DENİZÜSTÜ RÜZGAR ELEKTRİK SANTRALLARI

TÜRKİYE YOL HARİTASI

Hazırlayanlar:
Dr Murat DURAK
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı)

Yük. Müh. Bilgihan Yaşacan
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Bşk. Yrd.)

Yük. Müh. Dolunay Güçlüer Küpeli
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Bşk. Yrd.)

Yük. Müh. Ersin Şekerci
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Üyesi)

Yük. Müh. Alper Kalaycı
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Üyesi)

Ocak 2024

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

DENİZÜSTÜ RÜZGAR ELEKTRİK SANTRALLARI

SANAYİ YOL HARİTASI

Hazırlayanlar:
Dr Murat DURAK
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı)

Yük. Müh. Bilgihan Yaşacan
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Bşk. Yrd.)

Yük. Müh. Dolunay Güçlüer Küpeli
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Bşk. Yrd.)

Yük. Müh. Ersin Şekerci
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Üyesi)

Yük. Müh. Alper Kalaycı
(Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Üyesi)

Ocak 2024

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

ÖNSÖZ

Bu yol haritası, ülkemizde denizüstü rüzgar enerjisi sektörünün geliştirilebilmesi için hazırlanmıştır.

Raporun Hazırlanmasında katkıları bulunan;

Bordo Denizcilik - Bordo Group Ltd Kurucusu Sn. Bayram Hamamcı'ya
Cemre Tersanesi Yönetim Kurulu Başkanı Sn Orhan Gülcek'e
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan Sn Nihar Kılıç, Sn Serpil Durak ve Sn Gamze Kılıç Demirvuran'a
DenAr Ocean Engineering Services SA Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Mustafa Özyalvaç'a
Doğu Marmara Kalkınma Ajansı'ndan Sn Naciye Benginur Uygun'a
Dünya Bankası Uzmanları Sn Yasemin Örücü ve Sn Özgür Sarhan'a
Enerji Sanayicileri & İş İnsanları Derneği - ENSİA Başkanı Sn. Alper Kalaycı'ya
Germak Şirketler Grubu'ndan Sn Orçun Balbaş'a
Gemi İnşa Sanayicileri Birliği'ne (GİSBİR)
Gimas Girgin Makina Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Bekir Girgin'e
Güney Marmara Kalkınma Ajansından Sn Ali Koç ve Volkan Duman'a
İstanbul Technical University'den Prof Dr Sn. Ahmet Duran Şahin'e
İzmir Kalkınma Ajansı'ndan Sn Sencer Özen, Sn Hülya Ulusoy Sungur, Sn H.I. Murat Murat Çelik ve Sn Sena Gürsoy'a
İzmir Yüksek Teknoloji Ensititüsü Bergüzar Özbahçeci'ye
Kuzey Insurance & Reinsurance Brokers Kurucusu Sn Emin Yaşacan'a
Meteoroloji Mühendisleri Odası Başkanı Sn Fırat Çukurçayır'a
Navtek Naval Technologies Inc. Genel Müdürü Sn. Ferhat Acuner'e
Profinstance® Advisory & Training Services Inc. CEO'su Sn Özlem Kıldır'a
Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nden Sn Ufuk Sabancılar'a
TEKSİS İleri Teknolojiler Kurucu Müdürü Sn. Hüseyin Devrim'e
Tersan Shipyard'ın Değerli Ekibine
Yeşil Yakalı Kadınlar Derneği Kurucu Başkanı Sn. Sedef Budak'a

Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED) Yönetim Kurulu Üyeleri

Sn. Dr Murat Durak'a
Sn. Alper Kalaycı'ya
Sn. Veli Bilgihan Yaşacan'a
Sn. Dolunay Güçlüer Küpeli'ye
Sn. Ersin Sekerci'ye
Sn. Ahmet T. Paksu'ya

ve Değerli Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED) Üyelerimize

şükranlarımızı sunuyoruz.

Ocak 2024
Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği
Yönetim Kurulu

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ……...……v
İÇİNDEKİLER……vii
KISALTMALAR…….. xiii
YÖNETİCİ ÖZETİ…….. xv

1. GİRİŞ…… 1
1.1. Denizüstü RES: Doğru Bilinen Yanlışlar 1

2. DENİZÜSTÜ RES VE İKLİM DEĞİŞİMİ 3
2.1. Paris Anlaşması Hedefleri ve Yenilenebilir Enerji Sektörü..... 4

3. DÜNYA DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ PİYASASI 7
3.1. Avrupa Ülkeleri 7
3.1.1. Avrupa Ülkeleri Genel Bakış..... 7
3.1.2. Rüzgar Türbini Ünite Kurulu Güçler 10
3.1.3. İhaleler 10
3.1.4. Avrupa Ülkeleri Toplam RES Kapasitesi 10
3.2. Dünyada Denizüstü RES 2022 Yılı Sonu Durumu 12
3.3. Dünyada 2030 Yılına Kadar Olan Kapasite Projeksiyonu..... 13
3.3.1. Avrupa 2030 Yılına Kadar Olan Kapasite Projeksiyonu 13
3.3.2. Asya Ülkeleri 2030 Yılına Kadar Olan Kapasite Projeksiyonu 14
3.3.3. Kuzey Amerika 2030 Yılına Kadar Olan Kapasite Projeksiyonu 14
3.2.4. Tüm Dünya Ülkelerindeki DRES 2030 Kapasite Projeksiyonu 14
3.4. Yüzer (Floating) Temelli Projeler..... 15
3.5. Denizüstü Rüzgar Türbin Piyasası..... 17

4. BAZI ÜLKELERİN DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİ MEVZUATI..... 19
4.1. Almanya..... 19
4.2. Amerika Birleşik Devletleri..... 21
4.3. Belçika 22
4.4. Çin 23
4.5. Danimarka 25
4.6. Fransa 27
4.7. Hollanda..... 28
4.8. İngiltere..... 29
4.9. Polonya 32
4.10. Tayvan 33
4.11. Güney Kore..... 34
4.12. Hindistan..... 35
4.13. Vietnam 35
4.14. İncelenen Ülkeler DRES Kurulu Güç ve Hedefleri 36

5. DENİZÜSTÜ RES KAZANILAN TECRÜBELER..... 37
5.1. OWEZ Denizüstü RES (Hollanda) 37
5.2. Gemini DRES (Hollanda)..... 42
5.3. Thornton Bank DRES (Belçika) 43
5.4. Borkum West DRES (Almanya)..... 46
5.5. Budentiek DRES (Almanya) 48
5.6. Greater Gabbard DRES (İngiltere) 50
5.7. Scroby Sands DRES (İngiltere) 51

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

5.8. Horns Rev DRES (Danimarka) ... 54
5.9. Nysted DRES Projesi (Danimarka) ... 58
5.10. Middelgeunden DRES Projesi (Danimarka) ... 60
5.11. Kazanılan Tecrübeler ... 61

6. DENİZÜSTÜ RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL TEKNOLOJİSİ ... 63
6.1. Denizüstü Rüzgar Türbini (DRT) ... 65
6.2. Denizüstü Rüzgar Türbini Temel Tasarımı ... 67
6.3. Yüzer (Floating) Temeller ... 68
6.4. Denizüstü RES Elektrik Sistemi ... 70
6.5. Denizaltı Türbinler Arası Kablolama (Inter Array Cables) ... 71
6.6. Denizüstü Şalt Sahası ... 71
6.7. Denizaltı Enerji Nakil Hattı (Export Cable) ... 72
6.8. Karaüstü Enerji Nakil Hattı (ENH) ... 73

7. DENİZÜSTÜ RES POTANSİYEL ALANLAR VE DİKKAT EDİLMESİ GEREKLİ HUSUSLAR ... 75
7.1. Ülkemizin Denizüstü Rüzgar Enerji Potansiyeli ... 75
7.2. Şebeke Bağlantı Olanakları ... 77
7.3. Deniz Derinliği ... 77
7.4. Kıyıya Uzaklık ... 77
7.5. Nüfus Yoğunluğu ... 77
7.6. Deniz Tabanı (Seabed) Koşulları ... 77
7.7. Deniz Tabanı Zemin Özellikleri ... 78
7.8. Meteorolojik ve Oşinoğrafik İnceleme ... 78
7.9. Gemi Trafiği ... 78
7.10. Gemi Bekleme Park Bölgeleri ... 79
7.11. Limanlara Yakınlık ... 80
7.12. Koruma Alanları ... 80
7.13. Tabiat Parkları ... 81
7.14. Su Altı Kültür ve Tabiat Varlıkları ... 81
7.15. Kuş Göç Yoları ... 81
7.16. Çevresel Kriterler ... 82
7.17. Görüntü ve Gürültü Kirliliği ... 82
7.18. Deniz Ekosisteminin Korunması ... 83
7.19. Yoğun Balıkçılık Alanları ... 83
7.20. Balık Çiftlikleri ... 84
7.21. Kabuklu Deniz Hayvanları Yatağı ... 84
7.22. Turizm Bölgeleri ... 85
7.23. Su Sporları ve Sörf Alanları ... 85
7.24. Denizaltı Kablolar ... 85
7.25. Denizaltı Boru Hatları ... 86
7.26. Deprem ve Aktif Fay Hatları ... 86
7.27. Gemi Batıkları ... 86
7.28. Dalışa Yasak Bölgeler ... 86
7.29. DRES ve Uçuş Güvenliği ... 86
7.30. DRES ve Teknik Etkileşim Analizi (TEA) ... 86
7.31. Kısa Sahanlığı ... 87
7.32. Askeri Yasak Bölgeler ... 87
7.33 Askeri Eğitim, Tatbikat ve Atış Sahaları ... 87
7.34. Meteorolojik Şamandıralar ... 88
7.35. Kıyı Emniyetine Ait Şamandıralar ... 88
7.36. Fenerler, Sis İşaretleri (Seyir Yardımcıları) ... 89
7.37. Denizde Yüzen Yabancı Cisimler ... 89
7.38 Askeri Mayınlar ... 89
7.39. Deniz Dalgaları ve Akıntılar ... 90

8. ÜLKEMİZDE DENİZÜSTÜ RES ALTYAPISI ... 91
8.1. Elektrik İletim Altyapısı ... 91

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

8.2. Denizüstü RES Proje Limanları ... 92
8.3. Liman Uygunluğuna İlişkin Kriterler ... 98
8.3.1. Liman Bağlantıları ... 98
8.3.2. Limanın Fiziki Özellikleri ... 99
8.3.3. Liman Tasarımı ... 100
8.4. Avrupadaki Bazı DRES Limanları ... 101
8.4.1. Esbjerg Limanı (Danimarka) ... 101
8.4.2. Bremerhaven Limanı (Almanya) ... 103
8.4.3. Eemshaven Limanı (Hollanda) ... 104
8.5. Ülkemizdeki DRES Aday Limanlar ... 107
8.6. DRES Projelerinde Kullanılan Gemiler ... 107
8.6.1. DRES Araştırma Gemisi (Survey Vessel) ... 107
8.6.2. Personel Ulaştırma Gemisi (Staff Transportation Vessel/Barge) ... 109
8.6.3. Römorkor Gemi (Anchor Handling Tug) ... 109
8.6.4. Denizaltı Kablo Serme Gemisi (Cable Laying Vessel) ... 109
8.6.5. Çakıl/Taş Döküm Araştırma Gemisi (Rock Dump Vessel) ... 109
8.6.6. DRT Nakliye Gemisi (Transportation Vessel) ... 110
8.6.7. DRES Montaj Gemisi (Jack Up Vessel) ... 110
8.6.8. DRES Bakım Gemisi (Maintenance Vessel) ... 113
8.7. Tersane Sektörü ... 113
8.8. Denizcilik Sektörü ... 114

9. DENİZÜSTÜ RES EKİPMAN ÜRETİMİ ... 115
9.1. Denizüstü RT Üretimi ... 115
9.2. DRT Temel Üretimi ... 115
9.3. Denizüstü RES Şalt Sahası ... 117
9.4. Denizüstü RES Kablo Üretimi ... 118
9.5. Ülkemizde Karaüstü RES Ekipman Üretimi ... 119

10. DENİZÜSTÜ RES DEMONTAJI ... 121

11. DENİZÜSTÜ RES PROJELERİNİN ÜLKEMİZE KATKISI ... 123
11.1. İstihdama Katkısı ... 123
11.2. İklim Değişimi İle Mücadeleye Katkısı ... 124
11.3. Baz Yük Olarak Kullanılabilmesi ... 124
11.4. İletim Şebekesinin Güçlendirilmesine Katkısı ... 124
11.5. Büyük ve Önemli Şehirlerin Elektrifikasyonuna Katkısı ... 124
11.6. Enerji Kaynak Çeşitliliğine Katkısı ... 125
11.7. Denizcilik Sektörüne Katkısı ... 125
11.8. Limanlarımızın Gelişimine Katkısı ... 125
11.9. Tersanelerimizin Gelişimine Katkısı ... 125
11.10. Deniz İnşaat Sektörümüzün Gelişimine Katkısı ... 124
11.11. Elektromekanik Üretim Tedarik Zincirine Katkısı ... 126
11.12. Gemi Üretim Tedarik Zincirine Katkısı ... 126
11.13. Yeşil Hidrojen Üretimi, İletimi Sürecine Katkısı ... 126
11.14. Power-to-X Sürecine Katkısı ... 130
11.15. Kıta Sahanlığı ve Münhasır Ekonomik Bölge Kullanımı ... 130
11.16. Enerji Adalarının Oluşumuna Katkısı ... 133
11.17. Kamu Maliyesi İçin Ek Gelir Kaynağı ... 133
11.18. Diğer Ülkelere Fırsatlar ... 133

12. DENİZÜSTÜ RES ÜLKEMİZDEKİ FARKINDALIK ÇALIŞMALARI . 135
12.1. Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama Kitabı ... 135
12.2. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ... 135
12.3. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED) ... 135
12.3.1. Kamu Kurumlarına Eğitim Düzenlenmesi ... 136
12.3.2. Kamu Kurumları İle Çalıştay Düzenlenmesi ... 136
12.3.3. Karadeniz Ülkeleri Denizüstü Rüzgar Enerjisi Federasyonu ... 137
12.3.4. Yeşil Deniz Endüstrisi AR&GE, Eğitim ve Test Merkezi ... 137

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

12.3.5. Düzenlenen & Katılım Sağlanan Webinarlar ... 137
12.3.6. Fuar, Konferans, Sempozyum Katılımları ... 139
12.3.7. Deniz Enerji Teknolojileri Fuarı ve Konferansı (MARENTECH EXPO) ... 140
12.3.8. Yurtdışı Katılım Sağlanan Etkinlikler ... 141
12.3.9. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritasının Hazırlanması ... 142
12.3.10. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Sanayi Envanteri Hazırlanması ... 142
12.4. Enerji Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (ENSİA) ... 142
12.5. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB) ... 142
12.6. Yeşil Yakalı Kadınlar Derneği (YEYKAD) ... 143
12.7. İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) ... 143
12.8. Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA) ... 144
12.9. Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği (GİSBİR) ... 145
12.10. Dünya Bankası (World Bank) Yol Haritası Çalışmaları ... 145

13. ÜLKEMİZDE DENİZÜSTÜ RES YASAL DURUM ... 147
13.1. Denizüstü RES Mevzuat İnceleme ... 147
13.2. Denizüstü RES Elektrik Tarifesi ... 148
13.3. Denizüstü RES Çevre Analizi ... 149
13.4. Türkiye Ulusal Enerji Planı ... 149
13.5. Denizüstü RES Aday YEKA Sahaları ... 149

14. DRES İZİN VE ONAY SÜREÇLERİNİN HIZLANDIRILMASI ... 151
14.1. Merkezi İzin Modeli ... 151
14.2. Desentralize İzin Modeli ... 151
14.3. Hibrid İzin Analizi ... 151
14.4. Deniz Mekansal Planları (DMP) ... 152
14.5. Denizüstü RT Montaj İzinleri ... 153
14.6. İzin Süreçleri İçin Öneriler ... 154

15. DENİZÜSTÜ RES YATIRIM TUTARLARI VE FİNANSMAN ... 157
15.1. Denzüstü RES Yatırım Maliyeti ... 157
15.2. Denzüstü RES Projeleri Finansmanı ... 160

16. DENİZÜSTÜ RES SANAYİ YOL HARİTASI ... 165
16.1. DRES 2030, 2040 ve 2050 Yılına Kadar Kurulu Güç Hedef Konulması ... 165
16.2. Deniz Mekansal Planlarının Hazırlanması ... 165
16.3. Deniz Tabanının (Sea bed) Tahsisinin Yapılması ... 166
16.4. DRES İçin Elektrik Bağlantı Kapasitesi ... 167
16.5. Meteorolojik ve Oşinoğrafik Ölçümlerin Yapılması ... 167
16.6. Meteorolojik ve Oşinoğrafik Çalışmaların Yapılması ... 167
16.7. Denizaltı Jeoteknik ve Jeolojik Çalışmaların Yapılması ... 167
16.8. Denizüstü RES Projelerinin ÇED Sürecinin Başlatılması ... 167
16.9. İzin Süreçlerinin Kolaylaştırılması ... 167
16.10. Finansman Modellerinin Belirlenmesi ... 167
16.11. Elektromekanik Ekipman Üretim Yol Haritası ... 168
16.12. Limanların Geliştirilmesi ... 168
16.13. Gemilerin Türkiye'de Üretim Yol Haritası ... 168
16.14. DRES İzin Süreçlerinin Kısaltılması ... 168
16.15. DRES İzin Süreçleri Yol Haritası Yayınlanması ... 168
16.16. DRES İçin Ayrı Kanun Çıkartılması ... 168
16.17. ÇED Sürecine Paydaşların Müdahiliyeti ... 169
16.18. İnşaat ve İşletme Dönemi ÇED Sürecinin Uygulanması ve Kontrolü ... 169
16.19. DRES Projesinin Balıkçılıkla Etkileşimi ... 169
16.20. Kadın Çalışan Kotası ... 169
16.21. Finanse Edilebilirlik (Bankability) ... 169
16.22. İş Sağlığı ve İş Güvenliği ... 170
16.23. Çevreye Karşı Duyarlılık ... 170
16.24. Mühendislik Firmaları Teşvik Sistemi ... 170
16.25. DRES Projeleri Eleman İhtiyacı ... 170

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

16.26. Yeşil Hidrojen Üretimi 170
16.27. Power-to X Planlaması 170
16.28. Enerji Adası Planlaması 170
16.29. Denizüstü RES Demontaj Planlaması 170

KAYNAKLAR… 171

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
CapEx	: Capital Expenditures
CfD	: Contract for Difference
ÇED	: Çevre Etki Değerlendirmesi
DMP	: Deniz Mekansal Planlama
DRES	: Denizüstü Rüzgar Elektrik Santralı
DRT	: Denizüstü Rüzgar Türbini
DÜRED	**:** Denizüstü Rüzgar Enerjisi Birliği
ENH	: Enerji Nakil Hattı
ENSİA	**:** Enerji Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ESMAP	: Energy Sector Management Assistance Program
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GW	: Giga Watt
GWEC	: Global Wind Energy Council
IEA	: International Energy Agency
IRENA	: International Renewable Energy Agency
İSO	: İletim Sistem Operatörü
kW	: Kilo Watt
LCOE	: Levelized Cost of Electricity
MEB	: Münhasır Ekonomik Bölge
MW	: Mega Watt
OpEx	: Operating Expenditures
PPA	: Power Purchase Agreement
PW	: Peta Watt
RES	: Rüzgar Elektrik Santralı
RT	: Rüzgar Türbini
SHOD	: Seyir Hidrografi ve Oşinografi Daire Başkanlığı
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
YEK	**:** Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKA	**:** Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	**:** Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

YÖNETİCİ ÖZETİ

"Mavi Vatan" stratejisinin sıkça konuşulduğu bu dönemde, denizlerimizden her alanda daha çok yararlanmamız gerektiği konusu, toplumumuz tarafından daha anlaşılır bir zemine oturmaya başlamıştır. "Mavi Vatan" sadece askeri stratejilerin baskın olduğu bir çerçeve içerisine sıkıştırılmamalı, diğer alanlarda da planlı somut adımlar atılmaya başlanmalıdır. Bu alanlar içerisinde enerji önemli bir yer tutmaktadır. Enerji alanında, denizlerimizde fosil yakıt rezervlerinin aranması ile ilgili önemli çabalara, önümüzdeki dönemde denizüstü rüzgar enerjisi yatırımlarının da ekleneceği öngörülmektedir. Denizlerimizden her alanda daha fazla yararlanmamız gerektiği artık yadsınamaz bir gerçektir. Bu deneyim ve tecrübeler, enerji dönüşümünün bir parçası olarak Denizüstü rüzgar enerjisi yatırımlarının doğru ve hızlı bir şekilde yapılmasıyla sağlanacaktır.

Denizüstü RES projeleri son yıllarda büyük bir ivmelenme göstermiştir. Dünyada 2010 yılında 2.5 GW olan kurulu güç, 2022 yılı sonunda 65 GW'ı aşmıştır; bununla beraber ülkelerin 2030 yılı hedefi 400 GW'ı bulmaktadır. İlk DRES projeleri Avrupa'da görüldükten sonra akabinde Asya ve Amerika Ülkelerine doğru yönelim başlamıştır. Dünyanın diğer bir çok ülkesinde ise konu ile ilgili çalışmalar sürmektedir.

Denizüstü RES projelerine, yenilenebilir enerji kaynakları ve arz güvenliğine katkısının yanında stratejik olarak da bakılmalıdır. Karasal RES projeleri, ülkemizin boşta duran dağları ve yerleşime uzak olan bölgelerini ekonomiye kazandırmıştır. Aynı süreç denizlerimiz için de işleyecektir. Artık sadece denizlerimizin altından değil; üstünden de faydalanma olanağını mümkün olacaktır. Ek olarak projelerde kulanılacak ekipman, montaj, gemi, nakliye, mühendislik gibi proje bileşenlerinin ülkemizde yapılması sağlanacaktır. Bu yolla ülkemiz, civar ülkelere know-how ve işgücünü ihraç edebilecektir. Aşağıdaki hususlar özellikle önem arz etmektedir;

- Ülkemizde DRES'lere sadece proje olarak bakılmamalıdır, DRES projeleri elektrik üretiminin yanında aynı zamanda denizlerimiz için stratejik öneme haizdir.
- Mühendislik hizmetleri, elektromekanik ekipman üretimi, gemi üretimi mümkün mertebe ülkemizde yapılmalıdır,
- Sadece proje için değil; üretim sanayisine yönelik yol haritası hazırlanmalıdır.
- Üniversitelerin ilgili bölümlerinin çalışmalara mutlaka aktif olarak müdahil edilmesi gereklidir.
- Yerel uzmanlarla çalışılmalıdır.
- Deniz Mekansal Planları hazırlanmalıdır.
- DRES elektrik satış anlaşması taslağı hazırlanmalıdır.
- DRES proje finansmanının nasıl yapılacağı üzerinde durulmalıdır.

Yol haritasının 1. Bölümünde Denizüstü RES projelerine kısa bir giriş yapılmıştır.

İklim değişiminin bütün dünyanın gündemde olduğu bir dönemde farkındalık yaratılması için Bölüm 2 oluşturularak Denizüstü RES projelerinin iklim değişimine pozitif katkısı üzerinde durulmuştur.

Yol haritasının 3. Bölümü, Avrupa ve Dünyada DRES piyasası ile ilgili son bilgiler yer almıştır. Bu bilgiler, piyasa bilgileri, işletmedeki kurulu güç ve 2030 yılı projeksiyonları olarak sıralanmıştır.

Seçilen ülkelere ait mevzuatın incelenmesi 4. Bölümde olmuştur. Ülkelerin teşvik sistemi, Denizüstü RES zaman planı, izin süreci, elektrik satış yöntemi, şebeke bağlantı prosedürü ve Denizüstü RES saha tahsisi incelenmiştir.

Bazı Avrupa Ülkelerinden Denizüstü RES proje tecrübesi 5. Bölümde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Projenin ilk planlama aşamasından işletmeye geçene kadarki süreç incelenmiştir.

Bölüm 6'da, denizüstü rüzgar türbini teknolojik olarak incelenmiştir.

Ülkemizin denizüstü rüzgar enerjisi potansiyeli ve saha seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar Bölüm 7'de detaylı olarak tartışılmıştır.

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

Denizüstü rüzgar sanayi, altyapı, limanlar, gemi inşa sektörü, tersanecilik sektörü, deniz inşa sektörü Bölüm 8'de detaylandırılmıştır.

Denizüstü RES projelerinde kullanılan türbin, temel, şalt sahası, kablo ve diğer ekipmanların limanda üretiminin anlatılabilmesi için Bölüm 9 düzenlenmiştir.

Denizüstü RES projelerinin demontajı ile ilgili bilgiler Bölüm 10'da anlatılmıştır.

DRES projelerinin ülkemize katacağı istihdam, denizcilik, gemi inşaa, kıta sahanlığı, münhasır ekonomik bölgeye katkısı Bölüm 11'de ele alınmıştır.

Denizüstü rüzgar enerjisi ile ilgili sivil toplum kuruluşlar, kamu kurumları ve diğer paydaşların yaptığı farkındalık çalışmaları Bölüm 12'de özetlenmiştir.

Bölüm 13, ülkemizdeki Denizüstü RES yasal durumu özetlemiştir.

Denizüstü RES proje izin ve onay süreçlerinin hızlandırılabilmesi için yapılan öneriler Bölüm 14'te ele alınmıştır.

Denizüstü RES proje yatırım tutarları ve finansman modelleri Bölüm 15'te anlatılmıştır.

Son olarak, 16. Bölümde ülkemizi için DRES yol haritası tarif edilmeye çalışılmıştır.

Yol haritası hazırlanırken birçok değerli uzman görüşüne başvurulmuştur.

Bu yol haritası, Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED) tarafından hazırlanmıştır.

Kızılcaşar Mah İncek Yolu No 406, İncek Vista Ofis, D:133 Gölbaşı 06830 Ankara, Turkey
www.dured.org - info@dured.org

BÖLÜM 1: GİRİŞ

Türkiye enerji sektörü, arz güvenliği, kaynak çeşitlendirme ve rekabet kavramlarını merkeze alan bir yaklaşımla ilerlemektedir. 1990'lı yıllarda başlayan elektrik sektörünün üretim, iletim ve dağıtım olarak ayrıştırılması ve bunu takiben 2001 yılından sonra Türkiye enerji sektöründe yaşanan yeniden yapılandırma çalışmaları, büyük oranda başarılı olmuştur. Bu çalışmalar neticesinde enerji ihtiyaçları büyümekte olan Türkiye, enerji güvenliğini sağlayabilmiştir. 2001-2023 zaman dilimi içerisinde, Türkiye elektrik kurulu gücü yaklaşık üç katına çıkarak, 2023 Eylül ayı itibarıyla yaklaşık 105 GW seviyesine ulaşmıştır. Bu dönemde gerçekleştirilen yatırımların yarısı, yenilenebilir enerji yatırımları oluşturmuştur. 2002-2022 dönemine bakıldığında, elektrik üretimine yapılan toplam 75 milyar ABD dolarlık yatırımın yüzde 53'lük bölümü, hidroelektrik santraller dahil yenilenebilir kaynaklara yöneliktir. 2002-2009 döneminde yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi yatırımlarının toplam elektrik üretimi yatırımları içindeki payı yüzde 40 iken, 2010-2022 döneminde söz konusu pay, yüzde 53'e ulaşmıştır.

Dünyanın yeşil dönüşüm trendi ile atağa kalkan yenilenebilir enerji kullanımı ve bunun için gerekli idari ve finansal koşulların oluşturulması sayesinde gerçek bir enerji dönüşümüne başlanmıştır. Dünya ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rüzgar enerjisi başarılı bir şekilde ekonomiye kazandırılmıştır. Özellikle 2000'li yıllardan itibaren artan karaüstü RES projelerinin yanına Denizüstü RES projeleri de 2010 yılından sonra eklenmeye başlanmıştır. Denizüstü RES projeleri, enerji sektörü ile deniz endüstrisini bir araya getiren projeler olarak ön plana çıkmıştır.

Dünya'daki Denizüstü RES projelerinin teknolojik trendi incelendiğinde 4 ana unsur göze çarpmaktadır;

a) Daha yüksek kurulu türbin ünite gücü,
b) Daha yüksek kurulu güçlü Denizüstü RES,
c) Daha derin sularda projeler,
d) Kıyıdan gittikçe uzaklaşma.

1.1 Denizüstü RES: Doğru Bilinen Yanlışlar

Hala Karaüstü RES Projeler İçin Yerler Var…
Bazı kaynaklar tarafından ülkemizde karaüstü RES için hala yerler olduğu ve bunun denizüstü RES projelerinin gelişmininin önünde yavaşlatıcı bir faktör olduğu dile getirilmektedir. Bu doğru bir öngörü değildir, RES ve DRES sektörünün eş zamanlı gelişimi, yatırımı ve dolayısıyla enerji kaynaklarında çeşitlilik doğru bir politika olmalıdır. DRES lider ülkelere bakıldığında karaüstü RES için yerler bitirilmemiştir. Önce karaüstü RES'lerin bitirilip sonra denizüstü RES'lere başlanılmamıştır. Karaüstü RES sinerjisi ve ekosistemi Denizüstü RES'i destekleyen bir mekanizma olmuştur.

