŞEKİL 60. Rüzgâr Türbini Bileşenleri Elleçleme Ekipmanları

Mobil Rıhtım Vinci (MHC) (LHM serisi)

Kafes bomlu mobil vinç (LG serisi)

Teleskopik mobil vinç (LTM serisi)

Kafes bomlu paletli vinç (LR serisi)

Teleskopik paletli vinç (LTR serisi)

Kaynak: Liebherr Heavy Equipment (2021)

Uygun ekipmanın mevcudiyetinin yanı sıra bileşenlerin mukavemetine uygun ataçmanların kullanılması da aynı derecede önemlidir. Rüzgâr türbini bileşenleri için kullanılan ana ataçman söz konusu yüklerin hassasiyeti dolayısıyla yüksek mukavemetli polyester dairesel sapanlar, bez sapanlar veya sonsuz sapanlar olarak bilinen ataçmanlardır. Uygulamada sling olarak geçen bu ataçmanların bez yerine çelik versiyonları da bazı yük türleri için kullanılabilmektedir. Bazı durumlarda, çift tarafı gözlü çelik grometlerle de elleçleme yapılabilmektedir. Ancak bahsedildiği gibi çoğunlukla sonsuz bez sapanlar tercih edilmektedir. Vincin kancasına, sapanın bir tarafı takılmaktadır. Yükün eğer kulağı (lifting lung) varsa sapan buraya takılmaktadır. Eğer mapa mevcut ise o mapaya da kilit (shackle) bağlanmaktadır. Kanat operasyonlarında kilit yerine sonsuz sapanlar ile ucunda kilitli kancalar kullanılmaktadır. Kanat çerçevelerinin üst kısımlarındaki gözlere bu kancalar geçirilerek operasyon gerçekleştirilmektedir. Şekil 61'de rüzgâr türbini bileşenleri elleçlemelerinde vinçler için kullanılan ataçmanların bir görseli sunulmaktadır.

ŞEKİL 61. Rüzgâr Türbini Bileşenleri Elleçlemelerinde Kullanılan Ataçmanlar

Kaynak: İlya Denizcilik (2021)

Şekil 62'de, Nemport Limanı'nın 200 ton kapasiteli çok fonksiyonlu spreaderı ve ona eklenen ataçman olarak sonsuz sapan görülmektedir.

ŞEKİL 62. Nemport Limanı Ataçman (Spreader-Sonsuz Sapan) Görseli

Kaynak: İlya Denizcilik (2021)

4.3.3. Liman Tasarımı

Depolama alanı uygunluğu: Limanlarda depolama kapasitesi en önemli performans parametrelerinden biridir. İthalat/ ihracat limanlarında rüzgâr türbini bileşenlerinin yükleme faaliyetlerinden önce ve boşaltma faaliyetlerinden sonra uygun depolama alanlarında beklemesi gerekebilmektedir. Denizüstü rüzgâr çiftliklerine hizmet veren kurulum limanlarındaysa, depolama faaliyetleri montaj faaliyetlerinin öncesinde gerçekleştirilmektedir. Her iki tür liman yapısı için de bileşen ebatlarının büyüklüğüne bağlı olarak geniş depolama alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Akbari vd., 2017). Bileşenlerin tam zamanında üretimi (just in time) mümkün olmadığı için depolama alanına ihtiyaç duyulmaması oldukça nadirdir. Gereksinim duyulacak depolama alanının belirlenmesinde elleçlenen türbin miktarı, türbin bileşenlerinin ebatı ve bekleme süreleri dikkate alınmaktadır. Örneğin, COWI (2021) çalışmasında Çandarlı Limanı'nın ihtiyaç duyacağı depolama alanı 190.000 m² olarak belirli varsayımlar dâhilinde hesaplanmıştır. Thomsen (2014)'ün araştırmasında ise kurulum limanları özelinde faaliyetlerin sorunsuz gerçekleşebilmesi adına 80 türbin kapasiteli bir denizüstü rüzgâr çiftliği projesinin 60,000-70,000 m² liman depolama sahasına ihtiyaç olduğu ortaya konulmuştur.

Depolama alanları, ön montaj veya yükleme faaliyetlerine aktarılırken bileşenleri uzak mesafeli ve uzun süreli taşımamak için, iskele ve montaj alanları ile doğrudan bağlantılı olacak şekilde tasarlanmalıdır. Limanın rıhtım alanında da olduğu gibi depolama alanının zemini bu bileşenler için uygun yük taşıma kapasitesinde olmalıdır. Depolama alanının uygunluğunu belirleyen bir başka faktör açık ve kapalı depolama alanı imkânlarının bulunmasıdır. Özellikle türbin bileşenleri dışında belirli dökme yük gruplarına da (örn: kömür, çimento) hizmet veren limanlarda kapalı alanların mevcut olmaması rüzgâr türbini bileşenlerinin kozmetik hasarlar görmesine neden olabilmektedir.

Bileşen üretim tesislerinin limanda konumlandırılması: Denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinde kurulum limanlarının elleçlenecek bileşenlerin üretimi için liman alanında uygun tesis yapılanmasına müsait olmaları önemli bir parametredir. Bu sayede elleçleme sayısını azaltmak, taşıma maliyetlerini düşürmek ve karayolu bağlantılarında karşılaşılabilecek operasyonel darboğazları bir risk faktörü olmaktan çıkarmak adına avantajlar elde edilebilmektedir (Akbari vd., 2017). Limanlarda rüzgâr enerjisi sektörü paydaşlarının kümelenmesine izin veren bir yapı, tüm bu maliyete ve operasyonel performansa ilişkin faydalarının yanı sıra yenilikçiliği, girişimciliği, bilgi transferini ve iş ortakları arasında daha iyi ilişkileri destekleyen bir yapı olarak da sektöre değer katacaktır (Junqueira vd., 2021).

Günümüzde Danimarka'da Esbjerg Limanı, Almanya'daysa Bremerhaven ve Cuxhaven limanları, söz konusu liman kümelenmesi modelinin önde gelen örneklerindendir (Akbari vd., 2017).

Montaj alanı uygunluğu: Kurulum limanlarında denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinin bileşenlerinin ön montaj işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerin gerçekleştiği özel alan limana teslim edilen bazı bileşenlerin tercih edilecek montaj yöntemine izin verecek şekilde gereksinim duyulan alana uygun olmalıdır (Akbari vd., 2017). Saha genişliğinin yanı sıra bu alanın işlemler esnasında bileşene zarar gelme riskini azaltmak adına beton veya asfalt zemin yapısında olması ve operasyonel kolaylık açısından rıhtıma uzaklığının makul seviyede olması önemlidir.

Limanın genişleme potansiyeli: Limanlar dış çevrelerinde gerçekleşen değişimlere uyum sağlamaları gereken dinamik altyapılardır. Dolayısıyla yük potansiyelindeki artış, hizmet çeşitlenmesi, deniz yönlü kapasite ile kara yönlü kapasite arasındaki dengesizlik ve gemi ebatlarındaki büyüme gibi gelişmelere bağlı olarak liman sahalarının genişleme gereksinimi ortaya çıkabilmektedir. Rüzgâr enerjisi sektörü paydaşları açısından liman seçimi ve bu limanların art alanlarına yapılacak yatırımlar uzun vadeli stratejik kararlardır. Bu doğrultuda genişleme potansiyeli kısıtlı olan liman altyapılarındansa, mekana bağlı esneklikleri bulunan ve sektördeki değişimlere paralel olarak genişleme yatırımlarının gerçekleştirilebileceği limanlar avantajlı tercihler olarak değerlendirilmektedir (Akbari vd., 2017).

Atölye alanı: İşletme/Bakım limanlarında ön plana çıkan bu parametre bileşenlerin bakım onarım faaliyetlerinin yürütülebileceği atölye alanlarının mevcudiyetiyle ilişkilidir. Bu tip limanlarda hatalı veya hasar görmüş bileşenlerin onarım işlemlerinin sorunsuz gerçekleşebilmesi için atölye koşulları uygun olmalıdır (Akbari vd., 2017).

Ofis tesisleri: İşletme/Bakım limanları rüzgâr çiftliğinin günlük operasyonlarından ve bakım faaliyetlerinden sorumludur. Bu süreçlerin takibi için gerekli olan insan kaynaklarının ihtiyacı olan ofis alanları liman tesisi içerisinde mevcut olmalıdır (Akbari vd., 2017).

4.4. Rüzgâr Enerjisi Sektörüne Hizmet Veren Avrupa Limanlarının Özellikleri

Avrupa kıtası kara ve denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulumunda farklı fonksiyonlara (örn; üretim, montaj, depolama) ev sahipliği yapabilecek uygun özelliklere sahip çok sayıda limana ev sahipliği yapmaktadır. Rüzgâr enerjisinin Avrupa ülkelerinin ulusal enerji ve iklim planları açısından mevcut olan önemine bağlı olarak, bu alandaki yatırımların artışından doğacak talebi karşılayacak şekilde yeni liman yatırımları gerçekleşmekte ve halihazırda bu alanda hizmet veren limanlar sektörel ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirme faaliyetleri yürütmektedir. Türkiye'de henüz denizüstü rüzgâr çiftliği yatırımlarının gerçekleşmemiş olmasına bağlı olarak mevcut limanların rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik hizmetleri karasal türbin bileşenlerine ve bu bileşenlerin üretimi için gerekli olan girdilerin tedariğini kapsayan hizmetlerdir. Dolayısıyla denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinin hayata geçmesi koşulunda, bu özel alana uygun yapılanmasını tamamlamış olan limanlara ihtiyaç duyulacaktır. Bu alanda uzmanlaşmış olan, Şekil 63'te yer alan Wind Europe Ports Platform üyesi limanlar başta olmak üzere ön plana çıkan Avrupa limanlarına ilişkin kapsamlı bilgi bu bölümde sunulmaktadır.

ŞEKİL 63. Wind Europe Ports Platform Üyesi Limanlar

Kaynak: Wind Europe Community (2021b)

4.4.1. Danimarka Limanları

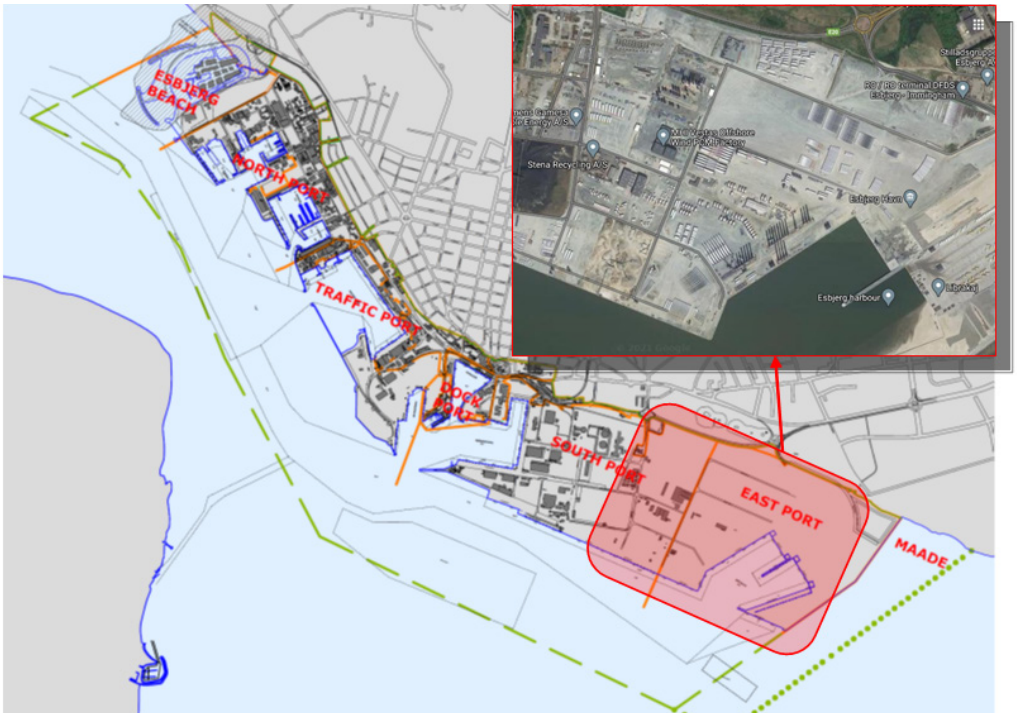
Esbjerg Limanı

Esbjerg Limanı, rüzgâr enerjisi projelerinin yürütülmesi ve liman operasyonları açısından Avrupa'nın önde gelen limanıdır. Liman, on yıldan uzun bir süre önce dünyanın ilk büyük ölçekli denizüstü rüzgâr çiftliği olan ve Danimarka'nın denizüstü rüzgâr endüstrisi için stratejik bir adım olarak görülen Horns Rev I'in kurulmasında önemli bir rol üstlenmiştir. Günümüzde denizüstü rüzgâr türbinlerinin taşınması, montajı, elleçlenmesi ve işletme ve bakımı için özelleştirilmiş tesislere sahip olan bir liman yapısıyla hizmet vermektedir.

Karayolu ve demiryoluyla çeşitli kara yönlü erişimine sahip olan Esbjerg Limanı, toplam 14 km. rıhtım uzunluğu ve 4.5 milyon m² liman sahasıyla rüzgâr enerjisi endüstrisine oldukça uygun bir altyapıdır. Esbjerg Limanı'ndan yılda yaklaşık 1200 rüzgâr türbini sevk edilmektedir. Rüzgâr türbini bileşenleri için liman içinde rıhtım yakınında ve liman hinterlandında geniş ölçekli alanlar mevcuttur (Port of Esbjerg, 2020). Limanda, en büyüğünün maksimum kaldırma kapasitesi 308 ton olan Liebherr marka beş adet mobil rıhtım vinci bulunmaktadır (Port of Esbjerg, 2019). Liman aynı zamanda, denizüstü rüzgâr çiftliklerine transferlerde kullanılan Mürettebat Transfer Gemileri (Crew Transfer Vessel-CTV) ve Rüzgâr Hizmeti Operasyon Gemileri (Service Operation Vessel-SOV) için de bir üstür. (Port of Esbjerg, 2021b). Esbjerg Limanı Şekil 64'te görüldüğü gibi beş liman alanına ayrılmıştır. Rüzgâr enerjisi sektörü için ayrılan alanlar ağırlıklı olarak Doğu ve Güney Liman alanlarında yer almaktadır. Siemens Gamesa, MHI Vestas gibi önemli rüzgâr türbini firmalarının liman içerisinde tesisleri bulunmaktadır.

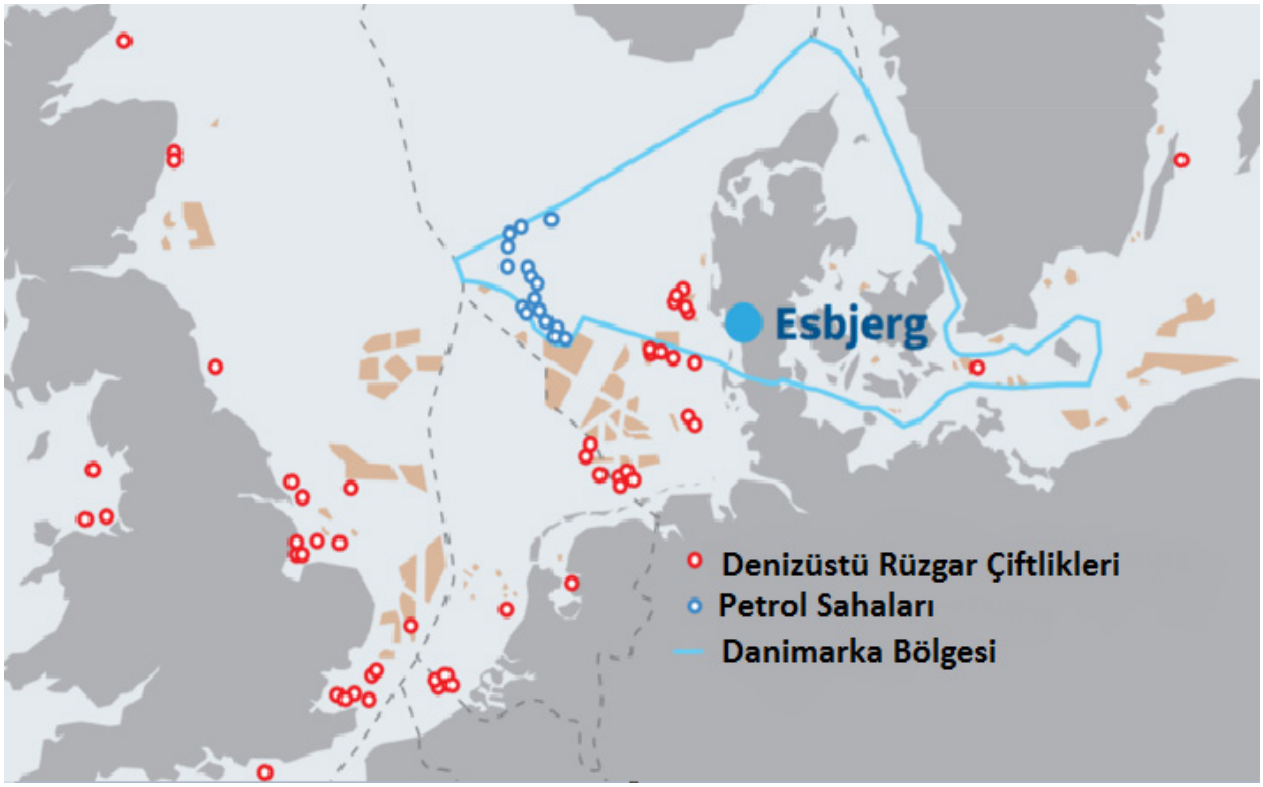
Avrupa'da kurulu denizüstü rüzgâr kapasitesinin %80'i Esbjerg Limanı'ndan sevk edilmiştir. Şekil 65'te Esbjerg Limanı'nın kurulum limanı olarak kullanıldığı denizüstü rüzgâr çiftliği projeleri haritalandırılmıştır. Horns Rev I ve Horns Rev II dışında, Esbjerg Limanı bir dizi yabancı rüzgâr çiftliği için de ana üs olmuştur. Bunlara Butendiek, Northwind, Sandbank, Dantysk, Humber Gateway ve Westermost Rough dâhildir.

ŞEKİL 64. Esbjerg Limanı Tasarımı



Kaynak: Port of Esbjerg, 2018; Google Haritalar, 2021.

ŞEKİL 65. Esbjerg Limanı'nın Üs Olarak Kullanıldığı Rüzgâr Çiftlikleri



Kaynak: Port of Esbjerg (2020)

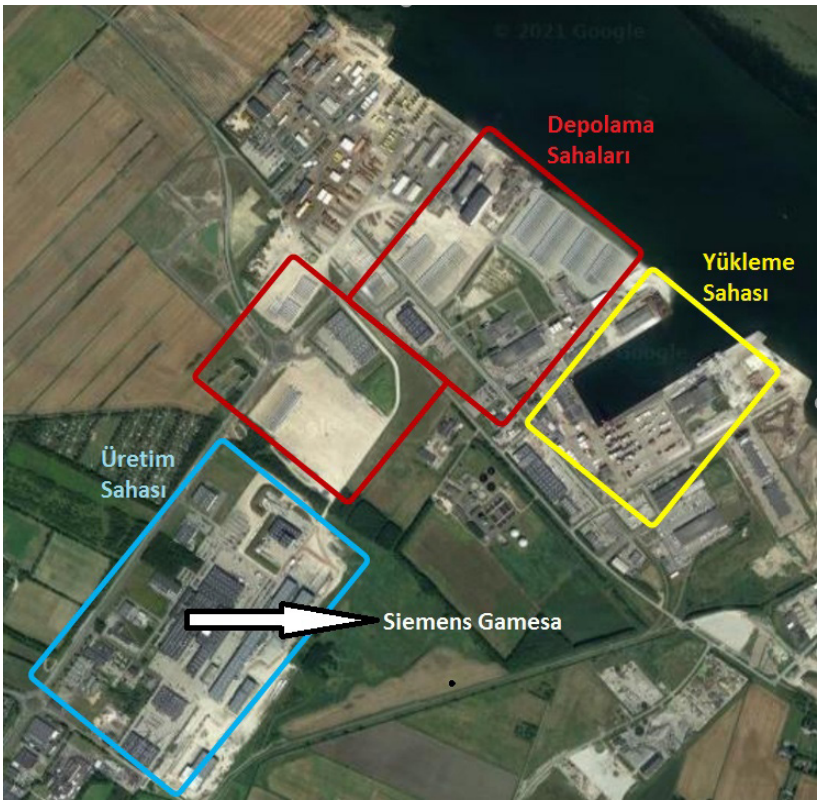
2020 verilerine göre toplamda 25 GW olan Avrupa denizüstü rüzgâr kapasitesinin 20 GW'ı Esbjerg Limanı'nın ana üs olarak kullanılmış olduğu rüzgâr çiftliklerinde üretilmiştir (Port of Esbjerg, 2021a). Liman ayrıca, denizüstü petrol platformu (oilfields) için de önemli bir üstür.

İskandinav altyapı fonu Infranode'nin, Danimarka'nın Esbjerg Limanı'ndaki denizüstü rüzgâr endüstrisi için kullanılacak yeni altyapı tesisleri için yaklaşık 134 milyon Euro'ya kadar yatırım hazırlığında olduğu bilinmektedir (Skopljack, 2020).

Aalborg Limanı

Aalborg Limanı, Danimarka rüzgâr enerjisi sektörü için bir başka önemli limandır. 100'ün üzerinde işletmenin liman çevresinde konuşlandığı bu liman, proje yük terminaliyle farklı rüzgâr türbini bileşenlerinin aktarılması için uygun özelliklere sahiptir. Bladt Industries tarafından üretilen türbin temelleri ve Siemens Gamesa tarafından üretilen türbin kanatları bu limanda operasyonları yürütülen başlıca bileşenlerdir. Büyük oranda konteyner ve dökme yüklere hizmet veren Aalborg Limanı'nda proje yüklerine ayrılmış olan rıhtım 9.5 m derinliğinde ve 700 m uzunluğundadır (Port of Aalborg, 2021). Proje yük operasyonlarına ayrılmış doğu terminali (Østhavnen) ve art alanında konuşlanmış olan endüstriyel parka ait yerleşim planı Şekil 66'da görülmektedir. Bu terminalin proje yük potansiyelindeki yükseliş doğrultusunda, ilave 32.000 m² ekleme imkânı ile 110.000 m²'lik bir alanın geliştirilmesi için hazırlıklar yürütülmektedir (Denmark CSR Community, 2019).

ŞEKİL 66. Aalborg Limanı Doğu Terminali



Kaynak: Google Haritalar (2021)

Liman art alanında hizmet veren Siemens Gamesa üretim sahasını 20.000 m² geliştirmek üzere 40.15 milyon avroluk yatırımını gerçekleştirmiş ve bu sayede 120 m uzunluğa sahip olacak üretim alanlarıyla yeni nesil türbin kanatları üretiminin önünü açmıştır. 94 m'lik kanatlı en yeni denizüstü türbinini 2019 senesinde duyuran Siemens Gamesa, 2023'te hazır olması planlanan Hollandse Kust Zuid 1 ve 2 projelerinde kullanılmak üzere model için ilk siparişi kamu kuruluşu Vattenfall'dan almıştır. Söz konusu üretim tesisi yatırımlarıyla birlikte Aalborg Limanı'nda konuşlanmış olan Siemens Gamesa'nın yıllık 900 türbin kanadı üretebilme kapasitesine ulaşmış olduğu belirtilmektedir (Plechinger, 2020). Limana yapılan bir başka önemli yatırımsa BLEAST tarafından işletilen türbin kanadı test merkezlerine bir yenisinin eklenmesidir. BLEAST'in Danimarkalı rüzgâr türbini üreticisi Vestas ile yaptığı son anlaşma, işletmeye yeni test tesisini inşa etme gereksinimini doğurmuştur. Yatırım sonucunda test kapasitesi iki katına çıkacak olan tesis, üretim merkezi Danimarka'nın Lem kentinde bulunan Vestas'ın kanatlarına hizmet verecektir (Port of Aalborg, 2019). Tüm bu yatırımlarla birlikte, Aalborg Limanı'nın denizüstü rüzgâr enerjisi sektörü için bütünleşik hizmetler sunabilme kabiliyetiyle Kuzey Denizi'ndeki rekabetçiliği yükseliştedir. Bu atılımın önemli bir gerekçesi Aalborg Limanı, Aalborg Üniversitesi, Aalborg Belediyesi ve Aalborg Forsyning ortaklığıyla yürütülen "Green Hub Denmark" projesidir. Projenin amacı Aalborg kenti ve limanının yenilenebilir enerji için bir çekim noktası olması sağlanarak, inovasyon temelli gelişimlerin artırılmasını desteklemektir. Bu projeyle Aalborg Limanı'nda önümüzdeki 10 senede 5000 yeni işin yaratılmış olacağı beklenmektedir (Port of Aalborg, 2020).

Grenaa Limanı

Danimarka'da yer alan Grenaa Limanı ülkenin denizüstü rüzgâr türbini projeleri için önde gelen limanlarındandır. 2013 senesinde kurulumu tamamlanan Anholt rüzgâr çiftliği, bu limanın denizüstü rüzgâr

türbini limanı olarak kendini konumlandırmış olduğu ilk projedir. Kıyıdan 21 km uzaklıkta, 14m-17m derinlikte konumlanmış, 111 rüzgâr türbinini kapsayan bu projeye hizmet eden Grenaa Limanı, günümüzde de yatırımlarını önemli ölçüde denizüstü rüzgâr türbini sektörüne yönelik olarak gerçekleştirmektedir. Bu sektöre özel olarak liman montaj sahası yatırımları tamamlanmış ve sonrasında yakın denizüstü rüzgâr çiftliklerine işletme ve bakım hizmetleri de verebilecek şekilde liman hizmetleri genişletilmiştir. 160.000 m^2 montaj alanı, 500 m. rıhtım uzunluğu, 11 m. rıhtım derinliği, 12 m. derinliğindeki liman ulaşım kanalı ve 140 -195 ton kaldırma kapasiteleriyle mobil rıhtım vinçleri kurulum gemilerine etkin hizmetin sağlanabilmesi adına uygun özelliklere sahiptir. Ørsted, Vestas, MHI Vestas Offshore Wind ve Siemens Gamesa Renewable Energy bu limanın hizmet verdiği başlıca rüzgâr enerjisi sektörü paydaşlarıdır (Port of Grenaa, 2021).

Lindo Odense Limanı

Danimarka'nın dördüncü büyük limanı olan Lindo Odense Limanı, liman tesisleri ve Lindo Endüstriyel Parkı'ndan oluşmaktadır. Geniş üretim/montaj sahası, 1.750 m. rıhtım uzunluğu, 7,5-11 m. rıhtım derinliği, 1.200 ton kaldırma kapasiteli saha vinçleri ve 150 ton kaldırma kapasiteli mobil rıhtım vinçleriyle liman, Baltık ve Kuzey Denizi'ne olan erişimiyle bu deniz alanlarındaki rüzgâr çiftliği projelerine hizmet vermektedir. MHI Vestas Offshore Wind ve Lindoe Offshore Renewables Center gibi önemli denizüstü rüzgâr enerjisi sektörü paydaşları da dâhil olacak şekilde toplam 160 işletmenin liman içerisinde tesisi bulunmaktadır. Limanın aynı zamanda 400.000 m^2 liman sahası ve 1.000 m. rıhtım uzunluğu genişletme projesi bulunmaktadır (Lindo Port of Odense, 2016).

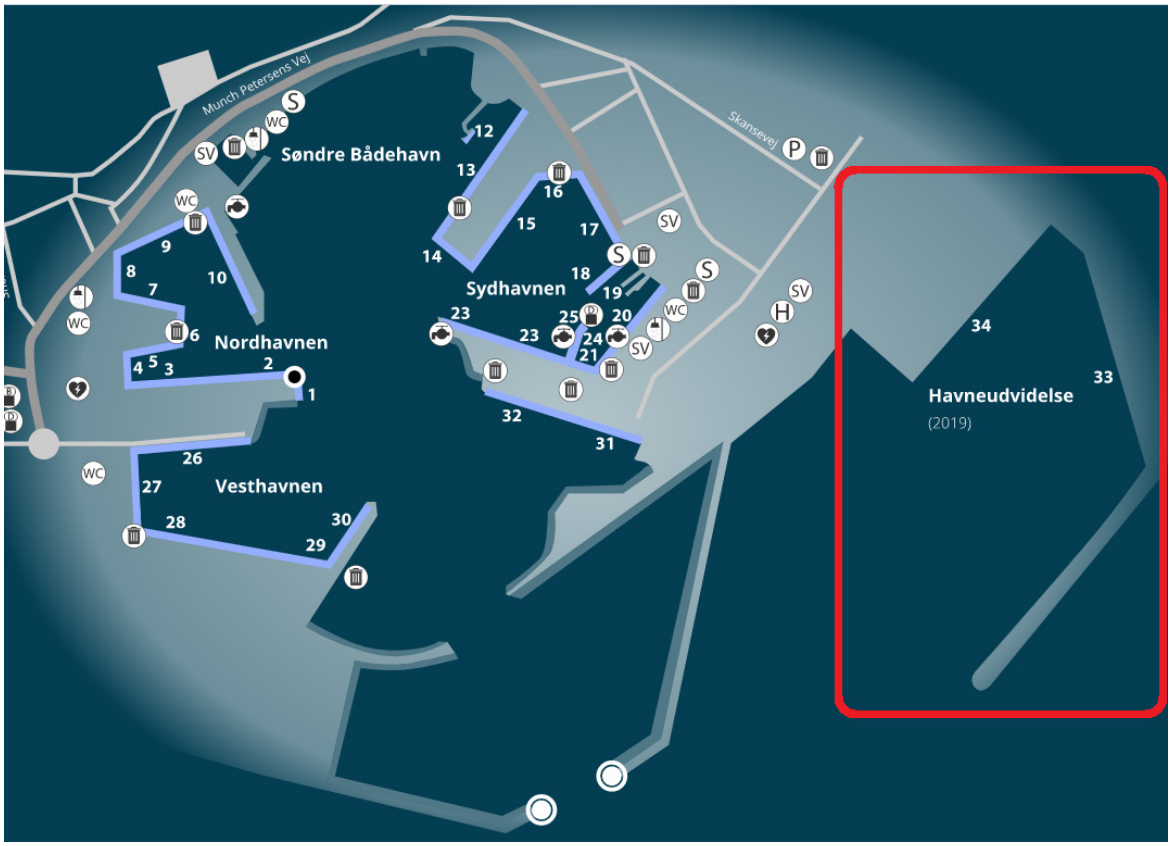
Roenne Limanı

Roenne Limanı birbiriyle iç içe olan dört farklı liman sahasından oluşmaktadır. Bunlar; Kuzey limanı (Nordhavnen), Güney limanı (Sydhavnen), Güney tekne limanı (Søndre bådehavn) ve Batı Limanı (Vesthavnen)'dır. Roenne Limanı havalimanına 7 dakika uzaklıktadır ve tam teşeküllü bir hastaneye 3 dakikalık mesafededir. Ayrıca 2019 yılında yapılan liman genişlemesiyle birlikte liman bağlantı noktası genişlemesi (Havneudvidelse) yapılarak bir ağır yük rıhtımı (rıhtım-33) ve birçok amaçlı rıhtım (Rıhtım-34) limana kazandırılmıştır. 2 ve 3 numaralı (Dampskibskajen) rıhtım, rıhtım kenarından yaklaşık 1,5 m. dışarıya uzanan ağır usturmaçalar ile donatılmıştır. 4 numaralı rıhtım (Graven) hidrolik eğim mekanizmasına sahiptir. 5 numaralı (Turistkajen) rıhtım Køge and Ystad'a sefer yapan yolcu feribotları için tahsis edilmiş olup rıhtım draftı (su derinliği) 5,5-6,5 m. aralığındadır. 6 (Tværkajen) ve 7 (Færgekajen) numaralı rıhtımlar küçük feribotlar ve diğer tekneler için ayrılmıştır. 8 numaralı (Nordkajen) rıhtım, 40 m. uzunluğunda ve 5 m. derinliğinde olup daha küçük gemiler için kullanılır ve maksimum 380/63 çıkışlı elektrik fişleriyle donatılmıştır. 9 numaralı (Østkajen- Kongekajen olarak da bilinir) rıhtım 125 m. uzunluğa ve 5 m. su derinliğine sahiptir ve bu rıhtımda temiz su ikmali yapılabilmektedir. Maksimum 380/63 prizli bir elektrik fişi vardır. 10 numaralı (Øernes) rıhtım 140 m. uzunluğa ve 5,5-6,5 m. su derinliğine sahiptir. Bu rıhtımda 40 m. uzunluğunda donmaya dirençli hortum ile temiz su ikmali yapılabilmektedir ve maksimum 380/63 prizli bir elektrik fişi vardır. 26 numaralı (Finlandskajen) rıhtım 175 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğindedir ve çoğunlukla feribot trafiği için kullanılmaktadır. Ağır usturmaçalar ve temiz su ikmal hattı ve elektrik hattı mevcuttur. 27 numaralı (Nordkajen) rıhtım 80 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğindedir ve karışık yük ve dökme yük için kullanılmaktadır. 28 ve 29 numaralı rıhtımlar 265 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğindedir. Çimento, tahıl ve gübre operasyonları için kullanılır. Saatte 400 ton elleçleme yapan pinomatik sistem ve konveyor destekli siloya sahiptir. Temiz su ve elektrik ikmali mevcuttur. 30 numaralı (Læmolen) rıhtım, 90 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğindedir. Karışık yükler, dökme yük ve tomruk yüklemeleri için kullanılır. Güney tekne limanı (Søndre bådehavn) liman trafik hattı girişinin tam karşısında yer almaktadır. Şehir sakinleri, daha küçük balıkçı tekneleri ve misafir eğlence tekneleri tarafından kullanılmakta olup 1,8 m. derinliğe sahiptir. Temiz su ikmali ve 220/10 elektrik ikmali yapılabilir. 12 numaralı (Oliebroen) rıhtım, 100 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğindedir ve tanker tahliyesi için kullanılmaktadır. 13 numaralı (Kulkajen)

rıhtım, 200 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğindedir ve kömür tahliyesi tahliyesi için kullanılmaktadır. Temiz su imali ve elektrik ikmalı mevcuttur. 14 numaralı (Silokajen) rıhtım 80 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğinde olan ve siloların bulunduğu rıhtımdır. Kısa süreli bekleme yeri olarak kullanılmaktadır. 15 numaralı (Skærvekajen) 150 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğindedir, agrega ve çakıl yükü operasyonları için kullanılmaktadır. 16 numaralı (Trekanten) rıhtım 60 m. uzunluğunda ve 4 m. derinliğindedir. 17 numaralı (Filetkajen) rıhtım 120 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğinde olup dökme yük operasyonları için kullanılmaktadır. Ayrıca rıhtımda 4.10 m yükselebilen rampa ve temiz su ve elektrik ikmal hattı bulunmaktadır. 18 numaralı (Rotnakajen) rıhtım 80 m. uzunluğunda ve 4 m. derinliğinde olup tamir-bakım ve atık alım hizmetleri için kullanılmaktadır. Temiz su ve elektrik ikmali yapılmaktadır. 19, 20, 21 ve 24 numaralı (Fiskehavnen) rıhtımlar 4 m. derinliğinde olup balıkçı teknelerine ayrılmıştır. Temiz su ve elektrik ikmali mevcuttur. 22 ve 23 numaralı (Tværmolen) rıhtımlar sırasıyla balık tahliyesi ve dökme yük operasyonları için kullanılmaktadır. Temiz su ve elektrik ikmali yapılmaktadır. 25 numaralı (Blindtarmen) rıhtım 55 m. uzunluğunda ve 7 m. derinliğinde olup balık tahliyesi için kullanılmaktadır. 31 ve 32 numaralı rıhtım yolcu gemileri ve konteyner gemileri için kullanılmaktadır. 240 m. uzunluğa ve 9 m. su derinliğine sahiptir.

33 ve 34 numaralı rıhtımlar 2019 yılında tamamlanmış olup liman genişletme projesi kapsamında faaliyete geçirilmiştir. 33 numaralı rıhtım ağır yük elleçlemeleri için tasarlanmışken; 34 numaralı rıhtım çok amaçlı rıhtım olarak kullanılacaktır. 33 ve 34 numaralı rıhtımların zemin direnci m² başına 50 ton yük taşıyabilecek şekilde tasarlanmıştır. İlgili rıhtımların su derinliği 11 m.'dir. Ayrıca bu rıhtımları çevreleyen dalgakıranlar, rıhtımların inşa amacına yönelik olarak maksimum manevra kabiliyeti için liman içi deniz alanının dalgasız ve sakin olmasını sağlamaktadır. Bu anlamda, MHI Vestas rüzgâr türbini firması, 2022 yılına kadar

ŞEKİL 67. Roenne Limanı Yerleşim Planı



Kaynak: Port of Roenne (2021)

Rugen'de kurulması planlanan bir denizüstü rüzgâr çiftliği projesi olan "Arcadis Ost 1" için şirketin denizüstü rüzgâr türbini bileşenlerinin ön montajı ve sevkiyatını yapmak üzere Bornholm adasındaki Roenne Limanı'nı seçmiştir. MHI Vestas, Almanya'daki Rugen Adası'nın açıklarında kurulacak olan "Arcadis Ost 1" isimli denizüstü rüzgâr çiftliği projesi kapsamında 27 adet V174 model 9.5 MW'lık denizüstü rüzgâr türbini kuracaktır. 2023 yılında faaliyete geçmesi planlanan "Arcadis Ost 1" tamamlandığında, 257 MW enerji sağlayacak olan bu proje ile Almanya'daki 300.000 haneye yeşil enerji sağlanabilecektir. MHI Vestas Global yetkililerince yapılan basın açıklamasına göre "Arcadis Ost 1" için Roenne Limanı'nın seçilmesindeki en önemli etkenler şunlardır:

- Roenne Limanı zorlu proje yüklerinin operasyonları için inşa edilmiş (33 ve 34 numaralı rıhtımlar açısından) bir limandır.
- Roenne Limanı, "Arcadis Ost 1" rüzgâr çiftliği projesine sadece 74 kilometre uzaklıktadır ve limandaki rıhtım yapısı MHI Vestas'ın ihtiyaç duyduğu ideal kaldırma kapasitesine sahiptir. Bu anlamda, rüzgâr türbini ve bileşenlerinin doğrudan rıhtıma gönderilebilme imkânı mevcuttur.

"Arcadis Ost 1" rüzgâr çiftliği projesinin kurulumunun Haziran 2022'de başlaması, 2023 Şubat ayının sonunda bitmesi planlanmıştır. Aşağıdaki şekilde daire içindeki bölge, rüzgâr türbini ve aksamlarına yönelik hizmet vermek üzere oluşturulan 33 ve 34 numaralı rıhtımların yer aldığı liman genişletme sahasıdır.

ŞEKİL 68. Roenne Limanı Yerleşim Planı Uydu Görüntüsü

Kaynak: Google Haritalar (2021)

ŞEKİL 69. Roenne Limanı 08.01.2020 İtibarıyla Yerleşim Planı Perspektif Çekim

Kaynak: Reve News (2021)

Bornholm Adası'nda denizüstü rüzgâr çiftlikleri üzerine faaliyet gösteren firmaların hedeflerine ulaşmak üzere kurdukları "Offshore Center Bornholm" isimli, Bornholm Adası'nı Baltık Bölgesi'nde iddialı bir denizüstü oyuncusu haline getirmeyi amaçlayan, stratejik ve ticari bir ağ kurulmuştur. "Offshore Center Bornholm" denizüstü rüzgâr çiftlikleri pazarında halihazırda aktif olan 17 şirketten oluşmaktadır. Bu anlamda, kendisine üye şirketlerden oluşan bir yönetim kurulu yapısıyla kontrol edilen ve denetlenen stratejik ve ticari bir birliktir (Offshore Center Bornholm, 2021).

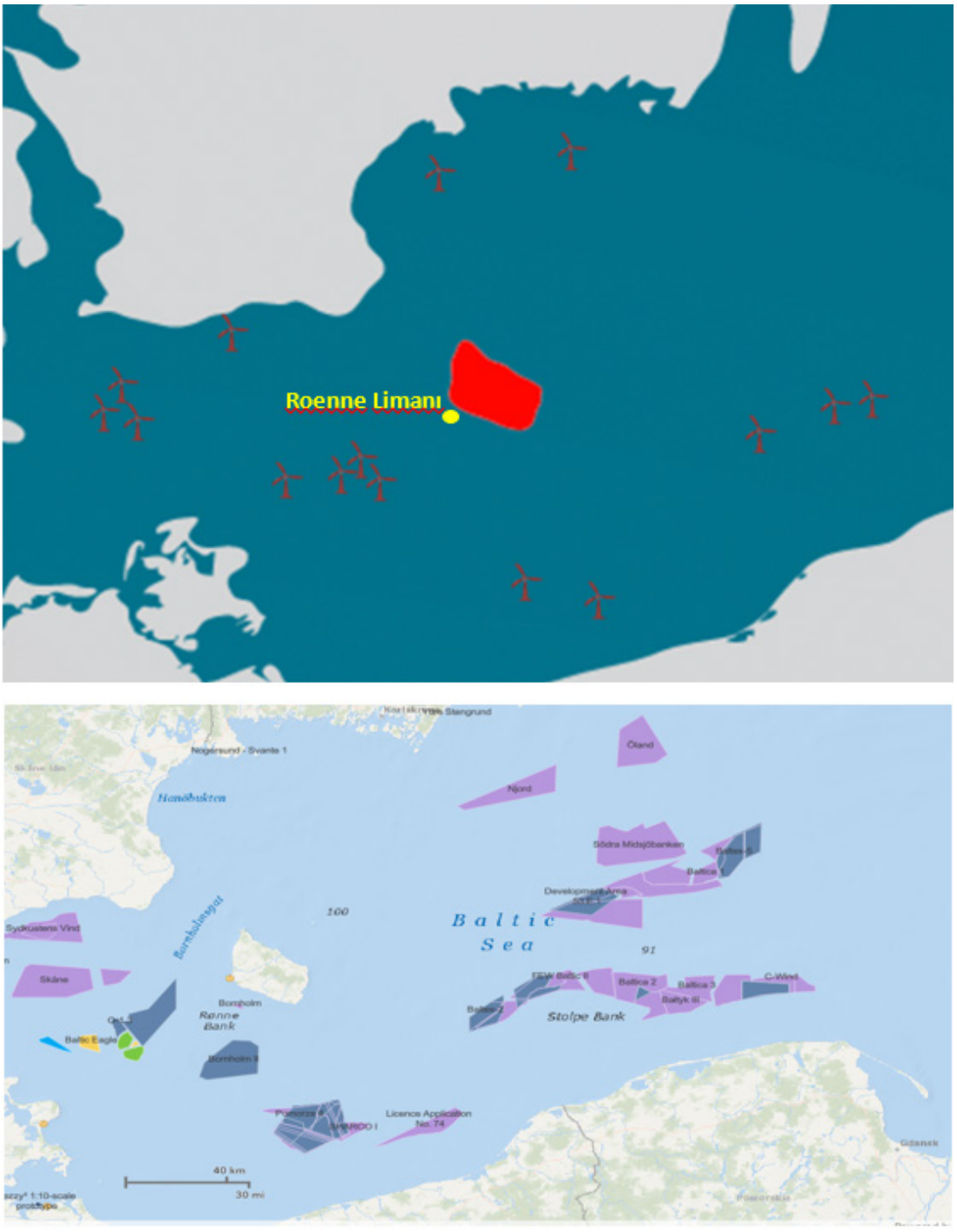
Offshore Center Bornholm ticari birliğinde yer alan firmalar:

- BHS Logistics, liman acenta hizmetleri, stevedoring, tamir-bakım ve ikmal hizmetleri, lojistik hizmetler, tıbbi ve farmakolojik malzeme taşımacılığı, gemi kiralama ve brokerlik alanlarında faaliyet göstermektedir.
- BOFA, Bornholm Adası'nda atıkların bertaraf edilmesi, ayrıştırma ve geri dönüşüm hizmetleri ve insansız çalışan çöp depolama hizmeti vermektedir.
- Bornfrost, endüstriyel soğutma sistemleri, ısı pompaları ve nem kontrol sistemleri üzerine faaliyet gösteren bir şirkettir.
- BRN Bornholm Havalimanı, küçük ve büyük ticari uçak, helikopter ve yük uçaklarına uluslararası hizmet gerekliliklerine göre hizmet sunan bir havalimanı işletmesidir.
- Bornholms Elektromotor, Roenne Limanı'nda yer almaktadır ve deniz üzerinde ve atölyesinde her türlü rotasyon makinelerinin bakım-onarım ve revizyonu hizmetini vermektedir.
- Brdr. Madsen Motor, cnc freze hizmeti kaynaklı onarım hizmeti ve her türlü dizel motor, transmisyon, tahrik sistemi, hidrolik sitemlerin montajı, onarımı ve bakımı hizmetlerini vermektedir.
- Brødrene Anker Hasle, karmaşık çelik yapıların, endüstriyel tesislerin, boru hatlarının, hidrolik sistemlerin, rampa ve oynar aksamların bakım-onarım, tasarım ve montajı hizmetlerini vermektedir.
- Fl. Svendsen VVS, ısı pompaları, sistem ventilasyon sistemleri, plastik kaynak hizmetleri ve su, gaz ve enerji çevrim üniteleri üzerine tamir-bakım, tasarım ve montaj hizmetleri vermektedir.
- JF Data Service, yazılım ve ağ hizmetleri, entegre işletme çözümleri ve acil durum IT çözümleri üzerine standart ve proje temelli faaliyet gösteren bir firmadır.
- KH Maskinværksted, karmaşık çelik yapıların tasarım, montaj ve tamir-bakım hizmetleri, tankların ve boruların üzerinde her türlü kaynağın gerçekleştirilmesi, basınçlı sistemler üzerine kaynak, tamir-bakım ve montaj hizmeti vermektedir.
- Knudsker EL, denizde ve karada her türlü elektrikli ve elektronik (yangın alarm sistemleri, yangın söndürme sistemleri, güvenlik sistemleri, yalıtım ölçüm sistemleri vb.) sistemin montaj hizmetini vermektedir.
- Rønne Havn A/S, (Roenne limanı) çok çeşitli altyapı ve üstyapı kurulumuyla liman işletmeciliği alanında faaliyet göstermekte olup Baltık Denizi'nde denizüstü rüzgâr çiftliklerine yönelik yapılanma gerçekleştiren limanlardan biridir.
- Roenne Revision, yönetim, muhasebe sistemleri ve raporlanması, kamu otoritesiyle olan bağlantılar ve dış kaynak kullanımı üzerine hizmet veren bir muhasebe, raporlama ve yönetim firmasıdır.
- Steenbergs Tegnestue, inşaatların elektrik ve sıhhi tesisatlarının tasarımı ve planlaması ile ilgili mühendislik faaliyetleri ve mimari çalışmalar yürüten bir tasarım ofisidir.
- Sydhavnens Motorværksted, çelik ve alüminyum borular, hidrolik sistemler ve motor onarımlarında çok çeşitli özel ve hassas hizmetler sunan bir bakım-onarım, tasarım ve kurulum firmasıdır.
- Nyboes Auto ApS, beş otomobil markasına ait otomobil ve ticari araçların satış-kiralama, tamir-bakım ve onarım hizmetlerini veren bir firmadır.
- Fugato A/S, Hane halkı ve endüstriyel tesislerin çöp ve atık alım hizmetleri, orman ürünlerinin elleçlenmesi ve taşınması, elektrik hattı, su şebekesi vb. hatlara ilişkin altyapı tesis edilmesi alanlarında faaliyet gösteren bir firmadır.

Bornholm Adası, yapım aşamasında olan "Wikinger" ve "Arkona Becken" Alman denizüstü rüzgâr projelerine en yakın havaalanı ve helikopter pistine sahiptir. Roenne Limanı "Wikinger" rüzgâr çiftliği proje sahasına 50 km. mesafededir. Yine Roenne Limanı

"ArkonaSee" ve "Ostseeschatz" isimli denizüstü rüzgâr çiftliği projelerine de oldukça yakındır. Bornholm Adası, Kriegers Flak'ın hem Danimarka hem de İsveç bölgelerinde faaliyet göstermek için ideal bir üs olacaktır. İsveç de, "Taggen", "Blekinge" ve "FREIA" denizüstü rüzgâr çiftliği projeleri için destek sağlayabilir. Ayrıca, Polonya, planlanan birçok projeyle denizüstü rüzgâr çiftliği alanı için çok ciddi bir pazar olacaktır. Bu anlamda, Bornholm Adası, Polonya'nın batı kıyısında yer alacak olan projelerinde çalışabilmek için gerekli planlama ve hazırlıklarını sürdürmektedir (Offshore Center Bornholm, 2021).

ŞEKİL 70. Roenne Limanı ve Çevresindeki Mevcut ve Yapılacak Olan Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Sahaları



Kaynak: Offshore Center Bornholm (2021); 4coffshore (2021)

4.4.2. Fransa Limanları

Dieppe Limanı

Fransa ile Büyük Britanya arasındaki bağlantıyı sağlayan önemli limanlardan biri olan Dieppe Limanı 20 milyondan fazla nüfusa sahip bir pazarın kalbinde yer almaktadır. Rüzgâr enerjisi ekipmanları gibi ağır yükler için 50.000 m²'lik sert zeminden oluşan bir alan mevcuttur ve 1.200 m. uzunluğunda rıhtımı bulunmaktadır. Rıhtımların yanında yaklaşık 25.000 m²'lik bir depolama alanı ve 75.000 m²'lik yüklemeler için açık alan bulunmaktadır. 9 m.'ye kadar draftı olan gemiler limana yanaşabilmektedir (Port de Dieppe 2021a).

Dieppe Limanı, Dieppe - Le Tréport denizüstü rüzgâr çiftliği için de lojistik üs konumundadır. Dieppe-Le Treport denizüstü rüzgâr çiftliği İngiliz Kanalı'nda bulunmaktadır, Dieppe sahiline yaklaşık 17 km ve Treport sahiline yaklaşık 15.5 km. uzaklıktadır, su derinliği ise 5 m. ile 25 m. arasında değişmektedir. Yaklaşık 2 milyar Euro'luk bir yatırım içeren denizüstü rüzgâr çiftliğinin rüzgâr türbinleri Siemens Gamesa tarafından Le Havre'de üretilmiştir. 2019 yılında inşasına başlanan 62 rüzgâr türbininden oluşan 496 MW'lık denizüstü rüzgâr çiftliğinin 2021'de tam olarak devreye alınması planlanmaktadır ve 2023 yılında devreye girmesi, 2.000 GWh elektrik üretmesi ve yaklaşık 850.000 kişinin yıllık elektrik enerjisi ihtiyacını karşılaması beklenmektedir (Port de Dieppe, 2021b)

Cherbourg Limanı

Dieppe ve Caen-Ouistreham limanları ile birlikte Normandiya Liman Otoritesini (Ports Normands Associés (PNA) oluşturan Cherbourg Limanı Fransa'nın en önemli limanlarından biridir. Cherbourg Limanı, güçlü dalgaları ve akıntıları ile bilinen İngiliz Kanalı'nda bulunan Raz Blanchard'a yakınlığı sayesinde denizüstü rüzgâr çiftliklerinin bakım onarım ve işletmeleri için oldukça önemli bir konumdadır.

Cherbourg Limanı 600 m. uzunluğunda 14 m. drafta sahip Fransa rıhtımı (Quai de France) ve 500 m. uzunluğunda 11 m. drafta sahip Normandiya rıhtımı (Quai de Normandie) olmak üzere iki ana rıhtıma sahiptir. Ayrıca Cherbourg Limanı, rüzgâr türbini kanat üretimi için de oldukça önemli bir pozisyondadır. General Electric (GE)'in bir yan kuruluşu olan LM Wind Power'a ait Cherbourg kanat fabrikası 2019 yılında dünyanın en uzun kanatları ile (107 m.) üretime başlamıştır ve toplam 1200 kanattan oluşan üç mega sipariş almıştır. Ayrıca dünyaca ünlü Fransız Enerji şirketi EDF Courseulles ve Fécamp denizüstü rüzgâr çiftlikleri rüzgâr türbinlerinin montaj ve ön montaj işlemleri için Cherbourg Limanı'nı seçmiştir. Cherbourg'daki lojistik merkez ve denizüstü tesisi yaklaşık 200 kişiye istihdam sağlayacaktır. 2022 yılında tam olarak devreye girmesi beklenen, GE tarafından üretilen 75 rüzgâr türbininden oluşan Courseulles denizüstü rüzgâr çiftliğinin 450 MW kapasiteye sahip olması; yine aynı yıl hizmete girmesi beklenen GE tarafından üretilen 83 rüzgâr türbininden oluşan Fecamp denizüstü rüzgâr çiftliğinin ise 498 MW kapasiteye sahip olması beklenmektedir (Cherbourg Port, 2021; NS Energy Magazine, 2017).

Caen-Ouistreham Limanı

Fransa'nın Normandiya bölgesinde bulunan Caen-Ouistreham Limanı yıllık 3.2 milyon ton yük ve 1 milyon yolcu trafiği ile Fransa'nın en büyük onuncu limanıdır. 164.000 m²'lik geniş bir toplam alana yayılan Caen – Ouistreham limanı, 15.000 m²'lik depolama alanına, 60 ton kaldırma kapasiteli 10 adet mobil rıhtım vincine, dört adet terminale ve 15 km. uzunluğa sahiptir (Port de Caen, 2021).

Caen – Ouistreham Limanı'nın Courseulles denizüstü rüzgâr çiftliklerine bakım hizmeti vermesi ve bu sayede 100 kişilik istihdam yaratılması planlanmaktadır. Bu bakım üssü olma amacı için liman 2019 yılında büyük bir genişleme çalışması geçirmiş ve bu proje için yaklaşık 12 milyon Euro'luk bir yatırım yapılmıştır (International Transport Journal, 2019).

4.4.3. Hollanda Limanları

Eemshaven Limanı

Bu limanın en önemli özelliği, Hollanda'nın elektrik enerjisi ihtiyacının %33'ünü (8,000 MW) karşılayan bir tesisi içerisinde barındırmasından dolayı enerji üretimi temelinde konuşlanmış olmasıdır. Liman içerisinde 50 hektar alan üzerine kurulu olan ve Almanya

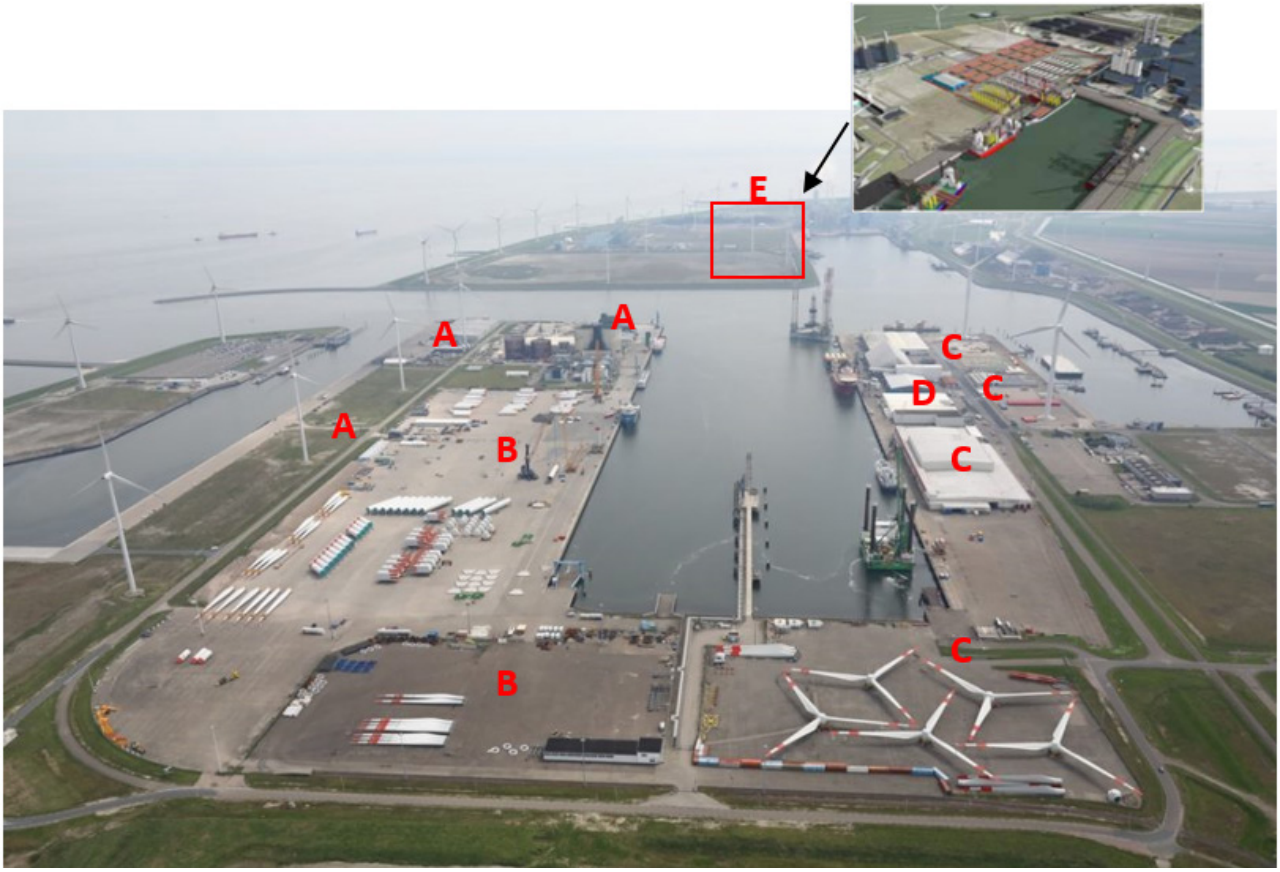
merkezli RWE enerji firmasınca işletilmekte olan elektrik üretim tesisi, üretimi için bitümlü kömür kullanmaktadır. 2030 yılı bitmeden fabrikanın kömüre dayalı elektrik enerjisi üretimi tamamen son bulacak olup yerine çevreci yakıtların kullanımına geçilecektir. 2015 yılında kısmen biyokütleye dayalı elektrik enerjisi üretimine başlanmıştır (Wynn, 2017). Başlıca enerji üreticileri yeni enerji üretim merkezleri için bu bölgeye ciddi yatırımlar yapmıştır. Bu anlamda, bir petrol terminali inşa edilmiştir. Ayrıca, Eemshaven, Hollanda'nın en büyük karasal rüzgâr çiftliklerine ev sahipliği yapmaktadır (Wadden Seaports, 2021).

Eemshaven Limanı, özellikle Kuzey Denizi'nin Almanya'ya komşu olan kesiminde denizüstü rüzgâr çiftlikleri için bir üs ve hizmet limanı haline gelmiştir. Bu yönüyle, liman, tüm denizcilik gereksinimlerini karşılamakla birlikte rüzgâr türbinleri ve ekipmanlarının montajı ve nakliyesi için ilgili tesislere sahiptir (Groningen Seaports, 2021). Eemshaven Limanı 14 m.'lik su derinliği ile bir derin su limanıdır. Dört terminalden oluşan 1319 hektar alana sahip olan limanın toplam rıhtım uzunluğu 5120 m.'dir. Eemshaven Limanı multimodal erişime sahiptir ve rıhtımların yanı sıra halka açık tesisler, Ro-Ro tesisleri, rampalar, bir iskele ve çeşitli lojistik hizmet sağlayıcıları ile tüm olanaklara sahiptir. Eemshaven Limanı'nda beş farklı stevedoring firması faaliyet göstermektedir. Bunlar aşağıdaki şekilde sırasıyla, Wijnne Barends Logistics "A" ile ifade edilen alanlarda, Buss Terminal Eemshaven "B" ile ifade edilen alanlarda, Wagenborg Stevedoring "C" ile ifade edilen alanlarda, Sealane "D" ile ifade edilen alanlarda ve Bow Terminal "E" ile ifade edilen alanlarda faaliyet göstermektedirler. "E" ile belirtilen alandaki Bow Terminal işletmesi rüzgâr türbini ve ekipmanı taşıma, ardiye ve ön montaj hizmetlerini sağlamak üzere kurulmuştur. Ancak bu terminal henüz tam olarak faaliyete geçmemiştir. Toplam 22 hektar alan üzerinde olacak olan terminal 16 m. rıhtım su derinliği ve 525 m. rıhtım uzunluğuna sahiptir. Aşağıdaki şekilde halihazırda A, B, C ve D olarak belirtilen terminal sahalarında rüzgâr türbini ve ekipmanı üzerine hizmet verilmekte olup kule, kablo tesisatı, kurulum ve rüzgâr palası üretimi ve montajı üzerine faaliyet gösterilmektedir. Eemshaven Limanı'nda helipad bulunmaktadır ve en yakın havalimanı 45 km. mesafededir.

ŞEKİL 71. Eemshaven Limanı Yerleşim Planı Uydu Görüntüsü

Kaynak: Google Haritalar (2021)

ŞEKİL 72. Eemshaven Limanı Yerleşim Planı Perspektif Çekim Görüntüsü



Kaynak: Wadden Seaports (2021)

Den Helder Limanı

Kuzey Denizi'nin güney kesiminde yer alan Den Helder Limanı denizüstü bakım ve tedarik faaliyetlerine yönelik lojistik hizmetler için durak noktası konumunda olup 40 yılı aşkın süredir bölgenin en önemli denizüstü operasyonları ve bakım merkezidir. Den Helder Limanı dört terminalden oluşmaktadır. Bunlar: liman girişinden itibaren sırasıyla Nieuwe Diep Kade Terminali, Nieuwe Visserijkade Terminali, Nieuwe Diep Kade (Palamarcı köprüsü arkası) Terminali ve henüz inşa halinde olan Inner Harbour Kooyhaven Terminali'dir. Den Helder Limanı'nda rüzgâr türbini ve ekipmanı üzerine hizmet verilmekte olup kule, kablo tesisatı, kurulum ve rüzgâr palası üretimi ve montajı üzerine faaliyet gösterilmektedir. Den Helder Limanı'na en yakın havalimanı 5 km. ve en yakın uluslararası havalimanı 85 km. mesafededir, ayrıca en yakın demiryolu istasyonu 89 km. mesafedir (Port of Den Helder, 2021a).

TABLO 14. Den Helder Limanı Terminallerinin Temel Teknik Özellikleri

Terminal adı	Rıhtım Uzunluğu (m)	Rıhtım Derinliği (m)	Rıhtım alanı (m^2)	Rıhtım Zemin Direnci (ton/m^2)
Nieuwe Diep Kade	495	10	11500	4
Nieuwe Visserijkade	200	9	2300	-
Nieuwe Diep Kade (Palamarcı köprüsü arkası)	970	7	1800	4
Inner Harbour Kooyhaven	1000	4,5	-	-

Kaynak: Port of Den Helder (2021b)

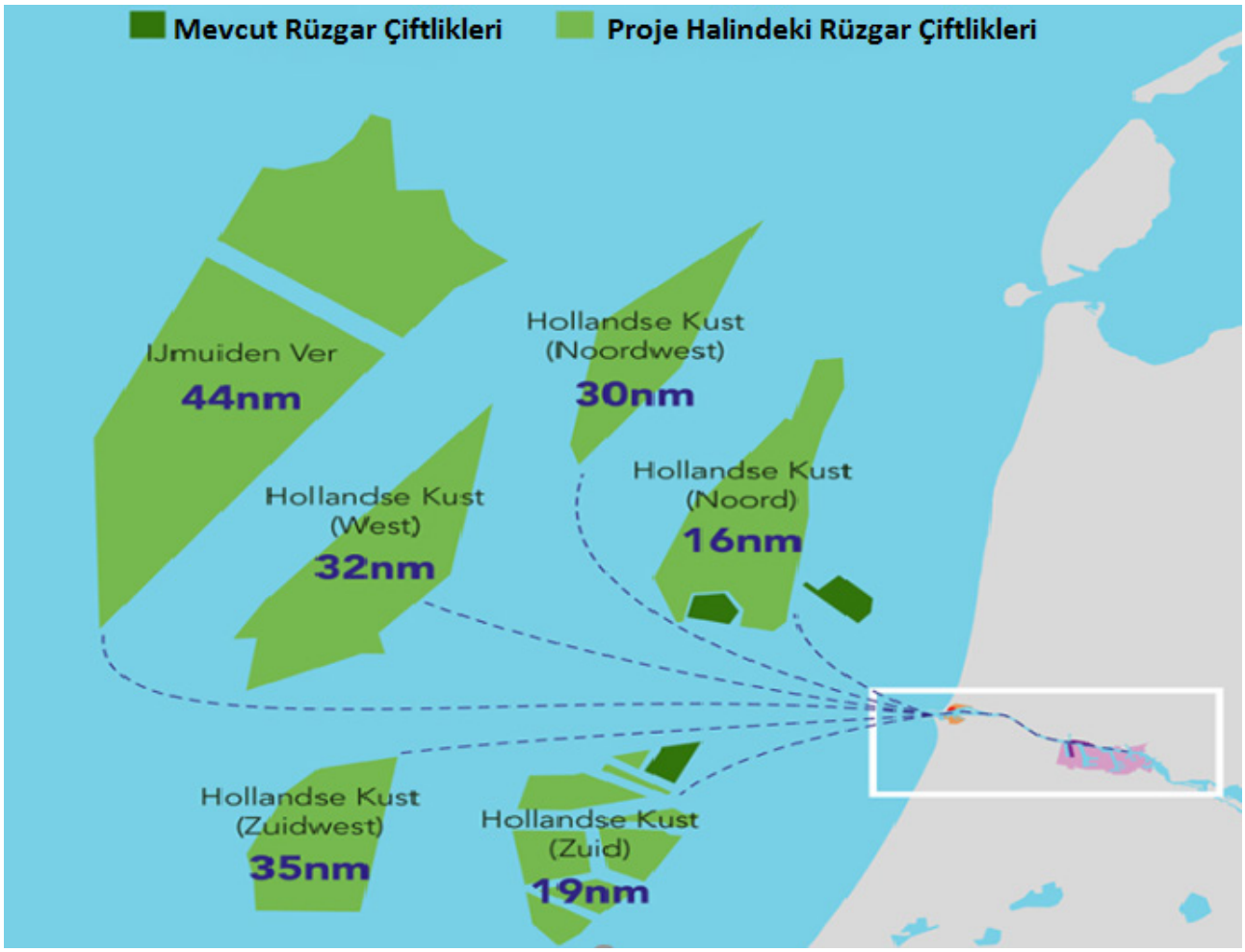
Bulder vd. (2019), Den Helder Limanı için hazırladıkları geliştirme raporunda, Den Helder Limanı'nın denizüstü rüzgâr çiftliklerine yönelik olarak 2030 yılına kadar gerekli kapasite gelişiminin tamamlanacağını ifade etmişlerdir. Rapora göre, denizüstü rüzgâr çiftlikleri 2013 Hollanda Enerji Anlaşması gereğince, 2023'te yaklaşık olarak 4,5 GW kapasiteyle büyümeye başlayacak olup 2050 yılına gelindiğinde çok önemli bir denizüstü rüzgâr enerjisi kapasitesi oluşacağını göstermektedir. Bu anlamda, Den Helder Limanı'nın denizüstü rüzgâr enerjisi ile ilgili birincil amacı, yakın vadede (2023'e kadar) ve sonrasında kurulan ve kurulması öngörülen denizüstü rüzgâr çiftlikleri için bir operasyon ve bakım merkezi olarak hareket etmektir. Denizüstü rüzgâr çiftlikleriyle ilgili faaliyetlerin yanı sıra, Den Helder Limanı, Kuzey Denizi'ndeki doğal gazın büyük bir bölümünü NV Nederlandse Gasunie'nin (Hollanda altyapısı) ana kara gaz altyapısına taşıyan üç büyük denizüstü gaz boru hattı için bir toplama noktası görevi görmektedir. Ayrıca tüm bu uygulamaların yürütülmesinde yenilikçi çözümlerle ilgili altyapı faaliyetlerine de başlamış olan Den Helder Limanı, işletme ve bakım amaçlı rüzgâr türbini bileşenlerinin otomatik nakliyesi (automated shipping) kullanılarak limanın daha verimli kullanılmasını sağlayacak sistemler için gerekli çalışmalara başlamıştır (Bulder vd., 2019).

Amsterdam Limanı

Hollanda'nın ikinci en büyük limanı olan Amsterdam Limanı, denizüstü rüzgâr türbini sektörü için de oldukça büyük bir öneme sahiptir. Konumu, liman sahasının uygunluğu, uzmanlığı ve altyapısı sayesinde denizüstü faaliyetleri için ideal pozisyondadır. Denizüstü faaliyetleri için 1.700 m. rıhtım uzunluğu, 13.7 m.'lik derinliğe sahip olan Amsterdam Limanı özellikle Afrikahaven ve HoogTij terminalleri ile sektöre kurulum, işletme ve bakım hizmetleri vermektedir. Kuzey Denizi'ne rüzgâr çiftliklerinin kurulmaya başlamasından bu yana Amsterdam Limanı da bu alanda deneyim kazanmaya başlamıştır. Princess Amalia, Egmond aan Zee, Eneco Luchterduinen, Westermeerwind ve Fryslan, Amsterdam Limanı'nın hizmet verdiği başlıca rüzgâr çiftlikleridir. Kıyıdan ortalama uzaklıkları 1 ila 25 km. arasında değişmekte olan bu rüzgâr çiftliklerine Ventolines, Eneco, MHI Vestas, Siemens Gamesa gibi önemli rüzgâr enerjisi sektörü paydaşları dâhildir. Ayrıca AST, USA, MEO, Waterland Terminal, VCK Logistics gibi firmalar stevedoring hizmeti vermektedir.

2021 yılında operasyonlarına başlayan, Amsterdam Limanı'nın hizmet verdiği en yeni rüzgâr çiftliği projesi olan Fryslan toplam 89 türbinden oluşmaktadır. İç sularda hizmet veren dünyanın en büyük rüzgâr çiftliği olan Fryslan, Hollanda'da 500.000 hanenin elektriğini karşılayacak kapasiteye sahiptir (Fryslan Wind Park, 2021). Ayrıca Amsterdam Limanı'nın Kuzey Hollanda eyaleti, Velsen belediyesi, Tata Steel ve IJmuiden Limanı ile işbirliği içinde yürüttüğü, denizüstü rüzgâr çiftliklerinin inşası ve bakımı için bir üs görevi görecek Energiehaven isimli bir enerji limanı projesi bulunmaktadır. 2020 yılında çalışmalarına başlanan Energiehaven liman projesinin 15 hektarlık bir alana, 12 m. derinliğe ve 580 m. rıhtım uzunluğuna sahip olması planlanmaktadır (Port of Amsterdam, 2021).

ŞEKİL 73. Amsterdam Limanı Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri



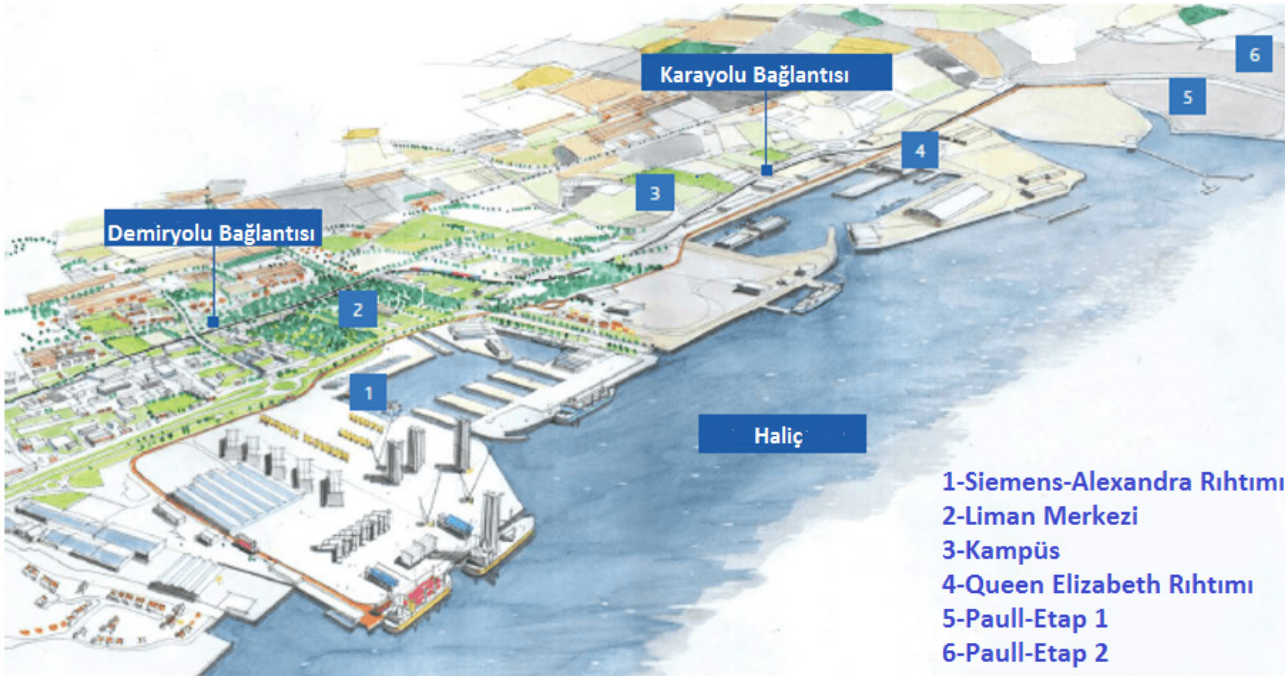
Kaynak: Durakovic (2020)

4.4.4. İngiltere Limanları

The Green Port Hull (Hull Limanı)

Associated British Port (ABP) tarafından sahip olunan ve işletilen Hull Limanı, Humber Halici'nin kuzey yakasındadır ve İngiltere'de denizüstü rüzgâr endüstrisinden yararlanmak için mükemmel bir konuma sahiptir. Siemens Gamesa, denizüstü rüzgâr türbini kanadı üretim fabrikası, montaj ve servis tesislerini inşa etmek için limanda 139 dönüm (56 hektar) alana sahip Alexandra rıhtımına yaklaşık 310 milyon pound değerinde yatırım gerçekleştirmiştir. Liman, dünyanın en büyük denizüstü rüzgâr çiftliklerinden olan Hornsea One Projesi'ne yönelik rüzgâr türbini kanatları için bir depolama alanı sağlamak üzere Siemens Gamesa ile anlaşma imzalamıştır. Ayrıca önde gelen rüzgâr türbini kanadı üreticisinin genişleyen işine uyum sağlamak için, limanın King George rıhtımında, altı dönümlük bir alan rüzgâr türbin kanatların depolanması için kiralanmaktadır. ABP, Queen Elizabeth rıhtımı ve iki etaplı Paull endüstriyel bölgeleri başta olmak üzere yenilenebilir enerji sektörünü desteklemek için uygun olan çeşitli geliştirme ve yatırım alanlarına sahiptir (Green Port Hull 2021a; 2021b; 2021c).

ŞEKİL 74. Hull Limanı Görünümü



Kaynak: Green Port Hull (2021a)

ABLE Humber Limanı

ABLE Humber Limanı (AHP), İngiltere'nin doğu kıyısında, Humber Halici'nin güney kıyısında yer almaktadır. Enerji Halici (Energy Estuary) olarak da tanımlanan Humber, son yıllarda İngiltere'nin en hızlı büyüyen liman ve lojistik merkezi olmuştur. ABLE Humber Limanı iki büyük ölçekli bölgeden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi olan ABLE Marine Energy Park (AMEP), yenilenebilir enerji sektörü için önemli fırsatlar sunan Avrupa'nın en büyük yeni liman gelişimidir. AMEP projesinin birinci aşaması, 1.349 m. rıhtım ile 78.63 hektar kurulum alanına ek olarak üreticilere depolama için ilave 139 hektar alan sunmaktadır. ABLE Logistics Park (ALP) ise çeşitli liman merkezli lojistik işlevlerini desteklemek için ilave 1.000 dönümlük art alan (hinterland) sağlamaktadır (ABLE Humber Port, 2021a).

AMEP'in temel hedefi, özellikle denizüstü yenilenebilir enerji sektörünün maliyetlerini düşürerek verimliliği ve kârlılığı en üst düzeye çıkarmayı sağlamak için daha verimli bir liman tesisi sağlamaktır. AMEP sahasının tamamı maksimum yük taşıyan tam yüklü SPMT'ler (Kendinden Tahrikli Motorlu Taşıyıcı) ve denizüstü rüzgâr bileşenlerinin depolanması için uygundur. Ayrıca alan dünyanın en büyük mobil liman vinçlerinin sahadaki herhangi bir yere konuşlandırılabilmesi için geliştirilmiştir. Rıhtımlar, öncelikle denizüstü rüzgâr sektöründe faaliyet gösteren ilgili şirketlerin (geliştiriciler, üreticiler, kurulum müteahhitleri ve gemi operatörleri dâhil) ihtiyaçlarına göre tasarlanmıştır. Ro-Ro yükleri için AMEP rıhtımlarında geliştirmeler yapılacaktır. AMEP toplam rıhtım uzunluğu 1,349 m. ve 61 m. genişliğindedir. Rıhtımın derinlikleri 1000 m.'si 17,5 m kalan 349 m.'si 14,5 m. taranacak şekilde tasarlanmıştır. Rıhtım alanı kaldırmalı (jack-up) gemilerin yanaşmasına uygun şekilde tasarlanmıştır. Bileşenlerin sıralanması için doğrudan iskelelerin arkasında 79 hektarlık depolama alanı bulunmaktadır. ABLE, yeni ağır yük kaldırma ve nakliye ekipmanları satın almak için multi-milyon poundluk bir yatırım planı üstlenmiştir. ABLE'ın sahip olduğu ve işlettiği çeşitli ekipmanlar şu şekildedir:

- Liebherr LHM 800 SHL Mobil Rıhtım Vinci: 18 m yarıçapta 308 tonluk ve 64 m. yarıçapta 58 ton kaldırma kapasitesine sahiptir. Rıhtım üzerinde

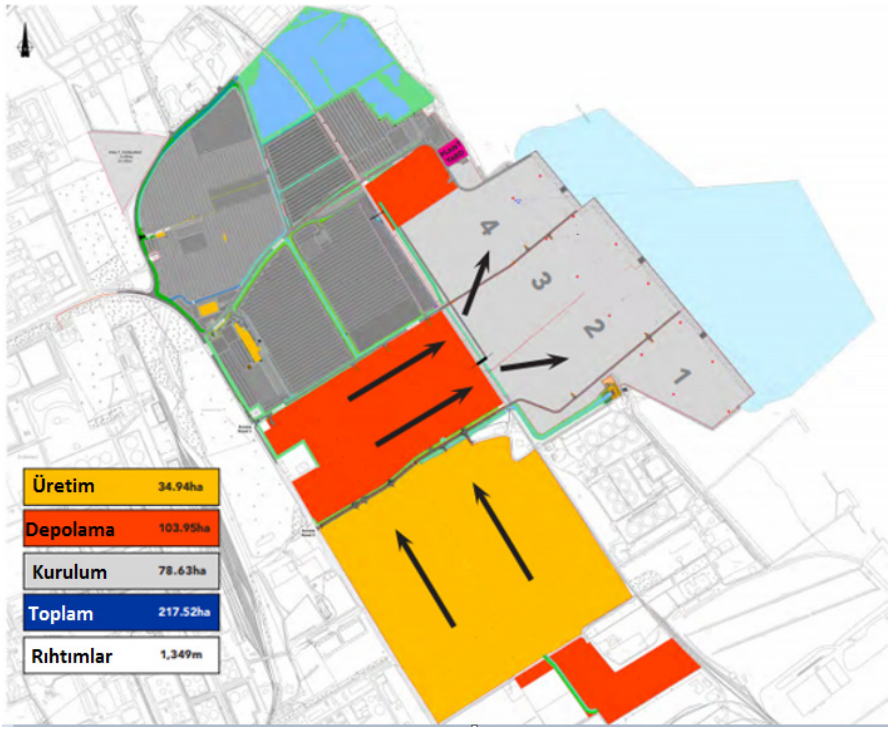
maksimum kaldırma yüksekliği 95,5 m.'dir.

- Liebherr LHM 600 SHL Mobil Rıhtım Vinci: 24 m yarıçapta 208 tonluk ve 58 m. yarıçapta 53,7 ton kaldırma kapasitesine sahiptir. Rıhtım üzerinde maksimum kaldırma yüksekliği 59 m.'dir.
- Liebherr LR1300 Paletli Vinç: 300,5 ton kaldırma kapasitesine sahip ve maksimum 80 m. yarıçapta yapılandırılabilir.
- Sennebogen 6130 Paletli Vinç: 136 ton kaldırma kapasitesine ve maksimum 42 m. yarıçapına sahiptir.
- RT55 Engebeli Arazi Vinci: 54,88 ton kaldırma kapasitesine ve maksimum 41 m. çalışma yarıçapına sahiptir.
- Scheuerle 4 ve 6 akslı SPMT: Ayrı römorklar, bağlantı elemanları kullanılarak herhangi bir kombinasyonda birbirine bağlanabilir.
- Forklift: Çeşitli boyutlarda (3Te- 50Te) forklift ve 45Te yük kaldırma ve istifleme aracına sahiptir (ABLE Humber Port, 2021b).

ŞEKİL 75. Able Marine Energy Park'ın Görselleştirilmesi

Kaynak: ABLE Humber Port (2021b)

ŞEKİL 76. AMEP Potansiyel Denizüstü Rüzgâr İş Akışı



Kaynak: ABLE Humber Port (2021b)

Humber Gateway Rüzgâr Çiftliği: Humber Gateway rüzgâr çiftliği, Eylül 2015'te resmen açılmıştır. Kıyıdan 8 km. açıkta bulunan 219 MW'lık proje ilk kez Şubat 2015'te elektrik üretmiş ve son türbini Nisan 2015'te kurulmuştur ve yaklaşık 170.000 ev için yeterli elektrik sağlamaktadır (RWE, 2021).