Türkiye'nin Denizüstü RES Potansiyeli Düşüktür…
Ülkemizin denizüstü rüzgar enerjisi potansiyeli ilk DRES projelerinin yapıldığı Kuzey Denizi ve Baltık Denizi'ne kıyasla düşük olduğu görüşü dile getirilmektedir. Bu yaklaşıma göre DRES projeleri sadece Kuzey Denizi ve Baltık Denizi'nde DRES projeleri yapılmalıdır. Ancak Dünya'da DRES projelerine girmeyi hedefleyen ülkelere bakıldığında denizüstü rüzgar enerjisi potansiyeli ülkemizden daha yüksek değildir. Bu ülkelere örnek olarak İspanya, Hindistan, Brezilya, Sri Lanka ve ülkemize komşu olan Bulgaristan ve Romanya örnek verilebilir. Ayrıca denizüstü rüzgar türbin teknolojisi, düşük şiddette verimli şekilde çalışacak şekilde geliştirilmeye doğru gitmektedir.

Ülkemizde DRES Projelerinde Çalışacak Yeterli Personel Bulunmamaktadır…
DRES projelerinde çalışacak yeterli personel hususu bazen dile getirilmektedir. Dünyanın her yerinde başarılı projelere imza atan Türk gemicilik ve inşaat firmaları, bununla beraber Güney Afrikadan, Kuzey Denizi zor deniz altı koşullarında madencilik ve inşaat dalgıçlığı yapan insanlarımız, Elektrik sektöründe de halihazırda yetişmiş güçlü insan kaynağımız mevcuttur. Burada önemli nokta tecrübe

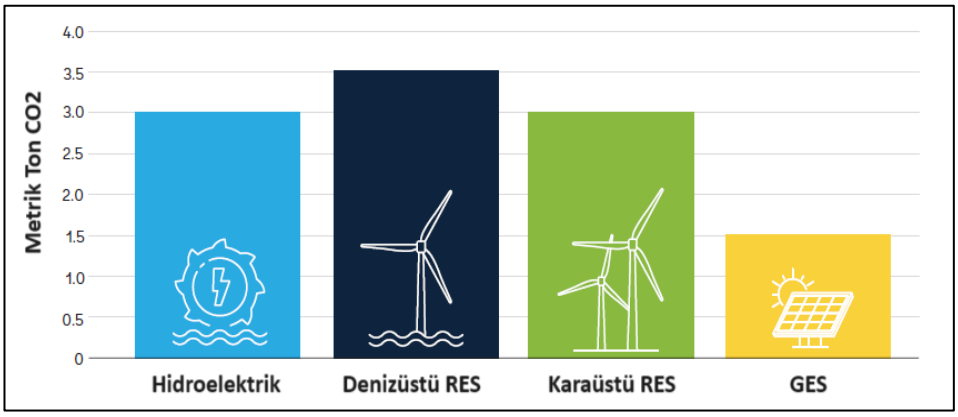
ve birikimi bir potada toplayıp doğru şekilde iş gücüne aktarabilmek ve beyaz ve mavi yaka nitellikli eleman yetiştirebilmektir. Derneğimiz, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Güney Marmara Kalkınma Ajansı, Eti Maden Genel Müdürlüğü ile birlikte Bandırma'da "Yeşil Deniz Endüstrisi Eğitim Merkezi" çalışmalarına sürdürmekte ve önümüzdeki aylarda konu ile ilgili somut adımlar atılacaktır.

Marmara Denizinde Koruma Alanları DRES Projeleri Önünde Engeldir…
Sabit temelli DRES potansiyel sahaların Marmara Denizindeki koruma alanları içerisinde olduğu ve bu durumun engel teşkil ettiği belirtilmektedir. Bu konu teknik kriterden ziyade idari bir kriterdir ve ulusal çıkarlar gereği çevre ve diğer koruma alanları ile ilgili gerekli hassasiyetler ve önlemler alınarak çözüm getirilebilir.

BÖLÜM 2: DENİZÜSTÜ RES VE İKLİM DEĞİŞİMİ

İklim değişimi ve olası etkileri son 10 yılda dünya gündeminin en önemli maddelerinden birisi haline gelmiştir. Denizüstü RES projeleri, küresel dekarbonizasyon ve net sıfır emisyon hedeflerine ulaşmada kilit rol oynayabilir. Büyük kurulu güçlü ve yüksek kapasite faktörüne haiz yapısıyla konvansiyonel fosil yakıtların yerini alabilecek bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Tahminler 2050 yılında net sıfır karbon emisyon hedeflerine ulaşılabilmesi için 2000 GW Denizüstü RES kapasitesinin işletmede olması gerektiğini ortaya koymaktadır (IRENA, 2021).

Denizüstü RES projeleri karbon emisyonlarının azaltımında en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtlara dayalı 1 GW kurulu güçlü bir elektrik santralından yılda 460 metrik ton CO_2 emisyonu yayılmaktadır. IEA (2020) çalışmasına göre 1 GW yenilenebilir enerji kaynaklarından kazanılan CO_2 emisyon miktarında en yüksek payı Denizüstü RES projeleri almaktadır.



Şekil 2.1. 1 GW yenilenebilir enerji kaynağı ve kazanılan CO_2 emisyonu (Dünya Bankası, 2023).

Yeşil, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş birçok sektörde olmalıdır. 2022 sonu itibarı ile dünyadaki ülkelerin yaklaşık üçte biri enerji tüketiminin %50 sini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktadırlar. Elektrikli araçların kullanımı da gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bütün bu olumlu gelişmelere rağmen küresel emisyon seviyesi artış göstermektedir. İklim değişimi ve bunun getirdiği ekstrem hava olayları artık sıklıkla görülmektedir. Sadece enerji sektöründe değil; önemli diğer sektörler net sıfır emisyon ve dekarbonizasyonu gündeme almaları gerekmektedir. IEA&IRENA çalışmasına göre enerji, hidrojen, ulaşım, çelik inşaatı ve çimento sektörleri incelenmiş ve 2030 yılına için hedef senaryolar açıklanmıştır.

Tablo 2.1. 6 ana sektör senaryosu (Kaynak: IEA&IRENA, 2023).

Sektör	**Endikatör**	**2022**	**2030**
Enerji	Yenilenebilir kapasite	3.8 TW	11 TW
Hidrojen	Düşük karbon ve yenilenebilir hidrojen üretimi	0.7 Mt/yıl	70-125 Mt/yıl
Ulaşım	Elektrikli araç	%14	En az %65
Çelik	Net sıfır emisyon çelik üretimi	13 Mt	En az 100 Mt
İnşaat	Net sıfır binaların oranı	%5	%100
Çimento	Net sıfır çimento üretimi	22 Mt	En az 350 Mt

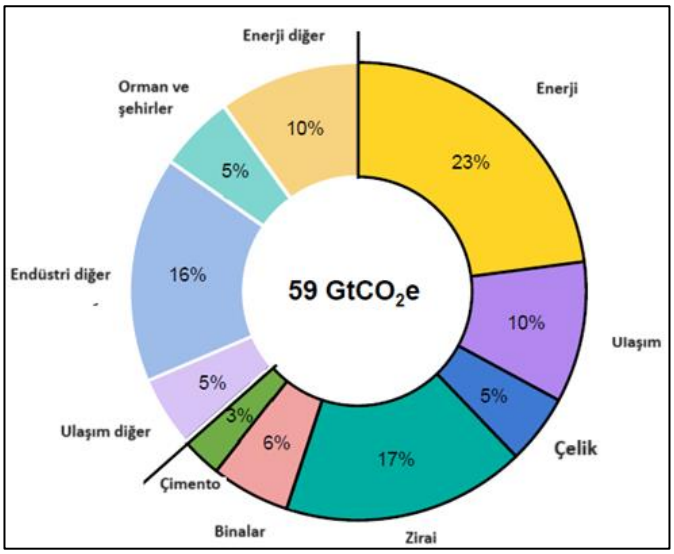
Artık bu dönüşüm sadece yerel değil; uluslararası işbirliklerini de zaruri kılmaktadır. Yukarıdaki tabloya göre yenilenebiir enerji kaynaklarının 2030 yılına kadar en az 3 kat artması gerekmektedir. Birçok ülke bu konuda 2030 yılına kadar net hedefler açıklamıştır. Hidrojen kullanımı ise en az 7 kat arttırılmalıdır. Hidrojen ile ilgili birçok araştırma yapılmasına rağmen, piyasadaki kullanımı istenen seviyede değildir.

Ulaşımda elektrikli araçların kullanımı gelişmiş ülkelerde yaygındır. Şu anda toplam satışların %14'ünü elektrikli araçlardan gelmektedir.

Çelik sektörü, 2030 yılına kadar gerekli altyapı yatırımlarını yaparak sıfır emisyon hedefine ulaşmaya çalışmaktadır. Inşaat sektörü %5 olan net sıfır emisyon binalardan %100 net sıfır emisyon bina konseptine geçmelidir.

Çimento sektörü, 22 Mt den en az 350 Mt net sıfır emisyon üretim hacmine ulaşmalıdır.

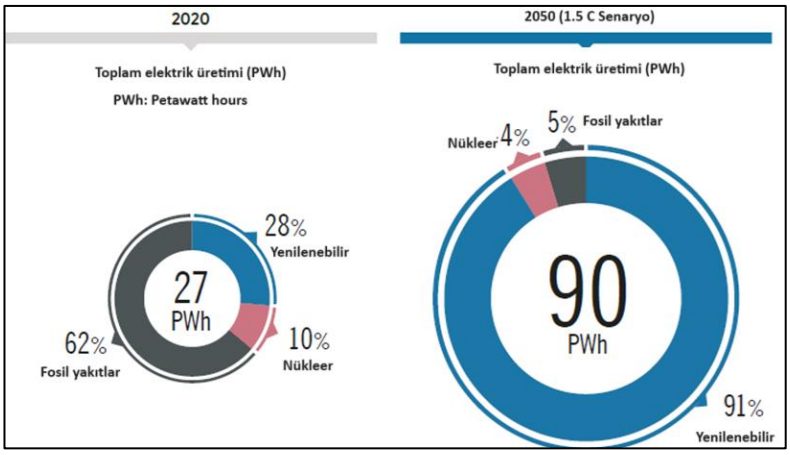
Sektörlere ait sera gazı emisyon miktarı aşağıda Şekilde gösterilmiştir. Enerji sektörü %33 ile halen ilk sırayı almakta, tarım %17, sanayi %16, ulaşım %10, inşaat %6 olarak sıralanmaktadır.



Şekil 2.2. Sektörlere ait sera gazı emisyonu (Kaynak: EIA&IRENA, 2023).

2.1 Paris Anlaşması Hedefleri ve Yenilenebilir Enerji Sektörü

Paris Anlaşmasında konulan hedeflere göre dünya enerji dönüşümünün nasıl yapılması üzerinde durulmalıdır. 2050 yılına kadar iki temel hedef vardır: Sıcaklık ortalamasının 1.5 ºC ile sınırlandırılması ve net sıfır emisyon. IRENA projeksiyonuna göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel %16 oranı, 2030 yılında %77'ye çıkacaktır. 2050 yılı 1,5 derece limit hedefi için yıllık 1066 GW yenilenebilir enerji kapasitesi eklenmelidir. Önümüzdeki 30 yıl küresel enerji sisteminin dönüşümü gündemdeki en önemli konulardan birisi olacaktır. IRENA 2050 senaryosuna göre elektrik üretimi 2020-2050 döneminde 3 kat artacaktır ve 2050 yılında tüketilen enerjinin %91'i yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacaktır.

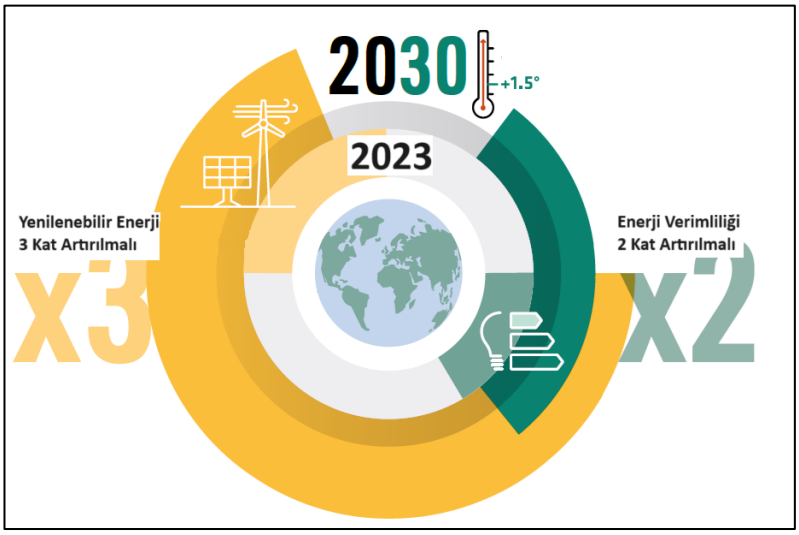


Şekil 2.3. 2020 ve 2050 senaryosuna göre yenilenebilir enerji kaynağı oranı (Kaynak: IRENA, 2023).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, 2002-2022 yılları arasında ciddi bir büyüme göstermiştir. Yenilenebilir enerji 2002 yılında %15 büyümeden 2022 yılında %83 büyümeyi yakalayan bir ivmelenme ile gelişmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde güneş enerjisi en yüksek büyümeyi kaydetmiştir. 2010-2022 yılları arasında 26 kat artmıştır. 2022 yılı sonu itibarı ile 1047 GW kurulu güce erişmiştir. Bu büyümenin en önemli nedenleri teknolojik gelişme, güneş panellerine kolay erişebilirlik, destekleme mekanizmaları ve kolay montaj sayılabilir.

COP28, IRENA ve GRA (Global Renewable Alliance, 2023) Tripling Renewable Power and Doubling Energy Efficiency by 2030: Crucial Steps Towards 1.5°C raporuna göre 2030 yılına kadar 1.5 °C hedefine ulaşılabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücünün 3 katına, enerji verimliliğinin ise 2 katına çıkarılması gerekmektedir. Bu konu aşağıdaki şekil ile resmedilmiştir.



Şekil 2.4. 2030 YEK kullanımı ve enerji verimliliği kullanım senaryosu (COP28, IRENA ve GRA 2023).

BÖLÜM 3: DÜNYA DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ PİYASASI

1980'lerde yaşanan büyük endüstriyel ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak özellikle Almanya ve Danimarka gibi ülkelerin öncülüğünde rüzgar türbinleri gün geçtikçe gelişerek günümüze gelmiştir. Karaüstünde RT'ler kurulurken Danimarka denizüstüne RT kurmanın çalışmalarını başlatarak 1991 yılında ilk denizüstü rüzgar elektrik santralını (DRES) Vindeby'de o zamanki adıyla Bonus marka 11 adet 450 kW'lık türbinler kullanarak 4.95 MW gücündeki proje ile başlamıştır. İzleyen sayfalardaki ülkelere ait sunulan veriler, GWEC ve WindEurope'den alınmıştır.

3.1 Avrupa Ülkeleri

Avrupa Ülkelerinde Hollanda, Belçika, İngiltere, Almanya, ve Portekiz'in DRES projelerine ağırlık verdiği görülmektedir. 2022 yılında 19.1 GW yeni RES kapasitesi eklenmiştir. Bu kapasitede AB-27 Ülkeleri 16 GW olarak kayıtlara geçmiştir. İşletmeye alınan 19 GW kapasitenin %13'ü denizüstü RES olmuştur. Almanya, İsveç ve Finlandiya ilk üç sırayı almıştır.

WindEurope Şubat 2023 raporuna göre, 2023-2027 yılları arasında 129 GW yeni kapasite eklenmesi beklenmektedir. Bu rakamın anlamı ise yıllık 25 GW ek kapasite işletmeye alınmasıdır. 2022 yılında eklenen 19.1 GW yeni kapasite ile 2021 yılına nazaran %4'lük bir artış gözlenmekle birlikte, bu artış yeterli değidir. Bu kapasitenin 16.6 GW'ı karaüstü; 2.5 GW'ı denizüstü RES olarak işletmeye alınmıştır. 2022 yılı içerisinde toplamda 487 TWh rüzgar enerjisi Avrupa'nın elektrik ihtiyacının %17'sini karşılamıştır. Kümülatif toplam olarak bakıldığında 2022 yılı sonu itibarı ile Avrupa'nın toplam RES kurulu gücü 255 GW olmuştur. Bu kapasitenin 225 GW'ı karaüstü; 30 GW'ı ise denizüstü RES olmuştur.

Avrupa'da teknik anlamda kapasite faktörüne bakıldığında karaüstü RES için kapasite faktörü %30-45 arasında; denizüstü RES projelerinde %50 civarında olmuştur. Karaüstü RT ortalama ünite kurulu gücü 4 MW; denizüstü RT ortalama ünite kurulu gücü 8 MW olmuştur.

Almanya, 2022 yılında %88'i karaüstü RES olmak üzere 2.7 GW yeni kapasite eklemiştir. İsveç ve Finlandiya 2.4 GW, Fransa, İngiltere ve İspanya 2.1 GW yeni RES kapasitesini devreye almıştır.

Elektrik tüketim değerlerine bakıldığında Danimarka elektrik tüketiminin %54'ünü RES'ten karşılayarak Avrupa liderliğini sürdürmektedir. İrlanda %34, İngiltere %28, Almanya ve Portekiz %26, İspanya ve İsveç %25 ile sıralanmaktadır.

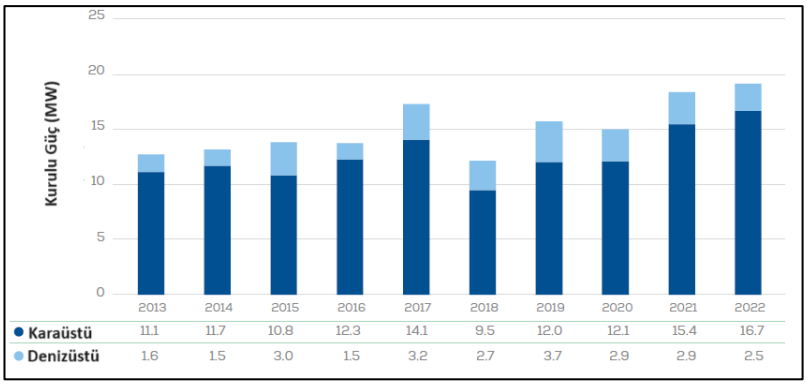
2030 AB hedeflerine göre 2023-2027 döneminde 129 GW eklenmesi gerekirken WindEurope tahminlerine göre 98 GW gerçekleşeceği projekte edilmiştir.

3.1.1 Avrupa Ülkeleri Genel Bakış

2022 yılında 19.1 GW yeni RES kapasitesi ekleyen Avrupa Ülkeleri, 2030 yılında %45 yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmak için RES kurulu gücünü artırarak devam etmektedir. 2022 yılında eklenen 19.1 GW'ın 16.7 GW'ı karaüstü, 2.5 GW'ı denizüstü RES olarak gerçekleşmiştir. Bu eklenen yeni kapasite 2030 yılında %45 YEK hedefi için yeterli değildir. WindEurope Şubat 2023 raporuna göre, 2023-2030 yılları arasında yıllık 31 GW yeni RES kapasitesi eklenmelidir.

Almanya, 2022 yılında 2.7 GW yeni kapasite ile Avrupa'daki en yüksek kurulu gücü devreye alan ülke olmuştur. Almanya'yı İsveç ve Finlandiya (2.4 GW) takip etmiştir.

Avrupa'da 2022 yılında 2.5 GW yeni kapasite Denizüstü RES kapasitesi işletmeye alınmıştır ve toplam eklenen kapasitenin %13'ünü oluşturmuştur. Bu kapasitenin 1.26 GW'ı İngiltere'den gelmiştir. Fransa 0.5 GW, Hollanda 0.4 GW, Almanya 0.3 GW şeklinde sıralanmıştır. Avrupa ülkeleri 2013-2022 arasında yıllık işletmeye geçen RES kapasitesi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Avrupa ülkeleri 2013-2022 arasında yıllık işletmeye geçen toplam RES kapasitesi (Kaynak: WindEurope).

AB dışında kalan 3 GW'ın dağılımı ise, İngiltere 1.7 GW, Türkiye 0.9 GW ve Norveç 0.4 GW olarak sıralanmıştır.

Avrupa'da işletmedeki RES'lerden 0.5 GW demontaj yapılmıştır.

Almanya 2022 yılında 2.7 GW RES kapasite (2.4 GW karaüstü, 1.9 GW denizüstü) ile Avrupa'da yeni kapasite artışında ilk sırayı almıştır. Kuzey Denizinde Kaskasi Denizüstü RES (342 MW) devreye almıştır. 300 MW karaüstü RES kapasitesi devreden çıkarılmıştır.

İsveç ve Finlandiya 2.4 GW yeni kapasite ekleyerek büyük bir atılım yapmıştır.

Fransa 480 MW'ı denizüstü RES olmak üzere 2.1 GW yeni kapasiteyi işletmeye almıştır.

İngiltere 1.2 GW'ı denizüstü RES olmak üzere 1.7 GW RES kapasitesini devreye almıştır. Avrupa'da Denizüstü RES kurulu gücünde liderliğini sürdürmektedir.

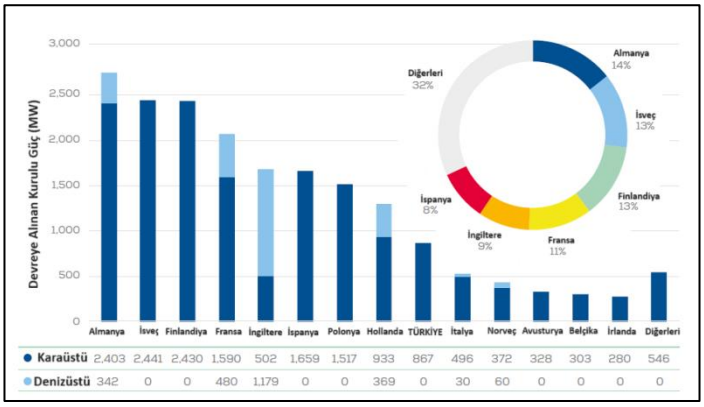
İspanya 1.7 GW, Polonya 1.5 GW karaüstü RES eklemiştir.

Hollanda 0.9 GW karaüstü ve 369 MW Denizüstü RES işletmeye almıştır.

Türkiye 0.9 GW karaüstü RES kapasitesini ulusal elektrik sistemine eklemiştir.

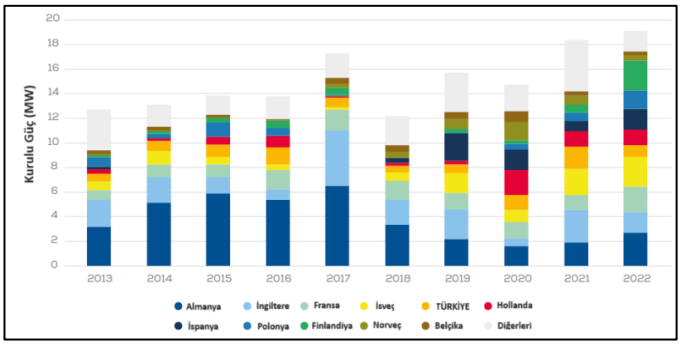
İtalya 0.5 GW toplam yeni kapasite içerisinde ilk Denizüstü RES projesi olan 30 MW kurulu güçlü Beleolico Denizüstü RES projesini de devreye almıştır.

Norveç 372 MW'ı karaüstü RES olmak üzere 0.5 GW kapasite eklemiştir. Dünyadaki en büyük yüzer (floating) 60 MW Hywind Tampen Denizüstü RES projesi de elektrik üretimine başlamıştır.



Şekil 3.2. Avrupa ülkeleri 2022 işletmeye geçen RES kapasitesi (Kaynak: WindEurope).

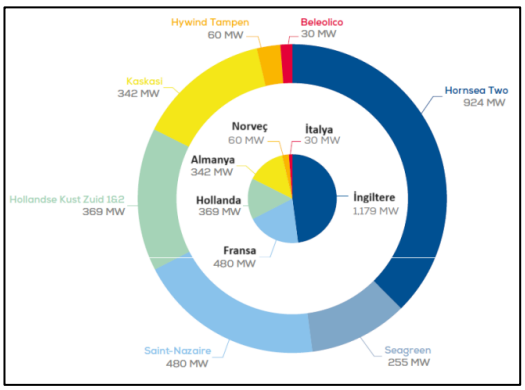
Avrupa Ülkelerinde 2013-2022 yılları arasında ülkelere göre işletmeye alınan RES kapasiteleri aşağıdaki grafikte görülmektedir.



Şekil 3.3. Avrupa ülkelerinde 2013-2022 işletmeye geçen RES kapasitesi (Kaynak: WindEurope).

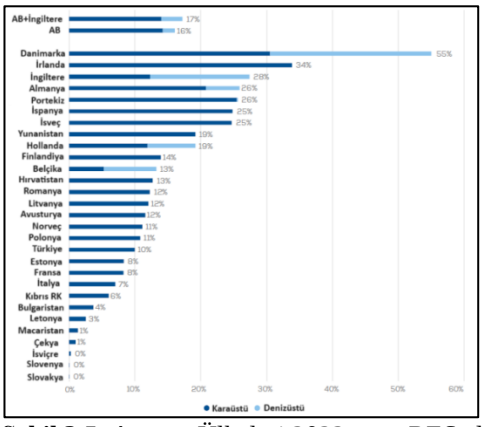
DRES özelinde incelendiğinde 2022 yılında 2.5 GW yeni DRES kapasitesi eklenmiştir. İngiltere şu anda dünyadaki en yüksek kurulu güce sahip Hornsea 2 DRES (1386 MW) projesini tamamlamıştır. Projeye 2022 yılında 110 DRT (924 MW) eklenmiştir. Ayrıca 1075 MW kurulu güce sahip Seagreen DRES projesinin ilk DRT'si işletmeye geçmiştir.

Fransa, ticari ölçekteki ilk DRES projesi olan 480 MW Saint Nazaire Denizüstü RES projesini devreye almıştır. Hollanda 369 MW, Almanya 324 MW yeni Denizüstü RES kapasitesini eklemiştir. Şekil ile Avrupa Ülkeleri 2022 işletmeye geçen Denizüstü RES kapasitesi görülmektedir.



Şekil 3.4. Avrupa Ülkeleri 2022 işletmeye geçen DRES kapasitesi (Kaynak: WindEurope).

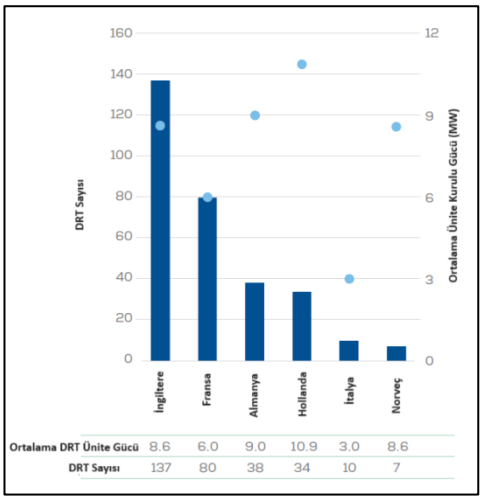
Elektrik tüketim verilerine bakıldığında Avrupa'nın toplam elektriğinin %17'si rüzgar enerjisinden karşılamıştır. Danimarka %54, İrlanda %34 ve İngiltere %28 ile ilk üç sırayı almaktadır. Onları Almanya ve Portekiz %26, İspanya ve İsveç %25 ile takip etmektedir. Aşağıdaki Şekil Avrupa Ülkelerinin RES yıllık elektrik tüketim oranlarını yüzde olarak göstermektedir. Avrupa Ülkelerinde 2022 yılı sonu itibarı ile toplam 2828 TWh elektrik üretimi içerisinde 489 TWh'ı (%17) rüzgar enerjisinden karşılanmıştır. Bu 489 TWh enerjinin 90 TWh'ı denizüstü RES projelerinden 399 TWh'ı karaüstü RES projelerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.5. Avrupa Ülkeleri 2022 sonu RES elektrik tüketim yüzdeleri (Kaynak: WindEurope).

3.1.2 Rüzgar Türbini Ünite Kurulu Güçleri

Rüzgar Türbini (RT) ünite kurulu güçleri Avrupa Ülkelerine değişkenlik göstermektedir. Karaüstü RT'lerde en yüksek ortalama RT ünite kurulu gücüne sahip plan ülke 5.7 MW ile İsveç'tir. Finlandiya 5.6 MW ile ikinci konumdadır. Portekiz 2.2 MW ile en alt sırada yer almaktadır. 2022 yılında devreye alınan ortalama karaüstü RT ünite kurulu gücü 4.1 MW olmuştur. Denizüstü RT'lere bakıldığında ise bu değer 8 MW olmuştur. Hollanda 10.9 MW ile en üst sırada, İtalya 3 MW ile en alt sırada yer almıştır. Aşağıdaki grafikte Avrupa Ülkeleri ve kullanılan ünite RT kurulu güçleri görülmektedir.



Şekil 3.6. Avrupa Ülkeleri 2022 sonu RT ünite kurulu güçleri (Kaynak: WindEurope).