- Sahiplik: RWE Renewables,Greencoat UK Wind PLC
- Proje Kapasitesi: 219 MW
- Türbin Sayısı: 73
- Türbin Üreticisi: MHI Vestas Offshore Wind
- Su Derinliği: 15 m
- Kıyıdan uzaklık: 8 km

Cromarty Firth Limanı

Cromarty Firth Limanı ülkenin en derin, en korunaklı limanlarından biri olarak denizüstü yenilenebilir enerji endüstrisinde lider konumundadır. Bitişik depolama alanıyla birlikte 300 m ve 160 m uzunluklarındaki iki ana rıhtımlarında rüzgâr türbin yüklerine hizmet sunmaktadır. Ayrıca Cromarty Firth Limanı'na ait olan ve tarafından işletilen Invergordon Hizmet Üssü (Invergordon Service Base) limana 800 m.'den fazla rıhtım kenarı sağlamaktadır (Scottish Energy Ports Capability Directory, 2021). 588MW kapasiteli Beatrice, 950MW kapasiteli Moray East ve 50MW kapasiteli Kincardine denizüstü rüzgâr çiftliklerinde önemli bir rol oynamıştır. İskoç denizüstü rüzgâr proje yatırımları (ScotWind – deniz tabanı kiralama/ seabed leasing) için ideal bir konumda olan liman tespit edilen 15 proje geliştirme sahasına oldukça yakındır. Highlands & Island Enterprise ve Global Energy Group ile birlikte Cromarty Firth Limanı, DeepWind Denizüstü Rüzgâr Kümesi (DeepWind Offshore Wind Cluster)'nin kurucu ortağıdır. DeepWind, bölgeye daha fazla denizüstü rüzgâr projesini çekme ve onlarla birlikte yatırım ve uzun vadeli sürdürülebilir istihdam getirme hedeflerine sahiptir (Wind Europe Community, 2021). Cromarty Firth Limanı, yüzer denizüstü (floating offshore) rüzgâr sektöründe merkez haline gelme hedefiyle sektöründe küresel bir lider olan IDEOL ile anlaşma imzalamıştır (Port of Cromarty Firth, 2021).

4.4.5. Diğer Ülke Limanları

Almanya – Bremerhaven Limanı

Almanya'da yer alan Bremerhaven Limanı rüzgâr enerjisi projeleri için uygun altyapısıyla Avrupa'nın bir başka önemli limanıdır. 2001 senesinden bu yana tüm rüzgâr bileşenlerini doğrudan yakın deniz alanlarında kurulacak rüzgâr çiftliklerine veya dünyanın farklı bölgelerinde bulunan limanlara göndermektedir. Adwen, Senvion ve PowerBlades gibi önemli üreticilerin de liman içerisinde tesislerinin bulunduğu Bremerhaven Limanı, artan talep doğrultusunda terminal yatırımlarını artırmaktadır. Bu anlamda planlama aşamasında bulunan Bremerhaven Denizüstü terminalinin tamamlanmasıyla 500 m. rıhtım uzunluğu, 498 m. terminal sahası derinliği ve yaklaşık 25 hektar alan yalnızca bu sektöre hizmet verecek şekilde limana eklenmiş olacaktır. Halihazırda kısmi olarak montajı liman sahasında gerçekleştirilen 160 rüzgâr türbinin Bremerhaven limanından aktarılması hedefine ulaşılmıştır. Yeni terminalin tamamlanmasıyla özellikle limana 200 deniz mili aralığında planlanan Kuzey Denizi rüzgâr çiftliği projelerinde, limanın altyapı yeterliliklerine ve konumundan kaynaklanan avantajlarına bağlı olarak önemli bir pay elde edebileceği düşünülmektedir. Yatırımcısı Bremen Eyaleti olan bu projenin yaklaşık 180 milyon Euro'ya mal olacağı belirtilmektedir (Bremerhaven Offshore Wind Port, 2021).

Polonya - Gdynia Limanı

Uygun seyir koşullarına sahip olan Gdynia Limanı, demirli gemiler için yıl boyunca doğal bir kalkan olan Hel Yarımadası tarafından korunan ve 2,5 km. uzunluğundaki dış dalgakırana, 150 m. genişliğinde ve 14 m. derinliğindeki liman girişine sahiptir. Gelgit olmayan Gdynia Limanı'nda su seviyesi batı yönlü rüzgârlar ile 60 cm. yükselirken; doğu yönlü rüzgârlar ile 60 cm. alçalmaktadır. Limandaki rıhtımlar 17.700 m. uzunluğunda olup bunların 11.000 m.'den fazlası elleçleme operasyonları için kullanılmaktadır. Limanın toplam alanı 621 hektarlık kara arazisi de dâhil olmak üzere 973 hektardır. 60 m.'nin üzerindeki gemiler için pilotaj hizmetinin zorunlu olduğu limanda, 90 m.'den uzun olan tüm gemiler için ve 70 m.'den uzun olan tehlikeli madde taşıyan gemiler için römorkaj hizmeti

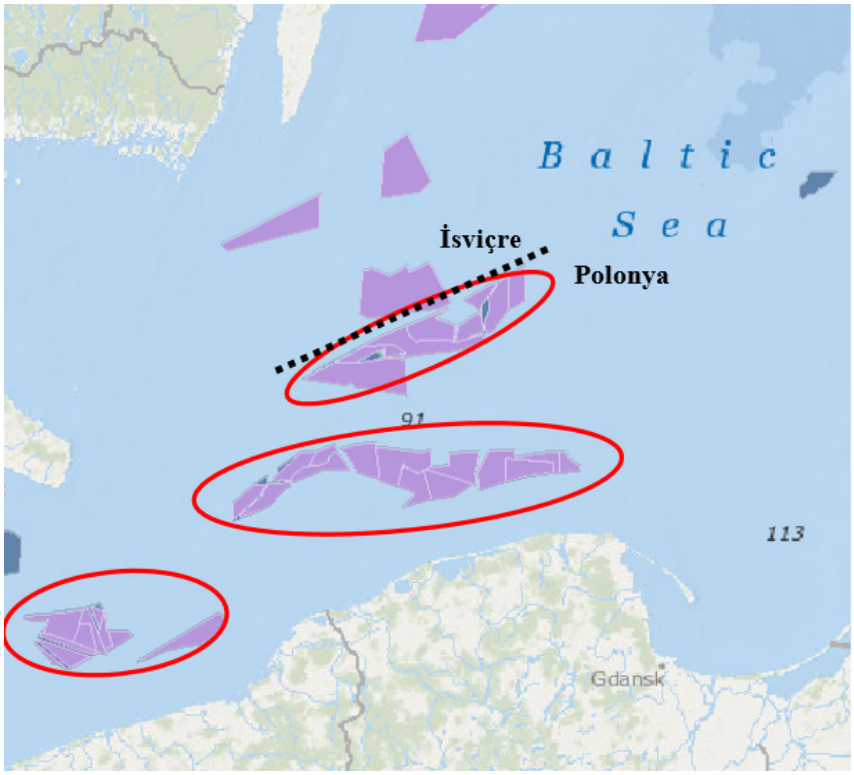
zorunludur. Ayrıca 40 m.'den uzun olan tüm gemiler için palamar hizmeti verilmektedir. Gdynia Limanı, gelişmiş bir multimodal bağlantı ağına dayanan, genel yük, konteyner ve bir Ro-Ro sisteminde taşınan birleştirilmiş yüklerin elleçlenmesinde uzmanlaşmış evrensel ve modern bir limandır (Port of Gdynia, 2021).

Gdynia'da Ekim 2019'da düzenlenen Denizcilik Ekonomisi Forumu'nda Polonya'da denizüstü rüzgâr santralleri sektörünün tahmini 77.000 kişiye istihdam sağlayacağı ve ekonomi için yıllık 14.1 milyar Euro kaynak yaratacağı ve 2030 yılına kadar Polonya'nın denizüstü rüzgâr santralleri için Avrupa'nın en büyük merkezlerinden biri olacağı ifade edilmiştir (The Maritime Executive, 2019).

Polonya Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri: Baltık Denizi, rüzgâr çiftliği yapımı açısından düşük derinlik ve düşük tuzluluk gibi birçok avantaja sahiptir.

Şu anda tamamıyla yatırımcıların üzerinde olan projeler Polonya *Münhasır Ekonomik Bölgesi (*Münhasır Ekonomik Bölge: bir devletin karasularının açıklarında 200 deniz mili mesafeye kadar uzanır. Devletlerin kendi Münhasır Ekonomik Bölgelerinde balıkçılık faaliyetinde bulunma ve maden çıkarma hakları vardır. Ayrıca, rüzgâr çiftlikleri gibi yapay yapılar ve tesisler inşa edebilirler.) içinde yer almaktadır. Polonya'nın Baltık Denizi'ne erişimi doğal olarak bir dizi hakkı garanti etmektedir ve rüzgâr çiftlikleri açısından geniş fırsatlar sunmaktadır. Polonya, karasuları üzerinde tam yargı yetkisine ve Münhasır Ekonomik Bölge üzerinde kısmi yargı yetkisine sahiptir. Polonya Münhasır Ekonomik Bölgesinin İsveç, Rusya, Danimarka ve kısmen Almanya ile sınırları oluşturulmuştur. Halihazırda geliştirilmekte olan deniz alanları için mekansal gelişim planı, toplam ön kurulum alanı olarak yaklaşık 2500 km² olmak üzere ve diziler halinde üç ayrı siteden oluşmaktadır.

ŞEKİL 77. Polonya Münhasır Ekonomik Bölgesinde Yer Alan Denizüstü Rüzgâr Çiftlikleri



Kaynak: 4coffshore (2021)

Baltık Denizi'ndeki rüzgâr kaynaklarına ilişkin tahminlerin yanı sıra Alman ve Danimarka deneyimleri de dikkate alındığında, Polonya Münhasır Ekonomik Bölgesinin rüzgâr enerjisi potansiyelinin yılda 50 TW üretim potansiyeli ile en az 10-12 GW'a ulaşacağı varsayılmaktadır. Bu miktar, Polonya'nın 2019 yılı elektrik

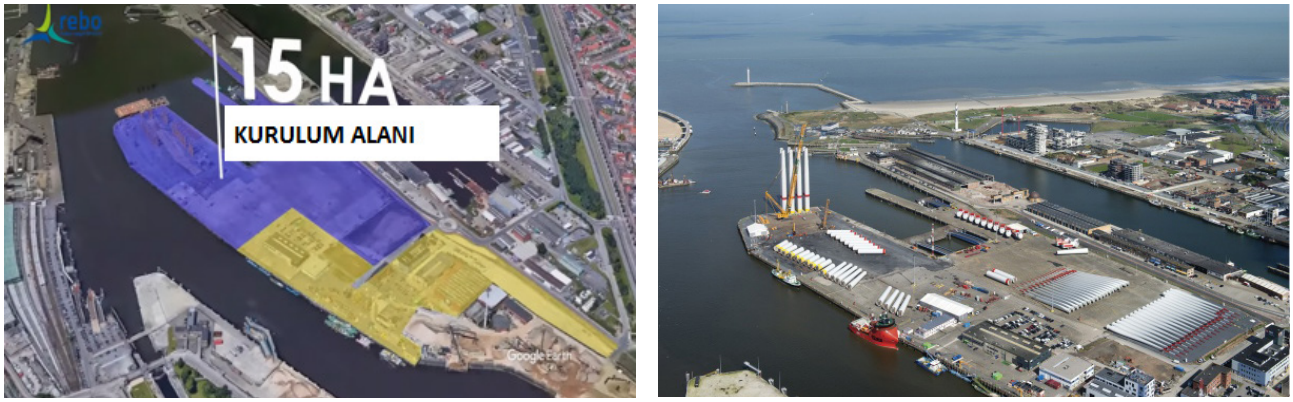
tüketiminin neredeyse üçte biridir. Maksimum senaryo oluşumu dikkate alındığındaysa üretim rakamları yılda 80 TW üretim potansiyeli ile 20 GW kurulu güç elde edilebileceğini ortaya koymaktadır. Polonya'nın denizüstü rüzgâr enerjisi yatırımları bulunduğu konum itibarıyla sadece ülke içi kaynak oluşturulmasında değil; aynı zamanda sektörü destekleyen güçlü bir endüstrinin inşası ile birlikte Polonya'nın tüm tedarik zinciri içinde bölgesel ölçekte ihracat odaklı faaliyetler yürütmesine yardımcı olmaktadır. 2019 yıl sonu verilerine göre değerlendirmek gerekirse, örneğin Baltık Denizi'nde kurulacak olan 6 GW'lık bir rüzgâr çiftliği 77 bin kişiye istihdam olanağı sağlamanın yanı sıra, yıllık yaklaşık 14,1 milyar Euro gayri safi yurt içi hasıla ve yaklaşık 3 milyar Euro vergi geliri sağlayacaktır. Polonya'da denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinin öncüleri en gelişmiş Baltık Denizi projelerine sahip olan Polenergia ve PGE şirketleridir. Bununla birlikte, denizüstü rüzgâr çiftliği projeleriyle ilgilenen PKN Orlen, Baltic Trade Invest, Baltic Power, Baltex Group ve Tauron gibi diğer şirketler de vardır. Polonya'nın denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulması ve buna ilişkin tedarik zinciri yapısının oluşturulmasıyla ilgili olarak 2030 yılına kadar tamamlanması planlanan 6 GW'lık denizüstü rüzgâr çiftliği için 2019 itibarıyla 1.200.000 ton çelik ihtiyacı bulunmaktadır. Bu yönüyle denizüstü rüzgâr çiftlikleri demir çelik kullanımı açısından Polonya'daki en büyük altyapı projesi olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca şu an için Polonya'da kurulu denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kapasitesi 7693 MW'tır (PWEA, 2019).

Belçika - Oostende Limanı

Oostende Limanı, Kuzey Denizi'nin güneyindeki dört Flaman limanından biridir. Bruges-Oostende kanalı boyunca 7 km. uzanan liman, 8 m. drafta sahiptir ve maximum uzunluğu 200 m.'ye kadar olan gemilere hizmet verir. 2009 yılında temel stratejisini mavi büyümenin Flaman hizmet üssü olmak olarak değiştiren Oostende Limanı, 2010 yılında kurulan REBO (Renewable Energy Base Oostende) Terminali ile de bu stratejisini somutlaştırmış ve Belçika-Hollanda kıyılarının denizüstü rüzgâr çiftliklerini için oldukça önemli bir konuma gelmiştir (Stubbe, 2017).

Şekil 78'de de görüldüğü gibi ağır yükler için özelleştirilmiş bir terminal olan REBO terminali, Kuzey Denizi'ndeki rüzgâr çiftliklerinin inşa, bakım ve onarımları için hizmet vermektedir. 15 hektarlık güçlendirilmiş çakıl ve asfalt alan üzerinde 50.000-80.000 m^3'lük depolama alanı, 800 m. rıhtım uzunluğu ve rıhtım önünde güçlendirilmiş deniz tabanı, rıhtım yanında jack-up olanağı, Lo-Lo ve Ro-Ro gemileri ile yükleme-boşaltma olanağı ile rüzgâr enerjisi sektörü için gerekli bütün altyapıya sahiptir. Senvion, Siemens, MHI Vestas ve GE'nin de içinde bulunduğu rüzgâr enerjisi sektöründe hizmet veren 50'den fazla şirkete ev sahipliği yapmaktadır. Kuzey Denizi'nin Belçika sınırlarında bulunan C-Power, Rentel, Norther, Northwind, Nobelwind, Belwind ve Seamade denizüstü rüzgâr çiftliklerine 399 rüzgâr türbininde kurulum, bakım, onarım ve proje yönetimi gibi çeşitli hizmetler vermektedir. Seamade bu rüzgâr çiftliklerinden en yenisi ve en yüksek kapasiteli olanıdır. Belçika'nın en büyük denizüstü rüzgâr çiftliği konumunda olan Seamade 487 MW kapasiteye sahiptir ve 58 türbinden oluşmaktadır. Yaklaşık olarak 485.000 hanenin yıllık ortalama elektrik ihtiyacını karşılaması beklenmektedir (Port of Oostende, 2021a; REBO, 2019).

ŞEKİL 78. Oostende Limanı REBO Ağır Yük Terminali



Kaynak: Port of Oostende (2021b)

İrlanda – Galway Limanı

Galway Limanı, İrlanda'nın Batı Kıyısının en merkezi limanıdır ve Galway Körfezi'nin korunaklı doğu köşesinde yer almaktadır. Galway Limanı, Enercon ve Siemens gibi başlıca rüzgâr enerjisi sektörü firmaları için çeşitli rüzgâr türbini projelerinin lojistiğini güvenli ve verimli bir şekilde gerçekleştirmektedir. Liman, İrlanda'nın batısındaki Galway Rüzgâr Parkı için türbin bileşenlerinin taşınmasında hizmet sunmuştur (Port of Galway, 2021).

GALWAY WIND PARK Karasal Rüzgâr Çiftliği: Galway Rüzgâr Parkı, Cloosh, Lettercraffroe, Seecon ve Uggool olmak üzere dört rüzgâr çiftliğinden oluşan bir rüzgâr çiftliği kümesidir. Maksimum 169 MW ihracat kapasitesiyle toplam 69 rüzgâr türbinine sahiptir. Şubat 2015'te inşaata başlayan Faz 1 (64MW) finansmanı SSE'ye aittir. Faz 2 (105MW), Coillte ve SSE arasında bir ortak girişimdir (Coillte, 2021).Galway Rüzgâr Parkı, SSE Renewables ve Coillte tarafından 280 milyon Euro 'nun üzerinde ortak yatırım maliyetiyle geliştirilmiştir. Galway Rüzgâr Parkı, İrlanda'nın en büyük ve en iyi performans gösteren karasal rüzgâr çiftliğidir ve adadaki diğer rüzgâr üretim tesislerinden daha fazla yeşil enerji üretmektedir (SSE Renewables, 2021).

Galway Bay Marine and Renewable Energy Test Site Rüzgâr Çiftliği: Galway Körfezi Test Alanı, Galway şehrinin 19 km. batısında bulunan Spiddal köyünün 2,4 km. güneydoğusunda, Galway Körfezi'nin kuzey tarafında yer almaktadır. Sitenin alanı 37 hektar olup 21-24 m. su derinliğine sahiptir (Tethys, 2021)

İspanya – Bilbao Limanı

Bilbao Limanı çok farklı yük tiplerine hizmet vermenin yanı sıra içerisinde feribot, yolcu ve kruvaziyer terminalleri de bulunan çok amaçlı bir limandır. Rüzgâr türbini parçalarını da içeren proje yüklerin yanında limanda konteyner, kuru dökme yük, genel yük, ham petrol, petro-kimya ürünleri, LNG, Ro-Ro terminalleri de bulunmaktadır.

Bilbao Limanı'nda 2019 yılında motor, kanat ve diğer ekipmanlar dâhil olmak üzere yaklaşık 142.000 ton rüzgâr türbini bileşeni sevk edilmiştir ve bunların bazıları limanda lider şirketler tarafından yerinde üretilmiştir. Bilbao Liman Otoritesi fabrikadan limana özel parçaların nakliyesinde yer alan farklı kurumlar arasındaki koordinasyonu teşvik eder. Onaylanan önlemlerden biri, özel taşıma araçlarının geçici olarak kenara çekilebileceği N-240 ulusal karayolu üzerinde alanın tahsisidir (Port of Bilbao, 2020).

ŞEKİL 79. Bilbao Limanı Tasarımı ve Terminaller

Kaynak: Port of Bilbao (2021)

Bilbao Limanı'nda AZ-1 ve AZ-2 rıhtımları yan yana yer almaktadır. Her iki rıhtım da 700 m. uzunluğunda ve 21 m. derinliğindedir ve toplamda 200,000 m² alana sahiptir. Kuru dökme yükler için ayrılan AZ-1 rıhtımında kok kömürü, sülfat ve kömür elleçlemeleri yapılmaktadır (Port of Bilbao, 2020). Yanında bulunan AZ-2 rıhtımı ise rüzgâr türbini parçalarına hizmet vermektedir ve Haiezea Wind Group ve Lointek Heavy Industries firmalarının fabrikaları bulunmaktadır. Rüzgâr kulesi ve denizüstü rüzgâr çiftliği kurulumu (foundation) üretimi yapan Bilbao merkezli Haiezea Wind Group 2018 yılında Bilbao limanı AZ-2 rıhtımında 77,000 m²'lik bir alanda üretim tesisi açmıştır. Haizea Wind, tam üretim kapasitesinde yılda, 50 m. uzunluğunda ve 8,6 m. çapında 300 parça denizüstü rüzgâr kulesi üretebilmektedir (Haize Wind Group, 2018). Ağır sanayi ürünleri üreten Lointek firması ise Bilbao limanındaki tesisinde denizüstü rüzgâr çiftlikleri için modüler bileşenler, kazık, tekil kazık (monopile) ve geçiş parçaları (transition pieces) üretimi yapmaktadır. 55.000 m² alana sahip olan tesis, doğrudan gemilere yükleme yapılabilme imkânına sahiptir. Tesiste, 2000 ton, 150 m. boy ve 12 m. çapa kadar ekipman imalatı yapılabilmektedir (Lointek, 2021).

520 m. uzunluğa sahip ve 20 m. derinliği bulunan AZ-3 rıhtımı da çok amaçlı olarak geçse de ağırlıkla rüzgâr türbini parçalarına ayrılmıştır (4allports, 2021). Siemens Gamesa bu rıhtımı kullanmaktadır. Daha çok Ro-Ro, konteyner ve yolcu trafiğine ayrılan A-6 rıhtımında da kısmen rüzgâr türbini parçalarına hizmet verilmektedir. Bu rıhtımda, rıhtım uzunluğu 900 m. ve derinliği 25 m.'dir. 270.000 m² alana sahip rıhtımda üç Ro-Ro rampası mevcuttur (Port of Bilbao, 2021).

ŞEKİL 80. Bilbao Limanı Rüzgâr Türbini Parçaları Rıhtımları

Kaynak: Port of Bilbao (2021)

4.5. Rüzgâr Enerjisi Sektörüne Hizmet Veren İzmir Limanlarının Özellikleri

İzmir'de rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren limanlar, TCDD İzmir (Alsancak) Limanı ve Aliağa'da yer alan SOCAR Terminali, Batıliman, İDÇ ve Nemport limanlarıdır. Bu limanlara ilişkin bilgiler aşağıdaki kısımda sunulmaktadır.

4.5.1. Nemport Limanı

Nemrut Körfezi'nde yer alan, bölgenin ilk özel konteyner limanı olan Nemport Limanı konteyner gemilerinin yanı sıra genel yük ve proje yük gemilerine de hizmet sunmaktadır. İzmir merkeze 55 km. uzaklıkta bulunan Nemport Limanı 140.000 m² gümrüklü istif sahası ve 45.000 m² gümrüksüz istif sahası olmak üzere toplam 185.000 m² liman sahasına sahiptir (İZKA, 2019; Nemport, 2021). Nemport Limanı, yıllık 750.000 TEU konteyner ve 1.000.000 ton genel yük elleçleme kapasitesine sahiptir (TÜRKLİM, 2021). Toplam 840 m. uzunluğunda rıhtıma sahip olan limana dört gemi aynı anda yanaşabilmektedir (Nemport, 2021). Limanda, rıhtım işgal oranı %50'dir. Terminal sahası faydalanma oranı ise %70 civarındadır. Liman girişinde ve yaklaşım kanalındaki derinlikte herhangi bir kısıtlama bulunmamakta, açık denize rahat erişim sağlanabilmektedir.

Nemport Limanı, günlük 200 konteyner elleçleme kapasitesine sahiptir. Demiryolu bağlantısı mevcut olan liman, 24.000 TEU ve 200.000 DWT mega konteyner gemilerine hizmet sunabilmektedir. Liman ekipmanları gerek konteyner elleçleyen STS, RTG, CRS gibi ekipmanlar gerekse genel yük, proje yükü elleçleyebilen mobil rıhtım vinçlerinden (MHC) oluşmaktadır.

ŞEKİL 81. Nemport Limanı

Kaynak: Nemport (2021)

TABLO 15. Nemport Limanı Rıhtım ve Ekipman Özellikleri

Rıhtım	Uzunluk	Genişlik	Derinlik		Marka	Adet	Kapasite (ton)
Güney Rıhtımı	430 m	40 m	-17,5 m		STS (Liebherr)	2	24+1 yan uzanma, 65ton
Kuzey Rıhtımı	410 m	40 m	-16,5 m		MHC (Gottwald)	5	4x100ton + 1x140ton
					E-RTG (KoneCranes)	5	40ton 6 + 1 kat 7 yan ton
					CRS (Kalmar)	8	45ton, 5 kat
					CRS (Kalmar)	1	10ton, 6 kat
					ECH (Kalmar)	5	16ton, 8+1 kat
					YTT (Terberg)	30	60 ton

Kaynak: İZKA (2019); Nemport (2021); TÜRKLİM (2021)

4.5.2. Socar Aliağa Terminali

İzmir ili Aliağa ilçesinde yer alan SOCAR Terminali konteyner ve genel yük gemilerine hizmet vermektedir. SOCAR Terminali 400.000 m² gümrüklü istif sahası ve 20.000 m² gümrüksüz istif sahası olmak üzere toplam 420.000 m² liman sahasına sahiptir. Liman yıllık 1.300.000 TEU konteyner elleçleme kapasitesine sahiptir ve 700 m. konteyner ve 150 m. genel yük olmak üzere toplam 850 m. rıhtım uzunluğu bulunmaktadır (SOCAR Terminal, 2021; TÜRKLİM, 2021). Konteyner rıhtımında aynı anda büyüklüklerine göre 2-3 konteyner gemisine hizmet verilebilmektedir. Liman ekipmanları konteyner için tahsis edilen vinçlerden oluşmaktadır.

ŞEKİL 82. SOCAR Aliağa Terminali

Kaynak: SOCAR Terminal (2021)

TABLO 16. SOCAR Aliağa Terminali Rıhtım ve Ekipman Özellikleri

Rıhtım	Uzunluk	Derinlik	Marka	Adet	Kapasite (ton)
Konteyner	700 m	-16 m	SSG	3	100 Ton
Genel Yük	150 m	-10 m	RTG	10	50 Ton 5 + 1 kat
			Reach Stacker	3	45 Ton

Kaynak: TÜRKLİM (2021); SOCAR Terminal (2021)

SOCAR Aliağa Terminali'nin genel yük rıhtımının metrekare başına 10 tonluk taşıma kapasitesi bulunurken, depolama gerektiren proje yük yüklemelerinde ise ek olarak 30 dönümlük bir depolama alanı daha sağlanabilmektedir (SOCAR Terminal, 2021). Genel yük rıhtımı ağırlıklı olarak rüzgâr türbini parçalarına ayrılmıştır.

SOCAR Terminali'nde giriş ve yaklaşım kanalındaki derinlik -17m.'dir. Terminal bölgesindeki kuzey-kuzeydoğu ve güneybatı yönlü rüzgâr hakim iken dalga boyu genellikle 0,5 m. civarındadır. Liman girişi genişliği 400 m.dir. Terminal sahası işgal oranı ise %20 civarındadır.

4.5.3. Batıliman

Aliağa Limanlar bölgesinde yer alan Batıliman; genel yük, kuru ve sıvı dökme yük, proje yükü ve tehlikeli madde yüklerine hizmet vermektedir. Yıllık 6 milyon ton toplam elleçleme kapasitesi olan Batıliman dört iskele ve iki rıhtıma sahiptir (TÜRKLİM, 2021). Batıliman tarafından sağlanan hizmetler; dökme yük (yem-tahıl, kömür, maden vb.) elleçlenmesi, proje yüklerin (rüzgâr türbini, transformatör, fabrika ekipmanları vb.) elleçlenmesi, genel yük (demir çelik, torbalı yükler, rulo sac vb.) elleçlenmesi, dökme yük, genel yük ve proje yüklerin, gümrüklü-gümrüksüz alan seçenekleriyle depolanması ve tüm lojistik faaliyetlerinin sürdürülmesi, sıvı yüklerin (bitkisel yağ vb.) ve tehlikeli maddelerin elleçlenmesi ve barınma, atık alım, su ikmali gibi yardımcı hizmetlerdir (Batıliman, 2021a).

TABLO 17. Batıliman Rıhtım ve Ekipman Özellikleri

Rıhtım	Uzunluk	Derinlik (min-maks)	Marka	Adet	Kapasite (ton)
İskele 1	182 m	12-17 m	Liebherr LHM 250 Mobil Vinç	1	64 Ton
İskele 2	290 m	17-32 m	Liebherr LHM 180 Mobil Vinç	1	64 Ton
İskele 3	281 m	12-32 m	Liebherr LHM 150 Mobil Vinç	2	40 Ton
İskele 4	164 m	9-12 m	Sennebogen 850 Mobil Vinç	1	15 ton
Rıhtım 1	178 m	3-10 m	Kocks Rıhtım Vinci	2	10 ton
Rıhtım 2	178 m	7-9 m	Yükleyici	4	-
			Forklift	3	7 ton
			Bunker	5	-

Kaynak: Batıliman (2021b)

ŞEKİL 83. Batıliman

Kaynak: Batıliman (2021d)

Toplam 210.000 m² liman sahasına sahip olan Batıliman yaklaşık 100.000 m²'lik gümrüklü-gümrüksüz açık sahalar ile limana 3 km mesafedeki yaklaşık 67.000 m²'lik alanda yer alan A Tipi Genel Antrepo statüsündeki 21 adet kapalı depo ve yaklaşık 31.000 m²'lik açık depolama sahası ile müşterilere depolama hizmeti sunulmaktadır (Batıliman, 2021c).

4.5.4. İDÇ Limanı

İzmir'in kuzeybatısındaki Nemrut Körfezi'nde yer alan İDÇ Limanı, dökme kuru yük ve genel yük gemilerine hizmet vermektedir. Limanın yıllık yük elleçleme kapasitesi 4-5 milyon ton'dur. Toplam 196.717 m² liman sahasına sahip olan İDÇ Limanı'nın 4.000 m² kapalı ve 25.755 m² açık gümrüklü antreposu bulunmaktadır. Toplam 7.500.000 ton elleçleme kapasitesine sahip olan limanın iki iskelesi bulunmaktadır (TÜRKLİM, 2021).

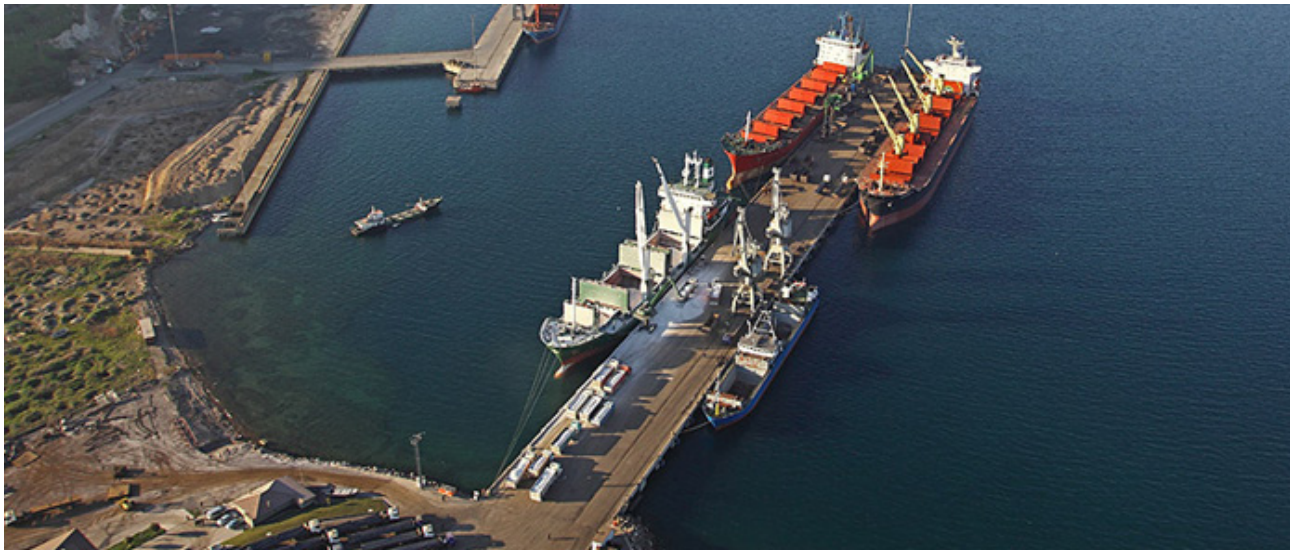
TABLO 18. İDÇ Limanı Rıhtım ve Ekipman Özellikleri

İskele	Uzunluk	Genişlik	Derinlik
İskele 1	475 m	32	-28 m (maks)
İskele 2	475 m	32	-28 m (maks)

Marka	Adet	Kapasite (ton)
9300 Sennebogen	1	90 ton
6180 Sennebogen	1	40 ton
880 Sennebogen	4	30 ton
870 Sennebogen	1	20 ton
850 Sennebogen	1	10 ton
835 Sennebogen	1	10 ton
630 M Sennebogen	1	15 ton
İskele Vinci	2	12.5 ton
Ekskavatör	6	-
Loder	9	-
Forklift	12	3-7-9-16 ton

Kaynak: İDÇ Limanı (2021b)

ŞEKİL 84. İDÇ Limanı



Kaynak: İDÇ Limanı (2021b)

İskelelerin derinlikleri kıyıda 8 m., iskele ucunda ise 28 m., genişlik ise 32 m.dir. İDÇ limanında rüzgâr türbini parçaları elleçlemesinde kullanılabilen vinçler mevcuttur.

4.5.5. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı

TCDD İzmir (Alsancak) Limanı, Türkiye'nin en uzun rıhtımına sahip ve en geniş geri sahaya sahip ikinci limanıdır. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı bir şehir içi limanı olması bakımından bölgedeki limanlardan ayrılmaktadır. Türkiye'nin batı orta kıyılarında, Ege Denizi açıklarında, İzmir Körfezi'nin başında yer alan TCDD İzmir (Alsancak) Limanı, Aliağa limanlar bölgesinin yaklaşık 40 km güneydoğusunda Kızılçullu Nehri'nin, yani Meles delta, düzlüğünde yer almaktadır (World Port Source, 2021).

TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nın dış limanı, eski liman dalgakıranının 300 m. dışındadır ve gemilerin demirlemesi için yeterli alanı sağlar. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na iki demirleme alanı hizmet vermektedir. Yenikale'nin batısında bir demirleme alanı yaklaşık 32 m. derinliğe, ikincisi ise eski mendireğin orta liman bölgesinde 14 ila 16 m. derinliğe sahiptir.

TCDD İzmir (Alsancak) Limanı derinlikleri -6 ve -11,5 m aralığında değişiklik gösteren toplam 3.650 m. uzunluğunda rıhtıma ve 635.000 m² liman sahasına sahiptir. Derinliği -8 ve -10.5 m. olan iki adet yolcu rıhtımı, derinliği -6 ile -10.5 m. arasında değişen 10 adet genel yük rıhtımı, derinliği -9,5 ve -11 m. arasında değişen 10 adet konteyner rıhtımı ve -7 m. derinliğe sahip iki adet dökme yük rıhtımı ile aynı anda 26 adet gemiye hizmet verebilecek kapasiteye sahiptir (Oral, 2011).

TCDD İzmir (Alsancak) Limanı toplam 635.000 m² liman saha alanına sahiptir. Bu alanın 266.000 m²'si depolama alanı olarak kullanılmakta olup depolama alanının 221.000 m²'si konteyner yüklerine, 9.900 m²'si genel yük ve 17.100 m² si tekerlekli yüklere tahsis edilmiştir (İZKA, 2019).

TCDD İzmir (Alsancak) Limanı ekipmanlarını üç grup altında değerlendirmek mümkündür. Birinci grup rıhtım ekipmanlarından oluşmaktadır. Bunlar, gemiden karaya ve karadan gemiye yükün aktarılması için kullanılmakta olan ekipmanlar olarak kullanıldıkları yük cinsine göre farklı özellikler göstermektedirler. Bu anlamda geminin rıhtımda kalma süresi, ekipman özelliği, sayısı ve verimi ile doğrudan ilişkilidir.

Ancak, TCDD İzmir (Alsancak) Limanı ekipmanlarının büyük bölümünün ekonomik ömrünü tamamladığı değerlendirilmektedir. Tekerlekli santral vinçlerinin amortisman ömrünün 10 yıl olması ve mobil vinçlerin fiziksel ömürlerinin ise 20 yıl olması nedeniyle, TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nın üstyapı ekipmanlarının ivedi olarak yenilenmesi gerekmektedir (İZKA, 2019).

ŞEKİL 85. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı

Kaynak: Yalçın (2017)

TABLO 19. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Rıhtım Özellikleri

	Kullanım Amacı	Uzunluğu (m)	Genişliği (m)	Derinliği (m)*	Derinliği (m) **
1	Yolcu	140	-16	-8,00	-10,00
2	Yolcu	190	16	-8,50	-10,00
3	Genel Yük ve Dökme Yük	130	20	-10,50	-10,50
4	Genel Yük ve Dökme Yük	120	20	-10,50	-10,50
5	Genel Yük ve Dökme Yük	150	20	-10,50	-10,50
6	Genel Yük ve Dökme Yük	75	31	-10,00	-10,00

	Kullanım Amacı	Uzunluğu (m)	Genişliği (m)	Derinliği (m)*	Derinliği (m) **
7	Genel Yük ve Dökme Yük	130	20	-10,00	-10,00
8	Genel Yük ve Dökme Yük	120	20	-9,50	-10,00
9	Genel Yük ve Dökme Yük	122	20	-9,50	-10,00
10	Genel Yük ve Dökme Yük	126	13	-6,00	-7,00
11	Genel Yük ve Dökme Yük	97	13	-6,50	-7,00
12	Genel Yük ve Dökme Yük	125	13	-7,00	-8,00
13	Konteyner	150	26	-9,50	-12,00
14	Konteyner	144	26	-10,00	-12,00
15	Konteyner	144	26	-10,00	-12,00
16	Konteyner	162	26	-10,00	-12,00
17	Konteyner	150	30	-10,00	-13,00
18	Konteyner	150	30	-10,00	-13,00
19	Konteyner	150	30	-10,00	-13,00
20	Konteyner	120	30	-10,20	-13,00
21	Konteyner	125	30	-10,20	-13,00
22	Konteyner	120	30	-10,00	-13,00
23	Dökme	150	20	-10,50	-12,00
24	Dökme	150	20	-11,00	-12,00
25	Genel Yük	150	20	-11,00	-12,00
26	Genel Yük	140	20	-11,50	-12,00
TOPLAM		**3.650**			

*Kaynak: Oral (2011) (*Mevcut Derinlik; **İnşa Derinliği).*

TABLO 20. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Saha Özellikleri

Kullanım Amacı	Saha (m²)	Açıklama
İthal Dolu Konteyner	72.000	Ana konteyner sahasında
İthal Boş Konteyner	12.900	Ana konteyner sahasında
İhraç Dolu Konteyner	58.400	15.000 m² kid sahasında istiflenen ihraç konteyner
İhraç Boş Konteyner	20.000	Ana konteyner sahasında
Hasarlı ve Şekilsiz Konteyner	5.000	-
Açık CFS - depolama	1.818	Ana konteyner sahasında
Kapalı CFS - depolama	1.810	Kapalı sundurmaya bitişik
İthal Genel Yük	8.400	-
İhraç Genel Yük	1.500	-
İthal Tekerlekli Yük	2.500	-
İhraç Tekerlekli Yük	14.600	-
Transit Konteyner	-	İthal ve ihraç istif sahasında kullanılıyor
Kabotaj Konteyner	3.000	-
Reefer istasyonu	1.200	Sahada Yaylı
KİD Sahası	38.000	-
Konteyner iç boşaltma	7.200	
Vagon sahası	18.000	Bu sahanın 10 bin m² si demiryolu lojistik alanı olup, kalan kısmı liman pregate sahası olarak kullanılmaktadır.

Kaynak: İZKA (2019)

TABLO 21. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Ekipman Özellikleri

Ekipman Tipi	Elleçleme Kapasitesi	Adedi	Model Yılı
Gantry Crane	40 ton	5	1986-1999
Mobil Vinç	10-25 ton	9	1977-1983
RTG	35-42 ton	14	2001
Reachstackers	40 ton	15	1998
Konteyner Sahası Forklifti	8 ton	14	1998
Kargo Sahası Forklifti	2-42 ton	16	1982-1998
Loader	0,4-0,6 m^3	1	2001
Traktör	40 ton	12	1971-1981
Çeker	25-50 ton	39	1987-2018
Treyler	25-50 ton	59	1987-2018
Diğer (Mobil Rıhtım Vinci) (3. Şahsa ait)	90 ton	4	-
Diğer (Ekskavatör) (3. Şahsa ait)	10-16 ton	4	-

Kaynak: Oral (2011); İZKA (2019)

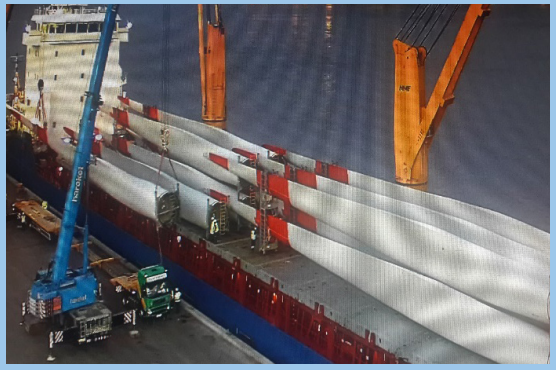
4.6. Rüzgâr Enerjisi Sektörüne Hizmet Veren İzmir Limanlarına İlişkin Uygunluk Değerlendirmesi

İzmir rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren limanlar yoğunluklarına göre TCDD İzmir (Alsancak), Batıliman, SOCAR Terminal, İDÇ ve Nemport'tur. Bu limanlar sektöre hem ithalat hem de ihracat süreçlerinde altyapı, üst yapı, ekipman ve insan kaynakları yeterlilikleri doğrultusunda hizmet vermektedir. İthalat süreçlerinde aşağıda belirtilen yük gruplarının elleçlenme ve depolanma işlemleri liman kullanıcılarına sunulmaktadır.

- Kule ve kanat üreticileri tarafından kullanılacak kalıplar,
- Kule ve kanat üretimi için gereksinim duyulan yük cinsleri (hammadde ve ara mamuller),
- Türkiye'de yer alan rüzgâr türbini projelerinde kullanılacak olan (ancak Türkiye'de üretimi gerçekleştirilmeyen) kanat ve kuleler,
- Türkiye'de üretimi henüz gerçekleşmeyen nasel, hub ve jeneratörler.
- Konteyner içinde taşınan küçük aksamlar.

İhracat süreçlerindeyse İzmir'de üretilen kule ve kanat sevkiyatları için aynı şekilde elleçleme ve depolama hizmetleri sunulmaktadır. Aşağıda yer alan görseller liman operasyonlarına konu olan rüzgâr türbinini bileşenlerini göstermektedir.

ŞEKİL 86. Rüzgâr Türbini Parçaları Rıhtım Elleçlemeleri

Hub	Nasel
Kanat	**Kanat Kalıbı**
	

Kule	Drive train dişli kutusu

Kaynak: Batıliman (2021); DSV Lojistik (2021); İlya Denizcilik (2021)

Rüzgâr türbini bileşenlerinin ithalat ve ihracat operasyonlarında gereksinim duyulan rıhtım vinçleri liman işletmecilerinin mevcut imkânlarıyla sağlanabildiği gibi, dış kaynak kullanımıyla İzmir Vinç ve Sarılar Grup gibi belirli vinç tedarikçilerinden sağlanabilmektedir. Yük gemilerinin kendi vinçlerinin mevcut olması koşulunda, bu vinçler aracılığıyla da elleçleme faaliyetleri gerçekleştirilebilmektedir.

Benzer şekilde liman operasyonlarında faaliyet gösterecek iş gücünü de liman personeli veya anlaşmalı kooperatiflere bağlı personel oluşturabileceği gibi, lojistik hizmet sağlayıcı ve/veya liman acenteleri tarafından organize edilecek operasyon ekiplerinden de yararlanılabilmektedir. Söz konusu yük grubunun ihtisaslaşma gerektirecek özel operasyon koşullarına bağlı olarak ikinci tercihin uygulamada daha sık olduğu söylenebilir. Eğer vinçler kiralanmış ise, vinç operatörleri vinç firmaları tarafından istihdam edilmektedir. Liman vinçleri kullanılıyorsa operatör, liman çalışanıdır.

İzmir limanlarının rüzgâr enerjisi sektörünün lojistik ihtiyaçlarına uygunluğu birçok parametre doğrultusunda bu rüzgâr türbini firmaları, kule ve kanat üreticileri, lojistik hizmet sağlayıcılar, liman acenteleri ve liman işletmelerinden temsilcilerle gerçekleştirilmiş görüşmeler aracılığıyla değerlendirilmiştir.

Rıhtım Faaliyetlerine İlişkin Mevcut Durum: Rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren İzmir limanlarında sektörün ihracat/ithalat yoğunluğuna bağlı olmak üzere rıhtım kapasitesinin yetersiz kalacağı durumlar oluşabilmektedir. Görüşmelerden elde edilen bilgiler 2018-2019 senelerinde söz konusu problemlerin yaşanmış olduğu, 2020 ve içerisinde bulunduğumuz 2021 senesinde ise üretimlerin iç piyasa taleplerine yönelmesi sonucunda azaldığını ortaya koymaktadır. Ancak önümüzdeki senelerde ihracat/ithalatın artış göstereceği ve gemi trafiğinin tekrardan artacağı öngörüsü mevcuttur. Olası rıhtım kapasitesi probleminin önüne geçilebilmesi adına rıhtım uzunluklarında artışa gidilmesi, aynı anda daha fazla sayıda gemiye hizmet sağlanabilmesi için rıhtım sayısının artırılması ve operasyonların hızını artırabilmek adına mobil rıhtım vinci (MHC) yatırımlarının tamamlanması önerilebilir.

Rıhtım kapasitesinin önemli olmasının bir sebebi de bu sektöre hizmet veren gemi tipinin yanaşabileceği koşullarda olmasıdır. Maksimum 9,5 m. drafta ihtiyaç duyan bu gemiler için İzmir limanları uygun rıhtım derinliklerine sahiptir. Rıhtım kapasitesinin bir başka önemli belirleyicisi ise rıhtım uzunluğudur. İzmir limanları bu açıdan büyük oranda uygun yapıdadır. Yalnızca okyanus aşırı taşımalarda yaygın olarak kullanılan 160-230 m. arası uzunluktaki yükleme/tahliye gemilerinin yanaşabilmesi açısından SOCAR Terminal'in proje yüklere tahsis etmiş olduğu 150 m. uzunluğundaki rıhtım yetersiz kalmakta ve dolayısıyla bu özellikteki yükler için tercih edilebilir olmamaktadır. Söz konusu rıhtımdan tel örgüyle ayrılan ve oldukça yakın bulunan Petkim'e ait rıhtımda tehlikeli tanker yükü operasyonlarının gerçekleştirilmesi esnasında, bu rıhtımda "sıcak çalışma" faaliyetlerinin yürütülemiyor olması da bir başka kısıttır.

Güvenlik açısından zaruri olan bu önlem, proje yük yüklemelerinde gemi operasyonlarının durmasına sebep olabilmektedir.

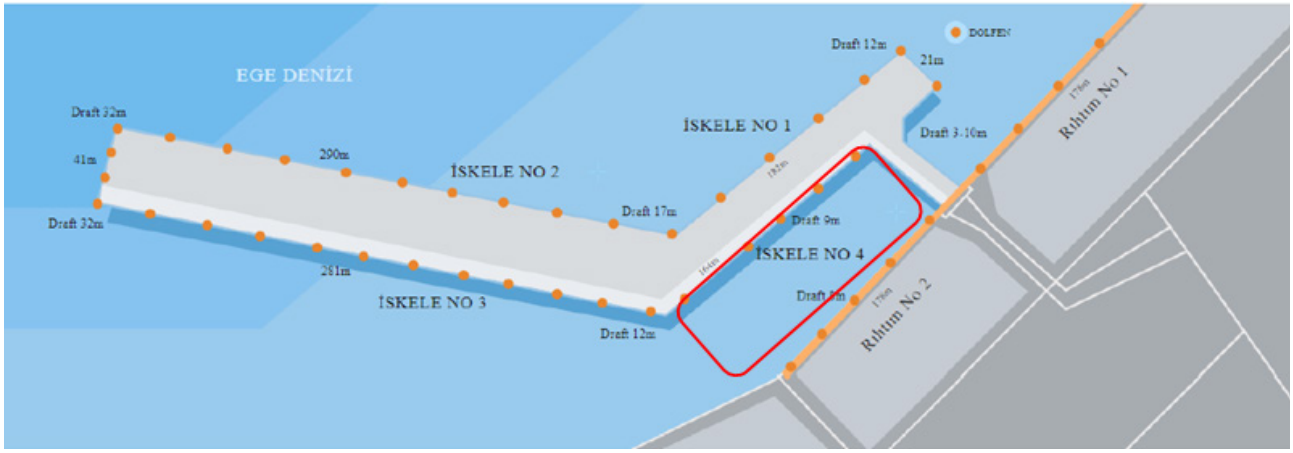
SOCAR Terminal'in 700 m. uzunluğunda tek parça rıhtımıysa rüzgâr türbini bileşenlerinin elleçlenmesi için tercih edilmemektedir. Görüşmelerden elde edilen bulgulara göre bunun sebebi temel olarak, söz konusu rıhtımın limanın hizmet verdiği ana yük grubu olan konteyner taşımacılığına ayrılmış ve rıhtım kullanımının sözleşmeli hatlara tahsis edilmiş olmasıdır. Buna ek olarak, rıhtımın karaya doğru 5 m. ilerisine kadar STS vinçlerine ait kabloların mevcut olması sebebiyle olası hasarlardan kaçınma gereksinimi bulunmaktadır. Rıhtım operasyonlarını etkileyen bir başka önemli unsur olan vinç performansı dikkate alındığında, İDÇ Limanı haricinde rüzgâr türbini bileşeni yükleme/tahliye operasyonlarını kendine ait vinçlerle gerçekleştiren bir liman bulunmamakta, vinç tedarik firmalarından yararlanılarak söz konusu operasyonlar gerçekleştirilmektedir. Paydaşların görüşmelerde dile getirdikleri nokta, gerek maliyetlerin düşürülebilmesi gerekse operasyon verimliliğinin artırılabilmesi adına söz konusu liman yatırımlarının sektöre önemli ölçüde katkı sunacağıdır. Vinç operasyonlarının hangi tarafça gerçekleştirileceğinin yanı sıra, hizmet verecek olan vinç operatörlerinin kabiliyeti de operasyon performansını doğrudan etkilemektedir. Rüzgâr türbini bileşenlerinin (kule ve kanat) elleçleme operasyonları iki vincin senkronize çalışmasını gerektiren ve dolayısıyla standart operasyonlara kıyasla zorlukları bulunan tandem operasyonlardır.

Yükleme/tahliye operasyonlarında önem arz eden bir başka unsur da rıhtım tasarımıdır. Proje yükü rıhtım operasyonları için ideal olan, bu yük grubuna özel rıhtım tahsis edilmiş olması ve söz konusu rıhtımın taşıma kapasitesi, genişliği ve diğer rıhtımlarla olan mesafesinin operasyonların aksamasına sebebiyet vermeyecek uygunlukta olmasıdır. İzmir limanları bu unsurlar göz önünde bulundurulduğunda farklı özellikler göstermektedir. Rıhtım taşıma kapasitesi açısından İzmir limanlarında herhangi bir yetersizlik söz konusu değildir. Rıhtım tasarımına ilişkin kriterler göz önünde bulundurulduğunda ise, İDÇ Limanı ve Batıliman özelinde elleçlenecek kule ve kanatların ebatlarına bağlı olarak liman içi trafiği olumsuz etkileyecek ve/veya diğer gemi operasyonlarının durdurulmasına sebebiyet verebilecek kısıtlar söz konusu olabilmektedir. Dört iskeleye sahip olan Batıliman'ın proje yük operasyonları 2 ve 3 numaralı iskelelerinden gerçekleşmektedir. Bu iskeleleri karaya bağlayan köprünün 90 derece dönüşü olması sebebiyle 63 m.den daha uzun olan kanatların operasyonun gerçekleşeceği iskelelere erişimi mümkün olamamaktadır. Söz konusu bağlantının ortaya çıkardığı bu problemin aşılabilmesi adına Batıliman'ın Şekil 87'de işaretlenmiş alanı doldurmaya yönelik projesi bulunmaktadır. Bu sayede 63 m. üzeri kanatların iskeleye erişimi mümkün hale getirilebileceği gibi, limanın toplam rıhtım uzunluğu da 100 m. artırılmış olacaktır

TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nda rüzgâr türbini bileşenleri ve benzeri proje yükler için ayrılmış olan alan, 25-26 numaralı genel yük rıhtımlardır. Ancak aynı rıhtımlar ve yan rıhtımlar dökme yük gemilerine de hizmet vermekte, yakınında TMO rıhtımı yer almaktadır. Görüşmelerden elde edilen bulgular zaman zaman kanat yüklemeleri için yanaşacak gemilerin rıhtımdaki yoğunluğa bağlı olarak beklemek durumunda kalabildiği yönündedir.

Nemport Limanı'nda ise özellikle konteyner elleçleme operasyonlarının yoğunlaştığı anlaşmalı hatların ana gemilerinin uğrak yaptığı zamanlarda proje yükü operasyonlarını gerçekleştirilebilmesi mümkün olamamaktadır. Bu kısıtı oluşturan bir faktör de iskele genişliğinin yeterli olmamasıdır. Dolayısıyla yoğun konteyner araç trafiği, ebatlarına bağlı olarak iskele erişiminin görece zor olduğu kanat ve kule taşıyıcı araçlarının faaliyetlerine izin vermemektedir. Tüm bu koşullara bağlı olarak söz konusu limanın ilgili sektör tarafından tercih edilebilirliği, taşımanın gerçekleşeceği dönemdeki rıhtım yoğunluğuna ve projenin hacmine göre değişmektedir..

ŞEKİL 87. Batıliman İskele Yapısı



Kaynak: Batıliman (2021b)

Depolama Faaliyetlerine İlişkin Mevcut Durum: Rıhtım faaliyetlerine benzer şekilde rüzgâr türbini bileşenlerinin ithalat/ihracatında yoğunluğun seviyesine bağlı olarak depolamaya ilişkin problemler de yaşanabilmektedir. Depolama alanı yetersizliğinin yaşandığı yoğun dönemlerde, bu problem üretim tesislerine sirayet etmekte ve stok şişkinliğiyle sonuçlanarak üretimin devamlılığını zorlaştırabilmektedir. Benzer şekilde ihracat operasyonları için vinç, iş gücü, taşıma aracı ve gemi temini gibi bütünleşik süreçlerde ek maliyetler ortaya çıkabilmektedir.

Görüşmelerden elde edilen bulgular 2020 ve 2021 senesinde iç piyasaya yönelik üretimin yoğunlaşmasıyla liman depolama faaliyetlerinde yoğunluk kaynaklı problemler yaşanmamış olsa da, takip eden senelerde gerekli yatırımların gerçekleştirilmemesi sonucunda tedarik zinciri aksamalarının yaşanabileceğini ortaya koymaktadır. Bu anlamda gerekli yatırımların, sektör paydaşlarının önerileri doğrultusunda ve pik sezonların göz önünde bulundurularak planlanmasında fayda vardır.

İzmir limanlarının depolama alanı kapasitelerinin yanı sıra sektör için önem arz eden bir başka gereksinimse, depo alanlarının özellikle hassas malzemeden üretilen kanatların hasarlanmasına izin vermeyecek korunaklı yapıya sahip olmasıdır. Görüşmelerden elde edilen bulgular hizmet verilen ana yük grubu kuru dökme çeşitleri olan İDÇ ve Batıliman özelinde, rüzgârın etkisiyle bileşenlere kozmetik hasar verecek tozumaların olabildiği yönündedir. Her iki limanda da dökme yük depolama alanlarının trapez sacla çevrili olması, sulama sistemleri ve çöktürme havuzu gibi tozumayı önleyici tedbirlerin mevcudiyetine rağmen, kanat sevkiyatlarında tercih edilebilirlikleri kısıtlıdır.

Görüşmelerde sıkça dile getirilen bir diğer konuysa İzmir limanlarında ardiye masraflarının sektör paydaşlarınca çok yüksek bulunmasıdır. Söz konusu maliyetlerin yüksekliği sebebiyle uluslararası rekabette yerli üreticilerin yurtdışı alternatiflerine göre dezavantajlı konuma düştüğü belirtilmektedir. Devlet limanı olması sebebiyle TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nda sabit tarife uygulanmakta, Aliağa Bölgesi'nde yer alan alternatif limanlardaysa müşteri bazı özel tarifelerin sunulması mümkün olabilmektedir. Proje ve üretici bazında farklılıklar olabilse de genel değerlendirme kanat ihracatı için TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nın, kule ihracatı içinse Aliağa limanlarının ardiye yönünden avantajlı olduğu yönündedir. Kanatlar için ardiye maliyetlerinin TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nda uygun olmasının sebebi, tarifenin tonaj üzerinden hesaplanması ve kanatların hacim olarak geniş olmasına karşın ağırlığının düşük olmasıdır.

Farklı bölgelerdeki ardiye tarifesi avantaj ve dezavantajları doğrultusunda şekillenen liman tercihleri, aynı gemide kanat ve kule yüklemesi olacağı koşullarda daha da karmaşık hale gelebilmektedir. Bu koşul dâhilinde bazı proje yüklemelerinin kanat yüklemesi için önce İzmir TCDD İzmir (Alsancak) Limanı, sonrasındaysa kule yüklemesi için tercih edilecek bir Aliağa

Limanı'nın kullanımıyla gerçekleştirildiği örnekler mevcuttur. Bu gibi örneklerde ardiye maliyetlerinin optimizasyonu adına geminin iki uğrak yapmasına bağlı olarak oluşan maliyetlere katlanılmakta ve operasyonel zaman kaybı göze alınmaktadır.

Limanlarda tahliyesi gerçekleşen ithal kanat, kule, nasel ve hub bileşenleri için de ardiye masrafları benzer şekilde önemlidir. Proje sahalarının farklı sebeplere bağlı olarak (örn: mevsim koşulları, proje izinlerinde yaşanabilen gecikmeler) zamanında hazır olmaması durumlarında bu bileşenlerin liman depo alanlarında uzun süre beklemeleri gerekebilmektedir. Bu durumlarda oluşan ardiye maliyeti toplam proje maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Türbin bileşenlerinin hassasiyetinden ötürü ara depolama tesislerinin kullanımı ek elleçlemelere sebep olacağı için nadiren uygun görülmektedir. Tüm bu özel durumlar neticesinde sektör paydaşları gerek ithalat gerekse ihracat yükleri için liman depolama fiyatlandırmasının daha uygun seviyelere çekilmesi gerektiğini savunmaktadır.

Liman Bağlantılarına İlişkin Mevcut Durum: Görüşmelerden elde edilen bulgular İzmir limanları için tüm liman uygunluk parametreleri içerisinde en çok problemli olduğu düşünülen ve sektörün lojistik ihtiyaçları açısından çözümlenmesi adına en acil görülen parametre liman bağlantılarıdır. Liman bağlantılarındaki problemlerin önemli bir kısmı ağır nakliye taşımalarının gece saatlerinde gerçekleştirilmesine izin verilmemesine bağlıdır. Ağır nakliye taşıtlarına gece saatlerinde kısıtlayıcı hüküm getiren bir yasal düzenleme bulunmamakla birlikte KGM'nin kendi yetki sahasına giren alanlarda ağır taşıtların gece seyrini izne bağladığı, şehiriçindeki ağır taşıtların seyrinde ise Ulaşım Koordinasyon Merkezi kararlarının uygulandığı değerlendirilmektedir. Söz konusu kısıtlama neticesinde, araçlar üretim tesislerinden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı için başlıca Altınyol, Aliağa limanları için ise Menemen şehir içi trafiğine dâhil olma riskiyle karşılaşmaktadır. Bir şehir limanı olan TCDD İzmir (Alsancak) Limanı için rüzgâr türbini kanatları ve diğer proje yüklerde giriş kapısı D kapısı iken çıkış kapısı olarak E kapısı kullanılmaktadır. D kapısı girişinin demiryolu ağı ile kesişmesi durumu söz konusudur. Çıkışların E kapısından yapılması ile araçlar doğrudan viyadüğün altından çevreyoluna çıkmış olmakta ve giriş-çıkış yapan araçların döngü oluşturarak çakışması engellenmektedir.

Gece taşımacılığına müsaade edilmemesi ve gündüz trafiğine dâhil olmama koşulları neticesinde, ara park yeri (örn: Kömürlük) olarak tasarlanmış alanlar kullanılmaktadır. Örneğin, Menemen'de üretilen ve ihracat operasyonları için TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na taşıması gerçekleştirilecek kanat setleri için 15.00'de üretim tesisinden çıkış sağlanmakta, 16.00-17.00'de ara park alanına ulaşılmakta ve araçlar 04.00'de yeniden limana doğru yola çıkana kadar bu alanda bekletilmektedir.

Görüşmelerde sıkça dile getirilen öneri, ağır nakliyelerin yeni düzenlemeyle gece saatlerinde yapılabilir hale getirilmesidir. Bu düzenlemeyle birlikte taşıma operasyonlarında planlama sorunlarının giderilebileceği gibi trafik emniyeti açısından da avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. Benzer şekilde otoyol kullanımına izin verilmesi ve hız limitinin 50 km/s'nin üzerine çıkarılması da sektör paydaşlarının talepleri arasında bulunmaktadır.

Görüşmelerde sıkça dile getirilen bir başka problemse üretim tesisleri ve limanlar arasındaki karayollarında mevcut olan köprü ve üstgeçitlerin liman bağlantılarını kısıtlıyor olmasıdır. Benzer şekilde özellikle kanat uzunluklarına bağlı olarak araç dönüşüne uygun olmayan kavşaklar da bulunmaktadır. Özellikle kanat ve kule bileşenlerinin uzunluğun yanı sıra yüksekliklerindeki artışın da etkisiyle, bu problemin önümüzdeki süreçte daha büyük bir lojistik kısıt olacağı düşünülebilir. Görüşmelerde belirtilen üstyapı kaynaklı liman bağlantısı problemleri aşağıdaki gibidir:

- Dorse üzerinde 5,90 m.'ye ulaşan 5 m yüksekliğindeki kule setlerinin üretim tesisleri yakınındaki 5 m. yüksekliğe sahip köprünün altından geçememesi,
- Menemen-Alsancak güzergahında mevcut olan 4.94 m. yüksekliğindeki köprü sebebiyle kule ve nasel taşımacılığının yapılamaması,
- SOCAR Terminal bağlantısında bulunan Aliağa kavşağının 65 m. üzeri kanatların geçişine uygun olmaması.

Aliağa limanları özelinde liman kapıları ve anayol bağlantıları arasındaki yolların bozukluğu bir başka sorun olarak gözükmektedir. Özellikle söz konusu ara yollarda hurda taşımacılığının yoğun olması yolların hasarlanmasına, dolayısıyla hassas yükler olan rüzgâr türbini bileşenleri ve bu bileşenleri taşıyan araçlar için risklerin oluşmasına sebep olmaktadır. Yol tadilatları gereksinim duyuldukça İDÇ Limanı

ve Batıliman başta olmak üzere liman işletmecileri tarafından gerçekleştirilmekte olsa da, söz konusu bağlantı yolunun sit alanı olmasına bağlı olarak kalıcı çözümlerin üretilmesinde yetersiz kalındığı belirtilmektedir. Yol bozukluklarının yanı sıra yol darlığına bağlı olarak yaşanan sorunlar da aynı sebebe dayalı olarak çözülememektedir. Özellikle bölgede bulunan konteyner terminallerinde yaşanan yoğun dönemlerde, liman bağlantılarında trafik problemi yaşanmakta ve rüzgâr türbini bileşenlerinin erişiminde gecikmeler yaşanabilmektedir.

Detayları metin içerisinde verilen liman bağlantıları, depolama faaliyetleri ve rıhtım faaliyetlerine ilişkin İzmir limanlarının rüzgâr türbini operasyonlarına uygunluğu, görüşmelerin gerçekleştirildiği sektör temsilcileri tarafından sunulan değerlendirmeler sonucunda Tablo 22'deki gibi derlenmiştir.

TABLO 22. Sektör Paydaşlarının İzmir Limanlarının Uygunluğuna İlişkin Değerlendirmeleri

Limanlar	Liman Bağlantıları	Depolama Faaliyetleri	Rıhtım Faaliyetleri
TCDD İzmir (Alsancak) Limanı	▸ Şehir içi trafik yoğunluğu ve güvenlik riski ▸ Kule ve nasel taşımacılığında kısıtlar yaratan karayolu üstyapıları	▸ Yoğun dönemlerde depo alanının yetersiz kalması	▸ İdeal yükleme ekipmanı yetersizliği ▸ Planlamaya ilişkin sorunlar
Batıliman	▸ Yol bozukluğu ve darlığı ▸ Hurda taşımacılığının yoğunluğundan kaynaklanan hasar riskleri	▸ Kuru dökme yük kaynaklı kozmetik hasar riski	▸ İdeal yükleme ekipmanı yetersizliği ▸ Kuru dökme yük kaynaklı kozmetik hasar riski ▸ Rıhtım tasarımının 63 metre üzeri kanatların erişimine uygun olmaması
SOCAR Terminal	▸ Anayol bağlantı kavşağının 65 m üzeri kanat taşımacılığına uygun olmaması		▸ İdeal yükleme ekipmanı yetersizliği ▸ Kısıtlı rıhtım uzunluğu (150 m) ▸ Petkim'e ait tehlikeli tanker yükü operasyon rıhtımının yakınlığı
İDÇ Limanı	▸ -Yol bozukluğu ve darlığı ▸ -Hurda taşımacılığının yoğunluğundan kaynaklanan hasar riskleri	▸ Kuru dökme yük kaynaklı kozmetik hasar riski	▸ Kuru dökme yük kaynaklı kozmetik hasar riski
Nemport	▸ -Giriş kapısında manevra kısıtı ▸ -Kapı trafiğinin yoğunluğu	▸ Depolama alanı yetersizliği	▸ Elleçleme ekipmanının konteyner operasyonları için önceliklendirilmesi ▸ Rıhtım planlamasında sözleşmeli konteyner hatlarına ait gemilerin önceliklendirilmesi

4.7. Rüzgâr Enerjisi Sektörü İçin Çandarlı Limanı Projesine İlişkin Uygunluk Değerlendirmesi

Bir önceki kısımda aktarıldığı gibi, İzmir'de yer alan ve rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren limanların belirli fiziki kısıtlara sahip olduğu ve sektörün ihtiyaçları doğrultusunda yatırımların gerçekleştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Özellikle liman rıhtım ve depolama faaliyetlerine ilişkin kısıtların, liman işletmecilerinin hacim olarak büyümekte olan Türkiye rüzgâr enerjisi sektörünün ihtiyaçlarına karşılık verecek yatırımlarla ortadan kaldırılması beklenebilir. Depo alanlarının genişletilmesi, rıhtım tasarımlarının rüzgâr türbini bileşenlerinin operasyon gereksinimlerine uygun şekilde güncellenmesi, iskele boylarının aynı anda birden fazla proje yükü gemisinin yanaşabileceği şekilde uzatılması ve bu gemilerin operasyonlarında verimliliği artıracak liman vinçlerinin temin edilmesine yönelik yatırım planları, ilgili kısıtları deneyimleyen limanlarca kısa veya orta vadede gerçekleştirilebilecek olan yatırım alanları olarak değerlendirilmektedir. Ancak rüzgâr enerjisi sektörünün dinamik yapısı dolayısıyla İzmir sınırlarında üretimi gerçekleştirilen türbin bileşenlerinin ebatlarındaki hızlı büyüme liman bağlantılarıyla ilgili olarak çok daha karmaşık lojistik problemleri ortaya çıkarmaktadır. Söz konusu problemler maliyet unsuru olarak sektör paydaşlarını zorlar hale gelmekle beraber, küresel rekabet içerisinde gelinen noktada elde edilmiş kazanımları da riske atmaktadır. Sektör paydaşlarıyla geçekleştirilmiş olan görüşmelerde, mevcut İzmir limanlarının sektörün ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde güncellenmesi kadar, proje halindeki Çandarlı Limanı'nın tamamlanarak bu sektöre hizmet verebilecek bir liman haline dönüşmesi gerektiği de vurgulanmıştır. 2011 yılında temeli atılmış olan ve inşaat çalışmaları devam eden Çandarlı Limanı projesinin birçok açıdan sektörün tecrübe etmekte olduğu lojistik problemlere cevap verebilme potansiyeli mevcuttur.

Görüşmelerden elde edilen paydaş değerlendirmeleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Proje yüklerinin İzmir'de yer alan mevcut limanların ana yük grubu olmamasına bağlı olarak rüzgâr enerjisi sektörü paydaşlarının gereksinim duyduğu liman altyapı yatırımlarının öncelikli görülmemesine sebep olmaktadır. Çandarlı Limanı'nın rüzgâr türbini bileşenleri başta olmak üzere proje yüklerine hizmet verecek ihtisaslaşmış bir liman olarak tasarlanmasıyla söz konusu **yatırım önceliklendirmesine ilişkin problemi ortadan kaldıracağı düşünülmektedir.**
2. Kuzey İzmir'de yer alan rüzgâr türbini bileşen üreticileri başta olmak üzere mesafe avantajına bağlı olarak **maliyet ve operasyonel verimliliğe ilişkin kazanımların elde edileceği düşünülmektedir.** Yakınlığa bağlı olarak araç devir hızının artması ve yol revizyonu gereksinimlerinin azalmasıyla mevcut durumda önemli maliyet kalemleri olan bu iki unsura ilişkin sorunlar çözüme ulaşabilecektir. Ancak bu noktada sektör paydaşlarının beklentisi ilgili yönetmeliğin liman-otoyol (Kuzey Ege Otoyolu) bağlantısının ağır nakliye araçlarının erişimine açılması yönündedir. Bu sayede şehir içi trafiğine dâhil olunmasından kaynaklanan lojistik problemler çözüme ulaştırılabilecektir.
3. Çandarlı Limanı'nın proje yükü operasyonları odağında ihtisaslaşmış bir liman olarak tasarlanmasıyla beraber, özellikle yoğun ihracat/ithalat dönemlerinde ortaya çıkabilen **rıhtım ve depolama kapasitesi yeterliliğine ilişkin problemlerin çözümleneceği düşünülmektedir.** Sektör ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde bir liman tasarımının tercih edilmesi adına projenin henüz olgunlaşma aşamasında olması ve söz konusu liman sahasının yeterli genişliğe sahip olması önemli avantajlar olarak görülmektedir.

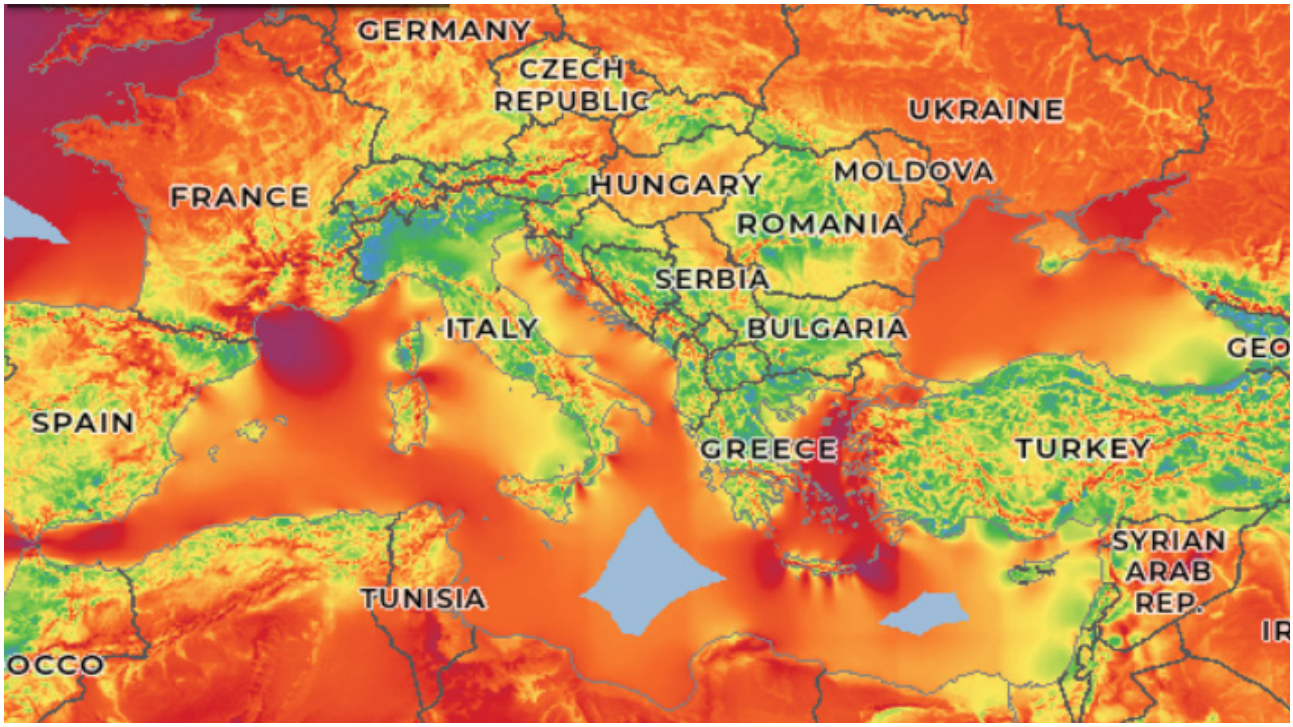
4. Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sektörüne tahsis edilmesiyle l**iman geri sahasında endüstriyel faaliyet alanlarının oluşturulması mümkün olabilecektir.** Bu sayede, üretim tesisi yer seçiminde en önemli belirleyicilerden biri olan liman mesafesine ilişkin önemli avantajlar elde edilebilecek ve türbin bileşenlerinin giderek büyümekte olan ebatlarına ilişkin lojistik sorunlar doğrudan ortadan kalkacaktır. Bunun yanı sıra sektör paydaşlarının aynı bölgede konumlanmasıyla işbirliği imkânları artacaktır.
5. Denizüstü rüzgâr türbini kule ve kanatlarının üretimi mevcut durumda lojistik kısıtlara bağlı olarak gerçekleştirilememektedir. Bir önceki maddede belirtildiği gibi Çandarlı Limanı geri sahasıyla denizüstü rüzgâr türbini bileşenlerinin üretimine ev sahipliği yapabilme yeterliliğine sahiptir. Bu avantajla beraber günümüz yenilenebilir enerji üretimi eğilimlerinde önemli bir yeri olan **denizüstü rüzgâr türbini bileşenlerinin üretilebilmesi mümkün olacak ve yurtiçi deniz alanlarında rüzgâr çiftliklerinin kurulumunda lojistik üs olarak kullanılabilecek bir limana sahip olunmuş olacaktır.** Mevcut durum çerçevesinde karasal rüzgâr türbini bileşenleri üreticiliğinde küresel bir aktör olan Türkiye'nin, denizüstü rüzgâr türbini bileşenleri için de benzer bir rol üstlenebilmesi için sektör paydaşlarına fırsat yaratılabilecektir.
6. Çandarlı Liman projesinin tamamlanmasıyla önemli ölçüde bölgesel kalkınma ve istihdama ilişkin fırsatlar ortaya çıkacaktır.

4.8. Denizüstü Rüzgâr Çiftliği Projeleri İçin Çandarlı Limanı'nın Değerlendirilmesi

Denizüstü rüzgâr enerjisi, Kuzey Avrupa ülkelerinde sığ sularda üretilmeye başlanmıştır. Ancak bilimsel ve teknolojik ilerlemeler ile derin sularda da yeni pazarlara imkânlar açan bir hale gelinmiştir. Bilimsel araştırmalar Türkiye'nin de deniz alanlarıyla önemli bir aktör olduğu Akdeniz'in bu anlamda önemli ekonomik fırsatlara sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Pantusa vd., 2019). World Bank (2019) raporuna göre Türkiye kıyılarında en yoğun enerji potansiyeliyle Ege Denizi'nin kuzeybatısı ön plana çıkmaktadır. 6 GW sabit, 19 GW yüzer temelli enerji üretim kapasitesine sahip bu bölgede mevcut fırsatın değerlendirilebilmesi adına söz konusu liman altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesi bir ön koşul olarak değerlendirilmelidir.

Proje halindeki Çandarlı Limanı bu anlamda bölgedeki denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulumu adına gereksinim duyulan liman altyapı özelliklerine sahip olacak şekilde tasarlanarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji stratejilerinde önemli bir görev üstlenebilecektir. T.C. Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından 2019-2023 dönemi için hazırlanan On Birinci Kalkınma Planı'nda Çandarlı Limanı'nın Ege Bölgesi hinterlandına hizmet edecek bir liman olarak hayata geçirilmesinin planlanmış olması bu anlamda önemli bir gelişmedir. İdeal senaryo Çandarlı Limanı'nın yalnızca elleçleme ve depolama fonksiyonlarıyla değil, art alanında konuşlandırılacak üretim sahalarının sektör paydaşlarına tahsis edilmesiyle, üretim fonksiyonuna da ev sahipliği yapabilecek bir yapı olarak kurgulanması olacaktır. Daha önceki kısımlarda da belirtildiği gibi denizüstü rüzgâr türbini bileşenlerinin ebatlarına ilişkin ortaya çıkacak olan kara taşımacılığı kısıtları bu sayede ortadan kaldırılabilmekte ve maliyet avantajları elde edilebilmektedir.

ŞEKİL 88. Akdeniz Denizüstü Rüzgâr Hız Haritası



Kaynak: Global Wind Atlas (2021)

Liman sahası arkasında üretimi gerçekleşecek bileşenlerin (örn; kanat ve kule setleri) montaj işlemleri için de liman sahasında temin edilecek montaj sahasına gereksinim duyulacaktır. Denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulumunda ana üs olarak kullanılan Avrupa limanları incelendiğinde, bileşen üretim tesislerinin yanı sıra test tesisleri, Ar-Ge merkezleri ve lojistik hizmet sağlayıcılara tahsis edilecek ofis alanları gibi bütünleşik lojistik hizmetlerin sağlanabileceği üstyapılara yer verildiği görülmektedir. Bu tip limanların gelir modelinde yanaşma, depolama ve elleçleme faaliyetlerinden sağlanan gelirlerin yanı sıra söz konusu tesislere tahsis edilen alanların kira gelirleri önemli bir yer tutmaktadır.

Şekil 89'da görüldüğü gibi Çandarlı Limanı 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 Otoyolu'na doğrudan bağlantı mevcuttur.

ŞEKİL 89. Çandarlı Limanı

Rüzgâr enerjisi sektörüne tahsis edilmek üzere tasarlanacak Çandarlı Limanı Projesi için değerlendirmeye alınması gereken liman uygunluk unsurları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Rıhtım faaliyetlerine ilişkin gereksinimler: Denizüstü rüzgâr çiftliği projeleri için liman rıhtım özellikleri;

- liman sahasında üretimi gerçekleştirilmeyen türbin bileşenlerinin tedariğinde kullanılan ağır yük gemilerinin,
- türbin kurulum faaliyetlerini gerçekleştirecek jack-up gemilerinin,
- karasal ve açık deniz trafo merkezleri arasında kablo kurulumunu gerçekleştirecek kablo kurulum gemilerinin ve de
- bakım/işletme faaliyetlerinin yürütüleceği iş teknelerinin gereksinimlerine uygun olmalıdır.

Söz konusu gemilere yönelik hizmetleri sorunsuz bir şekilde gerçekleştirmek adına asgari teknik koşullar sağlanmalıdır. Kurulum süresini en düşük seviyeye indirerek gemi kiralama maliyetlerini düşürebilecek önlemler de uygun rıhtım tasarımıyla sağlanabilir. Bu doğrultuda dikkate alınması gereken unsurlar şu şekildedir:

- Elleçlenecek bileşenlerin ağırlığı dikkate alınacak şekilde 15-20 ton / m² zemin taşıma kapasitesine sahip beton veya asfalt rıhtım zemin sağlanmalıdır.
- Stabilite sorunuyla karşılaşmamak adına deniz tabanının jack-up gemiler için uygun koşullarda olması sağlanmalıdır.
- İlk aşamada her rıhtım için minimum uzunluk 200 m. olacak şekilde iki özel kurulum gemisi iskelesi ve bir nakliye iskelesinden oluşacak 600 m. toplam rıhtım uzunluğu sağlanmalıdır. Rüzgâr enerjisi sektörünün Çandarlı Limanı'nı bir üretim üssü olarak tercihine, sektörel büyüme potansiyeline ve limanda hizmet verilecek diğer yük gruplarına ilişkin alınacak kararlara göre rıhtım planlaması ayarlanmalıdır. Toplam rıhtım alanı 2000 m. olarak belirtilen Çandarlı Liman projesi için söz konusu rıhtım atama planlaması güncellenebilir.
- Her bir rıhtım türbin bileşenlerinin elleçlenmesine uygun MHC tipi vinçlerle donatılmalıdır. Kule ve kanatların elleçlenmesinde tandem vinç operasyonları gerçekleştirilecektir. Bu doğrultuda her üç iskelede operasyonların dış kaynak kullanılmaksızın eş zamanlı yürütülebilmesi için altı rıhtım vincine gereksinim vardır.
- Çandarlı Limanı'nın proje yüklerine ilişkin bölgesel lojistik kısıtların ortadan kaldırılması adına büyük oranda veya kısmi olarak bu yüklere tahsis edilecek

olması, limanın hizmet vereceği diğer yük gruplarında seçici olmasını gerektirmektedir. Dökme yük gruplarına hizmet veren mevcut İzmir limanlarında operasyonlar esnasında proje yüklerine verilen kozmetik hasarlar sektörün sıkça dile getirdiği problemlerdendir. Bu bağlamda Çandarlı Limanı'nda benzer sorunların yaşanmaması adına sıvı dökme yük, konteyner, Ro-Ro gibi yüklere hizmet vermesi uygun olacaktır.

Depolama faaliyetlerine ilişkin gereksinimler: Denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulumunda liman geri sahasında üretimi gerçekleştirilen bileşenlerin depolanması ve kurulum gemilerine aktarılmasından önce belirli montaj işlemlerinden geçmesi gerekmektedir.

Bu faaliyetlerin sorunsuz gerçekleştirilebilmesi adına aşağıdaki unsurlar dikkate alınmalıdır:

- Söz konusu bileşenlerin ebatları gereği, depolama ve montaj alanlarının geniş olması beklenmektedir. Toplam geri sahası 1.000.000 m^2 olarak belirtilen Çandarlı Limanı Projesi'nde bölgede gerçekleşecek denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinin ihtiyaçları doğrultusunda yapılanmaya izin verecek alan mevcuttur.
- Depolama alanları, ön montaj sahası ve rıhtımlara yakın mesafede tasarlanmalıdır. Bu alanlarda taşımacılık fonksiyonunu yerine getirmek üzere yeterli sayıda SPMT ve depolama fonksiyonlarını gerçekleştirmek üzere Hi-Up vinç yatırımları gerçekleşmelidir.
- Limanın rıhtım alanında da olduğu gibi depolama alanının zemini bu bileşenler için uygun yük taşıma kapasitesinde olmalıdır. Benzer şekilde beton veya asfalt zemin tercih edilmelidir.