3.1.3 İhaleler

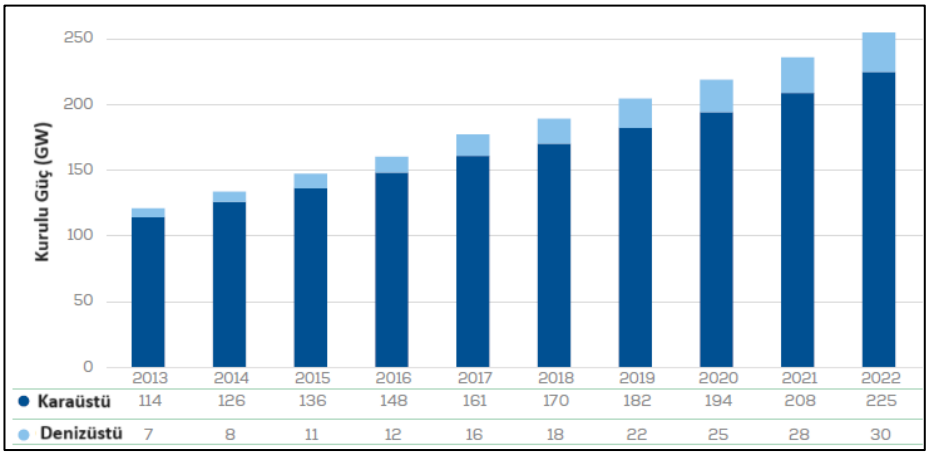
İngiltere, sabit temel teknolojisinin kullanıldığı 7 GW ihaleyi tamamlamıştır. İhale fiyatı 43.8 EURO/MWh olmuştur. Ayrıca yüzer temelli 32 MW TurnHub Floating OWF 102.4 EURO/MWh olarak ihale edilmiştir.

Hollanda, her biri 760 MW olan Kust West VI ve VII DRES projelerini bitirmiştir. Piyasa fiyatında yani sübvansesiz satış yapılacaktır.

Almanya, Kuzey Denizinde 980 MW sıfır sübvansiyon DRES projesi ihalesini gerçekleştirmiştir.

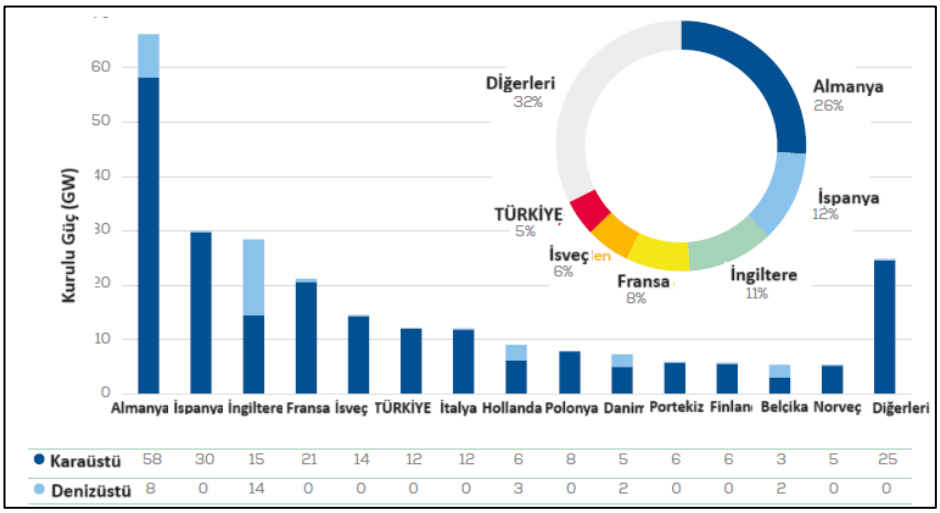
3.1.4 Avrupa Ülkeleri Toplam RES Kapasitesi

Avrupa'da 2023 yılı sonu itibarı ile 255 GW'a ulaşmıştır. Bu kapasitenin 225 GW'ı karaüstü, 30 GW'ı denizüstü RES olarak kayıtlara geçmiştir. AB-27 ülkenin toplam kurulu gücü 204 GW (188 GW karaüstü, 16 GW denizüstü) olmuştur. Şekil ile 2013-2022 yılları arasında Avrupa Ülkelerinde yıllara göre kümülatif kurulu güçler görülmektedir.



Şekil 3.7. Avrupa Ülkeleri 2013-2022 yıllık kümülatif güçler (Kaynak: WindEurope).

Ülkeler bazında bakıldığında Almanya'nın 66 GW RES kurulu gücü ile açık ara liderliği devam etmektedir. Almanya'yı 30 GW ile İspanya, 29 GW ile İngiltere takip etmektedir. Fransa 21 GW, İsveç 15 GW, Türkiye 12 GW olarak ilk 6 ülke sıralanmaktadır. Bu 6 ülke Avrupada kurulu gücün üçte ikisini oluşturmaktadır.



Şekil 3.8. Avrupa Ülkeleri toplam kurulu güçler (Kaynak: WindEurope).

İtalya 12 GW'a ulaşmak üzeredir. Holanda, Polonya, Danimarka, Portekiz, Finlandiya, Belçika ve Norveç 5 GW'ı aşmıştır.

Son grup ülkeler olan Yunanistan, İrlanda, Avusturya ve Romanya 3 GW üstü ülkeler olarak sıralanmaktadır.

Aşağıdaki Tablo ile Avrupa Ülkelerinde 2022 yılı sonu itibarı ile DRES kurfulu güçleri görülmektedir. Tabloda 2022 yılında devreye alınna karaüstü ve denizüstü RES durumu, 2022 sonu toplam ve elektrik enerjisi tüketim yüzdeleri görülmektedir.

Tablo 3.1. Avrupa ülkeleri RES kurulu güçler (Kaynak: WindEurope).

	2022 Devreye Alınan (MW)		**Toplam Kurulu Güç (MW)**		**Toplam Kurulu Güç Payı**	
	Karaüstü	**Denizüstü**	**Karaüstü**	**Denizüstü**	**Toplam (MW)**	**Oran (%)**
Ülkeler						
Avusturya	328	-	328	-	**328**	**12**
Belçika	303	-	3045	2261	**5306**	**13**
Bulgaristan	-	-	707	-	**707**	**4**
Hırvatistan	-	-	1100	-	**1100**	**13**
Kıbrıs RK	-	-	158	-	**158**	**6**
Çekya	-	-	337	-	**337**	**1**
Danimarka	131	-	4974	2308	**7282**	**55**
Estonya	-	-	320	-	**320**	**8**
Finlandiya	2430	-	5607	71	**5678**	**14**
Fransa	1590	480	20653	482	**21135**	**8**
Almanya	2403	342	58267	8055	**66322**	**26**
Yunanistan	230	-	4682	-	**4682**	**19**
Macaristan	-	-	329	-	**329**	**1**
İrlanda	280	-	4682	-	**4682**	**19**
İtalya	496	30	11818	30	**11848**	**7**
Letonya	59	-	137	-	**137**	**3**
Litvanya	69	-	740	-	**740**	**12**
Lüksemburg	29	-	166	-	**166**	**-**
Hollanda	933	369	6223	2829	**9052**	**19**
Polonya	1517	-	7864	-	**7864**	**11**
Portekiz	28	-	5671	25	**5696**	**16**

Romanya	-	-	3029	-	**3029**	**12**
Slovakya	-	-	3	-	**3**	**0**
Slovenya	-	-	3	-	**3**	**0**
İspanya	1659	-	29793	5	**29798**	**25**
İsveç	2441	-	14393	192	**14585**	**25**
TÜRKİYE	**867**	**-**	**11102**	**-**	**11969**	
Norveç	372	60	5083	66	**5149**	**11**
Rusya	-	-	2043	-	**2043**	**-**
İngiltere	502	1179	14575	13918	**28493**	**28**
Belarus	-	-	3	-	**3**	**-**
Bosna Hersek	-	-	135	-	**135**	**-**
Faroe Adaları	-	-	68	-	**68**	**-**
İzlanda	-	-	3	-	**3**	**-**
Kosova	-	-	137	-	**137**	**-**
Montenegro	-	-	118	-	**118**	**-**
Makedonya	-	-	37	-	**37**	**-**
İsviçre	-	-	87	-	**87**	**-**
Ukrayna	-	-	-	1673	**1673**	**-**
Sırbistan	-	-	374	-	**374**	**-**
Toplam	**16668**	**2460**	**224521**	**30267**	**254788**	**17**

3.2 Dünyada Denizüstü RES 2022 Yılı Sonu Durumu

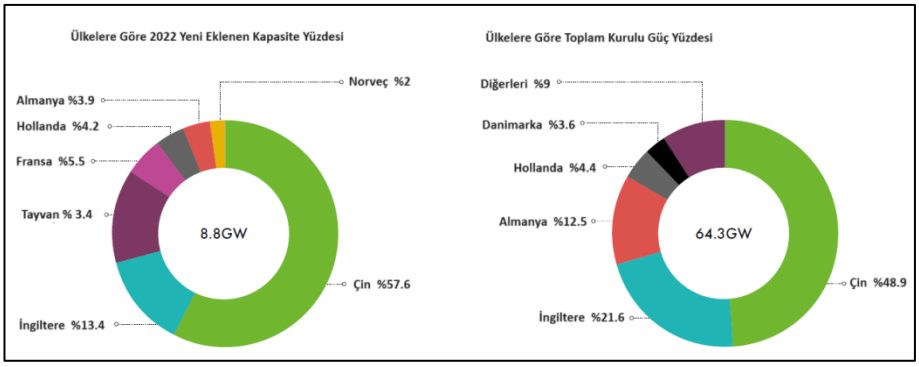
Dünya'da 2022 yılında 8.8 GW Denizüstü RES kapasitesi eklenmiştir. Çin, Dünya liderliğini sürdürmektedir. 2022 yılında eklenen kapasitenin 5 GW'tan fazlasını Çin eklemiştir. İngiltere, Avrupa liderliğini sürdürmektedir. Dünyada şu anda en yüksek kurulu güce sahip DRES olan 1.4 GW kurulu güçlü Hornsea 2 DRES projesinin 924 MW'ı; 1.1 GW kurulu güçlü Seagreen DRES projesinin de 255 MW'ı işletmeye geçmiştir.

Fransa 480 MW Saint Nazarre Denizüstü RES projesini işletmeye almıştır. Hollanda 369 MW, Almanya 342 MW ile Fransa'yı takip etmektedir.

İtalya ilk Denizüstü RES projesini devreye almıştır. 30 MW kurulu güçlü Beleolico Denizüstü RES projesinde ilk Çinli DRT Avrupa'da kullanılmıştır. 3 MW kurulu gücünde Minyang MySE3.0-135 model 10 adet Denizüstü RT İtalya sularında elektrik üretimine başlamıştır.

Norveç 94.6 MW Hywind Tampen yüzer (floating) DRES projesi ile DRT konusunda önemli ve inovatif bir adım atmıştır. 11 adet SG-8.6MW-167 SiemensGamesa türbini spar yüzer temelle 260-300 metre arasında değişen derinliklere konuşlandırılmıştır. Aynı projede tedarik zincirinde yaşanan zorluklardan dolayı 6.2 MW yüzer DRT Çinli CSSC Haizhuang firmasından temin edilmiştir.

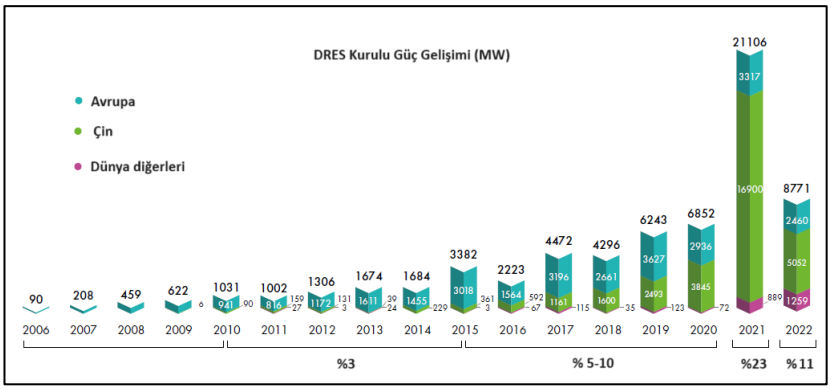
Çin ve Avrupa dışında Tayvan'da 1175 MW ve Japonya'da 84 MW kapasite işletmeye alınmıştır. DRES dünya kurulu gücüne kümülatif olarak bakıldığında 2022 yılında %21 artarak 64.3 GW seviyesine ulaşmıştır. Bu kapasitenin %53'ü Çin'de bulunmaktadır.



Şekil 3.9. 2022 yılında eklenen ve 2022 yılı sonu itibarı ile DRES yüzdeleri (Kaynak: GWEC).

DRES projelerinin 2006 yılından bu yana yıllık kümülatif kurulu güç gelişimi aşağıdaki Şekilde verilmiştir. 2006-2015 yılları arasında yıllık %3, 2015-2020 yılları arasında %5-10, 2021 yılında %23

gelişim gösterdiği görülmektedir. Covid Pandemi etkileri nedeni ile 2022'de %11 gelişim gözlenmiştir.



Şekil 3.10. Dünya DRES kurulu güç gelişimi (Kaynak: GWEC 2023).

3.3 Dünyada 2030 Yılına Kadar Olan Kapasite Projeksiyonu

Dünyada DRES piyasasındaki aktif ülkeler 2030 yılına kadar çeşitli kapasite projeksiyonları hazırlamıştır. Burada belirlilen rakamlar Global Wind Energy Council (GWEC) tarafından hazırlanan Global Offshore Wind Report 2023 raporundan alınmıştır.

3.3.1 Avrupa 2030 Yılına Kadar Olan Kapasite Projeksiyonu

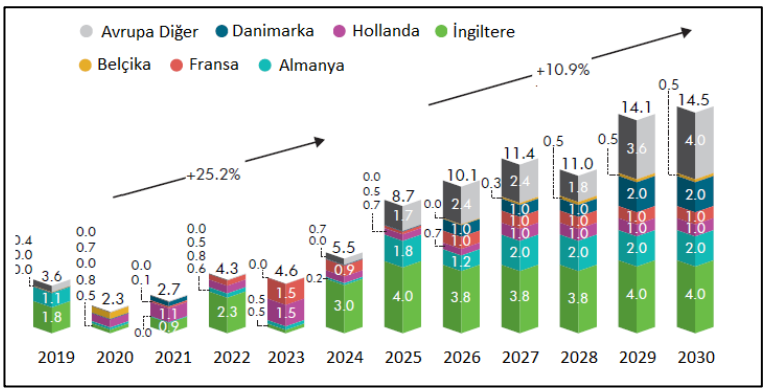
DRES projelerinin doğduğu yer olan Avrupa DRES projelerine büyük önem vermektedir. Özellikle İngiltere konu ile ilgili olarak ciddi hedefler koymuştur. Diğer Avrupa ülkeleri de 2030 yılına kadar kapasite projeksiyonları belirlemiştir. Özellikle ana marketler olan İngiltere, Almanya, Danimarka ve Belçika net hedefler belirlemiştir. İlk DRES projesinin yapıldığı 1991 yılından bu yana geçen 30 yıl içerisinden DRES projeleri piyasa ile rekabet edebilir hale gelmiştir.

Şekil ile Avrupa Ülkelerinde 2030 yılına kadar olan kapasite projeksiyonu görülmektedir. 2025 yılına kadar piyasa büyümesi yıllık olarak %25; 2025-2030 arasında ise %11 civarında büyüme beklenmektedir. Avrupa'da 2025 yılında 8.7 GW kurulu güce ulaşılması beklenmekte; 2030 yılına kadar ise 15 GW hedeflenmektedir. Ayrıca AB Komisyonunun öngörüsüne göre, 2050 yılında 240 GW Denizüstü RES kapasitesine ulaşılması belirtilmiştir.

İngiltere, Avrupa'da DRES piyasa liderliğini sürdürmeyi devam ettirerek 2030 yılına kadar 40 GW kapasite hedefi koymuştur.

Almanya, WindSee Gesezt Kanunu kapsamında DRES projeleri için yeni düzenlemeler getirmiştir. DRES kapasite projeksiyonu 2030 yılında 30 GW; 2040 yılına kadar ise 40 GW olarak hedeflemektedir.

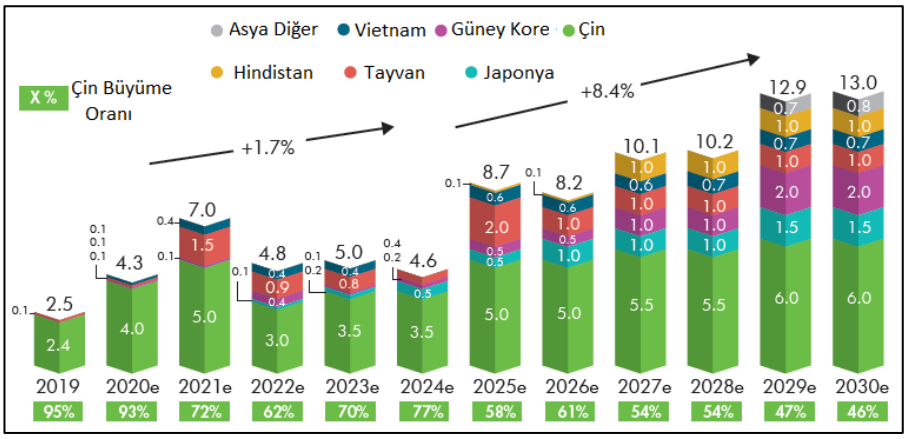
Danimarka, 2020 yılında onayladığı Climate Action Plan kapsamında Baltık ve Kuzey Denizinde 2 adet enerji adası belirlemiştir. Bu enerji adalarına 5 GW DRES kapasitesinin 2030 yılına kadar kurulması planlanmıştır.



Şekil 3.11. Avrupa Ülkelerinin 2030 yılına kadar olan kapasite projeksiyonu (Kaynak: GWEC).

3.3.2 Asya Ülkeleri 2030 Yılına Kadar Olan Kapasite Projeksiyonu

Japonya, 2003 yılında Asya'daki ilk DRES projesini 2 adet V47-660 kW ile devreye almasına rağmen; Asya DRES piyasasının gerçek anlamda başlangıcı 2014 yılında olmuştur. Çin Hükümeti, 2014 yılında National Offshore Wind Development Plan açıklayarak ilk adımı atmıştır. 2017 yılında 1 GW DRES kurulu gücüne ulaşan Çin, 1 yıl sonra da İngiltere'yi geçmiştir. Asya pazarında ikinci büyük DRES piyasası ise Tavyan'dır. 2030 yılına kadar Asya'da DRES yıllık olarak %8.4 oranında büyümesi öngörülmektedir. Aşağıdaki Şekilde Asya Ülkelerinde 2030 yılına kadar olan kapasite projeksiyonu verilmiştir. GWEC tarafından yapılan kapasite projeksiyonuna göre, ilk 5 Pazar Çin (52 GW), Tavyan (10.5 GW), Güney Kore (7.9 GW), Japonya (7.4 GW) ve Vietnam (5.2 GW) olarak sıralanmaktadır. Çin haricindeki diğer Asya ülkelerinde DRES piyasası başlangıç evresindedir.



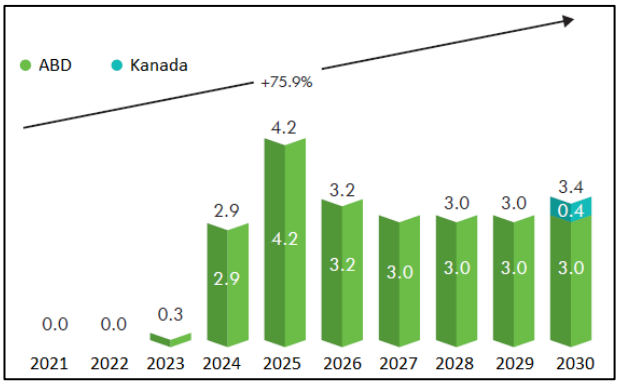
Şekil 3.12. Asya Ülkelerinde 2030 yılına kadar olan kapasite projeksiyonu (Kaynak: GWEC).

GWEC tahminlerine göre, 2030 yılında Asya Ülkeleri, %42 pazar payına sahip olacaktır.

3.3.3 Kuzey Amerika 2030 Yılına Kadar Olan Kapasite Projeksiyonu

Kuzey Amerika'da ilk DRT 2013 yılında Maine kıyısında deneme amaçlı olarak kurmuştur. 6 MW kurulu güçlü bir DRT'nin 1/8 oranında küçültülmüş prototipi kurularak çalışmalara başlanmış ancak istenilen düzeyde ilerleme sağlanamamıştır. Ticari ilk DRES 30 MW kurulu gücünde ve Aralık 2016 tarihinde Rhode Island'da kurulmuştur. Halihazırda birçok DRES projesi geliştirme aşamasında olup GWEC kapasite projeksiyonuna göre 2030 yılında 10 GW kapasite tahmin edilmiştir. Bunun 1 GW'ı Kanada, 9 GW ise ABD'de olarak projekte edilmiştir. Şekil ile GWEC kapasite projeksiyon çalışmasının yıllara göre gelişimi verilmiştir.

ABD, 2030 yılına kadar 30 GW hedef belirlemiştir.

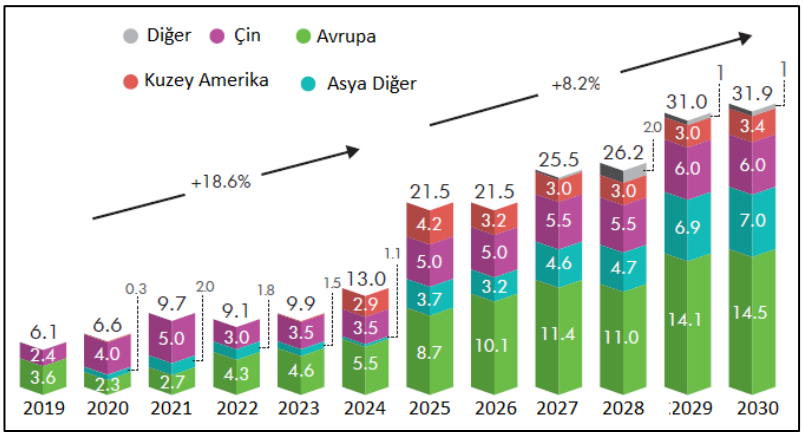


Şekil 3.13. Kuzey Amerika Ülkelerinde 2030 yılına kadar olan kapasite projeksiyonu (Kaynak: GWEC).

3.3.4 Tüm Dünya Ülkelerindeki DRES 2030 Kapasite Projeksiyonu

GWEC 2020 DRES Kapasite Projeksiyon raporouna göre, dünyadaki ülkeler 2030 yılına kadar bir hedef belirlemişlerdir. 2030 yılına kadar dünyada 460 GW DRES kapasitesi olacağı öngörülmüştür.

2019 yılında işletmeye alınan dünyadaki toplam RES kapasitesinin %10'unu DRES kapasitesi oluştururken; 2025 yılından sonra bu oran %20'ye çıkacağı beklenmektedir.



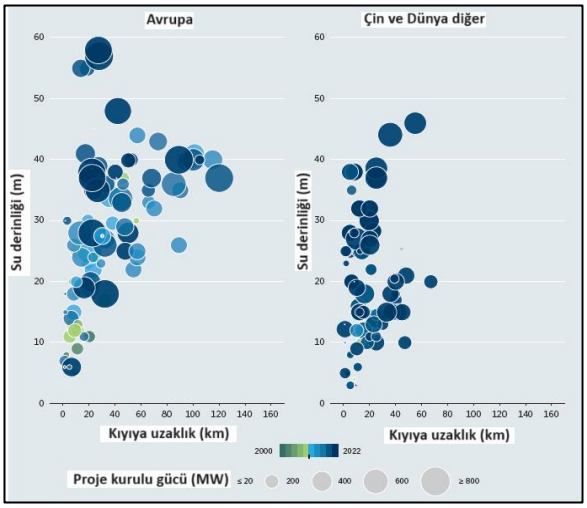
Şekil 3.14. Dünya DRES 2030 yılına kadar olan kapasite projeksiyonu (Kaynak: GWEC).

DRES için hazırlanan ülkeler arasında Türkiye, Vietnam Brezilya, Hindistan, Sri Lanka, Avustralya ve Meksika sayılabilir.

3.4 Yüzer (Floating) Temelli Projeler

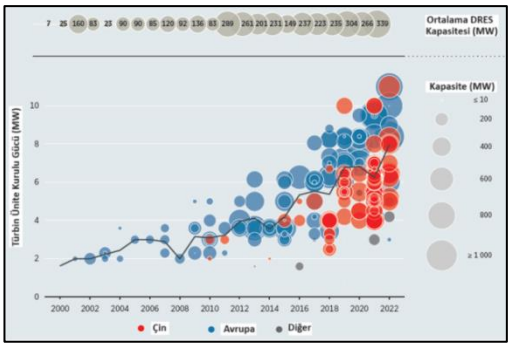
Yüzer (floating) Denizüstü RES türbinlerinin gelişimi, daha derin sular ve daha derin sular ve daha yüksek rüzgar şiddetine haiz bölgelerde proje yapabilmeyi mümkün hale getirecektir. Örneğin ABD'de Denizüstü RES uygun sahaların %65'i, Avrupa'da %80'i ve ülkemizde %70 civarında Denizüstü RES uygun sahalar 50 m den daha derin sulardadır. Ekim 2023 tarihi itibarı ile dünyadaki işletmedeki en yüksek yüzer DRES projesi 88 MW ile Norveç'te bulunan ve Equinor şirketine ait Hywind Tampen projesidir.

2010-2022 yılları arasında yapılan denizüstü RES projeleri incelendiğinde daha derin sulara ve kıyıdan daha fazla uzaklaşmaya doğru giden bir trendin olduğu görülmektedir.



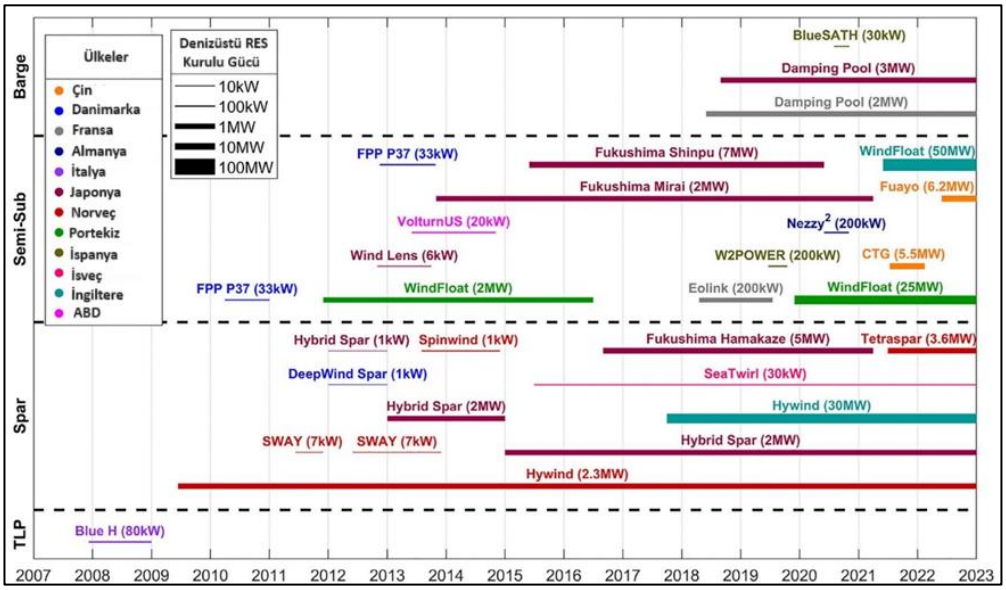
Şekil 3.15. Kıyıya uzaklık ve su derinliği 2010-2022 yılları arası değişim (Kaynak: IRENA 2023).

Denizüstü RT ve denizüstü RES proje kapasitelerinde de ciddi bir büyüme gözlenmiştir.



Şekil 3.16. 2002-2022 yılları DRT ve DRES kurulu güç değişimi (Kaynak: IRENA 2023).

2007 yılından itibaren kW'lar seviyesinde başlayan yüzer DRT çalışmaları bugün MW'lar seviyesinde olup ticarileşmeye doğru önemli adımlar atılmıştır. Şekil 3.17, 2007'den itibaren dünyadaki yüzer DRT çalışmalarını göstermektedir.



Şekil 3.17. 2007'den itibaren dünyadaki yüzer DRT çalışmaları (Kaynak: Katsaprakakis, 2023).

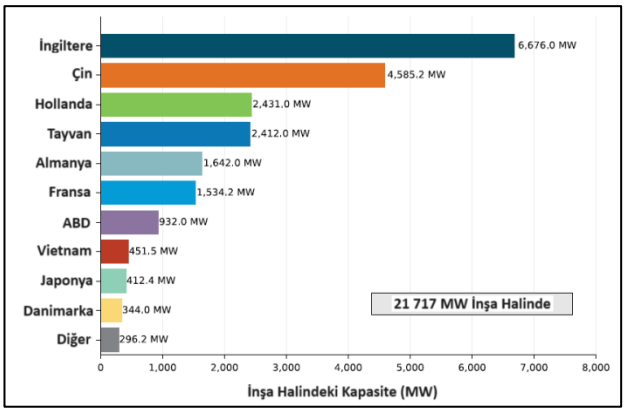
Tablo 3.2. ise mevcut yüzer DRES kurulu gücünü özetlemektedir. 2023 itibariyle toplam yüzer DRES kurulu gücü 243 MW'dır. Tabloda bahsedilen yüzer temel çeşitleri ile ilgili detaylı bilgiler 6. Bölümde verilmiştir.

Tablo 3.2. 2023 itibariyle yüzer DRES kurulu gücü.

Proje Adı	**Yüzer Temel Çeşidi**	**Ülke**	**Kurulu Güç (MW)**
Windfloat	Yarı-batık	İngiltere	50
Windfloat	Yarı-batık	Portekiz	25
Windfloat (EFGL)	Yarı-batık	Fransa	30
Fuayo	Yarı-batık	Çin	6.2
Damping pool	Mavna	Japonya	3
Damping pool	Mavna	Fransa	2
Tetraspar	Spar	Norveç	3.6
Hywind	Spar	Norveç	2.3
Hywind	Spar	İngiltere	30
Hywind spar	Spar	Japonya	3
Hywind Tampen	Spar beton	Norveç	88
		Toplam	**243.1**

Ülkelerden derlenen verilere göre (US Department of Energy Raporu), 2028 yılına kadar ticari işletmeye geçmesi planlanan yüzer DRES projeleri incelendiğinde; 21717 MW yüzer DRES projesinin inşa halinde veya inşaata başlamak üzere olduğu görülmektedir. Aşağıdaki grafikte bu

projelere ait bilgiler verilmiştir. İngiltere 6676 MW, Çin 4585 MW, Hollanda 2431 MW olarak ilk 3 sırayı paylaşmaktadır.



Şekil 3.18. İnşa halindeki yüzer temelli DRES projeleri (Kaynak: US Department of Energy Raporu).

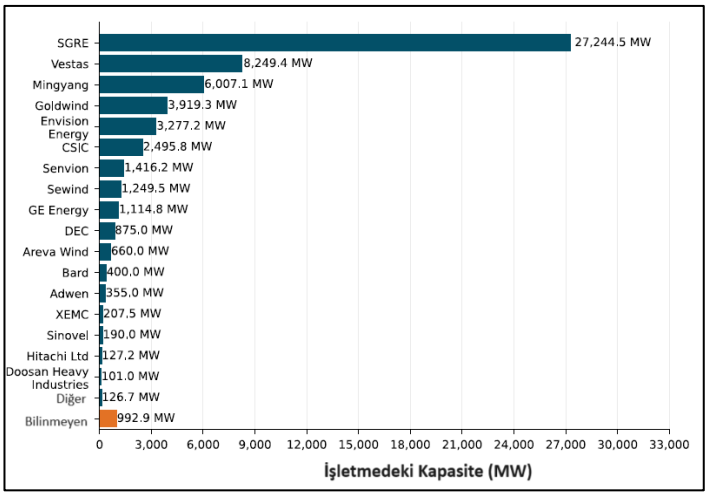
Yukarıdaki veri detaylı olarak incelendiğinde Avrupa'nın 12724 MW kapasite ile inşa halindeki yüzer DRES projelerinin %58'ini 24 proje ile oluşturduğu görülmektedir. Asya ülkeleri, 37 yüzer DRES projeye karşılık gelen 8061 MW kapasitenin inşasını sürdürmektedir.

Kuzey Amerika bölgesi sadece 932 MW yüzer DRES inşaatını devam ettirmekle birlikte 52 GW'a yakın bir yüzer DRES kapasitesini geliştime aşamasındadır. Avrupa bulunan 24 yüzer Denizüstü RES projesinin 6 adedi İngiltere'de (6676 MW), 4 adedi Hollanda'da (2431 MW), 3 adedi Almanya'da (1642 MW), 7 adedi Fransa'da (1534 MW) ve 1 proje Danimarka'da (344 MW) olarak inşa aşamasındadır.

Asya Ülkelerine bakıldığında 17 adet proje Çin'de (4585 MW), 6 adet Tayvan'da (2412 MW), 7 adet Vietnam'da (451 MW) ve 5 adet Japonya'da (412 MW) inşası devam eden yüzen DRES projeleri olduğu görülmektedir.

3.5 Denizüstü Rüzgar Türbin Piyasası

Denizüstü rüzgar türbinlerinin (DRT) boyutları ve buna paralel olarak ünite kurulu güçleri büyümektedir. 2005 yılında 2-3 MW kurulu güçte iken 2023 yılında 14-16 MW kurulu güçlere ulaşmıştır. Aşağıda verilen Şekil ile 2022 yılı sonu itibarı DRT markalarının dünya pazarlarındaki kurulu güçlerini göstermektedir. SGRE, Vestas, Mingyang, Goldwind ve Envision ilk 5 sırayı almaktadır. SGRE pazarın %46'sını, Vestas %14'ünü, Mingyang %10'nu, Goldwind %6,6'sını ve Envision %5,6'sını oluşturmaktadır. DRT üreticilerinin ihalesini aldıkları proje kapasitelerine bakıldığında SGRE %48, General Electric %18,1, Vestas %17,8, Doosan %4,6 ve Mingyang %2,4 olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 3.19. Denizüstü RT Pazar payları (Kaynak: US Department of Energy Raporu).

BÖLÜM 4: BAZI ÜLKELERİN DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİ MEVZUATI

Bu bölümde seçilen bazı ülkelere ait denizüstü rüzgar enerjisi mevzuatı incelenmiştir. Ülkelerin teşvik sistemi, denizüstü RES zaman planı, izin prosedürü, elektrik satış, şebeke bağlantı ve Denizüstü RES saha tahsisi mevzuatı hakkında bilgiler verilmiştir.

4.1 Almanya

Üretilen elektriğin %26'sı RESlerden (%22.49 karasal, %4.52 denizüstü); geri kalanı ise sırasıyla kömür, nükleer, güneş ve doğal gaz enerji kaynakları izleyen Almanya'da Denizüstü RES projeleri istenen hızda ilerleyememiştir. 2022 yılında sadece 342 MW yeni Denizüstü RES kapasitesi eklenmiştir. Federal Hükümetin 2030 yılına kadar %65 yenilenebilir enerji kaynaklarından kullanım hedefi çerçevesinde 2030 yılına kadar 30 GW DRES işletmeye geçmesi planlanmaktadır. Aralık 2020 tarihinde Offshore Wind Energy Act Kanunu çerçevesinde hedefler 2030 yılı 15 GW'tan 20 GW'a; 2040 yılı içinde 50 GW'a çıkarılmıştır. Daha sonra bu rakamlar revize edilerek 2030 için 30 GW; 2035 için 40 GW ve 2045 için 60 GW olarak revize edilmiştir.

DRES Teşvik Sistemi

DRES projelerinin teşvik sistemi Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie-BMWi) tarafından koordine edilmektedir. DRES teşvikleri aşağıdaki 3 kanuna dayanmaktadır;

a. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Kanunu (Windenergie auf See Gesetz): Bu kanun DRES projeleri için sektörel planlama, saha ön etütleri, ihale süreçleri, inşaat ve işletme izinleri gibi hususları düzenlemektedir.
b. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu (Erneuerbare Energien Gesetz): Yenilenebilir enerji kaynakları, tarifelendirme, şebeke bağlantı önceliği gibi teşvikleri düzenler.
c. Enerji Sanayi Kanunu (Energiewirtschaftgestez): Şebekeye bağlanma koşulları, sistem iletim işleticisinin yükümlülükleri gibi konuları içermektedir.

Almanya'da DRES projelerinin yapılabilmesi için aşağıdaki adımlar izlenmektedir;

a. Münhasıriyet (Exclusivity): İhaleyi kazanan firma, planlama prosedürlerini başlatmaktadır. DRES projesinin yapılacağı sahada her türlü çalışma ve ön etütlere başlanmaktadır. DRES proje sahasının Deniz Mekansal Planlama işlemleri federal hükümet tarafından yürütülmektedir.
b. Saha Gelişim Planı: Federal Deniz ve Hidrografya İdaresi (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie-BSH), Saha Gelişim Planı (Flachenentwicklungsplan) 2026-2030 yılları arasını kapsayacak şekilde hazırlamaktadır. Bu planda DRES'lere tahsis edilecek bölgeler ve özel sahaların yeri belirlenmektedir. Offshore Wind Energy Act Kanununa göre, Saha Gelişim Planı 2021-2023 arası 1 GW, 2024'te 3 GW ve 2025'te 4 GW olarak planlanmıştır.
c. Saha Ön etütleri: İhale yapılmadan önce saha önetütleri yapılır. Alman Şebeke İşleticisi (Bundesnetzagentur) bağlantı olanaklarını araştırmaktadır.
d. İhale Süreci: Son adım olarak ihale sürecinin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına göre düzenlenmesidir. Bundesnetzagentur tarafından koordine edilmekte ve en düşük tarifeyi teklif eden firmaya verilmektedir. 2021 yılı için tarife fiyatı üst limiti olarak 2018 yılında verilen en düşük fiyat olmuştur. 2021-2025 yılları arasında ihale üst limiti aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tablodaki değerlerden daha en düşük tarifeyi veren proje ihaleyi kazanacaktır ve alım garantisi 20 yıldır.

Tablo 4.1. Almanya DRES elektrik tarife ihale üst limitleri.

İhale süreci	**Planlanan Kapasite (MW)**	**Planlanan Ticari İşletme Tarihi**	**İhale fiyatı (EUROc/kWh)**
1 Eylül 2021	225/433/300	2026	7.3
1 Eylül 2022	930	2027	6.4
1 Eylül 2023	420/480	2028	6.2
1 Eylül 2024	630/270/1000/1000	2029	6.2
1 Eylül 2025	1000	2030	6.2

Yapılmış bazı DRES ihalelerine ait özet bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.2. Almanya'da DRES ihalelerine ait özet bilgiler.

Proje Sahası (Kuzey/Baltık Denizi)	**Kurulu Güç (MW)**	**İhale Tarihi**	**İhale Fiyatı (EUROc/kWh)**
2/1	225/433/300	1 Eylül 2021	7.3
1/0	930	1 Eylül 2022	6.4
2/0	420/480	1 Eylül 2023	6.2
4/0	630/270/1000/1000	1 Eylül 2024	6.2
4/0	1000	1 Eylül 2025	6.2
Proje Adı	**Kurulu Güç (MW)**	**İhale Tarihi**	**İhale Fiyatı (EUROc/kWh)**
Gode Wind 3	110	13 Nisan 2017	6.1
Borkum Riffgrund West	240	13 Nisan 2017	Piyasa Fiyatı
He Dreiht	900	13 Nisan 2017	Piyasa Fiyatı
OWP West	240	13 Nisan 2017	Piyasa Fiyatı

DRES Zaman Planı

Almanya'da DRES zaman planı Offshore Wind Energy Act Kanununda belirlenmiştir. Süreçler aşağıdaki şekilde ilerlemektedir;

a) İhaleyi kazanan firma Federal Deniz ve Hidrografya İdaresine 12 ay içerisinde gerekli izin dökümanlarını sunmaktadır,
b) Şebeke bağlantısından 24 ay önce DRT, temel, şalt sahası, denizaltı kablolama ile ilgili satınalma ve finansman dökümanlarının sunulması,
c) Şebek bağlantısından 6 ay önce DRES projesinin bitirilmesi,
d) Şebeke bağlantısından sonra bütün DRT'lerin sorunsuz çalışması şeklinde süreç işlemektedir.

İzin Prosedürü

Almanya'da DRES projelerinin izin ve onay işleri Offshore Wind Energy Act ve Renewable Energy Law kanunlarında belirtilmiştir. DRES'lerde en önemli Kurum Federal Deniz ve Hidrografya İdaresidir (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie-BSH). BSH'den alınan planlama onayı bütün ruhsat ve izinleri kapsamaktadır.

Elektrik Satış Prosedürü

Elektrik satışı, elektrik satış anlaşması yoluyla yapılmaktadır. İhaleyi kazanan firma, 20 yıllık alım garantisine hak kazanmaktadır.

Şebeke Bağlantı Prosedürü

Şebeke bağlantısı ile ilgili yasal prosedür Energy Industry Act Kanununda belirlenmiştir. Üç özel iletim sistem işleticisi olan TenneT, Ampirion ve 50Hertz şirketleri DRES enerji iletim hattının finansman, inşaat ve işletmeden sorumludur. Hattın maliyeti iletim sistem işleticileri tarafından son kullanıcıya yansıtılmaktadır.

DRES Saha Tahsisi

Saha tahsisi ihaleyi kazanan firmaya Federal Hükümet tarafından yapılmaktadır. Deniz sahalarının kullanımı ve yetkilendirme hakkı Federal Hükümet tarafından yapılmaktadır. Saha ile ilgili belirlenen

bedel DRES işleticisi tarafından ödenmekte; kablo güzergahının kira ödemeleri iletim sistem işleticisi tarafından karşılanmaktadır.

4.2 Amerika Birleşik Devletleri

ABD'de Denizüstü RES çalışmaları gittikçe hızlanmaktadır. Avrupa ve Çin'e kıyasla geç kalmış olsa da önümüzdeki dönemde projelerin hızlanarak işletmeye geçeceği görülmektedir. Atlantik Okyanusu kıyısında bazı DRES projeleri için federal izinler verilmiştir. DRES projelerinin karbon sıfır elektrik üretimi ve kıyı bölgelerde yeni istihdam olanakları açacak olması bu projeleri ABD'nin hızlandırmasına yol açmıştır. ABD, DRES projeleri için 10 yıllık %30 vergi indirimi (tax credit) uygulamaya koymuştur. 2030 yılı için 70 GW hedef koymuştur.

Denizüstü RES deniz alanı kullanımı izinlerinin verildiği sahanın çoğu kıta sahanlığı dışında (Outer Continental Shelf) kalmaktadır. Özellikle yüzer temel çözümlerinin gelişmesi derin sularda proje yapabilmesini mümkün hale getirmektedir. ABD İçişleri Bakanlığı ile Okyanus Enerji İdaresi (Bureau of Ocean Energy Management-BOEM), DRES projelerine izin süreçlerini yönetmektedir. BOEM, şimdiye kadar 16 adet DRES proje izni vermiştir. Massachusetts açıklarında bulunan Vineyard DRES 800 MW kurulu güçle en ileri aşamada olan projedir. Toplam yatırım tutarı 2.8 milyar USD ve 70 adet DRT kullanımı planlanmaktadır.

DRES Yasal Süreç

2005 yılında giren The Energy Policy Act yasasına göre denizlerde kurulacak enerji projelerinin idari izin süreçleri BOEM tarafından yürütülmektedir. Çevre ve teknik hususlara göre BOEM deniz saha kullanım iznini vermektedir. BOEM'in izin ve onay süreçlerinde çevresel hassasiyetler önemli bir rol oynamaktadır. Aşağıdaki kurum ve mevzuatlar çerçevesinde izinler verilmektedir:

a. National Environmental Policy Act,
b. The Endangered Species Act,
c. Migratory Bird Treaty Act,
d. Coastal Zone Management Act,
e. Marine Mammal Protection Act,
f. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA),
g. National Fisheries Service,
h. Army Corps of Engineers,
i. Federal Aviation Administration,
j. US Coast Guard.

Deniz trafiğinin düzenlenmesi ve DRES etkileşimi ile ilgili US Coast Guard ile çalışılmaktadır. Ayrıca ABD gemi sanayisinin korunması için Jones Act Yasası, DRES projelerinin sanayi üretimi kısmında müdahil olmaktadır. Kıta sahanlığı dışındaki izni İçişleri Bakanlığı vermektedir. Bu sürece güvenlik, çevre koruma, gemi trafiği, oşinografik yapı gibi birçok parametreye bakılmaktadır.
Yasal düzenlemeler, planlama ve analiz, kiralama, saha değerlendirme ile inşaat ve işletme olmak üzere 4 ana başlıkta sayılabilir. Planlama ve analiz aşamasında BOEM aday DRES sahalarını belirlemektedir. DRES için en uygun ve verimli sahaları belirlemektedir. DRES için en uygun ve verimli sahalar Wind Energy Areas Programı kapsamında geliştirilmektedir. İkinci aşama olan deniz saha kiralama (Lease), BOEM tarafından rekabetçi bir ihale yapılarak adaylar ihaleye davet edilir. İhale sonrası, kazanan firma/konsorsiyum teknik çalışmalara başlar. 3. Aşama, DRES aday sahası için saha değerlendirmelerinin yapıldığı süreçtir. Bu süreçte meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümler yapılır. Son aşamada DRES inşaat ve işletme planı BOEM'e sunulur. Bu plan demontajın yapılacağı süreci de içermektedir. BOEM, bu süreçlerde Çevresel Etki Değerlendirmesi hususunu da dikkate almaktadır. ABD'de 3 deniz miline kadar eyalet seviyesinde; 3-200 mil arası federal seviyede izin gerektirmektedir.

DRES Deniz Kiralama Prosedürü

EPAct, Madde 388'e göre, İçişleri Bakanlığı, Renewable Energy Programme Regulations mevzuatına göre DRES sahası için yıllık kiralama bedeli alınmaktadır; 300 acre için 500658 USD kiralama bedeli ödenmektedir.

DRES Şebeke Bağlantısı

ABD Enerji Bakanlığı'nın 2014 yılında yürürlüğe koyduğu National Offshore Wind Energy Grid Integration Programına göre, 2030 yılına kadar 54 GW DRES kapasitesinin şebekeye bağlanabileceğini belirtmiştir. Diğer bir öneri New Jersey ve New York civarında havza TM ler inşa

edilerek DRES lerin buraya bağlanabileceği yönünde olmuştur. DRES iletim hattı ile ilgili olarak meri mevzuatta bütün maliyet DRES yatırımcısı tarafından üstlenilmektedir.

ABD'de Eylül 2023 tarihi itibariyle 42 MW işletmede ve 51400 MW geliştirme aşamasındadır. 32 adet deniz taban kiralama geliştirme aşamasındadır. 51400 MW içide 938 MW inşaat halinde, 16564 MW ileri geliştirme aşamasında ve 33875 MW ön planlama safhasındadır. ABD'nin doğu sahilinde 43115 MW, batı sahilinde 8262 MW kapasite geliştirmeye çalışılmaktadır. Toplamda 20 milyon evin ihtiyacı karşılanacaktır.

4.3 Belçika

DRES projeleri Belçika'da 2019-2020'de hız kazanmıştır. 2300 MW DRES kurulu güç kapasitesi ile 8 TWh elektrik üretmekte ve Belçika'nın toplam elektrik tüketiminin %10'una tekabül etmektedir. Yapılan DRES ihaleleri, Belçika'nın Kuzey Denizi kıyılarında yapılmaktadır. 2020-2026 dönemini kapsayacak şekilde Deniz Mekansal Planlama (maritime spatial plan) hazırlanmıştır. Mevcut 225 km^2 Hollanda ile deniz sınır bölgesine ek olarak Fransa sınırına yakın deniz bölgesinde 281 km^2 lik yeni bir DRES proje alanı belirlenmiştir. Belçika 2019 yılında yayınladığı kanunla, 2023 yılında yapılacak DRES ihalelerini rekabetçi şartlarda yapacaktır.

İlk DRES projesini (1. Faz) 2020 yılında devreye alan Belçika, 2300 MW kurulu güce ulaşmıştır. 2025-2026 döneminde (2. Faz) DRES projelerini devreye alarak 2000 MW ek kapasite planlamaktadır. Bunun için şebeke entegrasyon konusunda çalışmalar devam etmektedir. 2030 yılı için 5.8 GW hedef koymuştur.

DRES Teşvik Sistemi

Belçika, Federal Hükümet sistemi ile yönetilen bir devlettir ve enerji kanunları Federal Meclis tarafından yürürlüğü sokulmaktadır. DRES projelerinin geliştirilebilmesi için Enerji Piyasası Kanunu (Electricity Market Act) ile mümkün olabilmektedir. 1999 yılında yürürlüğü giren Kanuna 2019 yılında bazı düzenlemeler eklenerek DRES projelerinin önü açılmıştır. Yapılan 2 ana düzenleme ile kapasite mekanizması ve rekabetçi ihale süreci Kanuna eklenmiştir. 20 Mart 2020 tarihinde 2. Faz için Deniz Mekansal Planı hazırlanmıştır. Yeni ihale mekanizması için Kraliyet Tebliği (Royal Decree) ile önümüzdeki dönemde yayınlanacaktır. Taslak tebliğe göre, ihale, ön etüt, inşaat, montaj ve imtiyaz süresi 30 yıl olacaktır. İhaleyi kazanan gerekli izin ve onayları hazır olarak işe başlayacaktır. Gerekli bütün diğer ÇED vb gibi süreçlere hükümet aktif bir şekilde müdahil olacaktır. İletim hattı çalışmaları sistem iletim şirketi Federal Electricity and Gas Agency koordinasyonunda ilerlemektedir. Mevcut yasal durumda yatırım için aşağıdaki teşvikler verilmektedir;

a. Yeşil sertifika sistemi. DRES'ten üretilen elektrik için şebeke operatörü minimum garanti ettiği fiyat veya piyasada daha yüksek fiyata satabilme,
b. Denizaltı kablo için sübvanse.

Elektrik Piyasası Kanununda yapılan değişiklikler ile teşvikler 15 yıllık olarak düşünülmüştür.

2. Faz DRES projelerine ait zaman planı Royal Decree ile açıklanacaktır.

İzin Prosedürü

Belçika'daki DRES proje izni ve şebeke bağlantısı Federal Enerji Bakanlığı tarafından koordine edilmektedir. İletim Sistem İşleticisi ve Commission for Electricity and Gas Regulation tarafından teknik detaylar hazırlandıktan sonra gerekli izinler Enerji Bakanı Olur'u ile verilmektedir.

Elektrik Satış Prosedürü

Federal Elektrik Piyasası Kanunu, Elektrik Satış Anlaşması ile ilgili özel hükümleri içermemektedir; genel piyasa satış şartlarını belirlemektedir. Gelecekte teşvik sistemi hükümet tarafından önceden belirlenmeyeceği bir sisteme doğru evrilecektir.

Şebeke Bağlantı Prosedürü

Federal Elektrik Piyasası Kanununa göre DRES şebeke bağlantısı, Modüler Denizüstü Şebeke (Modular Offshore Grid-MOG) projesi kapsamında yürütülmektedir. Şu anki mevzuata göre, sistem iletim işleticisi (Elia) finansman, inşaat ve işletmeden sorumludur. DRES şalt sahası ile trafo merkezi arasındaki denizaltı kablo maliyeti ise Elia ve DRES yatırımcısı tarafından ortaklaşa üstlenilmektedir. Bu maliyet, daha sonra elektrik tarifelerine yansıtılarak son kullanıcılara ödetilmektedir. İletim

hattının işletilmesi ve bakımı Elia tarafından yürütülmektedir. DRES yatırımcısı hasar, teknik arıza veya bakımdaki gecikmelere karşı anlaşmalarla korunmuştur. Ancak her bir olay için 5 000 000 EURO üst limit konulmuştur.

DRES Saha Tahsisi
Belçika'nın Kuzey Denizindeki kıyısı 66 km olup Kuzey Denizinin toplam alanının %0.5'ini içermektedir. DRES kurulabilecek saha Deniz İmar Planı ile belirlenmiştir. 1. Fazdaki DRES projeleri için Mart 2014 yılında Kraliyet Tebliği ile belirlenecek DRES yatırımcılarına tahsis edilmiştir. 2. Faz DRES projeleri için 22 Mayıs 2019 tarihli Kraliyet Tebliği ile belirlenmiş ve 2023 yılına kadar bu ihalelerin bitirilmesi planlanmıştır. DRES projelerinin inşaat sırasında çevresel konularda gerekli hassasiyetleri göstereceği ve ÇED yükümlülüklerine uyacağı taahhüt altına alınmaktadır. Her DRES güvenlik bölgesi ile çevrilmektedir. DRT'ye 75 m ve DRES çevresinde 500 m emniyet bandı konulmaktadır.

4.4 Çin
Çin Ulusal Enerji İdaresi (National Energy Administration) tarafından açıklanan verilere göre Çin'in yenilenebilir enerji kapasitesi 2022 yılı sonu itibarı ile 1 TW'a ulaşmıştır. Bu kapasitenin 370 GW'ı hidroelektrik, 300 GW'ı rüzgar 283 GW'ı güneş enerjisi ve 29.56 GW'ı biyokütle olarak sıralanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları 2022 yılı sonu itibarı ile toplam kapasitenin %52.44'ünü oluşturmaktadır. 2022 sonu itibarı ile küresel denizüstü RES kapasitesi 65 GW'a ulaşmıştır ve Çin %50'lik kapasiteyi oluşturmaktadır. Çin DRES piyasası dünyadaki en hızlı gelişen piyasadır. Çin'de DRES tarifesi 0.64 RMB/kWh (8 EUROc/kWh) tarife verilmektedir. Çin Devleti, önümüzdeki yıllarda DRES kapasitesini artıracağını açıklamıştır. 2030 yılına kadar 100 GW hedef konulmuştur.

DRES Mevzuatı
DRES projeleri ile ilgili mevzuat biraz komplekstir. Hem merkezi hem de yerel otoriteler izin sürecine müdahil olmaktadır. İletim sistem operatörünün üretilen bütün elektriği satın alma zorunluluğu bulunmaktadır. Çin Hükümeti DRES tarife ve teşvikleri gittikçe azaltmaktadır. Merkezi Hükümet önce teşvik mekanizmasını sağlamakta iken; Ekonomi Bakanlığı tarafından kurulan Yenilenebilir Enerji Kalkınma Fonu DRES projeleri için teşvikleri düzenlemektedir. Yabancı yatırımcıların Çin'de proje geliştirmesi hala kolay değildir ancak önümüzdeki dönemde bu durumun iyileşmesi beklenmektedir.

DRES Teşvik Sistemi
DRES projelerinin teşvik sistemi için merkezi ve yerel bir çok kanun ve yönetmelik bulunmaktadır. 26 Aralık 2009 tarihli Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu teşvik sistemininin çerçevesini çizmiştir. Kanunda DRES projeleri ile ilgili proje geliştirme, inşaat, proje onayı, lisanslama, saha seçimi, çevresel durum gibi detaylar tarif edilmiştir. Diğer bazı kanun ve yönetmeliklerde şebeke bağlantısı, elektrik satışı, teşvikler ve deniz alanlarının kullanımı ile ilgili hükümler yer almaktadır. DRES projelerine müdahil olan Kurumlar ve görevleri aşağıda özetlenmiştir;

a. National Energy Administration (NEA), enerji sektörünü düzenleyen kuruluştur. Ulusal seviyede DRES gelişim planlarını açıklayan kurumdur. Bu kurumun bölge şubeleri, bölgesel DRES planlarını hazırlamaktadır. Örneğin Guangdong Eyaleti 2017-2030 gelişim planı incelendiğinde; bölgesel hedeflerin konulduğunu görülmektedir. Yerel NEA ofisi, DRES İnşaat Planı hazırlamaktadır. Bu planda inşaatı başlayacak DRESler yer almaktadır. Ayrıca, idari planlama, geliştirme, projelerin seçimi, ihale süreci ve lisans verilmesi gibi süreçlerde NEA sorumluluğundadır.
b. Devlet Oşinografi İdarresi, Doğal Kaynaklar Bakanlığı'na bağlıdır. Bölge ofisleri ile deniz sahalarının onayından sorumludur. Denizaltı kabloların güzergahı, deniz trafik güvenliği, çevresel etkilerin yönetiminden sorumludur.
c. NRDC, DRES elektrik satış tarifesinin belirlenmesinden sorumludur.
d. Ekonomi Bakanlığı, DRES projelerinin teşviklerinden sorumludur.
e. Bilim ve Teknoloji Bakanlığı, DRES projelerinin AR-GE çalışmalarından sorumludur.
f. İmar ve İskan Bakanlığı Şehir ve Kırsal Bölge Geliştirme İdaresi, imar ruhsatlarının verilmesi sürecini yönetmektedir.
g. Devlet Piyasa Düzenleme İdaresi (State Administration for Market Administration), ulusal teknik standartları belirlemektedir.

Proje Geliştirme Süreci

Çin'de geçen 10 yıl içindeki proje uygulamaları incelendiğinde, yerel NEA ofisinin DRES Proje Planı çerçevesinde yapıldığı görülmektedir. Yerel NEA ofisi DRES proje başvurusu yapan yatırımcıya gerekli ön etütlerin yapmasını talep etmektedir. Bu ön etütlerin arasında meteorolojik ölçümleri, hidrografik ölçümler, oşinoğrafik ölçümler, jeolojik ölçümler bulunmaktadır. Daha sonra ihale süreci için başvuru sahibi davet edilmektedir. 2019 yılından önce bazen DRES proje geliştirme mümkün iken artık NEA ihalesi ile belirlenmektedir. İhale süreci, Rekabetçi Tahsis Rehberi (Competitive Allocation Guidance) isimli prosedüre göre yönetilmektedir. Bazı eyaletlerin DRES projeleri için özel kuralları bulunmaktadır. Çin'de DRES konusunda aktif eyaletler arasında özellikle Shanghai, Shandong, Zhejizang, Fujian dikkati çekmektedir. Rekabetçi Tahsis Rehberi aşağıdaki hususları içermektedir;

a. Uygulayıcısı Önceden Belirlenmiş Projeler (Pre-identified Developer Project): Bu projeler, yerel NEA ile geliştirme anlaşması (Development Agreement) imzalamış ve ön etütleri bitmiş projelerdir. Yerel NEA bazı proje kıstaslarına göre projeleri inceleyerek puanlama yapmaktadır ve yüksek puan alan projeler İnşaat Planında öne alınmaktadır. Bu projeler için ihale prosedürü uygulanmamaktadır.
b. Önceden Belirlenmemiş Projeler (Non-identified Projects): Bu projeler yerel NEA ve yerel hükümet tarafından birlikte organize edilerek ihale süreci işletilmektedir. Proje yatırımcısının seçiminde aşağıdaki kriterlere bakılmaktadır;
    - Başvuru sahibinin teknik kapasitesi,
    - Geçmişte yaptığı işler ve tecrübesi,
    - Kullanılan teknoloji,
    - Tarife fiyatı (%40),

Projenin teknik parametrelerine daha fazla önem verilmektedir. Tarife fiyatı, ikincil planda kalmaktadır.