Üretim ve işletme/bakım faaliyetlerine ilişkin gereksinimler: Söz konusu faaliyetleri bileşen üretimi, türbin temeli üretimi, trafo/kablo üretimi, bileşenlerin test edilmesi ve bakım/işletme faaliyetleri olarak sıralamak mümkündür. Bir kurulum limanının bu faaliyetlerin tamamına veya bir kısmına ev sahipliği yapması söz konusu olabilir. Bunun belirleyicisi liman art alanında yatırım gerçekleştirecek üretici firmaların tercihleri olacaktır. Ancak üretim ve işletme/bakım faaliyetlerinde bütünleşik hizmetlerin sunulabilmesine alan sağlayacak liman altyapıları, sektörel eğilimler değerlendirildiğinde önemini artırmaktadır. Çandarlı Limanı'nın bu eğilimler doğrultusunda planlanması adına dünya örneklerinden yararlanmak faydalı olacaktır.

Denizüstü rüzgâr çiftliklerinde değerlendirilecek türbin bileşenlerinin ve türbin temellerinin üretimi için liman art alanlarında konuşlandırılacak üretim tesislerine ihtiyaç vardır. Söz konusu bileşenlerin limana uzak bölgelerde üretilmesi çoğu koşulda karayolu bağlantılarının uygun olmamasına bağlı olarak mümkün olamamakta veya maliyet açısından zorlukları beraberinde getirmektedir.

Türbin temelleri de benzer şekilde büyük boyutlu ve kütleli olma özelliğinden dolayı uygun rıhtım alanlarında üretilmektedir. Bu alanların mevcut olmadığı üretim limanlarında birleştirme/montaj limanlarının dâhil edildiği kurulum stratejilerinin takip edilmesi zorunluluğu doğmaktadır. Ancak rüzgâr çiftliği kurulumunda bileşenlerin temin edileceği limanlar sayısal olarak arttıkça, gemi kiralama bedellerinden dolayı kurulum maliyetleri de artacaktır. Bu noktada proje aşamasında olan Çandarlı Limanı'nın türbin temeli üretimine imkân sağlayacak şekilde kapsamlı bir üretim merkezi olması önerilebilir. Söz konusu gereksinim dolayısıyla kuru havuz (dry dock) yatırımı proje dâhilinde ele alınabilir. Üretimi tamamlanan türbinlerin yüzdürülmesini (float out) kolaylaştıran kuru havuzlar büyük oranda tersanelerde mevcut olup, liman sahalarında bu imkânın sağlanmış olduğu dünya örnekleri görece kısıtlıdır. Ancak, limanların aynı zamanda işletme/bakım faaliyetlerine ev sahipliği yaptığı takdirde kuru havuzlar yüzer temellerin ve türbin bileşenlerinin onarım faaliyetlerini gerçekleştirme kapasitesi sağlamaktadır (Matha vd., 2017). Özellikle yüzer temellerin üretimi küresel rüzgâr enerjisi üretiminde ön plana çıkan bir eğilim olarak ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda Çandarlı Limanı'nın yüzer temellerin üretimine uygun bir şekilde tasarlanması stratejik kazanımları beraberinde getirecektir. Söz konusu yatırımların önünde engel olan yeterli rıhtım alanının olmaması ve uygun rıhtım derinliğinin olmamasına bağlı kısıtlar Çandarlı Limanı özelinde mevcut değildir.

Trafo üretimi için de türbin temeli üretimine benzer bir durum söz konusudur. Trafo bileşenlerinin farklı liman bölgelerinde üretilip elleçlenerek montaj limanlarında bir araya getirilmesi yaygın bir yaklaşımdır. Yatırımcıların bu anlamda Çandarlı Limanı'nı trafo üretiminde bir üretim merkezi olarak görmesini sağlayacak mekânsal avantajlar mevcuttur.

BÖLÜM 5.

Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Ana Lojistik Süreçler

Rüzgâr enerjisi sektöründe, diğer sektörlerde olduğu gibi, belirli aşamaları içeren lojistik süreçler bulunmaktadır. Bu süreçlerin detaylı olarak incelenmesinden önce tedarik zinciri yönetimi ve lojistik süreçlerle ilgili olarak ana kavramlar değerlendirilecektir. Tedarik zinciri, ilgili ürünün üretilmesi için gerekli olan hammaddelerin elde edilmesinden son müşteriye teslim edilmesine kadar olan tüm faaliyetleri ve sistemleri kapsamaktadır. Tedarik zinciri yönetimi ise; işletmelerin ve aynı zamanda da tedarik zincirlerinin uzun dönemli performanslarının iyileştirilmesi amacıyla hem geleneksel işletme fonksiyonlarının hem de bu fonksiyonlardaki iş yapış şekillerinin sistemli ve stratejik olarak eşgüdümlemesi olarak tanımlanmıştır (Mentzer vd., 2001). Tedarik zinciri yönetiminde bilginin, zincir içerisinde tüm hammadde, yarı-mamul ve bitmiş ürünlerin ve hizmetlerin akışı için toplam sistem yaklaşımı uygulanmaktadır (Handfield, 1999). Bu süreçte ana amaç; müşterilerin beklentilerini karşılamak, müşteri memnuniyeti sağlamak ve maliyetleri tüm sistem boyunca en aza indirmektir. Bununla birlikte, zincir içerisindeki gereksiz beklemeler, gecikmeler, israflar da ortadan kaldırılmalıdır. Tedarik zinciri yönetiminde ana aktörler olarak tedarikçiler, aracı işletmeler, üçüncü taraf lojistik hizmet sağlayan işletmeler, müşteriler yer almaktadır ve kaynakların elde edilmesi, tüm lojistik yönetimi faaliyetlerinin planlanması ve yürütülmesi, işletme içi ve işletmeler arasında yer alan talep ve tedarik sistemlerinin, yöntemlerinin bütünleştirilmesi tedarik zinciri yönetiminin ana amacı olarak görülmektedir (Tek & Karaduman, 2012). Lojistik yönetimi ise; hammadde, yarı-mamul ve bitmiş ürünlerin ve ilgili bilgi akışlarının, tedarik, ulaştırma ve depolama süreçlerinin hem işletme bünyesinde hem de dağıtım kanalı boyunca stratejik olarak yönetilmesi, maliyet etkin sipariş karşılama yöntemleri ile mevcut ve gelecekteki kârın devamlılığının sağlanması olarak tanımlanmaktadır (Christopher, 1998). Bu noktada, lojistiğin, ürünlerin operasyonel faaliyetlerinin yürütülmesini, bilgi ve riskin de bu anlamda yönetilmesini içerdiği belirtilmelidir.

Lojistik yönetimi süreci, üç ana süreç olarak incelenmektedir. Bunlar, tedarik lojistiği, malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtımdır. Tedarik lojistiği; hammadde ve ürünün üretilmesinde gerekli olacak ilgili malzemelerin ilgili tedarikçilerden üretim noktalarına olan akışı ile ilgilidir. Malzeme yönetimi, üretim noktasında gerçekleştirilen lojistik faaliyetleri içermektedir ve stok yönetimi, depo yönetimi gibi süreçler de malzeme yönetimi içerisinde yer almaktadır. Fiziksel dağıtım ise, bitmiş ürünlerin üretim noktalarından son müşterilere ulaştırılması ile ilgili süreçleri kapsamaktadır (Tuna & Arabelen, 2016).

Rüzgâr enerjisi sektöründeki ürünler de diğer ürün gruplarında olduğu gibi, sektörün kendi dinamikleri çerçevesinde şekillenen lojistik yönetimi süreçlerinden geçmektedirler. Bunlar, raporun bu bölümünde, tedarik lojistiği, malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım başlıkları altında incelenecektir. Tedarik lojistiği kısmında, ana olarak rüzgâr türbini üretiminde gerekli olan ekipmanların hammaddelerinin ilgili tedarikçilerden elde edilmesi, depolanması, stok yönetimi gibi süreçlere değinilecektir. Malzeme yönetimi kısmında ise; bu ekipmanların üretiminde kullanılan malzeme ve ilgili maddelerin elde edilmesi, doğru ürününün doğru ekipman ile istenilen yerde buluşturulması ve üretim sürecinin sonuna gelmiş ürünlerin üretim noktası içerisinde taşınması ve depolanması süreçleri ile ilgili ana unsurlara yer verilmektedir. Son olarak da fiziksel dağıtım sürecinde üretim süreçleri tamamlanmış ve nihai ürün olarak değerlendirilen rüzgâr türbini ekipmanlarının taşınması, rotalar ile ilgili süreçleri, depolanması, elleçlenmesi, incelenmektedir.

5.1. Tedarik Lojistiği Süreci

Tedarik zinciri, rüzgâr enerjisi üretim endüstrisinin gelişmesinde kilit bir faktördür. Bir rüzgâr türbini; kanat, yatak, ana eksen yatağı, dişli kutusu, jeneratör, kule gibi oldukça büyük ve ağır olan parça ve aksesuarlardan oluşur. Rüzgâr türbini üretim süreçleri oldukça karmaşıktır ve uzun vadeli bir üretim döngüsü gerektirmektedir. Rüzgâr enerjisi üretiminde maliyetler yüksek ve tedarik envanteri düşük seviyededir. Bu koşullarda, etkili tedarik zinciri, tüm rüzgâr türbini üreticileri için malların zamanında üretilmesi ve teslim edilmesine bağlıdır (He & Chen, 2009). Bu nedenle de üreticiler ve bileşen tedarikçileri arasındaki ilişkiler oldukça önemlidir.

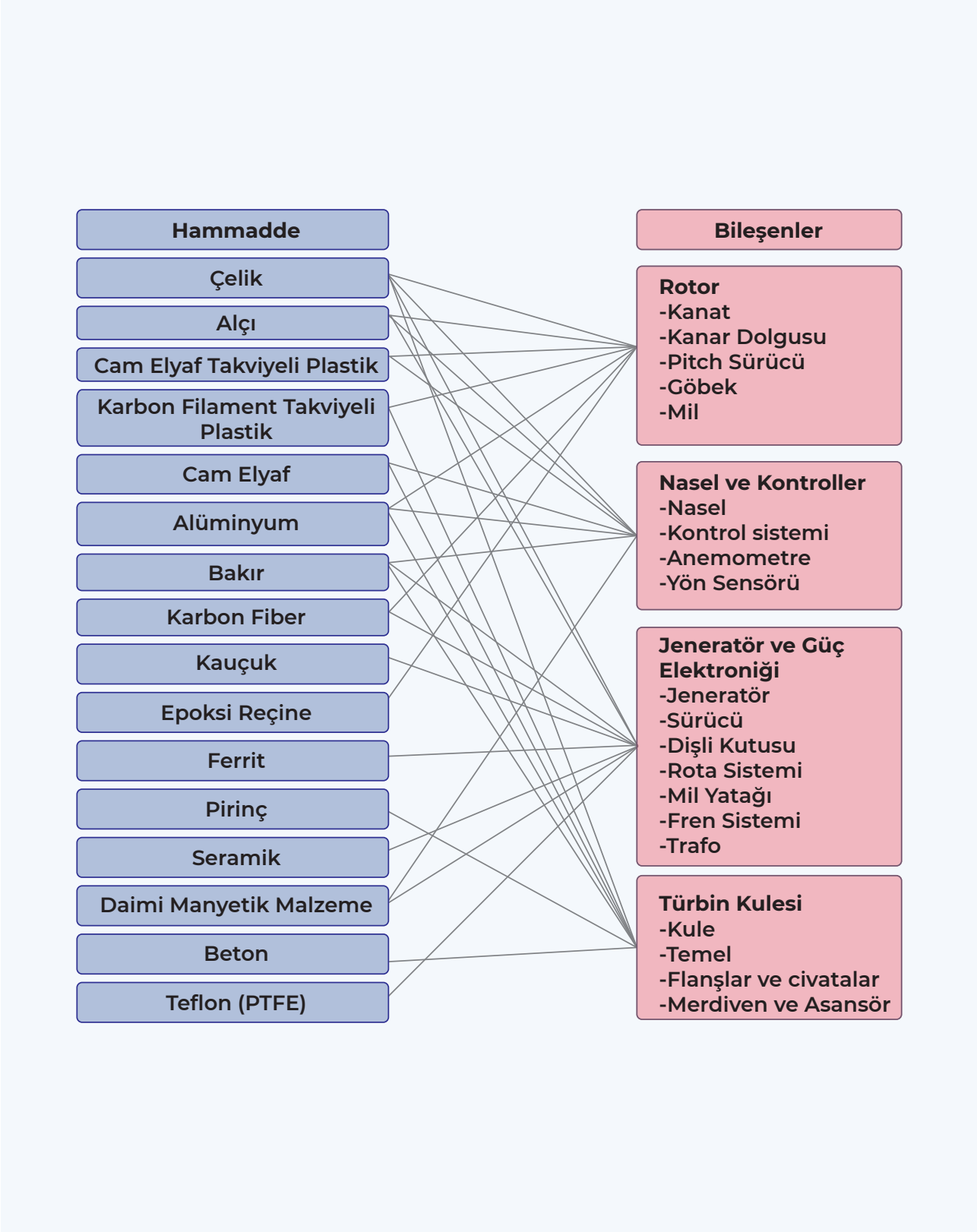
Rüzgâr türbinlerinin tedarik süreci, türbin bileşenlerinin üretiminde gerekli olan hammadde veya yarı mamullerin tedarikçilerinin belirlenmesi, tedarikçilerden hammadde temin edilmesi ve üretim sürecine dâhil edilene dek depolanmasını kapsamaktadır. Gerekli olan hammadde veya yarı mamuller yurtiçinden veya yurt dışından temin edilebilmektedir. Yurtdışından tedarik edilecek hammadde veya yarı mamullerin ayrıca gümrük işlemlerinin tamamlanması gerekecektir.

Rüzgâr türbinlerinin her bir bileşeni için çeşitli hammadde gereksinimleri bulunmaktadır (bknz. Şekil 90). Bir rüzgâr türbini büyük ölçüde çelikten (ağırlığının yaklaşık %90'ı) yapılmaktadır. Alüminyum ve diğer kompozit maddeler de özellikle kanat üretiminde büyük bir öneme sahiptir. Türbin üretiminde kullanılan diğer hammaddeler şu şekilde sıralanabilir; ön gerilimi alınmış beton, bakır ve cam elyafı/fiberglas, sabit mıknatıslar, dökme demir/pik, karbon fiber, kauçuk, epoksi, ferrit, pirinç, seramik ve teflon (TMMOB, 2014). Kompozit, birbirinden farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip birden fazla malzemenin bir araya gelmesi ile ortaya çıkan daha farklı özelliklere sahip olan yeni bir malzeme olarak tanımlanmaktadır (Karabağ, 2011). Rüzgâr türbinlerinin kanat ve nasel parçalarında polimerik kompozit yapılar kullanılmaktadır. Nasel bileşeninde cam elyafı-polyester-epoksi yapılar kullanılırken, kanat bileşeninde cam-elyafı epoksi yapılar kullanılmaktadır. Kanat uzunluklarında beklenen artış ile birlikte kanat başına gerekli olan kompozit kullanımının da artması beklenmektedir. Ülkemizde yüksek katma değere sahip rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili olarak gelişmiş bir yerli kompozit yan sanayii bulunmaktadır. Türkiye'de yerli olarak üretim yapan pek çok firma bulunmasına rağmen türbin kanatlarında kullanılan hammaddelerin (bütünleştirici parçaların) çok büyük bir kısmı ithal edilmektedir (Kompozit Sanayicileri Derneği, 2018).

Tedarik edilen hammaddelerin depolanması sürecinde maddelerin özelliğine göre ısı, nem, kapalı alan ya da açık alan gibi gerekli koşulların sağlanması oldukça önemlidir. Depolama süreçlerinde genel olarak ilk giren ilk çıkar (FIFO) veya son giren ilk çıkar (LIFO) sistemleri uygulanmaktadır.

Şekil 90'dan da görüleceği üzere, rüzgâr türbin bileşenleri oldukça farklı özellikte ve sayıda hammaddenin bir arada kullanılmasını beraberinde getirmektedir. Bu süreçte, ilgili hammaddelerin depolanması ve stoklarının güncel tutulması, maliyet anlamında etkin bir yönetim sisteminin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Tedarik lojistiği sürecini takiben rüzgâr türbini bileşenlerinin malzeme yönetimi süreci ortaya çıkmaktadır.

ŞEKİL 90. Rüzgâr Türbini Bileşenleri için Gerekli Olan Hammaddeler



Kaynak: TMMOB (2014)

5.2. Malzeme Yönetimi Süreci

Rüzgâr türbinlerinin boyutu ve karmaşıklığı arttıkça, üretim süreci gereksinimleri de artmaktadır. Rüzgâr türbini üretimi ardışık operasyonlar ve belirli bir zaman sürecinin yürütülmesini gerektirir. Üretim aşamasında görev ve operasyon süreçlerinin etkili şekilde gerçekleştirilmemesi, rüzgâr enerji projeleri için gerekli olan bileşenlerin teslimatında gecikmelere neden olabilir (Prostean vd., 2014).

Rüzgâr türbinleri, türbinleri tasarlayan ve daha sonra ana bileşenleri dış kaynaklardan temin ederek türbin parça ve bileşenlerini bir araya getiren orijinal ekipman üreticileri (OEM) tarafından imal edilirler. Bu firmalar kendi markaları altında bir araya getirdikleri rüzgâr türbinlerinin kurulacağı yere ulaşımını sağlarlar (TMMOB, 2014).

Rüzgâr türbin kanatlarının üretiminde geçmişte çoğunlukla "El Yatırması Yöntemi" olarak adlandırılan yöntem kullanılmakta iken 2000'li yılların başlarından itibaren "Vakum İnfüzyon Yöntemi" yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca uzunlukları artan rüzgâr türbin kanatlarının mekanik dayanımlarını arttırmak için karbon/cam elyafı hibrit kompozitler, sandviç yapı kullanımı gibi uygulamalar gerçekleştirilmektedir (Kompozit Sanayicileri Derneği, 2018).

Hızla gelişen teknoloji sayesinde firmaların ürettiği türbinlerin temel standartları yükselmiş ve kanatların dizaynı, malzemesi ve üretim şekli oldukça önemli bir hale gelmiştir. Günümüzde rüzgâr türbini kanatlarından beklenen en büyük özellikler; dayanıklılığın uzun süre korunması, enerji verimliliğine katkı sağlaması ve dış etkenler karşısında bütünlüğünü ve kalitesini kaybetmemesidir (Karabağ, 2011).

Rüzgâr türbin kanatlarının üretim süreci aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Karabağ, 2011):

- Malzeme ve ekipman tedariği,
- Malzeme ve ekipmanların yerleşimi ve depolanması,
- Hammadde hazırlığı,
- Kanat içerisinde kullanılmak üzere önceden üretilmiş olan parçaların hazırlığı,
- Kanadın oluşturulması (Kalıplama işlemi),
- Taşlama işlemi,
- Delme ve kesme işlemleri,
- Montaj işlemleri,
- Boya uygulaması.
- Balans işlemleri.

Üretim süreci tamamlanan rüzgâr türbin kanatları depolanmak üzere fabrikaların stok alanlarına gönderilir.

Haddelenmiş çelik saçtan üretilen kule bileşeni tüp şeklinde yukarıya doğru daralacak biçimde şekillendirilir ve parçaları birbirlerine, nasel kısmına ve zemine flanşlar ve civatalar aracılığıyla bağlanır. Çoğunlukla çelikle güçlendirilmiş betondan oluşan temel ulaşımın zor olduğu yerlerde beton-çelik direk ve kafes direk çözümleri ile desteklenir (İstanbul Sanayi Odası, 2017). Denizüstü rüzgâr türbinlerinin kurulumlarında ise genellikle daha kalın veya daha güçlü çelik plakalar kullanır (Sainz, 2015). Rüzgâr türbini kuleleri çelik malzemeden üretildikleri ve hacim olarak büyük bileşenler oldukları için açık ve geniş stok alanlarında depolanmaktadırlar.

Nasel bölümü, türbinin elektrik üreten bir jeneratörü döndürmek için rüzgârın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren bileşenleri barındıran parçasıdır. Nasel bölümü, türbinin rüzgâr türbininin bileşenlerinin çoğunu barındıran ve destekleyen kısmıdır. Rüzgâr türbininin ana bileşenlerinin sabitlendiği bir şasiden oluşur ve bu bileşenleri çevresel etkilere karşı korumak için kompozit panellerle kaplanmıştır. Nasel bölümü, 50 ft uzunluğa kadar uzayabilir ve üreticiye ve güç derecesine bağlı olarak 300 ton ve daha fazla ağırlığa sahip olabilmektedir. Dişli kutusu, alternatör, jeneratör, invertör ve güç elektroniği gibi bileşenlerin tedariği, uzman dış tedarikçiler aracılığıyla yapılır. Çoğu durumda, bu üreticiler ya satın alındıkları için ya da stratejik bir ortaklık imzaladıkları için kuruluşun kendi içinde entegre olurlar. Böylelikle bu bileşenlerin temini nihai üretim hattında kontrol altına alınmış olur (Sainz, 2015; Sharpley, 2015). Rüzgâr türbini nasel bölümünün içerdiği bileşenler hassas elektronik parçalardan oluştuğu için bu kısımlar su ile temas etmeyecek şekilde kapalı stok alanlarında depolanmalıdır.

Üreticiler, ağırlıkları ve maliyetleri düşürmek için malzemelerin bileşenleriyle ilgili araştırmalarına devam etmektedirler. Malzeme yönetimi sürecinin ardından üretim süreci tamamlanmış olan rüzgâr türbin bileşenlerinin fiziksel dağıtım sürecinde taşınması, depolanması, elleçlemesi, ilgili gümrük işlemlerinin gerçekleştirilmesi gibi aşamalar yer almaktadır.

5.3. Fiziksel Dağıtım Süreci

Fiziksel dağıtım, rüzgâr türbini ekipmanlarının tamamlanan üretim sürecini takiben, ilgili üretim noktasından ihracat süreçleri için limana taşınması, ya da ithal edilen ürünler kapsamında limandan ilgili noktaya taşınmasını, gerekli görülen süreçlerde depolanmasını, uygulanan yasal mevzuatlar çerçevesinde gümrük süreçlerini içermektedir. Bu bölümde fiziksel dağıtım süreçleri detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Fiziksel dağıtım süreçleri ana olarak şu başlıklar altında değerlendirilecektir:

- Denizüstü ve karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin denizyolu lojistiğinin gemi ve liman gereksinimleri açısından değerlendirilmesi,
- İzmir ilinde yer alan rüzgâr türbini ve ekipman üreticilerinin kullanmış oldukları karayolu rotalarının değerlendirilmesi ve ana olarak belirlenen problemli bölgelerin/darboğazların ortaya çıkartılması,
- Demiryolu taşımacılığına yönelik değerlendirmenin yapılması,
- İlgili parça ve ekipmanların taşımacılığında kullanılan araçlara yönelik değerlendirmenin yapılması,
- İlgili parça ve ekipmanların depolanmasına yönelik gerekliliklerin ve mevcut depolama alanları ile ilgili incelemenin gerçekleştirilmesi.
- İlgili parça ve ekipmanların elleçlenmesi ile ilgili süreçlerin açıklanması,
- İlgili yasal mevzuat hakkında değerlendirmenin yapılması,
- Bilgi iletişim teknolojileri ile ilgili mevcut durumun değerlendirilmesi,
- Rüzgâr enerjisi sektöründeki insan kaynaklarının lojistik iş gücü ve eğitim anlamında açıklanması.

İlk olarak, taşımacılık boyutu değerlendirildiğinde hem denizüstü hem de karasal rüzgâr enerjisi santralleri boyutunda yer alan taşımacılık süreçlerini incelemek gerekmektedir. Denizyolu lojistiği kapsamında, ilk olarak denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinde kullanılan gemilerin özellikleri değerlendirilecektir. Bununla birlikte, denizüstü rüzgâr enerjisi terminallerinin seyir güvenliği açısından değerlendirilmesi de söz konusudur. Ayrıca karasal rüzgâr enerjisi terminalleri ile ilişkili gemi tipleri de bu kısımda incelenmektedir. Denizyolu lojistiği kapsamında hem denizüstü hem de karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin liman gereksinimlerine de yer verilmektedir. Denizyolu lojistiği belirtilen süreçler çerçevesinde incelendikten sonra, depolama ve elleçleme süreçleri ile ilgili detaylı bilgiler rüzgâr kanatları, kule ve nasel özelinde değerlendirilmekte ve İzmir Bölgesi özelinde örneklere yer verilmektedir. Ardından taşıma operasyonlarının organizasyonu çerçevesinde rüzgâr türbini ekipmanlarının demiryolu ve karayolu ile taşınmasına ilişkin operasyonlar İzmir ili özelinde ayrıntılı olarak incelenmektedir. Karayolu taşımacılığında ilk olarak taşımacılıkta kullanılan araç türleri detaylı olarak değerlendirilmiştir. Ardından, İzmir Bölgesi'ndeki ana kanat ve kule üretim tesislerinden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na ve Aliağa Limanlar Bölgesi'ne olan taşımacılıktaki ana rotalar, bu rotaların özellikleri, rotalar üzerindeki taşımacılık sürecini olumsuz etkileyen noktalar ve bileşenler ilgili görseller yardımıyla açıklanmıştır. Projenin ana amaçları doğrultusunda, Çandarlı Limanı'na olan rota ve Kuzey Ege Otoyolu da gerek kanat üreticileri gerekse de kule üreticisi açısından kullanılan yol, ana özellikler ve darboğazlar açısından değerlendirilmiştir.

5.3.1. Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Denizyolu Lojistiği

Rüzgâr enerjisi santralleri belirli lojistik süreçleri gerektirmektedir. Bunlar denizüstü ve karasal rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumu olarak iki ana başlıkta incelenebilir. Bu kısımda, ilk olarak denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin lojistik süreçlerinde ihtiyaç duyulan gemi tipleri ile ilgili bilgi verilecektir. Bu tip gemiler, gerek kurulum/inşaat aşamasında kullanılabilirken, kurulum/inşaat sonrasında kullanılan destek gemileri olarak da sürece dâhil edilebilmektedir. Bu kısmın ardından, denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerindeki seyir emniyeti konusu ile ilgili bilgi verilmiştir. Ardından ise, karasal rüzgâr enerjisi terminallerinde ihtiyaç duyulan gemi tipleri ile ilgili detaylı açıklamalar sunulmuştur. Bu kısımda ayrıca, karasal ve denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin liman gereksinimleri de tartışılmıştır.

5.3.1.1. Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Santralleri İle İlişkili Gemi Tipleri

Denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin lojistik süreçlerinde kullanılan gemiler; kurulum/inşaat aşamasında kullanılan gemiler ve/veya kurulum/inşaat sonrasında kullanılan destek gemileri olmak üzere iki sınıfta kategorize edilmektedir. Gemilerin bazıları yalnızca bir aşamaya özgüyken bazıları ise her iki aşamada da kullanılmaktadır. Tablo 23'de denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerindeki lojistik süreçlerde kullanılan gemilerin üstlendikleri görev ve sorumluluklar tanımlanmaktadır.

TABLO 23. Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Kullanılan Gemiler

SINIF	GEMİ TİPİ	GÖREV/SORUMLULUK	ÖRNEK FOTOĞRAF
Kurulum Aşamasında Kullanılan Gemiler	Jackup Gemileri / Jackup Mavnaları (Jackup Vessels)	Denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumunda kullanılan en yaygın gemi tipi jackup gemileridir. Jackup gemileri, mekanik jackup ayakları vasıtasıyla açık deniz konumunda yükseltilip alçaltılabilen kendinden tahrikli veya çekili yüzer platformlardır.	
	Türbin Kurulum Gemileri (TIV - Turbine Installation Vessels)	TIV'ler, denizüstü rüzgâr enerjisi santrali kurulumu, işletme ve bakım faaliyetleri için amaca yönelik olarak inşa edilmiş, jackup özellikli, kendi gücüyle çalışan gemilerdir.	
Kurulum Aşamasında Kullanılan Gemiler	Ağır Kaldırma Gemileri (Heavy Lift Vessels)	Ağır kaldırma gemileri, geleneksel nakliye gemileri tarafından elleçlenemeyen büyük, ağır veya garip şekilli yükleri taşımak ve kaldırmak için tasarlanmıştır. Ağır kaldırma gemileri iki ana kategoriye ayrılır: Birincil amacı büyük yükleri taşımak olan inşaat yarı dalgıçları ve ana amacı büyük yükleri liman kenarında veya açık denizde kaldırmak olan ağır kaldırma vinçli gemiler (veya ağır vinç mavnaları).	

SINIF	GEMİ TİPİ	GÖREV/SORUMLULUK	ÖRNEK FOTOĞRAF
	Kablo Döşeme Gemileri (Cable-Lay Vessels)	Kablo döşeme gemileri, güç iletimi, telekomünikasyon veya diğer amaçlar için su altına kablo döşemek için kullanılmaktadır. Çoğu kablo döşeme gemisi Dinamik Konumlandırma (DP - Dynamic Positioning) ve Dinamik İzleme (DT - Dynamic Tracking) sistemleri ile donatılmıştır.	
Kurulum Sonrasında Kullanılan Destek Gemileri	Araştırma Gemileri (Survey Vessels)	Tipik olarak, bir denizüstü rüzgâr enerjisi santrali projesinin inşaat aşamasına başlayabilmesi için çevresel, jeofizik ve geoteknik olmak üzere üç tür araştırma gemisi gereklidir.	
	Taşıma Mavnaları / Besleme Mavnaları (Barges)	Taşıma mavnaları, ağır dökme yüklerin yanı sıra açık deniz inşaatlarında da kullanılan düz tabanlı teknelerdir. Mavnalar ya okyanus ya da nehir mavnalarıdır ve tipik olarak kendinden tahrikli olmayan gemilerdir. Mavnalar, inşaat veya nakliye mavnalarıdır.	
Kurulum Sonrasında Kullanılan Destek Gemileri	Römorkörler (Tugs)	Denizüstü rüzgâr tedarik zincirinin birkaç aşamasında römorkörlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bir römorkörün temel amacı, gemileri, mavnaları veya yükü çekmektir. Operasyon alanına göre üç ana römorkör kategorisi vardır. Okyanus römorkörleri açık denizlerde çalışabilirler. Liman römorkörleri öncelikle bir liman içinde çalışır ve daha büyük gemilerin limana girip çıkmalarına yardımcı olmaktadır. Nehir römorkörleri, mavnaları nehirlerde yukarı ve aşağı hareket ettirmek için kullanılmaktadır.	
	Personel Transfer Gemileri (PTV - Personnel Transfer Vessels)	Denizüstü rüzgâr enerjisi santrali projelerinin hem kurulum hem de işletme ve bakım aşamasında personel transfer gemileri gereklidir. Kurulum aşamasında, PTV'ler mürettebat değişikliklerini ve tesisat gemilerine ikmal yapmaktadırlar. Bakım işlemleri esnasında ise, ağır bakım gemilerine personel ve diğer malzemelerin transfer edilmesine yardımcı olmaktadırlar.	

SINIF	GEMİ TİPİ	GÖREV/SORUMLULUK	ÖRNEK FOTOĞRAF
	Açık Deniz Tedarik Gemileri (OSV -Offshore Supply Vessels)	Açık deniz tedarik gemileri (OSV'ler), yük, malzeme ve mürettebatı hazırlama limanından bir rüzgâr çiftliği alanına taşımak için kullanılmaktadır. Tedarik gemileri, zorlu hava koşullarında bile hızlarını koruyacak şekilde tasarlanmıştır. Birçok tedarik gemisinde, yükleme ve boşaltma verimliliğini artıran güverte vinçleri bulunmaktadır.	
Kurulum Sonrasında Kullanılan Destek Gemileri	Ağır Bakım Gemileri (Heavy Maintenance Vessels)	Denizüstü rüzgâr enerjisi santralleri kurulduktan sonra bakım ve onarım gerektirir. Bu süreç teknik ekipmanın düzenli kontrollerinden ve bakımından kapsamlı onarım çalışmalarına veya dişli kutusu parçalarının değiştirilmesine kadar geniş bir yelpazeye yayılmaktadır	

Kaynak: Losz & Kopits (2013)

Tablo 24'te denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinde lojistik süreçlerde kullanılan gemilerin teknik özellikleri verilmektedir.

TABLO 24. Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Kullanılan Gemilerin Teknik Özellikleri

GEMİ TİPİ	Boy Aralığı		Genişlik Aralığı (metre)		Draft Aralığı (metre)		DWT Aralığı (metre)		Hız Aralığı (metrik ton)		Max. Dalga Yüksekliği (knot)		Max. Rüzgâr Hızı (metre/ saniye)	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Türbin Kurulum Gemileri (TIV - Turbine Installation Vessels)	75	160	30	50	3,4	10,9	3.300	8.000	6	13	2,5	3,5	15	25
Jackup Gemileri (Jackup Vessels)	40	100	20	40	2,4	8,3	900	3.300	7	8	1,5	2,5	20	30
Ağır Kaldırma Gemileri (Heavy Lift Vessels)	100	180	25	70	3,6	13,5	1.100	22.000	6	17	1,0	2,0	15	25
Kablo Döşeme Gemileri (Cable-Lay Vessels)	25	150	10	30	2,0	9,1	900	11.000	8	18	-	-	-	-
Açık Deniz Tedarik Gemileri (Offshore Supply Vessels)	45	110	10	25	3,8	6,7	800	6.000	12	17	-	-	-	-
Personel Transfer Gemileri														

GEMİ TİPİ	Boy Aralığı		Genişlik Aralığı (metre)		Draft Aralığı (metre)		DWT Aralığı (metre)		Hız Aralığı (metrik ton)		Max. Dalga Yüksekliği (knot)		Max. Rüzgâr Hızı (metre/saniye)	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
(PTV - Personnel Transfer Vessels)	20	70	5	15	0.9	3,6	10	700	16	36	0,5	1,5	10	20
Römorkörler (Tugs)	20	50	5	15	3,2	6.3	200	1.100	11	16	-	-	-	-
Mavnalar/Barçlar (Barges)	25	100	10	25	2,5	3,6	1.400	3.300	-	-	1,0	2,0	15	25
Araştırma Gemileri (Survey Vessels)	15	160	5	30	1,2	8.0	10	6.500	6	21	-	-	-	-
Ağır Bakım Gemileri*	65	115	36	80	5,0	24,0	2600	25000	5	10	-	-	-	-

Kaynak: Losz & Kopits (2013)'den alınarak güncellenmiştir.

**Marinetraffic.com'dan yazarlar tarafından eklenmiştir.*

5.3.1.2. Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Terminalleri ve Seyir Güvenliği

Hem ticari gemiler hem de denizüstü rüzgâr enerjisi terminallerine hizmet verecek olan gemiler, güvenli seyir ilkeleri gereği çatışmadan kaçınmak ve denizüstü rüzgâr enerjisi terminallerine emniyetli mesafeden seyretmek için birtakım genel ilkelere uygun hareket etmek zorundadır.

Denizüstü rüzgâr enerjisi terminallerinin arasında bırakılabilecek 1000 m'lik bir mesafe bile kimi zaman orta büyüklükte bir ticari geminin herhangi bir çatışmadan kaçınmak için manevra yapması, olası bir insan hatasını tolere etmesi ve oluşabilecek bir mekanik arızanın getirdiği hareketi yapabilecek alana sahip olması açısından yeterli olmayabilir. Bu mesafe elbette denizüstü enerjisi terminallerinin bulunduğu bölgedeki oşinografik özelliklere ve güvenli seyir gereksinimlerine de bağlıdır (Rawson & Rogers, 2015).

Bu noktada bir geminin denizüstü rüzgâr enerjisi terminallerinin bulunduğu bölgelerde emniyetli seyri için dikkat etmesi ve seyir planlamasında göz önünde bulundurması gereken üç nokta vardır. Birinci olarak, rüzgâr enerjisi terminaliyle seyir bölgesi arasında geminin çatışmadan kaçınması için gerekli manevra alanını tampon bölge olarak bırakması gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için ilgili bölgede Trafik Ayrım Düzenekleri (TAD) kurulması ve buna uygun olarak emniyetli geçiş değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Bunlara ilave olarak mevcut gemi trafik hizmetlerinden kontrol izleme hizmeti sağlanmalıdır. İkinci olarak, rüzgâr terminalinin kendi görünürlüğü ve diğer teknelerin görünürlüğünü etkileme unsurları üzerinde durulması gerekmektedir. Rüzgâr enerjisi terminalleri, deniz radarlarında karışıklığa sebep olabilir, küçük teknelerin görünürlüğünü etkileyebilir ve bu nedenlerle seyir emniyetini tehlikeye atabilir. Bu sebeple de gemiler denizüstü rüzgâr enerjisi terminallerine uzak seyretmeyi tercih etmelidirler. Üçüncü ve son husus da, yukarıda sayılan nedenlerle denizüstü rüzgâr enerjisi terminaline emniyetli mesafeden yapılacak seyrin ticari kaygılarla ihmal edilmemesi gerekliliğidir. Ticari gemiler iki nokta arasındaki en ekonomik rotayı ya da en hızlı rotayı tercih etme eğilimindedirler. Ancak rüzgâr enerjisi terminallerinin gerektirdiği emniyetli seyir bu eğilim ile çeliştiğinde her zaman emniyetli seyir unsurlarının tercih edilmesi bir gerekliliktir. Ayrıca ifade edilmesi gerekir ki, gemilerin denizüstü rüzgâr enerjisi terminallerinin yakınlarından seyrederken takip ettikleri ve TAD ile sınırlandırılmış seyir alanlarında takip ettikleri sıkı seyir emniyeti kurallarının çatışma ve çatma risklerini belirli oranda düşürdüğü gözlemlenmektedir.

Genel olarak yukarıda anlatılan unsurların izlenebilirliğinin ve uygulanabilirliğinin artırılması amacıyla bölgede geçerli olan kılavuzluk yönetmeliğinin bu kapsamda değerlendirilerek özellikle bu bölgelerden seyir yapan gemiler çerçevesinde hizmet verir hale getirilmesi seyir emniyetini arttıracaktır.

5.3.1.3. Karasal Rüzgâr Enerjisi Santralleri İle İlişkili Gemi Tipleri

Karada bulunan rüzgâr enerjisi enerji santrallerinin dış alım yoluyla Türkiye'ye gelen aksamlarının büyük bir kısmı denizyolu ile taşınmaktadır. Bu noktada liman tesislerinin gereklilikleri ve bu aksamların taşınma gereksinimlerini karşılayan gemi tipleri incelenecektir.

Denizyolu lojistiği açısından kanat, kule ve nasel ekipmanları proje yükü sınıfında değerlendirilmektedir. Proje yükleri, özel ekipman, araç ve gereçlerle taşınan ve elleçlenen, bunun yanında lojistik süreçlerinde özel insan kaynağı ve bilgi birikimi gerektiren yüklerdir. Gerek literatürde gerekse de uygulamada rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulumu için gerekli ana aksamların, "Genel Yük" (General Cargo) tipi gemilerle taşınmakta olduğu bilinmektedir. Bu noktada adı geçen gemi tipinin teknik özellikleri, ortalama büyüklük ve derinlikleri ve rüzgâr enerjisi santrallerinin çeşitli aksamlarının gemi üzerindeki örnek fotoğrafları Tablo 25'de verilmiştir.

Tablo 25 incelendiğinde, örnek olarak verilen gemilerin draft aralığının 6,4 - 11,6 m arasında olduğu, gemi boylarının 138 - 204 m. arasında seyrettiği, taşıma kapasitesitelerinin 10.000 – 14.000 DWT aralığında olduğu görülmektedir. Bununla beraber gemilerde hakim taşıma kapasitesinin 45.000-75.000 DWT arasında olduğu değerlendirilmektedir. Tablo 25'de belirtilen gemilerin tamamı rüzgâr enerjisi santrallerinin deniz yolu ile taşınmasında kullanılan gemilerdir. Seyredilen rotaya göre gemi özellikleri de farklılık göstermektedir. Ortalama gemi büyüklükleri rotalara göre farklılık göstermekte, rotaların her iki ucundaki ekipman üretim ve rüzgâr enerjisi üretim kapasitesine, pazar büyüklüğüne ve liman altyapı ve üstyapı olanaklarına göre değişiklik göstermektedir. Rüzgâr enerjisi sektöründe Avrupa -Türkiye hattında yapılan karşılıklı denizyolu nakliyelerinde kullanılan E-SHIP 1'in özellikleri de yine Tablo 25'de bulunabilir (UTA Lojistik, 2021).

TABLO 25. Karasal Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Denizyolu Taşımasında Kullanılan Örnek Gemilerin Teknik Özellikleri (I)

GEMİ ADI	BOY (METRE)	GENİŞLİK (METRE)	DRAFT (METRE)	DWT (METRİK TON)	GRT	HIZ (KNOT)	FOTOĞRAF
Humbergracht	138,51	21,33	7,3	12.771	9.627	15	
Egwert Wagenborg	149,95	15,9	6,5	14.330	8.827	12,1	
Combi Dock I	169,4	25,73	6,4	10.480	17.341	15,7	
Kai Xuan	191,4	32,32	11,6	51.598	33.689	12,4	
E SHIP 1	130,42	22,62	8,7	10.020	12.968	9,9	

Kaynak: www.equasis.org, www.marinetraffic.com, www.g2ocean.com ve www.atsinc.com sitelerinden faydalanılarak oluşturulmuştur (Erişim tarihi:10.03.2021)

5.3.1.4. Denizüstü ve Karasal Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Liman Gereksinimleri

Denizüstü ve karadaki rüzgâr enerjisi santrallerinin denizyolu ile taşınmasında kullanılan gemilere hizmet verecek olan limanların belirli altyapı ve üstyapı olanaklarına sahip olması gerekmektedir. Tablo 25 ve Tablo 26'da ifade edilen gemilere hizmet verecek olan limanların gereksinimleri çeşitli yaklaşımlar altında incelenmektedir.

İlk yaklaşım elleçlenecek parçaya göre sınıflandırma yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, rüzgâr enerjisi terminalinin ana aksamları olan kanat, kule, nasel ve aynı zamanda kurulum için gerekli destek yapılarının her birinin liman gereksinimleri ayrı ayrı belirlenmekte ve buna göre bir genel liman gerekliliği ortaya koyulmaktadır. İkinci yaklaşım, toplam bir altyapı ve üstyapı gereksinimini ortaya koyan yaklaşımdır. Bu yaklaşım gemi tipini, büyüklüğünü, genişliğini ve draftını da dikkate alan yaklaşımdır. Sayılan bu ikinci yaklaşıma göre denizüstü ya da karadaki rüzgâr enerjisi santraline hizmet verecek olan limanın denizden yaklaşım alanı (foreland) yeterli drafta ve

TABLO 26. Karasal Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Denizyolu Taşımasında Kullanılan Örnek Gemilerin Teknik Özellikleri (II)

GEMİ ADI	BOY (METRE)	GENİŞLİK (METRE)	DRAFT (METRE)	DWT (METRİK TON)	GRT	HIZ (KNOT)	FOTOĞRAF
Star Istind	198	31	9,6	46.428	32.628	14,5	
Puffin Arrow	199,98	32,26	10,3	62.967	36.925	12	
Japın Arrow	210	36,01	9	73.296	44.865	14,4	
Star Lima	204,35	32,31	10	50.761	3.7447	10,5	

Kaynak: www.equasis.org, www.marinetraffic.com, www.g2ocean.com ve www.atsinc.com sitelerinden faydalanılarak oluşturulmuştur (Erişim tarihi:10.03.2021)

rıhtım uzunluğuna sahip olmalıdır. Her iki yaklaşımda da limanın aşağıdaki temel başlıklarda da yeterli olması gerekmektedir (Elkinton vd., 2014):

- Aksamların depolanabileceği yeterli büyüklükteki stok sahası,
- Aksamların depolanacağı stok sahasının taşıma kapasitesi,
- Aksamlara uygun elleçleme ekipmanları ve sistemleri,
- Limanın iç taşıma kapasitesi,
- Limana karadan ulaşım kapasitesi.

Tablo 25 ve Tablo 26'da incelenen gemi tiplerinin her birinin farklı teknik özellikleri, amaçları ve gereklilikleri mevcuttur. Liman gereksinimleri belirlenirken, yukarıda söz edilen yaklaşımların hangisinin kullanılacağı pazarın niteliğine göre değişmekle birlikte denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinin hâkim olduğu ya da bu yönde gelişmenin stratejik öncelik olarak belirlendiği bir pazarda üretim/montaj tesisleri ile limanların birlikte planlanması ve fiziksel yakınlığın ilk kriter olarak değerlendirilmesi esastır. Bir başka deyişle bu tür bir limanda parça bazlı değerlendirme esas alınarak bir liman planlamasına gidilmelidir. Karadaki rüzgâr enerjisi santrallerinin ihracat ve ithalatında baskın bir pazarda kurulacak olan limanın ise aksam üretim tesislerine fiziksel yakınlıktan önce deniz taşımacılığında kullanılacak gemi tipine ve bu gemi tipinin genel karakteristiğine uygun olarak planlanması gerekmektedir. Her iki durumda da yukarıda sayılan beş ortak gerekliliğin sağlanması esastır.

5.3.2. Rüzgâr Enerjisi Santrali Ekipmanlarının Depolama Süreçleri

Rüzgâr enerjisi santrali ekipmanlarının İzmir ilinde ilgili üretim tesislerinden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı ve Aliağa Bölgesi'ndeki limanlara olan lojistik süreçlerinde ana olarak depolama, elleçleme ve ulaştırma ile ilgili operasyonlar ön plana çıkmaktadır. Bu kısımda, öncelikle kanat, kule ve diğer ekipmanların depolama süreçleri ile ilgili açıklamalar sunulmaktadır.

Rüzgâr enerjisi ekipmanları içerisinde özellikle kanat ve kule ekipmanlarının depolama süreçlerinin yönetimi önem arz etmektedir. Kanat ve kulenin proje bazlı üretilmesi sayesinde uzun süre depolama ihtiyacı duyulmasa da ekipmanların boyutlarının geniş depolama alanları gerektirmesi depolamayı önemli bir unsur haline getirmektedir. Bu ekipmanların elleçlenmesi ve yüklenmesi için kullanılacak araçların manevra ihtiyacı da alan genişliği gerekliliğini arttırmaktadır. Bu ekipmanlar üreticilerin ve lojistik hizmet sağlayıcıların açık stok sahalarında ve liman sahalarında depolanmaktadır.

5.3.2.1. Kanat Depolama

Depolama faaliyeti, kanat ekipmanı üreticilerinin stok tutmaları ve sevkiyat operasyonlarına hazırlık için ürünü kısa süre bekletmelerine olanak sağlamaktır. Bu depolama işlemi açık stok sahalarında yapılmakta olup, standartlar içermektedir. Kanat tiplerine göre bu standartlar farklılık göstermekte olup, kanat boyları arttıkça ihtiyaç duyulan alan genişliği de artmaktadır. Kanatlar "CBF frame" olarak adlandırılan çerçevelerin üzerine tek, ikili ve üçlü olarak istiflenmektedir. CBF çerçeveler kanat üreticisi tarafından her kanat tipine özel yurtdışından tedarik edilmekte veya yurt içinde ürettirilmektedir.

Kanat depolamada dikkat edilmesi gereken ana kurallar şunlardır:

- Kanat yüzeylerinin zemin ile temas etmemesi için kanat ekipmanı gerekli sabitleme işlemi yapılarak ve yeterli destekleyici koruma ekipmanı kullanılarak depolanmalıdır.
- Kanat ekipmanlarının depolamasının yapıldığı sahalar düz zemine sahip olmalı ve zemin yumuşak olmamalıdır. Depolama alanı yüzey kalitesi ile servis alanlarının yüzey kalitesi aynı olmalı ve yüzey kalitesi ile ilgili BS otoyol işleri ve yerel eşdeğer yolların yapımına dair standartlar kullanılmalıdır. Zemin taşıma kapasitesi açısından zayıf ise kanat yükünü dağıtmak amacı ile yük taşıyıcı bileşenlerin altına destekleyici çelik plakalar yerleştirilmelidir.
- Kanatlar -40°C ve +40°C sıcaklık aralığında depolanmalı ve kanat yüzeyleri dolu etkisine karşı korunmalıdır.
- Sabitleme aparatı ile kanadın kumaş kök kısmı arasına plastik kapaklar takılmalı ve plastik kapaklar kanadın kök kısmına su sızmasını engelleyecek

şekilde yerleştirilmelidir.

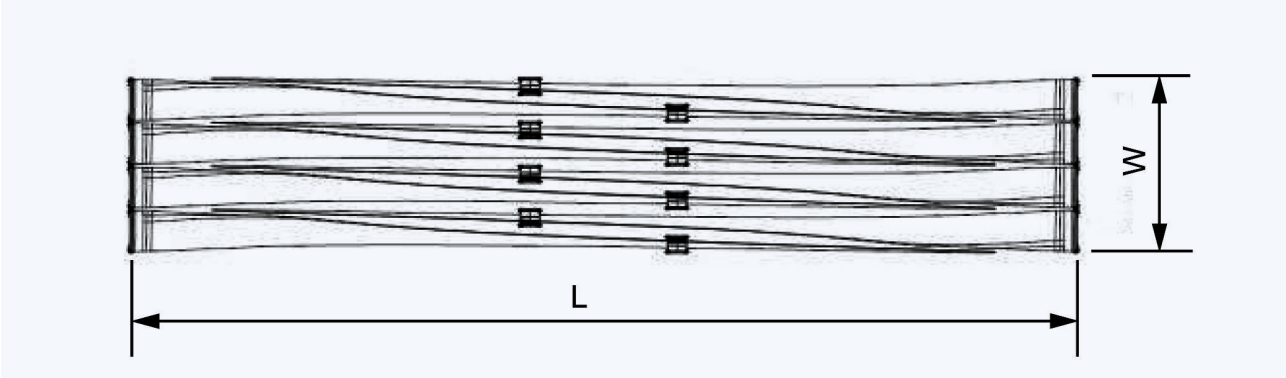
- Depolama alanında drenaj sağlanmalı ve drenaj kapakları kesinlikle kapalı tutulmamalıdır.
- Kanatlar depolanırken uç çerçeveleri arasında yaklaşık 1.600 mm. boşluk olacak şekilde, sıralar halinde yerleştirilmelidir.
- Kanatlar tekli, ikili ve maksimum üçlü sıralı olarak istiflenebilir.
- Depolama sürecinin başlangıcında, iki haftada bir kez, kötü hava şartları oluşması durumunda, kanadın yerinin değiştirilmesi durumunda ve depolama sürecinin sonunda kanatların kök kısmı ve tüm yüzeylerine gözle kontrol işlemi uygulanmalıdır.

5.3.2.1.1. Kanat Depolamada İstif Türleri

Kanatlar montaj alanlarında genellikle yatay ve dikey olarak depolanırken üreticilerin depo alanlarında yatay istifleme tekniği ile depolanır. İstifleme tek katmanlı, iki katmanlı ve üç katmanlı olmak üzere üç şekilde uygulanabilir.

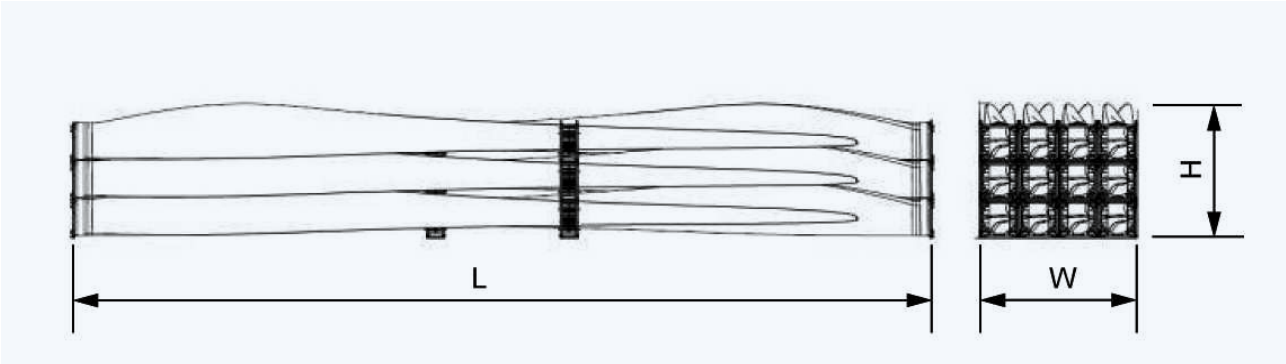
İstifleme için, zemine sabitlenen CBF çerçeveler depolama ekipmanı olarak kullanılır. Kanatlar bu ekipmanlar içerisine önden, yandan ve üstten görünüşü Şekil 91, Şekil 92'de gösterildiği gibi yerleştirilir. Şekil 91'de örneği verilen bir CBF çerçeveye 24 adet 51-55 m. boyundaki kanatlardan 24 adet yerleştirilebilmektedir. Belirtilen tipte bir çerçevenin boyutları L(Boy): 60.000 mm., Genişlik(W): 11.048 mm. ve yükseklik(H): 9.279 mm.'dir. Bu tipte bir adet CBF çerçeve için yaklaşık 663 m² bir depolama alanı gerekmektedir.

ŞEKİL 91. CBF Çerçevelerde Kanat Yerleşimi: Önden ve Yandan Görünüş



Kaynak: Vestas (2019b)

ŞEKİL 92. CBF Çerçevelerde Kanat Yerleşimi: Üstten Görünüş



Kaynak: Vestas (2019b)

Tek Katmanlı İstifleme

Tek katmanlı istifleme şeklindeki depolama türünde kanatlar, kök ve uçları yan yana gelecek şekilde, uçları arasında 1.600 mm. mesafe olacak şekilde ve uç çerçevelerinin arasına ahşap bir durdurucu yerleştirilerek depolanır. Tek istifli kanatların uç kısmı veya kök kısmı depolama bölgesinde en sık görülen rüzgâr yönüne bakacak şekilde depolanmalıdır. İstiflemede uzatılmış köprü bağlantı parçaları kullanılarak kanat uçları her zaman birbirine sabitlenmelidir. Kök uçları ise; özel olarak tasarlanmış dişli miller kullanılarak sabitlenmelidir.

Çift Katmanlı İstifleme

Kanatların çift katman olarak depolandığı bu istifleme türünde, kanatlar arası üç kanat genişliğinde boşluk bırakılmalıdır. Depolama sırasında, çift katmanlı istiflenmiş bıçaklar, her zaman kök uçları yan yana olacak şekilde, uç çerçeveleri arasında yaklaşık 1.600 mm. olacak şekilde ve katmanların arasına yerleştirilmiş bir ahşap ekipman ile yerleştirilmelidir. Çift katmanlı istiflemede kanatların uç veya kök ucu en sık rüzgâr yönüne bakacak şekilde yerleştirilmesi önerilir. Kanat uçları her zaman köprü bağlantı parçaları kullanılarak birbirine sabitlenmelidir. Kanadın kök kısımları her iki kademede özel tasarlanmış dişli miller kullanılarak sabitlenmelidir. İkinci kademede 5.000 kg. yüke dayanacak şekilde iki kanat arasında yatay ve düşeyde çapraz sabitleme yapılmalıdır.

ŞEKİL 93. Tek Katmanlı İstifleme ve Kanat Uçlarının Sabitlenmesi

Kaynak: Vestas (2019a)

Hava şartlarının ağır olduğu depolama sahalarında kanatlar, kayışlar ile zemine veya 5.000 kg. dayanıma sahip beton bloklara (İki adet kanat kökü ve iki adet kanat ucu tarafında olmak üzere) sabitlenmelidir.

Üç Katmanlı İstifleme

Üç katmanlı istifleme uygulanıyor ise en önemli gereklilik düşey eksende kanatlar arasında dört kanat genişliğinde boşluk bırakılmasıdır. Üçlü olarak istiflenen kanatların kök kısımları yan yana gelecek şekilde ve kanat uçları arasında 1.600 mm. olacak şekilde ve kanat aralarına ahşap bir bileşen ile sabitlenir. Kanatların kök veya uç tarafları sahada en sık görülen rüzgâr yönüne bakacak şekilde istifleme yapılmalıdır. Çift katmanlı istiflemede olduğu gibi bu istifleme türünde de kanat uçları her zaman köprü bağlantı parçaları ile birbirine sabitlenmelidir (bknz. Şekil 95). Kanadın kök kısımları birinci ve üçüncü kademelerde özel tasarlanmış dişli miller kullanılarak sabitlenmelidir(bknz. Şekil 96). Hava şartlarının ağır olduğu depolama sahalarında kanatlar, iki katmanlı "istiflemede olduğu gibi; kayışlar ile zemine veya 5.000 kg. dayanıma sahip beton bloklara (İki adet kanat kökü ve iki adet kanat ucu tarafında olmak üzere) sabitlenmelidir (bknz. Şekil 97).

ŞEKİL 94. Üç Katmanlı Depolama ve Kanat Uçlarının Sabitlenmesi

Kaynak: Vestas (2019a)

5.3.2.1.2. İzmir İli'nde Kanat Depolama Alanları

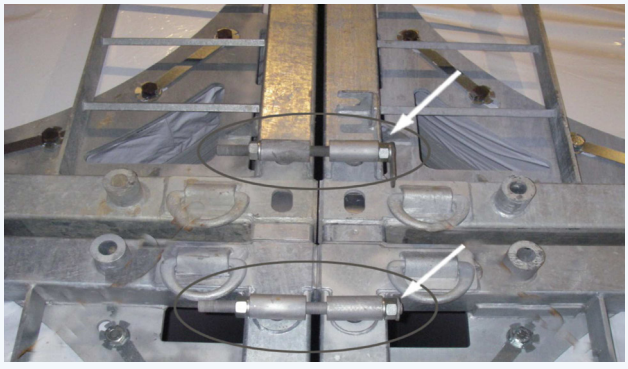
İzmir çevresinde kanat ekipmanı üreticilerinin stok sahalarına ek olarak Menemen-Maltepe'de üç farklı müşteriye ait, Sasalı'da bir lojistik servis hizmet sağlayıcı tarafından antrepo olarak da hizmet sunulan bir depo ve D-550 Karayolu üzerinde lojistik hizmet sağlayıcı başka bir firmaya ait bir kanat depolama sahası ve makine parkı bulunmaktadır. Bunlara ek olarak; Menemen'de yerleşik kanat üretim tesisinin İzmir Serbest Bölge Müdürlüğü ile birlikte yürüttüğü bölge içerisinde üç adet kanat stok alanı inşa projesi mevcuttur.

Bir lojistik hizmet sağlayıcıya ait D-550 Karayolu üzerinde bulunan depolama sahası aynı zamanda lojistik operasyonları üstlenici firmanın makine parkı olarak da kullanılmaktadır. Sasalı'da bulunan kanat üretim tesisi yanında bulunan bir 20.000-25.000 m²lik bir stoklama sahası da antrepo olarak hizmet vermektedir.

ŞEKİL 95. Köprü Bağlantı Parçaları ile Sabitleme

Kaynak: Vestas (2019a)

ŞEKİL 96. Dişli Miller ile Sabitleme



Kaynak: Vestas (2019a)

5.3.2.2. Kule Depolama

Kule 10 m. ile 36 m. arasında uzunluğa sahip ve çapı 8 m.'ye kadar çıkabilen silindirik malzeme olduğu ve yatay yönde sıralı olarak depolandığı için depolama süreçlerinde stok sahalarının genişliği önem arz etmektedir.

ŞEKİL 97. Kanat Kök Kısımlarının Kayışlar ile Sabitlenmesi

Kaynak: Vestas (2019a)

ŞEKİL 98. D-550 Karayolu Üzeri Kanat Stok Sahası ve Makine Parkı

ŞEKİL 99. Sasalı Antrepo Kanat Stok Sahası

Diğer taraftan; kulenin ağırlığı 250 tona kadar ulaşabilen bir bileşen olması depo alanlarının zemin kalitesi konusunu da önemli hale getirmektedir.

ŞEKİL 100. Kule Stok Sahası

Depolama esnasında olası hasarı önlemek amacı ile kulelerin üst kapaklarının sıkıca kapalı olduğundan emin olunmalıdır. Kulenin zemin ile temas etmemesi için zemin ve kule arasında gerekli açıklık sağlanmalıdır. Kule parçaları yuvarlanma ve kayma hareketlerine karşı güçlendirilmelidir.

Kule ekipmanları üreticilerin stok sahalarında, faaliyete geçirilecek rüzgâr enerjisi santrallerinin montaj sahaları ve sevk edilmek üzere limanlarda belirlenen stok alanlarında depolanmaktadır. İzmir'de Bergama Zeytindağ'da bulunan kule üretim tesisinin stok sahasında ciddi miktarda kule stoklaması yapılmaktadır.

5.3.2.3. Rüzgâr Enerjisi Santrali Diğer Ekipmanlarının Depolanması

Diğer rüzgâr türbini ekipmanlarından nasel, sevk edilmeden önce açık bir alanda depolanabilir. Nasel açık ortamlarda depolandığında özellikle sıcaklık ve nem etkilerine karşı korunmalıdır. Nasel güneş ışığı ve yağmurlu ortamlarda bir haftadan daha uzun süre depolanmamalıdır. Nasel açık havada bir haftadan uzun bir süre depolanacaksa, bir sundurma altına alınarak uzun süre güneş ışığına ve yağmura maruz kalması önlenerek uygun depolama koşulları oluşturulabilir. Diğer rüzgâr türbini ekipmanlarının depolanması çok özel şartlar içermemekte olup, depolanmaları genel malzeme depolama şartları göz önüne alınarak yapılır.

5.3.3. Elleçleme

Rüzgâr enerjisi santrali ekipmanlarının taşıma sürecinde özellikle kanat, kule ve nasel ekipmanlarının depolama sahasından araca, araçtan liman sahasına ve gemiye yüklenmesi hasarsız sevk için önem arz etmektedir. Kanat ve kule ekipmanlarının elleçleme işlemi paletli, mobil veya portal vinçlerle gerçekleştirilmektedir. Bu ekipmanların fabrikaların stok sahalarından araçlara vinç ile yükleme, montaj sahalarında indirme işlemleri nakliye işini üstlenen firmalar tarafından yapılmaktadır. Elleçleme esnasında kule kanat, nasel ve hub ekipmanları için ortak kullanılan lashing malzemeleri mevcuttur ve bu malzemeler lojistik hizmeti veren firmalar tarafından sağlanmaktadır.

Kanat CBF çerçevesi ile birlikte iki noktadan "spreader beam" olarak adlandırılan ekipmana bağlanarak elleçlenmektedir.

Kule yükleme ve indirmede vince bağlı "spanzet" olarak adlandırılan halatlar kullanılmaktadır. Kule için çekici aracın üzerinde "semer" adı verilen üzeri halıfleks malzeme ile kaplanmış ahşap bulundurulur.

ŞEKİL 101. Kanat Elleçlemesi

Kaynak: Borusan Lojistik (2021b)

ŞEKİL 102. Kule Elleçlemesi

Kaynak: Mağdenli Lojistik (2014)

ŞEKİL 103. Nasel-Hub Elleçlemesi

Kaynak: Mağdenli Lojistik (2014)

Nasel 60–80 ton civarında ağır ve hassas bir ekipman olduğu için elleçlenmesi uzmanlık gerektirmektedir. Vinç veya taşıma için yüklenecek araçtan gelecek herhangi bir darbe naselin mekanik parçaları üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olabilir (Thennarasu & Muralidharan, 2012). Nasel, hub ve drive-train ağırlık merkezine göre nasel tipine uygun olarak tasarlanmış spreader olarak adlandırılan bağlar ile vince bağlanır ve elleçlenir.

5.3.4. Rüzgâr Enerjisi Santrali Ekipmanlarının Taşıma Operasyonları

Rüzgâr türbini ekipmanları üretim merkezleri, limanlar ve montaj sahaları arasında karayolu ve demiryolu taşıma türleri kullanılarak taşınmaktadır. Rüzgâr enerjisi ekipmanlarının çoğu koşulda karayolu ile taşındığı da bilinmektedir. Her ne kadar, demiryolu taşımacılığı, büyük hacimli/ağır yüklerin taşınmasıyla ilgili her süreci tam olarak karşılayamasa da uygun olan taşıma süreçlerinde demiryolu-temelli çözümler lojistik alanındaki karar vericiler için önemli bir çözüm olmaya devam edecektir. Rüzgâr türbini bileşenlerinin hacimleri, ağırlıkları ve düşük hızda taşınma süreçleri değerlendirildiğinde, karayolu üstyapısındaki etkinin ve yoğunluğun demiryolu ile belirli bir derece azaltılabilmesi ve aynı zamanda maliyetlerin düşürülmesi mümkündür. Buradaki en önemli engel, mevcut koşullarda demiryolu ağının kısıtlı olarak lojistik süreçlerde yer almasıdır. Karayolunun tercih edildiği durumlarda ise, ağır nakliye ve proje nakliyesi şoförlerinin bu ürün gruplarına yönelik kısıtlı bilgi ve tecrübesinin olması karayolu taşımacılığının verimliliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Demiryolu altyapısının karayoluna göre oldukça kısıtlı olduğu düşünüldüğünde, karayolu taşımacılığının rüzgâr enerjisi ekipmanlarının taşımacılığında günümüzde oldukça etkin bir taşımacılık modu olduğu da görülmektedir.

5.3.4.1. Demiryolu Taşımacılığı

Demiryolu taşımacılığı, uygun altyapının varlığı ile sunulan bir hizmet olarak değerlendirilmektedir. Rüzgâr enerjisi ekipmanlarının demiryolu ile taşınabilmesi için öncelikle uygun altyapı yatırımının yapılması, ardından ise bu alanda bilgi ve tecrübeye sahip personel ile operasyonun yürütülmesi gerekmektedir.

Rüzgâr türbini ekipmanlarının demiryolu ile taşınması, karayolundan oldukça önemli miktarda ağır ve büyük hacimli yüklerin çekilmesini sağlamaktadır. Gerek Amerika Birleşik Devletleri gerekse de Avrupa'da bu tür ürünlerin demiryolu ile taşınması gerçekleştirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde altyapının uygunluğu ve bu alanda hizmet veren işletmelerin varlığıyla, karayoluna alternatif çözümler sunan

demiryolu proje taşımacılık hizmetleri gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Avrupa'daki uygulamalar, bu anlamda Amerika Birleşik Devletleri'nden daha kısıtlı kalsa da özellikle Esbjerg Limanı'nda (Danimarka) önemli gelişmeler görülmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde rüzgâr enerjisi, ülke çapında birçok üretim noktasında rüzgâr türbini bileşenlerinin geliştirilmesiyle popülaritesini arttırmaya devam etmektedir. Bununla birlikte, alternatif enerji çözümlerine yönelik artan talebi karşılamak için de hızla rüzgâr enerjisi santralleri ve çiftlikleri inşa edilmektedir. Rüzgâr enerjisi çiftliğinin bileşenleri, limanlardan veya üretim tesislerinden taşınmalıdır ve bu noktada kısa hat demiryolu taşımacılığı ön plana çıkmaktadır. RailAmerica, Inc. Amerika Birleşik Devletleri'nin kısa hat ve bölgesel demiryolu taşımacılığında önde gelen operatörlerinden biridir. Rail America'nın iki kısa hat demiryolu General Electric (GE)'in Greenville'deki rüzgâr türbini fabrikasına hizmet vermektedir. Bu demiryolu hattıyla haftada 10-12 rüzgâr türbini taşınmaktadır. GE rüzgâr türbinleri hem büyük hacimli hem de pahalı ekipmanlardır ve bir türbinin fiyatı 2-3 milyon dolar olarak belirtilmektedir. Bu ekipmanlar için özel vagonlara ihtiyaç duyulmakla birlikte, boyutları sebebiyle yalnızca sınırlı sayıda demiryolu taşımacılık koridoru boyunca taşınabilmektedirler. GE'nin Greenville'deki tesisi Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en büyük rüzgâr türbini üreten merkezlerdendir. 2000 yılından önce, Carolina Piedmont Demiryolu, o zamanlar fabrikanın ana ürünü olan gaz türbinlerini taşıyamayacak özellikteydi. Sonrasında Carolina Piedmont Demiryolu, GE ile ortaklaşa çalışarak büyük hacimli gaz ve rüzgâr türbinlerini taşımak için demiryolunu hattını iyileştirme çalışması başlatmıştır (PES, 2010). Amerika Birleşik Devletleri'nde demiryolu taşımacılığındaki bir diğer önemli operator olan BNSF Railway, kendisine ait olan ana yükleme merkezleri yardımıyla demiryolu taşımacılığını maliyet açısından etkin hale getirmektedir. Yükleme merkezleri, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çoğu rüzgâr enerjisi çiftliğine 300 milden az bir mesafede konuşlanmıştır. Bununla birlikte, limanlara veya limanlardan yapılan türbin ekipmanlarının taşımacılığı BNSF'nin demiryolu taşımacılığı alanındaki hizmetlerdendir.

Demiryolu taşımacılığı hizmeti sunan işletmelerle birlikte lojistik hizmet sağlayan işletmeler de, artan kanat uzunluklarına paralel olarak demiryolu özelinde yatırımlar gerçekleştirmektedirler. Örnek olarak Texas orijinli Flower Mound şirketi, 55 m'yi geçen kanatların (vagonda 180 ft uzunluğu) emniyetli bir şekilde taşınmasında kullanılacak elleçleme ekipmanı geliştirmiştir. 2010 yılı öncesinde, karadaki rüzgâr türbini kanatlarının uzunluğu yaklaşık olarak 42 m'ye ve vagonda ise 135 ft'e denk geliyordu ve bu durum karayolu açısından çok büyük bir risk teşkil etmiyordu. 2010 yılı ve sonrası itibarıyla, rüzgâr türbini üreticileri, daha düşük rüzgâr hızlarından yararlanmak ve türbin jeneratörlerinin verimliliğini artırmak için kanatlarını öncekilerden daha uzun olacak şekilde tasarlamaya ve üretmeye başlamışlardır. Örnek olarak, daha küçük ve daha kısa kanatlara sahip 2 MW'lık bir türbin, düşük rüzgârlı bölgelerde zamanın %35'inde en yüksek elektrik çıktısı üretebiliyorken, daha uzun kanatlara sahip bir türbin, %40-50'lik bir elektrik çıktısı üretebilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, daha uzun kanatların daha geniş bir kavise sahip olması lojistik hizmet sağlayan işletmeler açısından problem oluşturmaktadır. Bununla birlikte, artan kanat uzunlukları, geleneksel dorse genişliklerini aşmaya başlamıştır ve ulaştırma operasyonu sırasında bu ekipmanların düşmeleri söz konusu olabilmektedir. Karayolu taşımacılığı hizmeti sağlayan işletmeler de, bu duruma karşılık daha farklı rota alternatiflerini ve dönel kavşakları göz önüne almak durumunda kalmaktadırlar. Rotalarda farklılaşma da, ek maliyetleri, potansiyel gecikmeleri ve riskleri beraberinde getirebilmektedir. Tüm belirtilen koşullar değerlendirildiğinde; demiryolunun rüzgâr türbini ekipmanlarının taşımacılığı açısından önemli faydası olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri özelinde taşımacılık mesafelerinin uzun olması ve uygun demiryolu altyapısının olması rüzgâr enerjisi ekipmanlarının demiryolu ile taşınmasını mümkün hale getirmektedir. Örnek olarak; bu ürünlerin limandan veya üretim merkezinden taşınması 500-700 mili aştığında, demiryolu taşımacılığı, karayolundan daha cazip hale gelmektedir. Bununla birlikte, General Electric (GE), Siemens Gamesa, Vestas gibi üreticiler, rüzgâr enerjisi santrallerinin yapıldığı yerlere yakın fabrikalar kurarak, taşımacılık maliyetlerini azaltmayı hedeflemektedirler (Gillis, 2015).

Rüzgâr enerjisi sektöründeki gelişmelerin paralelinde karayolu, demiryolu taşımacılık hizmetleri ile

limanlar da süreçle ilgili olarak kendi operasyonlarında iyileştirmeler gerçekleştirmektedir. Örnek olarak, rüzgâr türbinlerinin hacminin büyümesi lojistik anlamda sürelere uyumlu olmayı da zorunlu kılmaktadır. Washington'daki Vancouver Limanı, 200 m uzunluğundaki rüzgâr türbini kanatları için ek bir bekleme alanı oluşturmaktadır. Demiryolu ayağında ise, kullanılan mevcut rotalar ile ilgili problemler ortaya çıkabilmektedir. Daha önceleri daha kısa olan rüzgâr kanatları için kullanılan demiryolu rotaları, kapasite ve fiziksel altyapı sınırlamalarına bağlı olarak daha uzun kanatların taşımacılığı için uygunluk sağlayamamaktadır.

Rüzgâr türbini bileşenlerinin taşınmasında ürünlerin ağırlığı da taşıma sürecinde oldukça etkili olmaktadır. Bir nasel yaklaşık olarak 56 ton ağırlığında iken, kanat uzunlukları 80 m. ve daha fazla uzunluğa erişebilmektedir. 150 MW'lik bir rüzgâr enerjisi santralinin inşası için 650 kamyon, 140 demiryolu vagonu ve sekiz adet gemi gerekebilmektedir. Sektördeki büyüme de göz önüne alındığında ulaştırma alanındakitaşımacılık kapasitesinin de artırılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Buna bir örnek olarak, Texas'taki Corpus Christi Port belirtilebilir. Bu liman, rüzgâr enerjisi ekipmanları için elleçleme faaliyetleri gerçekleştirmektedir ve sektördeki gelişmelerin paralelinde, mevcut alanına ek olarak 15 dönümlük yerleştirme alanı ve 10,000 ft uzunluğunda bir demiryolu hattı oluşturmaktadır (Allen, 2020).

Rüzgâr türbini ekipmanlarının demiryolları ile taşınması çevrenin korunması açısından da olumlu etkileri beraberinde getirmektedir. 2011 yılında BNSF 22 adet rüzgâr kanadını Iowa'dan Pasco, Wash'a demiryolu ile taşımıştır. Bu taşıma ile ortaya çıkan karbon ayak izi ile aynı taşıma sadece karayolu ile gerçekleştirilmiş olsaydı ortaya çıkacak olan karbon ayak izi karşılaştırılmıştır. Tablo 27 , bu karşılaştırmayı göstermektedir.

ŞEKİL 104. Demiryolu ile Rüzgâr Türbini Ekipmanı Taşıması

Kaynak: Allen (2020)

TABLO 27. Rüzgâr Türbini Ekipmanlarının Demiryolu ve Karayolu ile Taşınmasının Karbon Ayak İzi Açısından Değerlendirilmesi

Birim	Ton	Mil	BNSF-Demiryolu ile Taşımada Karbon Ayak izi	Karayolu ile Taşımada Karbon Ayak izi	BNSF demiryolu ile karayolu taşımacılığının karşılaştırılması
22	528	1,981	22.9 metrik ton CO^2 eşdeğeri	172.2. metrik ton CO^2 eşdeğeri	%87

Kaynak: BNSF Railways (2021)

Tablo 27'den de görüleceği üzere, tek bir taşımada rüzgâr enerjisi ekipmanlarının demiryolu ile taşınması %87 düzeyinde CO^2 miktarında azalmayı beraberinde getirmiştir.

Türbin kanatları, kule ve nasellerin üretim noktalarından, demiryolu, denizyolu ve karayolu ile taşınması, bir yılı aşan sürelerde oldukça detaylı bir planlamayı beraberinde getirmektedir. Demiryolu taşımacılığı söz konusu olduğunda, süreci duraklatacak ya da aksatacak bileşenleri ortadan kaldırmak için gerekli izinlerin alınması gerekmektedir. İzinlerin alınmasında bazı problemlerin olduğu da belirtilmektedir (Allen, 2020).

SNCF Geodis ve Vestas, iş birliği anlaşması ile 2013 yılında ilk defa 55 m uzunluğundaki kanatların Almanya'dan Danimarka'ya demiryolu ile taşımasını gerçekleştirmiştir. Bununla birlikte, hem taşımacılık süresinde ve maliyetlerde azalma hem de karbondioksit emisyonlarında düşüş görülmüştür. Demiryoluyla ilk defa taşınan dokuz adet kanat, 20 saatten kısa bir sürede Vestas'ın üretim tesisinin bulunduğu Lauchhammer (Almanya)'dan Esbjerg Limanı'na (Danimarka) elektrikli demiryolu hattı ile taşınmıştır. Karayolu kullanıldığı takdirde bu süre, 72 saat olarak belirtilmektedir. Ayrıca, dokuz adet TIR ve 18 adet ise emniyeti sağlamaya yönelik araçların da bulunması gerekmektedir. Demiryolu ile karasal rüzgâr türbini bileşenlerinin taşınması ile %15'e yakın bir maliyet avantajının olduğu belirtilmektedir. Esbjerg Limanı'ndaki terminalden Aalborg ve Ringkøbing'deki üretim tesislerine demiryolu ile kanatların taşınması mümkündür. Bununla birlikte, Almanya ve Danimarka'nın güney sınırındaki farklı bölgelerden de ilgili ürünlerin karayoluna alternatif olabilecek şekilde demiryolu ile taşınmasının farklı fırsatları beraberinde getireceği belirtilmektedir (Port of Esjberg, 2015). SNCF Geodis ve Vestas karasal rüzgâr türbini bileşenlerinin çoğu için kullanılan taşımacılık modunu Avrupa özelinde yakın gelecekte değiştirmeyi planladıklarını belirtmiştir ve demiryoluna bu anlamda çok daha fazla önem vereceklerini ifade etmişlerdir.

Türkiye'de rüzgâr türbini ekipmanlarının demiryolu ile taşınması konusunda özellikle demiryolu alt yapısının eski olması sebebi ile demiryolunda kurp yarıçaplarının yetersiz bir şekilde tasarlanmış olması önemli engel olarak görünmektedir. İzmir ve çevresindeki ekipman üreticileri demiryolu erişimine yakın olsalar da ekipmanların karayolu ile yine demiryoluna ulaştırılması gerektiğinden ikinci elleçleme maliyetleri ortaya çıkacaktır.

5.3.4.2. Karayolu Taşımacılığı

Özel yükler kapsamında yer alan rüzgâr enerjisi santrali bileşenleri taşınırken her ülkenin araç ve treyler boyutları ve ağırlıkları ile ilgili kendine özgü mevzuatları bulunmaktadır. Türkiye'de özel yüklerin taşınması ile ilgili kurallar 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği'nde belirlenmiştir.

Rüzgâr türbini sektöründe sevki gerçekleştirilecek malzemeler, kanatlar, kule, nasel, hub ve diğer elektrik ekipmanlarıdır. Kanat uzunlukları 40 m – 100 m aralığında değişmekte, ağırlıkları da boyuta göre değişmekte ve yaklaşık 10 tondan başlamaktadır. Kule uzunlukları 20 m - 40 m arası olup, ağırlıkları da 20 ton – 40 ton arasında değişmektedir. Nasel 70 ton – 90 ton arası ağırlığında iken, hubların 20 ton

- 40 ton aralığında ağırlığı vardır. Ağırlık ve uzunluk açısından değerlendirildiğinde bu ekipmanlar ağır nakliye veya proje nakliyesi kapsamında, özel taşıma koşullarında ve ağır nakliye için tasarlanmış araçlarla sevk edilmektedir. Diğer elektriksel ekipmanlar ebat ve ağırlıklarından dolayı genelde standart tırlarla veya konteynerler ile taşınabilir. Kanat, kule, nasel ve hub gibi ekipmanların ağır nakliye araçları ile taşınması ile ilgili örnekler Şekil 105 ve Şekil 106'da gösterilmiştir.

ŞEKİL 105. Kanat ve Kule Taşıma

Kaynak: ESTA (2013)

ŞEKİL 106. Nasel ve Hub Taşıma

Kaynak: ESTA (2013)

5.3.4.2.1. Araç Türlerinin Belirlenmesi

Yükü taşıyacak aracın seçiminde araçların yük ölçü ve boyutlarına uygunluğu Türkiye'de Karayolları Genel Müdürlüğü'nün takdirindedir. Bununla birlikte, taşıma sırasında yol ve köprülerin durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Trafik güvenliğinin tehlikeye düşürülmemesi ve gösterilecek güzergah üzerinde, istenen gerekli güvenlik tedbirlerinin alınması zorunludur.

Taşınacak rüzgâr türbini bileşenlerinin boyutlarına ve ağırlıklarına, nakliye güzergahının gerekliliklerine göre üretici veya nakliye organizatörü karayolu taşımacılığı için en uygun aracı seçmelidir. Belirli rüzgâr türbini bileşenleri için özel olarak tasarlanmış çekici türleri mevcuttur. Taşıma organizasyonlarında en önemli başarı unsuru ekipman üreticileri, treyler üreticileri ve nakliye operatörleri arasındaki iş birliğidir.

Türbin üretici firmalar, genelde tüm bu ekipmanları farklı lokasyonlardaki fabrikalarda üretir veya

ürettirirler. Bu yüzden bu parçaların belli bir plan dâhilinde farklı lokasyonlardan genellikle karayolu ile bir limana taşınması gerekmektedir. Standart tırlar 20–25 ton ağırlığında yük taşıma kapasitesindedir ve boyları 13,60 m.'dir. Dolayısıyla bu ekipmanların taşınması için genellikle low-bed (düşük kasa) ve uzayabilir römork gibi özel tırlar kullanılır. Tüm bu süreçlerde; ekipmanların hem karayolunda taşıma yapacak araçlara hem de gemiye "lashing" olarak tabir edilen uygun şekilde sabitlenmesi çok önemlidir. Ayrıca tüm yükleme boşaltma operasyonları sırasında üçüncü taraf bir gözetim firması tarafından işlemlerin nizami yapıldığına dair rapor tutturulması sigorta teminatı açısından önemlidir.

Karayolları Trafik Yönetmeliğinin 128. maddesinde karayollarında seyreden araçların yüklü ve yüksüz olarak sahip olabilecekleri boyutların ve bu araçların karayolu yapısına zarar vermeden güvenle seyredebilecekleri ağırlıkların şartları belirtilmiştir. Karayolundan başka bir ulaşım imkânının olmadığı, zorunlu ve istisnai hallerde; 128. maddede belirtilen ölçülerden en az birine uymayan, bölünemeyen araç ve özel yüklerin taşınabilmesi Karayolları Genel Müdürlüğü'nden yüksüz araçlar için "Özel İzin Belgesi", yüklü araçlar için de "Özel Yük Taşıma İzin Belgesi" alınması suretiyle mümkündür. Ölçü ve boyutlar bakımından "bölünemez" niteliği taşıyan özel yüklerin taşınması; aynı yönetmelikte 128. Maddede belirtilen ağırlıkları geçmemek, yüke uygun araç veya araçlar seçilmesi kaydıyla mümkündür.

Rüzgâr enerjisi ekipmanlarını taşımada kullanılan karayolu araçları aşağıda açıklanmıştır:

Düşük Kasa Yarı Römork (Low-Bed Semı-Traıler)

Rüzgâr türbini ekipmanları yüksek ağırlık ve hacimleri sebebi ile yüksek çekim kuvveti fakat düşük hız gerektirirler. Bu sebeple kanat, kule, nasel gibi ekipmanların taşınmasında düşük kasa (low-bed) römorklar kolay kullanım, hızlı manevra kabiliyeti, yük kapasitesi ve yükseklik sınırı açılarından uygundur. Düşük kasa römorklar "standart dışı" olan, uluslararası ve yurt içi karayolu taşıma yönetmeliğine göre; standartların dışında, normal kamyonlarla veya tırlarla taşınamayacak büyüklükte, uzunlukta, genişlikte veya tonajda olan yüklerin taşınmasını sağlayan yarı römork tipi araçlardır. Düşük kasa römork sistemleri, özellikle hafriyat ekipmanları, ağır makineler, askeri donanım, tankerler, jeneratörler ve rüzgâr enerjisi santrali ekipmanları gibi diğer büyük boyutlu yükleri taşımak için tasarlanmıştır. Düşük kasa römork sistemlerinin taşınacak yükün ağırlık ve hacmine göre farklı çeşitleri bulunmaktadır. Düşük kasa römorklarda bağlama kancaları ve çarklar standart donanım iken, müşteri isteğine göre üretim standartları da göz önüne alınarak yan uzantılar sağlanabilir. Manuel veya hidrolik olarak çalışan arka yükleme rampaları da ihtiyaca göre üretilebilmektedir. Düşük kasa yarı römorklar geniş dönüş açıları, alçak yükleme platformları ve yüksek taşıma kapasiteleri ile optimum manevra kabiliyeti sağlarlar. Bu yüzden rüzgâr enerjisi santrali parçaları gibi hacimli ve ağır yüklerin nakliyesi için gerekli koşulları yerine getirmektedirler.

ŞEKİL 107. Düşük Kasa Römork

Kaynak: Özsan Trailer (2021)

Düşük kasa römorkların ana avantajı yüksek stabilitedir. Düşük kasa römorklar daha düşük bir ağırlık merkezine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır, bu da diğer römork türlerine kıyasla daha iyi denge sağlar. Merdiven gibi yapısı, yük merkezinin yüksekliğini düşürerek taşıma sırasında dengeyi artırmaktadır. Ayrıca düşük kasa römorkların çok yönlü ve uyarlanabilir olmaları farklı yük türlerini elleçlemek için avantaj sağlamaktadır. Düşük kasa römorkların yapısı, geniş ve ekstra uzun yüklerin kolaylıkla ve güvenlik standartlarından ödün vermeden taşımasına imkân vermektedir. Bu römorkların alçak yapısı, karayolunda taşınabilecek yüklerin yüksekliğini sınırlayan düzenlemelere ve kısıtlamalara uymayı da kolaylaştırmaktadır (Anster Trailer, 2021; Primal, 2021). Son yıllarda rüzgâr enerjisi sektöründe türbin kanat boyları uzamaktadır. Düşük kasa çekiciler özellikle uzayan türbin kanat boyları konusunda yeterli esnekliği sağlayamamaktadır.

Uzayabilir Dorse Römorklar

Uzayabilir römorklar, taşınacak yükün uzunluğuna göre platform uzunluğu 60 m.'ye kadar arttırılabilen, aks sayısı 4 ile 8 arasında değişkenlik gösteren ağır yük taşımaya uygun araçlardır. Taşınacak ekipmanın boyutlarına göre platform uzunluğunda sağlanan esneklik, uzayabilir dorse römorkların rüzgâr türbini kanat taşıma operasyonu açısından en önemli avantajıdır.

Kanat Adaptörü (Blade Lıft)

Rüzgâr türbini kanat ekipmanı taşımacılık sürecinde, özellikle montaj öncesi taşıma aşamasında, dağlık alanlardaki küçük yarıçaplı yatay kurplarda dönüşte büyük güçlükler ortaya çıkmaktadır. Kanat adaptörü, yatay kurpların yoğun olduğu servis yollarında, kanatların engelleri aşarak hedefe ulaştırılması için tasarlanmış bir ağır taşıttır.

Kanat adaptörü vasıtası ile taşınan kanat yukarı kaldırılarak yaklaşık 60 m olan araç izdüşümü 34 m'ye kadar düşürülmektedir. İzdüşümün azalması dönüş yarıçapını azaltmakta, yatay kurpların yoğun olduğu karayollarında kısa sürede kanatların pozisyonunun yola uyarlanması sağlanarak taşıma süreci kolaylaştırılmaktadır.

ŞEKİL 108. Dört ve Sekiz Akslı Yarı Düşük Kasa Uzayabilir Römork

Kaynak: ESTA (2013)

Kanat adaptörü maksimum kaldırma açısı 60° dir. Kanat dönüş açısı (yatay eksende) ise -110° - +110° aralığında değişmektedir.

Modüler römorklara da monte edilebilen kanat adaptörü, hızlı tahliye adaptörü ile farklı tasarımlardaki kanatların en esnek şekilde taşınma güvencesini sunarak gündelik kullanımda maksimum verim ve maliyet etkinliği kazandırmaktadır.

Bu araç sayesinde, ağırlık merkezinin konumu, kanat dikeyden yatay konuma hareket ettirildiğinde geleneksel taşıma araçlarına göre önemli ölçüde daha stabil kalmaktadır. Kanat adaptörü yatayda aracın uzunluğunu azaltırken düşeyde yüksekliği arttırarak köprü, tünel geçişlerinde, elektrik tesislerinin altından geçişlerde güvenlikle ilgili riski arttırmaktadır. Bu bakımdan rotalama yapılırken kanat kaldırma açısının sürekli kontrol edilmesi gereklidir.

ŞEKİL 109. Servis Yolunda Kanat Adaptörü ile Taşıma

Kaynak: Miceli (2020)

Rotor Kanadı Taşıma Sistemi: (Rotor Blade Transport System: Rbts)

Özellikle 80 m. ve üzeri rüzgâr türbini kanatları için özel olarak geliştirilen bir dolly sistemidir. Rüzgâr türbini kanat taşımalarının önde yaklaşık 2 m., arkada ise yaklaşık 1 m. olan üniteler arasındaki yükseklik farkları RBTS aracı sayesinde dengelenebilmektedir. RBTS'ler boş dönüş seferlerinde çekici römork ölçülerine kısaltılabilmeleri sebebiyle özel bir yol izni gerektirmemektedir (KHL Group Magazines, 2021).

Rotor kanadı taşıma sisteminin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Doll Transport, 2021):

- 35 tona kadar kanat ağırlığı ve 120 m'ye kadar kanat uzunluğu taşınabilmektedir.
- Her çeşit rüzgâr türbini kanadı için uygundur.
- Yüksek ağırlık merkezleri ile esnek ve güvenli sürüş imkânı sağlamaktadır.
- Güvenli ve dayanıklı eklenti değiştirme sistemi sağlamaktadır.
- Verimli kaldırma adaptörü özelliği bulunmaktadır.
- Mükemmel manevra kabiliyeti sağlamaktadır.
- Düşük boş ağırlığı ile yüksek taşıma kapasitesi sağlamaktadır.
- Nakliye ve personel maliyetlerinde ekonomik avantaj sağlamaktadır.

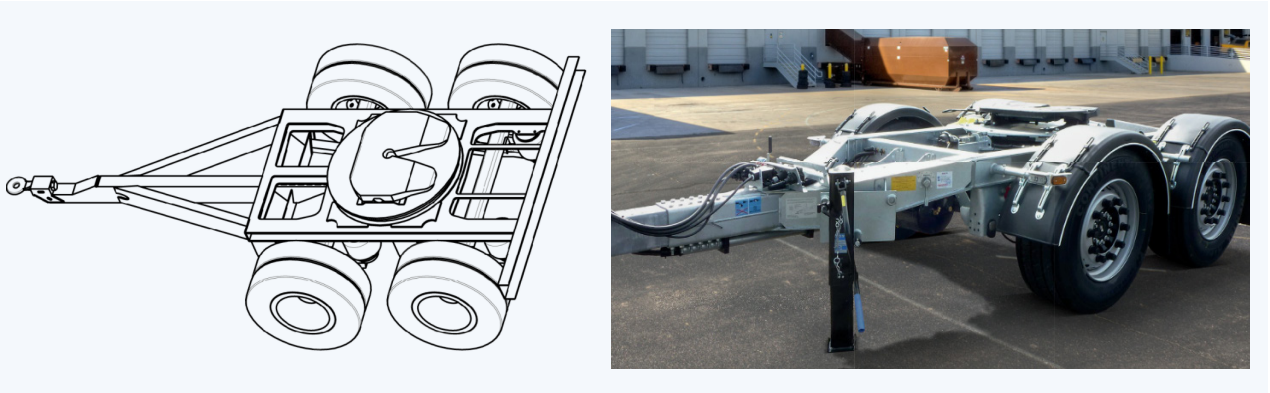
ŞEKİL 110. Rotor Kanadı Taşıma Sistemi (RBTS)

Kaynak: Scheuerle (2021a)

Dolly Römork

Dolly (Doli), çekilen kısım olan römork/yarı römork ile çekici araç (truck) arasındaki bağlantıyı sağlayan temelde küçük bir römorktur (Henriksson & Davidsson, 2011). Dolly sistemi, dolly römorku ile çekici arasındaki bağlantıyı sağlamak için teleskopik bir çekme çubuğu içerir. Dolly üzerindeki beşinci tekerlek ise (yatay bağlantı plakası), dolly ile yarı römorkun birbirine bağlanmasına olanak sağlar (Gögen & Özcan, 2018).

ŞEKİL 111. Dolly Römork



Kaynak: Henriksson & Davidsson (2011), Cargobull (2021)

Dolly römorkları kendileri bir yük taşımaz, ancak bir yarı römorku veya benzer bir taşıma aracını desteklemek ve birleştirmek için kullanılır (Ptr Finance, 2021). Uzunlukları standartların dışında olan yüklerin taşımacılığında tırlar veya çekiciler için ideal bir tamamlayıcı araçtır. Birleştirilmiş standart römorklarla oluşan modüler konsept sayesinde finansal ve ekolojik fayda sağlar (Cargobull, 2021).

Kendinden Tahrikli Modüler Taşıyıcı (Spmt: Self Propelled Modular Transporter)

SPMT çeşitli boyutlarda araç düzenlemesi oluşturmak için birleştirilebilen modüler, kendinden tahrikli bir taşıyıcıdır. Modüler tasarımı sayesinde özellikle yüksek hacimli ve ağırlıklı yükleri taşımak mümkündür (Scheuerle, 2021b). SPMT çekici tırın veya ana taşıyıcıların müdahalesine gerek kalmadan hareket etmek, kaldırmak ve yönlendirmek için kendi sürüş imkânını sağlamak için dizel motor veya elektrik motoru ile donatılmış bir tür hidrolik platform römorkudur (Sino Trailers, 2021). SPMT'ler, büyük ve ağır yüklerin milimetre hassasiyetinde taşınmasına ve manevra yapılmasına olanak sağlar. Modülleri, bileşenleri ve tüm yapıları güvenli ve verimli bir şekilde taşıyabilirler.

SPMT'nin avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Mammoet Equipment,2021):

- Esneklik ve çeviklik,
- Hemen hemen her yükü taşıyabilme,
- En zor koşullar altında çalışabilme,
- Kolay ve hızlı mobilizasyon,
- Çoklu sistem uyumlu,
- Minimum çevresel etki,
- Düşük zemin taşıma basıncı.

ŞEKİL 112. Kendinden Tahrikli Modüler Taşıyıcı

Kaynak: Sino Trailers (2021)

Kendinden tahrikli modüler taşıyıcı (SPMT Self Propelled Modular Transporter) veya modüler aks hatları arasına monte edilebilen kanat adaptörü kullanılarak rüzgâr türbin kanatları yaklaşık 90°›lik bir açıya kadar kaldırılabilir ve kendi eksenleri etrafında 360° döndürülebilir. Ayrıca isteğe bağlı olarak üçüncü bir dikey döner eksen entegre edilebilir ve ek olarak 20° lik bir yanal dönüş açısı sağlanabilir. Kanat adaptörü sayesinde kanatlar dikeyden yatay konuma hareket ettirildiğinde, ağırlık merkezinin konumu geleneksel ekipmanlara göre önemli ölçüde daha stabil kalmaktadır (Faymonville, 2021).

Kanat adaptörü ile kanatlar iki farklı şekilde taşınabilmektedir. Kanat adaptörleri hem hidrolik dorse üzerine hem de SPMT'nin (Self Propelled Modular Transporter) üzerine monte edilebilmektedir. Eğer hidrolik dorse üzerine monte edilirse, 15-25 km. hız sağlanabilmekte iken kendisine ait bir power pack (güç kaynağı) bulunan SPMT ile saatte ancak 5 km. hız ile gidilebilmekte fakat her dingil ayrı ayrı döndürülebildiği için 360° dönüş imkânı sağlayarak her yerden geçilebilmekte ve takılma ihtimali bulunmamaktadır. Hidrolik dorse kullanıldığında ise kötü hava koşullarında yolda kalma ihtimali oluşmaktadır. Bu nedenle lojistik hizmet sağlayıcılar SPMT - Blade lifter kombinasyonu tercih etmektedir.

5.3.4.2.2. İzmir İli'nde Kullanılan Mevcut Rotalara İlişkin İnceleme

Rüzgâr enerjisi santrali ekipmanlarından kule, kanat, nasel ağır nakliye kapsamında sevk edilmektedir. 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu madde 33'e göre; ağırlık ve boyutları bakımından özelliği olan, başka ulaşım sistemleri ile taşınması mümkün olmayan ve taşıma sınırını aşıp da taşınması zorunlu olan yüklerin taşınması için, Karayolları Genel Müdürlüğü'nden belirlenmiş harç bedelinin ödenerek izin alınması zorunludur. Bu tür yük ve eşya taşımalarında trafik güvenliğini tehlikeye sokacağı için araçlara özel yük taşıma izin belgesi alınması ve taşımanın bu belgedeki esaslara göre yapılması gereklidir. Özel izin/özel yük taşıma izin belgelerini almak için müracaatlar Karayolları Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden kabul edilmektedir. Özel yük taşıma izin belgesinde taşımanın gerçekleştirileceği süreler, araç bilgileri, aracın yüklü durumdaki bilgileri (boyutlar, ağırlık), yük bilgileri ve güzergah bilgileri bulunmaktadır. Karayolunda trafiğe çıkışın yüksüz, devamlı olarak yapılmasının gerekli görülmesi halinde, bu işe ayrılacak her bir araç, yarı römorklu araç veya katar için güzergah ile süre belirtilerek Süreli Özel İzin Belgesinin, karayolunda trafiğe çıkışın yüklü olarak yapılması halinde ise, bu işe ayrılacak araç yarı römorklu araç veya katar için güzergah, taşıma sınırları ve şartları ile taşıma zamanı belirtilerek her çıkış için ayrı ayrı Özel Yük Taşıma İzin Belgesinin alınması gerekmektedir.

Karayolları Trafik Yönetmeliği'ne göre; özel yük taşınan araçların trafiğe çıkışları ve bölünemeyen özel yüklerin taşınması sırasında yol, köprü, viyadük gibi sanat yapılarının durumunun göz önünde tutulması, trafik güvenliğinin tehlikeye düşürülmemesi ve belirlenen güzergah üzerinde gerekli güvenlik tedbirlerinin taşıma üstlenicileri tarafından alınması mecburidir. Özel yük taşıma izin belgesi ile trafiğe çıkacak araçlar üzerinde, izin belgelerinde gösterilen özel işaretlerin sürekli olarak bulundurulması ve özel şartların sağlanması (taşıma yapan araçta gerekli uyarı işaretlerinin olması ve araca eşlik eden öncü öncü-artçı binek araçlar ile seyir edilmesi) zorunludur. Özel yük taşıma izin belgesi ile karayoluna çıkan araçlar için (belgelerinde aksine bir hüküm yoksa) maksimum hız sınırları yerleşim yeri içerisinde 30 km/saat, yerleşim yeri dışarısında, şehirlerarası bölünmüş ve çift şeritli karayollarında 50 km/saat ve otoyollarda 60 km/saat olarak belirlenmiştir.

Karayollarında ağır yük taşınmasına Karayolları Genel Müdürlüğü ve diğer yetkili birimler tarafından gece izin verilmemektedir. Trafik güvenliği için gündüz de risk oluşturmamak adına ağır nakliye için izin verilen zaman aralığı gün batımı ve gün doğumu saatleri arasıdır. Ağır nakliye ve proje yüklerinin taşındığı zaman aralığı genellikle 02:00-07:00 saatleri arası ile sınırlıdır.

İzmir ilinde ağır nakliye kapsamında yükü taşınan ekipman üreticisi olarak; Sasalı (Çiğli)'da ve İzmir Serbest Bölgesi'nde olmak üzere iki tesiste faaliyet gösteren bir kanat üreticisi, Bergama Ovacık'ta faaliyet gösteren bir kanat üreticisi ve Bergama Zeytindağ'da faaliyet gösteren bir kule üreticisi bulunmaktadır.

Özellikle kanat ve kule ekipmanlarının üretimine başlamadan önce sorunsuz ve zamanında teslimatın mümkün olduğundan emin olmak adına bir rota araştırması yapılmalıdır. Kanat ekipmanlarının nakliyesi özellikle üretilen kanat boyutlarının son yıllarda artması sebebi ile önem arz etmektedir. Bu bakımdan üretim tesislerinin bulunduğu, sevk sırasında aktarmaların yapıldığı noktalar karayolu elemanları açısından dikkatlice incelenmelidir. Rota için incelenmesi gereken hususlar; karayolu geometrik elemanları (yatay-düşey kurp yarıçapları, platform genişlikleri, enine-boyuna eğim vb.); karayolu sınıfı, üstyapı, köprü, altgeçit, üstgeçit, tüneller gibi karayolu sanat eserleri ve karayolu trafik yoğunluğudur.

Rota araştırması sırasında göz önüne alınacak şartlar, karayolu elemanları ile ilgili ve diğer unsurlar aşağıda belirtilmiştir.

- Detaylı haritalar,
- Yollar ve köprülerdeki aks yükü ile ilgili limit ağırlıklar,
- Yatay dönemeçlerde (kurp) yarıçap, dönel kavşaklarda yarıçap ve yol genişliği,
- Düşey dönemeçlerde (kurp) yarıçap,
- Yol, köprü ve hemzemin geçitlerde eğim ve tümsek yarıçapları,
- Karayolu ve demiryolu köprüleri, köprü ayaklarının genişlik ve yükseklikleri,
- Hava hatları ve köprüler arası genişlik,
- Ağır yük geçişine izin vermek amacı ile geçici parklanma alanları,
- Hava durumu,
- Ağır yük geçişini engelleyebilecek diğer tüm unsurlar (ağaç, tabela vb.).

Taşıma esnasında darboğaz yaratabilecek karayolu elemanlarının yeniden düzenlenmesi, engel teşkil edebilecek unsurların kaldırılması ve diğer gerekli düzenlemelerin yapılması için yetkili kurumlara talebin yapılması, yol genişletme çalışmaları için arazi sahipleri ile görüşmelerin yapılması taşıma yüklenicisinin sorumluluğundadır. Bazı durumlarda araç geçişlerini kolaylaştırma adına geçişin yapılacağı kısımlara trafik düzenini bozmayacak şekilde portatif bariyerler konularak, geçiş sonrası bariyerler tekrar bulunduğu yere yerleştirilir.

Rota araştırması aşamasında, yolun trafik yoğunluğu, güzergah üzerinde yer alan tünel, yol, köprü, otoyol, kavşak ve üst geçitlerin yüksekliklerine, taşıma kapasitelerine ve yoldaki şerit sayısına bakılır. Nakliye işleminde darboğaz yaratacak diğer unsurlar elektrik hatları, ağaçlar vb. engellerdir. Bu sebeple; rota boyunca hava hatları yüklerin geçişine izin vermek için en az 5 m. yüksekliğe kadar üst engellerden arındırılmalıdır.

Hiçbir erişim yolunda rampa eğimi %14'i aşmamalıdır. Diğer taraftan yolun drenajını sağlamak amaçlı verilen enine çatı eğimi şantiye yolları da dâhil olmak üzere %4'ü aşmamalıdır. Türkiye' de otoyol, devlet yolu ve il yollarının inşasında bu değerin %0,02'yi aşmaması gerekliliktir (Yayla, 2013).

Kanat ekipmanının nakliyesi için gerekli 5 m.'lik kaplama genişliği yeterlidir. Türkiye'de tali yollarda 3 m. devlet yollarında 3,50 m. ve otoyollarda 3,75 m. olan şerit genişlikleri bu gerekliliği karşılamakta fakat tali yollarda ve devlet yollarında araçların bir şeritten fazlasını kullanarak seyretmesi trafik güvenliğini tehlikeye sokabilmektedir. Bu bakımdan ağır nakliyede sevk işleminin büyük kısmında iki platformlu devlet yollarının ve otoyolların kullanılması trafiği çok fazla aksatmayacak ve seyir güvenliği açısından uygun olacaktır.

Karayollarında köprü, tünel gibi sanat yapılarının standart yüksekliği 4,85 m. iken yük ve aracın beraber gabari yüksekliği 4,00 m.'yi geçmemelidir. Son yıllarda Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilen yollarda bu yapıların yüksekliğinin, mümkün olduğunca 5.50 m.'ye ulaşılması hedeflenerek tasarlanması ağır nakliye ve proje nakliyesi açısından avantaj yaratmaktadır.

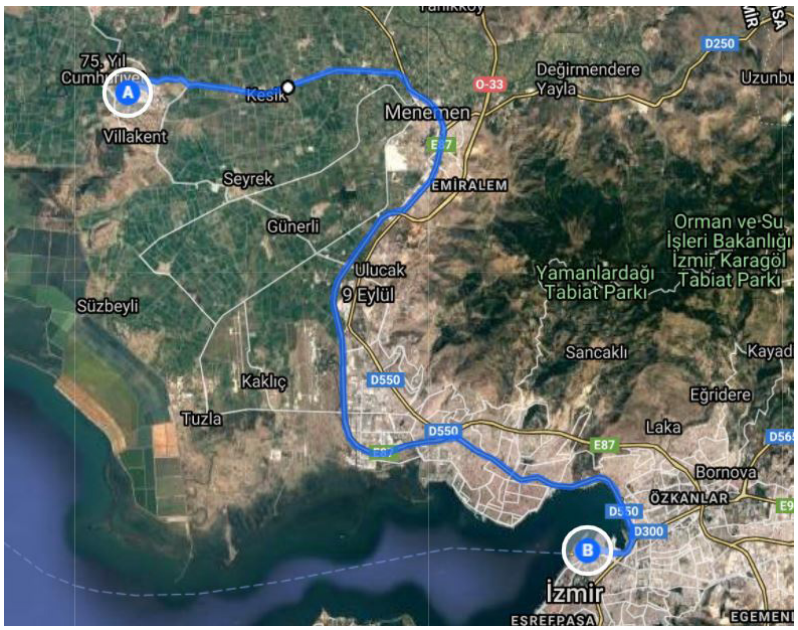
Rota araştırması kısmında özellikle; kanat ve kule üretiminin yoğun olduğu bölgelerden gerçekleştirilen taşıma süreçlerinde kullanılan rotalar karayolu geometrik elemanları, trafik yoğunluğu, hava hatları, fiziksel engeller ve diğer darboğaz yaratabilecek noktalar açısından incelenmektedir.

İzmir Serbest Bölge Kanat Üretim Tesisinden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na Nakliye

Kanat ekipmanı üreticisi olarak İzmir'de yerleşik bir firma ve ilgili firmaya ait bir tanesi Sasalı (Çiğli)'da, bir tanesi de İzmir Serbest Bölge'de olmak üzere iki adet üretim tesisi bulunmaktadır. Firmanın Menemen'deki tesislerinden Türkiye'deki rüzgâr enerjisi santrali sahalarına ve TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na yurtdışına ihraç edilecek kanatlar sevk edilmektedir.

Üretilen kanatlar, kapıda teslim şeklinde müşteriye teslim edildiği için nakliye konusunda üretici firmanın bir sorumluluğu bulunmamaktadır. Kanat taşıma organizasyonu için müşteri tarafından görevlendirilen ağır nakliye taşımasını üstlenen lojistik firması, sevk öncesi mevcut rotada karayolu elemanları ve yol çevresinde nakliyeye engel oluşturabilecek unsurlar açısından bir rota araştırması yapmaktadır. İzmir Serbest Bölgesi'nde yerleşik olan kanat Fabrikası'nda (A noktası) üretilen kanat ekipmanları Şekil 113'te belirtilen rota üzerinden Alsancak Limanı'na (B Noktası) sevk edilmektedir.

ŞEKİL 113. İzmir Serbest Bölge-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Sevk Rotası



Kaynak: Google Haritalar (2021)

İzmir Serbest Bölge'den TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na D-550 Karayolu (Çanakkale-İzmir Devlet Yolu) kavşağına kadar 13 km.'lik yol, sonrasında D-550 Karayolu ve kısmen O-30 Otoyolu'nda 40 km.'lik bir mesafe, toplamda 53 km.'lik bir mesafe katedilerek ulaşılmaktadır. İzmir Serbest Bölge'den D-550 Karayolu'na ulaşımı sağlayan yolun sorumluluğu, kanal bulunan kısımda DSİ (Devlet Su İşleri)'ye aittir. Yolun kalan kısmı için sorumluluk bazı kısımlarda Menemen Belediyesi ve İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne, bazı kısımlarda Orman Genel Müdürlüğü'ne aittir. İzmir Serbest Bölge ile D-550 Karayolu arasında ulaşımı sağlayan bu yol tek platformludur. Platform genişliği 7,5m.-8,0 m. aralığında, iki şeritli ve yüzeysel (sathi) kaplama bir yoldur. Belirtilen platform genişliği kanat nakliye işlemi için yeterli olmasına rağmen, şerit genişliği yeterli olmadığı için nakliye sırasında yolun trafiğe kapatılması gerekmektedir. Bu karayolunun çevresinde yoğun tarımsal faaliyet bulunmaktadır. Bu yolun DSİ (Devlet Su İşleri)'ye ait olan kısımlarının ağır nakliye amaçlı kullanımı nakliye firmaları ile DSİ (Devlet Su İşleri) arasında zaman zaman problem yaratmaktadır. DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından kendisine ait olan yol kısımlarının ağır nakliye araçları tarafından kullanılmaması talebi nakliye firmalarına sürekli iletilmektedir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Su Yapıları Koruyucu Güvenlik Tedbirleri Yönetmeliği'ne göre; su yapılarının inşa, işletme, bakım, onarım, tadilat veya ıslahı amacıyla yapılan yollar amacı dışında kullanılamamaktadır. Yine aynı yönetmeliğe göre; servis yollarının zorunlu nedenlerle amaç dışı kullanımı halinde; koruyucu güvenlik tedbirleri, kullanan kişi veya kamu kurum ve kuruluşlarınca alınır. Amaç dışı kullanımdan kaynaklanan zararlardan, amacı dışında kullanan kişi veya kamu kurum ve kuruluşları sorumludur.

D-550 Karayolu büyük oranda çift platformlu, Türkiye'nin kuzey-güney hattında yük ve yolcu ulaşımını sağlayan bir devlet yoludur. İzmir'i kuzey ilçelerine ve Çanakkale'ye bağlayan D-550 İzmir-Çanakkale Karayolu bölünmüş yol sınıfında olmasına rağmen Aliağa-İzmir kesiminde YOGT (yıllık ortalama günlük trafik) değeri 47.000 taşıt/gün değerine ulaşmaktadır. Proje taşımacılığı yapan araçların gündüz trafiğe çıkmasına izin verilmediği için gün ağarırken fabrikadan yola çıkan araçlar D-550 Karayolu katılım noktasına gelene kadar D-550 Karayolu'nda yoğun trafik başlamakta ve ertesi gün, gün ağarırken bu noktadan sevke başlamaları gerekmektedir. Araçların ertesi gün tekrar başlayacak olan sevk işlemi için D-550 katılım noktasında "Kömürlük" olarak adlandırılan bölgede kanat üreticisi firma tarafından arazi satın alınarak bir parklanma alanı oluşturulmuştur. Gün içerisinde D-550 Karayolu trafiğine katılamayacak olan araçlar, rezervasyon planlaması yapılarak bu noktada uygun saatlerde trafiğe çıkmaları için bekletilmektedir.

İzmir Serbest Bölge'den Alsancak Limanı'na sevk sırasında D-550 Karayolu'nda 12 km. yol alınarak Ulukent'te O-30 Otoyolu katılımı gerçekleştirilir. Karşıyaka ayrımına kadar 16 km. boyunca O-30 Otoyolu kullanılmaktadır.

O-30 İzmir içerisinden geçen otoyol özellikli bir çevre yoludur. Bu yol platform başına üç şerite sahiptir. O-30 Otoyolu'nun bu sevklerde kullanılan Çiğli-Karşıyaka arasındaki kısmının YOGT değeri KGM 2019 Yılı Devlet Yolları Hacim İstatistikleri'ne göre 99.598 taşıt/gün'dür. Bu değerin 24.634 taşıt/gün'lük kısmı (%24,7) ağır taşıt trafiğidir. O-30 Otoyolu'nun tamamı boyunca bu kısmı yolun en yüksek ağır taşıt trafiğine sahiptir.

Yapılan taşımalarda O-30 Otoyolu her ne kadar trafiğin yoğun olmadığı saatlerde (05:00-07:00) kullanılsa da bu otoyol her zaman yoğun araç geçişinin olduğu İzmir ilinin ana ulaşım aksıdır.

ŞEKİL 114. Kömürlük Parklanma Alanı

O-30 Otoyolu'ndan Karşıyaka Ayrımı sonrasında İzmir'in şehir içi ana ulaşım aksını oluşturan Anadolu Caddesi ve Altınyol Caddesi üzerinden 12 km. katedilerek TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na ulaşılmaktadır. Bu ana ulaşım aksı çoğu kısımda aliyman içerir. Bu yol çift platformlu olup, her bir platformda 3'er şerit, bazı kısımlarda da dört şeritten oluşmaktadır. D-550 Karayolunun il merkezinden geçen Anadolu Caddesi, Altınyol Kısmı ve TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na ulaşım sağlayan güzergah içerisindeki şehir içi bağlantı yollarının sorumluluğu, İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne ait iken, O-30 Otoyolu'nun sorumluluğu tamamen Karayolları Genel Müdürlüğü'ne aittir.

Aşağıda, Şekil 115'te İzmir Serbest Bölge ve TCDD İzmir (Alsancak) Limanı güzergahı ile ilgili önemli noktalar tespit edilmiş ve bu noktaların kritik yönleri açıklanmıştır.

ŞEKİL 115. İzmir Serbest Bölge-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Taşıma Rotası Gözlem Noktaları

Gözlem Noktası 1 : İzmir Serbest Bölge Çıkışı

Açıklama: Fabrika stok sahasında yüklenen araçlar, İzmir Serbest Bölge Ana Çıkış Kapısı dönüş geometrisi açısından uygun olmadığı için ve güvenlik açısından Serbest Bölge'nin yan kısmındaki bölge içi yoldan çıkış yapmaktadır.

Gözlem Noktası 2 : Seyrek Kavşağı

Açıklama: Resimde gösterilen kavşak öncesi 3 km'lik kısım yoğun darboğazlar ve riskler içerdiği için yol sevk sırasında Jandarma tarafından trafiğe kapatılmaktadır. Resimde görülen noktaya ulaşılana kadar olan yolun ciddi anlamda revizyona ihtiyacı varken, solunda DSİ Su Kanalı, sağında ise Panaztepe Sit Alanı'nın yer alması sebebi ile revizyon yapılamamaktadır.

Gözlem Noktası 3: DSİ Kanal Yolu

Açıklama: D-550 Kavşağı'na katılım için kullanılan 13 km'lik yolun yaklaşık 10 km'lik kısmı DSİ servis yoludur. Bu yolun kullanım hakkı ve bakım sorumluluğu DSİ'ye ait olduğu için yolun proje yükü nakliyesinde kullanılması konusunda anlaşmazlıklar ortaya çıkmaktadır.

Gözlem Noktası 4: D-550 Karayolu Güney Yönüne Katılım

Açıklama: İlgili nokta daha önce özellikle sağa dönüşte (D-550 Karayolu'nda İzmir yönüne katılım) ciddi darboğazlar içermekte iken; kanat üreticisi tarafından D-550 Karayolu'nun sağ tarafında parklanma alanı oluşturulması ve KGM'nin proje etüt desteği ile darboğazlar büyük oranda giderilmiştir.

Gözlem Noktası 5: O-30 Otoyolu Katılımı

Açıklama: Katılımın ilerleyen noktalarında kurp yarıçapı daralmaktadır. Sağ tarafta yer alan aydınlatma direkleri ve sola dönen kurp da göz önüne alınmalıdır.

Gözlem Noktası 6: O-30 Ulukent Bağlantı Köprüsü

Açıklama: Köprü yüksekliği standart aralık dâhilinde olsa da her geçiş öncesi değerlendirilmelidir.

Gözlem Noktası 7: O-30 İAOSB Bağlantı Köprüsü

Açıklama: Köprü yüksekliği standart aralık dâhilinde olsa da her geçiş öncesi değerlendirilmelidir.

Gözlem Noktası 8: O-30 Çıkışı

Açıklama: O-30 Otoyolu çıkışı katılım yapılan Anadolu Caddesi birçok toplayıcı yol ile kesişen bir ana arterdir.

Gözlem Noktası 9: Altınyol Kesimi

Açıklama: Altınyol Kesimi kent içerisindeki ana taşıyıcı aksın önemli bir bileşenidir. İzmir Büyükşehir Belediyesi 2018 yılı YOGT sayımına göre bu bölgeden 1.200.000 taşıt/gün geçiş mevcuttur.

Gözlem Noktası 10: TCDD İzmir (Alsancak) Liman yönüne katılım

Açıklama: Belirtilen kesişim noktasında yer alan adanın uç kısımları sağa dönüşte darboğaz oluşturmakta iken ilgili kurumlara başvuru yapılarak kavşak daraltılmış ve şerit sayısı arttırılmıştır. Ayrıca bu bölge, yönlendirme tabelaları ve aydınlatma direkleri ile ilgili zaman zaman düzenleme gerektirmektedir.

Gözlem Noktası 11: TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Giriş Kapısı

Açıklama: Kanat taşıyan araçlar özelinde liman giriş kapısının yanında bir giriş alanı oluşturularak araçlar güvenli bir şekilde liman sahasına alınmaktadır.

Genel olarak bakıldığında rüzgâr türbini kanat üretim tesisinin yerleşik olduğu İzmir Serbest Bölgesi'nden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na gerçekleştirilen türbin kanadı sevklerinde İzmir'in ana taşıyıcı arterlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu ana akslar üzerinde bulunan Anadolu Caddesi ve Altınyol Caddesi üzerindeki kent içi kısmında trafik yükü açısından kritik noktalar bulunmaktadır.

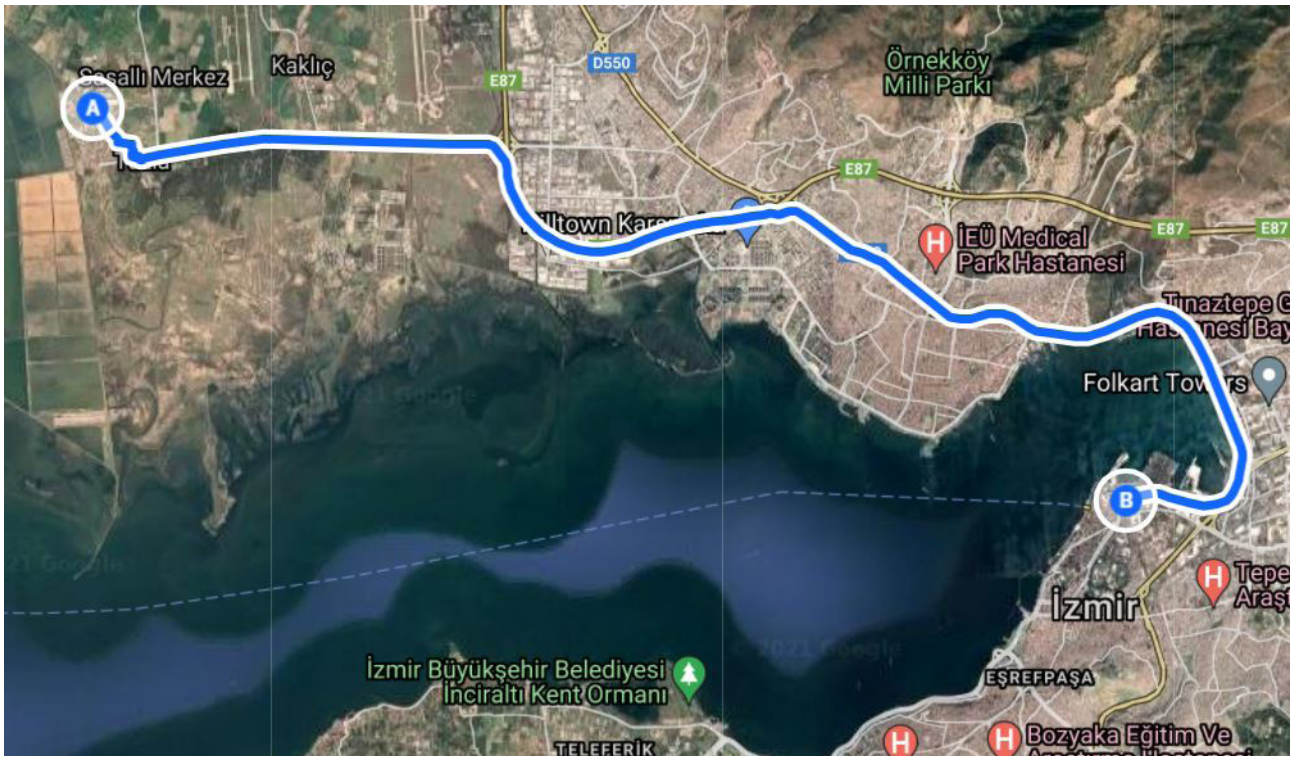
İzmir'i ilçelerine ve çevre illere bağlayan önemli bir ulaşım aksı olan D-550 Karayolu'nun ilk katılım noktasına üretim tesisinden ulaşımı sağlayan yolun karayolu geometrisi açısından ağır nakliyeye uygun olmadığı görülmektedir. Belirtilen yol tarımsal faaliyetin yoğun olduğu Menemen-İzmir arasındaki bölgeden geçmekte olup, esnek üstyapı açısından da ağır nakliye için kullanıma uygun değildir. Kamu kurumları ile bu yolun bazı kısımlarının kullanımı konusunda zaman zaman sorunlar yaşanmaktadır.

Bu kritik noktalarda ağır taşıt geçişi için yapılması gereken geçici veya kalıcı iyileştirmeler için her nakliye operasyonu öncesi ilgili nakliye üstlenicileri KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü), İzmir Büyükşehir Belediyesi ve diğer özel, kamu kuruluşları ile iletişime geçmektedir. Yoğun bürokrasi içeren bu süreçlerin ihracat operasyonlarını geciktirmesine ek olarak, geçici ve kalıcı iyileştirmelerin maliyeti ekonomik kayıplar yaratmaktadır.

Sasalı (Çiğli) Kanat Üretim Tesisinden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na Nakliye

Sasalı'da yerleşik kanat üretim tesisinden Türkiye'deki rüzgâr enerjisi santrali sahalarına ve TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na, yurtdışına ihraç edilecek kanatlar sevk edilmektedir. Kanat teslimatı üreticinin sahasında yapılmakta ve sevk öncesi müşterinin lojistik hizmet üstlenicisi tarafından rota araştırması yapılmaktadır. Sasalı (Çiğli)'da yerleşik olan üretim tesisinde (A noktası) üretilen kanat ekipmanları Şekil 116'da belirtilen rota üzerinden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na (B Noktası) sevk edilmektedir.

ŞEKİL 116. Sasalı (Çiğli)-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Sevk Rotası



Kaynak: Google Haritalar (2021)

Sasalı'dan TCDD İzmir (Alsancak) Limanına ulaşım Sasalı-O-30 arası bağlantı yolu, O-30 Otoyolu sonrası D-550 Karayolu'nun devamı niteliğindeki Anadolu Caddesi'ne bağlanarak sağlanmaktadır. Buradan gerçekleştirilen sevk sırasında Sasalı-O-30 Otoyolu arasındaki bağlantı yolunda 7 km., O-30 Otoyolu'nda 6 km. ve Anadolu Caddesi TCDD İzmir (Alsancak) Limanı arasında ise 13 km. olmak üzere toplam 26 km. yol katedilmektedir.

Sasalı-O-30 bağlantı yolu; büyük oranda aliymandan oluşan, geometrik açıdan pek sorun bulunmayan, proje nakliyesine uygun hale getirilmiş bir adet dönel kavşak içeren bir yoldur. Bu yolun bakım sorumluluğu Çiğli Belediyesi ve İzmir Büyükşehir Belediyesi'ne aittir.

Fabrikanın bu yola bağlantısını sağlayan 1 km'lik bağlantı yolu yüzeysel sathi kaplama olup geometrik sıkıntılar içerse de yol kenarındaki bordürlerin kaldırılarak portatif bariyerler konulması, yol kenarındaki arazinin müsaitliğinden faydalanılarak bazı kısımlarda geniş açı ile dönülmesi gibi geçici çözümlerle bu bağlantı kolaylaştırılmaktadır.

Sasalı'da yerleşik kanat fabrikasından TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na gerçekleştirilen sevkler; Sasalı Bağlantı Yolu üzerinden O-30 Otoyolu'na katılım sonrası, İzmir Serbest Bölgesi'nden yapılan sevkler için kullanılan güzergahta gerçekleştirilmektedir. Şekil 117'de Sasalı-O-30 Otoyolu katılım noktası arasında kanat sevki açısından önemli noktalar tespit edilmiş ve bu noktaların kritik yönleri açıklanmıştır.

ŞEKİL 117. Sasalı (Çiğli)-TCDD İzmir (Alsancak) Limanı Arası Taşıma Rotası Gözlem Noktaları

Gözlem Noktası 1: Fabrika Çıkışı

Açıklama: Fabrika çıkışı yol yüzeysel sathi kaplama olup, kısmen genişletilmiş kısımlar toprak yoldur. Bu yola katılım ve yoldaki kurp dönüşleri yol kenarındaki arazilerin kısmen kullanımı ile sağlanmaktadır.

Gözlem Noktası 2: Sasalı Villalar Bölgesi

Açıklama: Üretim tesisi çıkışı sonrası, ilgili noktada, sağ tarafta kaldırım sökülerek yol genişletilmiştir. Sol kısımda bulunan elektrik direği ve duvar bazı durumlarda dönüş için engel oluşturabilmektedir. Katılım yapılan yolda ortada bulunan banket sebebi ile ancak trafiğe ters yönde katılmak sureti ile dönüş tamamlanabilmektedir.

Gözlem Noktası 3: Ahmet Piriştina Caddesi Katılımı

Açıklama: Ahmet Piriştina Caddesi'ne katılım sağlayabilmek için ağır nakliye vasıtalarının trafiğin ters istikametinde devam etmesi gerekmektedir ve ileride yer alan, resimde de görülen hareketli bariyerler kaldırılarak Ahmet Piriştina Caddesi'ne katılımları sağlanmaktadır.

Gözlem Noktası 4: Kaklıç Kavşağı

Açıklama: Ahmet Piriştina Caddesi'ndeki kavşak öncesi ve kavşak içerisinde, kanat nakliyesi gerçekleştiren araçların dönebilmesi için genişletme ile şerit sayısı arttırılmış ve kavşaktaki yuvarlak ada İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin yaptığı revizyon ile daraltılmıştır.

Gözlem Noktası 5: O-30 Katılımı

Açıklama: O-30 Otoyolu'na paralel yönde katılım sağlanması kolaylaştırıcı bir unsur olsa da uzun kanatların sevkinde kurp yarıçapı ve bölgedeki elektrik direkleri göz önüne alınmalıdır.

İlgili rotanın sonraki kısımları, İzmir Serbest Bölge Kanat Üretim Tesisinden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na nakliye güzergahında bulunan O-30 çıkışı Anadolu Caddesi Katılımı, Altınyol Caddesi, Alsancak yönüne ayrılma, TCDD İzmir (Alsancak) Liman yönüne katılım, ve TCDD İzmir (Alsancak) Liman Kapısı noktalarını içermektedir. Sasalı – TCDD İzmir (Alsancak) Limanı arası güzergahta O-30 Otoyolu'na kadar fabrika etrafındaki köy yolu haricinde karayolunun geometrik yapısında büyük darboğazlar ortadan

kaldırılmış olsa da; O-30 katılımı sonrası güzergah İzmir'in en yoğun akslarından geçmektedir. Üretilen kanat boyutları arttıkça bu güzergahta geometrik yapı, üstyapı ve hava hatları ile ilgili engeller ile ilgili sorunların artması beklenmektedir.

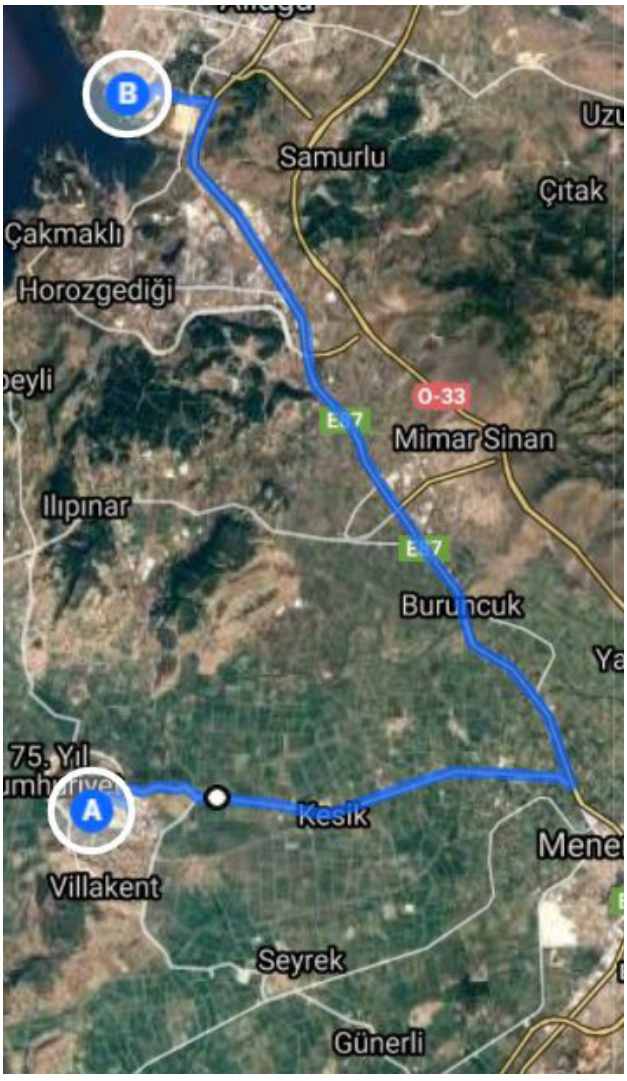
İzmir Serbest Bölge Kanat Üretim Tesisinden Aliağa Limanlar Bölgesi'ne Nakliye

İzmir Serbest Bölge'de üretilen kanatlar Aliağa Bölgesi'nde yerleşik Batıliman, SOCAR veya TCEEGE limanlarına sevk edilebilmektedir. Sevk işlemi için İzmir Serbest Bölge'den çıkan araçlar TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na yapılan sevkler için de kullanılan D-550 Karayolu Katılımı öncesi bağlantı yolunda

(bu yolun değerlendirmesi **'İzmir Serbest Bölge Kanat Üretim Tesisi'nden TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na Nakliye'** başlığının altında yapılmıştır.) 13 km. katederek, D-550 Karayolu Katılım Kavşağı'na ulaşmakta ve D-550 Karayolu'na kuzey yönünde katılım sağladıktan sonra, 21 km. seyrederek Aliağa Limanlar Bölgesi Kavşağı'na ulaşmaktadır. D-550 Karayolu katılım noktasında iki yıl öncesine kadar kuzey yönüne (Aliağa) yönüne dönüş konusunda bir darboğaz mevcut iken, KGM 2. Bölge Müdürlüğü'nün proje-etüt desteği ile kavşak geometrisi ve sinyalizasyon sistemi ile ilgili ciddi iyileştirmeler yapılmış olup İzmir Serbest Bölgesi'nden yapılan sevklerin Aliağa'ya yönlendirilebilmesi sağlanmıştır. İzmir Serbest Bölge (A) - Aliağa Limanlar Bölgesi (B) sevk güzergahı şekil 118'de gösterilmiştir.

Menemen-Aliağa yolunun Menemen kısmı ağır taşıt yoğunluğu 7.295 araç/gün (ağır taşıt oranı: %18) iken Aliağa kısmı ağır taşıt yoğunluğu 5.781 araç/gündür (ağır taşıt oranı: %17). Çiğli-Menemen-Aliağa aksı D-550 Karayolu'nun ağır taşıt trafiği açısından en yoğun bölgesidir. D-550 Karayolu'nun Menemen-Aliağa kısmı iki platformlu ve her platformda iki şerit içeren kurp yarıçaplarının yeterli olduğu, aliymanların da fazla olduğu bir yoldur. Belirtilen güzergahın Menemen-Aliağa kısmı geometrik açıdan uygunluğa rağmen trafik hacmi, yüksek oranda sinyalizasyon sistemi, katılım ve ayrılma noktası içermektedir. Diğer taraftan; D-550 Karayolu'ndan Aliağa Limanlar Bölgesi'ne katılım kavşağında dönüş yarıçapının yetersizliği uzun kanatların Aliağa Bölgesi'nden sevk edilebilmesinin önünde bir engel teşkil etmektedir. Aliağa Limanlar Bölgesi'nde iç ulaşım yolları da geometrik ve üst yapı açısından proje taşımacılığı için yeterli değildir fakat bu bölgenin sit alanı olması sebebi ile bu bağlantı yollarında yol genişletme çalışması yapılamamaktadır.

ŞEKİL 118. İzmir Serbest Bölge-Aliağa Limanlar Bölgesi Sevk Rotası



Kaynak: Google Haritalar (2021)

ŞEKİL 119. İzmir Serbest Bölge-Aliağa Limanlar Bölgesi Rotası Gözlem Noktaları

Gözlem 1: D-550 Kara Yolu Kuzey Yönlü Katılım

Açıklama: Kavşak geometrisi ve sinyalizasyon sistemi KGM'nin proje desteği ile kanat taşıyan araçların kuzey yönlü trafiğe katılımı kolaylaştırılmıştır.

Gözlem 2: Aliağa Limanlar Bölgesi Giriş Kavşağı

Açıklama: Kavşak geometrisi özellikle uzun kanat taşıyan araçların dönüşü için yetersiz görünmektedir. Belirtilen kavşak tamamı ile ağır taşıt yoğun bir kavşak olup, sinyalizasyon yetersizliği nedeni ile çok sık tıkanmaktadır.

Gözlem 3: Aliağa Limanlar Bölgesi İç Bağlantı Yolu

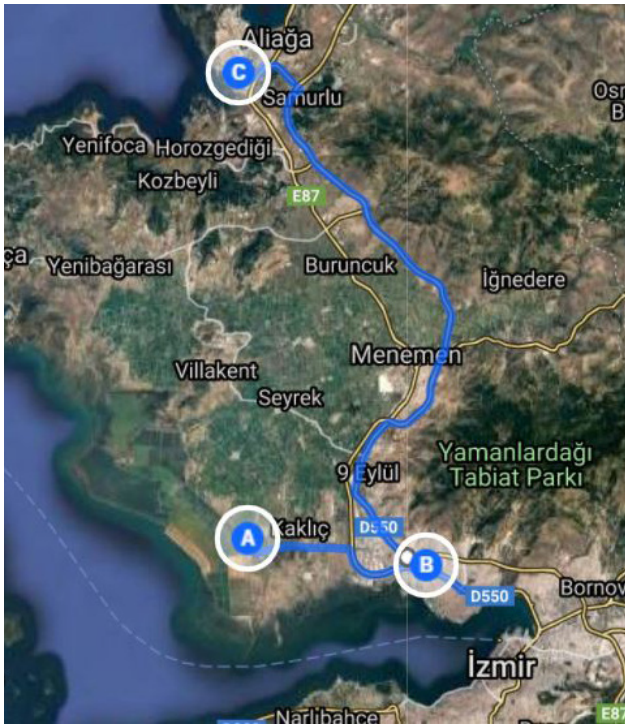
Açıklama: Limanlar Bölgesi iç yolu tanker, tır trafiğinin yoğun olduğu bir bölgedir. Bu yol üzerinde bölgenin en yüksek kapasiteli ve en yüksek düzeyde kanat yüklemesinin yapıldığı SOCAR Limanı'na ulaşım sıkıntısı bulunmasa da diğer limanlara ulaşımda geometrik sıkıntılar bulunmaktadır ve bölgenin sit alanı olması sebebi ile iyileştirmeler yapılamamaktadır.

İncelenen güzergahta D-550 Karayolu'nun Menemen-Aliağa kısmına katılımdan önceki yolda, önceki güzergahlarda da belirtildiği gibi tarımsal faaliyetlerin yoğun olması, platform yetersizliği gibi darboğazlar yaratabilmektedir. Bu yol sonrası D-550 Menemen-Aliağa Karayolu'na katılım, üretici firmanın ve KGM 2. Bölge Müdürlüğü'nün çabaları ile aşılmış olsa da; Aliağa Limanlar Bölgesi'ne katılım kavşağındaki geometrik yetersizlik ileride daha uzun kanatların Aliağa Limanları'ndan sevk edilmesini zorlaştıracaktır.

Sasalı (Çiğli) Kanat Üretim Tesisinden Aliağa Limanlar Bölgesi'ne Nakliye

İzmir Serbest Bölge'de yerleşik kanat fabrikasından D-550 Karayolu'na katılım uygun hale getirilmiş olmasına rağmen Sasalı'da üretilen, özellikle uzun kanatların sevki, Sasalı çıkışı, O-30 Otoyolu'na katılım noktasındaki yonca kavşak dönüş geometrisinin yetersizliği sebebi ile Aliağa Bölgesi Limanları'ndan yeterli düzeyde yapılamamaktadır. Bu noktada geometri engelinin yanında çevredeki aydınlatma direkleri ve dikey trafik işaretlemeleri de dönüş için engel oluşturmaktadır. O-30 Otoyolu'na katılım noktasının ilerisi İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi olduğu için kavşak geometrisinin iyileştirmesi imkânı da bulunmamaktadır. Bu sebeple Sasalı'dan Aliağa Limanları'na yapılan sevk miktarı çok düşüktür. Sasalı'dan Aliağa Limanları'na sevk için bir çözüm, araçların Anadolu Caddesi Örnekköy Kavşağı'na kadar güney yönünde (İzmir Merkez) ilerleyerek Örnekköy Kavşağı'nda Anadolu Caddesi'nin kuzey yönlü trafiğine katılmasıdır.

ŞEKİL 120. Sasalı (Çiğli)-Aliağa Limanlar Bölgesi Nakliye Rotası



Kaynak: Google Haritalar (2021)

Bu rota üzerinden 65 km. yol alınarak Aliağa Limanları'na ulaşılmaktadır. Oysaki; kuzey yönüne katılım için güney yönlü trafiğe katılmak gerekmese Sasalı'dan Aliağa Limanlar Bölgesine ulaşım 45 km'dir. Sasalı'dan (A) O-30 Otoyolu Karşıyaka Ayrılma Kavşağı'na (B) ve sonrasında Aliağa Limanlar Bölgesi'ne ulaşım rotası Şekil 120'de gösterilmiştir. Fabrika çıkışından O-30 katılımına kadar olan gözlem noktaları **'Sasalı (Çiğli) Kanat Üretim Tesisi'nden Alsancak Limanı'na Nakliye'** başlığında verildiği için bu kısımda O-30 katılımı sonrası gözlem noktaları belirtilmiştir.

ŞEKİL 121. Sasalı (Çiğli)-Aliağa Limanlar Bölgesi Rotası Gözlem Noktaları

Gözlem 1: Sasalı Çıkışı O-30 Kuzey Yönüne Katılım Noktası

Açıklama: Kanat yüklü araçlar, öncelikle kavşağın kurp yarıçapının yetersizliği ikinci olarak çevredeki fiziksel engeller sebebi ile ilgili kavşaktan O-30 Otoyolu'na kuzey yönünde katılamamaktadır. Alternatif olarak ilgili kavşaktan önceki kavşakta (Şekil 117 Gözlem noktası 5'te belirtilen) güney yönünde katılım sağlayarak sonrasında Anadolu Caddesi'nde ters yöne katılım sağlanmaktadır.

Gözlem Noktası 2: O-30 çıkışı

Açıklama: O-30 Otoyolu çıkışı katılım yapılan yol birçok toplayıcı yol ile kesişen bir ana arterdir (Anadolu Caddesi)

Gözlem Noktası 3: Anadolu Caddesi Güney Yönlü Trafikten Ayrılma

Açıklama: Kanat ekipmanı yüklü araçların Anadolu Caddesi üzerinde, kuzey yönlü trafiğe katılımı için en uygun noktadır. Fakat kurp yarıçapının yetersizliği, bölgedeki fiziksel engeller uzun kanatların geçişinde darboğaz yaratabilir.

İlgili güzergahın ilerleyen kısımlarında 'İzmir Serbest Bölge Kanat Üretim Tesisinden Aliağa Limanlar Bölgesi'ne Nakliye' başlığında belirtilen Aliağa Limanlar Bölgesi Giriş Kavşağı ve Aliağa Limanlar Bölgesi İç Bağlantı Yolu kritik noktalardır.

Zeytindağ (Bergama) Kule Üretim Tesisinden Aliağa Limanlar Bölgesi'ne Nakliye

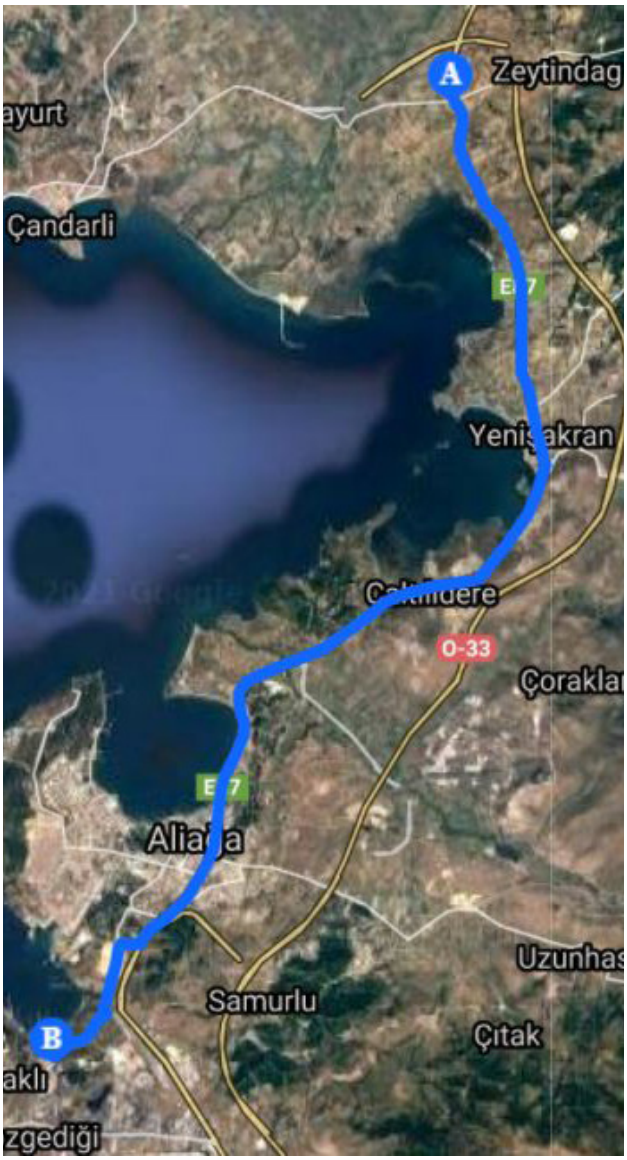
İzmir çevresinde kule ekipmanı üreticisi olarak Bergama Zeytindağ'da bir üretim tesisi bulunmaktadır. Bu üretim tesisi temel hammadde olarak saç malzemelerini Aliağa Bölgesi'ndeki limanlardan tesisine getirmektedir ve ürettiği kuleleri de yine Aliağa Bölgesi'ndeki limanlardan ihraç etmektedir.

Kule taşıma organizasyonu için müşteri tarafından görevlendirilen, ağır nakliye taşımasını üstlenen lojistik firması sevk öncesi mevcut rotada karayolu elemanları ve yol çevresinde nakliyeye engel oluşturabilecek unsurlar açısından araştırma yapmaktadır. Bergama Zeytindağ'da yerleşik olan üretim tesisinde üretilen kule ekipmanları Şekil 122'de belirtilen rota üzerinden Aliağa Bölgesi'nde yerleşik Batıliman, İDÇ (İzmir Demir Çelik) veya TCEEGE limanlarına sevk edilmektedir.

Mevcut rota ithalat operasyonları açısından incelendiğinde Aliağa Liman Bölgesi'nden çekilen saç hammaddenin istifli olarak römorklara yüklendiği bilinmektedir. Saç hammaddenin karayolunda taşınması esnasında birbirine yapışma, eğilme, bükülme sonucu oluşabilecek şekil değişikliklerini önlemek amacı ile saç bloklarının arasına takozlar yerleştirilmektedir. Bu takozlar nakliye esnasında zaman zaman karayoluna düşmekte ve karayolu güvenliği açısından tehlike yaratmaktadır. Bu takozların karayolundan toplanması hususu yük sahibi firmaya iletilmekte ve her nakliye operasyonu sonrası firma tarafından toplanmaktadır.

Bergama Zeytindağ Bölgesi'nde üretilen ve ihraç edilecek kuleler D-550 Karayolu'nda yaklaşık 30 km mesafe katederek gabari dışı yük kapsamında Aliağa Bölgesi'ndeki limanlara sevk edilmektedir. Kule ekipmanları üç ya da dört gövdeden oluşmaktadır. Bu durumda; beş kulelik bir ihracat projesinin sevk aşamasında Zeytindağ'dan Aliağa Limanlarına yaklaşık 20 sefer yapılmaktadır ki; bu durum karayolunun nakliye operasyonları için yoğun olarak kullanıldığını göstermektedir.

ŞEKİL 122. Zeytindağ (Bergama) Aliağa Limanlar Bölgesi Nakliye Rotası



Kaynak: Google Haritalar (2021)

Kule nakliyesinde göz önüne alınması gereken en önemli trafik unsuru yolun platform genişliği ve köprü, viyadük vb. sanat eserlerinin yüksekliğidir. Nakliye operasyonu gerçekleştirilecek olan kule parçalarının her biri 10-36 m. arası boydadır ve boru çapı en altta

4.600 mm., üstte 2.300 mm. civarındadır. Karasal rüzgâr enerjisi türbinlerinde kullanılan kule parçaları boy açısından taşıma operasyonlarında sıkıntı yaratmasa da; araç üzerinde en yüksek noktayı meydana getiren çap açısından standart olarak 4,80 m. olarak inşa edilen köprü altı geçişlerinde problem yaratabilmektedir. Bu durum uygun düşük kasa araçların kullanımını gerektirse de bazı durumlarda araçların lastiklerinin basınç seviyeleri bir miktar düşürülerek geçiş sağlanmaktadır. Denizüstü monte edilen kulelerde boru çapı altta 8.000 mm., üstte 3.000 mm.'ye, yükseklik 120 m. ye vardığı için hem köprü altı geçişlerinde yükseklik açısından ve katılım ve ayrılmalarda, kavşak dönüşlerinde uzunluk açısından darboğazlar oluşmaktadır.

D-550 Karayolu'nun Bergama Zeytindağ kısmı ağır taşıt YOGT açısından yoğun olmasa da Aliağa'ya yaklaştıkça yoğun ağır taşıt trafiği (kamyon-römork çeki-ci-yarı römork) belirginleşmektedir. 2019 yılı Karayolları Genel Müdürlüğü Trafik Hacmi İstatistiklerine göre Bergama kısmı ağır taşıt yoğunluğu ortalama 2.419 taşıt/gün iken, Aliağa kısmındaki liman hareketliliğinden dolayı 5.781 taşıt/gündür.

D-550 Karayolu Şakran kent içi fazla miktarda sinyalize kavşak içermektedir. Yol üzerindeki sinyalize kavşaklardaki ışıkların fiziksel yerleşimi ve yükseklikleri gabari dışı yük taşıyan ağır taşıtların geçişine uygun hale getirilmiştir.

Bergama Zeytindağ ve Aliağa Limanlar Bölgesi arasında taşıma operasyonu güzergahı ile ilgili olarak karayolu elemanları açısından en kritik bölge, yaya aktivitelerinin yoğunluğu ve bazı noktalarda kule ekipmanı için platform genişliğinin yetersizliğinin yaratabileceği risklerden dolayı Yenişakran Geçişi'dir. Yenişakran Beldesi'nde geçişlerde tehlike oluşturabilecek unsurlar Şekil 123'te gösterilmiştir.

ŞEKİL 123. Zeytindağ (Bergama)-Aliağa Limanlar Bölgesi Rotası Gözlem Noktaları

Gözlem Noktası 1: Şakran Yaya Alt Geçidi Sundurması

Açıklama: D-550 Karayolu'nun Şakran Şehir Merkezi kısmında yer alan yaya alt geçidi sundurması platform sınırına kadar uzanmakta ve geniş çaplı kulelerin geçişinde risk oluşturmaktadır. Yolun sol tarafındaki elektrik direkleri de alt geçit sundurması ile beraber geçiş koridorunu daraltmaktadır.

Gözlem Noktası 2: Şakran Yaya Alt Geçidi Karşısı Elektrik Hattı

Açıklama: D-550 Karayolu'nun Şakran Şehir Merkezi kısmında bölünmüş yolun her iki platformu arasından geçen elektrik hattı geniş çaplı kule geçişlerinde engel olabilmektedir.

Gözlem Noktası 3: Şakran Yaya Üst Geçidi

Açıklama: İlgili üstgeçidin karayolundan yüksekliği geniş çaplı kulelerin nakliyesinde risk oluşturabilecektir.

Bergama Zeytindağ - Aliağa Limanlar Bölgesi arasında, D-550 Karayolu'nun özellikle Şakran kent içi kısmında trafik yoğunluğu ve yaya üstgeçitleri açısından kritik noktalar bulunmaktadır. Kule taşınmasında köprüler, üstgeçitler ve altgeçitler önemli olduğu için nakliye işleminin mümkün olduğunca şehir merkezinden uzak rotalarda gerçekleştirilmesi gerekir. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na olası kule sevklerinin özellikle şehir içerisindeki üstgeçit, köprü vb. yapılar sebebi ile tehlike oluşturması kaçınılmazdır. Bu bakımdan, ihracat operasyonlarında üretici ve taşıma işi üstlenicisi tarafından Zeytindağ (Bergama) 'dan yapılacak kule ihracat operasyonlarında TCDD İzmir (Alsancak) Limanı yerine Aliağa Bölgesi Limanları tercih edilmektedir. Belirtilen gözlem noktalarındaki sorunların çözümlenmesi halinde Zeytindağ (Bergama)'dan Aliağa Limanları'na kule sevklerinin problemsiz ilerleyeceği öngörülmektedir.

5.3.4.2.3. Çandarlı Limanı ve Kuzey Ege Otoyolu Rotasına İlişkin İnceleme

Mevcutta kullanılan rotalarda da görülmektedir ki karayollarında taşınması sırasında darboğazlar yaratacak rüzgâr türbini ekipmanları kanat ve kuledir. Bu kısımda mevcut iki kanat üretim tesisinden, potansiyel bir ihracat limanı olarak Çandarlı Limanı'na ulaşan rotalar Kuzey Ege Otoyolu potansiyeli de göz önüne alınarak incelenmiştir.

Özel olarak işletilen Kuzey Ege Otoyolu, yedi adet giriş-çıkış istasyonu ile hizmet vermektedir ve 56 km. otoyol ve 40 km. bağlantı yolları almak üzere toplam 96 km. uzunluğundadır. 2019 yılında tamamlanan Kuzey Ege Otoyolu Projesi ile özellikle ağır taşıt ağırlıklı yoğun trafiğe trafik güvenliği dâhilinde hizmet etme, seyahat sürelerinin kısaltılması, bölgedeki turizm ve sanayinin gelişmesine katkıda bulunulması amaçlanmıştır. Kuzey Ege Otoyolu ile çevre illerden gelen trafiğin transit geçişinin sağlanması, aktif olarak çalışması hedeflenen Çandarlı Limanı'nda oluşacak denizyolu ulaşım faaliyetlerinin karayolu ayağının oluşturulması ve böylelikle ticaret, sanayi ve turizme hizmet edilmesi planlanmıştır. Kuzey Ege Otoyolu'na ait teknik özellikler Tablo 28'de belirtilmiştir.

Teknik özellikler incelendiğinde görülmektedir ki; özellikle minimum kurp yarıçapı, platform genişliği, şerit genişliği ve maksimum boyuna eğim özellikleri açısından Kuzey Ege Otoyolu 6 ve daha fazla aks taşıyan ağır yük araçları için kullanıma uygundur.

İlgili başlıklar altında incelenen rotalar mevcut durumda kullanılan rotalar olmayıp, Çandarlı Limanı'nın kanat ve kule ekipmanlarının ihracat yükleme noktası olması durumu göz önüne alınarak senaryolandırılmıştır.

Sasalı (Çiğli) Kanat Üretim Tesisinden Çandarlı Limanı'na Nakliye

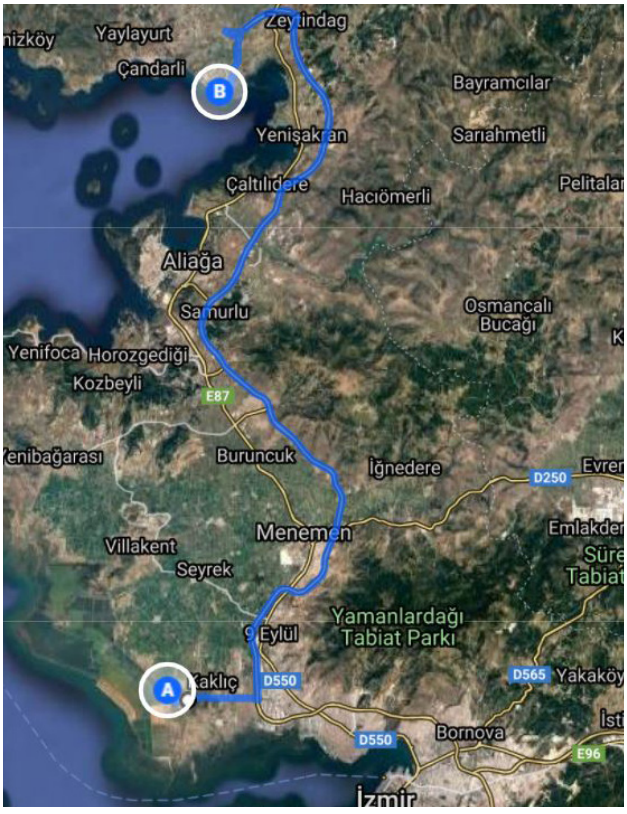
Sasalı (Çiğli) Kanat Üretim Tesisi ve Çandarlı Limanı arası mesafe 85 km'dir. İlgili güzergahta Sasalı'da yerleşik fabrikadan çıkış sonrası 7 km. yol alınarak O-30 Otoyolu'na bağlanılacak ve 22 km boyunca O-30 Otoyolu'nda ilerlenerek Menemen Gişeleri'nden Kuzey Ege Otoyolu'na giriş yapılabilecektir. Menemen Gişeleri sonrası Kuzey Ege Otoyolu'nda 56 km. mesafe katedilerek Çandarlı Limanı'na ulaşılmaktadır. Sasalı-Çandarlı Limanı nakliye rotası Şekil 124'te ve bu rotadaki gözlem noktaları Şekil 125'te belirtilmiştir.

TABLO 28. Kuzey Ege Otoyolu Teknik Özellikleri

Teknik Özellik	Değer
Proje Hızı	120 km/sa
Trafik Şeridi Genişliği	3.75 m
Trafik Şeridi Sayısı	2x3 adet
Refüj Genişliği	5 m
İç emniyet Şeridi Genişliği	1 m
Dış Emniyet Şeridi Genişliği	3 m
Platform Genişliği	35.5 m
Maksimum Boyuna Eğim	%4
Minimum Kurp yarıçapı	1.000 m

Kaynak: Kuzey Ege Otoyolu (2021)

ŞEKİL 124. Sasalı (Çiğli)-Aliağa Limanlar Bölgesi Kuzey Ege Otoyolu Nakliye Rotası



Kaynak: Google Haritalar (2021)

ŞEKİL 125. Sasalı (Çiğli)-Çandarlı Limanı Kuzey Ege Otoyolu Rotası Gözlem Noktaları

Gözlem Noktası 1: Sasalı O-30 Kuzey Yönüne Katılım Kavşağı

Açıklama: Mevcut senaryolarda da kullanılmak istenen ilgili kavşaktan özellikle uzun olarak nitelendirilebilecek kanat tipi yüklü araçlar O-30 Otoyolu'na öncelikle kavşağın kurp yarıçapının yetersizliği ikinci olarak çevredeki fiziksel engeller sebebi ile katılamamaktadır. Bu sebeple Şekil 117 Gözlem 5'te belirtilen noktadan güney yönünde katılım sağlayarak sonrasında Anadolu Caddesi'nde kuzey yönüne katılım sağlanmalıdır. Çandarlı Limanı kullanımı hedefleniyor ise Sasalı Ahmet Piriştina Caddesi'nden O-30 kuzey yönüne katılım noktası iyileştirilmelidir.

Gözlem Noktası 2: İAOSB Bağlantı Köprüsü

Açıklama: Köprünün yüksekliği standart sınır dâhilinde olsa da, geçiş öncesi göz önüne alınmalıdır. Aynı durum rotanın devamında yer alan Seyrek-Ulukent Bağlantı Köprüsü için de geçerlidir.

Gözlem Noktası 3: Neonteikhos Antik Köprü Tüneli

Açıklama: Neonteikhos Antik Kenti'ne giden yolun altından geçen tünelin yükseklik açısından risk oluşturmayacağı öngörülmektedir.

Gözlem Noktası 4: Kuzey Ege Otoyolu Menemen Gişeleri

Açıklama: Otoyol girişinde iki adet geniş araç gişesi mevcuttur. Gişe tasarımı Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından işletilen otoyol gişelerinden yükseklik açısından farklıdır. Gişe tasarımı ve gişelerin üst kısmında yer alan kameralar yüksek yüklerin geçişinde risk oluşturabilir.

Gözlem Noktası 5: Buruncuk Tüneli

Açıklama: Yaklaşık 1 km. uzunluğunda, standartlar dâhilinde 4.80 m. yüksekliğinde tasarlanmış bir tüneldir. Yine de geçiş öncesi araç seçimine ve aracın yük ile birlikte yüksekliği göz önüne alınmalıdır.

Gözlem Noktası 6: Köprü-Viyadük vb. Sanat Eserleri

Açıklama: Kuzey Ege Otoyolu'nda 36 köprü ve 8 viyadük bulunmaktadır. Yol boyunca yapılan sanat eserlerinin yükseklikleri topografik yapı el verdiği ölçüde 5.00 m.'nin üzerinde inşa edilmiştir. Bu nedenle bu kesişim noktalarından geçiş gabari dışı yük taşıyan ağır nakliye araçları için uygundur.

Gözlem Noktası 7: Kuzey Ege Otoyolu Çandarlı Ayrılma Noktası

Açıklama: Bu nokta, Kuzey Ege Otoyolu'nun son ayrılım noktası olduğu için yolun sol tarafı bariyerler ile sonlandırılmıştır. Platform daraltılarak sağ taraftan ayrılma sağlanmaktadır.

Gözlem Noktası 8: Kuzey Ege Otoyolu Çandarlı Ayrılım Noktasına ait Kurp

Açıklama: Kuzey Ege Otoyolu Çandarlı Gişeleri'ne ayrılma noktasında sağ tarafta bulunan yarma kısmı ve elektrik direkleri özellikle uzun kanat taşıyan araçların kurp dönüşünde darboğaz yaratabilecektir.

Gözlem Noktası 9: Çandarlı Liman Gişeleri

Açıklama: Çandarlı Liman Gişelerinde bir adet geniş araç geçişi bulunmaktadır. Gişe ölçüleri Karayolları Genel Müdürlüğü'ne ait gişe ölçülerinden farklıdır.

Gözlem Noktası 10: Çandarlı Liman Ayrılma Noktası

Açıklama: İlgili noktanın 4 km. sonrasına kadar olan kısım bariyerler ile kapatılmış olsa da otoyol Çandarlı Limanı'na kadar devam etmektedir.

Sasalı'da yerleşik kanat üretim tesisinden Çandarlı Limanı'na ulaşım ile ilgili en kritik nokta, Sasalı Ahmet Piriştina Caddesi'nden O-30 Otoyolu'na kuzey yönünde katılım amacı ile geçiş yapılması gereken yonca kavşaktır. Uzun boyutlu kanatların dönüşü için bu kavşağın geometrisi ve kavşak çevresindeki elektrik direkleri engel teşkil etmektedir. Farklı güzergahlarda bu kavşaktaki katılım problemi önce İzmir yönüne trafiğe, ardından kuzey yönlü trafiğe katılım ile aşılmaktadır. Sorumluluğu Karayolları Genel Müdürlüğü 2. Bölge Müdürlüğü'nde olan O-30 Otoyolu'na ait bu kavşakta, sol tarafta Organize Sanayi Bölgesi bulunması engel teşkil etse de yapılacak iyileştirme kolay yoldan Kuzey Ege Otoyolu'na bağlanmayı sağlayacaktır. Kuzey Ege Otoyolu'na katılım öncesi önerilen iyileştirme ve gişe geçişleri ile ilgili bir değerlendirme yapılması ile Kuzey Ege Otoyolu kullanılarak Çandarlı Limanı'na kanat ekipmanı sorunsuz bir şekilde ulaştırılabilecektir.

İzmir Serbest Bölge Kanat Üretim Tesisinden Çandarlı Limanı'na Nakliye

İzmir Serbest Bölge Kanat Üretim Tesisi ve Çandarlı Limanı arası mesafe 68 km.'dir. İlgili güzergahta fabrikadan çıkış sonrası 13 km. yol alınarak D-550 Karayolu'na bağlanılacak ve 9 km. bu yolda ilerleyerek Foça Gişeleri'nden Kuzey Ege Otoyolu'na giriş yapılabilecektir. Foça Gişeleri sonrası Kuzey Ege Otoyolu'nda 46 km. mesafe katedilerek Çandarlı Limanı'na ulaşılmaktadır.

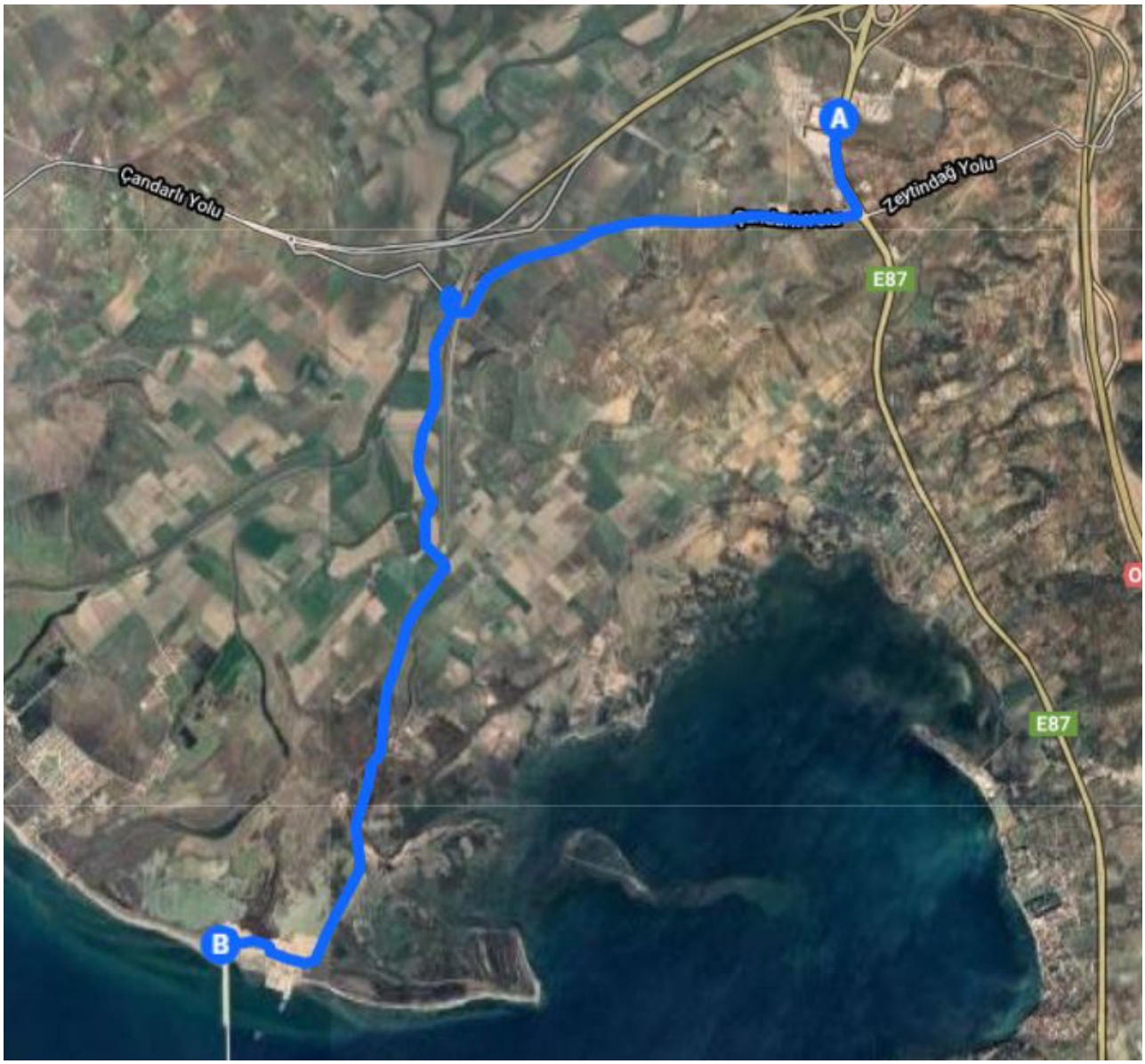
Bu güzergahta fabrika çıkışı D-550 Karayolu Kavşağı'na kadar önemli noktalar ve kısımlar **"Serbest Bölge Kanat Üretim Tesisinden Alsancak Limanı'na Nakliye"** başlığı altında verilmiştir. Bu rota özelinde kanat yükünün taşınmasında kritik durum oluşturabilecek en önemli nokta Foça Gişeleri'ne ulaşım öncesi Kuzey Ege Otoyolu Katılım bağlantılarıdır. Gabari dışı yük taşıyan ağır nakliye araçlarının Foça Gişeleri'ne bağlantı yolları ile ilgili durumu değerlendirilmelidir. Foça gişeleri sonrası Çandarlı Limanı'na ulaşımla ilgili kritik noktalara **"Sasalı (Çiğli) Kanat Üretim Tesisinden Çandarlı Limanı'na Nakliye"** başlığı altında yer verilmiştir.