DRES Teşvik Sistemi

Çin'de kamu şebeke operatörleri olan State Grid Corporation, DRESlerin ürettiği elektriğin tamamını almakla yükümlüdürler. Karasal RES projelerinde sadece garanti edilen üretim miktarı alınmaktadır. NEA, DRES elektrik tarifesini 2014, 2017 ve 2019'da ilan etmiştir. Bu tarifeye Wind Power Benchmark Tariff adı verilmektedir. Rekabetçi Tahsis Rehberi, DRES elektrik tarifesini piyasa koşullarına göre güncellemektedir. Ekonomi Bakanlığı'nın merkezi hükümet tarafından verdiği teşvikler 31 Aralık 2021 tarihine kadar işletmeye geçecek olan projeler için geçerlidir. Merkezi hükümetin teşvikleri, proje ömrü boyunca 52 000 saat çalışan DRES projelerine verilmektedir.

DRES Proje Zaman Planı

Çin, Offshore Wind Power Measures ve Wind Power Interim Measures prosedürlerine göre proje onayı yerel NEA Ofisi tarafından verilmektedir. Bu onayı müteakip 2 yıl içerisinde inşaata başlanması gerekmektedir. Bu süre içerisinde inşaata başlanamaması halinde proje onayı iptal edilmektedir. İlk DRT temeli inşaatına başlandığında inşaat başlamış sayılmaktadır. DRES proje onayına kadar aşağıdaki süreçler işlemektedir;

1) Hazırlık Faaliyetleri
    a. Çevresel Etkileşim Değerlendirmesi (ÇED) için konu ile ilgili şirketlerle anlaşılarak ÇED raporu hazırlanır ve yerel Oşinografi İdaresine sunularak olumlu görüş alınır.
    b. Devlet Oşinografi İdaresinden deniz sahasının tahsisi alınır.
    c. Denizaltı kablo güzergah çalışmaları ve deniz jeolojik etütleri için yerel Oşinografi İdaresinden onay alınır.
    d. DRES projesinin karaüstünde kullanılacağı yerler ile ilgili Arazi ve Kaynaklar Bakanlığı'nın bölge müdürlüğünden ön görüş alınır.
    e. Deniz trafik güvenliğ için yerel Oşinografi İdaresine rapor sunularak onay alınır.
    f. Devlet İş Güvenliği yerel ofisinden iş güvenliği raporu hazırlanır ve iş güvenliği onayı alınır.
    g. İletim sistem işleticisinden şebeke bağlantı onayı alınır.
    h. Proje ile ilgili detaylı bir rapor hazırlanarak finans kuruluşuna sunulur ve finansman niyet mektubu alınır.

2) Yukarıda sayılan ön çalışmalardan sonra yerel NEA ofisinden proje onayı alınır. NEA, proje koşullarına göre ek izin, onay isteyebilir.
3) Yerel NEA'dan proje onayı alındıktan sonra aşağıdaki izin ve onay süreçleri başlar;
    a. Projenin deniz alanlarını kullanma ruhsatı (Certificate of Use of Sea Areas) yerel Oşinografi İdaresi tarafından verilir.
    b. Denizaltı kablo güzergahı için yerel Oşinografi İdaresi izni,
    c. İmar ve İskan Bakanlığı Şehir ve Kırsal Bölge Geliştirm İdaresi yerel ofisi tarafından verilen inşaat ruhsatı.

İnşaat işleri bitirildikten sonra proje yatırımcısı test ve kabul işlemlerine başlar. Çevresel koruma ile ilgili kontroller yapılır. Bu prosedürlerden sonra elektrik üretimi için lisans alınır. Bu lisans yerel NEA tarafından 20-30 gün içerisinde verilmektedir ve 20 yıl süre için geçerlidir; yenileme olanağı da bulunmaktadır. DRES şebeke bağlantısı için aşağıdaki süreçler işlemektedir.

1. Proje onayı alındıktan sonra sistem iletim işleticisi ile sistem bağlantı anlaşması imzalanmaktadır. Bağlantı anlaşmasında şebeke bağlantısı için detaylar yazılmaktadır.
2. Enerji İletim Hattı inşaat ve montaj işlerinin bitirilmesini müteakip DRES devreye alınmadan önce aşağıdaki işlemler yapırılır;
    a. Yerel NEA şebeke bağlantısı için güvenlik hususlarını kontrol eder,
    b. Sistem iletim işleticisi bağlantı anlaşmasını bitirir ve sistem kullanım anlaşmasını imzalar,
    c. Bağlantı noktasındaki trafo merkezindeki işler bitirilerek bağlantı yapılır.

Elektrik Satış Prosedürü
Çin'de şebeke iletim işleticisi DRES'ten üretilen bütün elektriği almakla yükümlüdür. Bu amaçla şebeke işleticisi ile DRES arasında elektrik satış anlaşması (ESA) imzalanmaktadır. Taslak ESA, yerel NEA ve Sanayi ve Ticaret İdaresi tarafından oluşturulur ve tarafların imzasına sunulur. Belirli bir dönem ve sabit elektrik tarifesini kapsayan anlaşmadaki tarife fiyatı ise Rekabetçi Tahsis Rehberine göre belirlenmektedir.

Şebeke Bağlantı Prosedürü
DRES'lerin karadaki iletim şebekesine bağlantısı için çeşitli yasal düzenlemeler bulunmaktadır. Denizdeki alanların şebeke bağlantısının planlanması yerel NEA tarafından yapılmaktadır. Bu karar süreci, NEA ve şebeke işleticisi ile birlikte yapılmaktadır. Şebeke bağlantı elektrik projeleri bağımsız kuruluşlar tarafından hazırlanarak onay alınmaktadır. Proje onayı NEA ve şebeke işleticisi tarafından onaylanmaktadır. DRES şebeke bağlantısının maliyeti sistem işleticisi tarafından karşılanmaktadır. Renewable Energy Law ve Notice on Reducing Burden of the Renewable Energy Enterprises mevzuatına göre bu maliyet, sistem işleticisi tarafından sistem iletim tarifesine eklenerek son kullanıcıya ödetilmektedir. Bu maliyetlerden karşılanamadığı durumlarda ise Renewable Energy Development Fund devreye girerek sistem işleticisi üzerindeki yük hafifletilmektedir.

DRES Saha Tahsisi
Çin'deki denizler devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. DRES yapılabilmesi Certificate of Use of Sea Areas ruhsatı alınmalıdır. Buradaki ruhsat Oşinografi İdaresi tarafından verilmektedir. Sadece saha için değil, denizaltı kablo güzergahı için de ruhsat alınmış olması gereklidir. DRES işleticisi deniz saha kullanım bedeli için Oşinografi İdaresine yıllık deniz saha kullanım bedeli ödemektedir. Bu bedel, Ekonomi Bakanlığı ve Oşinografi İdaresi tarafından belirlenmektedir. Bölgedeki balıkçılık faaliyetlerinin etkilenme durumuna göz önüne alınmaktadır. DRES proje sahası herhangi bir tesis veya 3. Şahsı doğrudan etkiliyorda, santral işleticisi anlaşma yapmak zorundadır.

4.5 Danimarka
Danimarka Denizüstü RES projesini uygulayan ilk ülkedir. 1991 yılında ilk Denizüstü RES Danimarka'da işletmeye alınmıştır. 2050 yılına kadar, kömür, gaz ve petrolden muaf olmak isteyen Danimarka, 2023-2027 yılları arasında 3 adet toplam kurulu güçte 2400 MW Denizüstü RES işletmeye almayı planlamaktadır. Thor DRES olarak adlandırılan bu projelerin planlaması 2020 yılında başlamıştır. Toplam 80-100 DRT olarak planlanan bu projelerin kurulu gücü 800-1000 MW olarak planlanmaktadır. Danimarka Hükümeti, 2020 yılında Climate Agreement kapsamında Hesselo ve Bornholm adalarını enerji adası olarak ilan etmiştir. Hesselo projesi 2 GW, ikinci ada projesi de 3 GW olarak planlanmıştır. 2030 hedefi ise 13 GW'tır.

Denizüstü RES Teşvik Sistemi

Denizüstü RES proje planlaması ve onayı İkli, Enerji ve Tesisler Bakanlığı tarafından verilmektedir. Bu tarz projeler ihale yöntemiyle belirlenmektedir. DRES yapılacak deniz sahaları öncelikle Deniz Mekansal Planları hazırlanarak bölgeler DRES için tahsis edilmektedir. Danimarka, DRES proje sahalarını belirlerken çevresel hassasiyetleri de göz önüne almaktadır. İhale süreci aşağıdaki şekilde ilerlemektedir;

a. Danish Energy Agency tarafından ihale dökümanları ve imtiyaz anlaşmaları (concession agreement) hazırlanmaktadır,
b. İhale için nihai ilan verilmektedir,
c. Tarife fiyatı ve üretimi içeren teklifler sunulmaktadır,
d. İhaleye girecek yatırımcılarla görüşme ve ön eleme süreci yapılmaktadır,
e. Tekliflerin değerlendirilerek seçimin yapılması,
f. İmtiyaz anlaşmasının yapılarak süreç bitirilmektedir.

İhaleyi kazanan yatıcımcıdan çeşitli teminatlar istenmektedir. Teminat, bankadan mektup veya sigorta şirketinden mektup şeklinde olmaktadır. Teminat tutarı, proje bedelinin %10'u civarında olmaktadır. İmtiyaz Anlaşması, DRES'in şebeke bağlantısından sonra 10-15 yıl arası süre için yapılmaktadır.

İzin Prosedürü

Danimarka Enerji Ajansı, 1995 yılında Deniz Mekansal Planlarını hazırlamıştır. 2007 yılında yayınlanan Future Offshore Wind power Sites 2025 raporunda 23 adet potansiyel Denizüstü RES sahası belirlenmiştir. Herbiri 44 km^2 alana sahip ve 4200 MW kurulu gücünde DRES öngörülmüştür. Daha sonra 2012 yılında rapor revize edilerek 15 saha belirlenmiştir. Son olarak 2020 yılında hazırlanan raporda son revizyon yapılmış ve 10 GW DRES kapasitesi belirlenmiştir. Thor DRES sahası, Kuzey Denizinde Nissum Fjord batısında karaya 20 km mesafede 440 km^2 alanda konumlandırılmıştır. İkinci DRES, Hesselo bölgesinde enerji adası Bornholm civarında planlanmaktadır. 2030 yılına kadar işletmeye alınması planlanmaktadır. DRES izin sürecinde Çevresel Etki Değerlendirme planları önem arz etmektedir. Danimarkalı iletim sistem işleticisi Energienet karaüstündeki enerji iletim hattından; DRES yatırımcısı deniz altındaki enerji iletim hattının inşaat, işletme ve bakımından sorumludur. Danish Renewable Energy Act yasasına göre Danimarka karasularında DRES kurulabilmesi için 4 lisans alınması zorunludur. Danimarka'da DRES projeleri için gerekli lisanslar Danish Energy Agency (DEA) tarafından verilmektedir.

a. Ön etütler için lisans: Bu lisans 1 yıl süreliğine verilmektedir. Bu lisansla DRES yatırımcısı, proje sahasında ön çalışmalar yapabilmektedir. Daha sonra ön etüt raporu hazırlanarak DEA'ya sunulur. DRES projesi ile ilgili oluşabilecek çevresel etkiler bu raporda belirtilmektedir. Energienet bu süreçte projenin şebeke bağlantısı ile ilgili ön etüt çalışmaları yürütmektedir.
b. DRT inşaat lisansı: DRES projelerinde kullanılan DRT'lerin inşası için zorunlu olan lisanstır. Ön etüt sonrası hazırlanan ÇED ve detay mühendislik çalışmaları teknik rapor haline getirilerek DEA'ya sunulur ve inşaat lisansı alınmaya hak kazanılır.
c. Enerji kullanım (energy utilization) lisansı: Proje yatırımcısına 25 yıllığına verilen en önemli lisanstır.
d. Üretim lisansı (25 MW üzerindeki elektrik santralları için): 25 MW üzerindeki bütün elektrik üretim tesislerine verilen lisanstır. 20 yıllık süre için verilir, süre uzatımı mümkündür.

Elektrik Satış Prosedürü

DRES projelerinde elektrik satış prosedürü Danish Promotion of Renewable Energy Act yasasına göre, İklim, Enerji ve Tesisler Bakanlığı koordinasyonunda yapılmaktadır. DRES'ler ihalede verilen fiyata göre sabit tarife ve belirlenen çalışma saati üzerinden faaliyet gösterirler. Bazı DRES ihalelerine ait tarifeler aşağıda verilmiştir;

Tablo 4.3. Danimarka'da bazı Denizüstü RES ihalelerine ait bilgi.

Proje Adı	İhale Tarihi	Tarife Fiyatı
Horns Rev 2	7 Temmuz 2004	7 €c/kWh
Rodsand 2	7 Şubat 2008	8 €c/kWh
Anholt	30 Nisan 2009	14 €c/kWh
Horns Rev3	6 Aralık 2013	10 €c/kWh
Kriegers Flak	22 Aralık 2016	5 €c/kWh

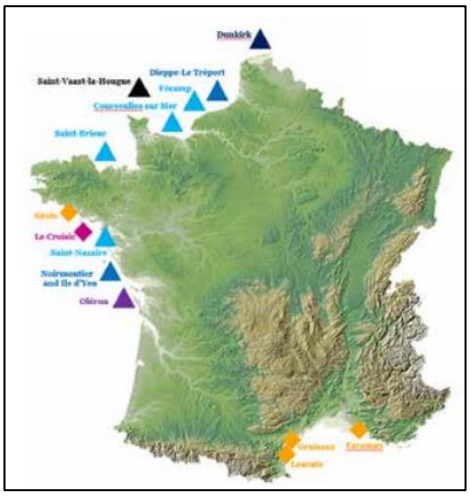
Şebeke Bağlantı Prosedürü
İletim sistem işleticisi Energienet, DRES projelerine uygun bağlantı görüşü oluşturmaktadır. Karaüstü enerji nakil hattı Energienet tarafından; denizaltı iletim hattı ile deniz saha için kablolama DRES yatırımcısı tarafından üstlenilmektedir.

DRES Saha Tahsisi
DRES saha tahsisi, ihaleyi kazanan firmaya kiralanmaktadır. Karaüstündeki enerji nakil hattı için saha sahipleri ile görüşerek kiralanmaktadır. Uzlaşma olmaması durumunda Electricity Safety Act kanunu kapsamında kamulaştırma işlemi yapılmaktadır. Balıkçılar ile ilgili olarak ilgili dernek ve birliklerle anlaşılarak zarar tazmin edilmektedir.

4.6 Fransa
Fransa son 10 yıl boyunca Denizüstü RES konusunda çalışmalar yapmasına rağmen; diğer Avrupa ülkelerine kıyasla oldukça başarısız olmuştur. Bürokratik yavaşlık ve yetersiz teknik çalışmalar bu başarısızlığın ardındaki 2 temel neden olarak gösterilmektedir. Kasım 2017 tarihinde Atlantik kıyısındaki Saint-Nazare'de 2 MW prototip yüzer temel (floating) DRT test için işletmeye alınmıştır. Fransız Hükümeti, DRES teknolojisinin yerel üretim kapasitesini artırmayı hedefleyerek 10 yıl içerisinde diğer Avrupa ülkelerine yetişmeyi planlamaktadır. Fransa'da 1. Faz DRES ihaleleri Temmuz 2011 tarihinde yapılmıştır. 3 GW kapasite için Atlantik Okyanusu kıyılarında planlanmış ve 20 yıl elektrik alım garantili ihaleler Nisan 2012'de sonuçlandırılmıştır. İhaleyi Saint-Brieue bölgesinde Iberdorola/Areva konsorsiyumu, Saint-Nazarre bölgesinde Electricite de France (EDF)/Orsted konsorsiyumu kazanmıştır. 2. Faz ihalede Mart 2013 tarihinde aşağıdaki bölgeler için ilan edilmiştir;

- Dieppe-Le-Treport: 1000 MW
- Islands of Noirmoutier: 500 MW
- Ile d'Yeu: 500 MW

Her 3 projeyi de Mayıs 2014 tarihinde yapılan ihalede ENGIE/EDP Renewables-Neoen Marine/ADWEN konsorsiyumu kazanmıştır. Projelerin 203 yılında işletmeye alınması planlanmıştır.
Fransa, 3. Faz ihaleyi Nisan 2016 açıklamış ve Haziran 2019 tarihinde ihale 600 MW olarak EDF Renouvelables/Innogy SE/Blaurache GmbH konsorsiyumu ihaleyi kazanmıştır. İşletmeye alınması 2025 yılı için planlanmıştır. Fransa yüzer temelli (floating) DRT üzerinde çalışmalarına devam etmektedir. Akdeniz ve Bretagne kıyılarında 4 adet pilot proje çalışmalarına devam etmektedir. 2023 yılına kadar 4 adet DRES işletmeye geçmesi için çalışmalara devam etmektedir. 2030 yılı için 18 GW hedef koymuştur. Fransa'da planlanan DRES projelerinin yerleri aşağıda şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Fransa'da planlanan DRES projeleri.

DRES Teşvik Sistemi
Fransa'daki DRES projelerinin yasal süreçleri French Energy Regulatory Authority tarafından yürütülmektedir. DRES projeleri için 2015-2019 yılları arasında çeşitli mevzuatta düzenlemeler yaparak DRES projelerinin yasal süreçleri oluşturulmuştur. DRES projeleri ihalede belirlenen fiyat ile devletin belirlediği sabit fiyattan satabilmektedir.

Proje Zaman Planı
Projede oluşabilecek gecikmelere karşı yatırımcı korunmaya çalışılmıştır. 1. Faz ihalelerde zaman planı aşağıdaki gibi oluşturulmuştur;

- Proje ihale tarihini müteakip 6 yıl içerisinde %20 ilerleme,
- İhale tarihinden 7 yol sonra %50 ilerleme,
- 8 yıl sonunda DRES montajı bitirilmelidir.

Mayıs 2014 tarihinde 2. Faz DRES ihaleleri için aşağıdaki zaman planı öngörülmüştür;

- İhale tarihini müteakip 87 ay sonra %40 ilerleme,
- İhale tarihinden 99 ay sonra %90 ilerleme,
- 111 ay sonunda DRES montajı bitirilmelidir.

Fransa'da DRES projeleri için 3 ana izin bulunmaktadır; bunlar deniz saha kullanım izni, ÇED izni ve DRT inşaat ruhsatıdır.

Elektrik Satış Prosedürü
Diğer birçok ülkede olduğu gibi, elektrik satış tarifesi ihale yöntemi ile belirlenmektedir. DRES elektrik alım garantisi 20 yıldır. İlk yapılan 1. Faz ihalede elektrik tarifesi 13-15 €c/kWh; 2. Faz ihalede 13.1-13.7 €c/kWh; 3. Faz ihalede ise 4.4-6.1 €c/kWh olarak tarifelendirilmiştir.

Şebeke Bağlantı Prosedürü
Şebeke bağlantısı iletim sistem işleticisi RTE tarafından koordine edilmektedir. Şebek bağlantı maliyeti RTE tarafından üstlenilir ve son kullanıcıya yansıtılır.

4.7 Hollanda
Hollanda'nın Kuzey Deniz sahasının büyüklüğü, toprak yüzölçümünün 1.5 katıdır. Artan enerji ihtiyacı, düşük deniz derinliği, yüksek rüzgar şiddeti ve uygun limanların bulunuşu gibi faktörler DRES projelerini Hollanda için çekici hale getirmektedir. Şu anda işletmede 3 GW kapasite bulunmaktadır. 2018 yılında yayınlanan Offshore Wind Energy Roadmap 2030 strateji belgesine göre 2030 yılına kadar 21 GW hedef konulmuştur.

Denizüstü RES Teşvik Sistemi
DRES ihalelerini, The Netherlands Enterprise Agency (NEA) düzenlemektedir. NEA, çeşitli çalışmalar yaparak DRES sahalarını belirlemektedir. Project Site and Description (PSD) olarak adlandırılan bu süreç, sahanın karakteristiklerini belirlemektedir. İhale süreci ise 2 türlüdür: teşvikli ve teşviksiz. Her iki ihale süreci ile ilgili detaylar The Offshore Wind Energy Act kanununda belirtilmiştir. Teşvik kapsamındaki ihaleler izin süreçlerinde belirlenmektedir. Proje teknik verileri dikkate alınarak süreç Ministry of Economic Affairs and Climate Policy (Bakanlık) tarafından belirlenmektdir. Teşvik olmayan ihalelerde aşağıdaki kriterlere bakılmaktadır:

a. Yatırımcının geçmişteki tecrübeleri,
b. DRES santral teknik dizaynı,
c. DRES kurulu gücü,
d. Sosyal maliyetler,
e. DRES maliyet etkinliği.

Deniz Mekansal Planlama
Bakanlık, DRES projeleri için Deniz Mekansal Planlarını oluşturarak aday sahaları belirlemektedir. İhaleler düzenlenerek bu bölgelerde DRES işletmeye alınması planlanmaktadır. İhale alındıktan sora 4 yıl içerisinde DRES devreye alınmalıdır.

Denizüstü RES Elektrik Satışı
DRES proje geliştirilmesi ve izin süreci birçok tarafın bir araya gelerek inceleme ve değerlendirme sonrası onay sürecini kapsamaktadır.

Denizüstü RES Şebeke Bağlantısı
Electricity Act yasasına göre, sistem iletim işleticisi TenneT, sistem bağlantı iznini vermektedir. Sistem bağlantı ve kullanım anlaşması gereklidir. Enerji nakil hattının maliyetini yatırımcı üstlenmektedir.

Denizüstü RES Saha Tahsisi
Deniz tabanı tahsisi, kablo hattı ve şalt sahası hükümetin iznine tabidir. Geçmiş projelerde 0.98€/MWh yıllık kira bedeli alınmıştır. Bazı DRES ihalelerine ait bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

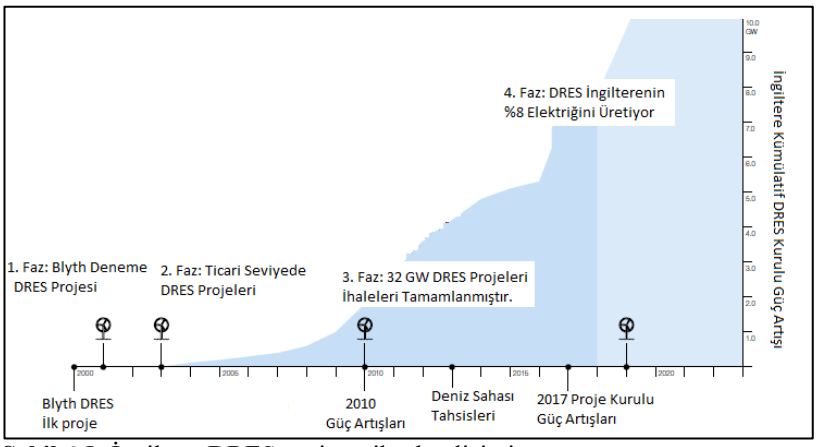
Tablo 4.4. Hollanda'da bazı Denizüstü RES ihalelerine ait bilgi.

Proje Adı	**Kurulu Güç (MW)**	**İhale Tarihi**	**İhale Fiyatı (EUROc/kWh)**
Hollande Kunst (Zuid)	240	19 Mart 2018	Piyasa Fiyatı
Borssele 1&2	702	12 Aralık 2016	7.2
Borssele 3&4	752	12 Aralık 2016	5.4

4.8 İngiltere
İngiltere, Denizüstü RES proje kurulu gücünde Avrupa'da lider konumdadır. Bunun nedenleri;

- Ada devleti olması,
- Deniz tabanı tahsisinin etkin bir şekilde yapılması,
- Yüksek şiddette rüzgar,
- Uygun deniz derinliği,

sayılabilir. 2000'li yıllardan itibaren başlayan DRES projelerinde 4 faz yaşanmıştır. 1. Fazda Blyth DRES deneme projesi ile başlanmıştır ve bunu takiben toplamda 1 GW kurulu güçte 18 adet yeni DRES saha tahsisi yapılmıştır. 2. Faz projeler 2003 yılında açıklanmış ve 7 GW için ihale yapılmıştır. 2010 yılından sonra 3. Faz projeler yüksek kurulu güçlü ve toplamda 32 GW ihale yapılmıştır. 2017 yılında işletmedeki projelerin kurulu güç artışları (extension) yapılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda 2.8 GW yeni kapasite için olumlu görüş verilmiştir. 2030 yılına kadar 80 GW hedef belirlemiştir.



Şekil 4.2. İngiltere DRES proje tarihsel gelişimi.

2022 yılı sonu itibarı ile 7 milyon ev Denizüstü RES elektriği ile tüketimini karşılamaktadır. Avrupanın DRES kurulu gücünün %50'si İngiltere'de bulunmakta ve 40 GW DRES projesi ihalesi yapılmış izin süreçleri devam etmektedir. 30 DRES projesi 2000 civarında DRT ile yakın zamanda işletmeye geçecektir.

İngiliz Hükümeti DRES Hedefleri
İngiliz Hükümeti, Mart 2019 tarihinde aşağıda özetlenen Offshore Wind Sector Deal programını başlatmıştır.

a. 2030 yılına kadar 30 GW işletmeye alma ve toplam altyapı iyileştirmeleri ile birlikte 40 milyon sterlin yatırım,
b. Hükümetin DRES proje ar-ge çalışmaları için 557 milyon sterlin kaynak ayırması,
c. DRES teknoloji ve knowhow ihracından 2.6 milyar sterlin gelir elde edilmesi.

Haziran 2019 tarihinde İngiliz Hükümeti, The Climate Change Act yasasını çıkarmıştır. Bu yasaya göre 2050 yılına kadar net zero emission hedefi koymuştur. Ayrıca 2050 yılına kadar 75 GW DRES hedefi konmuştur. Kasım 2020'de İngiltere aşağıdaki stratejiyi belirlemiştir;

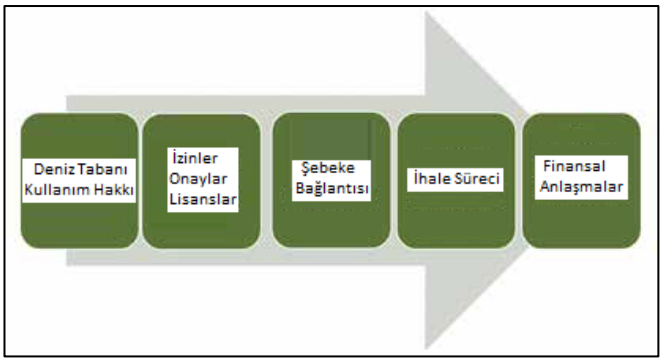
a. 2030 yılına kadar DRES, elektrik üretiminde en yüksek payı alacaktır,

b. Yüzer DRES projelerine özel bir önem verilerek 2030 yılına kadar en az 1 GW yüzer DRES kullanılacaktır,
c. 10 milyon hanenin elektriği yenilenebilir enerjiden karşılanacaktır,

DRES Saha Tahsis Süreçleri
Eylül 2019 tarihinde The Crown Estate, Round 4 olarak adlandırılan denizüstü saha tahsis çalışmalarına başlamış ve bu kapsamda Şubat 2021 tarihinde 6 adet yeni DRES sahası tahsisi yapılarak 8 GW kapasite için yer ayrılmıştır. Bu kapasite ile 7 milyon hanenin evi DRES projelerinden karşılanması düşünülmektedir.

İnovasyon
UK Offshore Renewable Energy Catapult Ekim 2019 tarihinde Yüzer RES Mükemmeliyet Merkezi (Floating Offshore Wind Centre of Excellence) kurarak aşağıdaki çalışmalara başlamıştır:
a. Yüzer RESlerin maliyetinin azaltılması,
b. Yüzer RES sayısının artırılması,
c. İngiltere için civar ülkelere tedarik zinciri oluşturma,
d. Üretim, montaj, işletme ve bakımda yeni teknolojilerin geliştirilmesi.

DRES Teşvik Sistemi
DRES projelerinin genel akış şeması aşağıda görülmektedir. Birinci aşamada deniz tabanı kullanım hakkı alınması gereklidirve bunu izin, ruhsat, onay süreci izlemektedir. Üçüncü aşamada şebeke bağlantısı izni alınır. Finansal anlaşmalar, elektrik satış anlaşması son safhadır.