Zeytindağ (Bergama) Kule Üretim Tesisinden Çandarlı Limanı'na Nakliye

Kule Üretim Tesisi ve Çandarlı Limanı arası mesafe 35-81 numaralı İl Yolu üzerinden yaklaşık 6 km.'dir. Fakat kule üretim tesisinden çıkışta, Zeytindağ Kavşağı'ndan sağa dönüş ile başlayan liman bağlantı yolunun bazı kısımları ağır yük nakliyesi için geometrik açıdan iyileştirilmelidir

ŞEKİL 126. İzmir Serbest Bölge-Çandarlı Limanı Kuzey Ege Otoyolu Nakliye Rotası

ŞEKİL 127. Zeytindağ (Bergama)-Çandarlı Limanı Nakliye Rotası



Bir başka alternatif olarak tesisin bulunduğu konumdan limana bağlantı için D-550 Karayolu Zeytindağ Kavşağı'nda dönüş yaparak Bergama yönünde trafiğe katılarak otoyol üzerinden liman bağlantısı sağlanabilir. Bu yönden otoyola giriş imkânının zor olmasının yanı sıra Zeytindağ Kavşağı'nın geometrik açıdan iyileştirilmesi ve yönlendirme tabelalarının yer tespitinde kule yüklü taşıtların dönüş manevrasının göz önüne alınması ve otoyola giriş sağlanarak liman yönüne katılımın kolaylaştırılması gereklidir. Her iki alternatifte de liman içi bağlantı yolu gabari dışı yük taşıyan araçların geçişine uygun hale getirilmelidir.

5.4. Liman Merkezli Lojistik Kapsamında Mevzuat, Kaynak ve Altyapılar

Bu kısımda, yasal mevzuat ve gümrük işleri ile ilgili mevcut durum incelendikten sonra, rüzgâr enerjisi sektöründe işletmelerin kullandıkları bilgi iletişim teknolojileri ile ilgili değerlendirmeler sunulmaktadır. Ardından rüzgâr enerjisi sektöründe insan kaynakları ile ilgili dünya ve Türkiye'deki gelişmeler sunularak, istihdam ve eğitim ile ilgili mevcut durum açıklanmaktadır.

5.4.1. Yasal Mevzuat ve Gümrük İşlemleri

Türk hukuk sisteminde, karayollarında can ve mal güvenliği yönünden trafik düzenini sağlamayı ve trafik güvenliğini ilgilendiren tüm konularda alınacak önlemleri belirlemeyi amaç edinen 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu 1983 yılında yürürlüğe girmiştir (2918 Sayılı Trafik Kanunu, 1983). Bu kanunun uygulanmasına ait esas ve usuller ise, 1997 yılında yayımlanan Karayolları Trafik Yönetmeliği ile belirlenmiştir (Karayolları Trafik Yönetmeliği, 1997). Bununla birlikte 2003 yılında yürürlüğe giren 4925 sayılı Karayolu Taşıma Kanunu, karayollarındaki trafik düzeni ve taşıma operasyonlarının teknik düzenlemesinden ziyade, taşıma işlerinde istihdam edileceklerin niteliklerini, haklarını ve sorumluluklarını saptamaktadır (Karayolu Taşıma Kanunu, 2003). Karayollarında taşınan yolcu ve yükler ile bu yolcu ve yükleri taşıyacak taşıtları, bunlarla ilgili kural, şart, yükümlülük ve istisnaları tanımlayan 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu on üç kısımdan oluşmaktadır. Kanunun genel yapısı incelendiğinde, karayollarındaki trafiğin güvenlik unsurlarının, trafik ve taşıt işaretlerinin, ilgili yapı ve tesislerin, motorlu taşıtların haiz olması gereken şartların ve bunların muayenelerinin ortaya koyulduğu gözlemlenmektedir.

Rüzgâr enerjisi santrallerinin karayolu ile taşınmasının hukuksal dayanağı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği'dir. Söz konusu yükler kanunun "Tescil Belgeleri, Tescil Plakaları, Motorlu Araçlara Ait Şartlar ve Muayene" başlıklı dördüncü kısmının "Motorlu Araçlara Ait Şartlar" adlı ikinci bölümü altında bulunan "Taşınması Özel İzne Bağlı Yükler" başlıklı 33. maddesi kapsamında değerlendirilir. Buna göre rüzgâr enerjisi santrallerinin karayolu ile taşınması için "Ağırlık ve boyutları bakımından özelliği olan başka ulaşım sistemleri ile taşınması olmayan ve taşıma sınırını aşıp da taşınması zorunlu olan yüklerin taşınması için, Karayolları Genel Müdürlüğü'nden izin alınması zorunludur." maddesi gereğince Karayolları Genel Müdürlüğü'nden izin sürecinin başlatılması gerekmektedir. Kanunun bu maddesinin esas ve usulleri ise Karayolları Trafik Yönetmeliği'nin "Taşınması Özel İzne Bağlı Yükler" başlıklı 66. Maddesi ve "Araçların Boyutları ve Ağırlıkları" başlıklı 128. maddesi ile belirlenmiştir. Kanunun 33. maddesinde "izin" olarak atıf yapılan mekanizma ilgili yönetmelikte yüksüz araçlar için "Özel İzin Belgesi" ve yüklü araçlar için "Özel Yük Taşıma İzin Belgesi" olarak "Karayolunda trafiğe çıkışın yüksüz, devamlı olarak yapılmasının gerekli görülmesi halinde bu işe ayrılacak her bir araç, yarı römorklu araç veya katar için güzergah ile süre belirtilerek süreli Özel İzin Belgesinin, karayolunda trafiğe çıkışın yüklü olarak yapılması halinde ise bu işe ayrılacak araç yarı römorklu araç veya katar için güzergah, taşıma sınırları ve şartları ile taşıma zamanı belirtilerek her çıkış için ayrı ayrı Özel Yük Taşıma İzin Belgesinin alınması zorunludur." alt bendi ile netleştirilmiştir. İlgili yönetmelik "Özel izin belgesi veya özel yük taşıma izin belgesi alınması gereken araçlar, izin alınmadan veya izin şartlarına uymadan karayoluna çıkarıldığında trafikten men edilir" ibaresi ile bu izinleri almayan araçlar için trafikten men yaptırımını tanımlamıştır.

Yönetmelikte rüzgâr enerjisi santrallerinin aksamlarının karayolu ile taşınması için alınması gereken izinlere başvuru için herhangi bir süre sınırı koyulmamakla beraber bu izinler için uygulamada en az iki ay önceden Karayolları Genel Müdürlüğü'ne başvuru

yapılması gerektiği görülmektedir. Bununla beraber taşımayı yapacak araçların yüklü olarak geçecekleri güzergahta geçişi mümkün kılacak kavşak düzenlemelerinin, levha konumlandırmalarının ve buna benzer operasyonların Karayolları Genel Müdürlüğü koordinasyonunda taşımayı yapacak işletmelerce gerçekleştirildiği bilinmektedir ancak bu operasyonların ve süreçlerin ilgili yönetmelikte tanımlanmadığı gözlemlenmektedir. Buna ek olarak, ilgili yönetmelikte tanımlanan hız sınırlarının ancak yeni bir yönetmelik ile belirlenebileceği ve mevcut düzenlemeler tahtında bu hız sınırlarına tolerans gösterilemeyeceği değerlendirilmektedir. Bununla beraber rüzgâr enerjisi santrallerinin aksamlarının karayolu ile taşınması için tahsis edilen taşıtların otoyolları kullanması hakkında kanunda ve ilgili yönetmelikte herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Bu taşımaları yapacak olan yüklenicilerin Karayolları Genel Müdürlüğü'ne yapacağı izin başvurularında ilgili otoyolu kullanma isteklerini belirtmeleri izin sürecinin başlaması için yeterli niteliktedir.

Rüzgâr enerjisi santrallerinin aksamlarının ithalat ve ihracatı, uygun gümrük rejimi altında ve gümrük mevzuatı kapsamında "Gümrük Gözetimine" ve "Gümrük Kontrolüne" tabiidir. Bu kapsamda gümrük idaresi tarafından ilgili denetimler gerçekleştirilmektedir. Gümrüğe sunulan rüzgâr enerjisi santrallerinin aksamlarının mevzuat dışında farklı bir düzenlemeye tabi olmadığı değerlendirilmektedir. Gümrüğe sunulan her eşya gibi rüzgâr enerjisi santrallerinin aksamları da 4458 sayılı Gümrük Kanunu (4458 Sayılı Gümrük Kanunu, 1999) ve bu kanuna dayanılarak çıkartılan Gümrük Yönetmeliği'ne göre gözetim ve kontrole tabidir. Gümrük Yönetmeliği'nin "Beyanın Kontrolü" başlıklı 180. maddesi gereği kırmızı, sarı, mavi ve yeşil hatta kontrol edilen beyanlar için mevzuata uygunluğuna göre işlem tesis edilmektedir (Gümrük Yönetmeliği, 2009). Uygulamada, rüzgâr enerjisi santrallerinin aksamlarının büyük hacimli ve büyük parçalı olmasından hareketle bu eşyaların kontrol süreçleri genelde mavi hat usulüne göre ve

> " Mavi hat; Bakanlıkça belirlenen onaylanmış kişi statüsüne sahip kişilerin ihracatta yararlandığı, eşyanın çıkış işlemlerinin tamamlanmasından önce belge kontrolüne veya muayeneye tabi tutulmadığı hattır. Mavi hatta işlem gören ihracat beyannamelerine ilişkin beyanın kontrolü, eşyanın çıkış işlemlerinin tamamlanmasını müteakip Bakanlıkça belirlenen usul ve esaslar dâhilinde gerçekleştirilir." hükmü tahtında yürütülmektedir. Bu eşyaların yeşil hattan sonra en kolay beyan kontrol usulü olan mavi hatta değerlendirilmesi gümrük iş ve işlemlerinin hızlanmasıyla sonuçlanmaktadır.

Bununla beraber, özellikle ihracat yüklerinde liman sahası ve serbest bölge sahasının dışında gümrüklü alan ihtiyacı bulunmaktadır. Liman sahasında gerçekleştirilen gümrük kontrolleri görece ivedi olarak yapılsa bile liman tesislerinin depolama alanlarının darlığı ve yükün doğası gereği oluşabilecek gecikmelerde ekstra maliyetlerin oluşması gibi sebeplerle liman sahası ve serbest bölge sahası dışındaki gümrüklü sahalarda kontrollerin gerçekleştirilebiliyor olması rüzgâr enerjisi santrallerinin aksamlarının ihracatını kolaylaştırıcı bir etken olarak değerlendirilmektedir.

5.4.2. Bilgi İletişim Teknolojileri

Rüzgâr enerjisi sektörü paydaşları ile gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen bilgiler çerçevesinde Türkiye'de rüzgâr türbini üretimi ve lojistiği süreçlerinde tüm paydaşlar tarafından ortak olarak kullanılan bir bilgi iletişim teknolojisi bulunmadığı görülmüştür. Paydaşlar arası iletişim sıklıkla WhatsApp gibi anlık iletişim uygulamaları veya mail aracılığıyla gerçekleşmektedir. Lojistik hizmet sağlayıcısı firmalar kendi bünyelerinde bulunan filo takip sistemleri ile operasyonlarındaki bilgi iletişimini sağlamaktadır. Örneğin gelen türbin parçaları QR kod ile okutulmakta ve bu parçanın güncel konumu hakkında bilgi otomatik olarak müşterilere ulaştırılmaktadır. Limanlar açısından konu incelendiğinde, kendilerine ait bir sistemlerinin bulunmadığı ve lojistik hizmet sağlayıcıları ve liman acente paydaşları ile doğrudan mail ile iletişim kurdukları saptanmıştır. Liman acenteleri türbin üreticilerinin kendi Intranet sistemlerine gizlilik sözleşmeleri kapsamında erişim sağlayabilmektedirler. Elleçlenen yüklerin teknik çizimleri ve manuelleri gibi bilgilere sistem üzerinden istenilen zamanda ulaşılabilmektedir. Aynı anda birden fazla üreticinin de veri

tabanına erişilebilmekte ve sistemlerinin bir parçası gibi entegre olarak bilgi akışı taraflar arasında faydalı olacak şekilde sağlanabilmektedir. Türkiye'de genel olarak rüzgâr türbini parçalarının stok hareketlerinin takibinde, üretim ve nakliye planlamalarında yazılım olarak SAP kullanılmaktadır. Ayrıca talep eden müşterilere Excel üzerinde hazırlanan günlük raporlar da sunulabilmektedir. Türbin üreticileri ve yatırımcılarının ayrıca kendi bünyelerinde geliştirdikleri bazı bilgi iletişim sistemleri mevcuttur. Şirket bünyesinde kurulmuş bazı online platformlar aşağıda belirtilmiştir:

Vestas Brand Portal: Bu portal Vestas çalışanlarının ve işbirlikçilerinin meslektaşları ile her yerde ve her zaman iletişim kurmasını, paylaşmasını ve iş birliği yapmasını kolaylaştırmaktadır (Vestas, 2021a).

Vestas Online: Bu sistem, rüzgâr türbini sahiplerine, ihtiyaç duyulduğunda uzaktan erişim ile türbine özel hizmetlere kolay ve güvenli erişim sağlayan dijital bir platformdur. Bilgi ve belgeler güvenli bir şekilde bulut ortamında depolanır ve kullanıcı dostu ara yüz ile görüntülenir. Sorunsuz bir kullanıcı deneyimi için veriler ve belgelere Vestas Online sisteminde özel kullanıcı adı ve şifreler ile erişilir ve veriler güvenilir ve şeffaf bir ortamda korunur. Sistemin içerisinde Servis Programı, Servis Sipariş Raporları, Çalışma alanları, Faturalar, Hesap Ekstreleri, Kanat Varlık Yönetimi ve Destek modülleri bulunmaktadır (Vestas, 2021b).

ENERCON SIP Mobile Application: Rüzgâr türbinlerinin performansını kesintisiz olarak izlemeyi sağlayan bir uygulamadır. Türbinlerin verimliliği, rüzgâr koşulları ve sipariş detayları gibi bilgilere cep telefonları üzerinden kolayca erişilmektedir (Enercon, 2021).

ENERCON SAP Ariba Network for Suppliers: ENERCON, satın alma süreçlerinde SAP Ariba Tedarikçi Platformu'nu kullanmaktadır. Ariba Network, satışların verimli bir şekilde yönetilmesine, nakit akışlarının iyileştirilmesine ve iş hacimlerinin genişletilmesine yardımcı olan dinamik, dijital bir pazardır (SAP Ariba, 2021).

Siemens-Gamesa Wind Dialogue: Bu müşteri hizmetleri portalı ile herhangi bir rüzgâr enerjisi santralinin konfigürasyonu, üretimi ve anlaşmaları izlenebilmektedir ve müşteriler rüzgâr çiftlikleri hakkındaki bilgilere anlık olarak ulaşabilmektedir (Siemens Gamesa, 2021a)

Siemens-Gamesa Ariba Strategic Sourcing: Kaynak sağlama, sözleşmeler ve tedarikçi yeterliliği modüllerini içeren bu platform ile Siemens Gamesa tedarikçileri ile dijital ve şeffaf bir iletişim ve iş birliği kurmaktadır (Siemens Gamesa, 2021b).

TPI Tedarikçi İlişkileri Portalı: TPI tedarikçileri ile arasındaki iş birliğini geliştirmek için bir Tedarikçi İlişkileri Portalı kullanmaktadır. Bu portal ile sistematik ve interaktif bir şekilde iş birliği yapılmakta ve tedarik zincirini güçlendirme, rekabetçi maliyetleri destekleme, müşteri ilişkilerini yönetme, riski azaltma ve verimliliği arttırma hedeflenmektedir (TPI Kompozit, 2021).

5.4.3. İnsan Kaynakları

Yenilenebilir enerji sektöründe yer alan meslekler, uzun süreli büyüme trendini sürdürerek 2019 yılı itibarıyla tahmini 11,5 milyona ulaşmıştır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) tarafından ortaya konulan COVID-19 sonrası gündem, önümüzdeki üç yıl içinde yaklaşık 5,5 milyon geçiş dönemine yönelik iş kollarının yaratılacağı şeklindedir. 2030 yılına kadar da küresel olarak yaklaşık 30 milyon yenilenebilir enerji istihdamının sağlanacağı da öngörülmektedir (IRENA, 2020a).

Çin, 2019'da yeni türbin montajları için lider ülke konumunda olmaya devam etmiştir ve 1,3 GW'ı denizüstü olmak üzere toplamda 26 GW kapasite eklemiştir (IRENA, 2020b). Ülkenin rüzgârla ilgili istihdamının yaklaşık 518.000 olduğu ardından 121.700 ile Almanya ve 120.000 iş ile de Amerika Birleşik Devletleri'nin geldiği belirtilmektedir (AWEA, 2020). Denizüstü ve karasal toplam istihdam, 2019'da dünya çapında 1,17 milyon kişi olarak belirtilmiştir. Kadınlar, sektördeki işgücünün %21'ini temsil etmektedir. Rüzgâr enerjisi sektörü kısıtlı sayıdaki ülkelerde istihdam yaratabilmektedir. Tek başına Çin, küresel olarak toplamın %44'ünü istihdam olarak oluşturmaktadır. Asya'daki rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili 648.000 iş, toplamın yaklaşık %56'sını oluştururken, bu oran Avrupa için %27, Kuzey Amerika için %11'ini olmuştur (IRENA, 2020a).

Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi (GWEC), COVID-19'un etkisini de göz önüne alarak, 2020-2024 yılları arasında dünya çapında yaklaşık 344 GW yeni denizüstü ve karasal rüzgâr gücü tesisinin kurulabileceğini belirtmektedir. Bununla birlikte, öğrenme eğrileri,

ölçek ekonomileri ve drone ve yapay zekâ gibi yeni teknolojiler, önümüzdeki yıllarda yenilenebilir enerji sektöründeki emek yoğunluğunu da şekillendirecektir (IRENA, 2020a).

Amerika Birleşik Devletleri, rüzgâr enerjisi alanında önemli yatırımlar gerçekleştiren ülkelerden biridir ve diğer ülkelerde olduğu gibi, Amerika Birleşik Devletleri'nde de rüzgâr enerjisine yönelik farkındalık oldukça hızlı bir şekilde artmaktadır. Rüzgâr endüstrisi iş gücündeki hızlı büyüme, büyük ölçüde yeni rüzgâr türbinlerinin kurulumuna bağlıdır, ayrıca mevcut tesislerdeki operasyonel işlerin de artması bu durumu tetiklemektedir. Özellikle rüzgâr enerjisi sektöründeki işlere yönelik farkındalığı arttırmaya yönelik girişimler de bulunmaktadır. Örnek olarak, Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı, öğrencilerin ve öğretmenlerin rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik farkındalıklarını arttırmak için "Wind for Schools Project" ve "Collegiate Wind Competition" gibi girişimleri desteklemektedir.

Rüzgâr enerjisi sektöründeki potansiyel artış, daha fazla çalışanın sürece dâhil olmasını gerektirecektir. Bu durum da, daha fazla eğitim ve öğretim programına olan ihtiyacı ön plana çıkarmaktadır. İşgücüne olan talebin artması, eğitim alan bireylerin potansiyel istihdam fırsatlarını anlamasını ve eğitim kurumlarının da işletmelerden çeşitli beceri ve yeterliliklere yönelik gereksinimleri talep etmesini de beraberinde getirmektedir. Çalışanların, rüzgâr enerjisi sektörünün ihtiyaçlarını karşılamaya hazır olmalarını sağlamak için, akademik kurumlar ve sektör arasında yakın iş birliğinin olması gerekmektedir. Sektöründeki önemli işletmeler, (Vestas, GE) kendi bünyelerinde de çalışanlarına kurum içi eğitimler sunmaktadırlar (Keyser & Tegen, 2019).

National Renewable Energy Laboratory (NREL)'in Amerika Birleşik Devletleri'nde rüzgâr enerjisi sektöründeki (karasal rüzgâr enerjisi) insan kaynakları müdürlerine ve bu alanda eğitim veren kurumlara yönelik gerçekleştirdiği anket çalışmasında, insan kaynakları müdürlerinin büyük bir çoğunluğunun (%50'den fazla), işe alım süreçlerinde genel tecrübeye ek olarak rüzgâr enerjisi alanında tecrübeyi dikkate aldıkları belirlenmiştir. Mesleki tecrübe özellikle de, rüzgâr teknisyenleri, güç sistemleri ve iletim mühendisleri ve rüzgâr enerjisi geliştiricileri alanlarında daha fazla ön plana çıkmaktadır. Ankete katılanların birçoğu, nitelikli adayları işe almakta zorluk yaşadıklarını belirtirken, birçok eğitim kurumu da, bu alandaki kursları ve dersleri doldurmada sıkıntı yaşadıklarını belirtmişlerdir. Bu uyumsuzluk da "işgücü açığı" olarak değerlendirilmiştir (Keyser & Tegen, 2019).

Ankete katılan işletmelerin üçte ikisinden fazlası rüzgâr enerjisi alanında bilgi ve beceriye sahip çalışan bulmanın oldukça zor olduğunu belirtmiştir. Bu durum, çalışanların rüzgâr enerjisi sektörünün hangi alanında çalıştıklarına da bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İşletmelerin nitelikli çalışan bulmada en fazla zorlandıkları meslekler; bilim insanları (hem uygulamalı hem de alanda çalışan) ile bu alanda çalışan işçiler olarak belirtilmiştir. İşçiler, inşaat demiri bağlama, çimento işi, tırmanma, yüksekte çalışma vb. işleri içeren rüzgâr türbin bileşenlerinin kurulumu için istihdam edilen taraflar olarak tanımlanmıştır.

5.4.3.1. Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Yer Alan Ana İş Profilleri

İnsan kaynakları, enerji alanındaki büyümenin desteklenmesinde, özellikle yetenek yönetimi ve iş gücü planlamasında önemli bir rol oynamaktadır. Hızla büyüyen sektörde bu pozisyonlara uygun işgücü bulmak için en iyi yetenekleri işe almak, bu gelişmeyi sürdürmek için oldukça önemlidir. Rüzgâr enerjisi üreten ve kullanan bir ülke için, gelir ve iş yaratma potansiyeli, değer zincirinin farklı aktivitelerindeki yerel sanayinin mevcut ekonomik faaliyetlerden ne ölçüde yararlanabileceğine ve ne ölçüde yenilerini yaratabileceğine bağlıdır. Rüzgâr enerjisi değer zincirinde yer alan ana aktiviteler; proje planlama, tedarik, üretim, taşımacılık, kurulum ve şebeke bağlantısı, işletme ve bakım ve onarım ve işletmeden çıkarma olarak sıralanabilir. Değer zincirindeki destek aktiviteler ise; danışmanlık, idari işler, eğitim, politika oluşturma, finans, AR&GE olarak sıralanabilir. Değer zincirindeki bu aktivitelerden olabildiğince fazla verim elde edebilmek adına, gerekli olan iş gücü, bilgi ve becerilerin derinlemesine bir şekilde incelenmesi ve anlaşılması gerekmektedir. Bu süreçte, rüzgâr enerjisi

sektöründeki insan kaynaklarını alanında yer alan ana iş profilleri olarak; üretici işletmeler, geliştiriciler, inşaat, bakım ve onarım alanında çalışanlar, bağımsız güç üreticileri, kamu kurumları, danışmanlık hizmeti veren işletmeler, mühendislik ve finansman hizmeti sunan kuruluşlar, AR-GE merkezleri ve diğer işletmeler belirtilebilir. Tablo 29, bu işletmelerdeki ana iş tanımlarını göstermektedir.

Rüzgâr enerjisi sektöründe karasal ve denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinde çalışanların uzmanlık alanları ve iş profilleri ile ilgili farklılıklar görülebilmektedir. Tablo 29'dan da görüldüğü üzere, yönetim alanında çalışan personel, STEM-bilim, teknoloji, mühendislik, matematik (science, technology, engineering, math) ve STEM dışı personel, 50 MW karasal rüzgâr enerjisi projesi için gerekli olan işgücünün yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. İşgücünün kalan üçte ikisi ise daha ağırlıklı olarak mavi yakalı işlerde çalışanları içermektedir (inşaat ve fabrika işçileri vb.). Benzer olarak, 500 MW denizüstü rüzgâr enerjisi santrali için, mavi yakalı çalışanlar %47'lik bir paya sahipken, STEM ve STEM dışı personel toplamda %41'lik bir paya sahiptir (IRENA, 2017).

TABLO 29. 50 MW Rüzgâr Santrali Geliştirilmesi için İhtiyaç Duyulan İnsan Kaynağının Meslek Bazında Dağılımı

Değer Zincirindeki Aktiviteler	Gereken İş Gücü Oranı
Proje Planlama	%2
Tedarik ve üretim	%17
Taşımacılık	%1
Kurulum ve şebeke bağlantısı	%30
İşletme ve bakım-onarım	%43
İşletmeden çıkarma	%7
Toplam	%100 (144,420 gün)

Kaynak: IRENA (2017)

TABLO 30. Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Ana İş Profilleri

Şirket Tipi	Faaliyet Alanı	Ana İş Tanımları
Üreticiler	Rüzgâr türbini üreticilerini içerir. (ana parçaları üretenler ve montaj fabrikaları dâhil)	AR-GE sorunları, ürün tasarımı, yönetimi ve üretim sürecinin kalite kontrolü ile ilgilenen nitelikli kimya, elektrik, mekanik ve malzeme mühendisleri Üretim kısmında yer alacak yarı-nitelikli ve niteliksiz mavi yakalı çalışanlar Sağlık ve emniyet uzmanları Rüzgâr türbinlerinin bakım ve onarımı için teknik personel Diğer destek personel (idare, satış, pazarlama ve muhasebe alanlarında)

Şirket Tipi	Faaliyet Alanı	Ana İş Tanımları
Geliştiriciler (Developers)	Rüzgâr enerjisi santrallerinin geliştirilmesine yönelik tüm işlemlerini yönetenlerdir. (Planlama, izinlerin alınması, inşa süreci vb.).	Süreci koordine edecek proje müdürleri (mühendisler, ekonomistler) Rüzgâr enerjisi santrallerinin çevresel etkilerini inceleyecek olan çevre mühendisleri ve diğer uzmanlar Rüzgâr enerjisi tahminleri ve modellemeler için programcılar ve meteoroloji uzmanları Proje geliştirmede yasal ve finansal süreçlerle ilgilenecek avukatlar ve ekonomistler Diğer destek personel (idare, satış, pazarlama ve muhasebe alanlarında)
İnşaat, Bakım ve Onarım	Rüzgâr enerjisi santralinin inşası, düzenli olarak denetimi ve bakım-onarım faaliyetlerini yürütenlerdir.	Rüzgâr türbinlerinin bakım-onarım ve tamiri için teknik personel İnşaat işlerinin koordinasyonu için elektrik ve inşaat mühendisleri Sağlık ve emniyet uzmanları Ağır yüklerin taşınması alanında çalışan uzmanlar Elektrik teknisyenleri Elleçleme (vinç kullanımı), nasel vb. kurulum aktivitelerini de içeren rüzgâr türbini kurulumunda uzmanlaşmış teknik personel Üretim kısmında yer alacak yarı-nitelikli ve niteliksiz mavi yakalı çalışanlar Diğer destek personel (idare, satış, pazarlama ve muhasebe alanlarında)
Bağımsız güç üreticileri, kamu	Rüzgâr enerjisi santralinin operasyonu ve üretilen elektriğin satışını gerçekleştirenlerdir.	Fabrikaların yönetiminde yer alacak elektrik, çevre ve inşaat mühendisleri Eğer bakım-onarım görevi başka bir işletmeye devredilmesiyse, fabrikaların bakım ve onarımı için teknik personel Sağlık ve emniyet uzmanları Elektriğin satışı ile ilgilenecek satış ve pazarlama personeli Diğer destek personeli (idari işler ve muhasebe)
Danışmanlık hizmeti veren işletmeler, tüzel kişiler, mühendislik ve finansman kuruluşları, sigortacılık hizmeti sunun işletmeler, AR-GE merkezleri ve diğerleri	Rüzgâr enerjisi işiyle bağlantılı çeşitli özel faaliyetleri yürüten taraflardır.	Rüzgâr rejimlerinin ve tahminlerin analizi için programcılar ve meteoroloji uzmanları Aerodinamik, hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve diğer AR-GE alanlarında uzmanlaşmış mühendisler, Çevre mühendisleri. Enerji politikası uzmanları. Sosyal araştırmalar, eğitim ve iletişim konusundaki uzmanlar, Finans uzmanları ve ekonomistler, Enerji ve çevre konularında uzmanlaşmış avukatlar, Pazarlama personeli

Kaynak: EWEA (2019)

Tablo 30'dan da görüldüğü üzere, 50 MW'lik bir rüzgâr enerjisi projesini geliştirmek için gereken toplam 144.420 kişi-günü ve işgücü gereksinimleri değer zinciri boyunca farklılık göstermektedir. En yoğun işgücü gereksinimlerinin olduğu değer zinciri aktivitesi olarak işletme ve bakım ve onarım görülmektedir. Bunu, kurulum ve şebeke bağlantısı takip etmektedir. Taşımacılık/lojistik faaliyetlerin ise %1'lik bir paya sahip olduğu görülmektedir.

5.4.3.2. Dünyada Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Lojistik İşgücü

Rüzgâr enerjisi santralinin proje planlamasından başlayarak, en son aşamasına kadar devam eden süreçte birçok farklı işkolundan insan kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Proje planlaması, rüzgâr enerjisi santralinin kurulumunun ilk aşamasında yer alan önemli bir aşamadır ve bu aşamada 50 MW'lik bir rüzgâr enerjisi santralinde gereken insan kaynakları Tablo 31'de gösterilmiştir.

Tablo 31'den görüldüğü üzere, 2 MW türbinler ile 50 MW'lik bir rüzgâr enerjisi santrali 2,580 kişi-günü gerektirmektedir. **Proje geliştirme aktiviteleri,** bu iş gücünün %70'ini içermektedir (1,780 kişi-gün). Bunu %12 ile tasarım, %11 ile alan seçimi ve %8 ile fizibilite analizi takip etmektedir. Gerekli olan yeterlilikler açısından değerlendirildiğinde, işgücünün yaklaşık %40'ı (1,200 kişi-gün) enerji alanındaki düzenlemeler, vergilendirme uzmanları kategorisindedir. Bu durum da yerel süreçlere yönelik bilginin oldukça önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Buna yönelik ihtiyaçların bir kısmı, yabancı uzmanlar tarafından karşılansa da

TABLO 31. 50 MW Ölçeğindeki Bir Rüzgâr Enerjisi Santrali Proje Planlaması Süreçleri İtibarıyla Gereken İnsan Kaynakları

İnsan Kaynağı Türü	Proje Alanı Seçimi	Fizibilite Çalışması	Mühendislik /Tasarım	Proje Geliştirme	Mesleğe Göre Toplam
Enerji alanındaki düzenlemeler, vergilendirme vb. alanlardaki uzmanlar	140	60	100	720	1,020
Finansal Analist	-	30	-	700	730
Lojistik Uzman	-	-	-	360	360
Elektrik/mekanik/inşaat/enerji mühendisleri	50	90	150	-	290
Çevre uzmanları	50	30	-	-	80
Sağlık ve emniyet uzmanları	-	-	50	-	50
Jeoteknik uzmanları	50	-	-	-	50
Toplam	290	210	300	1,780	2,580

Kaynak: IRENA (2017)

yerel işgücünün istihdamı açısından fırsatların yer aldığı belirtilebilir. Toplam işgücünün %16'sı (240 kişi-gün) rüzgâr enerjisi sektöründe bilgisi ve tecrübesi olan özel mühendisler, çevre ve jeoteknik uzmanlarına aittir. Bu uzmanlar geçici olarak yurtdışından istihdam edilerek proje süresince çalışabilirler. Bunun yanı sıra, eğitim ve öğretim programlarıyla mevcut yerel personelin de bilgi ve becerilerinin bu yönde geliştirilmesi sağlanabilir. Tablo 32'den de görüldüğü üzere, proje planlaması sürecinde %14 oranında lojistik personel ihtiyaç duyulmaktadır.

Tedarik ve üretim süreci, proje planlamasının ardından yer alan süreç olarak tanımlanmıştır. Rüzgâr türbinin ana bileşenleri, nasel (iç bileşenleri ile birlikte), kanatlar, kule ve gözlem ve kontrol sistemleri olarak belirtilebilir. Bu süreçler için değerlendirildiğinde, 50 MW'lik bir rüzgâr enerjisi santralinde bileşen bazında lojistik uzman kategorisinde kişi-gün olarak; nasel için 620 kişi-gün, kanatlar için 125 kişi-gün, kule için 300 kişi-gün, gözlem ve kontrol sistemleri için 15 kişi-gündür. Bu süreçte, fabrikada üretim alanında çalışan işçiler %65'lik bir orana işgücü açısından sahip iken, lojistik alanındaki işgücünün oranı %6'dır. Tablo 33, bileşenlerin taşınması sürecinde ihtiyaç duyulan insan kaynaklarının oranını göstermektedir.

TABLO 32. 50 MW Ölçeğindeki Bir Rüzgâr Enerjisi Santrali Proje Planlamasında Yer Alan İnsan Kaynaklarının Dağılımı

İnsan Kaynakları	Gereken İş Gücü Oranı
Enerji alanındaki düzenlemeler, vergilendirme vb. alanlardaki uzmanlar	%40
Finansal Analist	%28
Lojistik Uzman	%14
Elektrik/ mekanik/inşaat/enerji mühendisleri	%11
Çevre ve jeoteknik uzmanları	%5
Sağlık ve emniyet uzmanları	%2
Toplam	%100 (2,580 kişi-gün)

Kaynak: IRENA (2017)

Görüldüğü üzere, rüzgâr türbini bileşenlerinin taşınması sürecinde, en önemli paya sahip işgücü, tır-kamyon şoförleri ve vinç operatörleridir. Ülkelere göre bu işgücünün istihdamında özel yeterlilik ve beceriler de istenebilmektedir. Lojistik açıdan karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, uzak mesafelerde büyük hacimli yüklerin taşınmasıdır. Trafik sıkışıklığı, yol hasarı, koordinasyon eksikliği ve yüksek maliyetler karşılaşılan en önemli sorunlar olarak belirtilmektedir. Tek bir rüzgâr türbini her biri 33 ton ağırlığında 80 m uzunluğunda kanatlara sahip olabilir ve bunu karayoluyla taşımak için sekiz tıra ihtiyaç duyulabilmektedir (biri nasel için,biri hub için, üçü kanatlar ve üçü kule bölümleri için). Taşımacılığa yönelik maliyetler, türbinlerin ve rüzgâr santralinin boyutu ve katedilen mesafe ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu maliyetleri düşürmek için, büyük türbin üreticilerinin tedarik zincirlerinin belirli kısımlarını Latin Amerika gibi yüksek talep gören ülkelere kaydırabilmektedirler.

TABLO 33. 50 MW Ölçeğindeki Bir Rüzgâr Enerjisi Santrali Taşıma Sürecinde Yer Alan İnsan Kaynaklarının Dağılımı

İnsan Kaynakları	Gereken İş Gücü Oranı
Tır-kamyon şoförleri ve vinç operatörleri	%71
İdari personel	%14
Lojistik uzman	%6
Yasal düzenlemelerle ilgili uzman	%6
Elleçleme operasyonlarını yönetecek teknik personel	%3
Toplam	%100

Kaynak: IRENA (2017)

Kurulum ve şebeke bağlantısı süreci 12-20 ay süren bir aşama olarak değerlendirilmektedir. Bir rüzgâr türbininin kurulumu ve şebeke bağlantısının yapılması 34,500 kişi-gün olarak belirtilmiştir. Bu sürecin en emek yoğun kısmı, sahanın hazırlanması ve inşaat faaliyetlerinin planlanmasıdır ve bu da toplamın yaklaşık %50'sine tekabül edebilmektedir (16,600 kişi-gün). Bu süreçte lojistik uzmanlar ağırlıklı olarak 240 kişi-gün ile sahanın hazırlanması ve inşaat faaliyetlerinin planlanması sürecinde yer almaktadırlar. En yoğun işgücü gereksinimi, 26,600 kişi-gün ile inşaat işçileri ve teknik personel olarak belirtilmiştir (IRENA, 2017).

İşletme ve bakım-onarım sürecinde türbinlerin bakımı, idari süreçler, sigorta, arsanın kiralanması, elektrik şebekesinin kurulumu gibi faaliyetler bulunmaktadır. Bu faaliyetlerde aktif olarak çalışan bir lojistik uzmanı belirtilmemiştir.

Son aşama olarak ise, **işletmeden çıkarma süreci** yer almaktadır. Bu süreç ana olarak, sürecin planlanması, söküm, geri dönüşüm/sahanın boşaltılması aktivitelerinden oluşmaktadır. Lojistik uzmanlara bu süreçte 25 kişi-gün olarak planlama aşamasında ihtiyaç duyulmaktadır. Kamyon-tır şoförleri ve vinç operatörlerine ise 1,800 kişi-gün ile söküm aşamasında ihtiyaç duyulmaktadır (IRENA, 2017).

5.4.3.3. Denizüstü Rüzgâr Türbini Santrali Süreçlerinde Gereksinim Duyulan İnsan Kaynakları

Bu alanda destek veren işletmeler vardır. Bunlardan birinin örnek olarak insan kaynakları açısından ne şekilde sürece dâhil olduğu aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

TABLO 34. Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Santrali Süreçlerindeki İnsan Kaynakları

Ana Süreçler	İnsan Kaynaklarına Yönelik Süreçler
Geliştirme ve Yatırım Aşaması:	▸ Lisanslama ve izinlerin alınması alanındaki uzmanların işe alınması ▸ İş geliştirme müdürlerinin işe alınması ▸ İhale desteği ▸ Maaş karşılaştırması
Mühendislik, Satın Alma ve İnşaat (EPC) Aşaması:	▸ Proje ve mühendislik ekiplerinin oluşturulması ▸ İnşaat sürecinde çalışacak personelin bulunması ve eğitilmesi
Denizüstü Santral Kurulum Aşaması:	▸ Gemi mürettebatının işe alınması ▸ Denizüstü rüzgâr enerjisi santrali teknisyenlerin işe alınması ▸ Müşteri temsilcileri ▸ Hareketliliğe yönelik destek ekibin oluşturulması (seyahat, konaklama, tıbbi destek, sertifikalandırma)
Hizmet, Teknoloji ve Ekipman Sağlayan İşletmeler:	▸ Gerekli araçların, koruyucu malzemelerin temini 7/24 hizmet ekibinin oluşturulması ▸ Sözleşmeli veya doğrudan işe alım ekiplerinin oluşturulması ▸ Danışmanlık

Kaynak: Airswift (2021)

Yenilenebilir enerji ile ilgili eğitim ve öğretimin sağlanmasında bilgi ve iletişim teknolojilerindeki yenilikler önemli rol oynayabilir. Modeller ve simülasyonlar, eğitimi alanların teknik becerilerini geliştirmek için kullanılabilir ve çevrimiçi içeriğin esnek bir şekilde sunulması, eğitimi alanların katılımını da geliştirebilir. Eğitimi alan kişilerin farklı eğitim seviyelerini dikkate alan kişiselleştirilmiş programların sunulmasında öğrenme-yönetimi sistemleri de kullanılabilir. Bilgi ve iletişim teknolojileri, sektör ile teknik ve mesleki eğitim öğretim kurumları arasındaki iş birliğini arttırmak için de kullanılabilir, böylece uzmanların müfredata katkıda bulunmasına ve eğitimi dijital ortamda sunmasına olanak sağlar. Bununla birlikte, teknoloji destekli öğrenme, düşük gelirli ülkelerin gerekli ekipman ve altyapıya erişiminin olmadığı alanlarda oldukça ciddi oranda eşitsizlikleri de beraberinde getirebilecektir.

Özel sektörü sürece dâhil etmek, sektörel işgücü gereksinimlerini karşılamak, ulusal beceri standartlarını teşvik etmek, yaparak öğrenmeyi mümkün hale getirmek ve genel olarak eğitim kalitesini arttırmak için çok önemlidir. Kamu-özel sektör iş birlikleri, teknik ve mesleki eğitim öğretim kurumları için de önemli bir rol oynamaktadır. Özel sektör, kursların sağlanması, işe dayalı öğrenme, stajlar, bilgi ve ekipman sunumu dâhil olmak üzere çeşitli şekillerde sürece dâhil olabilir. Bununla birlikte, özel sektör, teknik ve mesleki eğitim kurumlarının finansmanında giderek daha önemli bir rol oynamaktadır. Bağışlar, vergi teşvikleri, burslar vb. gibi bir dizi finansman mekanizmasını içeren daha entegre bir eğitim ve işe alma modelinin kullanılması gerektiği de belirtilmektedir (IRENA, 2020a).

2050 itibarıyla, IRENA Dönüşen Enerji Senaryosu toplamda enerji sektöründe 100 milyon çalışan olacağını öngörmektedir. Bunların 42 milyonu, yenilenebilir enerji sektöründe iken, 21 milyonu enerji verimliliğinde, yaklaşık 15 milyonu elektrik şebekeleri ve enerji esnekliğinde, geri kalanının da geleneksel teknolojilerde çalışacağı belirtilmiştir (IRENA, 2020c).

2019 GETI (Global Energy Talent Index) raporuna göre, yenilenebilir enerji alanında çalışan profesyonellerin %77'si farklı bir sektörde çalışmaya yönelik olumlu görüş bildirmiştir. Bu, bir önceki yıla göre %43 oranında artmıştır. Bu durum, ücretlerin arttığı ve sektördeki çalışanların genel anlamda hoşnut olduğu göz önüne alındığında şaşırtıcı derecede yüksek bir oran olarak görülmektedir. Bunun ana sebebinin sektörün uzun vadeli beklentilerine paralel olarak çalışanlardaki mevcut beceri eksikliği ve bunun yaratmış olduğu huzursuzluk olduğu belirtilmektedir. 2019 GETI raporuna göre, üzerinde çalışılması gereken alanlar disiplinler arası problem çözme, liderlik, stratejik planlama ve süreç yönetimidir. Bu alanlardaki eksiklikler giderilmediğinde, şirketler verimlilikte düşüş riskiyle karşı karşıya kalabilecektir. Bu tür problemleri ortadan kaldırmak için de mevcut iş gücünün eğitilmesi, çıraklık-staj programları ile uygulamaların artırılması önerilmektedir (Airswift, 2020).

Rüzgâr türbini teknisyenliğinde, mesleki yetkinlik önemli bir ölçü olarak değerlendirilmektedir. Avrupa'daki uygulama sahalarında tamamlanan eğitimler sonrası, sertifika ile bu işe yönelik yetkinlik kazandığı kabul edilen teknik personel Türkiye'deki rüzgâr enerjisi santrallerinde görev almaya başlamaktadır.

Tüm yenilenebilir enerji sektörü alanlarında olduğu gibi, rüzgâr enerjisi alanında da, kadın işgücünün öneminin giderek arttığı belirtilebilir. Rüzgâr enerjisi sektöründe kadınların katılımını ön plana çıkarabilmek adına, IRENA, "Women in Wind" isimli ortağıyla bir araştırma gerçekleştirmiştir. Yapılan anket çalışmasında 71 ülke ve bölgeden toplam 921 geri dönüş sağlanmıştır ve 132 katılımcı anketi çalıştıkları kurum adına cevaplarken, 789 kişi kendileri bireysel olarak cevaplandırmışlardır. Katılanların %70'i kadındır. Ana olarak, kadınların rüzgâr enerjisi sektöründeki payı %21 olarak belirtilmiştir. Bu oran, tüm yenilenebilir enerji sektöründeki %32'lik paya göre düşük olarak görülmektedir.

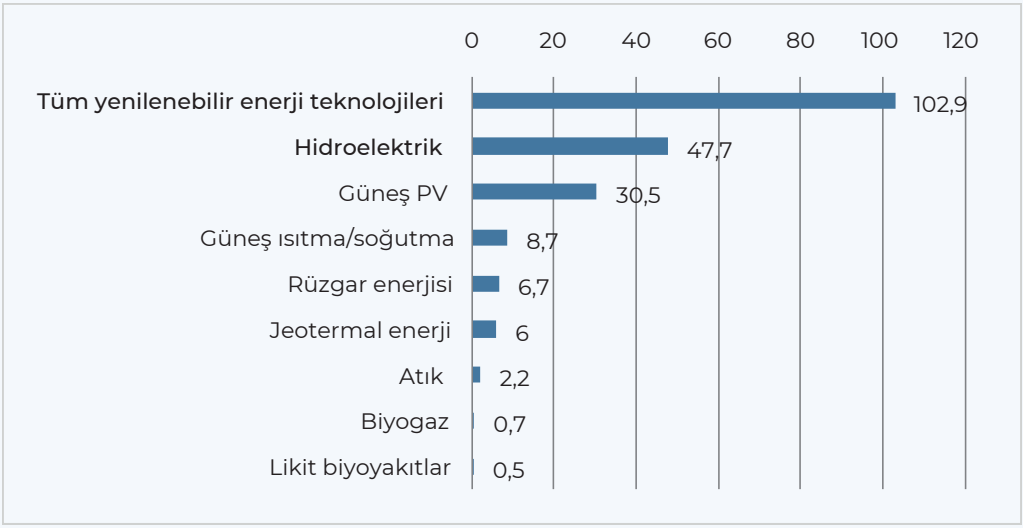
Anket, rüzgâr enerjisi değer zincirinde (proje planlama ve ekipman imalatı, inşaat ve kurulum, tesislerin işletimi ve bakımı gibi alanlarda) kadın işgücü için iş fırsatlarının var olduğunu ortaya koymuştur (IRENA, 2019a). Bu fırsatlar, ayrıca, finans, bilgi teknolojileri, yönetim, pazarlama, iş geliştirme, hukuki süreçler gibi çeşitli destek hizmetlerini de içermektedir. IRENA'nın "Transition Pathway (ReMap) çalışmasında, 2050 itibarıyla dünyadaki rüzgâr alanındaki çalışan sayısının 6 milyonu geçeceği öngörülmüştür (IRENA, 2019b). Oluşturulabilecek uygun politikalar, kadınların bu meslek kollarında eşit olarak paylarını alabilmelerini sağlayacaktır. Bu yönde, eğitime ve öğretime daha iyi erişim, çevre edinerek ilişkiler kurma, rehberlik, iş-yaşam dengesi gibi alanlarda çeşitli politikalar oluşturulmalıdır (IRENA, 2019a).

5.4.3.4. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Sektöründe İnsan Kaynakları

Türkiye, yenilenebilir enerji alanında sahip olduğu yüksek potansiyel sayesinde bir yandan enerjisini yenilenebilir ve temiz kaynaklardan sağlarken, diğer yandan sanayisini ve istihdamını geliştirme fırsatına sahip bir ülke olarak değerlendirilmektedir.

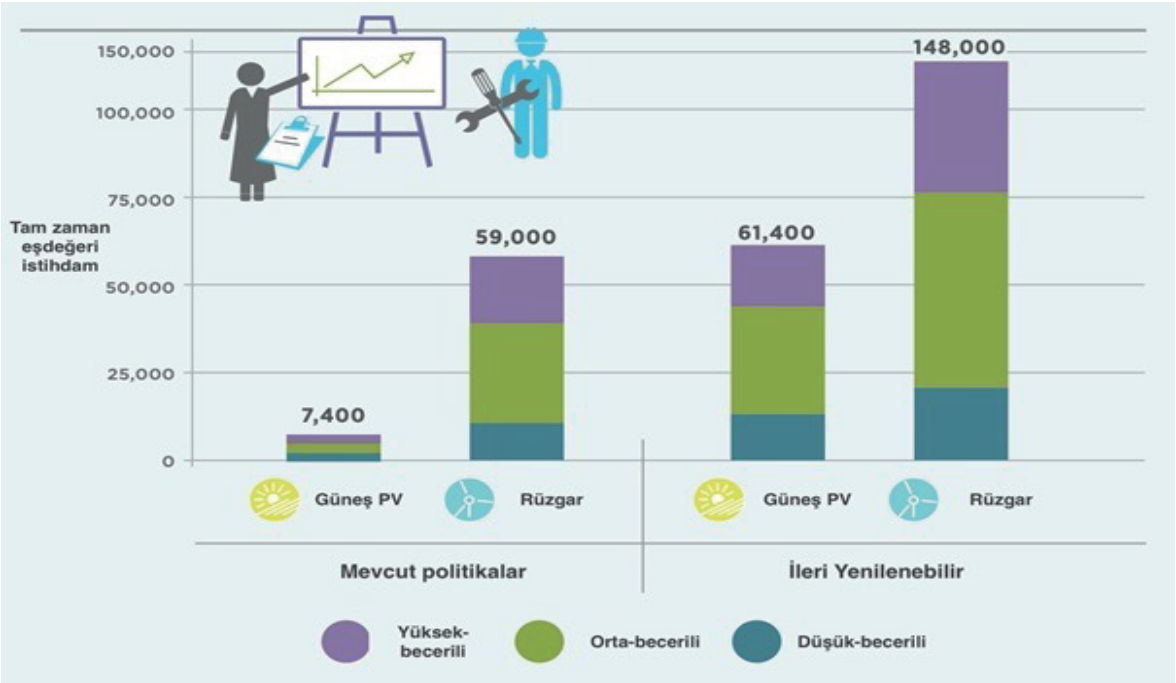
Artan yenilenebilir enerji yatırımları sayesinde gelişen sanayi üretimi ve kurulum faaliyetleri yeni istihdam olanaklarının yaratılmasına da katkı sağlamaktadır. 2018 yılı itibarıyla rüzgâr enerjisindeki toplam istihdam 7 bin kişiye yükselmiştir (bknz. Şekil 128) (Temiz Enerji, 2020).

ŞEKİL 128. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Teknolojilerine Göre İstihdam (bin, 2018)



Kaynak: Temiz Enerji (2020)

ŞEKİL 129. Farklı Senaryolar Altında Türkiye'nin 2028'e Kadar Geliştirebileceği Yenilenebilir Enerji İstihdamı



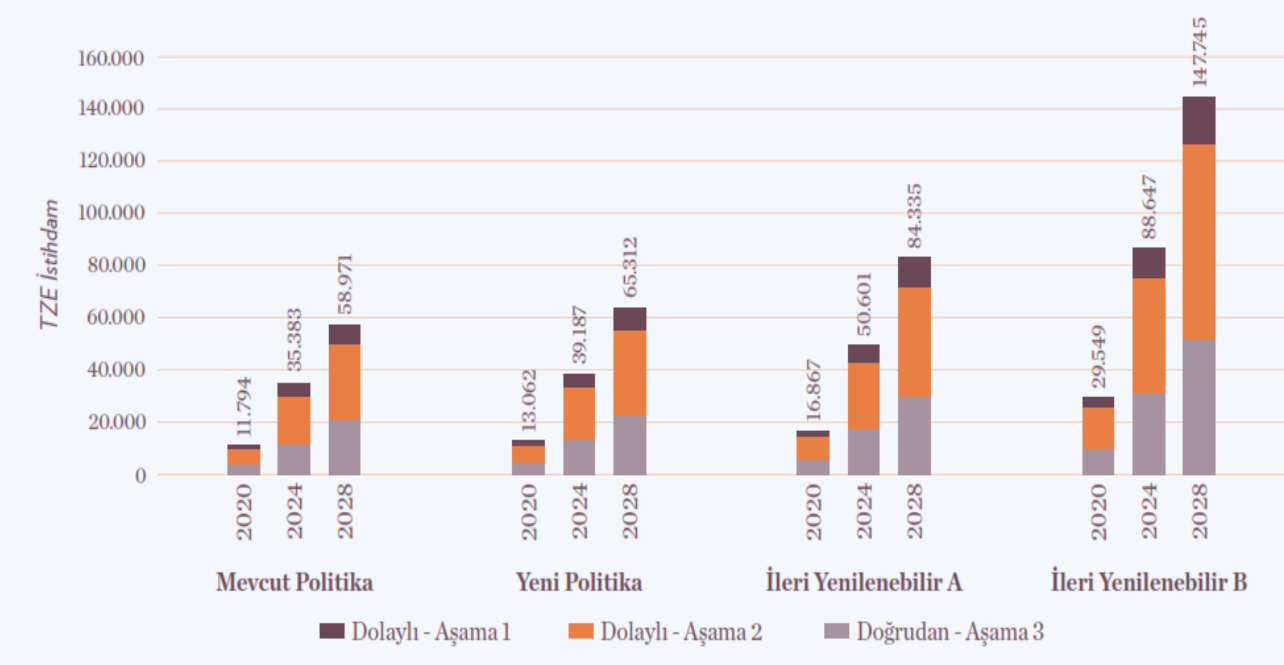
Kaynak: Temiz Enerji (2020)

Elektrik Sektörünün Karbonsuzlaştırmanın Yan Faydalarının Analizi adlı çalışma kapsamında Bengisu Özenç ve Efşan Nas Özen'in birlikte hazırladıkları "Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiyle Beceri ve İstihdam Gelişimi Raporu" undaki bulgular 2028 yılına kadar rüzgâr enerjisinde 148 bin tam zaman eşdeğeri istihdam yaratmanın mümkün olduğunu göstermektedir (Şekil 129).

Rüzgâr enerjisi üretimindeki her bir MW'lık artış, değer zincirinin tamamındaki TZE (Tam Zaman Eşdeğeri) çalışan sayısında 6,34'lük bir artışa neden olmaktadır. Yaratılan bu TZE istihdamın %36'sı doğrudan elektrik üreticileriyle ilişkilidir, geriye kalan %64'ü ise değer zincirinin birinci ve ikinci aşamalarında dolaylı olarak yaratılmaktadır. Rüzgâr enerjisi sektöründe TZE istihdamdaki artışın büyük kısmının orta becerili meslekler (%56) ve yüksek becerili mesleklerde (%30) olduğu belirtilmektedir (Özenç & Nas Özen, 2020).

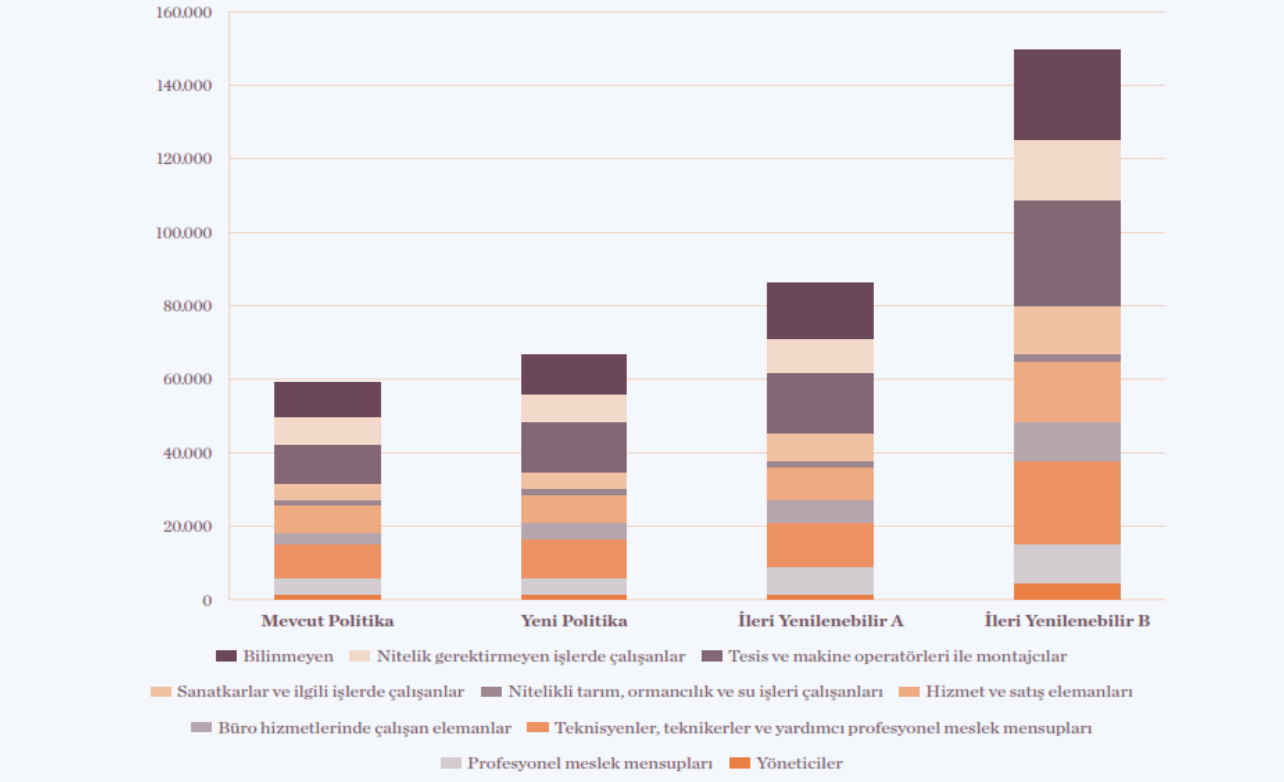
Şekil 129 senaryolara göre toplam TZE istihdam tahminini, Şekil 130 ise önümüzdeki 10 yılda mesleklerin senaryolara göre dağılımını göstermektedir.

ŞEKİL 130. Rüzgâr Enerjisi Değer Zincirinde Farklı Senaryolara Göre İstihdam Gelişimi, 2020–2028



Kaynak: Özenç & Nas Özen (2020)

ŞEKİL 131. Rüzgâr Enerjisi Değer Zincirinde Farklı Senaryolara Göre Tahmini İstihdam Dağılımı, 2028



Kaynak: Özenç & Nas Özen (2020)

Çalışmanın sonuçlarına göre Türkiye'nin yenilenebilir enerji teknolojilerine yapılan yatırımları artırarak, istihdamı önemli ölçüde geliştirebileceği görülmektedir. Rüzgâr sektörü mevcut politika senaryosunda ise, istihdamın önümüzdeki 10 yıl içinde 59.000 TZE çalışan sayısı ile en üst seviyeye ulaşacağı öngörülmektedir, ancak bu sayının mevcut politika senaryosundaki iddia seviyesi yükseltildiği takdirde iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir (Özenç & Nas Özen, 2020).

Türkiye'de iş gücünün önemli bir bölümü (resmi kayıtlı çalışanlar) yenilenebilir enerji yatırımlarıyla ilişkilidir. Rüzgâr enerjisi sektöründe istihdam yaklaşık 8 milyonun üzerindedir (Özenç & Nas Özen, 2020). Yenilenebilir enerji teknolojilerinin üretimi ve dağıtımındaki istihdam modelleri, diğer sermaye yatırım malları endüstrilerindekilere büyük ölçüde benzemektedir. Proje geliştirme ile inşaat ve kurulumdaki istihdam yapıları ise oldukça farklıdır. Çalışmalar proje tabanlı olduğu için istihdamın devamlılığı projenin akışına bağlıdır. Uluslararası düzeyde mobil olan yüksek vasıflı çalışanlar, işin mevcut olduğu yerlere taşınarak bu sürekliliği elde edebilmektedirler. İşletme ve bakım hizmetlerindeki istihdam olanakları ise daha istikrarlıdır (ILO, 2011). İstihdam ve bölgesel kalkınma sağlayarak işsizliğin azalmasında önemli ölçüde etkisi olan rüzgâr enerjisi sektörünün kırsal kesimlere de faydaları oldukça fazladır. Ülkemizde rüzgâr türbin ve kulelerini üreten firmaların mevcudiyeti dikkate alındığında, yapım aşamaları ve inşaat faaliyetleri ile yöredeki insanlara iş imkânı sağladığı ve bu bölgelerdeki elektrik ağlarını geliştirdiği görülmektedir. Ayrıca kırsal kesimlere kurulan rüzgâr türbinleri, uygun araziler için ödenen satın alma veya kiralama bedelleriyle bölgedeki insanlara önemli ölçüde ekonomik katkı sağlamaktadır (İlkkılıç, 2016).

5.4.3.4.1. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Lojistik Süreçlerde İnsan Kaynakları

Hızla önem kazanan yenilenebilir enerji kaynaklarına ait rüzgâr türbini üretimi ile üretilen malzemelerin taşınma ihtiyacının ortaya çıkması enerji ve lojistik sektörünü birleştirmektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarının artmasıyla Türkiye lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmalarda özel bir uzmanlık alanı gerektiren "enerji lojistiği" konusunda bölümler açılmaya başlanmıştır. Enerji sektöründe gerçekleştirilecek

olan her bir büyük proje, lojistik alanında önemli bir iş imkânı sunar. Toplumun ve ekonominin ihtiyaç duyduğu enerjiyi yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve güvenli bir şekilde sağlama zorunluluğu olan enerji sektöründe, uygun ulaştırma modunun seçimi, ekipmanların hasarsız ve zamanında proje sahasına teslimi, doğru planlama gibi unsurlar çok önemlidir. Bu önemin farkında olan ve kapasitesi gittikçe artan rüzgâr enerjisi sektörü ile sürdürülebilir bir çalışma sistemi oluşturmayı amaçlayan Türkiye lojistik firmaları, standart dışı ağır ve hacimli yüklerin taşınması için proje taşımacılığında uzmanlaşmak için girişimlerde bulunmaktadırlar. Lojistik sektörü için enerji alanının önemli bir yatırım potansiyeli oluşturduğu söylenebilir (Erkeskin, 2021).

Rüzgâr enerjisi sektörünün büyümesi ile birlikte Türkiye lojistik sektörü de kendini yenileyerek hizmet kalitesini ve tecrübesini artırmaktadır. Rüzgâr enerjisi santralleri projelerinin lojistik açıdan en önemli gereksinimlerinden biri de esnek çalışma zamanlarına uyum sağlayacak nitelikli ve tecrübeli personeldir. Rüzgâr enerjisi projelerindeki karayolu taşımacılığı ve doğru ekipman tedariği gibi konular tamamen bilgi ve tecrübe gerektiren hassas operasyonlardır (Uta Lojistik, 2012).

Proje lojistiği alanında sertifikasyona sahip olan birçok firma bulunsa da bu sayının artırılması gerekmektedir. İnsan kaynağı bu anlamda öncelikli yatırım alanı olmalıdır. Rüzgâr enerjisi sektörünün lojistik süreçlerinde; öngörülmeyen yol çalışmalarının nakliyeyi aksatması, nakliye çalışmaları için karayolları izinlerinin değişkenlik göstermesi, türbin kanatlarının nakliyesinin yarattığı zorluklar, gümrükleme ve ithalat işlemleri için uygun tedarikçi seçimi gibi birçok zorluk bulunmaktadır. Ayrıca hem lojistik hem de vinç hizmeti veren firmalar önemli miktarlarda ekipman yatırımı gerçekleştirmektedir. Bu yüzden işin teknik hesaplamalar ve teknolojik üretme kısmında eğitim almış, yetiştirilmiş, tecrübeli mühendislere ihtiyaç duyulmaktadır. Sektörde ciddi anlamda kalifiye insan kaynağına ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır. Artık bir mühendislik dalı haline gelmeye başlayan lojistikte optimizasyon konusunun ileride proje taşımacılığı alanında da büyük bir öneme sahip olacağı düşünülmektedir. UTİKAD tarafından düzenlenen FIATA Diploma Eğitimleriyle nitelikli personel ihtiyacının karşılanmasına katkı sunmaya çalışılmaktadır (Uta Lojistik, 2018).

5.4.3.4.2. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Sektörüyle İlişkili Mevcut Eğitim Faaliyetleri

Rüzgâr enerjisi; aerodinamik, meteoroloji, kontrol, inşaat ve ekonomi gibi farklı konuları içeren multidisipliner bir alandır. Lisans eğitiminde; makina, uçak/havacılık, çevre, fizik, meteoroloji, inşaat, elektrik ve malzeme gibi birçok dolaylı bölümlerin yanı sıra, endüstriyi doğrudan ilgilendiren enerji bölümü de bulunmaktadır. Yüksek lisans eğitiminde ise makina, uçak, çevre, fizik ve meteoroloji dolaylı bölümler iken, doğrudan ilgili olan bölümler enerji ve rüzgâr enerjileridir. Teknik eğitimler; ölçüm teknikerliği, inşa teknikerliği ve işletme/bakım teknikerliği olmak üzere üç ana başlık altında gerçekleştirilmektedir. Sürekli eğitimler ise kısa süreli kurslar, dönemsel uzaktan eğitim ve şirket içi eğitimleri olarak gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde, rüzgâr enerjisi eğitimi, rüzgâr enerjisi sistemleri tesisat eğitimi, rüzgâr enerjisi uzmanlığı ve danışmanlığı eğitimi, rüzgâr enerjisi temel eğitimi sertifika programı, yenilenebilir enerji teknolojileri sertifika programı gibi çok yönlü eğitim faaliyetlerinin yanı sıra çeşitli rüzgâr enerjisi çalıştay, sempozyum ve kongreleri de düzenlenmektedir (TÜBA, 2019).

Rüzgâr endüstrisi sektöründe nitelikli iş gücü yetiştirilmesine yönelik öneriler şöyle sıralanabilir (TÜBA, 2019):

- "Bir Defa Eğitim" yerine, "Sürekli Eğitim" modeli benimsenmelidir.
- Üniversitelerde verilen temel rüzgâr enerjileri dersleri, sürekli eğitimin parçası yapılmalıdır.
- Yüksek lisans programıyla sektöre konuya hakim mühendisler yetiştirilmelidir.
- Akademik doktora yanında, endüstriyel doktora için yasal zemin oluşturulmalıdır.
- H2020, ERANET, TÜBİTAK ve sanayi desteğiyle doktora eğitimlerini patent alabilir seviyeye çekmek ve buradan hareketle yerli üretimin desteklenmesi sağlanmalıdır.
- Teknisyen eğitimleri için rüzgâr enerjileri liseleri açmak ve başka dallardan geçiş için 2-3 aylık teknisyen eğitim kursları düzenlenmelidir.

TABLO 35. Rüzgâr Enerjisi Eğitim Planlarının Dünyada ve Türkiye'de Kıyaslanması

Dünya	Türkiye
Doktora ağırlıklı AR-GE mühendisi	Disiplinlerarası bölümlerin sağlamlaştırılması
Doktora ağırlıklı rüzgâr enerjilerine yönelik temel bilimler eğitimi	Yüksek lisans ağırlıklı mühendis ve AR-GE uzmanı yetiştirilmesi
Teknik uzmanlık sertifika programları	Teknik uzmanlık sertifika programları
Sürekli eğitim gereçleri	Sürekli eğitim gereçleri

Kaynak: TÜBA (2019)

Güney Marmara Kalkınma Ajansı ve Balıkesir Üniversitesi'nin girişimleri ve Avrupa Birliği desteği ile Balıkesir Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi bünyesinde 2016 yılında Türkiye'deki ilk "Rüzgâr Enerjisi Eğitim Merkezi" kurulmuştur. Uygulama sayesinde Balıkesir'de yenilenebilir enerji alanında faaliyet gösteren firmaların nitelikli işgücü ihtiyacı karşılanması-hedeflenmiştir (Invest in Balıkesir, 2021). Türkiye'deki rüzgâr enerjisi sektörü ile ilişkili olduğu tespit edilen eğitim programlarından bazılarının (sertifika, kurs vs.) eğitim içeriği, eğitimi düzenleyen kurum, eğitime katılma şartları, eğitim süresi ve eğitimin amacı gibi detayları Tablo 36'da verilmektedir.

TABLO 36. Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Sektörü İle İlişkili Eğitim Programları

Eğitim Adı	Eğitimi Düzenleyen Kurum	Eğitime Katılma Şartları	Eğitim Süresi	Eğitimin Amacı
Rüzgâr Enerjisi ve Rüzgâr Türbini Teknolojileri Temel Eğitimi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi	Üniversite öğrencisi veya mezunu olmak	14 ders saati	Eğitim kapsamında rüzgâr enerjisi, rüzgâr kaynağı, rüzgâr türbinleri aerodinamiği, yükler, tasarım, yerleşim, optimizasyon, kontrol vb. konular ele alınmaktadır.
Rüzgâr Enerjisi Sistemleri Tesisatı Eğitimi	TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası	EMO üyesi olmak Elektrik, Elektrik-Elektronik veya Elektronik Mühendisi olmak	4 gün, 24 saat	Lisansız Elektrik Üretiminin yaygınlaşması nedeniyle Rüzgâr Enerjisi Elektrik Üretim sistemlerinin şebekeye ve mevcut tesisata entegre edilmesi ve bu konuda EMO üyelerinin bilgilendirilmesi amaçlanmaktadır.

Eğitim Adı	Eğitimi Düzenleyen Kurum	Eğitime Katılma Şartları	Eğitim Süresi	Eğitimin Amacı
Rüzgâr Enerjisi Santrali Eğitimi	TMMOB Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi	TMMOB Üyesi ve en az lisans mezunu olmak	3 gün	6446 No.lu Elektrik Piyasası Kanunu ve 5346 No.lu Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında rüzgâr enerjisine dayalı üretim faaliyeti için yapılacak projelerin uluslararası standart ve ilgili yerel mevzuatlara uygun yapılabilmesi ve sektör çalışanlarının bu konuda eğitilmesi amaçlanmıştır.
Rüzgâr Enerjisi Uzmanlığı ve Danışmanlığı Eğitimi	Liderlik Okulu Eğitim A.Ş.	Eğitimlere katılmak için üniversite mezunu şartı aranmamaktadır.	Çevrim içi eğitim toplamda 20 bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerin takibi kişinin hızına bağlıdır.	Bu eğitimde; enerji kaynakları, yenilenebilir enerji ve yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgâr enerjisi, rüzgâr ölçüm istasyonları kurma ve rüzgâr türbini yapım aşamalarını öğrenme ve rüzgâr enerjisi sistemi kurma konusunda gerekli olan bilgilere geniş bir açıdan bakma fırsatı yakalanacaktır.
Rüzgâr Türbinlerinde Yüksekte Çalışma Eğitimi	Kaya Training & Consulting	Rüzgâr türbinlerinde çalışan; bakım onarım personeli, elektrikçiler, klimacılar, saha şefleri, süpervizörler, saha mühendisleri, İSG personelleri ve yüksekte çalışma ile ilgili çalışanlar	3 Gün (21 ders saati)	Yüksekte çalışmanın genel hususları, yüksekte çalışma öncesi, işin yapılma anı ve sonrası hakkında bilgilendirme de bulunmak. Yüksekte çalışmada kullanılan KKD ve teknik ekipmanlar, kullanım şekilleri, güvenli çalışma, yüksekte çalışmada en güvenli yöntemi belirleyebilme konularında teorik ve uygulamalı bilgilendirmede bulunmaktır. Eğitime katılan personellerin çalışma sahasına taşıyabileceği bilgilendirmelerde bulunmaktır.

Eğitim Adı	Eğitimi Düzenleyen Kurum	Eğitime Katılma Şartları	Eğitim Süresi	Eğitimin Amacı
Rüzgâr Enerjisi Sertifika Programı	Kadir Has Üniversitesi CESD-Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınma Merkezi	Rüzgâr enerjisi sektöründe halen çalışmakta olan profesyoneller, enerjinin çeşitli alanlarında yüksek lisans ve doktora öğrenimi görenler, Üniversite mezunu olup kariyerlerine rüzgâr sektöründe devam etmek isteyenler, halen üniversite öğrencisi olup, bu konuda yüksek lisans yapmak veya ilgili sektörlerde çalışmak isteyenler	3 Gün, 17 saat	Bu programın amacı Türkiye rüzgâr enerjisi sektörünü yatırımların ihtiyaç duyacağı insan kaynağını yetiştirmektir. Enerji ve özellikle yenilenebilir enerji kaynakları hakkında genel bilgi vermek, sektörün dünya ve Türkiye'deki durumunu göstermek, rüzgâr nasıl oluşur hakkında ayrıntılı bilgi vermek, meteorolojik rüzgâr ölçümleri ve rüzgâr potansiyeli hesaplamasını uygulamalarıyla öğretmek, rüzgâr türbinleri ve bileşenleri hakkında ayrıntılı bilgi vermek, rüzgâr projelerini geliştirme ve lisanslamanın ayrıntılarını öğretmek, santral kurulumu, devreye alınması ve işletmesi hakkında bilgi sahibi olmak, enerji piyasaları, EPİAŞ ve elektrik fiyatlanması sistemlerini öğretmek, yenilenebilir enerji mevzuatı hakkında bilgi vermek, YEKDEM lisansları ve YEKA projeleri hakkında bilgi vermek, proje finansmanı konusunun ayrıntılarını örnekleriyle incelemek ve katılımcıların çevresel faktörler hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlamaktır.
Rüzgâr Santrali Kurulum Bakım ve Onarımı Kursu	Merkezi Eğitim Kurumları	En az okur yazar olmak, mesleği yapacak bedensel ve zihinsel yeterliliğe sahip olmak.	516 saat	Rüzgâr Santrali Kurulum Bakım ve Onarımı Eğitimi Ders Programı Yenilenebilir enerji teknolojileri sektöründe çalışan veya çalışmak isteyen bireylere yönelik hazırlandığı için öncelik işçi ve işverenlerin yasal zorunluluklarını yerine getirmek, sonrasında ise Yenilenebilir enerji teknolojileri sektörünün ihtiyacı olan eğitim almış nitelikli birey kazandırmaktır. Bu nedenle Rüzgâr Santrali Kurulum Bakım ve Onarımı Kursu eğitim programı da modüller halinde ve bireyleri sektöre hazırlayıcı nitelikte ve sistematik olarak hazırlanmıştır.

Eğitim Adı	Eğitimi Düzenleyen Kurum	Eğitime Katılma Şartları	Eğitim Süresi	Eğitimin Amacı
Rüzgâr Enerjisi Çevrim İçi Eğitim Sistemi	Windbaba	Lise, Ön Lisans, Lisans, Yüksek Lisans gibi toplumun bütün fertlerine açık bir çevrim içi eğitim platformudur. Rüzgâr enerjisine ilgi duyan ve kendisini rüzgâr alanında geliştirmek isteyen herkes eğitimlerimizi izleyebilir.	12 ders	Rüzgâr enerjisi alanında çevrim içi eğitim sistemi ile profesyonel hayatın geliştirilmesi ve nitelikli personel yetiştirmek amaçlanmaktadır.

Kaynak: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi, (2021); TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, (2021); TMMOB Makina Mühendisleri Odası, (2021); Liderlik Okulu, (2021); Kaya Training, (2021); Kadir Has Üniversitesi, (2021); Merkezi Eğitim Kurumları, (2021); Windbaba, (2021)'den derlenmiştir.

Aralıklı bir şekilde ve dönemsel yürütülmekte olan bu eğitimlerin yanı sıra Milli Eğitim Bakanlığı'nın 2011 yılında "Yenilenebilir Enerji Teknolojileri" Alanı Çerçeve Öğretim Planı'nı açıkladığı görülmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojileri alanı; rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi sistemleri ile ilgili yeterliklerin kazandırılmasına yönelik eğitim ve öğretim verilen alanın adıdır. Bu alanın amacı yenilenebilir enerji teknolojileri alanı altında yer alan dallarda, sektörün ihtiyaçları ile bilimsel ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda gerekli olan mesleki yeterlikleri kazanmış nitelikli meslek elemanları yetiştirmektir.

Rüzgâr Enerjisi Sistemleri alt alanı ise; rüzgâr enerjisinden elektrik üreten küçük ve büyük çaplı santrallerin kurulumu, işletilmesi, bakımı, onarımı ve arızalarının giderilmesi ile ilgili yeterlikleri kazandırmaya yönelik eğitim ve öğretim verilen daldır. Bu alanın amacı; rüzgâr santralini kurma, işletme, bakım onarım yapma ve arıza giderme yeterliklerine sahip meslek elemanları yetiştirmektir. Bu kapsamda halihazırda ülkemizde yenilenebilir enerji sistemleri alanında eğitim faaliyeti yürütmekte olan meslek liseleri Tablo 37'de verilmektedir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2021).

TABLO 37. Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Sektörü İle İlişkili Meslek Liseleri

Okul Adı	İl	Alan Adı
Ceyhan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Adana	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Kurttepe Şehit Ali Öztaş Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Adana	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Akkapı Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Adana	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Aziz Sancar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Adana	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Girne Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Adıyaman	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Adıyaman Mimar Sinan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Adıyaman	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Şuhut Şehit İbrahim Imış Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Afyonkarahisar	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Cezeri Yeşil Teknoloji Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Ankara	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Ege Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Ankara	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Şehit Murat Üçöz Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Ankara	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Şehit Özcan Şenol Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Antalya	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Mimar Sinan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Aydın	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Organize Sanayi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Balıkesir	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Gönen Ticaret Odası Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Balıkesir	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Susurluk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Balıkesir	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Bartın Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Bartın	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Fuat Sezgin Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Bartın	Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Okul Adı	İl	Alan Adı
Prof. Dr. Necmettin Erbakan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Batman	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Bingöl Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Bingöl	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Yeşilyayla Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Bursa	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
İş Adamları Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Denizli	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Selahattin Eyyubi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Diyarbakır	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Erzurum Yakutiye Elektrik-Elektronik Teknolojisi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Erzurum	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Şehit Murat Tuzsuz Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Eskişehir	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Abdülhamithan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Gaziantep	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Ali Topçuoğlu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Gaziantep	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Kanuni Sultan Süleyman Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Gaziantep	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Bulancak Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Giresun	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Hatay Erol Bilecik Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Hatay	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
İMKB Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Isparta	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Dr. Nureddin Erk Perihan Erk Mesleki veTeknik Anadolu Lisesi	İstanbul	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Şehit Erol Olçok Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	İstanbul	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
İSOV-Dinçkök Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	İstanbul	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Mehmet Rıfat Evyap Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	İstanbul	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Bayraklı Nuri Atik Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	İzmir	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Çeşme Sevgi-Reha Aysay Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	İzmir	Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Okul Adı	İl	Alan Adı
Cemil Midilli Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	İzmir	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Karabağlar İTO Vakfı Süleyman Taştekin Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	İzmir	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Temizel-Ünlü Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Karaman	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Hasan Hüseyin Arıkan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Kayseri	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Başiskele Selim Yürekten Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Kocaeli	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Çelik İhracatçıları Birliği Ali Nuri Çolakoğlu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Kocaeli	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Atatürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Kocaeli	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Nasrettin Hoca Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Konya	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Fatih Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Konya	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Şehit Oğuzhan Aydınbelge Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Konya	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Türk Telekom Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Konya	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Şehit Gökhan Ertan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Malatya	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Alaşehir Şehit Evren Kara Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Manisa	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Soma Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Manisa	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Mersin Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Mersin	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Ticaret ve Sanayi Odası Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Mersin	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Toroslar Mimar Sinan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Mersin	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Yenişehir Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Mersin	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Şehit Fazıl Doğruöz Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Niğde	Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Okul Adı	İl	Alan Adı
Çayeli Barbaros Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Rize	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Hendek Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Sakarya	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Gürün Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Sivas	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Karaköprü Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Şanlıurfa	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Siverek Ahmet Koyuncu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Şanlıurfa	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Selehaddin Eyyubi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Şanlıurfa	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Tekirdağ Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Tekirdağ	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Trabzon Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Trabzon	Yenilenebilir Enerji Sistemleri
Yıldırım Beyazıt Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Van	Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Türkiye'de rüzgâr enerjisi alanında çalışan çeşitli üniversitelerin araştırma merkezleri ise şu şekildedir: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Rüzgâr Enerjisi Araştırma Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Rüzgâr Araştırmaları Merkezi, Hacettepe Üniversitesi Yeni ve Temiz Enerji Araştırma Uygulama Merkezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Gebze Teknik Üniversitesi Yenilenebilir Enerji Araştırma Merkezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Temiz Enerji Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Harran Üniversitesi GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi (TÜBA, 2019). Ayrıca ülkemizde rüzgâr enerjisi sektörü ile ilişkili derslerin yer aldığı lisansüstü programlarının oluşturulduğu görülmektedir. Söz konusu programların adları hangi üniversite ve kurum tarafından verildiği ve programdaki rüzgâr enerjisi sektörüyle ilişkili dersler Tablo 38'de verilmektedir.

TABLO 38. Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Sektörü İle İlişkili Lisansüstü Programları

Program Adı	Üniversite	Birim	Programdaki İlgili Dersler
Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Tezli Yüksek Lisans Programı	Amasya Üniversitesi	Fen Bilimleri Enstitüsü	1. Rüzgâr Enerjisi Santralleri 2. Rüzgâr Enerjisi Sistemlerinde Mekanik Tasarımlar ve Optimizasyonu
Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Tezsiz Yüksek Lisans Programı	Amasya Üniversitesi	Fen Bilimleri Enstitüsü	1. Rüzgâr Enerjisi Santralleri 2. Rüzgâr Enerjisi Sistemlerinde Mekanik Tasarımlar ve Optimizasyon
Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Doktora Programı	Amasya Üniversitesi	Fen Bilimleri Enstitüsü	1. Rüzgâr Enerjisi Dönüşüm Sistemlerinde İleri Konular 2. Rüzgâr Türbinlerinin Dinamik Analizleri
Güneş Enerjisi - Enerji Teknolojisi - Tezli Yüksek Lisans Programı	Ege Üniversitesi	Fen Bilimleri Enstitüsü	1. Rüzgâr Türbini Aerodinamiği 2. Rüzgâr Enerjisi Temelleri 3. Rüzgâr Enerjisi Çevrim Sistemlerinde Kullanılan Elektrik Makinaları 4. Rüzgâr Enerjisi Uygulamaları 5. Rüzgâr-Fotovoltaik Hibrid Güç Sistemleri
Temiz Tükenmez Enerjiler Yüksek Lisans Programı	Hacettepe Üniversitesi	Fen Bilimleri Enstitüsü	1. Rüzgâr Enerjisi ve Uygulamaları
Sürdürülebilir Enerji Tezli Yüksek Lisans Programı	İzmir Ekonomi Üniversitesi	Sosyal Bilimleri Enstitüsü	1. Yenilenebilir Enerji Teknolojileri 2. Elektrik Piyasasında Mevzuata İlişkin Hususlar
Sürdürülebilir Enerji Tezsiz Yüksek Lisans Programı	İzmir Ekonomi Üniversitesi	Sosyal Bilimleri Enstitüsü	1. Yenilenebilir Enerji Teknolojileri 2. Elektrik Piyasasında Mevzuata İlişkin Hususlar
Enerji Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü	1. Rüzgâr Enerjisi Sistemlerinin Temelleri 2. Rüzgâr Enerjileri Meteorolojisi 3. Rüzgâr Türbinleri Aerodinamiği

BÖLÜM 6.