Şekil 4.3. İngiltere DRES proje akış şeması.

The Crown Estate
DRES proje sahasının tahsisi The Crown Estate tarafından yapılmaktadır. Deniz tabanı tahsisi, projenin en önemli kilometre taşlarındandır. Eylül 2019 tarihinde Round 4 olarak bilinen deniz tabanı tahsis programına göre 8 GW yeni deniz sahası tahsisi yapılmıştır. Round 4'e ait detaylar aşağıda açıklanmıştır;
a. Üç aşamalı ihale süreci işletilecektir. Bu süreç, istekli firmaların kapasitesi, tecrübesi, sundukları projenin teknik detayları incelenerek karar verilmektedir.
b. İhaleyi veren 4 aday DRES tahsis bölgesinde seçim imkanı bulunmaktadır. Bu alanlar, Dogger Bank DRES sahası, Eastern Regions DRES Sahası, Northern Wales ve Irish Sea sahalarıdır.
c. Alınan teklifler en az 3 DRES ihale bölgesinde ve maksimum 3.5 GW kapasitede kabul edilmektedir.
d. 60 yıla kadar uzatılabilen deniz tabanı kiralaması yapılabilmektedir.
e. Deniz derinliği azami 60 m ye kadar olan bölgelerde proje yapılmalıdır.

Doğal Hayatı Planlaması (Plan-Level Habitats Assessment)
EU Habitats Directive, Avrupa Ülkelerinde deniz sahaları ile ilgili doğal koruma yöntemlerini detaylandırmıştır. Natura 2000 kapsamında aşağıdaki 2 hususa dikkat çekilmektedir:
a. EU Habitats Directive kapsamında Özel Çevre Koruma (Special Areas of Conservation),
b. EU Birds Directive Tebliği kapsamında kuşların koruması için Özel Koruma Alanları.

Tebliğe göre bu projelerin bölgenin habitatına etkisi mutlaka ciddi bir şekilde değerlendirilmelidir. İngiltere'de The Conservation of Habitats and Species Regulation 2017, The Conservation of Offshore Marina Habitats and Species Regulations 1995 tek bir mevzuat kapsamında birleştirilerek "Habitats Regulations" olarak adlandırılmıştır. Habitats Regulations kapsamında The Crown Estate Round 4 DRES saha tahsisleri Avrupa'daki diğer DRES sahaları ile çakışmadan tahsis edilmiştir. DRES proje sahasının entegrasyonu bozulmadan tahsis süreçleri yönetilmektedir.

Contracts for Difference (CfD): Yeni DRES ihaleleri CfD teşvik programına göre yapılmaktadır. CfD programı düşük karbonlu emisyon üretim teknolojilerinin desteklenmesi amacıyla uygulamaya konulmuştur. Bu programın 2 temel amacı bulunmaktadır. Birincisi proje sahiplerinin piyasa fiyat dalgalanmalarına karşı korumak; ikincisi elektrik tüketicilerinin yüksek elektrik fiyatlarına maruz bırakmamaktır. CfD programı kapsamında farklı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı özendirilerek her bir yenilenebilir enerji kaynağının kendi içinde rekabet edebilmesi amaçlanmıştır. Şimdiye kadar 2105, 2017 ve 2019 yıllarında 3 adet CfD kapsamında ihaleler yapılmıştır ve 4. ihalenin 2021 yılında yapılması beklenmektedir. İhaleyi kazanan firmalar devlet şirketi olan Low Carbon Contracts Company (LCCC) ile anlaşma yapmaktadır. Proje geliştiricilerine 15 yıl boyunca ve endekslenen tarife üzerinden ödeme yapılmaktadır.

Yatırım Sözleşmeleri (Investment Contracts): Yatırım sözleşmeleri, CfD programı kapsamında DRES projeleri de dahil olmak üzere büyük yatırım gerektiren projeleri kapsamaktadır.

Renewable Obligation Certificate (ROC): Önceleri, büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanan projeler için ana destek mekanizmalarındandı; ancak 31 Mart 2017 tarihinde sonlandırılmıştır. Bu mekanizma ile İngiltere'deki elektrik tedariği sağlayan şirketlerin YEK elektriği alma zorunluluğu getirilmişti.

DRES Zaman Planı
DRES projelerinin zaman planını etkileyen bazı faktörler bulunmaktadır;

a. DRES Saha Kiralama Anlaşması süreci 10 yıllık bir süreyi kapsamaktadır. Ön araştırma, ölçümler, detay mühendislik gibi çalışmalar bu aşamada yapılır.
b. CfD sözleşmesinde yeterli finansmanın sağlanamaması durumunda sözleşmenin feshi.

DRES İzin Süreci
İngiltere'de 100 MW üzerinde DRES projesi Ulusal Önemde Altyapı Projesi (Nationally Significant Infrastructure Project-NSIP) olarak değerlendirilmektedir. 2008 yılında yürürlüğe giren planlama Kanununa (Planning Act) göre Dışişleri Bakanlığı'ndan geliştirme izni gereklidir. Eğer DRES projesi 1-100 MW arasında ise 1989 yılında yürülüğe giren Elektrik Kanununa göre 3 adet izin gereklidir. Üretim lisansı, Elektrik Kanununa göre sistem iletim işleticisi Ofgem tarafından verilmektedir. Çevresel etki değerlendirmesi, ilk alınan izinlerdendir; bütün detay planlama bu süreçten sonra başlar. Denizde çalışabilme lisansı, Marine and Coastal Access Act kapsamında Deniz İdaresi tarafından verilir.

Elektrik Satış Prosedürü
İngiltere elektrik piyasası, dünyada serbestleşmiş ilk elektrik piyasalarındandır. Piyasada birçok oyuncu bulunmaktadır. DRES projelerindeki fiyatlandırma CfD destek mekanizması çerçevesinde yapılmaktadır. CfD ve Yatırım Sözleşmesi kapsamında aşağıdaki yapı kurulmuştur:

a. DRES ten üretilen elektrik için uzun dönemli elektrik satış anlaşması yapılmaktadır,
b. Piyasa fiyatı aşağıda düştüğünde DRES fiyatında düzenleme yapılmaktadır. Bu fiyatlandırma mekanizmasına göre oluşan fiyatlar;
    - İkili anlaşmalarla müzakere edilen Yatırım Sözleşmesine göre Nisan 2014 fiyatı 140-155 Sterlin/MWh
    - Şubat 2015 yılında yapılan CfD kapsamındaki ihale 114.39-119.89 Sterlin/MWh,
    - Eylül 2017 yılında yapılan CfD kapsamındaki ihalede 57.50-74.75 Sterlin/MWh,
    - Eylül 2019 yılında yapılan CfD kapsamındaki ihalede 39.65-41.61 Sterlin/MWh.

Şebeke Bağlantı Prosedürü
DRES şebeke bağlantısı National Grid Administration tarafından koordine edilmektedir. Sistem bağlantı anlaşması yapılarak bağlantı sürecine başlanır. İkinci adım olarak DRES projelerinin bağlanabilmesi için OFTO (Offshore Transmission Owner) uygulaması başlatılmaktadır. Ofgem

tarafından yürütülen OFTO uygulaması, DRES projelerinin sistem bağlantısının en uygun ve ekonomik çözümlerle yapılmasını sağlamaktadır. Hem denizaltı hem de karaüstündeki enerji nakil hattı DRES işleticisi tarafından üstlenilmektedir ve daha sonra Ofgeme devredilmektedir.

DRES Saha Tahsisi
DRES yatırımcısı aşağıdaki süreçlere göre deniz sahası kiralanmaktadır:

a. Deniz tabanı kullanım hakkı ve denizaltı kablo güzergahı kullanım hakkı Kiralama Anlaşması ile The Crown Estate tarafından verilmektedir,
b. Karadaki ENH, DRES yatırımcısı tarafından arazi ile anlaşarak yürütülmektedir. Anlaşamama durumunda kamulaştırma yoluna gidilmektedir.

İşletmeye geçen DRES, yıllık cirosunun %2'si civarında bir bedeli The Crown Estate'ye kiralama bedeli olarak ödemektedir.

DRES Demontaj Programı
Enerji Kanununun 2004 yılında yayınlanan versiyonunun 105 ile 114. Maddelerine göre, Dışişleri Bakanlığının koordinasyonunda maliyeti üstlenilerek demontaj yapılacaktır. Dışişleri Bakanlığına sunulan program ve ÇED raporuna uygun olarak demontaj yapılmalıdır. Demontaj programında aşağıdaki hususlara dikkat edilir;

a. Denizüstü ve denizaltı trafik güvenliğine dikkat etme,
b. Deniz kullanımının potansiyel etkileri,
c. Deniz canlıları ile etkileşim,
d. İş güvenliği,
e. Demontaj maliyeti.

Bazı DRES ihalelerine ait bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.5. İngiltere'de bazı DRES ihalelerine ait bilgi.

Proje Adı	**Kurulu Güç (MW)**	**İhale Tarihi**	**İhale Fiyatı (EUROc/kWh)**
Dogger Bank Creyke Beck A	1200	2024	4.63
Dogger Bank Creyke Beck B	1200	2024/2025	4.86
Dogger Bank Tesside A	1200	2024/2025	4.68
Sofia	1400	2024/2025	4.63
Seagreen	454	2024/2025	4.68
Sofia	1200	2019	4.49
Doggerbank Creyke Beck A	1200	2019	4.49
Doggerbank Creyke Beck B	1200	2019	4.72
Triton Knoll	860	11 Aralık 2017	8.6
Hornsea 2	1386	11 Aralık 2017	6.4
Moray East	950	11 Aralık 2017	6.4
East Anglia One	714	26 Şubat 2015	16.4
Neart Na Gaoithe	448	27 Şubat 2015	15.7
Beatrice	588	23 Nisan 2014	17.3
Dudgeon	402	30 Aralık 2013	18.6

4.9 Polonya
Kömüre dayalı enerji üretim teknolojisinin yerine yenilenebilir enerji kaynakları ile ikame etmek isteyen Polonya, enerji dönüşümünü DRES yolu ile gerçekleştirmeyi planlamaktadır. Gerek AB hedeflerinin tutturulması ve gerekse de modası geçmiş kömür santrallarının kapatılmaya başlaması DRES projelerinin Polonya'da önemini artırmaktadır. Polonya Hükümeti, DRES projelerini YEK kullanımının en önemli parametrelerinden birisi olarak değerlendirmektedir. Henüz işletmede projesi olmayan Polonya, planlamada bir çok projesi bulunmaktadır. Bunlar arasında Polenergia Baltyuk II ve Baltyk III DRES, her biri 720 MW kurulu güce sahiptir. 3. Proje olan Baltyk I, 1560 MW kurulu güce sahiptir ve kamu şirketi olan PGE Baltica grubuna aittir. Polonya, Avrupa'nın önemli DRES

pazarlarından birisi olma yolundadır ve 2030 yılına kadar 12 GW; 2040 yılına kadar ise 18 GW kapasite hedeflemektedir.

DRES Teşvik Sistemi
21 Şubat 2021 tarihinde uzun zamandır beklenen Offshore Wind Act yasası yürülüğe girmiştir. Bu kanun, şebeke bağlantısı, teşvik sistemi, işletme, yerel üretim gibi birçok hususu kapsamaktadır. DRES inşaatı ancak Münhasır Ekonomik Bölge (Exclusive Economical Zone) içerisinde mümkündür. Oşinografik İdaresi Yerel Ofisleri, Deniz İmar Planlarını hazırlamaktadır. Polonya DRES yatırımcılarını ihale yöntemi ile belirlemektedir. DRES ihalelerini Energy Regulatory Office (ERO) koordinansyonunda yapılmaktadır. Birinci faz sayılabilecek olan 5.9 GW DRES projeleri sekiz deniz sahasına paylaştırılmıştır. Bu sekiz projenin maksimum fiyatı 7 EUROc/kWh tarifeye sahiptir. 2. Faz projeler olan 2022 sonrası DRES projeleri için 2025 yılına kadar 2.5 GW ve 2027 yılına kadar 2.5 GW kapasite için ihale süreci işletilecektir. Burada yerel üretim hususu da ön plana çıkarılmaktadır.

DRES Zaman Planı
Offshore Wind Act yasasına göre, ihaleyi kazanan firma ERO'nun elektrik üretim lisansını aldığı tarihten itibaren 7 yıl içerisinde işletmeye geçmelidir.

DRES Şebeke Bağlantısı
Polonya elektrik sistem işleticisi PSE'dir ve DRES projelerinin sistem entegrasyonu için 1 milyar EURO yatrıım planı açıklamıştır. DRES projelerinin enerji nakil hattı maliyeti yatırımcıya aittir.

DRES Elektrik Tarifesi
DRES saha tahsisi için yıllık 5500 EURO/MW civarında bir bedel alınmaktadır.

4.10 Tayvan
Tayvan, DRES projelerine Şubat 2012 tarihinde Bin Türbin Programı (Thousand Turbines Program) kapsamında 2030 yılına kadar 4 GW DRES kapasitesi hedeflemiştir. 2020 yılında hedefler revize edilerek 10 GW'a çıkarılmıştır.

DRES Teşvik Sistemi
DRES proje gelişimi 3 faza ayrılmıştır. Tayvan'da 2012 yılına Ekonomi Bakanlığı Faz 1 kapsamında 4 MW ünite kurulu güçlü 2 adet DRT'yi demonstrasyon projesi işletmeye almıştır. Formasa 1 DRES olarak adlandırılan proje, Nisan 2017 tarihinden bu yana elektrik üretimi yapmaktadır. 2. Faz için Bureau of Energy (BoE) tarafından "Guidelines for Reservation of Offshore Wind Generation Site" Temmuz 2015 tarihinde yayınlanmış ve DRES projeleri için 36 adet aday saha belirlenmiştir. Ekonomi Bakanlığı, 2018 yılı başında Directions for Allocatring Installed Capacity of Offshore Wind Potential Zones yönetmeliğini yayınlayarak 5.5 GW DRES şrbrkr kapasitesini ayırarak ihale prosedürünü belirlemiştir. Elektrik üretimi, özel lisanslama prosüdüröner tabidir ve Electricity Business Act yasası kapsamında Ekonomi Bakanlığı ve BoE tarafından yürütülmektedir.

Deniz İmar Planlaması
BoE, 36 adet aday sahayı Faz 2 DRES geliştirilmesi kapsamında belirlenmiştir. Bu süreç, Site Recordation olarak adlandırılmıştır. Tayvan'da DRES geliştirilebilmesi için aşağıdaki 5 temel süreç bulunmaktadır;

a. ÇED uygunluk alınması,
b. Establishment Permit alınması,
c. Site Recordation uygunluk alınması,
d. İnşaat ruhsatı alınması,
e. Elektrik Üretim Lisansı alınması.

Karaüstü enerji nakil hattı için sistem işleticisi Taipower ile birlikte çalışılarak uygun bağlantı noktası bulunmaktadır.

DRES İzin Prosedürü
Tayvan'da DRES projelerinin geliştirilebilmesi için önemli kamu kurumları aşağıda sıralanmıştır;

a. ÇED uygunluğu için DRES yatırımcısı proje tanıtım dosyasını sunmakla yükümlüdür. Environmental Protection Administration ÇED raporunu inceleyerek görüşünü bildirmektedir. Deniz habitatı ve özellikle Taiwanese White Dolphin (türü tehlikede) dikkate alınmaktadır.

b. Establishment Permit (EP) Onayı: EP onayı için DRES yatırımcısı ÇED onayı, yerel hükümet onayı, deniz saha kullanım onayı vb gibi izinleri alarak Ekonomi Bakanlığı'na sunmaktadır.
c. İnşaat Ruhsatı: DRES yatırımcısı, teknik projelerini Bureau of Energy kurumuna sunarak inşaat ruhsatını alır. Bu onaydan sonra denizüstünde inşaat işlerine başlanabilir.
d. Electricity Business License (Elektrik Üretim Lisansı): Bu lisans, BoE tarafından DRES yatırımcısına verilir. Bu lisans alımı için, DRES yatırımcısının finansal gücünü de gösteren bilgi ve belgelerin sunulması gereklidir.

Şebeke bağlantısı için Taiwan Power Company (Taipower) yetkili kurumdur. Taipower ile elektrik satış anlaşması (ppa) yapılmalıdır.

Faz 3 programı kapsamında Draft Zonal Guidelines aşağıdaki süreçlerden oluşmaktadır;

a. Finansal Yeterlilik: DRES proje başvurusunda bulunan yatıtrımcı toplam yatırım tutarının %5'ine sahip olduğunu kanıtlamalıdır.
b. Görüş Yazıları: Başvuru sahibi, 8 farklı kamu kurumundan uygun görüş almalıdır. Bunlar uçuş güvenliği, radar haberleşme, askeri bölge, gemi trafiği güvenliği, balıkçılık; turizm vb gibi onay yazılarıdır.
c. Proje Dökümanları: DRES proje saha sınırlarının haritası, DRT yerleşimi gibi teknik dökümanlar sunulmalıdır.
d. DRT Bilgileri: Deniz alanlarının etkin kullanımı için DRES projelerinin kurulu gücü en az 100 MW olmalıdır. Her bir km^2 ye 5 MW düşmelidir. DRT'ler arasındaki mesafe 6D (kanat çapını 6 katı) olarak alınmalıdır.

DRES Elektrik Satış Prosedürü
DRES elektriğinin alımı kamu şirketi olan Taipower tarafından yapılmaktadır. 20 yıllık alım garantisi verilmektedir. Elektrik tarifesi Ekonomi Bakanlığı tarafından yıllık olarak belirlenmektedir. Fiyat belirlenirken, ilgili kamu kurumları, üniversiteler ve uzman görüşleri ile birlikte karar verilmektedir. Tarife belirlenirken; bakım maliyeti, balıkçılık derneklerine verilen tazminat, elektrik üretimi vb gibi parametreler dikkate alınmaktadır.

DRES Şebeke Bağlantısı
DRES şebeke bağlantısının planlanması ve inşası kamu elektrik iletim şirketi olan Taipower tarafından üstlenilmektedir. Bakım ve onarım faaliyetleri de Taipower tarafından yürütülmektedir.

DRES Saha Tahsisi
DRES saha tahsisi, National Property Administration (NPA) tarafından üstlenilmektedir. DRES projesi için kullanılacak olan alanlarda devlete ait yerlerde izin/irtifak; özel mülkiyete tabi alanlarda kamulaştırma yapılmaktadır.

4.11 Güney Kore
Güney Kore'nin DRES piyasası önümüzdeki yıllarda gelişim göstereceği düşünülmektedir. Güney Kore Hükümeti 2034 yılına kadar 77.86 GW yenilenebilir enerji hedefi koymuştur ve toplam üretimin %26.3'üne tekabül etmektedir. 17 Haziran 2020 tarihinde Green New Deal programı kapsamında Ministry of Trade, Industry and Energy ile Ministry of Oceans and Fisheries ve Ministry of Environment bir araya gelerek Offshore Wind Generation in Collaboration with Local Residents (OSW Collaboration) çalışmasını başlatmıştır. Bu programa göre 2030 yılına kadar 12 GW DRES ve 87 000 yeni istihdam öngörülmüştür. Şu anda 30 MW Tamra DRES, 60 MW Southwest DRES ve 34.5 MW Yeonggwang DRES projeleri işletmededir.

DRES Teşvik Sistemi
Renewable Portfolio Standart (RPS) destek mekanizması, Güney Kore'deki den önemli YEK destek sistemidir. 2021 yılından itibaren RPS katılımcılarına %10 YEK kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Böylelikle üretim veya tedarik olarak YEK kullanımı teşvik edilmiştir.

DRES İzin Süreci
Herhangi bir elektrik santralı kurabilmek için Electrical Business License (EBL) alınmalıdır. DRES projelerinde öncelikle 1 yıllık meteorolojik ölçümler yapılmalıdır. Bu ölçümler, LIDAR veya sabit sistemlerle yapılmaktadır. DRES yatırımcısı Public Waters Occupancy Permit (PWOP) almalıdır. Bu izin, öncelikle 4 yıllık ön izin olarak verilmektedir. Bu süre içerisinde meteroolojik ölçümler ve

planlama faaliyetleri yürütülmektedir. EBL, 1 yıllık meteorolojik ölçümlerden sonra verilmektedir. Bunu takiben Public Waters Management Administration (PWMA), denizüstü rüzgar türbin montaj iznini vermektedir. Daha sonra ÇED çalışması yürütülmektedir, bunu deniz trafik güvenliği izinleri takip etmektedir. Sualtı arkeolojik izinlerinden sonraki aşamada sistem işleticisi KEPCO, DRES şebeke bağlantısı ile ilgili izinleri vermektedir. EBL, verildikten sonra 4 yıl içerisinde DRES ticari işletmeye geçmelidir. PWMA, 30 yıllığına deniz tabanı kullanımı iznini vermektedir. Bunun için alınan yıllık bedel, en yakındaki kara parçasının kiralama bedelinin %0.5 civarındadır. İzin sürecine Dışişleri Bakanlığı, İçişleri ve Güvenlik Bakanlığı, Çevre Bakanlığı ve Savunma Bakanlığı müdahil olmaktadır. ÇED süreci, 100 MW üzeri elektrik santralları için detaylı ÇED raporu hazırlanmaktadır. Bu raporun hazırlanma ve onay süreci 1 yılı bulmaktadır.

DRES Elektrik Satış Prosedürü
Elektrik satışı ikili anlaşmalar ile yapılmakta ve kamuoyuna açıklanmaktadır.

DRES Şebeke Bağlantısı
DRES yatırımcısı denizaltı kablolama, KEPCO ise karaüstündeki enerji nakil hattı maliyetini üstlenmektedir.

4.12 Hindistan
Hindistan'ın 7500 km den fazla kıyı şeridi uzunluğu bulunmaktadır. Hint Hükümeti, 2030 yılına kadar 37 GW DRES hedefi açıklamıştır. Avrupalı danışman firmalarla çalışarak Offshore Wind Project of India (FOWIND) olarak adlandırdığı bir proje başlatmıştır. Danimarka hükümeti ile de yakın çalışma içinde olan Hindistan denizüstü rüzgar enerjisi kullanım kapasitesini artırmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, Ulusal Denizüstü Rüzgar Enerjisi Programı (National Offshore Wind Energy Policy) yayınlamıştır.

DRES Teşvik Sistemi
Hindistan, DRES ihalelerini rekabetçi bir yapıda yapılmasını istemekte ve yasal düzenlemelerini bunu mümkün kılacak şekilde düzenlemektedir. Halihazırda yenilenebilir enerji kaynaklarına aşağıdaki teşvikler verilmektedir;

a. Gümrük vergi muafiyeti: RES projelerinde kullanılan elektromekanik ekipmana gümrük vergi muafiyeti uygulanmaktadır.
b. Alım önceliği: Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik sistem işleticisi tarafından alım önceliği bulunmaktadır.
c. Saha tahsisi: YEK kaynaklarına dayalı tesislerin saha tahsisi kolaylaştırılmıştır.
d. YEK Portföyü: Her bölgenin belirli bir oran YEK portföyü olmak zorundadır.

DRES İzin Prosedürü
YEK projelerinin ana koordinasyonu Enerji Bakanlığı (Ministry of Power) tarafından yürütülmektedir. Aşağıdaki kurumlar enerji piyasası oyuncularındandır;

a. Merkezi Elektrik İdaresi (Central Electricity Authority-CEA): Elektrik Kanunu (Electricity Act) kapsamında kurulmuştur ve elektrik sektörünü düzenlemektedir. Santralların planlanması, inşaat standartları, iletim hatlarını planlar.
b. Elektrik Piyasası Düzenleme Komisyonu (Electricity Market Regulatory Commission): Elektrik tarifelerini, elektrik iletim lisansını düzenlemektedir.
c. Merkezi İletim İşleticisi (Central Transmission Utility): Eyaletlerar asındaki elektrik iletim sisteminden sorumludur.

4.13 Vietnam
Vietnam 3400 km sıyı şeridine sahip ve Dünya Bankası Raporuna göre 457 GW DRES potansiyeli olan bir Asya ülkesidir. Vietnam'da Mekong Delta Gölgesinde yerel bir yatırımcı tarafından geliştirilerek işletmeye alınmış 99 MW DRES bulunmaktadır. Bununla beraber DRES projelerinin geliştirilmesi için Vietnam'da ciddi bir istek ve hedef bulunmaktadır. GWEC 2023 Global Offshore Wind Report çalışmasına göre, Vietnam; Çin, Tayvan, Güney Kore ve Japonya ile birlikte Asya'daki önemli pazarlardan birisi olacaktır. 2030 yılına kadar 6 GW hedef açıklamıştır. Halihazırda aşağıdaki projeler geliştirme aşamasındadır:

a. Soc Trang Bölgesinde Phu Cuong Projesi (800 MW),
b. Vung Tau Bölgesinde HBRE Projesi (500 MW),
c. Ba Ria ve Vung Tau Bölgesinde Thong Projesi (3.4 GW),
d. Binh Thuan Eyaletinde LaGan Projesi (3.5 GW)

Vietnam Hükümeti, Power Develeopment Master Plan (PMDP) çerçevesinde 2025 yılına kadar 6 GW işletmede DRES hedeflemektedir.

DRES Teşvik Sistemi
DRES projeleri için özel bir teşvik yoktur; karaüstündeki RES lerden daha yüksek bir tarife ödenmektedir. DRES projeleri için 9.8 USDc/kWh tarife fiyatı verilmektedir.

Deniz Mekansal Planları
Vietnam'da Deniz Mekansal Planlama, Doğal Kaynaklar ve Çevre Bakanlığı tarafından hazırlanmaktadır. Bu kapsamda Bakanlık bir plan hazırlamıştır. Yatırımcı en az 12 aylık meteorolojik ölçümler yaparak ön rapor hazırlamalıdır. İkinci aşamada Başbakanlıktan yatırım onayı alınmalıdır. Bu onay; kapasite, yatıırm tutarı ve zaman planı gibi detayları içeren bir raporla birlikte verilmektedir. Eğer yabancı yatırımcı var ise, Vietnamlı ortağı ile birlikte Doğrudan Yabancı Yatırımcı Proje Onayı da almalıdır. Bu onay, Planlama ve Yatırım Bakanlığı tarafından verilmektedir. Dördüncü aşamada Yatırım Kayıt Sertifikası alınmalıdır. Bu onaylardan sonra aşağıdaki izin ve ruhsatlar alınmalıdır;

a. Deniz saha tahsis onayı,
b. Karaüstünde kullanılacak yerlerin kiralama/kamulaştırma onayı,
c. ÇED onayı,
d. İnşaat ruhsatı,
e. Elektrik Düzenleme İdaresinden elektrik üretim lisansı.

DRES yatırımcısı Vietnam elektrik şirketi (Vietnam Electricity-EVN) ile elektrik satış anlaşması (ESA) imzalamaktadır. ESA kapsamında EVN 20 yıllık alım anlaşması imzalamaktadır.

Şebeke Bağlantı Prosedürü
DRES şebeke bağlantısının maliyeti, DRES yatırımcısı tarafından üstlenilmektedir.

4.14 İncelenen Ülkeler DRES Kurulu Güç ve Hedefler
Dünya Ülkeleri 2030 yılı için en net hedefleri DRES projeleri kosusunda ortaya koymuştur. Aşağıdaki Tablo ile Ekim 2023 itibarı ile bazı ülkelerin DRES kurulu güç, 2023 yılı inşaatı devam eden ve 2030 hedeflerini vermektedir.

Tablo 4.6. Bazı ülkelerin DRES işletme/inşaat kapasiteleri ve 2030 DRES hedefleri.

Ülkeler	**Kurulu Güç (MW)**	**İnşa Halinde (MW)**	**2030 Hedefi (GW)**
Çin	25 563	3388	100
İngiltere	13 601	2790	50
Almanya	8043	257	30
Hollanda	3010	2529	21
Danimarka	2342	-	13
Belçika	2262	-	5.8
Fransa	482	976	18
Vietnam	396	-	6
Taiwan	237	2505	10
Japonya	225	129	-
İsveç	191	-	-
ABD	-	-	70
Türkiye (2035)	-	-	5

BÖLÜM 5: DENİZÜSTÜ RES KAZANILAN TECRÜBELER

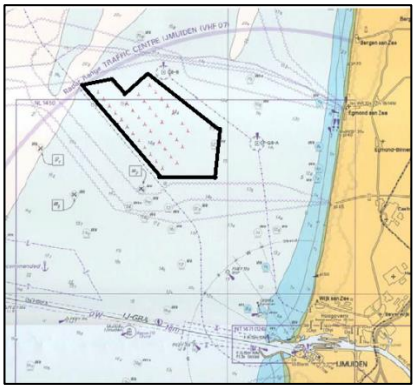
Avrupa Ülkelerinde işletmede olan bazı DRES projelerine ait tecrübeler ülkemiz için aydınlatıcı olacaktır. Hollanda, Danimarka, Almanya, İngiltere ve Belçika'da yapılan ilk Denizüstü RES projelerine ait tecrübeler incelenmiştir ve bu tecrübelerden ülkemiz mutlaka yararlanmalıdır.

5.1 OWEZ Denizüstü RES (Hollanda)

Hollanda'nın ilk projesi olan Egmond aan Zee DRES (OWEZ) projesinin başlangıcı 1999 yılına kadar gitmektedir. Yatırım kararı ise 2005 yılında verilmiştir. OWEZ projesi NoordzeeWind firması tarafından yatırımı yapılarak finanse edilmiştir. Projenin geliştirilmesi Bouwcombinatie Egmond şirketi tarafından yürütülmüştür. Projenin realize edilmesi zamanında ise konsorsiyum kurulmuştur. Konsorsiyum üyeleri, Shell Wind Energy, Nuon Renewable Energy, Ballast Nedam Infra ve Vestas'tan oluşmaktadır. Projeye ait genel özellikler aşağıda verilmiştir;

Proje Adı	: Offshore Wind Farm Egmond aan Zee Offshore Wind Farm (OWEZ)
Yatırımcı	: Shell Wind Energy, Nuon Renewable Energy
Kurulu Gücü	: 108 MW
DRT Modeli	: Vestas V90 - 3 MW
DRT Sayısı	: 36
Proje Yeri	: Hollanda kuzey kıyısı 10 km mesafe
Proje Alanı	: 30 km^2
Su Derinliği	: 15-20 m

Projenin yeri aşağıdaki şekilde görülmektedir.



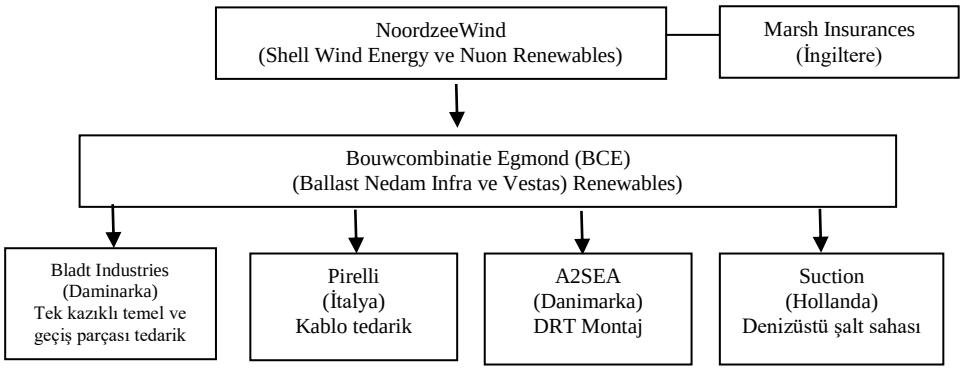
Şekil 5.1. Egmond aan Zee DRES proje yeri.

Hollanda'daki ilk Denizüstü RES projesi olduğundan dolayı proje EPC olarak anahtar teslim konseptinde yaptırılmıştır. Bu tarz büyük ve ilk defa yapılan projelerde finansal yetkinlik, lojistik, teknik kapasite, know-how yanında uzman kadro gereklidir. Konsorsiyuma dahil edilen Vestas ve Ballast Nedam ile bu sorunların üstesinden gelinmiştir. Hollanda Hükümeti pilot proje başlatma kararı alarak Egmond aan Zee bölgesinde çalışmalara başlamış ve 2000 yılında ön ÇED çalışmasını bitirmiştir. Değişik 6 bölge üzerinde çalıştıktan sonra Egmond aan Zee proje sahasında karar kılınmıştır. NoordzeeWind firması 2002 yılında yapılan ihaleyi kazanarak çalışmalara başlamıştır. Nihai yatırım kararı da konsorsiyoum tarafından 2004 yılında alınmıştır. DRT üretim işleri 2005 yılı sonunda bitirilmiştir ve 2006 Mart tarihinde de denizüstü inşaat işlerine başlanmıştır. 20 yıllık işletme süreci sonunda demonte işlemi de NoordzeeWind firması tarafından yapılacağı karara bağlanmıştır.

Proje Yönetimi

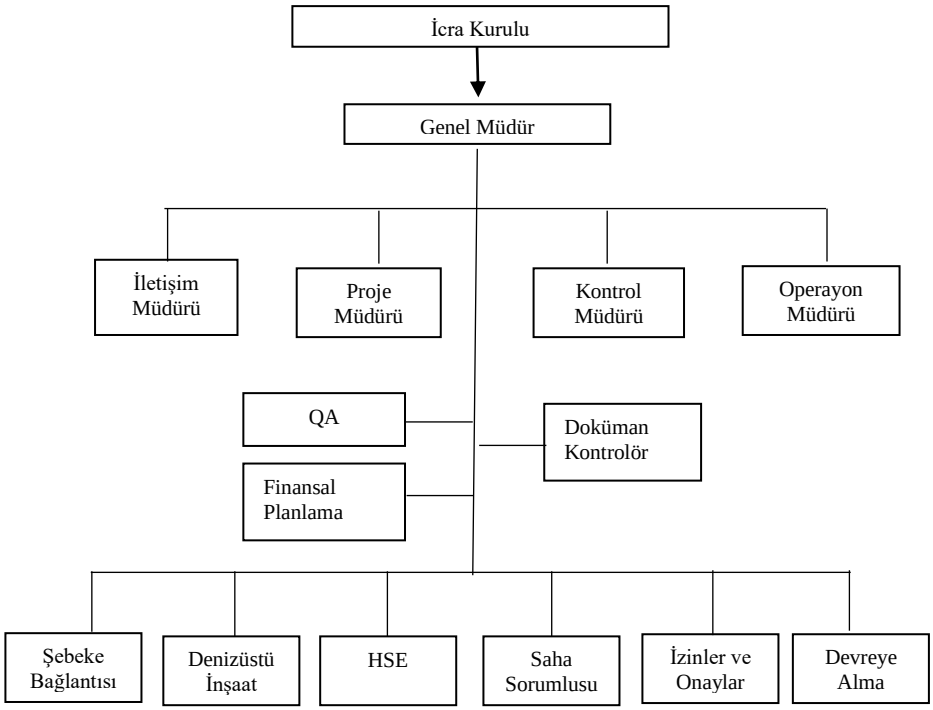
Projenin yönetimi, NoordzeeWind tarafımdan Mart 2005 tarihinde EPC olarak verilen Vestas ve Ballast Nedam Infra tarafından oluşturulan Bouwcombinatie Egmond (BCE) şirketi tarafından

yapılmıştır. Projenin bütün mühendislik, tedarik, inaşat ve montaj işleri BCE tarafından yürütülmüştür. Aşağıdaki şema ile projenin EPC yönetim şirketleri görülmektedir.



Şekil 5.2. OWEZ DRES proje yönetim EPC şeması.

OWEZ projesinin izin ve onay sürecine Hollanda'daki resmi kurumlar aktif bir şekilde yer almıştır ve izin prosedürleri hızlandırılmıştır. Çevre, Ekonomi ve Ulaştırma Bakanlıkları, projenin izin ve onay aşamalarında çalışmıştır. Gerekli izinlerin alınması 2 yılı bulmuştur. Başlangıçta 2.75 MW ünite kurulu gücü planlanmış ancak daha sonra 3 MW olarak değiştirilmiştir. DRT'lerin alansal dağılımı yapılırken kuşların göç yolu, gemi trafiği, ekonomik yerleşim gibi kriterler göz önüne alınmıştır. Denizaltı kablo güzergahı da ileride proje kurulu gücünün artışı da düşünülerek seçilmiştir. Projenin mühendislik yönetimi SenterNovem tarafından yapılmıştır. Proje için ciddi bir akademik araştırmada yürütülmüştür. Tüm bu işler için NoordzeeWind 27 milyon EURO hibe almıştır. Bu hibe 2 ana tema için alınmıştır. Birincisi Teknoloji ve Ekonomi Temasıdır. Bu tema, temellerin jeomorfolojik yapısı ve etkisini, enerji üretim tahminleri, kullanılan türbinlerin uygunluğu, işletme ve bakım stratejisi, inşaat, nakliye ve montaj konularını kapsamaktadır. İkinci tema olan Çevre ve Tabiat Teması, OWEZ projesinin çevresel etkilerini ve bu etkileşimin minimuma indirilmesi konusunu kapsamaktaydı. Projede yaklaşık 25 kişilik bir ekip çalışmıştır.



Şekil 5.3. OWEZ DRES proje ekibi.

OWEZ DRES Proje Tarihçesi

OWEZ DRES projesinin planlama süreci 2000 yılına dayanmaktadır. Projenin ilk planlama süreci 2000-2002 arasında yapılmıştır. Proje yerel ve merkezi otoritenin desteği ile yapılabilmiştir. Hollanda yönetim kültürü gereği, bütün işlemlerde işbirliği ve uzlaşı temelinde yapılmıştır. Projeye ait itirazlar erken süreçte dikkate alınarak gereği yapılmıştır. Yerel çevreci gruplar yenilenebilir enerji kaynaklarını genellikle destekleseler de; OWEZ Denizüstü RES projesi hakkında şüpheci bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Uluslararası organizasyonlar olan Greenpeace ve WWF, OWEZ Denizüstü RES hakkında olumlu görüş bildirmişlerdir. Ocak 2003 tarihinde Hollanda Yüksek Mahkemesi proje ile iglili temyiz başvurularını sonuçlandırarak projenin önünü açmıştır. Hollanda'da bulunan Egmond Kuş Derneği (Egmong Bird Society) ÇED raporuna itiraz etmiştir ve kuş ölümlerini önlemek için alınan önlemlerin yetersiz olduğunu belirtmiştir. Yüksel Mahkeme, bu itirazları reddederek önlemlerin yeterli olduğu kanaatine varmıştır. Egmond Kuş Derneği projenin gerekliliğini de sorgulamış ancak Yüksek Mahkeme bu aşamanın geçtiğini belirterek projenin yapılmasında kamu yararı olduğu kararını vermiştir. Bu itirazlar, projenin biraz gecikmesine yol açmıştır.

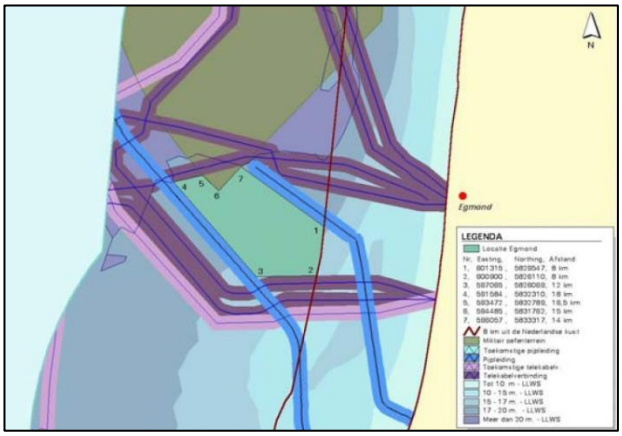
Elektrik sistem operatörü olan TenneT, şebeke bağlantısının nasıl olabileceğini çalışarak en uygun bağlantı noktalarını önermiştir. OWEZ Denizüstü RES projesi için Ijmuiden limanı seçilmiştir. Bu tip büyük projelerde yerel ve merkezi otoritenin yanında yerel belediye işbirliği de çok önemlidir. Velsen Belediyesi'ne bağlı olan Egmond aan Zee bölgesi, özellikle kablo güzergahı ile ilgili yerel belediyenin itirazları olmuştur. Kablo güzergahına ek olarak DRT'lerin görüntü kirliliği yaratması konusunda endişeler olmuştur. Bölgenin sahil şeridi turistik amaçlar için de kullanıldığından dolayı turizmcilerin çeşitli endişeleri olmuştur. Bu endişelerin giderilebilmesi için NoordzeeWind çeşitli bilgilendirme toplantıları, yerel medya ve internet sitesi kurarak bilgilendirme yapmıştır.

Proje Ekonomik Veriler

OWEZ Denizüstü RES projesi için toplam yatırım tutarı 200 milyon EURO olmuştur. 2002 yılında NoordzeeWind ile yapılan anlaşmaya göre 3 çeşit teşvik verilmiştir. Birincisi 27 milyon EURO hibe; ikincisi gelir vergisinden %44 muafiyettir. Son ve en önemli teşvik ise sabit fiyat alım garantisidir. Tarife fiyatı olarak piyasa elektrik tarife fiyatının üzerine 9.7 EUROcent/kWh elektrik fiyat tarifesi uygulanmıştır.

Teknoloji

OWEZ Denizüstü RES projesi yaklaşık olarak 30 km^2 alanda kurulmuştur. Kurulan alan uluslararası gemi trafiği ve balıkçılık faaliyetlerinin yakınında bulunmaktadır. Saha için 500 m emniyet sınırı belirlenmiştir.



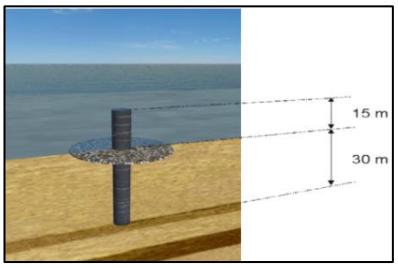
Şekil 5.4. OWEZ Denizüstü RES saha sınırları.

Projede 36 adet Vestas V90 3 MW DRT kullanılmıştır. Temel dizaynı tek kazıklı temel (monopile) olmuştur. DRT'ler arasında 600 m mesafe; arka arkaya ise 1 km mesafe bırakılmıştır. Sahada 116 m uzunluğunda meteoroloji istasyonu ile meteorolojik ölçümler yapılmıştır. Kullanılan Vestas V90 DRT'ler 70 m uzunluğunda tekil kazıklı (monopile) temeller üzerine oturtulmuştur. Bu temeller, Danimarkalı Bladt tarafından üretilmiştir. Deniz tabanının düz olması ve derinliğin uygun olması sebebi ile tekil kazıklı temeller kullanılmıştır. Temeller deniz tabanından 30 m derinliğe kadar çakılmıştır. Deniz seviyesinden 70 m göbek yüksekliği ve 90 m kanat çapı dikkate alındığında deniz seviyesinden 115 m maksimum yükseklik bulunmaktadır. Sistemin toplam yüksekliği ise 185 m dir.

DRT temel tasarımı olarak Nieuwegein'de bulunan Infra Consult and Engineering tarafından yapılmıştır. Kullanılan temel, tek kazıklı (monopile) çelik temel çözümü olmuştur. 45 m uzunluğunda, 4.6 m çapında ve et kalınlığı 40-60 mm arasında değişmektedir. Üretimi ise Danimarka Bladt Industries tarafından yapılmıştır.

Şekil 5.5. OWEZ DRT temeli.

Temelin altında oyulma koruması (scour protection) yapılmıştır. Deniz suyunun temel etrafında toprak erozyonuna yol açmaması için bu önlem alınmaktadır.



Şekil 5.6. OWEZ Denizüstü RT temel oyulma koruması.

Geçiş parçası (transition piece) ise 147 ton ağırlığında olarak dizayn edilmiştir. Macaristan'dan Ganz firması ile anlaşılarak trafo üretilmiştir. Trafo boyutları; l: 10 m, w: 5 m ve h: 4 m dir. 4 ton yağ ile birlikte toplam ağırlığı 26 tondur. Trafoyu tuz ve tozdan korumak için 24mx6m boyutlarında bir trafo köşkü yapılmıştır.

Nakliye
DRT ekipmanlarının nakliyesinde özellikle kanat nakliyesine dikkat edilmiştir. IJMuiden limanı kullanılmıştır. Aşağıdaki şekilde liman ve ekipmanlar görülmektedir.

Şekil 5.7. IJMuiden limanı.

Ijmuiden limanı projenin nakliye limanı olarak kullanılmıştır. 2005 yılı sonuna doğru limanda bazı düzenlemeler yapılmıştır. Bu liman aynı zamanda işletme ve bakım limanı olarak kullanılmıştır. DRT ekipmanlarının nakliyesinde özellikle kanat nakliyesine dikkat edilmiştir.

Montaj ve İşletme Aşaması
OWEZ DRES projesinin montaj ve devreye alınması Bouwcombinatie Egmond (BCE) tarafından yapılmıştır. Bazı alt taşeronlar ile çalışılmıştır. NoordzeeWind ve BCE montaj ve devreye alma işlerini; Ballast Nedam gemisi olan Svanen DRT'lerin montajını üstlenmiştir.

Şekil 5.8. Ballast Nedam Svanen montaj gemisi.

Denialtı Kablo Montajı
Kablo montajı karada kum üzerinde başlamıştır. Denizaltı için ise özel kablo kanal kazıcı (water jetting) robotu kullanılmıştır.

Şekil 5.9. Denizaltı kablo montajı.

Kablolar DRT'lere J-tube içerisinden geçerek bağlanmıştır. Platform üzerindeki kablo girişi aşağıda görülmektedir.

Bütçe
Proje anahtar teslim EPC olarak verilmiştir. Dağılımı ise aşağıda görülmektedir.

Maliyet Kalemi	**Maliyet (milyon EURO)**	**Yüzde (%)**
Denizüstü meteoroloji istasyonu	3	1.3
Proje geliştirme	8	3.6
Şebeke bağlantısı	5	2.3
Proje yönetim	4	1.84
Sigorta giderleri (CAR)	3.5	1.61
Infocentrum İletişim Merkezi	0.2	0.04
Yasal İzinler	0.5	0.22
Finansman giderleri	1	0.45
EPC Bütçe	200	91
Toplam	**217.7**	**100**

Projedeki bütün kişi saat çalışma HSE birimine aktarıldığından aşağıdaki rakamlar örnek olarak verilmiştir.

Şirket / Adam Saat	**2005**	**2006 (Toplam)**	**2006 (Karaüstü)**	**2006 (Denizüstü)**
BCE	22225	106696	97691	9005
Vestas	6600	64038	41588	22450
İnşaat taşeronu	12410	113737	42576	71161
Elektrik taşeronu	1282	43559	24959	18600

İşletme & Bakım	617	882	560	322
NSW-MEP Kapsamı	701	4625	4265	360
NoordzeeWind	8007	27937	23130	4807
Toplam	**51872**	**361474**	**234769**	**126705**

İşletme
Projenin 20 yıl işletilmesinden sonra demonte işlemi Noordzeewind tarafından yapılacaktır. Bu işlem için The International Maritime Organization prosedürü uygulanacaktır. Demonte işlemi sonrası deniz tabanı eski haline getirilecektir.

OWEZ DRES Projesine Devlet Mühadiliyeti
OWEZ DRES projesi Hollanda'nın ilk DRES projesi olduğundan dolayı Hollanda Devleti aktif bir şekilde izin sürecine müdahil olmuştur. Bu durum ise izinlerin alınmasını hızlandırmıştır. Bazı bakanlıklar, projeye doğrudan müdahil olmuştur ve izin bizzat alınmıştır. Özellikle projenin yerinin belirlenmesi çeşitli bakanlıkların ortak çalışması sonucu ortaya çıkmıştır. ÇED prosedürü bütün paydaşların mutakabatı ile yapılmıştır. Devletin müdahiliyeti proje için pozitif bir faktör olmuştur. Ayrıca mahkeme ve temyiz süreçlerinde NoordzeeWind çalışmalarına devam etmiştir. NordzeeWind firmasının aldığı 27 milyon EURO hibe, sabit tarife ve gelir vergisi teşviği projenin finansmanı için belirleyici unsurlar olmuştur. NoordzeeWind projenin EPC olarak anahtar teslim yapılmasını tercih etmesi, projenin riskini üçüncü kişilere transfer etmesidir. Bu boyuttaki bir projenin yürütülmesi ciddi bir bilgi, know-how ve finansal güç gerektirmektedir. Bu yüzden Vestas ve Ballast Nedam EPC ana taşeron olarak seçilmiştir. Bu proje, Hollanda'daki ilk Denizüstü RES projesi olduğundan dolayı ciddi bir bilgi ve tecrübe oluşturmuştur. Bundan sonra yapılacak projelerde dikkat edilmesi gereken hususları öğretmiştir. Proje denizüstü RES konusunda Hollanda'ya tecrübe kazandırmıştır.

5.2 Gemini DRES (Hollanda)
Avrupa'daki kurulu gücü en yüksek DRES projelerinden olan Gemini DRES, Hollanda Groningen'in 85 km açıklarında kurulmuştur. Gemini DRES, projesine ait temel özellikler aşağıda verilmiştir.

Proje Adı : Gemini DRES
Yatırımcı : Northland Power (60), Siemens (%20), Van Oord (%10) ve HVC (%10)
Kurulu Gücü : 600 MW
DRT Modeli : Siemens SWT 4.0 MW (150 adet)
Proje Yeri : Hollanda Groningen Kuzey Denizi 80 km mesafede
Proje Alanı : 68 km^2
Su Derinliği : 28-36 m

Gemini Denizüstü RES Tarihçesi
2010 yılında proje ile ilgili ön çalışmalara başlanılmıştır. DRES proje inşaat faaliyetleri, 2014-2017 arasında yapılmıştır. Toplam yatırım tutarı 2.8 milyar EURO olmuştur. İlk DRT Şubat 2016'da devreye alınılmış olunup 2017 Nisan tarihinde ise DRES tümüyle işletmeye alınmıştır. Saha ile ilgili ÇED süreci ve paralel olarak yürüyen diğer izin süreçleri 36 ay sürede bitirilmiştir. Projenin nakliye limanı olarak Esbjerg kullanılmıştır.

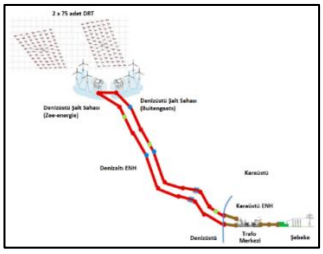
Şekil 5.10. Esbjerg limanı.

Finansal Veriler
DRES projesi 2.6 milyar EURO'ya mal olmuştur. Proje finansmanı kullanılmıştır ve 6 ay gibi kısa bir süre içerisinde finansman tedariği yapılmıştır. Bu boyuttaki bir proje için çok hızlı bir süreçte finansman kapaması yapılmıştır. Ana finansörler ise European Investment Bank (EIB), Euler Hermes,

EKF ve ONDD olmuştur. Toplamda 12 adet finansör çeşitli oran ve risklerde Gemini DRES için proje finansmanına katılmıştır.

Teknoloji
Gemini DRES projesinde Siemens SWT 4.0 MW DRT kullanılmıştır. 130 m kanat çapı ve 88.5 m göbek yüksekliğine sahip DRT'ler kullanılmıştır. Her biri 73 m uzunluğunda ve 7.5 m çapında tek kazıklı temel kullanılmıştır.

Şebeke Bağlantısı
DRT'ler arasında 33 kV orta gerilim ile bağlanmıştır. DRES projesinde 2 adet denizüstü şalt sahası kullanılmıştır. Toplamda 110 km ENH ile Eemshaven'deki karaüstü trafo merkezine hat çekilerek şebeke bağlantısı sağlanmıştır.



Şekil 5.11. Gemini DRES şebeke bağlantısı.

Gemini DRES denizüstü şalt sahası aşağıda verilmiştir. Şalt sahası 58 m uzunlukta ve 1.2 m çapında kafes temel üzerine kuruludur.

Şekil 5.12. Gemini DRES şebeke bağlantısı.

Nakliye ve Montaj
Gemini DRES, Hol Groningen'in 85 km açıklarında kurulmuştur. 990 ton kaldırma kapasiteli denizüstü vinç ve 5000 tonajlık kablo gemisi kullanılmıştır. DRT'nin toplam ağırlığı 1347 tondur; bu ağırlığa tek kazıklı temel, geçiş parçası, nasel ve pervane dahildir.

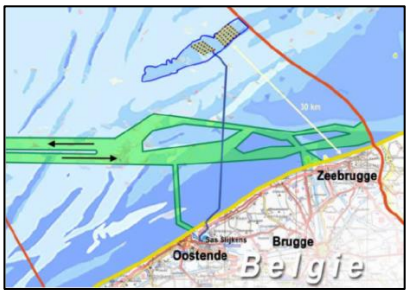
Şekil 5.13. Gemini DRES nakliye ve montaj faaliyeti.

5.3 Thornton Bank DRES Projesi (Belçika)
Thornton Bank DRES projesi, Belçika'nın ilk DRES projesidir. Saha seçimi ve projenin teklif edilmesi özel bir şirket olan C-Power tarafından yapılmıştır. C-Power çeşitli Belçikalı şirketlerin kurduğu bir konsorsiyumdur. Bu girişim ile DRES projelerinin Belçika'da yapılması ve öğrenilebilmesi açısından önemlidir ve bu yüzden Belçika Hükümeti projeye stratejik olarak yaklaşmıştır. Projenin ilk düşünülen yeri sahile yakındı; ancak çevresel kaygılardan dolayı proje

sahasının yeri değiştirilmiş ve kıyıya uzak bir saha uygun bulunmuştur. Projenin uzağa taşınması, denizaltı enerji nakil hattının uzamasından dolayı ekonomik fizibiliteyi etkilemiştir. Bu yüzden Belçika Hükümeti şebeke bağlantısı maliyetinin %30'unu hibe olarak katkıda bulunmuştur. Projenin temel özellikleri aşağıda verilmiştir;

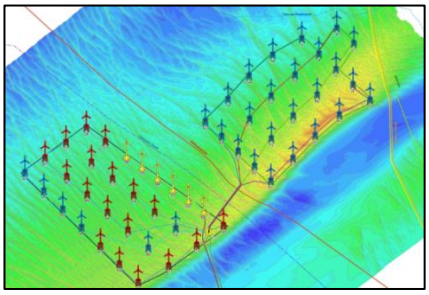
Proje Adı	: Thornton Bank DRES
Yatırımcı	: C-Power (Interelectra, Sucofe, Ecotech Finance, SIIF Energies konsorsiyumu)
Kurulu Gücü	: 325 MW
DRT Modeli	: Repower 5 ve 6.15 MW
DRT Sayısı	: 36
Proje Yeri	: Belçika Kuzey Denizi 27 km mesafede
Proje Alanı	: 14 km^2
Su Derinliği	: 10-24 m
Web	: http://www.c-power.be

Thornton Bank DRES projesi 325 MW kurulu gücünde ve toplamda adet DRT'ye sahiptir. Aşağıda projenin yeri görülmektedir.



Şekil 5.14. Thornton Bank DRES proje yeri.

Thornton Bank DRES projesinde DRT'ler 2 ana dala ayrılmıştır ve büyük kum kütlesi olan Thornton Bank bölgesi üzerinde kurulmuştur. Proje finansmanı ayarlanmasında yaşanılan sıkıntılar nedeni ile proje 1 yıl kadar gecikmiştir. 3 aşamalı projenin ilk aşaması olan 30 MW kapasite 2009 yılında işletmeye alınmıştır. Diğer fazlar ise 2012 ve 2013 yılında devreye girmiştir. Proje, C-Power tarafından planlanmış ve geliştirilmiştir. Çevresel nedenlerden dolayı kıyıya yaklaşık olarak 30 km mesafede yapılmıştır. Thornton Bank DRES projesi DRT mikrokonuşlandırma aşağıda görülmektedir. DRT aralığı türbin kanat çapının 5 katı olarak seçilmiştir.



Şekil 5.15. Thornton Bank DRES projesi DRT mikrokonuşlandırma.

Projenin yasal izinlerinin alınabilmesi için Federal Ministry for Marine Environment bünyesinde oluşturulan bir ekip sayesinde tek bir Kurum üzerinden bütün izin ve onay süreci yönetilmiştir. Bu sayede kamu, izin sürecine müdahil olmuştur. Projenin onay ve izin sürecinde birçok farklı Bakanlık ve kamu kurumu müdahil olsa da; C-Power tek bir Kurum üzerinden işlemlerini takip etmiştir. Proje başvurusu 2002 Ağustos tarihinde yapılmış ve Nisan 2003'te ön izin alınmıştır. Diğer Bakanlıklardan ise izinlerin alınması Şubat 2004 tarihinde tamamlanmıştır.

Denizaltı Kablo Onayı

Denizaltı kablo ile karaüstü TM arasındaki projenin onayı Mart 2004 tarihinde alınmıştır. Karaüstü toplam 3.8 km enerji nakil hattı projelendirilmiştir. Trafo merkezi bağlantısı için onay, şebeke operatörü ELIA tarafından verilmiştir.

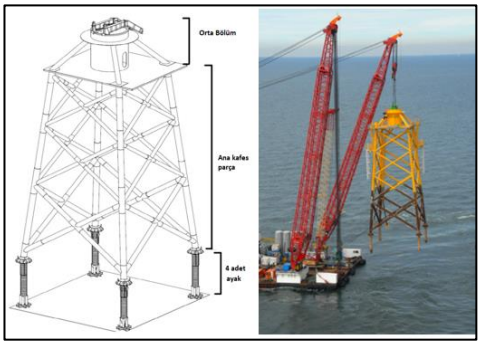
ÇED Onayı
Projenin ÇED raporu için Ekim 2003-Ekim 2005 tarihleri arasında gözlemler ve ölçümler yapılmış ve bu gözlemlere istinaden ÇED raporu hazırlanmıştır. C-Power, bu süreçte internet sayfasında bütün bilgileri yayınlayarak şeffaf bir süreç izlemiştir.

Saha Teknik Araştırmalar
DRES proje sahasında jeoteknik çalışmalar 2004 yılında başlamıştır. Deniz tabanı araştırması yapılarak proje sahasının jeolojik ve jeofizik yapısı anlaşılmaya çalışılmıştır. Aynı yıl denizüstü meteoroloji ölçüm istasyonu dikilerek sahanın meteorolojik koşulları belirlenmiştir.