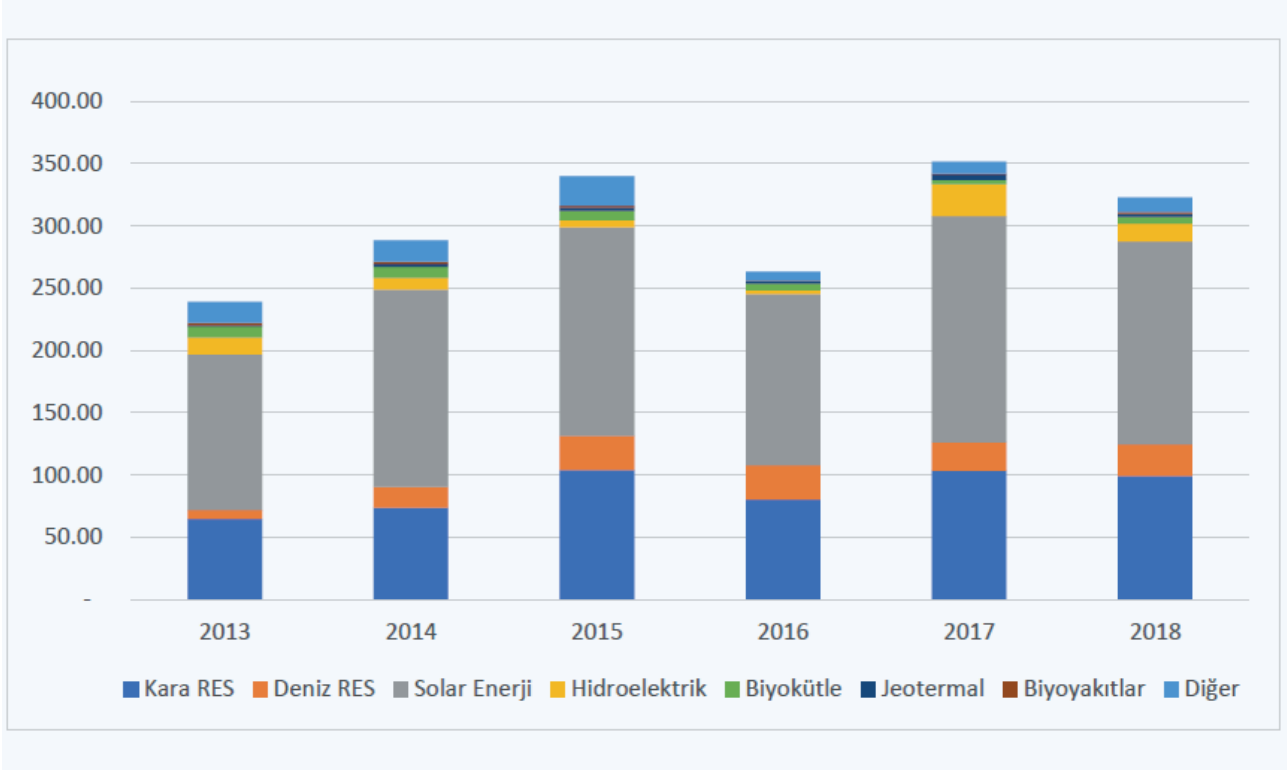
Eylem Planı

Bu bölümde eylem planları kapsamında öncelikle dünya, Avrupa ve Türkiye kapsamında enerji yatırımları, tahminler ve yük tahminlemesine yönelik önerilerin yer aldığı bölüm sunulmaktadır. Ardından sırasıyla, demiryollarının ve karayollarının geliştirilmesi için öneriler, insan kaynakları geliştirme önerileri, yasal mevzuat iyileştirme önerileri, bilgi ve iletişim teknolojileri geliştirme önerileri, İzmir yatırım alanlarına ilişkin eylem planı, mevcut limanlara ilişkin öneriler ve yapım aşamasında olan Çandarlı Limanı'na ilişkin öneriler sunulmaktadır.

6.1. Gelecek Yıllara Yönelik Yük Tahminlemesi ve Öneriler

Bu kısımda dünya, Avrupa ve Türkiye kapsamında enerji yatırımları, rüzgâr enerjisi kapasiteleri, bu kapasitelere yönelik tahminler ve projeksiyonlara yer verilmektedir. Ayrıca, rüzgâr enerjisi sektöründe yaşanan gelişmelerin lojistik sektörüne olan yansımaları da gerçekleştirilebilecek çalışmalar kapsamında değerlendirilmektedir. İzmir ili rüzgâr enerjisi sektörüne ilişkin yük tahminlemesi gerçekleştirilmesi adına öneriler de sunulmaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımları pazarı rüzgâr enerjisi, solar enerji, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve biyoyakıt enerjisinden oluşmaktadır. Şekil 132'de, dünyada 2013-2018 yılları arasındaki yenilenebilir enerji yatırımlarının dağılımlarına bakıldığında solar enerji ve rüzgâr enerjisinin en büyük pay sahibi olduğu görülmektedir.

ŞEKİL 132. Dünyada Yenilenebilir Enerji Yatırımları (Milyar Dolar) (2013-2018)



Kaynak: IRENA (2019)

EnerData verilerine göre 2019 yılında dünyada üretilen elektrik enerjisinin %6'sı 100'den fazla ülkede rüzgâr enerjisinden elde edilmiştir. Bu kısımda, Dünya'da, Avrupa'da ve Türkiye'de rüzgâr enerjisi kullanımı ortaya konarak gelecekteki gelişmeler ve beklentiler aktarılmaya çalışılacaktır.

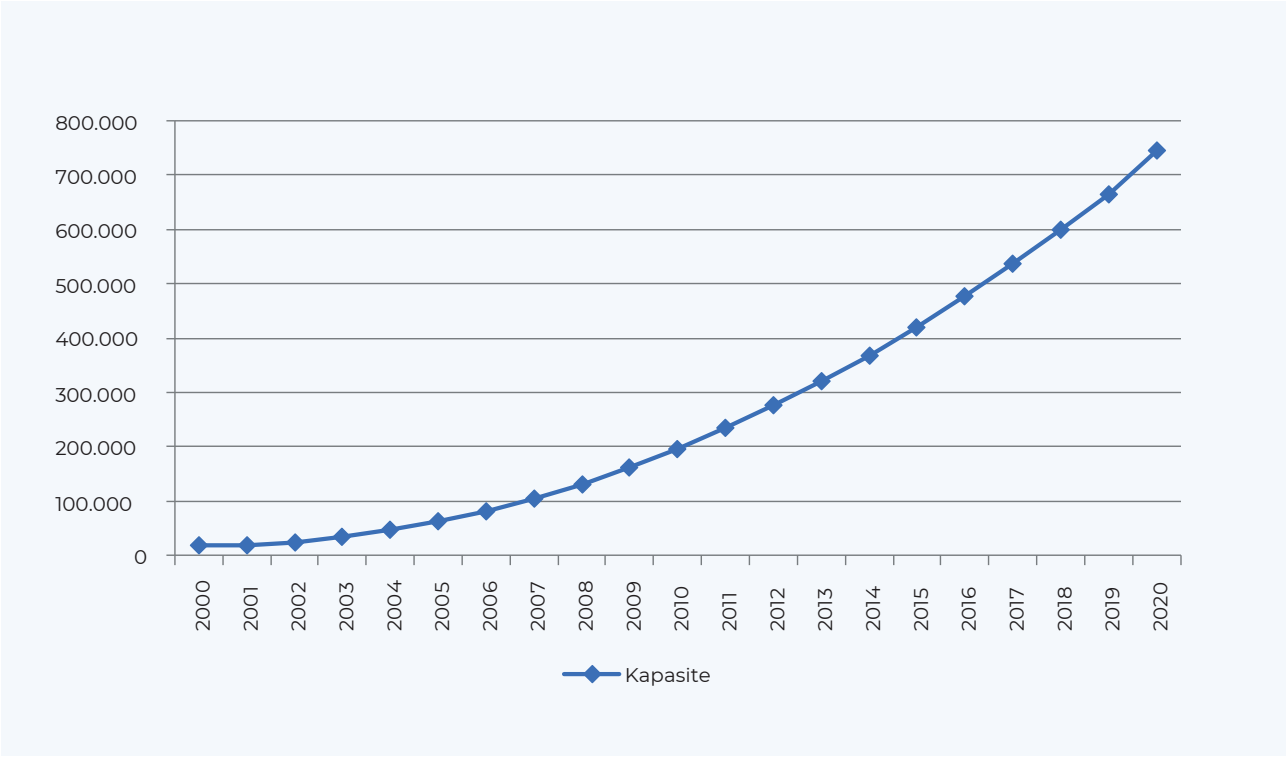
6.1.1. Dünya'da Rüzgâr Enerji Santrali Pazarının Gelişimi

Rüzgâr enerjisi dünyada son 20 yıl içerisinde yenilenebilir enerji sektörünün lideri konumuna gelmiş, 2019 yılında 59 GW kapasite artışı sonucunda yıl sonu itibari ile 650 GW kapasiteye ulaşmıştır. Önümüzdeki yıllarda da rüzgâr enerjisi önemli bir yenilenebilir enerji alternatifi olma durumunu koruyacaktır. Global enerji talebinin %5 düşmesi beklenmesine rağmen, uzun vadeli sözleşmeler ve yeni tesislerin sürekli kurulumu yenilenebilir enerjide güçlü büyümenin temelini oluşturacaktır.

WWEA (Uluslararası Rüzgâr Enerji Birliği), (2021a) istatistiklerine göre; Avrupa, ABD, Çin ve Hindistan rüzgâr enerjisi santrali pazarının %95'lik payına sahiptir. Çin 2020 yılı sonu itibari ile 290 GW kümülatif kapasitesi ile pazarda lider ülke konumundadır. Çin'i 122,33 GW ile ABD, ve 62,78 GW ile Almanya takip etmektedir. En yüksek kümülatif rüzgâr enerjisi kapasitesine sahip ilk 20 ülke ve 2015-2020 yılları arasındaki kapasiteleri Tablo 39'da belirtilmiştir.

Covid-19 salgınının olumsuz ekonomik etkilerine rağmen 2020 yılında yıllık kapasite artışı 93 GW olarak gerçekleşerek 2019 yılı kapasite artış değerinin %53 üzerinde gerçekleşmiş ve tarihin ikinci rekorunu kırmıştır (GWEC, 2021), Bu artışla dünyada rüzgâr enerjisi kapasitesi önceki yıla göre %14'lük artış sağlayarak 743 GW'a ulaşmıştır. Şekil 133'de 2000 yılından itibaren dünyada kurulu kapasite gelişimi, şekil 134'de ise son beş yılda kurulan karasal ve denizüstü rüzgâr enerji kapasiteleri görülmektedir.

ŞEKİL 133. Dünya Yıllık Kurulu Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi (2000-2020 (MW))



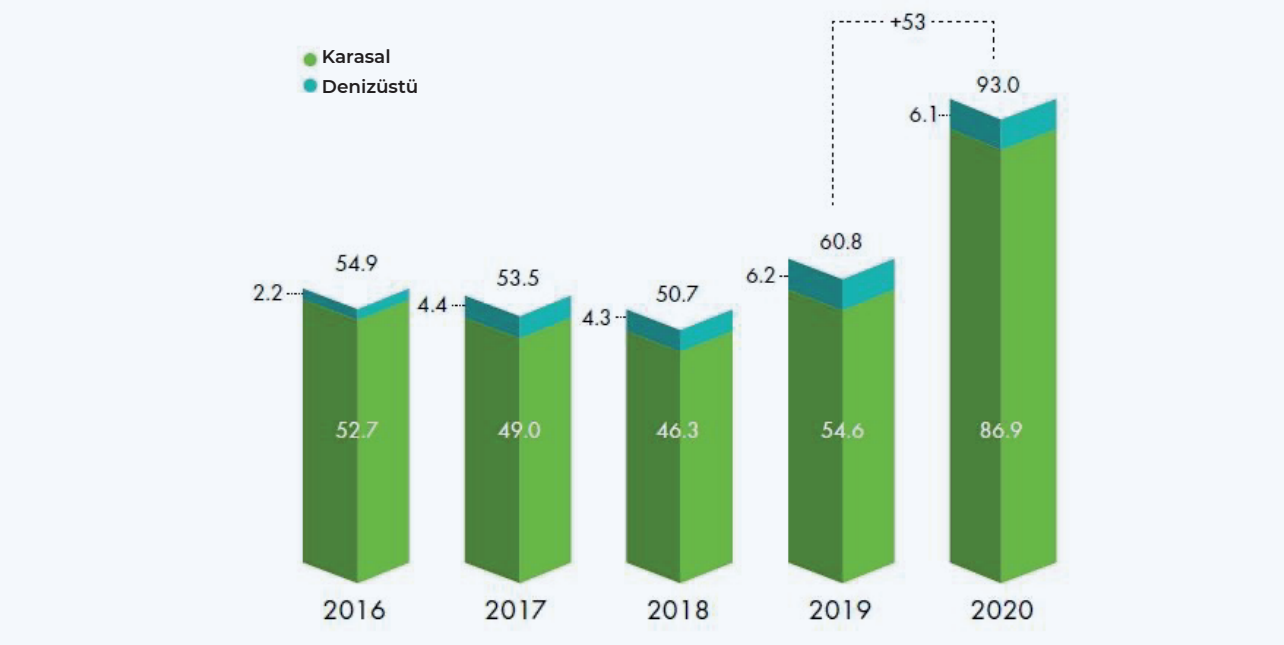
Kaynak: WWEA (2021a) ve WWEA (2021b)'den derlenmiştir.

TABLO 39. Dünya Kümülatif RES Kapasitesi Sıralaması

Sıralama	Ülke	Yıllar İtibarıyla Kapasite Değişim (GW)					
		2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	Çin	148,0	168,73	188,39	209,53	237,03	290,0
2	ABD	73,87	82,03	88,78	96,36	105,43	122,33
3	Almanya	45,19	50,02	56,19	59,31	61,36	62,78
4	Hindistan	24,76	28,28	32,88	35,13	37,53	38,63
5	İspanya	22,99	23,02	23,03	23,49	25,81	27,45
6	Birleşik Krallık	13,61	14,51	17,85	20,74	23,52	24,17
7	Fransa	10,29	12,07	13,76	15,31	16,65	17,95
8	Brezilya	8,72	10,80	12,76	14,71	15,45	18,01
9	Kanada	11,21	11,90	12,24	12,82	13,41	13,59
10	İtalya	8,96	9,26	9,70	9,96	10,51	10,85
11	İsveç	6,03	6,49	6,72	7,41	8,99	-
12	Türkiye	4,72	6,11	6,87	7,37	8,06	9,31
13	Meksika	3,28	3,71	4,01	4,94	6,22	-
14	Avustralya	4,19	4,33	4,88	5,35	6,20	-
15	Danimarka	5,06	5,23	5,47	6,13	6,13	-
16	Polonya	5,10	5,78	6,53	5,86	5,92	-
17	Portekiz	5,05	5,32	5,32	5,38	5,44	-
18	Hollanda	3,43	4,33	4,34	4,47	4,60	-
19	İrlanda	2,49	2,83	3,13	3,56	4,16	-
20	Japonya	3,038	3,234	3,40	3,65	3,92	-

Kaynak: WWEA (2021a) ve WWEA (2021b)'den derlenmiştir.

ŞEKİL 134. Yıllık Kapasite Artışları (GW)



Kaynak: GWEC (2021)

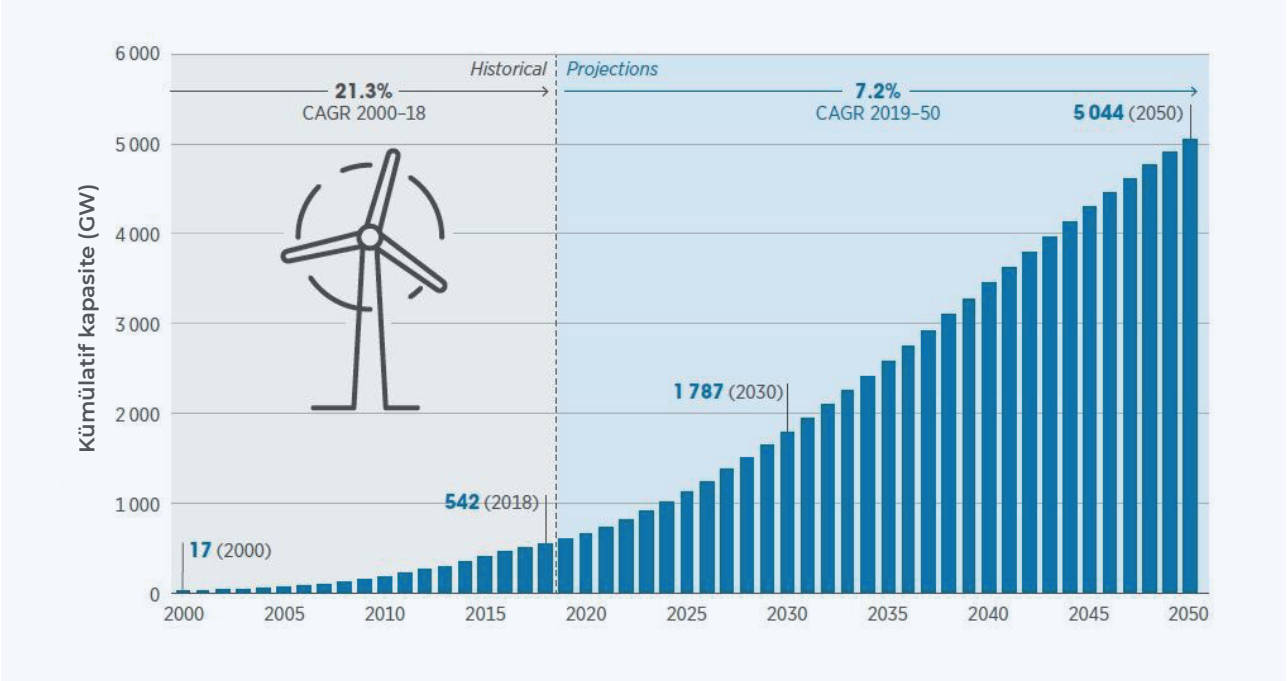
2020 yılında 93 GW'lık kapasite artışının 86,9 GW'ını karasal rüzgâr enerjisi yatırımları, 6,1 GW'lık kısmını denizüstü rüzgâr enerjisi yatırımları sağlamıştır. Covid-19 önlemleri rüzgâr enerji santralleri ekipmanlarının üretim sürecinde, tedarik zincirinde kesintilere ve lojistik problemlere yol açmış ve sonucunda özellikle Şubat 2020 - Nisan 2020 tarih aralığında karasal rüzgâr enerji santrali montaj faaliyetlerinin yavaşlamasına yol açmıştır. Covid-19 etkili bu yavaşlamaya rağmen özellikle Çin ve ABD'deki karasal rüzgâr enerji santrali yatırımları ile beraber dünyada kapasite artışı rekoru kırılmıştır. Denizüstü rüzgâr enerji santrali inşaa faaliyetleri Covid-19 kaynaklı bu gecikmelerden daha az etkilenmiştir.

2021 yılı için kapasite artışının, 2020 yılında Covid-19 kaynaklı geciken projelerin son teslim tarihinde yasal düzenlemeler ile esneklik sağlanması sonucu; 7,3 GW denizüstü olmak üzere 68 GW'a ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2022 yılında Çin ve ABD pazarlarındaki teşviklerin kademeli olarak kaldırılması ile beraber küresel yıllık kapasite artışının 2019 yılı seviyelerine geri gelmesi ve bu durumun Avrupa'da beklenen hızlı kapasite artışı ile kısmen dengelenmesi beklenmektedir.

Karasal rüzgâr enerjisi 2020 yılında Covid-19'un olumsuz etkilerine karşı beklenenden daha dayanıklı bir tablo ortaya koymuştur. Karasal rüzgâr enerjisi santrali yapımında Çin devlet desteklerinin sona erecek olması sebebi ile 2020 yılında kapasitesini artırmış iken Avrupa'da tarihin en düşük pay seviyesine gerilemiştir. Karasal rüzgâr enerji santrali payının en düşük seviyeye gelmesinin en önemli sebebi özellikle Avrupa'da denizüstü rüzgâr enerji santrallerinin önem kazanmasıdır. IRENA (International Renewable Energy Agency) tarafından 2018 yılı referans alınarak çizilen bir projeksiyonda dünyada karasal rüzgâr enerji kapasitesinin 2030 yılında 1.787 GW, 2050 yılında ise 5.044 GW olacağı tahminlenmiştir.

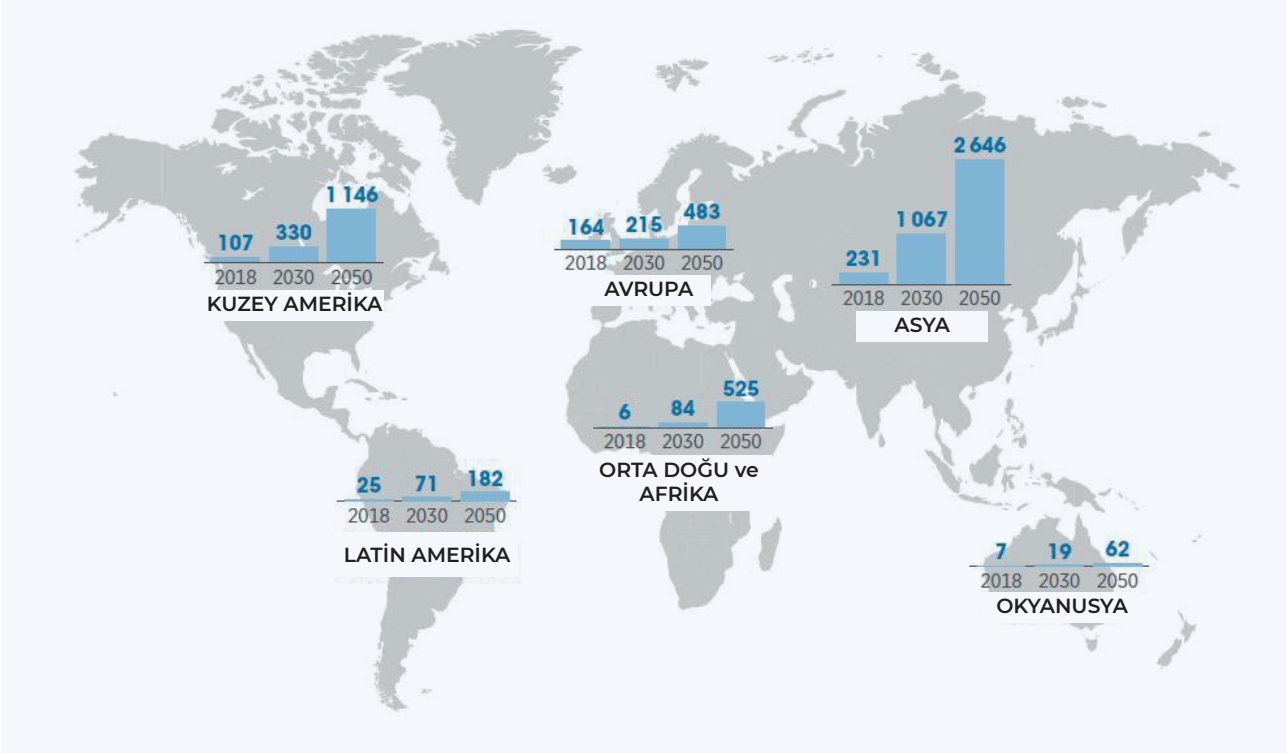
Yıllık kapasite artışlarına bakılırsa 2030 yılında dünyada karasal rüzgâr enerji kapasitesi 2018 yılında yapılan kapasite artışının üç katından fazla, 2050 yılında ise beş katından fazla olacaktır.

ŞEKİL 135. Karasal Rüzgâr Enerjisi Kapasite Projeksiyonu



Kaynak: IRENA (2019)

ŞEKİL 136. Karasal Rüzgâr Enerjisi Bölgesel Kapasite Tahminleri (GW)



Kaynak: IRENA (2019)

2018 yılında Çin'de 205 GW olan karasal rüzgâr enerji santrali kapasitesi tahminlere göre 2050 yılında 2,150 GW' a ulaşmış olacaktır. 2020 yılında dünyada gerçekleştirilen 6,1 GW denizüstü rüzgâr enerjisi kapasite artışının 3 GW'lık payı Çin'e aittir.

Teknik potansiyeli 10,000 GW olan ABD'nin 2050 yılında bu potansiyelin sadece %8,5'ini kullanarak karasal rüzgâr enerjisi kapasitesini 857 GW'a çıkarması beklenmektedir. 2050 yılına kadar yıllık ortalama 22 GW yeni kapasite oluşumu ile Kuzey Amerika'daki (ABD, Kanada, Meksika) üretim kapasitesinin önemli bir şekilde genişletilmesi gerekmektedir (IRENA, 2019). GWECS (Global Wind Energy Council) tarafından yapılan bir tahminlemede yıllık bileşik büyüme oranının (YBBO) % 4 olarak gerçekleşerek 2025 yılında 88,3 GW karasal rüzgâr enerjisi ve 23,9 GW denizüstü rüzgâr enerjisi üretimi ile yeni bir rekor kırılacağı tahmin edilmektedir. Bu tahmine göre; 2021 yılında toplam kapasitede hafif bir düşüş beklenmesine rağmen Çin'deki denizüstü ve ABD'deki karasal yatırımların vergi teşvikleri ve fiyat uygulama sürelerinin dolacak olmasından dolayı artması ile yeni bir rekor da kırılabilecektir.

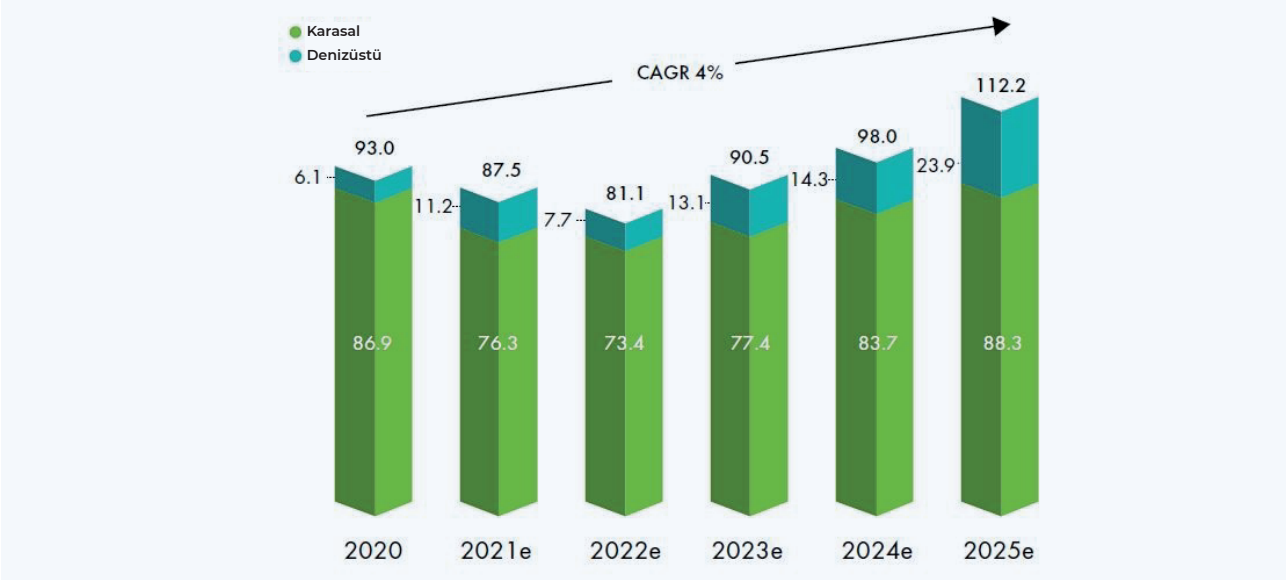
Şekil 137'de gösterilen GWEC tahminine göre önümüzdeki beş yılda karasal rüzgâr enerji kapasitesinin yıllık bileşik büyüme oranının % 0,3 denizüstü rüzgâr enerji kapasitesinin yıllık bileşik büyüme oranının da %31,5 olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir.

6.1.2. Avrupa'da Rüzgâr Enerji Santrali Pazarının Gelişimi

2020 yılında Avrupa'da rüzgâr enerjisi kapasitesi artışı Covid-19 kaynaklı tedarik zinciri aksamaları sebebi ile önceki yıla göre %5,7 oranında düşerek 14,7 GW olarak gerçekleşmiştir. Karasal rüzgâr enerjisi kapasite artışı tahminlerin %22 altında gerçekleşmesine rağmen, denizüstü rüzgâr enerjisi yatırımlarının Covid-19 kaynaklı sorunlardan daha az etkilendiği görülmektedir (Wind Europe Community , 2021). Avrupa'da 2020 yılı rüzgâr enerjisi yatırımları açısından tüm olumsuzluklara rağmen 2017 yılındaki rekor kapasite artışı ve 2019'daki yüksek kapasite artışının ardından performansı yüksek üçüncü yıl olmuştur. Avrupa'da 2011-2020 yılları arasında denizüstü ve karasal rüzgâr enerji kapasite artışına ait gelişim şekil 138'de görülmektedir.

Avrupa Komisyonu Mavi Ekonomi-2020 raporuna göre; global denizüstü rüzgâr enerjisi kapasitesinin %90'dan fazlası Avrupa'da bulunmakta ve Avrupa'nın denizüstü rüzgâr enerji pazarını uzun yıllar domine etmesi beklenmektedir (Blue Economy Report, 2020).

ŞEKİL 137. Dünya'da Karasal ve Denizüstü Rüzgâr Enerji Kapasitesi Artışı (2020-2025 (GW))



Kaynak: GWEC (2021)

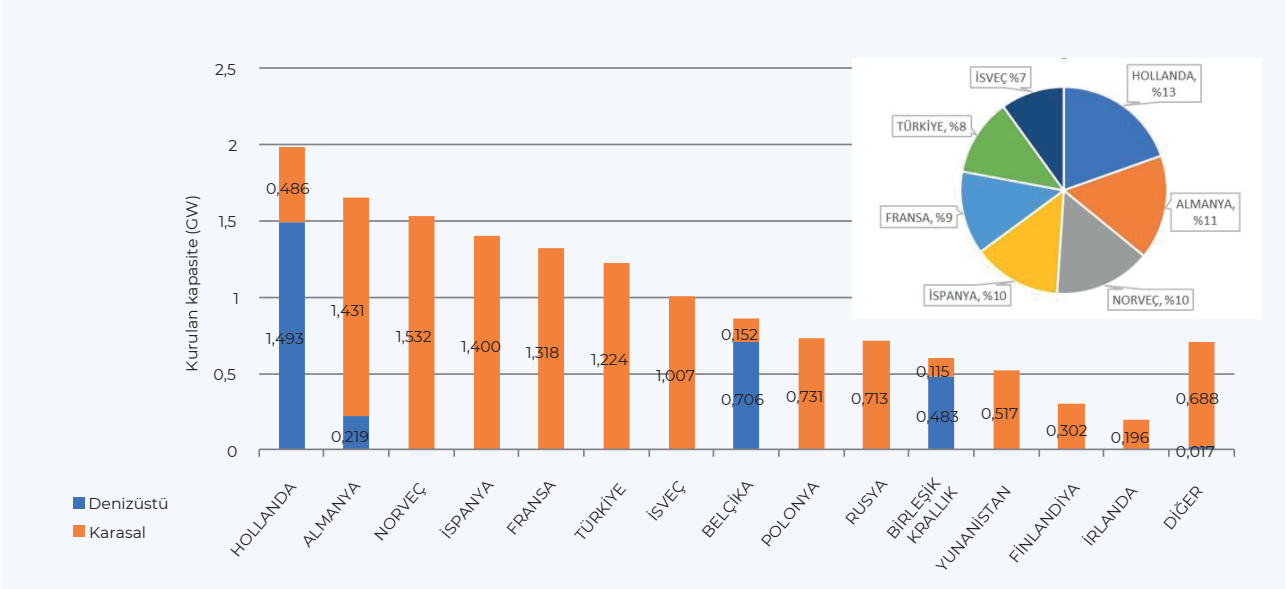
2020 yılında dünyada 743 GW'a ulaşam toplam rüzgâr enerjisi kapasitesinin 220 GW'ı Avrupa'da bulunmaktadır. Avrupa'daki bu toplam kapasitenin %11'ini denizüstü rüzgâr enerjisi oluşturmaktadır. 2020 yılında Avrupa'da yapılan 14,7 GW'lık kapasite artışının (toplam kapasite artışının %71'i) 10,5 GW'ı AB- 27 ülkeleri tarafından, kalan kapasite artışının büyük kısmı AB dışındaki ülkeler Norveç, Türkiye ve Rusya tarafından gerçekleştirilmiştir. Almanya 2010 yılından beri en düşük kapasite artışına sahip olsa da Hollanda'dan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Almanya son yıllarda kapasite artışında her ne kadar düşüş yaşasa da toplam kümülatif kapasite dikkate alındığında uzun yıllardır lider konumdadır ve Avrupa'da kurulu kapasitenin %29'u Almanya'da bulunmaktadır. Karasal rüzgâr enerji kapasitesi açısından Almanya 55 GW ile en yüksek kurulu kapasiteye sahip iken denizüstü rüzgâr enerjisi kapasitesi açısından 10 GW ile Birleşik Krallık en yüksek kurulu kapasiteye sahiptir.

ŞEKİL 138. Avrupa'da Denizüstü ve Karasal Rüzgâr Enerjisi Kurulan Kapasite (2011-2020 (GW))

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Offshore	0.8	1.2	1.5	1.5	3.0	1.6	3.2	2.7	3.6	2.9
Onshore	9.5	11.7	11.0	11.7	10.9	12.3	13.9	9.4	12.0	11.8
Total	10.3	12.9	12.6	13.2	13.9	13.8	17.1	12.1	15.6	14.7

Kaynak: Wind Europe Community (2021c)

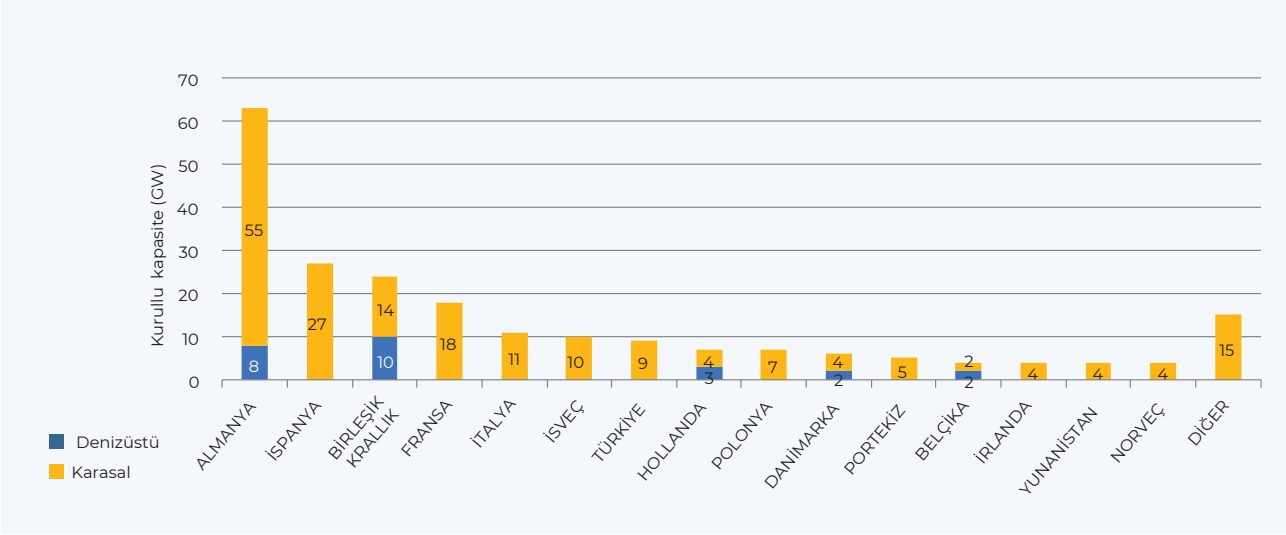
ŞEKİL 139. Avrupa'da Ülkelere Ait Kapasite Artışı ve Artıştaki Paylar (2020 (GW))



Kaynak: Wind Europe Community (2021)

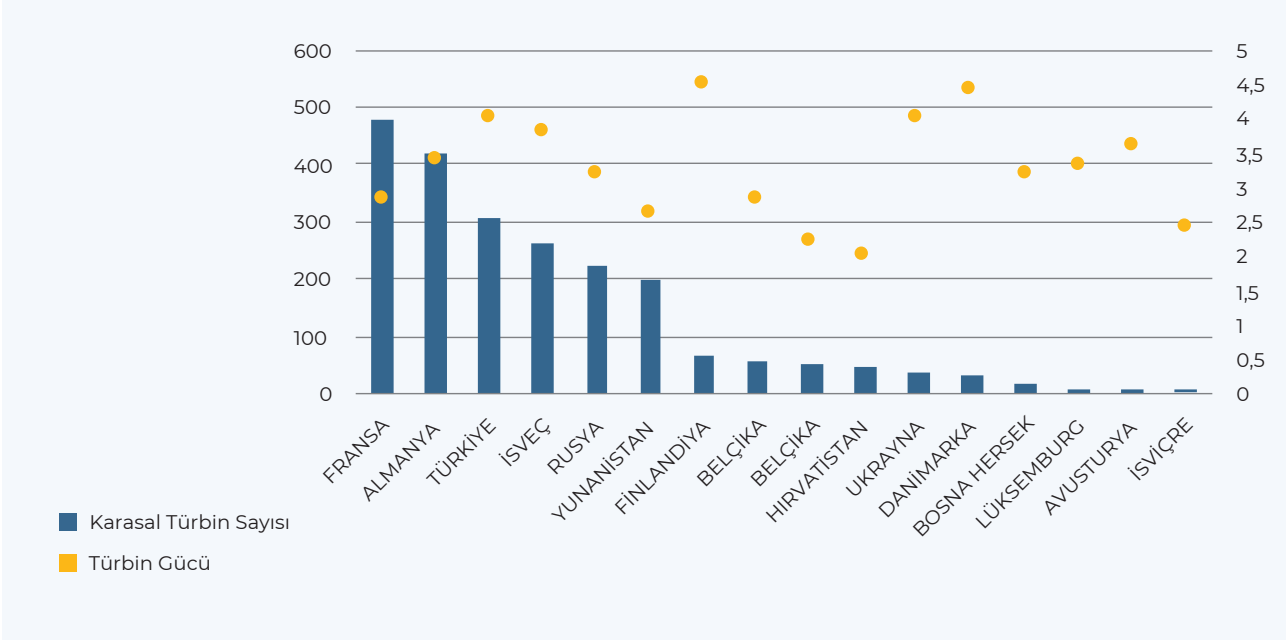
Bir ülkedeki rüzgâr enerjisi kapasitesini belirleyen ana unsur rüzgâr türbini niceliğinden ziyade ortalama türbin gücüdür. Avrupa'da 2020 yılında kurulan en güçlü karasal rüzgâr türbinleri ortalama 4,5 MW ile Finlandiya'da, en güçlü denizüstü rüzgâr türbinleri ise ortalama 8,5 MW ile Belçika ve Hollanda'da bulunmaktadır. 2020 yılında Avrupa'da 2.204 adet karasal ve 356 adet denizüstü olmak üzere toplam 2.560 adet rüzgâr türbini kurulmuştur. 2020 yılında kurulan karasal türbinlerin ortalama gücü 3,3 MW, denizüstü türbinlerin ortalama gücü ise 8,2 MW'dır. Karasal ve denizüstü rüzgâr türbini sayılarının ülkeler arası dağılımı ve ortalama türbin güçleri şekil 140 ve şekil 141'de görülmektedir.

ŞEKİL 140. Avrupa'da Toplam Kurulu Kapasitede Ülkelerin Payları (2020)



Kaynak: Wind Europe Community (2021)

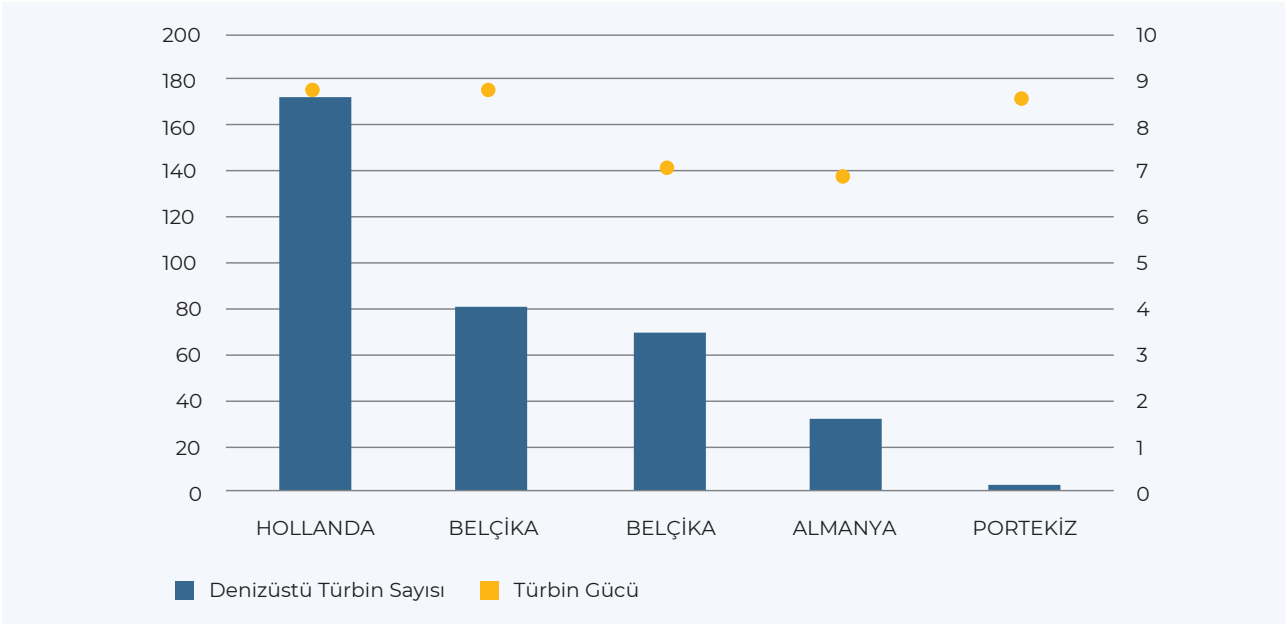
ŞEKİL 141. Avrupa'da Karasal Türbin Sayısı ve Ortalama Türbin Gücü



Kaynak: Wind Europe Community (2021)

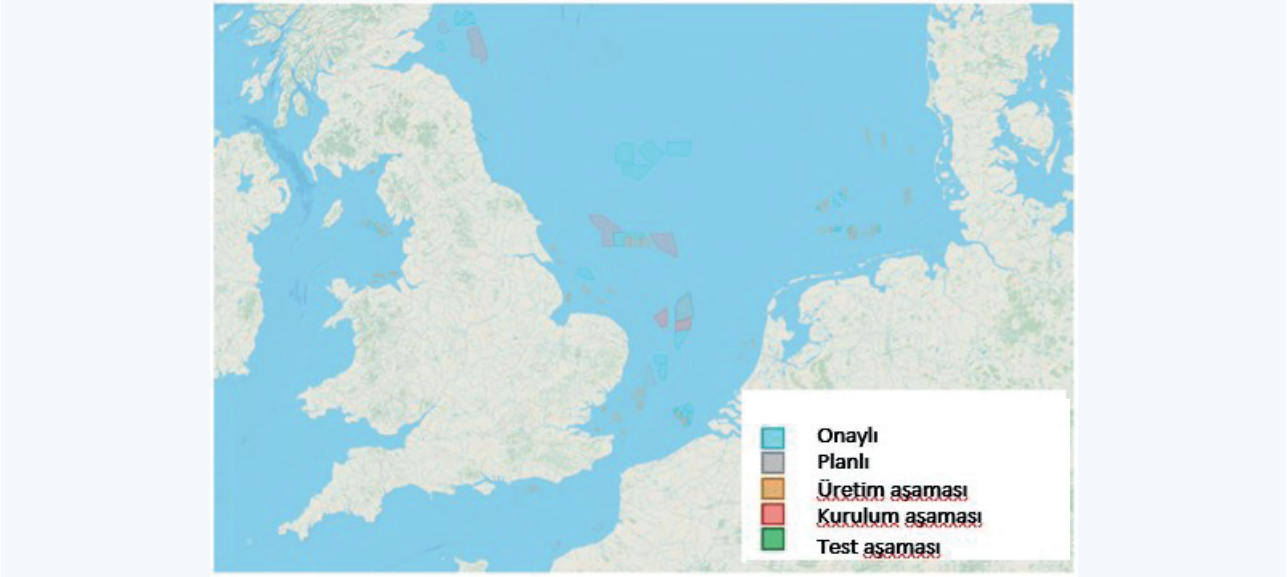
Rüzgâr enerjisi kapasitesinde 2020'de yaşanan küçük daralma Hollanda, Norveç ve Belçika'daki kapasite artışları ile dengelenmiştir. IEA (2020) tarafından Kasım 2020'de yayınlanan tahmin raporuna göre; Fransa ve Polonya'daki devreye alınacak karasal projeler ve Danimarka'nın da denizüstü santrallerini devreye alması ile birlikte 2021'de toparlanma başlayacaktır. Karasal rüzgâr enerji kapasitesinde Fransa, Almanya ve İspanya'nın öncülüğünün devamı beklenmektedir. Fransa Temmuz 2021'de ülkedeki en büyük kapasiteli (122 MW) karasal rüzgâr enerjisi yatırımı için Türkiye'de de üretim yapan bir uluslararası firmaya 30 adet türbinin üretim ve kurulum ihalesini vermiştir (REN21 Renewables, 2021b). Denizüstü rüzgâr enerjisi için 2023-2025 döneminde büyümenin Birleşik Krallık ve Hollanda liderliğinde ortalama yıllık 5 GW olacağı tahmin edilmektedir. Avrupa'da denizüstü yatırımlarının yoğun olduğu kısımlar Şekil 142'de gösterilmiştir

ŞEKİL 142. Avrupa'da Denizüstü Türbin Sayısı ve Ortalama Türbin Gücü



Kaynak: Wind Europe Community (2021).

ŞEKİL 143. Denizüstü Rüzgâr Enerji Santrali Alanları



Kaynak: Blue Economy Report (2020)

Wind Europe Community (2021) Şubat 2021 raporuna göre 2021 yılında Avrupa'da yaratılması beklenen 19,5 GW rüzgâr enerjisi kapasitesi ile kapasite ekleme rekoru kırılmış olacaktır. Bu kapasite artışının bir kısmı 2020 yılında Covid-19 önlemleri sebebi ile tamamlanması 2021 yılına sarkan projelerden kaynaklanmaktadır. Wind Europe Community 2021 yılında Covid-19'un tedarik zincirine etkilerinin devam etmesi durumunda toplam kapasite artışının 16,9 GW olarak gerçekleşmesini beklemektedir.

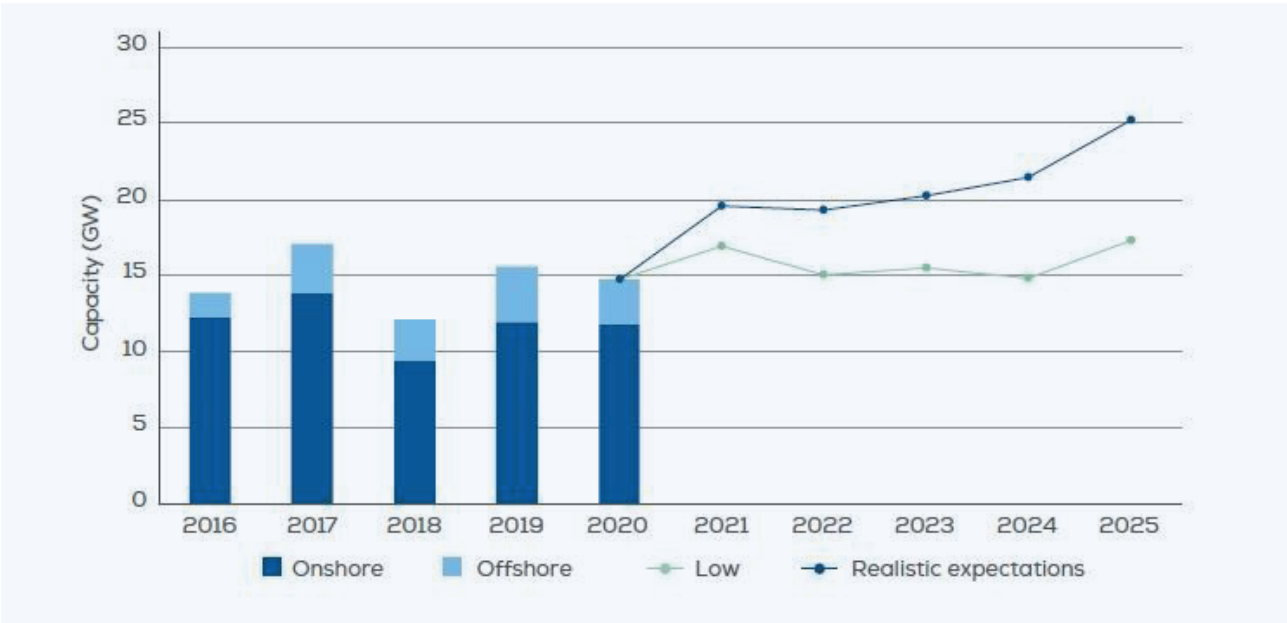
Wind Europe Community 'un düşük ve gerçeğe uygun senaryolarına göre 2021-2025 yıllık kapasite artış beklentisi şekil 144'te görülmektedir.

Gerçeğe uygun senaryo şu anda hazırlıkta olan tüm yasal düzenlemelerin devreye alındığını, ulusal enerji ve iklim planlarına yönelik hedefleri ve kurulması planlanan veya kurulmakta olan tüm rüzgâr çiftliklerinin belirlenen takvime göre devreye alındığını varsaymaktadır. Gerçeğe uygun senaryoda 2025 yılına kadar beklenen kapasite gelişimi şekil 144'te gösterilmiştir.

Bu senaryoya göre; 2021-2025 yılları arasında 105 GW kapasite sunulması ve kurulu kapasitenin 2025 yılında 318 GW'a ulaşması beklenmektedir. Önümüzdeki beş yıl içerisinde karasal rüzgâr enerjisi kapasitesinin rüzgâr enerjisi içerisindeki payı %72 olacaktır. Beş yıllık dönemde Birleşik Krallık (18 GW), Almanya (17 GW) ve Fransa (12 GW)'nın en çok kapasiteyi kazandırması beklenmektedir. Birleşik Krallık'ın sunması beklenen kapasitenin 15 GW'ını denizüstü santral kapasitesi oluştururken, Almanya'nın sunması beklenen kapasitenin 13 GW'ını karasal rüzgâr enerjisi oluşturmaktadır.

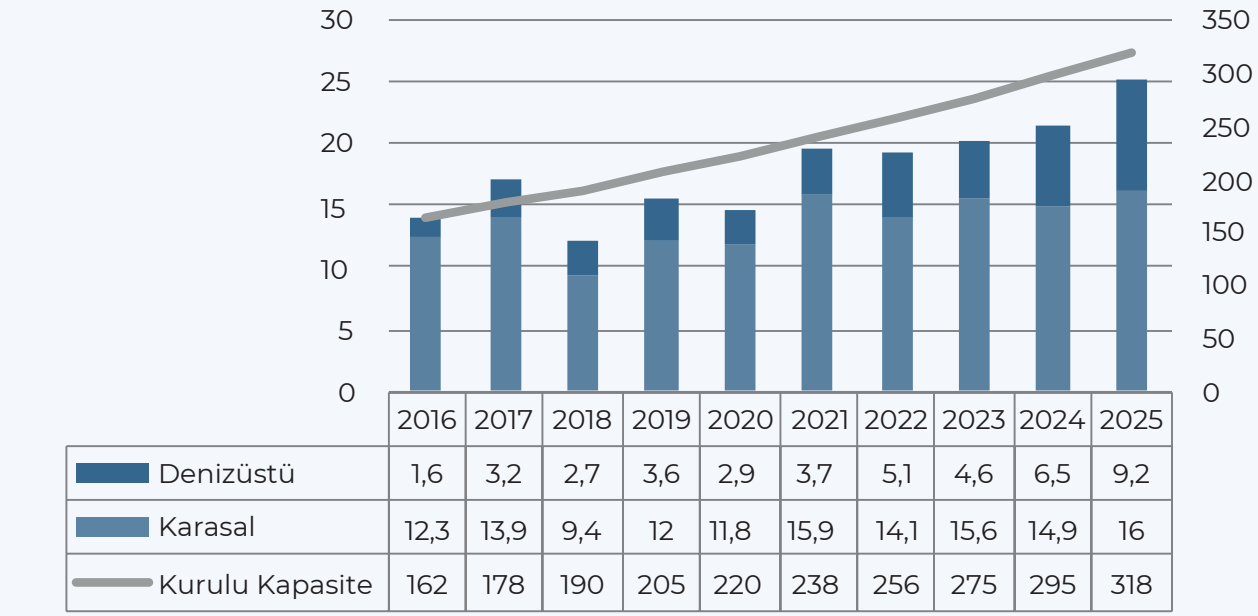
Wind Europe Community'nin düşük beklenti içeren senaryosunda, Avrupa Hükümetleri'nin izin konularını ele almadığını, hükümetlerin pandemi nedeniyle malların ve insanların serbest dolaşımına ilişkin kısıtlamaları güçlendirdiği ve yenilenebilir enerji konusunda etkili stratejiler uygulamaya koymakta başarısız olduğu varsayılmıştır. Bu senaryoda yıllık ortalama 16 GW kurulum ve toplamda 79,5 GW kapasite arttırımı ile 2025 yılında 292 GW kurulu kapasiteye ulaşılacağı tahmin edilmiştir.

ŞEKİL 144. Wind Europe Community Düşük ve Gerçeğe Uygun Senaryolarına Göre Tahmini Kapasite Artışları (2021-2025 (GW))



Kaynak: Wind Europe Community (2021)

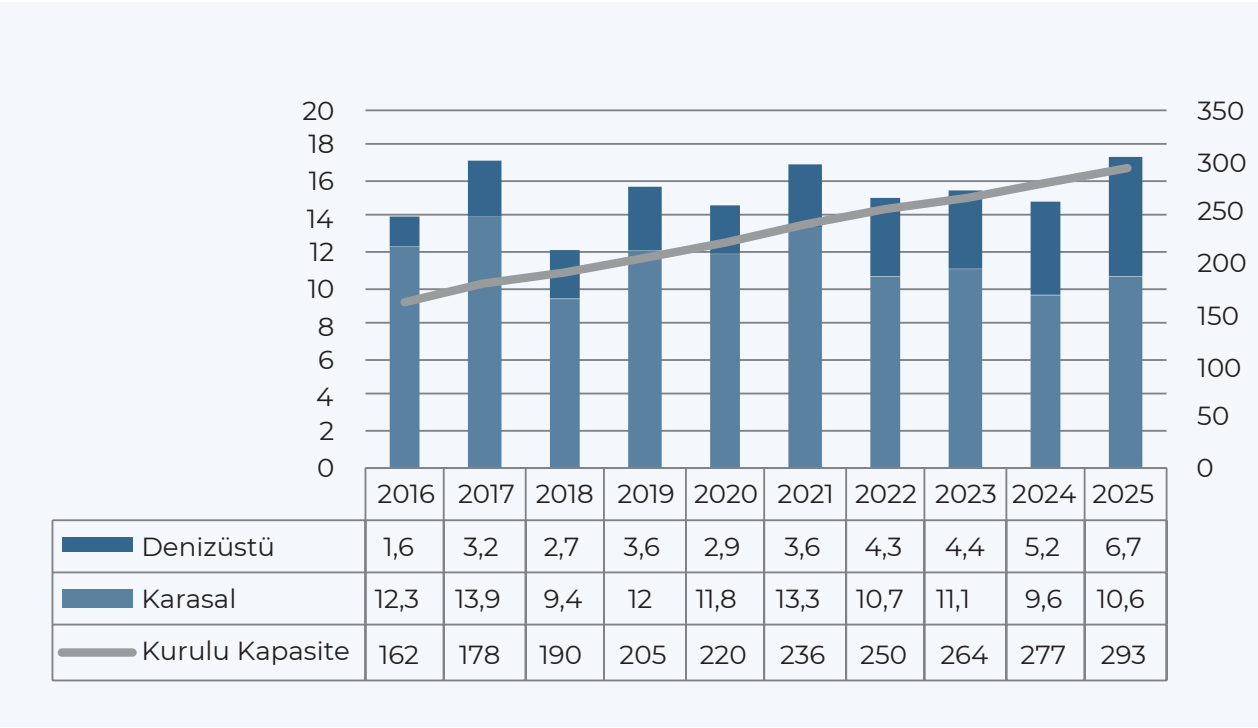
ŞEKİL 145. Wind Europe Community Gerçeğe Uygun Senaryoda Kapasite Tahmini



	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Denizüstü	1,6	3,2	2,7	3,6	2,9	3,7	5,1	4,6	6,5	9,2
Karasal	12,3	13,9	9,4	12	11,8	15,9	14,1	15,6	14,9	16
Kurulu Kapasite	162	178	190	205	220	238	256	275	295	318

Kaynak: Wind Europe Community (2021)

ŞEKİL 146. Wind Europe Community Düşük Kapasite Senaryoda Kapasite Tahmini



	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Denizüstü	1,6	3,2	2,7	3,6	2,9	3,6	4,3	4,4	5,2	6,7
Karasal	12,3	13,9	9,4	12	11,8	13,3	10,7	11,1	9,6	10,6
Kurulu Kapasite	162	178	190	205	220	236	250	264	277	293

Kaynak: Wind Europe Community (2021)

Düşük senaryoda endişenin büyük kısmı karasal rüzgâr enerji kapasitesinde yoğunlaşmaktadır. Karasal rüzgâr enerji kapasitesi 2021'deki büyümenin ardından 2018'deki çok düşük kurulum oranına benzer bir şekilde 2024'de de 10 GW'ın altına düşebilecektir.

6.1.3. Türkiye'de Rüzgâr Enerji Santrali Pazarının Gelişimi

Türkiye elektrik enerjisi brüt tüketimi bir önceki yıla göre 2019 yılında %0,3 azalarak 303,9 Milyar kWh, 2020 yılında ise %0,5 artış ile 305,4 Milyar kWh olarak gerçekleşmiştir (EMO, 2021). 2018 yılına kadar artış gösteren brüt üretim trendi son iki yıldır yatay olarak seyretmektedir. Elektrik tüketimi son iki yıldır yatay seyir izlese de 2019 yılında elektrik üretiminin %7'si rüzgâr enerjisinden elde edilirken 2020 yılında bu oran %8 olarak gerçekleşmiştir. Bunun yanında rüzgâr enerjisi sektörünün büyüdüğünü gösteren bir diğer unsur da rüzgâr enerjisi kurulan kapasite ve türbin artışıdır. Tablo 40'ta 2006-2020 yılları arasında Türkiye'de rüzgâr enerjisi yatırımları ve kapasite gelişimi görülmektedir.

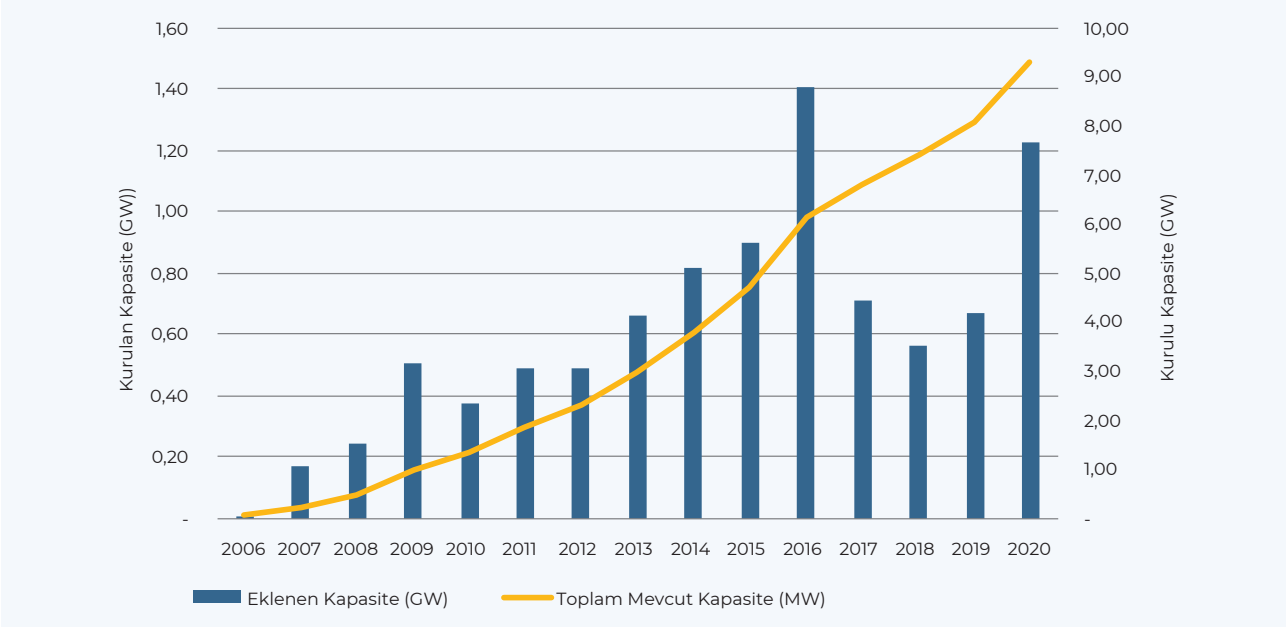
Yapılan kapasite artışları ile birlikte 2020 yılı sonunda mevcut rüzgâr enerjisi kapasitesi 9,27 GW'a ulaşmıştır. Kurulu kapasite gelişimi şekil 147'de verilmiştir.

TABLO 40. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Yatırım ve Kapasite Gelişimi

Yıl	Yatırım Sayısı	Kurulan Kapasite (GW)	Kurulan Türbin Sayısı
2006	4	0,01	40
2007	8	0,2	128
2008	9	0,2	147
2009	18	0,5	246
2010	14	0,4	179
2011	16	0,5	196
2012	17	0,5	201
2013	25	0,7	291
2014	35	0,8	330
2015	37	0,9	325
2016	55	1,4	542
2017	26	0,7	242
2018	29	0,6	193
2019	23	0,7	191
2020	60	1,2	310

Kaynak: TUREB (2021)'den derlenmiştir.

ŞEKİL 147. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Kurulu Kapasite Gelişimi



Kaynak: TUREB (2021)'den derlenmiştir.

Türkiye'de toplam 269 kayıtlı rüzgâr enerji santrali bulunmaktadır ve bu santrallerin çoğu İzmir ve Balıkesir illerinde yoğunlaşmıştır.

2020 yılında sektör dünyada olduğu gibi Covid-19 kaynaklı problemleri aşarak güçlenmiştir. TÜREB (2021) beklenti raporuna göre; 2020 yılını 9,27 GW kurulu güç ile kapatan sektörün 2021 yılında 10 GW'ı aşmasına kesin gözü ile bakılmaktadır. 2020 yılında Avrupa'da yeni kapasitenin %8'i Türkiye tarafından kurulmuştur. Wind Europe Community (2021) tahminine göre 2021'de de Türkiye'nin 1 GW üzerinde kapasite oluşturması beklenmektedir. Mevcut proje stoğuna bakıldığında 2022 yılında dünyada olduğu gibi Türkiye'de de rüzgâr enerjisi sektöründe daralma beklenmektedir. TÜREB (2021) beklenti raporuna göre; 2030 yılında mevcut kurulu kapasitenin 25 GW'a ulaşacağı öngörülmektedir. Wind Europe Community (2017b) tahminine göre üç farklı senaryoda Türkiye ile ilgili beklentilerini şöyle açıklamıştır: Wind Europe Community tarafından 2030 yılına kadar Türkiye'de denizüstü rüzgâr enerjisi beklenmez iken, karasal rüzgâr enerjisi ile ilgili olarak 2030 yılında Türkiye'nin toplam karasal rüzgâr enerji kapasitesi beklentilerin gerçekleşmediği senaryoda 16 GW, beklentilerin orta düzeyde gerçekleştiği senaryoda 24 GW ve tüm beklentilerin gerçekleştiği senaryoda ise 28 GW olarak tahminlenmiştir.

6.1.4. Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Gelişimin Lojistik Sektörüne Etkisi:

Rüzgâr enerjisi sektörünün Dünya ve Avrupa için ortaya konan düşük kapasite ve gerçeğe uygun senaryolarının tümünde sektörün büyümeye devam edeceği öngörülmektedir. Rüzgâr enerji sektöründeki bu büyümenin Türkiye'de uzun dönemde ağır nakliye lojistiği sektöründe, özellikle rüzgâr enerjisi ekipmanları lojistiği alanında büyümenin belirleyicisi olacağı öngörülmektedir.

Rüzgâr enerjisi sektöründeki büyümenin lojistik sektörüne etkisi yıllık üretilen rüzgâr enerjisi miktarı ve üretilen ekipman miktarı ilişkilendirilerek bir regresyon modeli ile ortaya konulabilir. Bu model üzerinden yıllık ekipman üretim ve ihracat miktarları tahminlenerek, karayolu ve denizyolunda rüzgâr enerji ekipmanı gibi ağır yüklerin taşıma miktarı nicel olarak tahminlenebilir. Bir diğer tahminleme modeli önerisi olarak; rüzgâr enerji santrali ekipmanı üreticilerinin en az geçmiş on yıllık iç piyasa üretim miktarları ve ihracat miktarlarından yola çıkılarak zaman serisi analizi belirtilebilir. Çalışma kapsamında regresyon analizi ve zaman serisi analizi yapabilmek için Ege Gümrük Bölge Müdürlüğü'nden rüzgâr enerjisi ekipmanları ihracat rakamları talep edilmiştir fakat talep edilen verinin gizli bilgi olduğu gerekçesi ile verilere ulaşmak mümkün olmamıştır. Lojistik yük analizi kapsamında, üretici firmalardan ürün tipine göre üretim adetleri, taşıma üstlenicisi firmalardan yıllık sevk adetleri, Karayolları Genel Müdürlüğü'nden verilen yük taşıma izinleri ve Gümrük Bölge Müdürlüklerinden elde edilecek ihracat verileri ile gerçekleştirilebilecek kapsamlı ve detaylı bir çalışma mümkün olacaktır. Bu kurumlardan elde edilecek ürün grupları bazında yıllık üretim miktarları, ürün grupları bazında yıllık ihraç miktarları, yıllık sevk sayısı v.b. veriler rüzgâr enerjisi enerji üretim projeksiyonları ile ilişkilendirilerek başlı başına detaylı bir lojistik yük tahmini çalışması gerçekleştirilebilir.

İzmir İli Rüzgâr Enerjisi Sektörüne İlişkin Yük Tahminlemesi Kapsamında Yapılması Önerilenler:

- Rüzgâr enerjisi hem dünyada hem de ülkemizde her geçen yıl yaygınlaşan yenilenebilir enerji türüdür. Dünyada uzun vadeli karasal ve denizüstü rüzgâr enerjisi tahminlerine bakıldığında; Çin ve ABD'nin en yüksek kurulu rüzgâr enerji kapasitesine sahip olmaya devam edecekleri öngörülmektedir. Kurulu kapasite konusunda bir diğer önemli pay sahibi Avrupa'dır. Rüzgâr enerjisi ekipmanlarının üretiminde Çin'in dışa bağımlılığı olmaması, lojistik anlamdaki avantajlar sebebi ile Türkiye'nin bu ekipmanların ihracatı konusunda ilk odaklanması gereken bölge Avrupa'dır. Rüzgâr enerjisi makine ve ekipmanlarında ülkemiz dış ticaret fazlası vermektedir. Uluslararası üreticilerin ülkemizde yerleşik üretim tesislerinin bulunması Avrupa pazarına ekipman ihracatı konusunda önemli bir avantajdır. Avrupa pazarındaki potansiyel rüzgâr enerji yatırımlarından ekipman üretimi ile ihracatı artırmak

için üreticilere teşvikler belirlenir iken Avrupa pazarının 2030 yılına kadar rüzgâr enerjisi kapasite hedefleri ve bu kapasite hedefinde en yüksek payı olacak olan ülkelere ihracat odaklanılmalıdır. Bunun için rüzgâr enerjisi ekipman üreticileri, kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları birlikte çalışarak ekipman üretim hedeflerini ortaya koymalıdır.

- Sadece yabancı yatırımcı için değil, yerli yatırımcılar için de ekipman üretimi konusunda teşvikler sunularak sektörün dış ticaret fazlası verme yeteneğinin sonucundaki olumlu etki artırılabilir. Yerli üreticinin desteklenmesi sektördeki büyümenin devamlılığını sağlayacaktır.
- Yapılan rüzgâr enerjisi talep tahminlerinde görülmektedir ki; bundan sonra kurulacak türbinlerde türbin kapasitesi artacak ve buna bağlı olarak kanat uzunlukları artacaktır. Özellikle denizüstü rüzgâr santrallerinde de kanat boylarının uzun olduğu ve denizüstü rüzgâr enerjisi yatırımlarının artacağı düşünülürse; üretim tesislerinin, depolama alanlarının, üretim tesislerinin çevresindeki karayolu elemanlarının bu duruma göre tasarlanması ve iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu konuda rüzgâr enerjisi ekipmanı üreticileri, KGM, belediyeler ve diğer paydaşlar ile birlikte ortak değerlendirmeler yapılmalı ve kararlar alınmalıdır.
- Avrupa Pazarı'nın 2030 hedefleri için TÜREB, kamu kuruluşları ve ilgili paydaşlarla çalışma grubu oluşturularak ekipman rüzgâr enerjisi ekipmanı talep tahmini hazırlanmalıdır.
- KGM, Belediyeler ve ilgili kamu kuruluşları nezdinde artan talebin sorunsuz karşılanması için ulaştırma problemleri (karayolu kritik noktaları, otoyolların kullanımı ve yük taşıma saatlerinin mevzuatta eksik kalması gibi) çözülmelidir.
- Rüzgâr enerjisi ekipmanı talebinin büyük kısmının İzmir'den karşılanacağından hareket ile yeni proje etüdleri gerçekleştirilirken rüzgâr enerjisi ekipmanı gibi gabari dışı yüklerin taşınması da göz önüne alınmalıdır.
- Beklenen talebin karşılanması için ekipman üretimi ile ilgili olarak yerli yatırımcı teşvik edilmelidir.
- Çandarlı Limanı'nın faaliyete geçmesi durumunda talebin durumu da göz önüne alınarak otoyol kullanım şartları, sevk saatleri ile ilgili düzenlemeler netleştirilmelidir.
- Talep artacağı için rüzgâr enerjisi ekipmanlarının taşıma öncesi izinleri ile ilgili bürokratik işlemler azaltılmalıdır.
- Türkiye'nin artan rüzgâr enerjisi talebini kısa sürede karşılayabilmek için iç piyasaya sunulacak tüm ekipmanların Türkiye'de üretimi sağlanmalıdır.
- Uzun kanatlara talebin artacağı düşünülerek rüzgâr enerjisi ekipmanı üreticileri, KGM, Belediyeler ve üniversiteler ile çalışma grupları oluşturularak ulaştırma, lojistik ve depolama alanı planlamaları yapılmalıdır.
- Ulusal Ulaştırma ve Lojistik Planlarına rüzgâr enerjisi ekipmanları ulaştırması dâhil edilmelidir.

6.2. Demiryollarının Geliştirilmesi İçin Gelecek Önerileri

Uzun mesafelerde gabari dışı yüklerin taşınmasında demiryolu en güvenli ve verimli nakliye türüdür fakat kısa mesafede aynı verimden söz edilememektedir. Ülkemizde demiryolu ile rüzgâr santrali ekipmanı taşıması bugüne kadar gerçekleştirilmemiştir. TCDD Taşımacılık tarafından ölçüleri, ağırlıkları veya ambalajları bakımından araç ve tesislere uygun düşmediği için taşınmaya elverişli bulunmayan eşyalar, demiryollarında taşımaya kabul edilemeyen eşya sınıfındadır (TCDD Taşımacılık Hizmetleri, 2021). Kanat, kule gibi rüzgâr enerjisi santrali ekipmanları da Türkiye'de demiryolunda taşınmaya elverişli olmayan eşya sınıfındadır. Ülkemizde gabari yük dışında, organize sanayi bölgelerinde üretilen ürünlerin 7033 sayılı Sanayinin Geliştirilmesi ve Üretimin Desteklenmesi amacıyla Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile Lojistik Koordinasyon Kurulu'nda alınan kararlar gereği Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) ve Endüstri Bölgelerinin (EB) demiryolu iltisak hattı yapılması hususunda çalışmalara başlanmış olduğu bildirilmektedir (TİM, 2017).

İzmir-Çandarlı hattında Menemen-Aliağa arası 26 km.'lik demiryolu hattı yapımı 1996 yılında tamamlanmış ve 2003'de ikinci bir hat yapılarak geliştirilmiştir. Bu demiryolu hattı İzmir'in kuzey-güney yolcu akımını sağlayan İZBAN trenleri, Aliağa'da bulunan petrokimya tesislerinin ürünlerini taşıyan TCDD'ye ait yük trenleri tarafından kullanılmaktadır.

Mevcut demiryolu hattının özellikle İzmir-Aliağa kısmının rüzgâr enerjisi santrali ekipmanlarının taşınması için demiryolu geometrik tasarımının ve kapasitesinin yetersizliği, özellikle Çiğli- Sasalı ve Menemen-Seyrek Bölgeleri'nde demiryolu iltisak hatlarının bulunmaması sebebi ile yeterli olmayacağı öngörülmektedir. Diğer taraftan bu hat üzerinde banliyo seferleri ile yolcu taşınmaktadır. Bu hattın gabari dışı yük taşımasında kullanılması, banliyo seferlerinin aksamasına yol açarak ve yolcu taşımacılığının karayoluna kaymasına sebep olarak olumsuz etkiler ortaya çıkarabilir.

Aliağa – Çandarlı – Bergama arasındaki 49,3 km.'lik demiryolu ve yaklaşık 7,3 km.'lik Çandarlı Limanı bağlantısı planlanmış olup 2017 yılında yapım ihalesi açılmıştır. Belirtilen hat açıldığında Çiğli, Menemen, Aliağa endüstri bölgelerindeki ihraç yükleri Çandarlı Limanı'na aktarılabilecektir. Fakat bu ek bağlantı uygun geometri ve kapasite ile tamamlanmış olsa dahi, yukarıda bahsedilen Aliağa-İzmir hattındaki olumsuzluklar nedeni ile İzmir-Çandarlı hattında özellikle kanat gibi rüzgâr enerjisi ekipmanının demiryolu ile taşınabilmesi kısa vadede uygulanabilir olarak öngörülmemektedir. Aliağa – Çandarlı – Bergama planlı demiryolu hattı şekil 148'de görülmektedir.

ŞEKİL 148. İzmir-Aliağa-Çandarlı Demiryolu Hattı

Kaynak: Dörrbecker (2019)

Demiryolu Taşımacılığı Açısından Yapılması Önerilenler:

- Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi ekipmanı üretiminde ve ihracatında ihtisaslaşmış bir liman olarak belirlenmesi alternatifi değerlendirildiğinde, Çandarlı Limanı'nın demiryolu bağlantısının, üretim tesisinden rıhtıma kadar uzanan sadece liman içi bir demiryolu hattını içermesi durumunda operasyonlar büyük ölçüde kolaylaşacaktır.
- Bu durumda liman içi demiryolu kullanımı ile ilgili vagon tipleri, elleçleme ekipmanları v.b. teknik bilgiler edinilerek planlamalar yapılması önerilmektedir.

Yapılan değerlendirmelerin sonucunda, İzmir ili özelinde demiryolu taşımacılığına yönelik kısa, orta ve uzun vadede gerçekleştirilmesi gerekenler aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

TABLO 41. İzmir İli Rüzgâr Enerjisi Sektörüne İlişkin Demiryolu Taşımacılığı Eylem Planı

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Rüzgâr enerjisi ekipmanlarının ulaştırmasında demiryolunun da bir alternatif olduğu konusunda farkındalık yaratılmalıdır.	İlgili bölgelerde rüzgâr enerjisi ekipmanlarının demiryolu ile taşınıp taşınamayacağı konusunda teknik fizibilite raporları hazırlanmalıdır.	Demiryolu taşıması ile ilgili teknik fizibilite raporlarının olumlu olması halinde lojistik hizmet sağlayıcılara demiryolu alternatifi kullanılması ile ilgili teşvikler sunulmalıdır.
Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi özelinde faaliyete geçmesi durumunda liman içi nakliye operasyonları için demiryolu hattı değerlendirilmelidir.	Liman içi operasyonları demiryolu ile gerçekleştiren örnekler incelenerek liman içi nakliye konusunda ekipman, personel, eğitim hazırlıkları başlatılmalıdır.	Liman içi nakliye operasyonlarında demiryolu kullanımının devamlılığı ile operasyon verimliliği arttırılmalıdır.

6.3. Karayolu Ulaştırmasının Geliştirilmesi İle İlgili Gelecek Önerileri

Çalışmanın **'Rüzgâr Enerjisi Santrali Ekipmanlarının Taşıma Operasyonları'** kısmında, karayolu taşıma sürecinde darboğazlar yaratabilecek noktalar, kanat ve kule ekipmanlarının Sasalı, Menemen, Bergama gibi üretim merkezlerinden Alsancak ve Aliağa Limanları'na ulaştırılması kapsamında detaylı olarak incelenmiştir. Belirtilen ulaştırma süreci ile ilgili kullanılan, mevcut dört adet ulaştırma rotasındaki darboğazlar ortaya konmuş ve genel problemler belirtilmiştir. İncelenen dört rota dışında, henüz rüzgâr enerjisi ekipmanı ulaştırması için kullanılmayan, Çandarlı Limanı'ndan yükleme yapılması durumunda kullanılabilecek olan Kuzey Ege Otoyolu üzerinde olan Menemen-Çandarlı ve Sasalı Çandarlı rotaları incelenmiştir.

Mevcut durumda kullanılan rotalar genelinde temel problemlerin yol ve kavşak geometrilerinin yetersizliği, karayolundaki fiziksel engeller, trafik yoğunluğu yüksek olan şehir içi ana arter geçişleri ve yasal mevzuat belirsizlikleri olduğu görülmektedir.

Yol ve kavşak geometrileri ve karayolundaki fiziksel engeller ile ilgili problemlerin çözümünde yük sahibi kurumlar, lojistik hizmet sağlayan işletmeler, KGM ve belediyeler temas halinde çalışmalıdırlar. Ayrıca, her ne kadar Menemen-Seyrek Bölgesi'nde kullanılan karayolu, platform genişliği açısından proje yükü taşınmasına uygun olmasa da bu yolun çoğu kısmının sorumluluğu DSİ'de olduğu için problemlerin çözümünde bu kurum da devreye alınmalıdır.

Proje yükleri için izin verilen sevk saati aralıklarının yasal mevzuata alınması sevklerin kısıtlı sürelerde yapılmasının önüne geçerek üretici ve taşıma işi üstlenicilerinin etkin bir sevk planı oluşturmasını sağlayacaktır. Ayrıca rüzgâr enerjisi santrali ekipmanı taşınmasında otoyolların kullanılabilmesi ile ilgili yasal bir düzenleme bulunmamaktadır ve bu izin ilgili kurumların tasarrufundadır. Proje yüklerinin sevk saatleri ve otoyolların kullanımı gibi konular rüzgâr enerjisi ekipmanı üreticileri, taşıma organizatörleri, KGM, belediyeler ve üniversitelerin görüşleri alınarak yasal mevzuata dayandırılmalıdır.

Rüzgâr enerjisi ekipmanlarının üretildiği tesislerin lokasyonlarına bakıldığında, bu tesislerin üretilen ekipmanın boyutları ve depolama alanlarının büyük olması gerekliliği sebebi ile kırsal alanlarda konumlandığı görülmektedir. Kırsal alanlardaki karayolu geometrisinin ve kapasitesi yetersizliğinin yanı sıra bu yüklerin şehir içi trafik yoğunluğu yüksek olan ana akslardan geçerek limanlara ulaştırılması nakliye açısından problemleri artırmaktadır. Bu sebeple, uzun vadede kurulacak rüzgâr enerjisi santrali ekipmanı üretim tesislerinin konumları belirlenirken özellikle çevredeki karayolu alt yapısı göz önüne alınmalıdır.

Bu çalışmada, kırsal bölgelerde üretimi yapılan rüzgâr santrali ekipman yüklerinin şehir içine girmeden limana aktarılmasını sağlayacak bir alternatif olarak da yüklerin Kuzey Ege Otoyolu üzerinden nakliyesi incelenmiştir. Yapılan alternatif rota incelemesinde Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi ekipmanları için yükleme limanı olarak kullanılması durumunda Kuzey Ege Otoyolu'nun bazı iyileştirmeler ile uygun bir alternatif olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bu kapsamda proje yüklerinin taşınmasında otoyolların kullanımının mevzuat ile düzenlenerek desteklenmesi önerilmektedir. Diğer taraftan; Kuzey Ege Otoyolu özel bir işletme olduğu için bu kurum ile de görüşülerek otoyol kullanım izni, ücretlendirme, geçiş sırasında alınacak önlemler ve sorumluluklar gibi hususların belirlenmesi gerekmektedir. Kuzey Ege Otoyolu'nda rüzgâr enerjisi ekipmanı taşıyan araçlar için çok fazla geometrik ve fiziksel engel bulunmamasına rağmen, özellikle otoyol giriş ve çıkışlarının araç geçişlerine uygunluğu, otoyol katılım ve ayrılma noktalarındaki kurpların geometrik yapısı tekrar değerlendirilmeli ve gerektiğinde iyileştirmeler yapılmalıdır. Bergama-Zeytindağ Bölgesi'nde üretilen kule ekipmanlarının da Çandarlı Limanı'na sevki için bu bölgeden Kuzey Ege Otoyolu'na katılımı sağlayacak altyapının sağlanması gerekmektedir. Sonuç olarak mevcut rotaların kullanımına devam edilmesi veya alternatif olarak Kuzey Ege Otoyolu alternatifinin kullanılması durumlarında rüzgâr enerjisi ekipmanı üreticileri, taşıma üstlenicileri, KGM ve belediyeler olmak üzere tüm paydaş kurumların yer alacağı ortak çalışma gruplarında yapılacak değerlendirmeler ile karayolunda rüzgâr enerjisi ekipmanı ulaştırma süreçleri etkin şekilde tasarlanabilecektir.

6.4. İnsan Kaynağı Geliştirme Önerileri

İnsan kaynakları her sektörde olduğu gibi rüzgâr enerjisi sektöründe de kilit rol oynayan bir unsurdur. Rüzgâr enerjisi sektöründe insan kaynakları, proje planlama, tedarik ve üretim, taşımacılık, kurulum ve şebeke bağlantısı, işletme ve bakım-onarım ve son olarak da işletmeden çıkarma süreçlerinin her aşamasında yer almaktadır. Bu rapor kapsamında İzmir ilindeki rüzgâr enerjisi sektörünün liman ve ulaştırma süreçlerindeki insan kaynakları, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri göz önüne alınacaktır.

Rüzgâr türbini ekipmanlarının taşımacılık süreçlerinde en öne çıkan unsur olarak insan kaynakları ifade edilmektedir. Kalifiye iş gücü rüzgâr enerjisi sektöründe en ihtiyaç duyulan noktalardan biri olarak belirtilmiştir. Rüzgâr enerjisi sektöründe insan kaynakları rapor kapsamında lojistik (taşımacılık ağırlıklı), liman ve ekipman üreticileri açısından değerlendirilecektir.

Lojistik Hizmet Sağlayan İşletmelerde İnsan Kaynakları:

- Rüzgâr enerjisi sektörü ve İzmir özelinde gerçekleştirilen taşımacılık operasyonları düşünüldüğünde, artan kanat uzunlukları ile birlikte kullanılan araçlarda da değişimlerin yaşandığı görülmektedir. Örnek olarak; 82 metrelik bir kanadı taşıyan aracın uzunluğu 91 metreden az olmamaktadır. Bu özellikte araçları kullanacak olan şoförlerin tedariğinde problemler yaşanmaktadır. Kanat uzunluklarının önümüzdeki yıllarda artacağına yönelik olan tahminler göz önüne alındığında, artan araç uzunlukları, değişen araç teknolojilerine uyum sağlayabilecek, özellikle bu alanda eğitim almış, tecrübeye sahip şoförlerin tedariğine yönelik çalışmalar planlanmalıdır.
- Proje yük operasyonlarında istihdam edilecek olan şoförlerin bu süreçle ilgili meslek lisesi/teknik alanda eğitim veren kurumlardan eğitim almaları gerekmektedir. Teknik bilgi, rüzgâr enerjisi sektöründe operasyonel verimlilik açısından oldukça önemlidir. Örnek olarak hidrolik dorse kullanımına yönelik ilgili teknik kısımların anlaşılması olası kaza riskini de azaltacaktır. Bir dorsenin vanasının tam kapatılmaması sonucu, kulenin yere düşmesi söz konusu olmuştur. Bu konuyla bağlantılı olarak Türkiye'de rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili eğitim programları incelendiğinde, eğitim programlarının çoğunun üniversite veya yüksekokul mezunu bireylere yönelik rüzgâr enerjisi danışmanlığı eğitimlerini içerdiği görülmektedir. Bunların yanısıra, kurulum, bakım, onarım ve rüzgâr enerjisi santrallerinde yüksekte çalışma alanlarında sertifika programları bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisi ekipmanlarına özel araçların kullanımında görev alacak şoför, öncü ve artçı şoför, bu ekipmanların elleçlemesinde görev alacak vinç operatörlerine yönelik de benzer sertifika programlarının sunulması gerekmektedir.
- Eskort araçlardaki öncü şoförlerce proje yük operasyonlarının öneminin anlaşılması gerekmektedir. Öncü şoförlerin işin özelliklerini sahada öğrendikleri göz önüne alındığında, operasyonların verimliliği açısından bu alanda görev alan personele yönelik özel eğitimlerin sunulması gerekmektedir. Bununla birlikte artçı şoförler için de aynısı belirtilebilir.
- Sertifika programları ile proje yük özelinde şoförlük eğitimi sunulmalıdır. SRC belgesi, 4925 sayılı Karayolu Taşıma Kanunu'na göre karayolu taşımacılığında yük ve yolcu taşıyan araç sahiplerinin almakla yükümlü oldukları mesleki yeterlilik belgesidir. SRC belgesinin rüzgâr enerjisi ekipmanlarının taşımacılığında yüklerin özelliklerinden dolayı tek başına yeterli olmadığı sektörde hakim bir görüştür. Mevcut durumda, deneyimli şoförlerin yanında işe yeni başlayan şoförlerin pratiğe yönelik eğitim almaları söz konusudur. Bununla ilgili ayrıca bir sertifika ya da eğitim programı bulunmamaktadır.
- Sunulacak olan sertifika programlarının Millî Eğitim Bakanlığı ve Karayolları Genel Müdürlüğü'nün işbirliği ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunun ana sebebi, karayollarındaki gereksinimler ile eğitim programlarının uyum içerisinde planlanması ihtiyacıdır.
- Şoförlerin eğitiminin yanısıra, sertifika veya eğitim programlarının vinç operatörleri için de söz konusu olması gerekmektedir. Gerek şoförlerin gerekse de vinç operatörlerinin eğitimlerinde rüzgâr türbin

üreticisi işletmelerin talep etmiş oldukları spesifik eğitim programları önemli rol oynamaktadır. Bu eğitim programları çerçevesinde gerekli duyulan ek eğitimler de sunulmaktadır.

- Vinç operatörlerinin operasyonlardaki başarısını ve verimini etkileyen en önemli unsur, sahip oldukları deneyimdir. Vinç operatör sertifikası sunan eğitimler, kısa süren ve eğitimin tamamlanmasının ardından operatöre deneyim kazandırma potansiyeli olmayan süreçler olarak değerlendirilmektedir. Vinç operatörünün yanında çalışan ve "yağcı" olarak adlandırılan personelin, gerekli tecrübeyi kazanarak rüzgâr enerjisi ekipmanlarını elleçleyecek süreçlerde çalışması mümkün olabilmektedir. Yağcının, vincin takılması, sökülmesi gibi süreçlerde olabildiğince dâhil olması edinmesi gereken tecrübe açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple, vinç hizmeti sunan işletmeler, kendi bünyelerindeki yağcılardan bir sonraki vinç operatörlerini yetiştirmeyi hedeflemektedirler. Yaklaşık olarak üç senenin sonunda da usta vinç operatörlerinden yetişen yağcı ile ilgili olarak olumlu bir geribildirim olursa, düşük kapasiteli vinçlerde operatör olarak çalışmaya başlamaktadırlar. Edindikleri deneyime bağlı olarak da kullandıkları vinçlerin tonajları artırılmaktadır. Sunulacak olan sertifika programlarında rüzgâr enerjisi ekipmanlarının elleçlenmesine yönelik özel modüllere yer verilmesi sektörün ihtiyaçlarına uygun olacaktır.
- Türkiye'deki mevcut meslek yüksekokullarında ağır nakliye ve rüzgâr enerjisi sektörü alanlarında ihtiyaç duyulan personele yönelik farkındalık oluşmamıştır. Bu durum da, sektörün ihtiyaçlarına yönelik eğitim ve sertifikalandırma programlarının oluşturulmamasını beraberinde getirmektedir. Ayrıca, rüzgâr enerjisi sektöründe liman, ulaştırma ve kurulum aşamalarında çalışan personelin işi zor, sürekliliği olmayan bir iş olarak değerlendirmesi de sektörde insan kaynakları açısından karşılaşılan önemli sorunlardandır.
- Rüzgâr enerjisi sektörünün taşımacılık sürecinde istihdam edilen personelin yaş ortalaması yüksektir. Yetişen ve belirli bir yaşa ulaşan şoförlerin yerine genç şoförlerin rüzgâr enerjisi sektöründe eğitimli olarak yetişmesi gerekmektedir Genç personelin sektörde istihdamı için gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Üniversitelerde, meslek yüksekokullarında ağır nakliye şoförlüğü, vinç operatörlüğü bölümlerinin açılması bu konudaki farkındalığı tetikleyecektir ve teknik bilgisi olan genç personelin sektörde istihdam edilmesini mümkün kılacaktır.
- İş sağlığı güvenliği rüzgâr enerjisi sektöründe en ön planda değerlendirilen konulardan birisidir. Gerek taşınacak ve elleçlenecek olan ürünün ağır ve hacimli olması gerekse de maliyetinin yüksek olması sebepleri ile en ufak hatada bile çok büyük maliyetler ortaya çıkabilmektedir. Bu noktada en dikkat edilmesi gereken nokta insan hayatını riske atabilecek durumlardan kaçınılmasıdır. Yüke gelebilecek hasar, maddi anlamda tolere edilse de, insan hayatı ile ilgili süreçlerde özellikle iş sağlığı güvenliği eğitimlerinin ilgili operasyonlarda çalışan personele sağlanması gerekmektedir.
- Türkiye'de rüzgâr enerjisi sektöründe karasal rüzgâr enerjisi santralleri odaklı bir büyüme görülse de, gelecekte denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerine yönelik de yatırımların olacağı İzmir özelinde de öngörülmektedir. Bu noktadan hareketle denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinde istihdam edilecek iş geliştirme personeli, proje ve mühendislik ekipleri, denizüstü santral kurulumunda çalışacak gemi mürettebatı, santral teknisyenleri, hizmet, teknoloji ve ekipman sağlayan ekiplerin istihdamı ve eğitimi ile ilgili planlamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Üniversitelerin fakülte veya meslek yüksekokulu boyutundaki oluşumlarında denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerine yönelik özel programların oluşturulması bu alanda oluşabilecek açığı kapatacaktır.
- Denizüstü rüzgâr enerjisi santralleri açısından değerlendirildiğinde, bu alanda özel hizmet veren gemiler ve bu gemilerde çalışacak mürettebatın durumu da göz önüne alınmalıdır. Her ne kadar rüzgâr enerjisi santrallerinin lojistik süreçlerinde karayolu taşımacılığı, elleçleme ve liman operasyonlarındaki işgücünün durumu ön plana çıksa da, deniz taşımacılığı süreçlerinde de gemi mürettebatı açısından işgücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Liman sahasında üretimi gerçekleştirilmeyen

türbin bileşenlerinin tedariğinde kullanılan ağır yük gemilerinde, türbin kurulum faaliyetlerini gerçekleştirecek jack-up gemilerinde, karasal ve açık deniz trafo merkezleri arasında kablo kurulumu gerçekleştirecek kablo kurulum gemilerinde ve de bakım/işletme faaliyetlerinin yürütüleceği iş teknelerinde bu alanlarda eğitimini tamamlamış gemi personelinin istihdamı planlanmalıdır.

Liman Operasyonlarında İnsan Kaynakları:

- "Sapancı" olarak adlandırılan sorunsuz bir şekilde elleçleme yapabilecek personele ihtiyaç duyulmaktadır. Gerek TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nda gerekse de Aliağa Bölgesi'ndeki limanlarda bu personel liman dışından tedarik edilmektedir.
- Genel olarak değerlendirildiğinde, limanda çalışan personelin rüzgâr enerjisi sektöründeki yüklere yönelik farkındalığının artırılması gerektiği görülmektedir. Belirli süreçlerde bu farkındalığın olmamasından kaynaklı, baret veya gözlük takmayan, iş güvenliği prosedürlerini önemsemeyen personelin varlığından kaynaklı problemlerin ortaya çıktığı aşikardır. Bu farkındalığın yaratılması da, başta TCDD İzmir (Alsancak) Limanı olmak üzere Aliağa Bölgesi'ndeki özel limanların kurumları içerisinde kendi imkânlarıyla ya da yetkin eğitim kurumları yardımıyla sunabilecekleri özel eğitim programları ile mümkün olabilecektir. Bu eğitim programları, iş sağlığı ve güvenliği eğitimi sunan kurumlar tarafından verilebilmektedir.
- Limanda hizmet veren liman personelinin lojistik hizmet sağlayan personel ile uyumunun olmaması operasyonlarda sorunların oluşmasına neden olabilmektedir. TCDD İzmir (Alsancak) Limanı özelinde liman çalışanı olan sendikalı personelin lojistik hizmet sağlayan personelin tavsiye ve yönergelerine dikkat etmemesi ve bunları göz önüne almamasından kaynaklı problemler oluşmaktadır. Her ne kadar TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nın bu anlamda kendi personeli olsa da, rüzgâr enerjisi sektöründeki yüklerin özel ve ağır yükler olması sebebiyle, herhangi bir kaza, hasar vb. durum oluşturmamak adına, sendikalı personel yerine lojistik hizmet sağlayan işletme veya liman acentesi personelinin sürece dâhil olması söz konusu olmaktadır. Bu noktada, limandaki sendikalı personelin de rüzgâr enerjisi sektöründeki yüklerin özelliklerine göre özel eğitimlerle desteklenmesi gerekmektedir.
- Özel limanlar boyutunda değerlendirildiğinde ise, yük ile ilgili elleçleme süreçlerinin başlamasından önce liman operasyon amirinin ilgili yükün hassasiyeti, oluşabilecek riskler vb. konularda personeli süreç ile ilgili bilgilendirmesi ile olası operasyonel problemlerin ortadan kaldırılması hedeflenmektedir.
- Aliağa Bölgesi'ndeki limanlar kapsamında değerlendirildiğinde, öne çıkan sorunlardan biri de, özel limanların çalışma saatlerine yönelik standart uygulamalarının olmamasıdır. Liman operasyonlarındaki taşeron personel, işletmeler tarafından zaman zaman 4857 sayılı İş Kanunu'nun 63. maddesine göre 45 saat olan haftalık yasal çalışma saatinin dışında da çalıştırılmaktadırlar. Limanların bu konuda standart uygulamalara sadık kalarak iş güvenliğini tehlikeye atabilecek durumlardan sakınmaları gerekmektedir. Örnek olarak; sabah 08.00'de işe bağlayan personel ek mesai ile birlikte akşam 20.00'ye kadar çalışabilmektedir. Bu sürenin aşılması durumunda, personelde yorgunluğa bağlı olarak dikkat dağınıklığı olabilmektedir. Bu durum da, kaza riskini artırılabilmektedir.

Rüzgâr Enerjisi Ekipman Üreticisi İşletmeler Açısından İnsan Kaynakları:

- İzmir ilinde rüzgâr enerjisi sektöründe yer alan üretici işletmelerin gün geçtikçe üretim kapasitelerini artırmasına bağlı olarak bu alanda yetişmiş işgücüne ihtiyaç duydukları ortadadır. Bununla birlikte, Çandarlı Limanı'nda gerçekleştirilebilecek bir liman kompleksi ve gelecekte üretici işletmelerin limana yakın veya liman içerisinde üretim tesislerini kurmaya başlayabilecek olmaları göz önüne alındığında Çandarlı Limanı çevresinde kalifiye işgücünün yetersiz olduğu sonucuna varılabilir. Her ne kadar üretici işletmeler mevcut durumda istihdam ettikleri işgücünün belirli bir kısmını Çandarlı Limanı için de değerlendirebilecek olsalar da, yeni ve kalifiye işgücüne ihtiyacın bu bölgede var olduğu söylenebilir.

- Rüzgâr enerjisi ekipmanı üreticisi işletmeler, ağırlıklı olarak üretim boyutunda sektörün durumunu değerlendirdiklerinden dolayı, insan kaynağı olarak birincil öncelikli olarak gördükleri faktör, fabrikalarında çalışabilecek yeterli insan kaynağının bulunup bulunmadığıdır.
- Mevcut durumda, İzmir ili açısından değerlendirildiğinde, fabrikaların konumları gereği insan kaynakları açısından herhangi bir problem dile getirilmemektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, İzmir ili şehir merkezinden uzaklaşıldıkça ihtiyaç duyulan insan kaynağında yetersizliklerin ortaya çıkmasıdır. Çandarlı Limanı özelinde değerlendirildiğinde, bu bölgede sanayii kolunda çalışacak yeterlilikte ve sayıda işçi bulmak zorlaşmaktadır. Çandarlı Bölgesi'nde tarım ve turizm sektörleri ön plana çıkmaktadır. Çandarlı Limanı özelinde rüzgâr enerjisi sektörü açısından yatırımlar göz önüne alındığında, bölgeden işgücü temini ile ilgili problemlerin oluşabileceği değerlendirilmelidir.
- Bergama'daki kanat üreticisi işletme açısından da değerlendirildiğinde, Bergama'nın rüzgâr enerjisi alanında yetişmiş işgücü açısından yetersiz olduğu görülmektedir. İzmir il merkezinden uzaklaştıkça rüzgâr enerjisi sektörüne hakim olmayan, uzmanlaşmamış personelin de sayısında artış olduğu görülmektedir. Çandarlı, Dikili ve Bergama bölgesinde yaşayan forklift operatörleri genel olarak tercih edilmektedir. İşletmelerin kendi bünyesinde vermiş oldukları eğitimin haricinde makro perspektiften değerlendirildiğinde teknik bilgiye sahip, eğitimli personele olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır.
- Lojistik süreçlerde meydana gelen hasar vb. gibi durumlarda hasarın tamiri mümkün ise, sahada üretici işletmelere bağlı görev alan ekiplerden destek alınmakta ve tamiratlar gerçekleştirilmektedir. Bu noktada, işgücü açısından koordinasyonun gerekliliği ön plana çıkmaktadır.
- Rüzgâr türbini ekipman üreticisi işletmeler, doğal olarak ürettikleri ekipmanların detaylı üretim ve tasarım bilgisine sahiptirler. Son yıllarda, üretici işletmeler ile lojistik hizmet sağlayan işletmeler arasında detaylı olarak koordinasyonu sağlayan ve "satış yöneticisi" başlığı altında görev yapan çalışanların sayısı artmaya başlamıştır. Satış yöneticileri, üretici işletmelerle yeni kanat modellerinin taşınması ile ilgili teknik çalışmalar yapabilen, ürünlerin teknik çizimlerinin paylaşıldığı, ürün ve ekipmanların bağlama yöntemlerinden, köprü ve kavşaklardaki dönüş çapları, güzergah etüdü ve yükleme planlarının birlikte hazırlanmasına kadar birçok süreçte yer alan önemli bir insan gücüdür. Lojistik operasyonların sorunsuz bir şekilde yürütülmesinde bu alanda faaliyet gösteren işgücüne yönelik farkındalığın artması gerekmektedir.

Diğer:

- Rüzgâr türbininin tepe noktasına çıkacak ve yüksekte çalışma konusunda eğitimli elektrik teknisyeni bulmak da sektör açısından zor olmaktadır.

Yapılan değerlendirmelerin sonucunda, İzmir ili özelinde rüzgâr enerjisi sektöründe insan kaynaklarına yönelik kısa, orta ve uzun vadede gerçekleştirilmesi önerilenler aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

TABLO 42. İzmir İli Rüzgâr Enerjisi Sektörüne İlişkin İnsan Kaynakları Eylem Planı

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Rüzgâr enerjisi sektöründe istihdam edilecek şoför, öncü ve artçı şoförlere yönelik bünyesinde teorik bilginin yanı sıra pratiğe dönük eğitimleri de kapsayan sertifika programları oluşturulmalıdır.	Meslek liselerinde ve meslek yüksekokullarında rüzgâr enerjisi taşımacılık operasyonlarında istihdam edilecek şoförlere yönelik özel eğitim programları oluşturulmalıdır.	Şoför, öncü ve artçı şoförler için alacakları meslek lisesi veya meslek yüksekokulu eğitimlerinin yanı sıra, düzenli aralıklarda bilgi ve becerilerinin ölçüleceği ölçme ve değerlendirme sistemi oluşturulmalıdır.

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Vinç operatörleri için teorik bilginin yanı sıra pratiğe dönük eğitimleri de kapsayan sertifika programları oluşturulmalıdır.	Vinç operatörleri için alacakları eğitimlerin kapsamında rüzgâr enerjisi ekipmanlarına özel modüllerin oluşturularak bu alanda özelleşmek isteyen personele uzmanlık belgesi verilmelidir.	Vinç operatörlerinin eğitimleri dünyadaki uygulamalar da göz önüne alınarak sektörün beklentileri ve mevcut gelişmeler paralelinde planlanmalıdır.
Ağır Nakliyeciler Derneği tarafından hazırlanan "Ağır ve Havaleli Yüklerin Taşınmasına İlişkin Yönetmelik Taslağı"nın Karayolları Genel Müdürlüğü öncülüğünde değerlendirilmesi önerilmektedir.	Rüzgâr enerjisi ekipmanlarının karayolu ile taşımacılık süreçlerinde işgücü çalışma koşullarının ve emniyet standartlarının sektördeki gelişmeler paralelinde gözden geçirilmesi ve güncellenmesi önerilmektedir.	"Ağır ve Havaleli Yüklerin Taşınmasına İlişkin Yönetmelik Taslağı"nın kabul edilmesini takiben yönetmelik içerisinde rüzgâr enerjisi sektöründeki ana ekipmanlar olan kanat, kule, naselin elleçlenmesi, depolanması, taşınması ile ilgili özel modüller insan kaynakları özelinde değerlendirilmelidir.
İlgili meslek lisesi ve meslek yüksekokullarında şoförlük ve vinç operatörlüğü alanındaki programların etkinleştirilmesinin ardından bu mesleklere yönelik eğitim fuarlarında vb. platformlarda farkındalık arttırılmalıdır.	İlgili meslek kollarında aktif olarak çalışan personelin yaş ortalamasının yüksek olmasına bağlı olarak genç işgücünün bu sektöre çekilmesini mümkün hale getirmek için İŞKUR ve mesleki eğitim sunan kuruluşların farkındalığı arttırmaya yönelik çalışmaları desteklenmelidir.	Limanlarda ve lojistik hizmet sağlayan işletmelerde çalışan ve yaş ortalaması yüksek olan mavi yakalı personelin yanında yetiştirilmek üzere, genç işgücünün istihdam edilmesine yönelik teşvik edici programların işletmeler tarafından uygulanması teşvik edilmelidir.
TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nda görev alan sendikalı işçilere proje yüklere ilişkin hizmet içi eğitimler sunulmalıdır.	TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nda görev alan sendikalı işçilere rüzgâr enerjisi sektöründeki ekipmanlar, özellikleri, çalışma sistemleri vb. hakkında özel seminerler rüzgâr ekipmanı üretimi yapan işletmeler tarafından verilmelidir.	TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nda görev alan sendikalı işçiler ile lojistik hizmet sağlayan işletmelerin personeli arasında zaman zaman ortaya çıkan çatışma/ anlaşmazlık problemlerinin ortadan kaldırılmasına yönelik taraflar arasında toplantılar gerçekleştirilmelidir.

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Aliağa'da yer alan özel liman işletmelerinde çalışan mavi ve beyaz yakalı personele yönelik olarak rüzgâr enerjisi sektöründeki son gelişmelerin ve operasyonel süreçlerin aktarıldığı özel seminerler düzenlenmelidir.	Aliağa'da yer alan özel liman işletmelerinin rüzgâr enerjisine ilişkin operasyonlarında temel standartları belirlemek adına ekipman üreticisi işletmelerle ve liman operasyonlarında elleçleme desteği sunan işletmelerle belirli aralıklarda toplantılar düzenlemelidir.	Özel limanların üyesi olduğu TÜRKLİM bünyesinde rüzgâr enerjisi sektörü özelinde bir çalışma grubu oluşturulmalıdır.
Çandarlı Limanı'nın faaliyete geçmesi öncesinde rüzgâr enerjisi ekipman üreticilerinin işgücü ihtiyaçları bölge özelinde, ekipman üreticileri, İŞKUR, üniversite ve meslek yüksekokullarının bir araya geldiği toplantılarla değerlendirilmelidir.	Çandarlı Limanı'nın faaliyete geçmesiyle birlikte bölgedeki rüzgâr enerjisi sektöründe uzmanlaşmamış olan işgücünün sertifika programları desteğiyle gerek karasal gerekse de denizüstü rüzgâr enerjisi santralleri konusunda eğitilmesi sağlanmalıdır.	Çandarlı Limanı'nın faaliyete geçmesiyle birlikte bölgeye özel olarak tasarlanmış "Mükemmeliyet Merkezi"nin oluşturulması ve mevcut işgücünün gereken bilgi ve beceri konusunda bu merkez yardımıyla desteklenmesi gerçekleştirilmelidir.
Denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerine ve buralarda oluşabilecek potansiyel iş kollarına yönelik farkındalığın gerek ilgili dernekler, kurumlar gerekse de üniversiteler tarafından konferans, sempozyum vb. toplantılarda vurgulanması gerekmektedir.	Türkiye'deki denizcilik eğitimi sunan fakülteler bünyesinde denizüstü rüzgâr enerjisi santrallerinde görev alacak gemi mürettebatı, mühendis, teknisyen eğitimlerinin müfredat kapsamına alınması faydalı olacaktır.	Özellikle Avrupa'daki limanlarda bulunan başarılı denizüstü rüzgâr enerjisi santrali uygulamaları doğrultusunda, Türkiye'de bu alanda eğitim verecek mühendislik ve denizcilik fakültelerinin eğitim süreçleri ile ilgili hazırlıklara başlamaları faydalı olacaktır.

6.5. Yasal Mevzuat ve Gümrük İşlemlerine İlişkin İyileştirme Önerileri

Türk hukuk sisteminde, karayollarında can ve mal güvenliği yönünden trafik düzenini sağlamayı ve trafik güvenliğini ilgilendiren tüm konularda alınacak önlemleri belirlemeyi amaç edinen 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu 1983 yılında yürürlüğe girmiştir (18195 Sayılı Resmi Gazete, 1983). Bu kanunun uygulanmasına ait esas ve usuller ise 1997 yılında yayımlanan Karayolları Trafik Yönetmeliği ile belirlenmiştir (23053 Sayılı Resmi Gazete, 1997). Bununla birlikte 2003 yılında yürürlüğe giren 4925 sayılı Karayolu Taşıma Kanunu, karayollarındaki trafik düzeni ve taşıma operasyonlarının teknik düzenlemesinden ziyade, taşıma işlerinde istihdam edileceklerin niteliklerini, haklarını ve sorumluluklarını saptamaktadır (25173 Sayılı Resmi Gazete, 2003).

Rüzgâr enerji santrallerinin karayolu ile taşınmasının hukuksal dayanağı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği'dir. Söz konusu yükler kanunun "Tescil Belgeleri, Tescil Plakaları, Motorlu Araçlara Ait Şartlar ve Muayene" başlıklı dördüncü kısmının "Motorlu Araçlara Ait Şartlar" adlı ikinci bölümü altında bulunan "Taşınması Özel İzne Bağlı Yükler" başlıklı 33. maddesi kapsamında değerlendirilir. Buna göre rüzgâr enerji santrallerinin karayolu ile taşınması için "Ağırlık ve boyutları bakımından özelliği olan başka ulaşım sistemleri ile taşınması olmayan ve taşıma sınırını aşıp da taşınması zorunlu olan yüklerin taşınması için, Karayolları Genel Müdürlüğü'nden izin alınması zorunludur." maddesi gereğince Karayolları Genel Müdürlüğü'nden izin sürecinin başlatılması gerekmektedir. Kanunun bu maddesinin esas ve usulleri ise Karayolları Trafik Yönetmeliği'nin "Taşınması Özel İzne Bağlı Yükler" başlıklı 66. maddesi ve "Araçların Boyutları ve Ağırlıkları" başlıklı 128. maddesi ile belirlenmiştir. Kanunun 33. maddesinde "izin" olarak atıf yapılan mekanizma ilgili yönetmelikte yüksüz araçlar için "Özel İzin Belgesi" ve yüklü araçlar için "Özel Yük Taşıma İzin Belgesi" olarak "Karayolunda trafiğe çıkışın yüksüz, devamlı olarak yapılmasının gerekli görülmesi halinde bu işe ayrılacak her bir araç, yarı römorklu araç veya katar için güzergâh ile süre belirtilerek süreli Özel İzin Belgesinin, karayolunda trafiğe çıkışın yüklü olarak yapılması halinde ise bu işe ayrılacak araç yarı römorklu araç veya katar için güzergâh, taşıma sınırları ve şartları ile taşıma zamanı belirtilerek her çıkış için ayrı ayrı Özel Yük Taşıma İzin Belgesinin alınması zorunludur." alt bendi ile netleştirilmiştir.

Yönetmelikte rüzgâr enerji santrallerinin aksamlarının karayolu ile taşınması için alınması gereken izinlere başvuru için herhangi bir süre sınırı koyulmamakla beraber bu izinler için uygulamada en az iki ay önceden Karayolları Genel Müdürlüğü'ne başvuru yapılması gerektiği görülmektedir. Bununla beraber taşımayı yapacak araçların yüklü olarak geçecekleri güzergâhta geçişi mümkün kılacak kavşak düzenlemelerinin, levha konumlandırmalarının ve buna benzer operasyonların Karayolları Genel Müdürlüğü koordinasyonunda taşımayı yapacak işletmelerce gerçekleştirildiği bilinmekte ancak bu operasyonların ve süreçlerin ilgili yönetmelikte tanımlanmadığı gözlemlenmektedir. Buna ek olarak, ilgili yönetmelikte tanımlanan hız sınırlarının ancak yeni bir yönetmelik ile belirlenebileceği değerlendirilmektedir. Bununla beraber rüzgâr enerji santrallerinin aksamlarının karayolu ile taşınması için tahsis edilen taşıtların otoyolları kullanması hakkında kanunda ve ilgili yönetmelikte herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Bu taşımaları yapacak olan yüklenicilerin Karayolları Genel Müdürlüğü'ne yapacağı izin başvurularında ilgili otoyolu kullanma isteklerini belirtmeleri izin sürecinin başlaması için yeterli niteliktedir.

Rüzgâr enerji santrallerinin aksamlarının ithalat ve ihracatı, uygun gümrük rejimi altında ve gümrük mevzuatı kapsamında "Gümrük Gözetimine" ve "Gümrük Kontrolüne" tabiidir. Bu kapsamda gümrük idaresi tarafından ilgili denetimler gerçekleştirilmektedir. Gümrüğe sunulan rüzgâr enerji santrallerinin

aksamlarının meri mevzuat dışında farklı bir düzenlemeye tabi olmadığı değerlendirilmektedir. Gümrüğe sunulan her eşya gibi rüzgâr enerji santrallerinin aksamları da 4458 sayılı Gümrük Kanunu (23866 sayılı Resmi Gazete, 1999) ve bu kanuna dayanılarak çıkartılan Gümrük Yönetmeliği'ne göre gözetim ve kontrole tabidir. Gümrük Yönetmeliği'nin "Beyanın Kontrolü" başlıklı 180. maddesi gereği kırmızı, sarı, mavi ve yeşil hatta kontrol edilen beyanlar için mevzuata uygunluğuna göre işlem tesis edilmektedir (27369 sayılı Resmi Gazete, 2009). Uygulamada, rüzgâr enerji santrallerinin aksamlarının büyük hacimli ve büyük parçalı olmasından hareketle bu eşyaların kontrol süreçleri genelde mavi hat usulüne göre ve " Mavi hat; Bakanlıkça belirlenen onaylanmış kişi statüsüne sahip kişilerin ihracatta yararlandığı, eşyanın çıkış işlemlerinin tamamlanmasından önce belge kontrolüne veya muayeneye tabi tutulmadığı hattır. Mavi hatta işlem gören ihracat beyannamelerine ilişkin beyanın kontrolü, eşyanın çıkış işlemlerinin tamamlanmasını müteakip Bakanlıkça belirlenen usul ve esaslar dâhilinde gerçekleştirilir." hükmü tahtında yürütülmektedir. Bu eşyaların yeşil hattan sonra en kolay beyan kontrol usulü olan mavi hatta değerlendirilmesi gümrük iş ve işlemlerinin hızlanmasıyla sonuçlanmaktadır.

Bununla beraber özellikle ihracat yüklerinde liman sahası ve serbest bölge sahasının dışında gümrüklü alan ihtiyacı bulunmaktadır. Liman sahasında gerçekleştirilen gümrük kontrolleri görece ivedi olarak yapılsa bile liman tesislerinin depolama alanlarının darlığı ve yükün doğası gereği oluşabilecek gecikmelerde ekstra maliyetlerin oluşması gibi sebeplerle liman sahası ve serbest bölge sahası dışındaki gümrüklü sahalarda kontrollerin gerçekleştirilebiliyor olması rüzgâr enerji santrallerinin aksamlarının ihracatını kolaylaştırıcı bir etken olarak değerlendirilmektedir.

Değerlendirilen hususlar kapsamında rüzgâr terminallerinin karayolu ile taşınmasına ve gümrük süreçlerine ilişkin Türk hukuk sistemindeki meri mevzuatın tadil ve iyileştirme önerileri aşağıda özetlenmiştir:

Ağır nakliye araçlarının gece taşıma yapmalarının önündeki yasal engellerin kaldırılması rüzgâr enerjisi sektörünün geleceği için büyük önem arz etmektedir. Avrupa örneklerinde söz konusu taşımaların gece yapılabiliyor olması önemli bir örnek teşkil etmektedir. Yapılacak gece taşımalarının genel kamu güvenliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda halihazırda gece seyri yapabilmek için işletilmesi gereken izin süreçlerinin kolaylaştırılması ve gece seyirlerinde istenen polis eskortu gibi tedbirlerin emniyet ve güvenlik zafiyeti oluşturmayacak şekilde sadeleştirilmesi gerekmektedir. Seyir vakitleri ile ilgili olarak, İzmir Ulaşım Koordinasyon Merkezi'nin (UKOME) 2017/132 sayılı kararının 2019/394 sayılı kararı ile yinelenmesi kapsamında kamyon, TIR, çekici türü araçların sabah 07.30-09.30 ve akşam 17.30-19.30 saatleri arasında İzmir Kent Merkezi ve İzmir Limanı'na giriş çıkış yapılamayacak şekilde düzenlenmesinin (UKOME, 2019) rüzgâr terminallerinin nakliyesini yapan firmalar açısından mağduriyet yarattığı değerlendirilmektedir. Adı geçen koordinasyon merkezinin İzmir Limanı'nı odak alan kararları için toplanan teknik kurullarına ağır nakliye yapan işletmelerin ya da bunların mesleki ve sivil toplum kuruluşlarının temsilcilerinin katılımının sağlanması ve bu yolla adı geçen merkezin etkinliğinin artırılması gerekliliği de mevzuat açısından atılması gereken önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Mevzuat açısından değinilmesi gereken bir başka husus ise özel otoyolların kullanımıdır. Bu otoyolların ağır nakliyeler için kullanılabilmesi için yüklenicilerden izin alınması gerekmektedir. Bu konuda aydınlatıcı bir mevzuat bulunmamaktadır. Bu mevzuatın ilgili izin süreçlerini net şekilde açıklaması, halihazırdaki bürokratik süreçleri azaltması ve özel otoyolların gişe yapılarının ağır nakliyeye uygun hale getirilmesini sağlaması gerekmektedir.

Yukarıdaki hususların dışında, Türkiye'de rüzgâr enerjisi terminallerinin kurulumuna, işletilmesine, bunların ekipmanlarının standartlarına ve taşınmalarına yönelik ayrı bir yasal düzenlemenin olmaması ve olası yeni yasal düzenlemelerin aşırı hızlı mekanizmalarla devreye girebiliyor olması Türkiye'ye yatırım yapan veya yapma niyeti olan işletmeleri ürküten konular olarak değerlendirilmektedir. Bunun ortadan kaldırılması için, çok katılımlı teknik kurullar ve teknokratlar eşliğinde bütünleşik bir rüzgâr enerjisi mevzuat seti

hazırlığı yapılmalı, bunların taslakları ilgili kamuoyu ile paylaşılmalı ve yüksek katılımlı bir geri dönüş mekanizması ile hazırlanan mevzuat seti yürürlüğe sokulmalıdır.

Karayolu taşımacılığıyla ilgili olmamakla beraber mevzuat açısından bir başka değerlendirme de denizüstü rüzgâr terminallerine yöneliktir. Bu terminallere yönelik mevzuat tasarımının çok yönlü olarak ele alınması, üretimden kuruluma ve taşımaya kadar geniş bir operasyon ağını kapsayan mevzuatın katılımcı bir yapı ile hazırlanması gerekmektedir. Hazırlanacak mevzuatta, denizüstü rüzgâr terminalleri için kullanılacak ekipmanlardaki yerlilik oranı zorunluluğunun ilk etapta yüksek tutulmaması, bunun yerine kademeli olarak bu oranın artırılması önerilebilir.

Sonuç olarak, rüzgâr enerji santrallerinin karayolu ile taşınmasındaki mevzuatın ve gümrük süreçlerinin iyileştirilmesi ile ilgili; rüzgâr enerji santrali ekipmanlarının karayolu ile taşınması süreçleri ile ilişkili mevzuatın ayrı bir sistematik içinde tasarlanarak sadeleştirilmesi ve bu süreçlerle ilgili bürokratik işlemlerin azaltılması, ilgili izin ve yetkilendirme süreçlerini konu alan düzenlemelerin sade, anlaşılır ve kolay şekilde yeniden tasarlanması, özellikle serbest bölgelerde gümrük idaresinin iyi niyet ve ikili ilişkiler bağlamında sağladığı kolaylıkların yasal zemine kavuşturulması, konu ile ilgili ihtisaslaşmış liman ve ihtisaslaşmış gümrük süreçlerinin tesis edilmesi, gümrük anlaşmalarının çok uluslu ve rekabetçilik unsurları göz önünde bulundurarak yeniden yapılandırılması ve yeni yapılacak ülkelerarası ticaret anlaşmalarında yerel ihracatçı işletmelerin maliyet açısından rekabet edebilirliğinin gözetilmesi gerekmektedir. Yukarıda yapılan değerlendirmeler ışığında rüzgâr enerji santrallerinin karayolu ile taşınmasındaki mevzuatın ve gümrük süreçlerinin iyileştirilmesi ile ilgili kısa, orta ve uzun vadede yapılması gerekenler tablo 43'te özetlenmiştir.

TABLO 43. İzmir İli Rüzgâr Enerjisi Sektörüne İlişkin Yasal Mevzuat ve Gümrük Süreçleri Eylem Planı

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
İlgili sivil toplum kuruluşları ve meslek örgütleri tarafından önerilen "Ağır ve Havaleli Yüklerin Taşınmasına İlişkin Yönetmelik" taslağının tüm tarafların ortak aklı ile yeniden tasarlanması ve yürürlüğe konulması önerilmektedir.	İlgili kanun ve yönetmelikte yapılacak değişiklik ile ağır taşıtların gece seyir yapabilmesinin sağlanması ve gece seyrine ilişkin tüm izin ve kuralların bu mevzuat değişiklikleriyle açıkça ifade edilmesi gerekmektedir.	Rüzgâr terminallerinin ve ilişkili ekipmanların karayolu ile taşınması süreçlerinin tamamını kapsayan özel bir yasal düzenleme yapılması önerilmektedir.
UKOME'nin İzmir'de liman giriş-çıkış saatleri özelinde alacağı kararların lojistik hizmet sağlayıcılarının meslek örgütlerine ve sivil toplum kuruluşlarına danışılarak alınmasının sağlanması önerilmektedir.	Rüzgâr terminallerinin ve ilişkili ekipmanların karayolu ile taşınmasının tüm izin süreçlerindeki bürokrasinin en aza indirgenmesi ve izin süreçlerinin sadeleştirilmesi önerilmektedir.	Ulaşım Koordinasyon Merkezi'nin (UKOME) ve bu merkezin teknik kurullarının yapısının gerekli yasal düzenle me ile değiştirilmesi ve ağır nakliye yapan işletmelerin ya da bunların mesleki ve sivil toplum kuruluşlarının temsilcilerinin katılımının sağlanması önemlidir.

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Denizüstü rüzgâr terminallerinin kurulması, işletilmesi, deniz seyir emniyetine etkisi gibi yönleriyle yasal olarak ele alınması ve uluslararası gelişmelere hızlı şekilde ayak uyduracak ve bu alanda Türkiye'nin rekabetçiliğini tesis edecek bir mevzuat seti hazırlığı yapılması önemlidir.	Özel yükleniciye ait otoyolların rüzgâr terminallerinin ve ilişkili ekipmanların karayolu ile taşınması süreçlerinde kullanılabilmesi için gerekli yasal çerçevenin oluşturulması önemlidir.	Özellikle serbest bölgelerde gerçekleşen rüzgâr terminallerinin ve ilişkili ekipmanların karayolu ile taşınması iş ve işlemlerinde ayrı bir gümrük sürecinin tasarlanması önerilmektedir.
Rüzgâr terminallerinin ve ilişkili ekipmanların GTIP kodlarının ayrı bir sınıf olarak tanımlanması ve bunlarla ilgili süreçlerin Gümrük Kanunu'nda tanımlanması önemlidir.	Özel yükleniciye ait otoyolların rüzgâr terminallerinin ve ilişkili ekipmanların karayolu ile taşınması süreçlerinde kullanılabilmesi için otoyol giriş ve çıkış terminallerinin taşıması gereken alt yapı ve üst yapı gereksinimlerinin yasal düzenleme ile belirlenmesi önemlidir.	Türkiye'de rüzgâr enerjisi terminallerinin kurulumuna, işletilmesine, bunların ekipmanlarının standartlarına ve taşınmalarına yönelik ayrı bir yasal düzenlemenin geniş katılımla, ortak akla dayalı ve bütünleşik bir yaklaşımla oluşturulması önerilmektedir.

Not: Her bir hücrede yazan eylem tekil ve diğer hücrelerden bağımsızdır. Tablodaki eylemler yalnızca kısa, orta ve uzun vadede yapılabilirlikleri göz önüne alınarak sınıflandırılmıştır.

6.6. Bilgi ve İletişim Teknolojileri Geliştirme Önerileri

Türkiye'de rüzgâr türbini üretimi ve lojistiği süreçlerinde tüm paydaşlar tarafından ortak olarak kullanılan bir bilgi ve iletişim teknolojisi bulunmadığı görülmektedir. Üretici firmaların uzun vadeli sözleşmelerle çalıştıkları liman acenteleri, bu firmaların kendi intranet bilgi iletişim sistemlerine erişim sağlayabilmektedirler. Ayrıca üretici firmaların kendi bünyelerinde geliştirmiş oldukları mobil aplikasyonlara lojistik hizmet sağlayıcı firmalar tarafından anlık bilgi girişleri gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin Vestas'a ait olan Vestas Brand Portal ve Vestas Online; Enercon'a ait olan Enercon SIP Mobile Application ve Enercon SAP Ariba Network for Suppliers, Siemens Gamesa'ya ait olan Siemens Gamesa Wind Dialogue ve Siemens Gamesa Ariba Strategic Sourcing ile TPI'a ait olan TPI Tedarikçi İlişkileri Portalı sektörde kullanılan online platformlardır. Limanlar çoğunlukla üretici firmalarla direkt iletişim içerisinde bulunmazken operasyonel süreçleri liman acenteleri ve lojistik firmalarıyla mail üzerinden iletişim sağlayarak gerçekleştirmektedirler.

Bilgi ve iletişim teknolojileri ile ilgili öneriler:

- Rüzgâr türbinlerinin fabrikada üretim aşamalarından başlayarak fiziksel dağıtım süreçleri ve kurulum aşamalarını da kapsayacak şekilde tüm paydaşların bilgi ve iletişim teknolojileri konusunda ihtiyaç ve isteklerinin belirlenmesi gerekmektedir.
- Rüzgâr enerjisi sektörünün tüm paydaşlarının erişim sağlayabileceği, hem gerekli bilgileri elde edip hem de bilgi paylaşımında bulunabileceği çok yönlü ve entegre bir bilgi ve iletişim sisteminin kurulması gerekmektedir.
- Pek çok sektörde şirketler tarafından kullanılan müşteri ilişkileri yönetimi (CRM) ve tedarikçi ilişkileri yönetimi (SRM) gibi yazılımlara benzer şekilde rüzgâr enerjisi sektörü özelinde geliştirilebilecek olan bu bütünleşik sistem, üretim aşamasından başlayarak türbin kurulumları ve bakım onarım aşamalarına kadar tedarik zincirinde aktif rol oynayan tüm paydaşların kendi özel kullanıcı adı ve şifreleri ile sisteme dâhil olmalarına olanak sağlayabilir. Sistem içerisinde her bir paydaş yetkili olduğu sekmelere bilgi girişinde bulunabileceği gibi kendi işletmeleri ve operasyonları ile ilgili olan diğer paydaşların sisteme yükledikleri bilgi ve verilere de erişim sağlayabilecektir. Böylece bütünleşik sistem sayesinde tüm paydaşlar arasında anlık olarak doğru bilginin gerekli taraflara aktarılmasına olanak sağlanacaktır.
- Geliştirilecek entegre bilgi ve iletişim sistemi hakkında tüm paydaş çalışanlarına gerekli uygulama eğitimlerinin sağlanması sistemin sorunsuz işleyişi açısından faydalı olacaktır.
- Geliştirilecek entegre sistemin etkililiğinin korunabilmesi ve sürdürülebilmesi açısından sistemi kullanan paydaşların geri bildirimleri alınarak sistemin periyodik olarak güncellenmesi önerilmektedir.

Yapılan değerlendirmelerin sonucunda, rüzgâr enerjisi sektöründe bilgi ve iletişim teknolojilerine yönelik kısa, orta ve uzun vadede gerçekleştirilmesi gerekenler aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

TABLO 44. Bilgi ve İletişim Teknolojilerine İlişkin Eylem Planı

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Rüzgâr enerjisi sektörünün tüm paydaşlarının bilgi ve iletişim teknolojileri konusunda ihtiyaç ve isteklerinin belirlenmesi önerilmektedir.	Rüzgâr enerjisi sektörünün tüm paydaşlarını içeren entegre bir bilgi ve iletişim sisteminin kurulması önerilmektedir.	Geliştirilecek entegre bilgi ve iletişim sistemi hakkında tüm paydaş çalışanlarına gerekli uygulama eğitimlerinin sağlanması önemlidir.
		Geliştirilecek entegre sistemi kullanan paydaşların geri bildirimleri alınarak sistemin güncellenmesi önerilmektedir.

6.7. İzmir Yatırım Alanlarına İlişkin Eylem Planı

Mevcut karasal rüzgâr enerjisi santrallerine ek olarak, mavi büyüme stratejileri çerçevesinde denizüstü rüzgâr çiftliklerinin oluşturulması da dünya genelinde ciddi bir ivme kazanmıştır. Bu açılardan bakıldığında İZKA tarafından 2021 yılı içerisinde yayınlanan Rüzgâr Enerjisi Sektörü ve Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Yol Haritası raporu dikkate alınması gereken önemli bir kaynaktır. Yine Avrupa Birliği'nin ortaya koyduğu "Mavi Büyüme Stratejisi"' belgesinde yer alan mavi enerji üretiminin, denizcilik sektöründe sürdürülebilir büyümeye katkı sağlaması hedeflenmektedir. Denizüstü rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, okyanus enerjisini içeren açık denizdeki yenilenebilir enerji, sürdürülebilir uzun vadeli kalkınmayı desteklemektedir ve bu kapsamda mavi ekonominin gerçekleşmesini mümkün hale getirebilmektedir. Özellikle liman odaklı stratejilerde mavi büyüme ile ilişkili olarak denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulması, bu alanda ilgili lojistik altyapının desteklenmesi de ön plana çıkan konulardır.

Küresel anlamda önemli rüzgâr türbini ve rüzgâr türbini ekipman üreticisi firmaların üretim merkezleri de İzmir'de bulunmaktadır. Türkiye'nin ilk büyük ölçekli rüzgâr santrali türbinleri, İzmir'in Çeşme ilçesinde 1998 yılında kurulmuş ve elektrik üretimine başlamıştır. Aynı zamanda Türkiye'nin ilk rüzgâr türbini kanat fabrikası, 2002 yılında yine İzmir'de üretime başlamış, daha sonrasında birçok firma bu alanda yatırımlar yapmış, 2008 yılında ikinci kanat fabrikası ve 2011 yılında ise çelik kule imalatı fabrikası da İzmir'de üretime başlamıştır.

- Kanat ve kule ekipmanlarının bu bölgedeki üretim tesislerinden limanlara ulaştırılması ve nasel ve hub gibi ekipmanların da ithalatının yapılması rüzgâr enerjisi sektöründe İzmir Bölgesi limanlarının önemini ön plana çıkarmaktadır. İzmir'de bulunan mevcut limanlara ek olarak, rüzgâr enerjisi alanında gerçekleşecek gerek karasal gerekse de denizüstü yatırımlara hizmet verebilecek ihtisaslaşmış bir liman ihtiyacı da ortaya çıkmaktadır. Kanat ve kule ekipmanlarının üretim tesislerine olan yakınlığı, mevcut altyapısının enerji sektörünün ihtiyaçlarına göre şekillenebilecek durumda olması Çandarlı Limanı'nı bu anlamda önemli bir potansiyel olarak işaret etmektedir.
- Sektörün sürekli büyümesi yanında rüzgâr türbinlerinin de gelişerek daha büyük kurulu güce ve 100 metre gibi seviyelerin üzerinde kanat uzunluklarına sahip fiziksel ölçülere ulaşması, türbin ve ekipmanlarının lojistik operasyonları için gerekli altyapı ihtiyaçlarını da değiştirmiştir. Gelecekte denizüstü rüzgâr santrallerinin kurulumlarıyla beraber sektörün gelişiminin hızlanması beklenmektedir. İzmir'in kuzey bölgesinde sektörde üretim yapan özellikle rüzgâr türbini kanadı ve kulesi imalatçıları bulunmakta olup genişlik ve uzunluk itibarıyla üretim büyüklükleri, lojistik ihtiyaçlar anlamında karayollarının kavşak, tünel, alt geçit, liman düzenlemeleri gibi standartlarının revizyonu gerekliliğini de gündeme getirmektedir. Hatta, bölgede daha sonraki yıllarda yapılacak karayolları ve diğer ilgili altyapı yatırımlarının artık daha büyük ölçekte planlanarak gerçekleştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Mevcut durum, daha büyük ürünlerin üretilmesi noktasında sektörü ve yatırımları sınırlar bir hale gelmektedir. Bu çerçevede sektörün rekabetçiliğini artıracak ve ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde, İzmir'de yatırımı devam eden Çandarlı Limanı›nın, rüzgâr enerjisi ekipmanları için ihracat limanı ve denizüstü rüzgâr santralleri kurulumu için kamu yatırımı olarak veya kamu-özel işbirliği ile uzmanlaşmış bir liman haline getirilmesi önem arz etmektedir.

Elde edilen veriler, yapılan incelemeler ve değerlendirmeler neticesinde görüleceği üzere; İzmir rüzgâr enerjisi açısından, konum, mevcut durum ve potansiyel olarak bölgesinde bir merkez olabilecek yapıya sahiptir. Karasal rüzgâr enerjisi santrali kurulum ve üretim değerleri olarak Türkiye ölçeğinde İzmir'in lider konumda olduğunu açıkça göstermektedir. Aynı

zamanda türbin ve ekipman üretimi açısından; kanat, kule, nasel, jeneratör ve diğer ekipmanların üretiminin İzmir'de yapılabiliyor olması büyük bir avantaj sağlamaktadır. Karasal rüzgâr türbinlerine ek olarak denizüstü rüzgâr türbinlerinin de yaygınlaşması, planlamalarda düşünülmesi gereken önemli bir başlık durumuna gelmiştir. Akdeniz'e sınırı olan Güney Avrupa ve Kuzey Afrika ülkeleri, Karadeniz ülkeleri, hatta Hazar Denizi ülkeleri de dikkate alınırsa; büyük bir coğrafyaya hizmet ve üretim sağlayabilecek olan İzmir, uzun vadeli denizüstü yatırımları açısından da büyük bir potansiyeli ifade etmektedir.

İzmir gibi ekonomik potansiyeli yüksek buna karşın doğal kaynakları sınırlı bölgelerde sürdürülebilir kalkınma kavramı özellikle öne çıkmaktadır. Bu kavram bölgedeki ekonomik ve sosyal faaliyetleri destekleyecek şekilde, yaşayan memnuniyetini artırmak, çevreye duyarlı, insan yaşamına saygılı sürdürülebilir bir gelişimi sağlamayı hedeflemekte; doğal kaynakları koruyan, çevre kirliliği önlemlerini almış ve kapsayıcı sosyal politikaları benimsemiş bir şekilde kaliteli büyümeyi önceliklendirmektedir (İZKA, 2021).

- Bu çerçevede, İzmir'in sürdürülebilir kalkınması için kalkınma gündemindeki yeşil büyüme ve mavi büyüme araçları belirlenmiştir. Stratejilerin en önemli amacı, bölge paydaşlarının İzmir'in yeşil ve mavi büyüme alanlarında ortak hareket etmesini sağlayacak bir zemin hazırlaması ve araçlar tasarlanmasıdır. Bu konuda öne çıkan, deneyime sahip kuruluşlarla gerekli noktalarda iş birlikleri geliştirilerek, analiz ve araştırmaların yanı sıra bölgedeki paydaşlar sürece dâhil edilmelidir.
- İzmir'in Yeşil ve Mavi Büyümeye Geçiş Stratejileri çerçevesinde, bölgenin sosyo-ekolojik dönüşümünün sağlanması için eylem planları hazırlanması gereken alanlar belirlenmelidir.
- İzmir, kara ve deniz bağlantıları, lojistik altyapısı, nitelikli insan kaynağı, yatırımcıya ve çalışanlara sunduğu yüksek yaşam kalitesi, rüzgâr enerjisi potansiyeli ve sektördeki önemli uluslararası firmaların varlığı sayesinde kendi coğrafyasında rüzgâr enerjisi ve ekipmanlarının en gelişmiş üretim üssü haline gelmiştir. İzmir rüzgâr sanayisinin ulaşmış olduğu olgunluk seviyesinin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve denizüstü rüzgâr enerjisi pazarına ulaşabilmesinin sağlanması için, sektöre yönelik bir yol haritası oluşturulması ve uygulanması ihtiyacı bulunmaktadır. Bu kapsamda; sektörün gelişimini ivmelendirmek için İZKA tarafından araştırma, analiz, programlama ve altyapı ihtiyaçlarının tespiti gibi çeşitli çalışmalar planlanmıştır. Bunlara örnek olarak; Denizüstü Rüzgâr Ölçümleri, Denizüstü Rüzgâr Türbini Yatırımı Yapılabilecek Alanların Tespiti, Denizel Alanlara Uygun Ölçek ve Teknolojilerin Tespiti verilebilir.

Denizüstü rüzgâr enerjisi santralleri konusunda en büyük maliyet parametrelerinin başında türbinlerin temel inşası ve deniz altından en yakın kara parçasına çekilen iletim hatları yer almaktadır. Bir denizüstü RES santrali için fizibilite ve etütler gerçekleştirilirken bazı temel parametreler mutlaka incelenmelidir. Örnek olarak; deniz üzerindeki rüzgâr enerji potansiyeli, denizin derinliği, kıyıya uzaklığı, çevresel faktörler yönünden sakıncalarının olup olmadığı, o bölgede askeri kullanım bölgesi olup olmadığı, bölgede bulunan limanlar açısından deniz trafiğinin uygun olup olmadığı, balıkçılığın bölgede yapılıp yapılmadığı, boru hatları veya başka kablolamaların olup olmadığı gibi konular ve başlıklar değerlendirilmelidir.

- Rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulduğu alanlara daha fazla rüzgâr potansiyeli olan ve yeni teknolojiler gerektiren denizüstü alanlar da eklenmektedir. Denizüstü rüzgâr santrallerinde kullanılacak türbinlerin farklı türleri bulunmaktadır. Ülkemizdeki gibi denizlerin derin olduğu bölgelerde kullanılması planlanan yüzen (floating) rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerjisi ekipman üretiminde değer zincirinin gelecekteki halkalarından birini oluşturmaktadır. Ülkemizde yüzen rüzgâr türbinlerinin her hangi bir parçasına yönelik bir üretim bulunmamaktadır. Türkiye'deki gerekli üretim altyapısına sahip ilgili firmalara sunulacak uygun bir fizibilitenin; bu firmaların pazara girmelerine hem ülkemizdeki ihtiyacın karşılanması hem de ihracat amaçlı yatırım yapmalarına vesile olabileceği değerlendirilmektedir.
- Denizüstü rüzgâr enerjisi, ülkemizde son dönemde gündeme gelen bir yenilenebilir enerji türü-

dür. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından ihale hazırlıkları devam eden tesisler bulunmakta ve rüzgâr enerjisi sektörünün bu alana ilgisi giderek artmaktadır. Ancak, ülkemiz için yeni olan bu alanda bir yatırımın yapılabilmesi için kullanılabilir kalitede bir denizüstü rüzgâr modellemesine ihtiyaç vardır. Gerçekleştirilecek denizüstü rüzgâr ölçümleri ile, söz konusu modeller oluşturulmalı ve sonuçlar sektör ile paylaşılmalıdır. Bu sayede Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın ve yatırımcıların, yeni yatırımlar kapsamında İzmir'i gündemlerine alabilmeleri için gerekli veriler üretilmiş olacaktır. Bu yatırımlar ile halen ülkemizde özellikle İzmir'de yoğunlaşmış katma değerli bir sektör olan rüzgâr enerjisi ekipman üretimi sektörünün de gelişiminin hızlandırılması söz konusu olacaktır.

TABLO 45. İzmir Yatırım Alanlarına İlişkin Eylem Planı

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Gelecekte denizüstü rüzgâr santrallerinin kurulumlarının artmasıyla türbin boyutların ve sektörün gelişiminin hızlanması beklenmektedir. Üreticiler için genişlik ve uzunluk açısından ürün büyüklükleri, lojistik ihtiyaçlar anlamında ciddi problemler oluşturmaktadır. Bu nedenle karayollarının kavşak, tünel, alt geçit, liman vb. ile ilgili konuların, oluşabilecek ihtiyaçlar dikkate alınarak yeniden gözden geçirilip planlanması önerilmektedir.	İzmir'de rüzgâr enerjisi sektöründe üretim yapan bir çok firmanın lojistik ihtiyaçlar konusunda çeşitli sıkıntılar çektiği mevcut durum, daha büyük ürünlerin üretilmesi noktasında sektörü ve yatırımları sınırlar bir hale gelmektedir. Bölgede daha sonraki yıllarda yapılacak karayolları ve diğer ilgili altyapı yatırımlarının bu ölçekler de göz önünde bulundurularak ve planlanarak gerçekleştirilmesi önerilmektedir.	Sektörün rekabetçiliğini artıracak ve ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde, İzmir'de yatırımı devam eden Çandarlı Limanı'nın, rüzgâr enerjisi ekipmanları için ihracat/üretim limanı ve denizüstü rüzgâr santralleri kurulumu için kamu yatırımı olarak veya kamu-özel işbirliği ile uzmanlaşmış bir liman haline getirilmesi önerilmektedir.
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından denizüstü rüzgâr enerjisi ile ilgili ihale hazırlıkları devam eden planlamalar bulunmakta ve rüzgâr enerjisi sektörünün bu alana ilgisi giderek artmaktadır. Ancak, Türkiye ve İzmir için de yeni olan bu alanda bir yatırımın yapılabilmesi için kullanılabilir kalitede bir denizüstü rüzgâr modellemesine ihtiyaç vardır. Denizüstü rüzgâr ölçümleri gerçekleştirilmesi, söz konusu modellerin oluşturulması ve sonuçların sektör ile paylaşılması önemlidir.	Gerçekleştirilecek denizüstü rüzgâr ölçümleri sonucunda oluşturulan modeller ve sonuçlar sektör ile paylaşılmalıdır. Bu sayede Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın ve yatırımcıların, yeni yatırımlar kapsamında İzmir'i gündemlerine alabilmeleri için gerekli veriler üretilmiş olacaktır. Bu yatırımlar ile halen ülkemizde özellikle İzmir'de yoğunlaşmış katma değerli bir sektör olan rüzgâr enerjisi ekipman üretimi sektörünün de gelişiminin hızlandırılması önemlidir.	Bu yatırımlar ile halen ülkemizde özellikle İzmir'de yoğunlaşmış katma değerli bir sektör olan rüzgâr enerjisi ekipman üretimi denizüstü rüzgâr santralleri için de sektörün gelişimine katkı sağlayacak, bölgesinde merkez üslerden biri olması söz konusu olacaktır. İzmir'in denizüstü rüzgâr santralleri için bölgesinde merkez üslerden biri olması için planlamalar yapılmalıdır.

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Rüzgâr türbini malzemelerinin uygun şekilde geri dönüştürülerek ekonomiye kazandıracak yatırımlara yönelik planlamalar yapılmalıdır.	Aliağa'da bulunan Gemi Geri Dönüşüm tesisleri, büyük ölçekli gemilerin geri dönüşümünde dünya ölçeğinde bir merkez haline gelmiştir. Yapılan planlamalar ve fizibiliteler neticesinde bölgede oluşmuş diğer uzmanlıkların da katkısıyla Rüzgâr Türbinleri Geri Dönüşüm yatırımları hayata geçirilebilir.	Bu kümelenmeyi ve uzmanlaşmayı değerlendirerek hem rüzgâr türbini ve kanat hem de diğer kompozit malzemelerin geri dönüşümünü sağlayacak bir yatırımın bu bölgede yapılması sonucunda türbin ve ekipmanları üretimi açısından merkez üs olma hedefinin yanında İzmir için geri dönüşüm açısından da merkez olması tüm yönleriyle değerlendirilmelidir.
İzmir rüzgâr sanayisinin ulaşmış olduğu olgunluk seviyesinin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve denizüstü rüzgâr enerjisi pazarına ulaşabilmesinin sağlanması için, Rüzgâr Enerjisi Sektörü ve Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Yol Haritası benzeri sektöre yönelik yeni yol haritalarının oluşturulması ve uygulanması gerekmektedir.	Bu kapsamda; denizüstü rüzgâr türbini ve ekipmanları üretimi için yatırım yapılabilecek alanların tespiti, denizüstü alanlara yönelik uygun ölçek ve teknolojilerin tespit edilmesi, üretim, lojistik, şebeke ve altyapı gibi ihtiyaçlarının tespit edilmesi gerekmektedir.	Denizüstü alanlara yönelik uygun ölçek ve teknolojilerin tespit edilmesi, üretim, şebeke, altyapı gibi ihtiyaçlarının tespit edilmesi vb. başlıkları içeren araştırma, analiz ve programlama çalışmaları yürüterek sektörün gelişimini ivmelendirilmesi gerekmektedir.

6.8. İzmir Limanlarına İlişkin Eylem Planı

Bu bölümde rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet vermekte olan mevcut İzmir limanlarına ve yapım aşaması devam eden Çandarlı Limanı'na ilişkin değerlendirmeler yapılarak hazırlanan eylem planları sunulmaktadır.

6.8.1. Mevcut Limanlara İlişkin Öneriler

Rüzgâr türbini firmaları, kule ve kanat üreticileri, lojistik hizmet sağlayıcılar, liman acenteleri ve liman işletmelerinden temsilcilerle gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen bilgilere göre İzmir'de rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren limanlar TCDD İzmir (Alsancak) Limanı, Batıliman, SOCAR Terminal, İDÇ ve Nemport olarak belirlenmiştir. Bu limanlar rüzgâr türbini bileşenlerine yükleme/boşaltma ve depolama hizmetleri sunmaktadırlar. Rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren liman kullanıcılarının aktardıkları deneyimlerinden ve ilgili teknik raporlardan yola çıkılarak bu limanlara ilişkin uygunluk değerlendirmeleri yapılmış ve mevcut durum ortaya konulmuştur (bknz. Bölüm 4.6). Liman kullanıcılarının mevcut deneyimleri ışığında liman bağlantıları, liman tasarımı ve liman operasyon yeterliliklerinin geliştirilmesi için öneriler bu bölümde detaylandırılmıştır.

Mevcut Limanların Bağlantılarına İlişkin Öneriler:

- Rüzgâr türbini bileşenlerini üretim tesislerinden limana taşıyan ağır nakliye araçlarının gece saatlerinde de taşıma yapabilir hale getirilmesi için düzenlemeler yapılması gerekmektedir.
- Rüzgâr türbini bileşenlerini üretim tesislerinden limana taşınmasında ağır nakliye araçlarının otoyol kullanım izinleri düzenlenmeli ve hız limiti konusunda gerekli esneklik sağlanmalıdır.
- Üretim tesisleri ve limanlar arasındaki üst geçitler, köprüler ve kavşaklar rüzgâr türbini bileşenlerinin taşınmasına olanak sağlayacak şekilde yeniden düzenlenmelidir.
- Aliağa limanları ile anayol arasındaki liman bağlantı yollarının hasarlarının giderilmesi ve iyileştirilmesi gerekmektedir.
- Aliağa limanları ile anayol arasındaki liman bağlantı yolları artan kanat boylarına ilişkin teknik gereksinimler gözetilerek yüke hasar gelmemesi ve trafik seyrinin aksamaması amaçları doğrultusunda genişletilmelidir.

Mevcut Limanların Tasarımlarına İlişkin Öneriler:

- Rüzgâr türbini bileşenlerinin yükleme/ boşaltma ve depolama faaliyetleri için liman içerisinde diğer yük tiplerinden ayrı olarak uygun genişlikte alanlar tahsis edilmesi gerekmektedir.
- Limanlardaki depolama alanları hassas malzemelerden üretilen rüzgâr türbini bileşenlerinin hasarlanmasına izin vermeyecek şekilde, diğer yüklerden ayrı ve korunaklı biçimde tasarlanmalıdır.
- Liman rıhtım operasyonlarının güvenliği ve verimliliği için manevra alanlarının genişletilmesi gerekmektedir.
- Daha fazla sayıda gemiye aynı anda hizmet verilebilmesi için rıhtım sayıları ve uzunlukları artırılmalıdır.

Mevcut Limanların Operasyonel Yeterliliklerine İlişkin Öneriler:

- Limanlarda rüzgâr türbini bileşenlerinin elleçleme operasyonlarını gerçekleştiren vinç operatörlerine gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir.
- Limanlarda rüzgâr türbini bileşenleri için özel ardiye tarifeleri sunulmalıdır.
- Mevcut limanların yük hacminde daha büyük yer kaplayan yük gruplarına (örn; konteyner ve dökme yük) öncelik verilmesi türbin bileşenlerine yönelik operasyonlarda aksaklıklara sebep olabilmektedir. Liman operasyonlarının ve organizasyonlarının planlanmasında rüzgâr enerjisi sektörüne gereken önem verilmeli ve operasyonel destek sağlanmalıdır.
- Liman operasyonlarının hızının ve verimliliğinin artırılabilmesi için gerekli vinç (mobil rıhtım vinçleri, hi up saha vinçleri) ve liman içi taşıma ekipmanı yatırımlarının yapılması gerekmektedir.

Limanların bağlantıları, tasarımları ve operasyonel yeterlilikleri çerçevesinde belirlenen öneriler aşağıdaki tabloda kısa, orta ve uzun vadeli eylem planı şeklinde sunulmuştur.

TABLO 46. Mevcut Limanlara İlişkin Eylem Planı

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Liman-anayol bağlantı yollarının zemin kalitesinin (asfalt yapısı vb.) iyileştirilmesi gerekmektedir.	Liman güzergahlarındaki köprülerin, kavşakların ve üst geçitlerin yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.	Rıhtım sayılarının ve uzunluklarının artırılması gerekmektedir.
Rüzgâr türbini faaliyetleri için limanlarda geniş ve (özellikle dökme yük gruplarından kaynaklanacak tozumayı engelleyici) korunaklı özel alanların tahsis edilmesi	Liman-anayol bağlantı yollarının genişletilmesi gerekmektedir.	
Vinç operatörlerine gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir.	Liman manevra alanlarının genişletilmesi gerekmektedir.	
Liman ardiye tarifelerinin yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.	Operasyonel planlamalarda rüzgâr türbini bileşenlerine öncelik verilmesi gerekmektedir.	
	Vinç ve ekipman yatırımlarının yapılması gerekmektedir.	

6.8.2. Çandarlı Limanı'nın Rüzgâr Enerjisi Sektörü Perspektifinde GZFT Analizi

Paydaş görüşmelerinden, yapılan araştırmalar ve incelenen raporlardan elde edilen bilgilere göre hazırlanan Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sektörü açısından güçlü ve zayıf yönleri, fırsatları ve tehditlerini içeren Türkçe'de GZFT Analizi olarak geçen SWOT Analizi (Strenghts, Weaknesses, Opportunities and Threats) gerçekleştirilmiş ve sonuçları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

TABLO 47. Çandarlı Limanı'nın Rüzgâr Enerjisi Sektörüne Yönelik GZFT Analizi

Fırsatlar	Tehditler
▸ Türkiye'nin gelişen sanayi ve artan nüfus ile elektrik ihtiyacı neticesinde yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisine de yönelim göstermesi, ▸ İzmir halkının yenilenebilir enerjinin önemi konusunda yüksek bilinç düzeyi, ▸ Rüzgâr enerjisi santrali ekipmanlarının artan ithalat ve ihracat trafiği, ▸ Kabotaj taşımacılığında rüzgâr enerjisi sektöründeki yük gruplarına ilişkin potansiyelin oluşabilmesi, ▸ Rüzgâr enerjisi üretim sanayiinin Ege Bölgesi'nde kümelenmesi, İzmir'in üretim merkezi olması, ▸ Bergama ve Çandarlı Bölgesi'nin sektöre yönelik yük grupları için ciddi potansiyel vaad etmesi ve sektörün bu bölgedeki tesisleşme yatırımlarına sıcak bakması, ▸ Bergama – Çandarlı Bölgesi'nde yerleşik firmaların oluşturduğu yenilenebilir enerji kültürü, ▸ Limanın yakın çevresinde yer alan arazilerin lojistik depo işletmecileri tarafından değerlendirilebilir olması, ▸ Akdeniz ve Karadeniz'de farklı ülkelerin denizüstü rüzgâr çiftliği projelerine hizmet verecek üretim/montaj limanı ihtiyacı duyacak olması, ▸ Türkiye'nin Akdeniz'de denizüstü rüzgâr çiftliği projelerinde rakibi olabilecek Fas, Tunus ve Mısır gibi ülkelere karşı rekabetçi üstünlüğe sahip olması, ▸ İzmir bölgesindeki kule ve kanat üreticilerinin yakın gelecekte denizüstü bileşen üretimine başlamak istemesi, ▸ Rüzgâr enerjisi sektöründeki yük gruplarının limanlar açısından kar marjının yüksek olması, ▸ İzmir'de rüzgâr enerjisi sektöründe deneyim sahibi olan işletme ve personelin varlığı, ▸ Türkiye'deki iş gücü maliyetlerinin görece düşük olması.	▸ Türkiye'ye komşu olan ülkelerde (Fas, Tunus, Mısır) rüzgâr enerjisi sektöründeki yatırımların artması ve geç kalınırsa pazarın kaybedilmesi riski, ▸ Küresel liman rekabetinde İzmir limanlarının tarifeler açısından rekabetçi üstünlüğe sahip olmaması, ▸ Denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyeli açısından Yunanistan ile Türkiye arasındaki kıta sahanlığı sorunu, ▸ İzmir Bölgesi'ndeki RES üretici firmaların belirli kısmının kısa vadede denizüstü santraller ile ilgili yatırıma sıcak bakmaması, ▸ Türkiye'de rüzgâr enerjisi özelinde ayrı bir yasal düzenleme olmaması (yenilenebilir enerjilerinin hepsinin tek bir kanuna tabi olması), ▸ Sektöre ilişkin fabrikaların bir kümelenme etrafında toplanması için teşvik mekanizmasının bulunmaması, ▸ Sektöre ilişkin gümrük prosedürlerinin (GTİP kodları sorunu vb.) iyileştirilmesi gerekliliği, ▸ Türkiye'deki karayolu altyapısının rüzgâr enerjisi sektöründeki yük grupları için yeterli uygunlukta olmaması, ▸ Bölgede faaliyet gösteren (rakip) limanların gelecekte rüzgâr enerjisi sektörüne odaklanmak istemeleri ve bu konuda planlamalar ve yatırımlar yapmaları, ▸ Çandarlı Limanı yakın çevresinde sektöre ilişkin kalifiye işgücünün kısıtlı olması.

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
▸ Çandarlı Limanı'nın altyapısının rüzgâr enerjisi sektörünün ihtiyaçlarına göre şekillenebilir uygunlukta olması, ▸ Sektörde büyüyen kanat ve diğer ilgili bileşen ebatları nedeniyle böyle bir limana ihtiyaç duyulması, ▸ Belirli üretim merkezlerine (Çiğli-Menemen-Bergama) yakın mesafede olması, ▸ Türkiye deniz alanlarında kurulacak potansiyel denizüstü rüzgâr çiftliklerine yakınlık, ▸ İzmir'deki diğer limanların tam anlamıyla rüzgâr enerjisi sektörü ihtiyaçlarına cevap verememesi/ ihtisaslaşmamış olmaları, ▸ Bölgede faaliyet gösteren (rakip) limanlarda dökme yüklerin de elleçlenmesi sebebiyle, kozmetik hasarların oluşması riskinin yüksek oluşu, ▸ Bölgede faaliyet gösteren (rakip) limanların yollarının genelde bozuk ve dar olması, ▸ Bölgede faaliyet gösteren (rakip) limanların rüzgâr türbini parçalarının yüklenmesi için yeterli ekipmanlara sahip olmaması, ▸ Bölgede faaliyet gösteren (rakip) limanların konteyner ve dökme yük taşımacılıklarına da hizmet vermeleri sebebiyle zaman zaman planlama ve operasyon anlamında bu sektörlere öncelik vermeleri, ▸ Bölgede faaliyet gösteren limanlara nazaran, Çandarlı Limanı'nın kolaylıkla yük gruplarına göre özelleştirilebilecek geniş araziye sahip olması, ▸ Kurulacak olan limanın yerleşim yeri dışında yer alması nedeniyle genişleme potansiyelinin olması, ▸ Liman-üretim tesisi bağlantılarında tünel geçişi ve sert virajların bulunmaması, ▸ Geniş yükleme ve operasyon alanı neticesinde sektörün mevcut yetersiz depo sahaları nedeniyle yaşadığı gecikme sorununun ortadan kalkacak olması, ▸ Geniş depolama ve montaj sahalarının inşasına uygun alana sahip olması, ▸ Uzun rıhtım inşasına uygun alana (toplam 2000 m) sahip olması, ▸ Lineer rıhtım yapısı sayesinde esnek rıhtım atamalarına izin verebilecek olması, ▸ Kuzey Ege Otoyolu'nun tamamlanmış olması ve Çandarlı Limanı'na ulaşımı sağlayan bu otoyolun gişe tasarımının proje yüklerine uygun olması ve tünellerin kullanımı için tehlikeli yük taşıyan araçlara izin verilebiliyor olması, ▸ Üretim tesisleriyle liman arasındaki karayolu bağlantısının şehir içi trafiğe dâhil olmayacak olması.	▸ Çandarlı Limanı'nın tamamlanması/inşasına yönelik herhangi bir planlama takviminin olmaması, ▸ Çandarlı Limanı'nın ulaşım alt yapısının ciddi maliyet gerektirmesi, ▸ Özel liman veya devlet tarafından işletilecek olması konusunda belirsizlik olması, ▸ Limanın faaliyete başlamasının gecikmesi sonucu belirli üreticilerin TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'na yakın konumları tercih etmeleri, ▸ Bölgede faaliyet gösteren (rakip) limanların rüzgâr enerjisi sektöründe üretim yapan önemli firmalar ile halihazırda yıllardır çalışıyor olması ve tanınması, ▸ Bölgede faaliyet gösteren (rakip) limanların rüzgâr enerjisi sektöründe taşıma organizatörü olarak hizmet veren, bilinen firmalar ile yıllardır uyum içinde çalışması, ▸ Kuzey Ege Otoyolu'nun ağır nakliye araçlarının kullanımı için özel izne tabi olması, ▸ Çandarlı Limanı'na ulaşımda şehir içinden geçişlerde (Aliağa'nın içinden geçilmesi) üst geçitler, telefon hatları vb. sıkıntıların mevcudiyeti ve ciddi revizyonlar gerekmesi,

6.8.3. Yapım Aşamasında Olan Çandarlı Limanı'na İlişkin Öneriler

Çalışmanın önceki bölümlerinde İzmir'de yer alan ve rüzgâr enerjisi sektörüne halihazırda hizmet vermekte olan limanlara ilişkin mevcut durum değerlendirilmiştir. Paydaş görüşmeleri ve Avrupa limanlarının incelenmesiyle rüzgâr enerjisi sektörünün günümüz ve gelecek ihtiyaçları göz önünde bulundurularak bu limanlara ilişkin öneriler değerlendirilmiştir. Her ne kadar mevcut İzmir limanları halihazırda bu sektörün ihtiyaçlarını karşılamak adına önemli yatırımlar yapmış veya orta-uzun vadeli yatırım planları yapıyor olsa da, liman bağlantıları, tasarımı ve operasyon yeterlilikleri açısından giderilmesi zor olan kısıtların mevcut olduğunu belirtmek gerekmektedir. Bu kısıtlar her bir liman özelinde farklılık göstermektedir ve raporun ilgili bölümünde (bknz. 4.6) detaylarıyla aktarılmıştır. Mevcut durumda ön plana çıkan ve Çandarlı Limanı'nın proje yükleri odaklı yatırımlar ile faaliyete geçmesiyle giderilebilecek problemler aşağıdaki ana başlıklar çerçevesinde özetlenebilir:

- Proje yüklerinin bu limanlar için öncelikli yük grubu olmamasına bağlı olarak yatırımların yetersiz kalması veya önceliklendirilmemesi,
- Öncelikli yük grubu dökme yük olan limanlar ve anayol-liman sahası arasında hasarlı tali yollarla bağlantıya sahip limanlarda bileşenlere hasar veriliyor olması,
- Çok amaçlı rıhtım/iskele planlaması kaynaklı liman içi trafiği ve beraberinde ortaya çıkan gemi operasyon sürelerinin uzaması,
- Yoğun talep dönemlerinde rıhtım ve depolama alanı yetersizliği,
- Liman-üretim tesisi bağlantılarının bileşen ebatlarındaki büyümeler sonucu lojistik kısıtlarının ortaya çıkması ve/veya revizyon gereksinimleri sonucunda toplam maliyeti artırması,
- Liman ardiye ücretlerinin toplam maliyette rekabetçiliğe zarar verecek ölçüde yüksek olması,
- Denizüstü rüzgâr enerjisi çiftliklerinin kurulumunda görev alacak şekilde üretim/montaj limanı fonksiyonlarını yerine getirebilecek uygunluğa sahip bir limanın olmaması ve buna bağlı olarak Türkiye'nin denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyelinin henüz ortaya çıkarılamamış olması.

Tüm bu kısıtlar çerçevesinde proje halindeki Çandarlı Limanı'nın ilgili yük grubunun gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanarak hizmete sunulması sektör temsilcilerinin öncelikli beklentisi haline gelmiştir. İZKA (2009) ve Özcan'ın (2021) bölgenin lojistik ihtiyaçlarını değerlendirdikleri çalışmalarında Çandarlı Limanı'nın yapımının tamamlanması gerekliliğinin altı çizilmiştir. COWI (2021) ise Çandarlı, Bandırma, Çanakkale ve Aliağa Limanları kapsamında ve rüzgâr enerjisi sektörü özelinde liman altyapı ihtiyaçlarını inceleyen güncel bir çalışma ortaya koymuştur. Türkiye deniz alanlarında planlanacak denizüstü rüzgâr çiftliği projelerine hizmet verebilme potansiyeline sahip limanların ön değerlendirmesinin gerçekleştirildiği bu çalışmada, Çandarlı ve Bandırma Limanları belirli uygunluk kriterleri açısından ön plana çıkan limanlar olarak tespit edilmiş ve her iki liman için de yol haritaları ortaya konmuştur. Bu çalışmada Çandarlı Limanı'nın henüz proje aşamasında olmasından ve geniş alanlara sahip olmasından kaynaklı sektör ihtiyaçlarına duyarlı tasarım esnekliği sağlayabiliyor olması, potansiyel denizüstü rüzgâr enerjisi kaynaklarına ve bölgedeki mevcut üretim tesislerine yakınlığı önemli avantajlar olarak değerlendirilmektedir.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi, bu alandaki yatırımların artırılması ve yerli üreticilerin küresel rekabette halihazırda edinmiş olduğu rekabetçi gücün yükseltilmesine ilişkin strateji planlamalarında Çandarlı Limanı'nın tamamlanmasına önem atfedilmektedir (İZKA, 2021). T.C. Cumhurbaşkanlığı, Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından 2019-2023 dönemi için hazırlanan On Birinci Kalkınma Planı'nda Çandarlı Limanı'nın Ege Bölgesi hinterlandına hizmet edecek bir liman olarak hayata geçirilmesinin planlandığı bilgisi de yer almaktadır. 2019 yılında devreye giren Danimarka Enerji, İklim ve Kamu Hizmetleri Bakanlığı ile T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın "Stratejik Sektör İşbirliği Anlaşması" Çandarlı Limanı'nın Türkiye'nin denizüstü rüzgâr enerjisi yol haritasında üstleneceği rolün belirlenmesi adına önemli bir atılımdır.

Bu eylem planı kapsamında Çandarlı Limanı'nın rüzgâr enerjisi sektörü ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde faaliyete geçirilmesine ilişkin avan proje önerisi sunulmaktadır. Bu proje tasarımı çalışmanın ilgili bölümlerinde detaylarıyla aktarılmış olan Avrupa limanlarının incelenmesi, paydaşlarla gerçekleştirilen görüşmeler sonucu ortaya konan sektör beklentileri ve literatürde yer alan rüzgâr enerjisi sektörü odaklı liman tasarımı çalışmaları (Cooper & Marrone, 2013; Thomsen, 2014; Akbari vd., 2017; Junqueira vd., 2021) ışığında ortaya konmuştur. Böylece küresel eğilimlerin yanı sıra bölgesel gereksinimlerin de dikkate alındığı bir avan proje özelliği taşıdığını söylemek mümkündür. Söz konusu bölgesel gereksinimlere bağlı olarak, avan proje tasarımı üç ayrı faz olarak gerçekleştirilmiştir. Bu avan proje; birinci faz aşamasında bölgedeki (karasal rüzgâr türbini bileşenleri başta olmak üzere) mevcut proje yük gruplarına, ikinci faz aşamasında denizüstü rüzgâr türbini bileşenlerine, üçüncü faz aşamasında ise tercih edilecek diğer yük gruplarına hizmet verilecek şekilde tasarlanmıştır.

- Birinci faz aşamasında Kuzey Ege Otoyolu'nun liman bağlantısın tamamlanması gerekmektedir. Söz konusu karayolu bağlantısı büyümekte olan türbin bileşeni ebatları gözetilerek uygun dönüş geometrisine sahip olacak şekilde tamamlanmalıdır.
- Birinci faz aşamasının tamamlanmasıyla İzmir ilinde yer alan türbin bileşeni üreticilerinin özellikle ihracat/ithalat yoğunluğu yaşanan dönemlerde karşılaşmakta olduğu rıhtım ve depolama alanı yetersizliğine ilişkin sorunları ortadan kaldırmak mümkündür. Bu noktada ardiye tarifesinin rekabetçi seviyelerde olması koşulunda bölgesel proje yükü potansiyelinin büyük oranda Çandarlı Limanı'na yönelmesi beklenebilir. Bu imkânın sağlanmasıyla üreticilerin kendi tesisleri dâhilinde bulunan depolama alanlarında oluşabilecek olası darboğazların da önüne geçilmiş olup, üretim devamlılığı sağlanabilecektir. İthalat yükleri açısındansa yurtiçinde yer alan proje sahalarının farklı sebeplere bağlı olarak zamanında hazır olmaması durumlarında bu yüklerin liman depo alanlarında uzun süre beklemeleri gereksinimi karşılanabilecektir. Rıhtım alanı 200 m uzunluğunda üç proje kargo rıhtımından oluşmaktadır. Çizgisel (Lineer) rıhtım yapısı dolayısıyla 200 m'yi aşan gemi boylarında aynı anda iki gemiyi ağırlama imkânı da sunulabilecektir. Ortalama 150 m uzunluğunda ağır nakliye gemilerinin yoğun olarak tercih edildiği düşünüldüğünde eş zamanlı olarak üç gemiye hizmet verilebilmesi mümkündür. Rıhtımlar arasında (ithalat-ihracat hacim dengeleri gözetilerek) ithalat ve ihracat rıhtımı ayrımı yapılarak liman içi araç trafiğini sadeleştirmek mümkün olacaktır. Çizgisel rıhtım tasarımının, iskele tipi rıhtım tasarımına kıyasla liman içi araç trafiğinin sadeliği ve rıhtım operasyonlarının verimliliği için avantajlı olduğunu belirtmekte de fayda vardır.
- Rıhtım ve depo alanlarının 15-20 ton / m^2 zemin taşıma kapasitesine sahip olacak şekilde inşa edilmesi gerekmektedir.
- Birinci faz dâhilinde yatırım maliyetlerini düşük tutmak adına ekipman yatırımları gerçekleştirmektense, dış kaynak kullanımı yoluyla İzmir'de halihazırda sektörün önemli paydaşları olan ekipman tedarikçisi firmalarla operasyonları sürdürmek mümkündür.

Şekil 148'de görüldüğü gibi ikinci fazın tamamlanmasıyla Çandarlı Limanı rüzgâr enerjisi sektöründe yalnızca ithalat/ihracat yükü elleçleme ve depolama fonksiyonları sağlamanın ötesine geçerek üretim fonksiyonuna da ev sahipliği yapabilecektir. Bu alanda kiracı olacak üretim işletmelerinin ihtiyaçları dâhilinde Ar-Ge ve test merkezlerinin kurulumu için uygunluk bulunmaktadır. İkinci faz aşamasında 4-5-6-7 numaralı rıhtımların ve geri sahasının inşası tamamlanarak Çandarlı Limanı denizüstü rüzgâr enerjisi alanında uygunluk kriterlerini sağlayabilir hale gelecektir.

- İkinci faz aşamasında ebatları dolayısıyla liman art alanında üretilme gereksinimi bulunan denizüstü rüzgâr türbini kule ve kanatlarının üretimini gerçekleştirecek firmalara alan sağlanabilecektir. Henüz Türkiye'de mevcut olmayan bu üretim kapasitesiyle birlikte üretici firmaların üretim çeşitliliğiyle yeni pazarlara dâhil olabilmesi rekabetçilik açısından kritik öneme sahiptir. Söz konusu üretimin gerçekleşmesinin birinci fazda tamamlanmış olan 1-2-3 numaralı proje kargo rıhtımlarının ve depolama sahasının verimliliğini artıracağı beklenmelidir. Üretim faaliyetlerinin başlamasıyla daha küçük bileşenler, alet yedek parçaları ve sarf malzemelerine yönelik kapalı depo ihtiyacı da doğacaktır.
- Denizüstü rüzgâr çiftliği kurulumunda bileşenlerin temin edileceği limanlar sayısal olarak arttıkça, gemi kiralama bedellerinden dolayı kurulum maliyetleri de artmaktadır. Bu doğrultuda trafo merkezleri, kablo ve türbin temeli üretimine de ev sahipliği yapabilecek kiralama sözleşmelerinin ilgili firmalarla gerçekleştirilmesi fayda sağlayacaktır.
- 175 m uzunluğundaki iki Jack-up rıhtımının (4-5 numaralı rıhtımlar) inşasının tamamlanmasıyla denizüstü rüzgâr çiftlikleri kurulumu faaliyetlerinde Çandarlı Limanı lojistik üs olarak konumlanabilecektir. Her iki rıhtımın da ardında bulunan yükleme sahaları tercih edilecek montaj stratejisine göre ilgili bileşenlerin ön-montaj ve yükleme operasyonlarının yürütüleceği alandır. 250 km mesafede yer alacak denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulumunda Çandarlı Limanı'nın merkez olarak kullanılması teknik olarak mümkün olacaktır. Ancak kurulum faaliyetlerinin yoğun olmadığı dönemlerde bu rıhtımlar düşük işgal oranlarında çalışabilir. Jack-up rıhtımları gereksinim duyulduğunda uygun uzunluktaki ağır nakliye gemilerinin operasyonu için de tahsis edilebilecektir.
- Denizüstü rüzgâr çiftliklerinin kurulumunun ardından Çandarlı Limanı'nın işletme/bakım faaliyetlerinin koordinasyonu için bir merkez olması gereksinimi doğacaktır. 6 numaralı rıhtım bu faaliyetlerde kullanılacak iş teknelerine tahsis edilebilecek özel alandır. Bu rıhtımın arkasında yer alacak alan bakım-onarım faaliyetlerinde ihtiyaç duyulacak atölye alanlarına ayrılmalıdır.
- 7 numaralı rıhtım türbin temeli üretimine imkân sağlayacak kuru havuz (dry dock) alanıdır. Bu alan aynı zamanda işletme/bakım faaliyetleri açısından yüzer temellerin ve türbin bileşenlerinin onarım faaliyetlerini gerçekleştirme kapasitesi sağlamaktadır. Yüzer temellerin üretim ve bakım faaliyetleri küresel eğilimler dikkate alındığında stratejik bir öneme sahiptir. Limanın yüzer temellerin üretimine imkân sağlayacak altyapıya sahip olması yalnızca bölgedeki yüzer Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Santrali (DRES) projeleri için değil, bu ürünlerin Avrupa başta olmak üzere yakın coğrafyadaki DRES projelerinde kullanılması için de ihracata konu olmaları beklenmelidir.

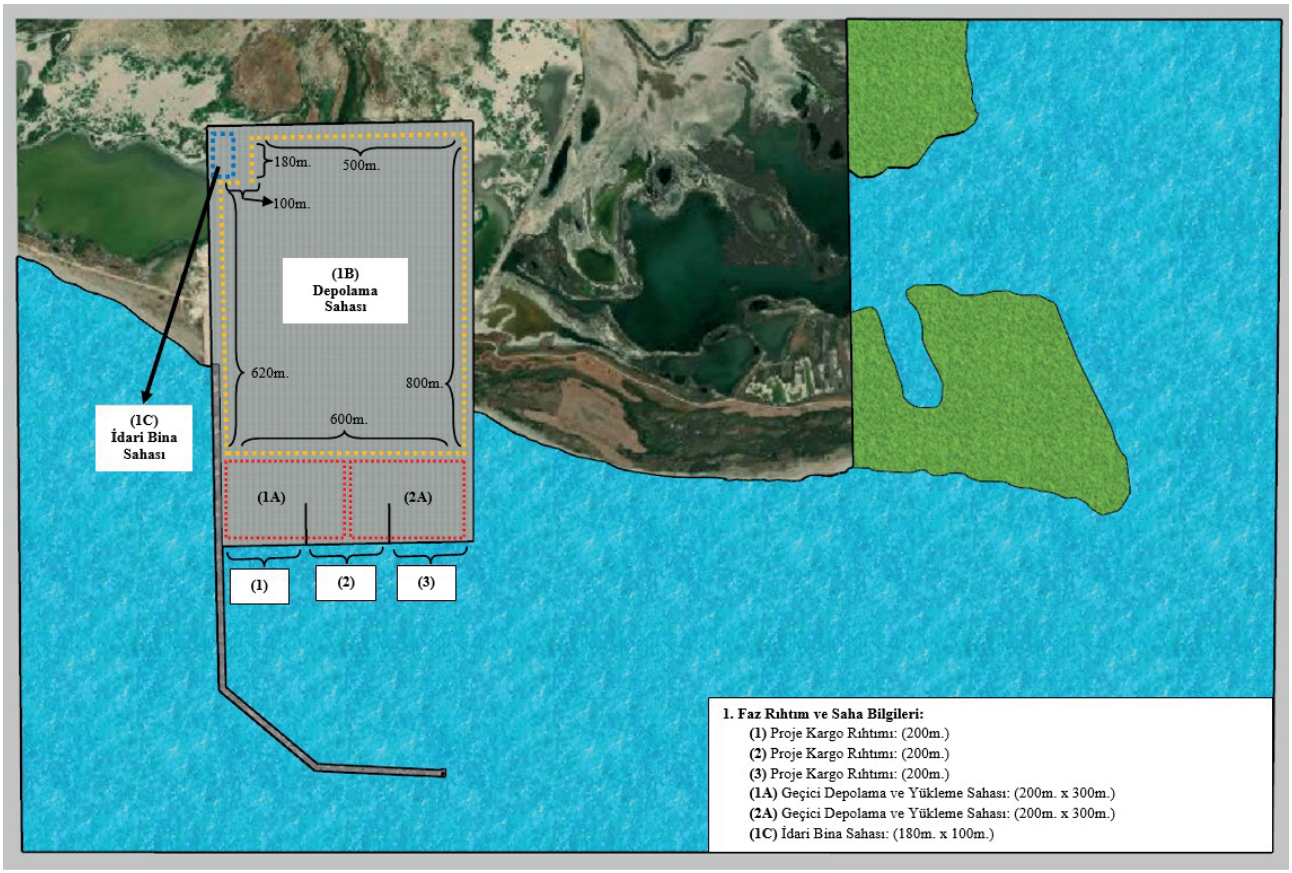
Şekil 149'da görüldüğü gibi üçüncü fazın tamamlanmasıyla 800 m ilave rıhtım ve art alanında diğer yük gruplarına hizmet verecek terminal sahasının inşası tamamlanmış olacaktır. Bu alanın tasarımı hizmet verilecek olan yük gruplarına bağlı olarak değişim gösterecektir. Tüm fazların tamamlanmasıyla hizmete başlayacak olan Çandarlı Limanı'nın temsili görseli Şekil 152'de sunulmuştur.

Avan Proje Tasarımına İlişkin Kısıtlar:

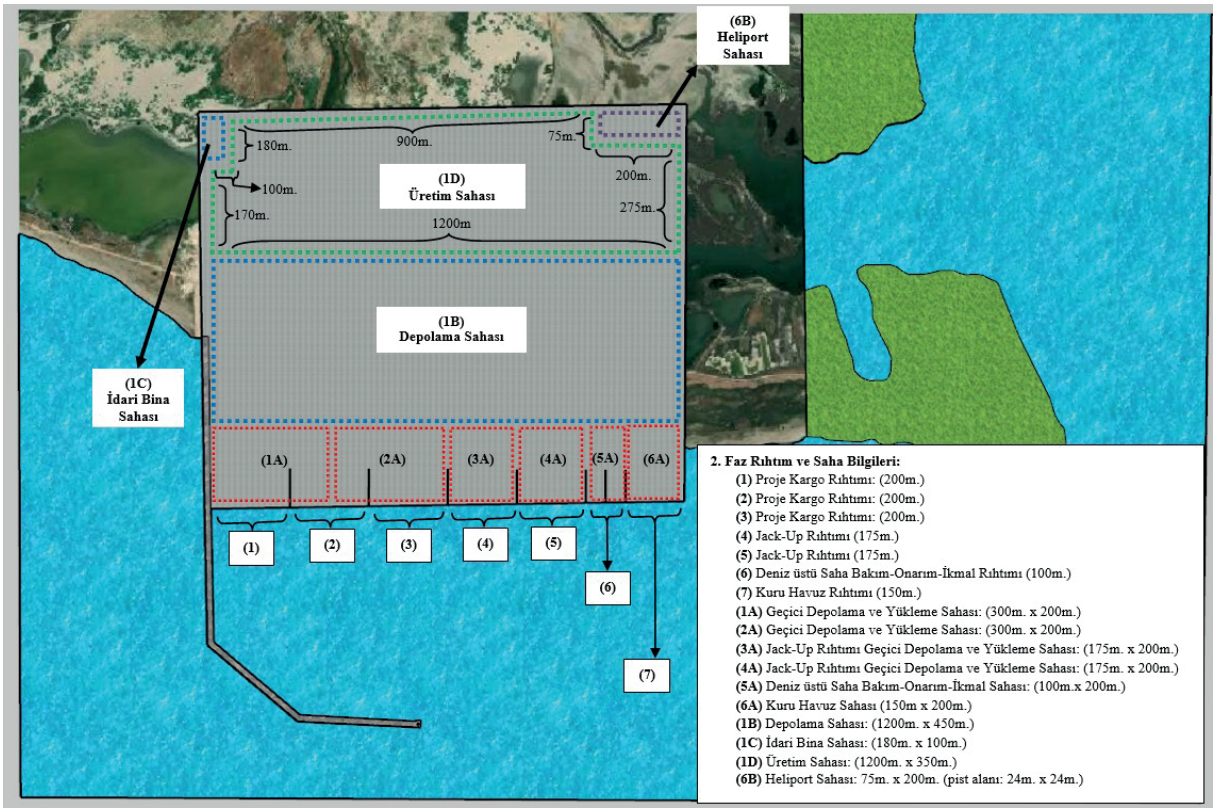
- Denizüstü rüzgâr türbini bileşenlerinin gereksinimleri doğrultusunda tasarlanan ikinci faz aşaması bu bileşenlerin üretimi için alan tahsis edilen firmaların üretim hacimleri ve talep yoğunluğuna bağlı olarak revizyona ihtiyaç duyabilecektir. Bu anlamda avan proje tasarımında üretim tesisleri sayı ve alan tahsisi açısından temsili olarak görselleştirilmiştir.
- Çandarlı Limanı'nın üçüncü faz aşamasının tamamlanmasıyla hizmete sunulacak diğer yük gruplarına tahsis edilmiş saha ve rıhtım alanlarına ilişkin olarak tercih edilecek yük çeşitliliği çerçevesinde gereksinimlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu anlamda ilk iki faz aşamasında inşası tamamlanmış olan alanların esnek kullanım fırsatlarından yararlanılarak gerekli revizyonlara gidilebilecektir.
- Avan proje tasarımında güncel gereksinimler ve gelecek öngörüleri çerçevesinde belirlenen kapasite planlaması Aliağa'da yer alan özel limanların ve TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nın sahip olduğu (raporun ilgili kısımlarında değinilmiş olan) kısıtların giderilmesi koşulunda revizyona ihtiyaç duyabilecektir.

- Denizüstü rüzgâr türbini bileşenlerinin gereksinimleri doğrultusunda tasarlanan ikinci faz aşaması bu bileşenlerin üretimi için alan tahsis edilen firmaların üretim hacimleri ve talep yoğunluğuna bağlı olarak revizyona ihtiyaç duyabilecektir. Bu anlamda avan proje tasarımında üretim tesisleri sayı ve alan tahsisi açısından temsili olarak görselleştirilmiştir.
- Çandarlı Limanı'nın üçüncü faz aşamasının tamamlanmasıyla hizmete sunulacak diğer yük gruplarına tahsis edilmiş saha ve rıhtım alanlarına ilişkin olarak tercih edilecek yük çeşitliliği çerçevesinde gereksinimlerin tespit edilmesi gerekmektedir.
- Bu anlamda ilk iki faz aşamasında inşası tamamlanmış olan alanların esnek kullanım fırsatlarından yararlanılarak gerekli revizyonlara gidilebilecektir.
- Avan proje tasarımında güncel gereksinimler ve gelecek öngörüleri çerçevesinde belirlenen kapasite planlaması Aliağa'da yer alan özel limanların ve TCDD İzmir (Alsancak) Limanı'nın sahip olduğu (raporun ilgili kısımlarında değinilmiş olan) kısıtların giderilmesi koşulunda revizyona ihtiyaç duyabilecektir.

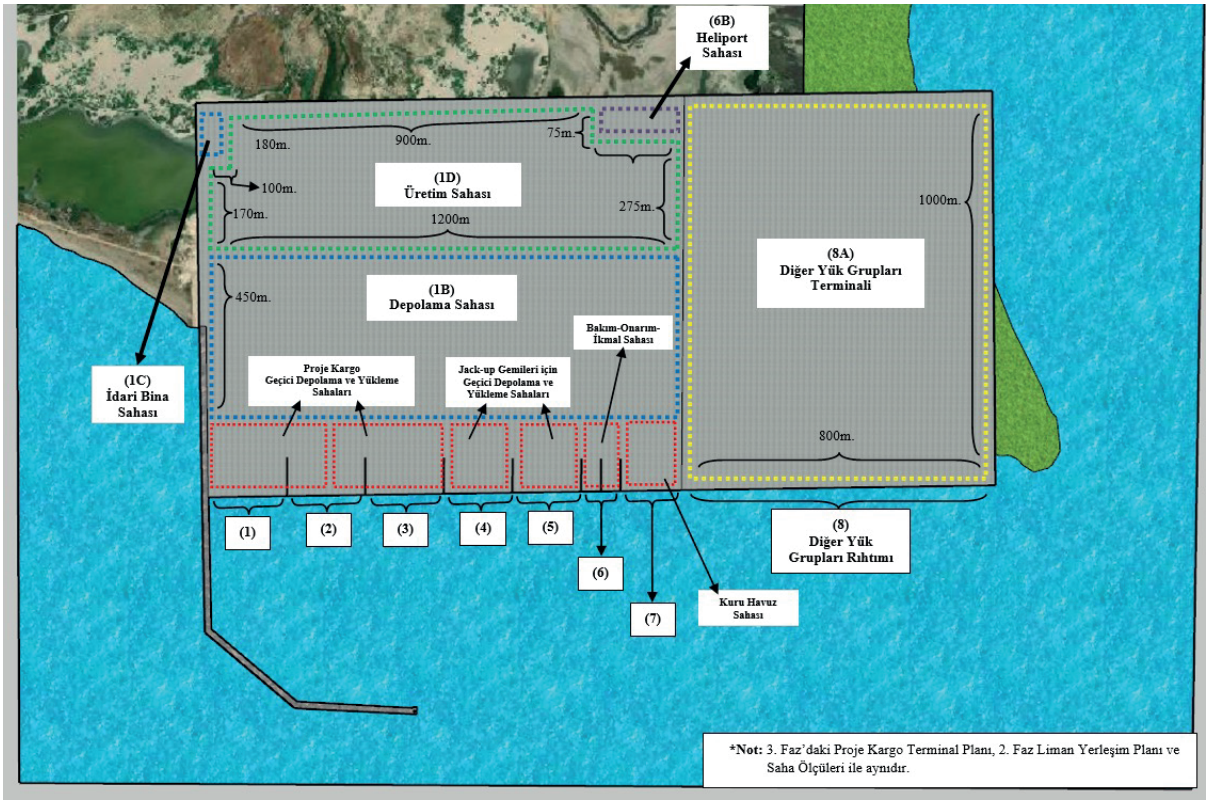
ŞEKİL 149. Çandarlı Limanı Avan Proje Tasarımı Birinci Faz



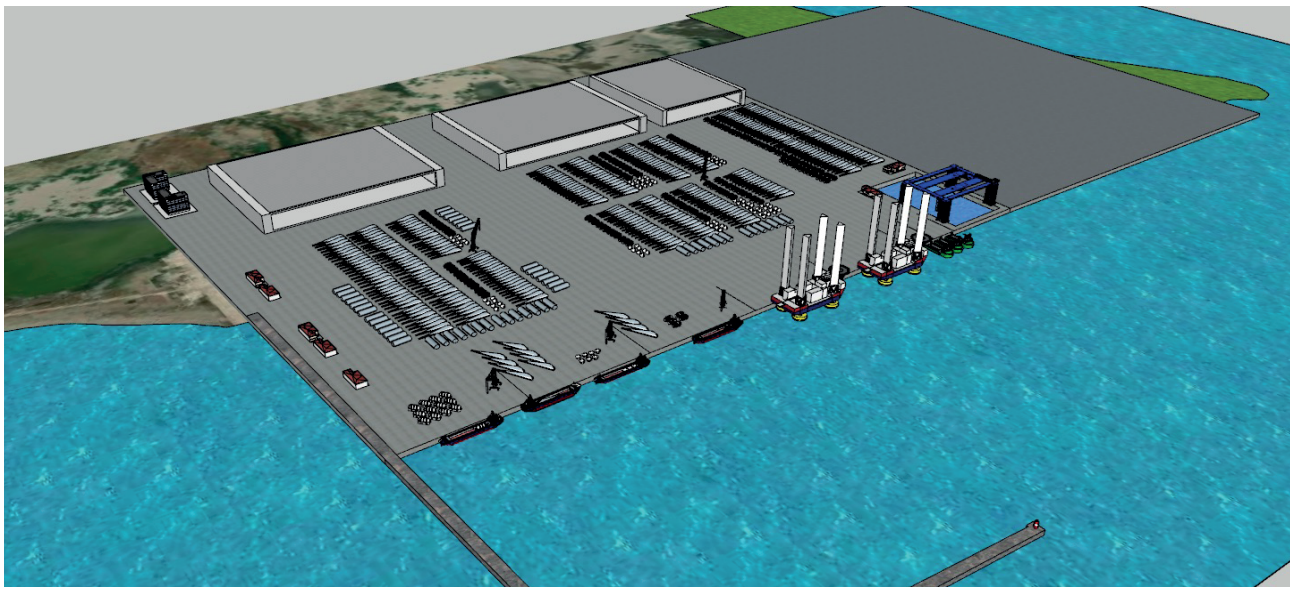
ŞEKİL 150. Çandarlı Limanı Avan Proje Tasarımı İkinci Faz



ŞEKİL 151. Çandarlı Limanı Avan Proje Tasarımı Üçüncü Faz



ŞEKİL 152. Çandarlı Limanı Avan Proje Tasarımı Temsili Görseli



TABLO 48. Yapım Aşamasında Olan Çandarlı Limanı'na İlişkin Eylem Planı

Kısa Vade	Orta Vade	Uzun Vade
Çandarlı Limanı'na kadar otoyol bağlantısının tamamlanması önerilmektedir.	Birinci ve ikinci faz aşamalarının tamamlanması (sırasıyla karasal ve denizüstü türbin bileşeni lojistiği faaliyetlerine uygun hale getirilmesi) önerilmektedir.	Üçüncü faz aşamasının tamamlanması önerilmektedir.
Rüzgâr Enerjisi Sektörü ihtiyaçları doğrultusunda Çandarlı Limanı ön fizibilite-fizibilite çalışmalarının tamamlanması önerilmektedir.	Türkiye'nin ilk denizüstü rüzgâr çiftliğinin Çandarlı Limanı'nın üstleneceği üretim/montaj fonksiyonlarıyla kurulması önerilmektedir.	
Çandarlı Limanı'nın işletme modelinin belirlenmesi önerilmektedir.		
Çandarlı Limanı'nın potansiyel yatırımcılara tanıtılması için girişimlerin başlatılması önerilmektedir.		
Çandarlı Limanı'nın ihaleye çıkarılması önerilmektedir.		

BÖLÜM 7.

Sonuç ve Değerlendirme

Rüzgâr enerjisi sektörünün gelişiminde üretimin olduğu kadar üretilen ekipmanların üretim tesislerinden limanlara veya limanlardan ilgili noktalara en uygun taşımacılık moduyla ulaştırılmasını, depolanmasını, stok takibinin yapılmasını ve denizyolu lojistiği süreçlerinin tamamını içeren bütünsel lojistik faaliyetlerin büyük bir önemi vardır. Liman süreçleri ile birlikte limanda gerçekleştirilen faaliyetleri lojistik anlamda tamamlayan insan kaynakları, bilgi ve iletişim teknolojileri, yasal mevzuatın durumu ve yatırıma yönelik stratejilerin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. İzmir'in rüzgâr enerjisi alanındaki rolü ve potansiyeline raporun ilgili kısımlarında sıklıkla değinilmiştir. Özellikle denizüstü rüzgâr çiftlikleri alanında dünyada çeşitli ülkelerdeki hızlı değişim ve gelişimler çerçevesinde, ilgili yatırım olanaklarının İzmir için de değerlendirilmesi gerekmektedir. Denizüstü rüzgâr modellemesi, sonuçların sektör ile paylaşılması ve denizüstü rüzgâr çiftliklerinde kullanılacak ekipmanlara yönelik üretimin incelenip, İzmir'de üretim olanaklarının değerlendirilmesi bu alandaki eylem planlarından birkaçı olarak belirtilebilir. İzmir ili özelinde rüzgâr enerjisi sektörünün lojistik anlamda değerlendirmesini ve ihtiyaçlarını sunan bu raporda, ürünlerin özellikle ilgili üretim tesislerinden limanlara olan taşımacılığında karayolu taşımacılığı kapsamında yasal mevzuatın bu sektörün ihtiyaçlarına göre düzenlenerek ayrı bir yönetmelikle sunulması gerektiğinin altı çizilmektedir. Bu noktada, taşımacılık süreçlerinde rüzgâr enerjisi sektöründeki yüklerin otoyollarda herhangi bir izne tabi olmadan taşınmasına izin verilmesi, gece sürüşlerinin mümkün hale getirilerek zaman kayıplarının önlenmesi mevzuat kapsamında en yoğun olarak öne sürülen önerilerdir. Denizüstü rüzgâr terminallerinin kurulması paralelinde, deniz seyir emniyeti konularının yasal yönleriyle değerlendirilmesi, Türkiye'nin ve Ege Bölgesi'nin rekabetçiliğini artıracak bir mevzuatın hazırlığının olması gelecekte planlanması gereken mevzuat ile ilgili konulardır.

Mevzuatın yanısıra, lojistik süreçlerin verimli bir şekilde gerçekleştirilmesinde en önemli rolü oynayan insan kaynağının da rüzgâr enerjisi sektörü ihtiyaçları doğrultusunda şekillendirilmesi gerekmektedir. Ürünlerin hacimli ve değerli ürün olmalarından dolayı, özellikle taşımacılık ve elleçleme süreçlerinde yer alacak insan kaynağının tecrübeli, ürünler hakkında bilgiye sahip ve belirli eğitim programlarını tamamlamış bireylerden oluşması beklenmektedir. Sadece karasal rüzgâr enerjisi santralleri açısından değil, aynı zamanda denizüstü rüzgâr çiftlikleri açısından da Türkiye'nin insan kaynakları ve istihdam politikasını belirlemesi gerekmektedir. Çandarlı Limanı'nın gelecekte potansiyel bir rüzgâr enerjisi sektörüne hizmet veren bir liman kompleksi olacağı düşünüldüğünde, o bölgede eksikliği duyulan yetişmiş, tecrübeli ve lojistik süreçlere hakim ve aynı zamanda denizüstü rüzgâr çirftliklerinde istihdam edilebilecek personelin eğitiminin gerek sertifika programları gerekse de ihtiyaç duyulan ölçüde meslek lisesi, meslek yüksekokulu ve üniversite seviyesinde sağlanması gerekmektedir. Rüzgâr enerjisi sektöründeki ekipmanların taşımacılığında ve ilgili lojistik süreçlerde istihdam edilen personelin ancak uygun bir altyapı varolduğunda verimli bir operasyon gerçekleştirebilecekleri de unutulmamalıdır. Gerçekleştirilen görüşmeler ve gözlem çalışmaları sonucunda İzmir'de bulunan rüzgâr enerjisi ekipmanı üretici işletmelerinin tesislerinden mevcut limanlara olan rotalarda ve Çandarlı Limanı'na olabilecek potansiyel rotalarda karayolları ile ilgili kavşak, bağlantı köprüleri, liman giriş kapıları, tünel, köprü, viyadük vb. yapılar açısından belirli problemler olduğu vurgulanmıştır. Bu anlamda, rüzgâr enerjisi sektörünün ihtiyaç ve gereksinimleri dikkate alınarak mevcut karayolları altyapısının revize edilmesi gerek zaman, maliyet, gerekse de lojistik etkinlik açısından büyük önem arz etmektedir. Rüzgâr enerjisi sektörünün İzmir açısından önemi de değerlendirildiğinde, gerek liman yapılanmalarında gerekse de lojistik süreçlerdeki ilgili altyapı ve üstyapı unsurlarının rüzgâr enerjisi sektörüne göre uyarlanması gerekmektedir.

İzmir'de kümelenmiş rüzgâr enerjisi sektörü paydaşlarının lojistik süreçlerinde karşılaştıkları en önemli kısıtlardan biri, mevcut İzmir limanlarının bu sektör özelinde tam anlamıyla ihtisaslaşmamış olmaları ve buna bağlı olarak gelişen lojistik altyapı sorunlarıdır. İzmir'deki mevcut limanların altyapıları ve karayolu

bağlantıları, bölgedeki üretim hacmindeki artış ve türbin bileşenlerin ebatlarındaki büyüme ile paralellik göstermemektedir ve bu durum da rüzgâr ekipmanı üreticisi işletmelere küresel rekabette dezavantajlar yaratmaktadır. Bu doğrultuda, rüzgâr enerjisi sektörüne halihazırda hizmet veren İzmir limanlarının liman bağlantıları, depolama faaliyetleri ve rıhtım faaliyetleri özelinde gelişim ihtiyaçları ortaya konarak sektörün ihtiyaçları bağlamında kısa ve orta vadeli çözüm önerileri derlenmiştir. Mevcut İzmir limanlarının kendi kısıtlarını ortadan kaldıracak ve/veya performanslarını artıracak yatırımları gerçekleştirmesiyle karasal rüzgâr enerjisi sektörü özelinde geçerli olan liman uygunluk kriterlerinin sağlanması mümkündür. Ancak, denizüstü rüzgâr enerjisi sektörü için gereksinim duyulan mekânsal uygunluk kriterlerinin sağlanması bu limanlar için mümkün gözükmemektedir. Ege Denizi başta olmak üzere denizüstü rüzgâr enerjisinde yüksek potansiyele sahip olan Türkiye için bu özel sektöre üretim ve montaj fonksiyonlarıyla hizmet verebilecek bir liman altyapısına duyulan gereksinim bu raporun önemli bulguları arasındadır. Bu bağlamda proje halindeki Çandarlı Limanı konumu ve geniş alana sahip olması gerekçesiyle esnekliği açısından sektörel bir fırsat olarak değerlendirilmektedir. Bu raporda değerlendirilmiş olan Avrupa limanlarına benzer şekilde liman geri sahasında endüstriyel faaliyet alanlarının oluşturulması, Çandarlı Limanı'nın faaliyete geçmesiyle mümkün olabilecektir. Bu sayede hem karasal rüzgâr türbini üretiminde önemli kazanımları olan Türkiye'nin denizüstü rüzgâr türbini ve türbin temeli pazarlarında da aktif bir oyuncu olması sağlanabilecek, hem de denizüstü rüzgâr enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi önündeki liman altyapısı gereksinimine ilişkin kısıt ortadan kalkacaktır. Tüm bu fırsatlar ışığında bu raporda; sektör paydaşlarıyla gerçekleştirilen görüşmeler, Avrupa limanlarının incelenmesiyle "başaran yöntem" (best practice) değerlendirmesi ve ilgili yazında ortaya konmuş olan liman uygunluk kriterleri temel alınarak Çandarlı Limanı için avan proje önerisi sunulmuştur.

Sonuç olarak, raporda kapsamlı olarak İzmir ili rüzgâr enerjisi sektörü lojistik ihtiyaçları gerek mevcut İzmir limanları ve potansiyel olarak önerebilecek Çandarlı Limanı ve gerekse de limanları lojistik anlamda besleyen altyapı unsurları ortaya konarak incelenmiştir. Bununla birlikte liman ve altyapı süreçlerini önemli ölçüde destekleyen mevcut yatırım iklimi, yasal mevzuat, insan kaynakları, bilgi ve iletişim teknolojileri de sektörün dinamikleri göz önüne alınarak irdelenmiştir.

KAYNAKÇA

2918 Sayılı Trafik Kanunu. (1983). T.C. Resmi Gazete. Karayolları Trafik Kanunu. 18.10.1983. Sayı:18195, Başbakanlık Basımevi.

4458 Sayılı Gümrük Kanunu. (1997). T.C. Resmi Gazete. Gümrük Kanunu. 04.11.1999. Sayı: 23866, Başbakanlık Basımevi.

4allports. (2021). Bilbao port information. http://www.4allports.com/port-mapping-bilbao-spain-pid152.html (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

4coffshore. (2021). The GIS database of world offshore wind farms settlements. https://www.4coffshore.com/offshorewind/ (Erişim Tarihi: 13.03.2021).

ABLE Humber Port. (2021a). Humber port information. https://www.ableuk.com/sites/port-sites/humber-port/ (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

ABLE Humber Port. (2021b). ABLE Marine Energy Park (AMEP): establishing a new offshore wind cluster report. https://www.ableuk.com/wp-content/uploads/2021/02/AMEP-Benefits-for-Wind-Brochure-29-January-2021.pdf (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Ahsan, D., & Pedersen, S. (2018). The influence of stakeholder groups in operation and maintenance services of offshore wind farms: Lesson from Denmark. Renewable Energy. 125. 819-828.

Airswift. (2020). Offshore wind industry situation. https://www.airswift.com/geti/ (Erişim Tarihi: 11.04.2021).

Airswift. (2021). Airswift's experience on global offshore wind projects. https://www.airswift.com/our-industries/energy/offshore-wind (Erişim Tarihi: 11.04.2021).

Akbari, N., Irawan, C. A., Jones, D. F., & Menachof, D. (2017). A multi-criteria port suitability assessment for developments in the offshore wind industry. Renewable Energy. 102(2017). 118-133.

Allen, G. (25 Mayıs, 2020). The logistical challenges of wind turbine transport in the US. NS Energy News. https://www.nsenergybusiness.com/features/wind-turbine-transport-us/ (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Altunışık, R., Çoşkun, R., Bayraktaroğlu, S., & Yıldırım, E. (2010). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri. Sakarya Yayıncılık.

Altuntaşoğlu, Z.T. (2013). Rüzgâr Türbinlerinde Yerli Üretim. TMMOB MMO Enerji Çalışma Grubu Danışmanı, TÜREK 6-7 Kasım 2013.

Anagün, S. Ş. (2020). "Orada olmak: katılımcı gözlem yoluyla anlayış geliştirmek". Nitel Araştırmaya Giriş. Çeviri Editörleri: Ali Ersoy, Pelin Yalçınoğlu. Anı Yayıncılık.

Anaya-Lara, O., Tande, J. O., Uhlen, K., & Merz, K. (2018). Offshore Wind Energy Technology. John Wiley & Sons Ltd.

Anster Trailer. (2021). Low bed trailer guide. https://www.anstertrailer.com/low-bed-trailer-ultimate-guide/, (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Antonutti, R., Peyrard, C., Johanning, L., Incecik, A., & Ingram, D. (2014). An investigation of the effects of wind-induced inclination on floating wind turbine dynamics: heave plate excursion. Ocean Engineering. 91. 208-217.

Asgarpour, M. (2016). Assembly, transportation, installation and commissioning of offshore wind farms. Offshore Wind Farms. (ss. 527-541). Woodhead Publishing.

Atsinc. (2021). www.atsinc.com (Erişim tarihi: 10.03.2021).

AWEA. (American Wind Energy Association) (2020). "Wind is now America's largest renewable energy provider and the top choice for new utility-scale power", press release, 16 April, https://www.awea.org/Awea/media/PA-Press-Kits/AWEA-2019-Annual-Report-Press-Release.pdf.

Batıliman. (2021a). Liman hizmetleri. https://www.batiliman.com.tr/hizmetlerimiz (Erişim Tarihi: 03.05.2021).

Batıliman. (2021b). Liman bilgisi. https://www.batiliman.com.tr/liman-bilgisi (Erişim Tarihi: 03.05.2021).

Batıliman. (2021c). Depo bilgisi. https://www.batiliman.com.tr/depo (Erişim Tarihi: 03.05.2021).

Batıliman. (2021d). 19 Nisan 2021 tarihli Batılimanı mülakatı raporu.

Biernacki, P., & Waldorf, D. (1981). Snowball sampling: Problems and techniques of chain referral sampling. Sociological Methods & Research. 10(2). 141-63.

Bilgili, M., Yasar, A., & Simsek, E. (2011). Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart. Renewable Sustainable Energy Review, 15, 905-915.

Blue Economy Report, (2020). European Union Blue Economy Report 2020. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_986 (Erişim Tarihi: 15.07.2021).

BNEF. (2019). Clean energy investment trends 2018. Bloomberg New Energy Finance.

Bnsf Railways. (2021). Industrial products: wind energy. https://www.bnsf.com/ship-with-bnsf/industrial-products/wind-energy.html (Erişim Tarihi: 10.03.2021).

Borusan Lojistik. (2021a). Enerji lojistiği. https://www.borusanlojistik.com/tr/hizmetler/proje-lojistigi/enerji-lojistigi (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Borusan Lojistik. (2021b). Proje Lojistiği. https://www.borusanlojistik.com/en/gallery/project-logistics (Erişim Tarihi: 10.03.2021).

Boughton, P. (21 Şubat 2013). Wind turbine blades delivered by rail. EngineerLive Web Magazine. https://www.engineerlive.com/content/wind-turbine-blades-delivered-rail (Erişim Tarihi: 10.04.2021).

Bremerhaven Offshore Wind Port. (2021). Port settlement plan and port information. https://www.bis-bremerhaven.de/ (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Bryman, A. (2001). Social Research Methods. Oxford University Press.

Buckley, T., & Shah, K. (2019). Offshore Wind Ready to Be Key Part of Energy Mix Globally Top European Developers to Drive Down Costs in Asia Pacific. Institute for Energy Economics and Financial Analysis.

Bulder, B. H., Krishna, S., Warnaar, P.M.J., Van Delft, Y., & Chrysochoidis-Antsos, N. (2019). Innovations for Port of Den Helder Infrastructure following offshore wind developments. Project number 060.36211. TNO 2019 R11115, Final report. TNO PUBLIEK. https://portofdenhelder.nl/files/documents/TNO-2019-R11115.pdf (Erişim Tarihi: 19.03. 2021).

Cargobull. (10 Mart, 2021). www.cargobull.com (Erişim tarihi: 10.04.2021).

Chadwick, B.A., Bahr, H.M., & Albrecht, S.L. (1984). Social Science Research Methods. Prentice-Hall.

Cherbough Port. (2021). Port facilities and cross channel calls. https://www.port-cherbourg.fr/port-facilities-cross-channel-calls.php (Erişim Tarihi: 20.03.2021).

Christopher, M. (1998). Logistics and Supply Chain Management. Prentice Hall.

Clark, C. E., & DuPont, B. (2018). Reliability-based design optimization in offshore renewable energy systems. Renewable Sustainable Energy Review. 97. 390-400.

Coillte, (2021). Galway wind park projects. https://www.coillte.ie/our-business/our-projects/galway-wind-park/ (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Colmenar-santos, A., Perera-perez, J., Borge-diez, D., & DePalacio-Rodréguez, C. (2016). Offshore wind energy: A review of the current status, challenges and future development in Spain. Renewable Sustainable Energy Review. 64. 1-18.

Cometto Lifter. (2021). Blade lifters. https://www.cometto.com/technology/bladelifter/, (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Cooper, B. D., & Marrone, J. F. (2013). Port requirements to support offshore wind development in North America. Ports 2013: Success through Diversification. Proceedings of Ports '13: 13th Triennial International Conference (ss. 1473-1482).

COWI (2021). Study on Improvement Needs for Potential Turkish Ports Suitable for Support to OSW Development. Project No: A218021-006

DeCastro, M., Salvador, S., Gómez-Gesteira, M., Costoya, X., Carvalho, D., Sanz-Larruga, F.J., & Gimeno,

L. (2019). Europe, China and the United States: Three different approaches to the development of offshore wind energy. Renewable Sustainable Energy Review. 109. 55-70.

Denmark CSR Community. (2019). Aalborg industrial park. https://csr.dk/aalborg-havn-g%C3%B8r-klar-til-b%C3%A6redygtig-industripark (Erişim Tarihi: 20.04.2021).

Doll Transport. (2021). Self sterring trailer. https://www.doll.eu/en/products/heavy-haulage/self-steering-trailer/doll-wind-blade-transportation (Erişim Tarihi: 10.04.2021).

Dongre, A.R., Deshmukh, P.R., Kalaiselvan, G., & Upadhyaya, S. (2010). Application of qualitative methods in health research: An overview. Online Journal of Health and Allied Sciences. 8(4). 1-5.

Dörrbecker,M., (2019), Railway Map of Turkey. https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27deki_demiryolu_hatlar%C4%B1_listesi#/media/Dosya:Rail_transport_map_of_Turkey.png (Erişim Tarihi: 17.07.2021).

Dragados Offshore. (2021). Information materials. https://www.dragadosoffshore.com/HTML/index.php/information-materials.html#our-brochure (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

DSV Lojistik. (2021). 5 Mayıs 2021 tarihli DSV Lojistik mülakatı raporu.

Durakovic, A. (17 Nisan 2020). Port of Amsterdam to build offshore wind hub. https://www.offshorewind.biz/2020/04/17/port-of-amsterdam-to-build-offshore-wind-hub/ (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Dutchlanka Trailers. (2021). Trailer specificiations. https://www.dutchlankatrailers.lk/road_trailer_brocher.pdf (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Elibüyük, U., & Üçgül, İ. (2014). Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi (YEKARUM) e-Dergi. 2(3).

Elkinton, C., Blatiak, A., & Ameen, H. (2014). Assessment of ports for offshore port development in the United States. (No. 700694-USPO-R-03). Garrad Hassan America Inc.

EMO:Elektrik Mühendisleri Odası (2021). Türkiye Elektrik İstatistikleri Şubat 2021. https://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=88369 (Erişim Tarihi: 12.07.2021).

Enamorado, C. (2016). The role of ports in the offshore wind energy sector. https://blog.ferrovial.com/en/2016/03/ports-in-the-offshore-wind-energy-sector/

Enercon. (2021a). Enercon performance measurement application information. https://www.enercon.de/en/services/service/sip-mobile-app/ (Erişim Tarihi: 10.04.2021).

Enercon. (2021b). Enercon Türkiye Firma Bilgisi. https://www.enercon.com.tr/ (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Enercon. (2021c). 25 Mart 2021 Tarihli Enercon Rüzgâr Enerji Sistemleri Mülakatı Raporu.

Energy Technologies Institute (2015). Offshore Wind Floating Wind Technology An insights report by the Energy Technologies Institute.

Enerji Atlası. (2021a). Nordex Türkiye Firma Bilgisi. www.enerjiatlasi.com/ruzgar turbini/nordex/ (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Enerji Atlası. (2021b). Vestas Firma Bilgisi. www.enerjiatlasi.com (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Enerji Atlası. (2021c). Siemens Gamesa Firma Bilgisi. www.enerjiatlasi.com (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Envision. (2021). Envision Firma Bilgisi. https://www.envision-group.com/ (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

EPDK, (2021). Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu. http://epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-102/yillik-rapor-elektrik-piyasasi-gelisim-raporlari (Erişim Tarihi: 17.07.2021).

Equasis - Electronic quality shipping information system. (2021). www.equasis.org (Erişim tarihi:10.03.2021).

Erkeskin, T. (2021). Lojistik sektörü enerjiye güç katıyor. https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/12418/lojistik-sektoru-enerjiye-guc-katiyor (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

ESMAP. (2019). Going Global: Expanding Offshore Wind to Emerging Markets, Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). World Bank Group, Ekim 2019.

ESTA Transport Guide. (2013). Best practice guide for transport and installation of Onshore WTG Systems. ESTA Europe Office.

Esteban, M. D., López-Gutiérrez, J. S., & Negro, V. (2019). Gravity-based foundations in the offshore wind sector. Journal of Marine Science and Engineering, 7(3), 64.

ETKB. (2020). 2019-2023 Stratejik Planı. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Mayıs 2020.

ETKB. (2021). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bilgi merkezi elektrik tüketim projeksiyonları. https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik (Erişim Tarihi: 10.03.2021).

European Wind Energy Association. (2011). Wind in our Sails-The coming of Europe's offshore wind energy industry. EWEA.

Euroports. (2021). Euroports general cargo terminal GMBH (GCT). https://euroports.de/en/terminals/euroports-general-cargo-terminal-gmbh-gct/. (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

EWEA. (2009). "Employment in the Wind Energy Sector WIND ENERGY EMPLOYMENT IN EUROPE". Wind Facts Europe Project Report. Wind Europe Union. https://www.wind-energy-the-facts.org/employment-in-the-wind-energy-sector.html (Erişim Tarihi: 11.04.2021).

Faymonville. (2021). Blade lifters. https://www.faymonville.com/technology/bladelifter-the-blademax/ (Erişim tarihi: 10.04.2021).

FOWIND. (2016). Supply Chain, Port Infrastructure and Logistics Study. For Offshore Wind Farm Development in Gujarat and Tamil Nadu. Facilitating Offshore Wind in India Project Reports. Global Association Platform Hub. https://www.gwec.net/wp-content/uploads/vip/Fowind-study-report_29-06-2016_pages_JWG-update_v2.pdf (Erişim Tarihi: 15.05.2021).

Fryslan Wind Park. (2021). The wind farm, energy for 500,000 households. https://www.windparkfryslan.nl/the-wind-farm/ (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

G2ocean. (2021). www.g2ocean.com (Erişim tarihi:10.03.2021).

Gasch, R., & Twele, J. (2012). Wind Power Plants Fundamentals, Design, Construction and Operation. Second Edition. Springer-Verlag.

Gdansk Shipyard. (2021). About the group. https://gdanskshipyard.pl (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Gegez, A.E. (2010). Pazarlama Araştırmaları. (3. Baskı). Beta Yayınevi.

General Electric. (2021a). Global Firma Bilgisi (1). https://www.ge.com/renewableenergy/wind-energy (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

General Electric. (2021b). General Electric Global Firma Bilgisi (2). https://geturkiyeblog.com/denizlerin-yeni-hakimi-haliade-x-dunyanin-en-buyugu-olacak/ (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Gentles S.J., Charles C., Ploeg J., & McKibbon K.A. (2015). Sampling in qualitative research: Insights from an overview of the methods literature. The Qualitative Report. 20(11): 1772-1789.

Gillis, C. (2015). Logistics edge, American Shipper. https://www.freightwaves.com/news/logistics-edge (Erişim tarihi: 10.04.2021).

Global Wind Atlas. (2021). https://globalwindatlas.info/ (Erişim Tarihi: 12.05.2021).

Goldwind. (2021). Goldwind Firma Bilgisi. http://www.goldwindglobal.com/about/detail (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Google Haritalar. (2021). https://www.google.com.tr/maps/ (Erişim Tarihi: 20.04.2021).

Gögen, E., & Özcan, K.E. (2018). The effect of dolly suspension parameters to the European modular system vehicle combination. European Mechanical Science. 2(4). 128-132.

Green Port Hull. (2021a). Information about Green Port Hull. https://greenporthull.co.uk/about-green-port (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Green Port Hull. (2021b). News about green port sector. https://greenporthull.co.uk/news (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Green Port Hull. (2021c). Key sectors. https://greenporthull.co.uk/about-green-port/key-sectors (Erişim Tarihi: 16.03.2021)

Groningen Seaports. (2021). Offshore wind industry. https://www.groningen-seaports.com/en/industries/offshore-wind/ (Erişim Tarihi: 13.03.2021).

Güldoğan, F. (2011). RES'lerde kuleler ve değişik uygulamalar. İzmir 2. Rüzgâr Enerjisi Sempozyumu ve Sergisi. (23-24 Eylül 2011).

Gümrük Kanunu. (1999). T.C. Resmi Gazete. Gümrük Kanunu. 04.11.1999. Sayı: 23866, Başbakanlık Basımevi, Ankara.

Gümrük Yönetmeliği. (2009). T.C. Resmi Gazete. Gümrük Yönetmeliği. 07.10.2009. Sayı: 27369, Başbakanlık Basımevi.

Gümrük Yönetmeliği. (2009). T.C. Resmi Gazete. Gümrük Yönetmeliği 07.10.2009. Sayı: 27369, Başbakanlık Basımevi, Ankara.

GWEC. (2020). Global Offshore Wind Report 2020. Global Wind Energy Council.

GWEC. (2021). Global Wind Report 2021. Global Wind Energy Council. https://gwec.net/global-wind-report-2021/ (Erişim Tarihi: 15.07.2021).

Haizea Wind Group. (23 Mayıs, 2018). Haizea wind inaugurates at the port of Bilbao one of the largest wind tower and offshore foundation manufacturing plant in Europe. https://www.haizeawindgroup.com/haizea-wind-inaugurates-at-the-port-of-bilbao-one-of-the-largest-wind-tower-and-offshore-foundation-manufacturing-plant-in-europe/ (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

Handfield, R.B. (1999). Introduction to Supply Chain Management. Prentice-Hall.

He, Y., & Chen, X. (2009). Wind turbine generator systems. The supply chain in China: Status and problems. Renewable Energy, 34(12), 2892-2897.

Henriksson, A., & Davidsson, C. (2011). Development of a dolly trailer designing a dolly for large volume goods. Chalmers University of Technology.

IEA (2020) , Renewables 2020 Analysis and forecast to 2025. https://www.iea.org/reports/renewables-2020 (Erişim Tarihi: 07.07.2021).

ILO. (2011). Skills and occupational needs in renewable energy. International Labour Office.

International Transport Journal. (8 Ocak, 2019). Expansion work starts at Caen-Ouistreham port. International Transport Journal Web Magazine. https://www.transportjournal.com/en/home/news/artikeldetail/expansion-work-starts-at-caen-ouistreham-port.html (Erişim Tarihi: 22.03.2021).

Invest in Balıkesir. (2021). http://www.investinbalikesir.com/upload/Node/26807/xfiles/Enerji_2019.pdf (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

Ioannou, A., Vaienti, C., Angus, A., Brennan, F., & A Cluster Analysis of Investment Strategies in the Offshore Wind Energy Market. Proceedings of the 2017 6th International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP), Santa Margherita Ligure, İtalya, 27-29 Haziran 2017, 362-369.

IRENA. (2017). Renewable Energy Benefits: leveraging Local Capacity for Onshore Wind. International Renewable Energy Agency. https://www.irena.org/publications/2017/Jun/Renewable- Energy-Benefits-Leveraging-Local- Capacity-for-Onshore-Wind.

IRENA. (2019a). Renewable Energy: A Gender Perspective. International Renewable Energy Agency. https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jan/IRENA_Gender_perspective_2019.pdf.

IRENA. (2019b). Global energy transformation. a roadmap to 2050. International Renewable Energy Agency.

IRENA. (2020a). Renewable energy and jobs, annual review, International Renewable Energy Agency.

IRENA. (2020b). Renewable energy statistics 2020. International Renewable Energy Agency. https://www. irena.org/publications/2020/Jul/Renewable-energy-statistics-2020.

IRENA. (2020c). Global renewables outlook: energy transformation 2050. International Renewable Energy Agency. https://www. irena.org/publications/2020/Apr/ Global-Renewables-Outlook-2020.

IRENE (2019). Future of Wind, Deployment, Investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind (Erişim Tarihi: 28.06.2021).

İDÇ Limanı. (2021a). 3 Nisan 2021 tarihli İDÇ (İzmir Demir Çelik) Limanı mülakatı raporu.

İDÇ Limanı. (2021b). İDÇ liman işletmesi bilgileri. https://www.izdemir.com.tr/IdcLimanIsletmeleri.asp (Erişim Tarihi: 04.05.2021).

İlkkılıç, Z. (2016). Türkiye'de rüzgâr enerjisi ve rüzgâr enerji sistemlerinin gelişimi. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi. 6(2/2), 1-13.

İlya Denizcilik. (2021). 2 Mayıs 2021 tarihli İlya Denizcilik mülakatı raporu.

İSO. (2017). Çevre ve Enerji - Rüzgâr Enerjisi ve Rüzgâr Türbini Ekipmanlarına İlişkin Genel Bilgilendirme Notu. İstanbul Sanayi Odası Çevre ve Enerji Şubesi. https://www.iso.org.tr/Sites/1/upload/files/BILGI_WEB_RUZGAR_SEKTOR-7323.PDF (Erişim tarihi: 12.04.2021).

İZKA, (2021). İZKA 2021 Yılı Çalışma Programı. http://izka.org.tr/wp-content/uploads/pdf/izka-2021-calisma-programi.pdf (Erişim Tarihi: 17.07.2021).

İZKA. (2009). İ.E.Ü. Lojistik Yönetimi Bölümü (2009), İzmir'de Lojistik Sektörünün Mevcut Durumu ve Gelişme Potansiyelinin Analizi, İzmir Kalkınma Ajansı Projesi. https://docplayer.biz.tr/7976221-Izmir-de-lojistik-sektorunun-mevcut-durumu-ve-gelisme-potansiyelinin-analizi.html ((Erişim Tarihi: 17.07.2021).

İZKA. (2019). TCDD İzmir Alsancak Limanının Geçmişten Günümüze Bölge Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi- Nisan - Ekim 2019. İzmir Kalkınma Ajansı.

İZKA. (2020). Wind energy sector in İzmir - İzmir'de rüzgâr enerji sektörü. İzmir Kalkınma Ajansı.

İzmir Sürdürülebilir Eylem Planı, 2016. https://www.skb.gov.tr/wp-content/uploads/2017/01/Izmir-Buyuksehir-Belediyesi-Surdurulebilir-Enerji-Eylem-Plani.pdf (Erişim Tarihi: 17.07.2021).

Janetzko, A. (2013). Onshore ports at Euroports. http://files.webbuilder.hosteurope.de/hosteurope47288/file/vonderhafenlogistikzumfullservicenetworklogisticsprovider.pdf (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Junqueira, H., Robaina, M., Garrido, S., Godina, R., & Matias, J. C. (2021). Viability of creating an offshore wind energy cluster: A case study. Applied Sciences. 11(1). 308.

Kadir Has Üniversitesi, (2021). Rüzgâr Enerjisi Sertifika Programı. https://www.khas.edu.tr/tr/haberler/ruzgar-enerjisi-sertifika-programi, (Erişim tarihi: 22.10.2021).

Karabağ, S. (2011). Rüzgâr Türbini Kanadı İmalatı. [Konferans Sunumu]. İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi, 23-24 Aralık 2011.

Karayolları Genel Müdürlüğü. (2020). Trafik ve Ulaşım Bilgileri - 2019. T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü.

Karayolları Trafik Kanunu. (1983). T.C. Resmi Gazete. Karayolları Trafik Kanunu. 18.10.1983. Sayı:18195, Başbakanlık Basımevi, Ankara.

Karayolları Trafik Yönetmeliği. (1997). T.C. Resmi Gazete. Karayolları Trafik Yönetmeliği. 18.07.1997. Sayı:23053, Başbakanlık Basımevi.

Karayolu Taşıma Kanunu. (2003). T.C. Resmi Gazete. Karayolu Taşıma Kanunu. 19.07.2003. Sayı:25173, Başbakanlık Basımevi, Ankara.

Karayolu Taşıma Kanunu. (2003). T.C. Resmi Gazete. Karayolu Taşıma Kanunu. 19.07.2003. Sayı:25173, Başbakanlık Basımevi.

Kaya Training, (2021). Rüzgâr Türbinlerinde Yüksekte Çalışma Eğitimi. https://www.kayaconsulting.com/egitim/yuksekte-calisma-egitimleri/ruzg%C3%A2r-turbinlerinde-yuksekte-calisma-egitimi, (Erişim tarihi: 22.10.2021).

Keyser, D., & Tegen, S. (2019). The Wind Energy Workforce in the United States: Training, Hiring, and Future Needs. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A20-73908. https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/73908.pdf.

KGM Duyurular. (2021). Özel yük bildirimi. https://ozelyuk.kgm.gov.tr/OzelYukWEB/Sayfalar/Genel/GirisEdevlet.aspx

KHL Group Magazines. (17 Ekim, 2020). Rotor blade transport system: The smooth. https://www.khl.com/news/RBTS-smooths-the-way/1147543.article (Erişim tarihi: 10.03.2021).

Kompozit Sanayicileri Derneği. (2018). Composites Turkey. Sayı:20.

Kuzey Ege Otoyolu Genel Müdürlüğü. (10 Mart, 2021). https://www.kuzeyegeotoyolu.com/amac-ve-faydalar (Erişim tarihi: 10.03.2021).

Lacal-Arántegui, R., Yusta, J. M., & Domínguez-Navarro, J. A. (2018). Offshore wind installation: Analysing the evidence behind improvements in installation time. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 92(2018). 133-145.

Letcher, T. M., (2012). Wind Energy Engineering A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines. Elsevier Inc.

Liderlik Okulu, (2021). Rüzgâr Enerjisi Uzmanlığı ve Danışmanlığı Eğitimi. https://www.liderlikokulu.com.tr/category/ruzgar-enerjisi-uzmanligi-ve-danismanligi-egitimi/, (Erişim tarihi: 22.10.2021).

Liebherr Heavy Equipment. (2021). Mobile and Crawler Cranes. https://www.liebherr.com/en/tur/products/mobile-and-crawler-cranes/mobile-and-crawler-cranes.html (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Lindo Port of Odense (2016). Port of Odense & Lindo industrial park: facilities for offshore and heavy industries brochure. https://www.lpo.dk/wp-content/uploads/2016/05/Lindoe_Port_of_Odense_profilbrochure.pdf (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Lisnave Shipyard. (2021a). Shipyards. https://www.lisnaveinternacional.com/en/shipyards (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Lisnave Shipyard. (2021b). Layout. https://www.lisnave.pt/layout/ (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Lointek. (2021). Heavy industries settlement information related to Bilbao. http://www.lointek.com/en/heavy-industries/ (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

Losz, A., & Kopits, S. (2013). Assessment of vessel requirements for the U.S. offshore wind sector, U.S. offshore wind: Removing market barriers. A Douglas-Westwood Project Company Report.

Mack, N., Woodsong, C., Macqueen, K.M., Guest, G., & Namey, E. (2011). Qualitative Research Methods: A Data Collector's Field Guide. Family Health International.

- Mağdenli Lojistik. (2014). Mağdenli Logistic WTG Presentation.

Mammoet Equipment. (2021). Equipment specifications. https://www.mammoet.com/siteassets/equipment/transport/self-propelled-modular transporter/Mammoet_SPMT_brochure.pdf (Erişim Tarihi: 20.04.2021).

Marine Traffic. (10 Mart, 2021). www.marinetraffic.com (Erişim tarihi:10.03.2021).

Matha, D., Brons-Illig, C., Mitzlaff, A., & Scheffler, R. (2017). Fabrication and installation constraints for floating wind and implications on current infrastructure and design. Energy Procedia. 137. 299-306.

Milli Eğitim Bakanlığı. (2021). Birimlerimiz. http://mtegm.meb.gov.tr/kurumlar/?ara (Erişim Tarihi: 13.10.2021).

Mentzer, J.T., Daniel J.F., & Hult, T.M. (2001). Logistics service quality as a segment customized process. Journal of Marketing. 35: 82-104.

Merkezi Eğitim Kurumları, (2021). Rüzgâr Santrali Kurulum Bakım ve Onarımı Kursu. https://www.merkezkurslari.com/ruzgar-santrali-kurulum-bakim-ve-onarimi-kursu-meb-onayli.html, (Erişim tarihi: 22.10.2021).

MHI-Vestas. (2021). MHI-Vestas firma bilgisi. https://mhivestasoffshore.com/our-organisation/ (Erişim Tarihi: 10.04.2021).

Miceli, F. (26 Eylül, 2020). Wind farms construction. https://www.windfarmbop.com/tag/blade-transport/ (Erişim Tarihi: 11.04.2021).

Mulcan, A., Mitsova, D., Hindle, T., Hanson, H., & Coley, C. (2015). Marine benthic habitats and seabed suitability mapping for potential ocean current energy siting offshore southeast Florida. Journal of Marine

Science and Engineering. 3(2). 276-298.

Navantia Shipyard Group. (2018a). Fene Shipyard information. https://www.navantia.es/wp-content/uploads/2018/05/fene-shipyard.pdf (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Navantia Shipyard Group. (2018b). Puerto Real shipyard information. https://www.navantia.es/wp-content/uploads/2018/05/puerto-real-shipyard.pdf. (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Navantia Shipyard Group. (2021). About us. https://www.navantia.es/en/about-us/where-we-are/#ria-de-ferrol (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Nemport. (2021). Liman özellikleri. https://www.nemport.com.tr/liman-ozellikleri (Erişim Tarihi: 19.04.2021).

Nordex. (2020). Nordex SE Annual Report, 2020. https://www.nordex-online.com/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/nordex_gb2020_e_s.pdf (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Nordex. (2021). Nordex Türkiye Firma Bilgisi. www.nordex-online.com/en/turkey/ (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

NS Energy Magazine. (2021a). A wind farm project: Fecamp offshore wind farm. NS Energy Web Magazine. https://www.nsenergybusiness.com/projects/fecamp-offshore-wind-farm/ (Erişim Tarihi: 21.03.2021).

NS Energy Magazine. (2021b). A wind farm project: Courseulles-sur-mer offshore wind farm. NS Energy Web Magazine. https://www.nsenergybusiness.com/projects/courseulles-sur-mer-offshore-wind-farm/ (Erişim Tarihi: 21.03.2021).

NS Energy Magazine. (23 Şubat, 2017). LM wind power to build blade factory in Cherbourg, France. NS Energy Web Magazine. https://www.nsenergybusiness.com/news/newslm-wind-power-to-build-blade-factory-in-cherbourg-france-240217-5749126/ (Erişim Tarihi: 21.03.2021).

Nurbay N., & Çınar A. (2005). Rüzgâr Türbinlerinin Çeşitleri ve Türbinlerin Birbirleriyle Karşılaştırılması. 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Mersin, Türkiye, 19 - 21 Ekim 2005. (164-168).

Offshore Center Bornholm. (2021). Wind farm service hub. https://ocbornholm.com/en/wind-farm-service-hub/ (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

On Birinci Kalkınma Planı. (2019). 2019-2023 Dönemi 11. Kalkınma Planı. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Temmuz 2019.

Oral, E. Z. (2011). TCDD İzmir Alsancak Limanı İşletme Planının Hazırlanması Danışmanlık Raporu. TCDD.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi, (2021). Rüzgâr Enerjisi ve Rüzgâr Türbini Teknolojileri Temel Eğitimi. https://sem.metu.edu.tr/sinif/ruzgar-enerjisi-ve-ruzgar-turbini-teknolojileri-temel-egitimi5e53c90cc1222.html (Erişim tarihi: 22.10.2021)

Özcan, İ. Ç. (2021). Lojistik Sektörü Analiz Raporu ve Kılavuzu, TR31 Bölgesi (İzmir)

Özdilim, A. M. (2017). Türkiye'de Kurulabilecek Denizüstü Rüzgâr Santrallerinin Teknik ve Ekonomik Analiz. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi] Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tezi Yüksek Lisans Tezi Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Programı.

Özenç, B., & Nas Özen, E. (2020). Türkiye'de yenilenebilir enerjiyle beceri ve istihdam gelişimi - elektrik sektörünü karbonsuzlaştırmanın yan faydalarının analizi – Haziran 2020. Politikalar Merkezi.

Özsan Trailer. (2021). Lowbed nedir? https://www.ozsantreyler.com/tr/duyuru/lowbed-nedir-. (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Palinkas L.A., Horwitz S.M., Green C.A., Wisdom J.P., Duan N., & Hoagwood K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research, 42(5): 533-44.

Pantusa, D., & Tomasicchio, G. R. (2019). Large-scale offshore wind production in the Mediterranean Sea. Cogent Engineering. 6(1). 1661112.

PES. (2010). Wind and rails: America's small railroads deliver clean power and energy. Power And Energy Solutions Magazine (ss.35-37). http://www.

pes.eu.com/assets/misc/american-short-line-regional-railroad-associationpdf-53.pdf (Erişim tarihi: (10.04.2021).

Plechinger, M. (2 Mart, 2020). Siemens Gamesa future-proofs Danish blade factory. Energy Watch Web Magazine. https://energywatch.eu/EnergyNews/Renewables/article11977294.ece (Erişim Tarihi: 20.04.2021).

Pori Offshore Constructions. (2021). About us. https://www.porioc.com/company/ (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Port de Caen. (2021). Informacion de La Port de Caen. https://www.caen.port.fr/presentation/le-port-de-caen-1-1.html (Erişim Tarihi: 20.03.2021).

Port de Dieppe. (2021a). Port Services in Port of Dieppe. http://www.portdedieppe.fr/-A-port-service-tailored-to-your-needs-.html?lang=fr (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port de Dieppe. (2021b). Transport Projects. https://dieppe-le-treport.eoliennes-mer.fr/le-projet/le-projet-en-bref/ (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port Gdansk. (2021). Terminals and quays. https://www.portgdansk.pl/en/about-port/terminals-and-quays/ (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

Port of Aalborg. (2019). BLAEST expands by adding yet another test facility for wind turbine blades in Aalborg. https://portofaalborg.com/news/blaest-expands-by-adding-yet-another-test-facility-for-wind-turbine-blades-in-aalborg/ (Erişim Tarihi: 20.04.2021).

Port of Aalborg. (2021). Port plan and port information. www.portofaalborg.com (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port of Aalborg. (25 Mayıs, 2020). Erhvervspark på Østhavnen bliver central del af grøn satsning. https://portofaalborg.dk/nyheder/erhvervspark-pa-osthavnen-bliver-central-del-af-gron-satsning/ (Erişim Tarihi: 20.04.2021).

Port of Amsterdam. (2021). Offshore wind industry in Port of Amsterdam. https://www.portofamsterdam.com/en/business/cargo-flows/offshore/offshore-wind (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

Port of Bilbao. (2020). Annual Report 2019. https://www.bilbaoport.eus/en/the-port-authority/reports-publications/ (Erişim tarihi: 17.04.2021).

Port of Bilbao. (2021). Port docks and terminals. https://www.bilbaoport.eus/en/services/docks-and-terminals/ (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

Port Of Cromarty Firth. (22 Ocak, 2021). Port of Cromarty Firth agrees to partnership with global leader in floating offshore wind. https://www.pocf.co.uk/2021/01/22/port-of-cromarty-firth-agrees-to-partnership-with-global-leader-in-floating-offshore-wind/?ref=WindEurope (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Port of Den Helder. (2021a). Port of Den Helder settlement information. https://portofdenhelder.nl/ (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port of Den Helder. (2021b). Seaport Area Terminal Settlement: GIS dabase. https://portofdenhelder.nl/shipping/interactive-map-gis (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port of Esbjerg. (2015). A study on an intermodal terminal at the port of Esbjerg. http://archive.northsearegion.eu/files/repository/20150220175514_Intermodal-terminal-Esbjerg.pdf (Erişim Tarihi: 10.04.2021).

Port of Esbjerg. (2018). Port settlement plan. https://portesbjerg.dk/sites/default/files/2018-havne_afsnit_0.pdf (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port of Esbjerg. (2019). Cranes information. https://portesbjerg.com/sites/default/files/files/documents/2019_11_cranes_web.pdf (Erişim Tarihi:17.04.2021).

Port of Esbjerg. (2020). Port details and services. https://portesbjerg.dk/sites/default/files/files/documents/port_facilities_2020_a.pdf (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

Port of Esbjerg. (2021a). Renewable energy sector: wind. https://portesbjerg.dk/en/business-area/renewables (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port of Esbjerg. (2021b). Port facilities: oil, gas, offshore, and wind. https://portesbjerg.dk/en/port-facilities/oil-gas-offshore-wind (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port of Galway. (2021). Stevedoring services. https://theportofgalway.ie/stevedoring/ (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Port of Gdynia. (2021). Data related to Port of Gdinia. https://www.port.gdynia.pl/en/about-port/basic-data (Erişim Tarihi 13.03.2021).

Port of Grenaa. (2021). Support your business: one of Denmark's leading ports for wind turbine projects. http://viewer.webproof.com/pageflip/392/203581/files/Vind_UK.pdf (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

Port of Oostende. (2021a). Port of Oostende information. www.portofostende.be (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port of Oostende. (2021b). Heavy weight terminal information. https://www.portofoostende.be/en/rebo-heavy-weight-terminal (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port of Roenne. (2021). Port of Roenne settlement plan. https://portofroenne.com/ (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Port Strategy. (2018). Front and centre in project planning. https://www.portstrategy.com/news101/port-operations/cargo-handling/Front-and-centre-in-project-planning (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

Porter, A., & Phillips, S. (2016). Determining the infrastructure needs to support offshore floating wind and marine hydrokinetic facilities on the Pacific West Coast and Hawaii. US Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Pacific OCS Region. OCS Study BOEM 2016-011.

Primal, T. (5 Ocak, 2021). What Are the Benefits of Low Bed Trailers? https://www.kingpintrailers.ca/what-are-the-benefits-of-low-bed-trailers/ (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Prostean, G., Badea, A., Vasar, C., & Octavian, P. (2014). Risk variables in wind power supply chain. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 124. 124-132.

Ptr Finance. (2021). What is a dolly trailer? https://www.ptrfinance.com.au/articles/what-is-a-dolly-trailer, (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

PWEA. (2019). A report of the future of offshore wind in Poland. Poland Wind Energy Association. http://psew.pl/en/wp-content/uploads/sites/2/2019/08/The-future-of-offshore-wind-in-Poland-PWEA-report.pdf (Erişim Tarihi: 10.03.2021).

Quandt, M., Beinke, T., Ait-Alla, A., & Freitag, M. (2017). Simulation based investigation of the impact of information sharing on the offshore wind farm installation process. Journal of Renewable Energy. 2017. 1-11.

Ramírez, L., Fraile, D., Brindley, G., & Walsh, C. (2019). Offshore Wind in Europe: Key Trends and Statistics 2019; Wind TV: Brussels, Belgium; Volume 3.

Rawson, A., & Rogers, E. (2015). Assessing the impacts to vessel traffic from offshore wind farms in the Thames Estuary. Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. 43:(115).

REBO. (2019). REBO Offshore Wind Terminal Installation, October 2019 Edition. https://www.portofoostende.be/sites/default/files/2020-12/REBO_folder_offshore-wind_V2019-10.pdf (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

REN21 Renewables. (2021a). Renewables report 2021. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf (Erişim Tarihi: 20.04.2021)

REN21 Renewables. (2021b). https://renewablesnow,-com/news/vestas-wins-order-for-122-mw-french-wind-project-745259/ (Erişim Tarihi: 17.07.2021).

Reve News. (2021). MHI-Vestas selects the port of Roenne for assebly and shipment activity. EVwind Web Magazine. https://www.evwind.es/2020/01/08/mhi-vestas-selects-port-of-roenne-for-pre-assembly-and-shipment-activities/72979 (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

Robson, C. (2002). Real world research: a resource for social scientists and practitioner researchers (2nd ed.). Oxford Press.

RWE. (2021). Offshore wind farm: Humber Gateway. https://uk-ireland.rwe.com/locations/humber-gateway-offshore-wind-farm (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Sahin, A. D. (2004). Progress and recent trends in wind energy. Progress in Energy and Combustion Science, 30, 501-543.

Sainz, J.A. (2015). New wind turbine manufacturing techniques. Procedia Engineering. 132. 880-886.

SAP Ariba. (2021). SAP Ariba network system information. https://www.ariba.com/ariba-network/ariba-network-for-suppliers (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). Research Methods for Business Students (5. Baskı) Pearson Publications.

Scheuerle. (2021a). Wind industry rotor blade transportation systems. https://www.scheuerle.com/products/wind-industry/rotor-blade-transport-system-rbts.html (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Scheuerle. (2021b). Wind industry products. https://www.scheuerle.com/products/wind-industry/spmt.html (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

Scottish Energy Ports Capability Directory. (2021). Port of Cromarty Firth / Invergordon: Quayside facilities. https://energy.scottishports.org.uk/ports/port-of-cromarty-firth? (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Senvion. (2021). Senvion Firma Bilgisi. https://www.siemensgamesa.com/products-and-services/service-wind/senvion-services (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Sharpley, N. (13 Nisan, 2015). Nacelles how are they manufactured? https://www.windpowerengineering.com/how-is-a-nacelle-manufactured/ (Erişim tarihi: 12.04.2021).

Siemens Gamesa. (2021a). Wind sector service information. https://www.siemensgamesa.com/products-and-services/service-wind (Erişim Tarihi: 11.04.2021).

Siemens Gamesa. (2021b). Siemens Gamesa and SAP ariba cooperation network information. https://www.siemensgamesa.com/en-int/sustainability/suppliers/ariba strategic-sourcing (Erişim Tarihi: 11.04.2021).

Siemens Gamesa. (2021c). Siemens Gamesa Firma Bilgisi. https://www.siemensgamesa.com/en-int/products-and-services/offshore (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Silva, C. A. S., Matias, S., Mafra, C., Sim-Sim, F., Estaqueiro, A., Simões, T., & Cardoso, A. (2011). Roadmap para as energias renováveis offshore em Portugal. LNEG/UESEO, Lizbon.

Sino Trailers. (2021). What is self modular transporters? https://www.sinotrailers.com/spmt-self-propelled-modular-transporters/#What_is_the_SPMT (Erişim Tarihi: 09.04.2021).

Sinovel. (2021). Sinovel Global Firma Bilgisi. http://www.sinovel.com/english/about/?30.html (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Skopljack, N. (2020). Port of Esbjerg getting euro 135 million investment for offshore wind facilities. Offshore Wind Business Web Magazine. https://www.offshorewind.biz/2020/05/14/port-of-esbjerg-getting-eur-134-million-investment-for-offshore-wind-facilities (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

SOCAR Terminal. (2021). www.socarterminal.com (Erişim Tarihi: 03.05.2021).

SSE Renewables. (2021). Galway wind park information. https://www.sserenewables.com/onshore-wind/ireland/galway-wind-park/ (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

Stubbe, W. (2017). Home for blue growth. Harbours Review. 1. 74-77.

Suzlon. (2021). Suzlon Firma Bilgisi. https://www.suzlon.com/ (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

TCDD Taşımacılık Hizmetleri,(2021). https://www.tcddtasimacilik.gov.tr/lojistik/yurtici-yuk-tasimaciligi/ (Erişim Tarihi: 17.07.2021).

TEİAŞ. (2021). Türkiye elektrik iletim ve tüketim istatistikleri. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri, (Erişim Tarihi: 04.03.2021).

Tek, Ö.B., & Karaduman, İ. (2012). "Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi". Lojistik Yönetimi. (ss.86-145). Ekonomi Yayınları.

Temiz Enerji. (2020). Türkiye'nin güneş ve rüzgâr enerjisinde istihdam gücü. https://temizenerji.org/2020/09/25/turkiyenin-gunes-ve-ruzgar-enerjisinde-istihdam-gucu-ne/, (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

TETHYS. (2021 February 24). Galway Bay Test Site. https://tethys.pnnl.gov/project-sites/galway-bay-test-site (Erişim Tarihi: 19.03.2021).

The Maritime Executive. (2021). UK invests in two new ports for offshore wind component manufacturing. https://www.maritime-executive.com/

article/uk-invests-in-two-new-ports-for-offshore-wind-component-manufacturing (Erişim Tarihi: 17.04.2021).

Thennarasu, A., & Muralidharan M.R., (2012). Transportation Excellence for Wind Turbine Nacelle. [Yayınlanmamış Doktora Tezi] Stockholm Royal Institute of Technology (KTH).

Thomsen, K. E. (2014). A Comprehensive Guide to Successful Offshore Wind Farm Installation. (2. Baskı) Elsevier Inc.

TMC Lojistik. (2021). Low bed taşımacılığı. http://www.tmclojistik.com.tr/lowbed-tasimaciligi.php, (Erişim Tarihi: 09.03.2021).

TMMOB. (2014). Enerji ekipmanları yerli üretimi durum değerlendirmesi ve öneriler - Ekim 2014. TMMOB Makine Mühendisleri Odası. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/2519fa061ea2e00_ek_0.pdf

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, (2021). Rüzgâr Enerjisi Sistemleri Tesisatı Eğitimi. https://www.emo.org.tr/misem/egitimler_detay.php?egitimkod=557, (Erişim tarihi: 22.10.2021),

TMMOB Makina Mühendisleri Odası, (2021). Rüzgâr Enerjisi Santrali Eğitimi. https://makina.mmo.org.tr/egitim/4857, (Erişim tarihi: 22.10.2021).

TPI Kompozit. (2021). TPI kompozit tedarikçi portalı. https://www.tpicomposites.com/suppliers/supplier-portal/ (Erişim Tarihi: 22.03.2021).

Trojmiasto. (2021). Poland Tricity area in GIS map. https://mapa.trojmiasto.pl/#/search/gsg%20/map/-23.64,161.88,4,o,0;24;37 (Erişim Tarihi: 20.05.2021).

TSKB. (2020). Enerji Görünümü 2020 Raporu. TSKB Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. Kasım 2020.

Tuna, O., & Arabelen, G. (2016). "Deniz Ulaştırma Lojistiği". (Edt. A. G. Cerit, A. Deveci and S. Esmer), Denizcilik İşlermeleri Yönetimi. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

TÜBA. (2019). Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Raporu - Haziran 2019. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

TÜREB. (2016). Türeb RES İstatistik Raporu Haziran-Temmuz-Ağustos 2016. TÜREB. (Erişim tarihi: 04.10.2021).

TÜREB. (2021a). Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu - Ocak 2021. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği.

TÜREB. (2021b). Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği Veri Tabanı. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği. www.tureb.com.tr (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

TÜRKLİM. (2021). Üye Limanlar. https://www.turklim.org/uye-limanlar/ (Erişim Tarihi: 19.04.2021).

UPİ 2030. (2019). İZMİR ULAŞIM ANA PLANI, 2019. https://melesyarisma.izmir.bel.tr/CKYuklenen/2-6.pdf (Erişim Tarihi: 17.07.2021).

UTA Lojistik. (2012). Türeb başkanı Mustafa Serdar Ataseven: Rüzgâr enerjisi ve lojistik sektörü kol kola büyüyor. https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/10103/tureb-baskani-mustafa-serdar-ataseven:-ruzgar-enerjisi-ve-lojistik-sektoru-kol-kola-buyuyor- (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

UTA Lojistik. (2018). Yuvarlak masa toplantısı: proje & ağır yük ve enerji lojistiği. https://www.utikad.org.tr/Detay/Sektor-Haberleri/17854/yuvarlak-masa-toplantisi:-proje-agir-yuk-ve-enerji-lojistigi (Erişim Tarihi: 18.03.2021).

UTA Lojistik. (2021). "Enercon'un rüzgârı lojistiği de hareketlendiriyor." UTA Lojistik Dergisi. 27(3). https://www.lojistikhatti.com/haber/2021/03/enerconun-ruzgari-lojistigi-de-hareketlendiriyor (Erişim Tarihi: 01.04.2021).

Vestas. (2005). Transport Manual 2005. Vestas Manuals.

Vestas. (2010). 0006-4198-V00, Road crane pad and hardstand specification for vestas turbines. Vestas Manuals.

Vestas. (2019a). 0014-4545 V09, Storage of blades in CBF. Vestas Manuals.

Vestas. (2019b). 0014-8135 V10, Transport of blades by vessel. Vestas Manuals

Vestas. (2019c). 0043-7184 V07, transport of blade with goldhofer lifter. Vestas Manuals.

Vestas. (2020). 0010-6565 V18, Handling of blades in CBF frames. Vestas Manuals.

Vestas. (2021a). Vestas equipment specification brochures. https://www.vestas.com/en/media/brochures#!grid_0_content_2_Container (Erişim Tarihi: 10.04.2021).

Vestas. (2021b). Vestas digital services information. https://www.vestas.com/en/services/digital-services#!vestas-online (Erişim Tarihi: 10.04.2021).

Vestas. (2021c). 21 Ocak 2021 Tarihli Vestas Rüzgâr Enerji Sistemleri Mülakatı Raporu.

Vestas. (2021d). Firma bilgisi. https://www.vestas.com/en/about/profile#!company-profile (Erişim Tarihi: 23.04.2021).

Vis, I. F., & Ursavas, E. (2016). Assessment approaches to logistics for offshore wind energy installation. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 14(2016), 80-91.

Wadden Seaports. (2021). Port of Eemshaven information. https://waddenseaports.com/ports/eemshaven/ (Erişim Tarihi: 13.03.2021).

Windbaba, (2021). Rüzgâr Enerjisi Çevrim İçi Eğitim Sistemi. https://www.windbaba.com.tr/welcome?gclid=CjwKCAjwn8SLBhAyEiwAHNTJbSbsmOUCH9G_Bj8e-nswsxM-liZ2tU9lYrfjli1AvSYPpKYMKWdrsBoCWWMQAvD_BwE, (Erişim tarihi: 22.10.2021).

WFO. (2020). Global Offshore Wind Report 2019. World Forum Offshore Wind.

Wilkes, J., & Moccia, J. (2013). Wind in Power 2012 European Statistics; EWEA: Brüksel, Belçika.

Wind Europe Community. (2017a). A statement from the offshore wind ports. https://windeurope.org/about-wind/reports/a-statement-from-the-offshore-wind-ports/ (17.04.2021).

Wind Europe Community. (2017b). Wind energy in Europe: Scenarios for 2030. https://windeurope.org/about-wind/reports/wind-energy-in-europe-scenarios-for-2030/#:~:text=According%20to%20WindEurope's%20Central%20Scenario,onshore%20and%2070%20GW%20offshore.&text=With%20this%20capacity%2C%20wind%20energy,of%20the%20EU's%20power%20demand (Erişim Tarihi: 10.07.2021).

Wind Europe Community. (2020). 2020 Statistics and the outlook for 2021-2025. https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-in-2020-trends-and-statistics/ (Erişim Tarihi: 10.07.2021).

Wind Europe Community. (2021a). 2020 Success stories: Port of Cromarty Firth. https://windeurope.org/2020successes/pocf/ (Erişim Tarihi: 16.03.2021).

Wind Europe Community. (2021b). Offshore Wind in Europe - Key trends and statistics 2020. WindEurope February 2021.

Wind Europe Community. (2021c). A 2030 Vision for European Offshore Wind Ports. https://windeurope.org/intelligence-platform/product/a-2030-vision-for-european-offshore-wind-ports-future-trends-and-opportunities/#:~:text=Europe's%20ports%20need%20to%20invest,and%20society%20as%20a%20whole. (Erişim Tarihi: 05.07.2021).

World Bank. (2019). Going global-expanding offshore wind to emerging markets report. https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/716891572457609829/going-global-expanding-offshore-wind-to-emerging-markets (Erişim Tarihi: 03.05.2021).

World Port Source. (2021). Port of Izmir. http://www.worldportsource.com/ports/review/TUR_Port_of_Izmir_2061.php (Erişim Tarihi: 28.04.2021).

WWEA, (2021a). World Wind Energy Association Statistics 2021. https://wwindea.org/worldwide-wind-capacity-reaches-744-gigawatts/ (Erişim Tarihi: 15.07.2021).

WWEA, (2021b). World Wind Energy Association Interactive Statistics 2021.https://library.wwindea.org/ (Erişim Tarihi: 15.07.2021).

Wynn, G. (2017). IEEFA Update: Netherlands, in New Program to Close All Coal-Fired Generation by 2030, Sends European Energy Markets a Sharp Signal. Institute for Energy Economics and Financial Analysis. https://ieefa.org/ieefa-update-netherlands-new-program-close-coal-fired-generation-2030-sends-european-energy-markets-sharp-signal/ (Erişim Tarihi: 13.03.2021).

Yalçın, T. (2017). T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü İzmir Limanı. https://denizcilik.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2017/01/Turan-Yalc%CC%A7%C4%B1n-Sunum.pdf (Erişim Tarihi: 03.05.2021).

Yayla, N. (2013). Karayolu Mühendisliği. Birsen Yayınevi.

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2003). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. Seçkin Yayınları.

İZMİR KALKINMA AJANSI

Megapol Çarşı Kule, Halkapınar Mahallesi,
1203/11. Sk. No: 5-7, Kat: 19, 35170 Konak/İzmir

T. +90 232 489 81 81 F. +90 232 489 85 05

www.izka.org.tr

Kalkınma Ajansları Yayınları Bedelsizdir, Satılamaz