Ekonomi ve Finansman
DRES projesinin ekonomisi coğrafik ve jeofiziksel parametrelere bağlıdır. Karaya uzaklık, su derinliği, deniz tabanı yapısı en önemli parametrelerdir. Belçika Hükümetinin Thonrton Bank DRES proje sahasının yerini değiştirmesi projenin ekonomik fizibilitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu durumu dengeleyebilmek için tarife artırılmış ve şebeke bağlantısına katkıda bulunulmuştur. Şebeke baplantısı toplam proje bütçesinin %20'sini oluşturmuştur.

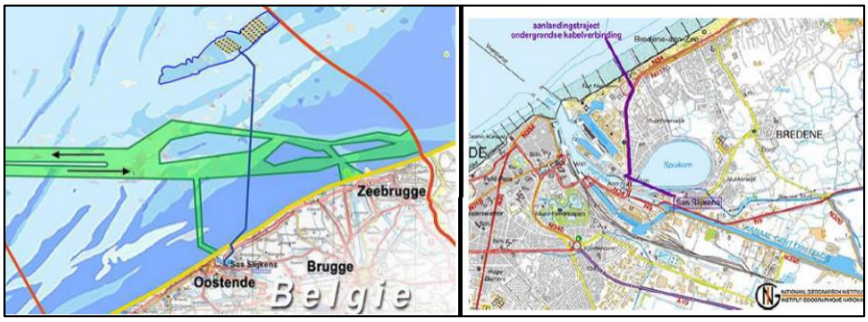
Toplam Yatırım Tutarı	: 500 milyon EURO
MW başına Yatırım	: 1,667,000 EURO
ENH Hibe	: ENH bedelinin %33'ü (maksimum 25 milyon EURO)
Elektrik Satış Tarifesi	: Normal tarife + 10.7 EUROc/kWh

Teknoloji
Projede 5 ve 6.15 MW ünite kurulu güçlü DRT'ler kullanılmıştır. Thornton Bank DRES projesinde yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonunda kafes (jacket foundation) temel kullanılmasına karar verilmiştir. Bu çözüm derin denizlerde pahalı olsa da proje için uygunluğuna karar verilmiştir.



Şekil 5.16. Thornton Bank DRES kafes temel.

Şebeke Bağlantısı
Thornton Bank DRES projesinde 150 kV yüksek gerilim üzerinden bağlantı yapılmıştır. Santral sahası için 34.5 kV ve yaklaşık 50.75 km denizaltı kablosu döşenmiştir. Denizüstü şalt sahası ile karaüstü bağlantı arasında 3 faz 150 kV ve 40 km denizaltı kablosu döşenmiştir.



Şekil 5.17. Thornton Bank DRES şebeke bağlantısı.

Thornton Bank DRES denizüstü şalt sahası aşağıda görülmektedir.

Şekil 5.18. Thornton Bank DRES denizüstü şalt sahası.

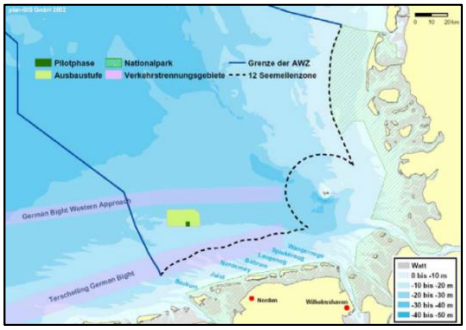
5.4 Borkum West DRES Projesi (Almanya)

Almanya'da işletmeye alınan ilk DRES projesi olan Borkum West, Prokon Nord Energiesysteme GmbH tarafından geliştirilmiştir. Proje sahası, Alman Körfezinin (German Bight) iki ana gemi trafik güzergahı arasında bulunmaktadır. Toplam 12 adet 5 MW ünite kurulu güçlü DRT kullanılmıştır ve projenin kurulu gücü 60 MW'tır. Proje ile ilgili temel bilgiler aşağıda verilmiştir.

Proje Adı	: Borkum West DRES
Yatırımcı	: Prokon Nord Energiesysteme GmbH
Kurulu Gücü	: 60 MW
DRT Modeli	: 5 MW
DRT Sayısı	: 12
Proje Yeri	: Borkum 45 km açığı
Su Derinliği	: 30 m
Kıyıya uzaklık	: 45 km

Teknik Veri

Proje 2 aşamalı olarak planlanmıştır. İlk aşama 12 adet DRTile başlanacak ve daha sonra DRT sayısı 196'ya çıkarılacaktır. Şekil ile projenin yeri görülmektedir.



Şekil 5.19. Borkum West proje sahası.

Zaman Planlaması

Borkum West DRES projesi planlaması 1998 yılına kadar uzanmaktadır. Resmi planlama prosedürü ise 1999 yılında başlamıştır. Projeyi geliştiren Prokon Nord 1999 yılında ÇED çalışmalarına başlamış ve Eylül 1999 tarihinde inşaat ruhsatı başvurusunda bulunmuştur. Başvuru, Almanya The Federal Maritime and Hydrographic Agency'a (BSH) yapılmıştır. 16 Mayıs 2000 tarihinde BSH, DRES projesinin ÇED çalışma metodolojisini açıklamıştır. Eylül 2000 tarihinde ÇED çalışmalarına başlanmıştır. Germanischer Lloyd, Ekim 2001 tarihinde gemi trafiği risk çalışmasını bitirerek BSH'ye sunmuştur. Projeye ait ön onay Temmuz 2001 tarihinde verilmiştir. Kablo rotası için 2001 Şubat tarihinde başlayan araştırmalar 30 Nisan 2002 tarihinde bitirilmiş ve BSH tarafından nihai onay Aralık 2004 tarihinde Prokon Nord firmasına verilmiştir.

Proje Planlama Aşamaları

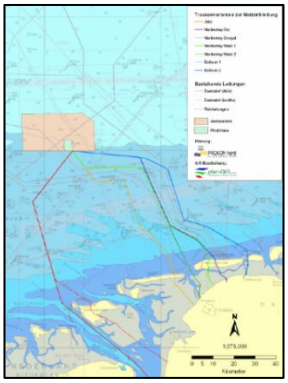
Projeyi geliştiren Prokon Nord, projenin özellikle ÇED hususunda herhangi bir sıkıntı yaşanmaması için gerekli önlemleri almıştır. Aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir;

a. Biyolojik çeşitlilik dikkate alonarak ekosisteme en aza zarar verilecek yer seçilmeye çalışılmıştır,
b. Proje sahası, gemi trafiği rotasına güvenli bir mesafede planlanarak çarpışma riski en aza imdirilmiştir,
c. Kuş göş yolları proje sahası seöiminde dikkate alınmıştır,
d. Proje yeri 54 °N olarak belirlenerek yerel balıkçılık faaliyetlerinin engellenmemesine çalışılmıştır,
e. East Fririan adalarına uzak bir nokta seçilerek yerel turizme negatif etkileri en aza indirilmiştir.

Yasal Planlama
Denizaltı kabloların geçirilmesi ile ilgili aşağıdaki izinler alınmıştır;

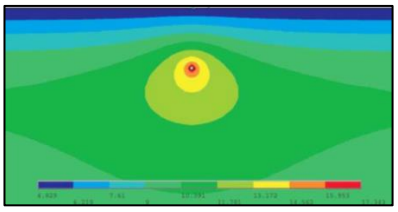
a) İnşaat ön izni (BSH),
b) Deniz tabanına kablo serebilmek için deniz polisi izni,
c) Deniz kablo güzergahı için kiralama anlaşması,
d) Milli park dışı izni,
e) Şebeke bağlantı izni (E.On)

Şebeke bağlantısı için farklı izinler gerekmiştir. Özellikle denizaltı kablo güzergahı ile ilgili olarak alternatif çalışmalar yapılmıştır. Aşağıdaki şekilde bu güzergahlar görülmektedir.



Şekil 5.20. Borkum West DRES denizaltı kablo güzergahı çalışması.

En önemli engel olarak Wattenmeer Ulusal Parkı geçilirken yaşanmıştır. Alman Kuzey Denizinde bir çok alan Milli Park statüsünde olduğundan dolayı birçok alternatif güzergah üzerinde çalışılmıştır. Projenin Deniz Mekansal Plan onayı Lower Saxony Eyaleti tarafından yapılmıştır. İncelenen 7 farklı kablo güzergahı alternatifi sonucunda kamu otoriteleri ile birlikte karar verilerek deniz trafiğinin yoğun olduğu bölgede deniz tabanına 3 m; diğer bölgelerde ise 2 m gömerek kablo geçirilmiştir. Kablo güzergahı için ÇED raporunda yüksek gerilim hattının deniz altında geçeceği yerlerde oluşturacağı elektromanyetik etki üzerinde durulmuştur. Ayrıca kablo etrafındaki sıcaklık dağılımı modellenmiştir.



Şekil 5.21. Borkum West DRES denizaltı kablo güzergahı çalışması.

Borkum West DRES projesinden ana izin BSH'dan alınmış olsa da; diğer bir çok kamu kurumundan çeşitli izinler alınmıştır. Yerel yönetim, bölgesel yönetim, turizm, balıkçılık, çevre, tabiat koruma, elektrik iletim ve dağıtım şirketleri gibi toplamda 50'ye yakın Kurumdan izin/onay alınmıştır. Saha için sivil toplum kuruluşları ile de anlaşılmıştır.

Saha Araştırması
Borkum West firması tarafından DRES proje sahasında araştırmalar yapılmıştır. Standard Investigation Programme adı verilen bu çalışmalarda kapsamında aşağıdaki metodoloji izlenmiştir;

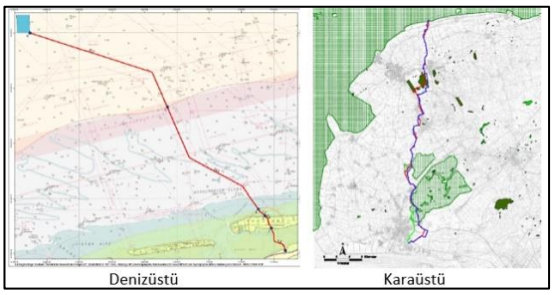
a) 2 yıl kesintisiz inceleme,
b) Montaj sırasında izleme,
c) İşletme sırasında ilk 3 yıl izleme,

Bu çalışmalara araştırma gemisi Victor Hansen katılmıştır. Ayrıca araştırma&keşif uçağı kullanılarak 15 ten fazla uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalara bir çok enstitü ve bilimsel kuruluş müdahil olmuştur. Bunlar arasında Alfred Wegener Institute for Polar und Meeresforschung Bremerhaven, Vogelwarte Helgoland, Forschungs und Technologiezentrum Westküste Büsum, BioConsult SH, Nautik Nord sayılabilir. Araştırmalar Ağustos 2000-Mayıs 2003 Mayıs arasında yapılmıştır. Deniz tabanının özellikleri Nautika Nord tarafından çalışılarak sediment yapısı, batimetrik haritalar çıkarılmıştır.

Ekonomik Veri
Borkum West DRES projesinin toplam yatırım tutatı 138 milyon EURO olmuştur. Bunun 30 milyon EURO bedeli enerji nakil hattı; kalanı DRT'ler için harcanmıştır. MW başına ise 2.3 milyon EURO olmuştur.

Teknoloji
Projeye başlanıldığında o zamanki en yüksek kurulu güç olan 5 MW Multibrid markası proje için seçilmiştir. Pervane çapı 110 m olup pitch kontrollü ve dişli kutulu DRT'dir. Temel dizaynı olarak çok kafes temel (Tripod) çözümü uygun bulunmuştur.

Şebeke Bağlantısı
Projenin şebeke bağlantısı 110 kV yüksek gerilim üzerinden yapılmıştır. Bağlantı için denizde 70 km; karada ise 45 km enerji nakil hattı çekilmiştir. Bağlantı noktası Emden Borsum'da bulunan trafo merkezi olarak uygun görüş verilmiştir. HVAC sistemindeki yüksek enerji kayıplarından dolayı bipolar HVDC iletim hattı çözümü benimsenmiştir.



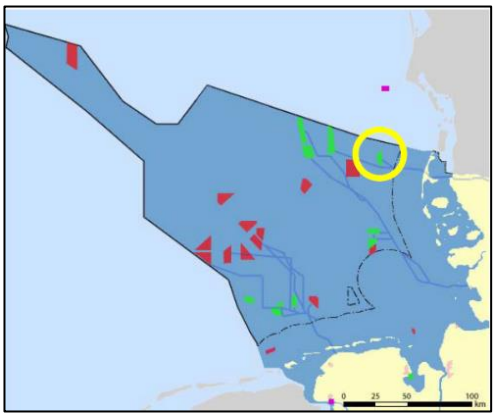
Şekil 5.22. Borkum West DRES enerji nakil hattı bağlantısı.

Kazanılan Tecrübe
Projeden kazanılan en önemli tecrübe, çevresel etkilerin en aza indirilerek projenin baştan itibaren planlanmasıdır. Özellikle gemi rotası ve Milli Park hususu dikkate alınan en önemli hususlar olmuştur. Diğer projelerde bu detayda inceleme yapılmamıştır. Burada bulunan sonuçlar diğer projeler için de kullanılmıştır.

5.5 Budentiek DRES Projesi (Almanya)
Budentiek DRES projesi özel şirketler tarafından geliştirilen bir projedir. Özel şirket ve kişilerin kurduğu konsorsiyum yapısında geliştirilmiştir. Schleswig Holstein Eyaleti sınırları içerisinde bulunmaktadır. Özet bilgiler aşağıda görülmektedir;

Proje Adı	: Budentiek DRES
Yatırımcı	: OSB Offshore-Bürger-Windpark GmbH (OSB)
Kurulu Gücü	: 240 MW
DRT Modeli	: Vestas V90 - 3 MW
Proje Yeri	: Borkum 45 km açığı
Su Derinliği	: 16-20 m
Proje Alanı	: 35 km^2
Kıyıya uzaklık	: 34 km

Budentiek DRES için toplam 80 adet DRT kullanılmıştır ve kurulu gücü 240 MW olmuştur. Vestas V90 modeli kullanılmıştır. Kanat çapı 90 m, göbek yüksekliği ise 80 m olmuştur. Projenin yeri Şekil ile görülmektedir.



Şekil 5.23. Budentiek DRES proje yeri.

Zaman Planlaması
Proje planlama ve montaj aşaması olarak ikiye ayrılmıştır. Proje 2001 Temmuz tarihinde önerilmiştir ve 2002 Aralık tarihinde ön onay alarak çalışmalara başlanmıştır. Almanya The Federal Maritime and Hydrographic Agency'dan (BSH) ön onay alındıktan sonra diğer çalışmalara başlanmış ve 2006 yılında izinler bitirilmiştir. 2007 yılı başında projenin finansmanı bitirilerek inşaat ve montaja başlanmıştır. Kablo güzergahı onayı 2006 baharında alınmıştır.

Proje Planlama
Projenin geliştiricisi olan OSB GmbH, çoklu ortaklık yapısına sahip kooperatife benzer yapıda kurulmuştur. Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ve NSH Nord Bank Kiel kredi sağlamıştır. Projenin montaj sürecini F+Z Bilfinger Berger ve Vestas üstlenmiştir. Kamuoyunun bilgilendirilmesi için çeşitli toplantılar yapılmış olunup özellikle yerel halknın projeye desteği alınmaya çalışılmıştır. Projenin onay sürecinde gemi çarpışma riski ciddi bir şekilde incelenmiştir.

Şebeke Bağlantısı
Denizaltı kablo yaklaşık 50 km olup; karaüstü 20 km enerji nakil hattı ile geçilmiştir. Karaüstünde 3 şehir ve 10 yerleşim bölgesi geçilerek toplam 90 özel şahıs arazisine girilmiştir. Sylt bölgesi sakinleri projeye itiraz etmişlerdir. 150 kV yüksek gerilim hattı ile Flensburg Bölgesinde bulunan trafo merkezine bağlanmıştır. Denizaltı kabloların derinliği DRT'ler arasında 0.8 m, deniz tabanında ise 1.5 m; mercan bölgesinde ise 3 m deniz tabanının derininden geçirilmiştir.

Saha Araştırması
Budentiek DRES projesi ÇED araştırmaları gemi ve uçaklarla yapılmıştır. İki araştırma gemisi kullanılmıştır. Kuşlar ve deniz memelileri hakkında detaylı çalışmalar yapılmıştır. DRES projelerinin ÇED sürecine uçakların müdahil olması Budentiek projesi ile başlamıştır. Deniz tabanı araştırmaları conic penetration test (CPT) yöntemiyle yapılmıştır. Mohiba isimli jack-up gemisi kullanılmıştır.

Şekil 5.24. Budentiek DRES CPT test çalışması.

Proje Ekonomisi
Projenin özsermayesi ortaklardan toplanmıştır. Yaklaşık 20000 hissedardan her hisse için 4750 EURO alınmıştır ve böylelikle 95 milyon EURO toplanmıştır. Kalan 320 milyon EURO için kredi ayarlanmıştır. Proje başlangıçta 1.4 milyon EURO/MW olarak planlanmasına karşın aşağıdaki nedenlerden dolayı 2 milyon EURO/MW olmuştur.

a) Denizüstü RT fiyatlarının, ve kablo maliyetlerinin artması,
b) Almanya piyasasının eski çekiciliğini kaybetmesinden dolayı servislerdeki maliyet artışı,
c) Finansman maliyetinin artması.

İlk iki husus Alman kamuoyu kontrolü dışında iken; son husus ise DRES proje finassman maliyetinin karaüstü RES'lere göre daha fazla riskli görülmesi sebebi ile olmuştır. Denizüstü RES proje finansman maliyeti karaüstü RES projelerinden 2 kat daha yüksektir.

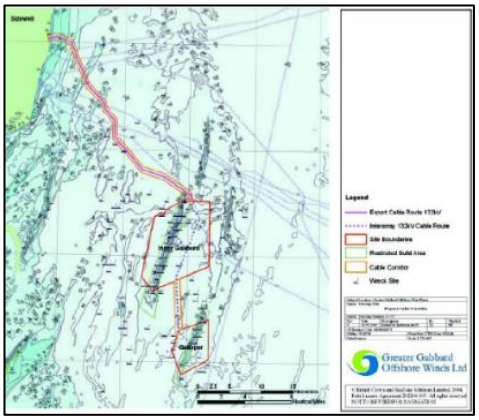
Teknoloji
Budentiek DRES projesinde Vestas V90 DRT (3 MW) kullanılmıştır. Vestas DRT'de aşağıdaki modifikasyonlar yapılmıştır;

a) Condition Monitoring daha da geliştirilmiştir,
b) Yağ soğutmalı trafo kullanılmıştır.

Temelin uzunluğu 70 m dir. Bunun 30 metresi deniz tabanına çakılan kısmı, 20 metresi deniz derinliği ve son 20 metresi de deniz üstündeki platform kısmıdır.

Kazanılan Tecrübe
Butendiek DRES projesinden kazanılan en önemli tecrübe, küçük yatırımcıların projeye müdahil olabilmesidir. Finansman maliyetinin dikkat edilmesi gereken bir husus olduğu da bu projede anlaşılmıştır. Projenin başlangıçta planlanan yatırım tutarı ile gerçekleşen arasında ciddi bir fark olmuştur. Bu artış DRT fiyatındaki artıştan meydana gelmiştir. Almanya'daki DRES projelerinin diğer ülkelerden daha maliyetli olduğunu göstermiştir. Diğer nedenler arasında Almanya'daki projelerin kıyıya uzak olarak yapılması sayılabilir.

5.6 Greater Gabbard DRES Projesi (İngiltere)
Greater Gabbard DRES projesi, Outer Thames Estuary bölgesinde bulunmaktadır. Şekil ile DRES projesinin yeri görülmektedir. Proje sahası İngiliz Hükümeti tarafından geliştirilerek önerilmiştir.



Şekil 5.25. Greater Gabbard DRES proje sahası.

DRES proje sahası Suffolk sahiline 23 km mesafede olup Inner Gabbard ve Galloper kum bankının olduğu sığ sular bölgesidir. Saha İngiliz kara suları dışında bulunmaktadır. Toplamda 500 MW DRES kurulması planlanmıştır.

Proje Adı : Greater Gabbard Offshore Wind Ltd (GGOWL)
Yatırımcı : Greater Gabbard Offshore Winds Ltd (Airtricity ve Flour Ltd ortak girişimi)
Kurulu Gücü : 500 MW
Yıllık enerji ürt. : 1750 GWh

DRT Modeli : Vestas V90 - 3 MW
Proje Yeri : Borkum 45 km açığı
Su Derinliği : 4-8 m (Inner Gabbard), 3-10 m (the Galloper), 20-50 m (Bank açıkları)
Proje Alanı : 147 km^2
Rüzgar şiddeti : 8.50 – 9.50 m/s (80 m)

Zaman Planlanması
GGOWL DRES projesinin ÇED başvurusu Ekim 2005'te yapılmıştır. Daha sonra proje sahası 50 yıllığına Crown Estate'den kiralanmıştır. 36 ay inşaat süresi planlanmıştır. Karaüstü inşaat işleri 2007'de; denizüstü inşaat işleri 2008'de başlamıştır. Devreye alma ise 2009 yılı içerisinde olmuştur.

Proje Planlanması
GGOWL DRES projesinin yatrıımcı firması Airtricity ve Flour Ltd'nin ortak girişimi olan Greater Gabbard Offshore Wind Ltd olmuştur. Airtricity DRES projelerinde tecrübeli bir şirket olup daha önce İrlanda'da Arklow Bank DRES projesini de yapmıştır. GGOWL DRES projesinde ÇED ve izin sürecine müdahil olan şirketler;

Proje Yönetimi ve Koordinasyon : Project Management Support Services Ltd
Mühendislik ve Gemi Trafiği : SeaRoc
Ornitolojik Çalışmalar : British Trust for Ornithology
Bentik ekoloji, deniz ekosistemi : Centre for Marine and Coastal Studies
Denizaltı akustik raporu : Subacoustech Ltd
Marine arkeoloji çalışmaları : Maritime Archaelogy Ltd
Kıyı ile ilgili çalışmalar : ABPmer Ltd
Hukuk danışmanlığı : Eversheds Ltd
DRT temel dizaynı : Ramboll Ltd
Denizaltı kablo ve güzergah : Metoc Ltd
Gürültü çalışması : ISVR Consulting

Yasal Süreçler
GGOWL yasal izinler, 2004 yılında çıkarılan Energy Act Kanununda belirlenen izin süreçlerinden oluşmaktadır. DRES sahasındaki her bir DRT etrafında 50 m çapa kadar herhangi bir geminin yaklaşması yasaklanmıştır. Saha seçilirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir;

a) Yüksek rüzgar şiddeti,
b) Kıyıya mesafe,
c) Denizüstü faaliyetlerin seyrek olduğu bölge,
d) Kuş nüfusunun az olduğu bölge,
e) Milli park olmaması,
f) DRES lojistik için liman emreamadeliği,
g) Askeri olarak izin alınabilen bölge.

Teknoloji
Projede kullanılacak DR ile ilgili farklı çalışmalar yapılmıştır ve bunların sonucu olarak DRT karaüstü yüksekliğinin 170 m'yi geçmemesi yönünde karar kılınmıştır. 105 m göbek yüksekliği ve 130 m pervane çapı kullanılması uygun bulunmuştur. Yapılan deniz tabanı zemin etütlerinin sonucu olarak tek kazıklı temel (monopile) kullanılması uygun bulunmuştur.

Şebeke Bağlantısı
Şebeke bağlantısı için Sizewell trafo merkezi seçilmiştir. 132 kV yüksek gerilim ve 42 km enerji nakil hattı ile bağlantı yapılmıştır.

Kazanılan Tecrübe
GGOWL DRES yapıldığı zamanki kurulu gücü en yüksek DRES projesi idi. İngiltere Hükümeti, projenin yapılabilmesi için ciddi bir siyasi destek vermiştir. Proje ekibinin Arlow Bank projesindeki tecrübeleri bu projede kullanılmıştır. Kıyıya 23 km mesafede olması görsel etkileri azaltmıştır.

5.7 Scroby Sands DRES Projesi (İngiltere)
Scroby Sands DRES projesi, 2004 yılında işletmeye giren İngiltere'deki ilk DRES projelerindendir. Projenin yatırımı E.ON UK Renewables Offshore Wind Ltd (EROWL) tarafından yapılmıştır. Proje

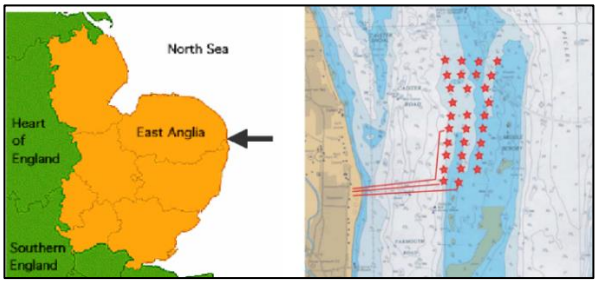
sahası, Great Yarmouth bölgesinden 3 km açıkta bulunmaktadır. 60 MW kurulu gücünde olup toplam 30 adet DRT kullanılmıştır.

Proje Adı : Scroby Sands
Yatırımcı : E.ON UK Renewables Offshore Wind Ltd (EROWL)
Kurulu Gücü : 60 MW
Yıllık enerji ürt. : 171 GWh
DRT Modeli : Vestas V80 - 2 MW (kanat çapı 80 m; göbek yüksekliği 68 m)
Proje Yeri : Great Yarmouth 3 km açığı
Su Derinliği : 3-12 m
Proje Alanı : 10 km^2

Projenin Tarihçesi
EROWL, 2002 yılında yapılan DRES ihalesini kazanarak pojenin yatırımcısı olmuştur. Projenin inşaatı 2003 sonbaharında başlamış ve 20 Temmuz 2004 tarihinde ilk DRT devreye alınmıştır. Kötü hava koşulları ve özellikle yüksek rüzgar şiddeti çalışmaları olumsuz etkilemiştir. 14 Aralık 2004 tarihinde DRES devreye alınmıştır. Projenin kısa tarihçesi;

a) Saha ilk değerlendirme: 1993-1994,
b) Denizüstü meteoroloji istasyonu montajı: 1995,
c) İhale tarihi: Haziran 2002,
d) İhalenin sonuçlandırılaak EROWL tarafından alınması: Şubat 2003,
e) Temel montajının başlaması: Kasım 2003,
f) Karaüstü ENH çekilmesi: Nisan 2004,
g) DRT montajı: Mayıs 2004,
h) Denizaltı kablo serilmesi: Mayıs 2004-Ağustos 2004,
i) Test ve devreye alma: Temmuz 2004-Kasım 2004.

DRES proje sahasının yeri aşağıda görülmektedir.



Şekil 5.26. Scroby Sands DRES proje sahası.

Proje Planlama
Projenin planlamasına 1993 yılında başlanmıştır. EROWL, ihaleyi aldıktan sonra Vestas Celtic Wind Technology Ltd firması ile EPC anahtar teslim anlaşarak projeye başlanmıştır. Vestas Celtic Ltd aşağıdaki alt taşeronlarla çalışmıştır;

a) Proje Yönetimi: Halliburton KBR,
b) Kazıkların imalatı: Cambrian Engineering ve Isleburn Mockay,
c) Temel montajı: Mammoet Van Oord,
d) Denizaltı ve denizüstü kablolar: AEI Cables ve CNS Subsea,
e) DRT montajı: A2SEA (derin bölgelerde) ve Seacore (sığ bölgelerde),
f) Karaüstü ENH: Pirelli Calbes Ltd.

Çevresel İnceleme
Projenin ÇED onayı İngiltere Çevre Bakanlığı tarafından verilmiştir. Çevresel incelemede özellikle aşağıdaki hususlara bakılmıştır;

a) Foklar ve kuşların durumu,
b) Sahilin profili ve jeomorfolojisi,
c) Deniz dalga ve akıntı durumu,

d) Vibrasyon ve gürültü seviyesi,
e) Sediment ve hidroloji
f) Gemi trafiği ve çarpışma riski
g) Turizm aktivitelerine etki.

Proje Ekonomisi
Scroby Sands DRES projesinin toplam yatırım tutarı 80 milyon sterlin olmuştur. EROWL, 10 milyon sterlin İngiliz Hükümeti'nden hibe almıştır.

Yatırım Kalemi	Maliyet (milyon Sterlin)	Yüzde (%)
Proje geliştirme	1.737	2.2
İnşaat ve Montaj	71.511	89.3
Diğer operasyonlar	6.825	8.5
Toplam	**80.073**	**100**

Bütçenin %2.2'si ön proje etütleri ve proje geliştirme sırasında kullanılmıştır. Aşağıda detaylar verilmiştir.

Proje geliştirme aşaması harcamaları	Maliyet (milyon Sterlin)	Yüzde (%)
Geliştime, tasarım, danışmanlık	1.409	81.1
Ön çevre etüdü	30	1.7
Hukuk/sigorta	33	1.9
Ön icelemeler ve gözlemler	173	10
Diğer	92	5.3
Toplam	**1.737**	**100**

İnşaat öncesi 71.512 milyon Sterlin detay ise aşağıda görülmektedir.

İnşaat öncesi harcamalar	Maliyet (milyon Sterlin)	Yüzde (%)
Çevresel gözlem	1.60	0.2
Hukuk/sigorta	1.747	2.4
Saha gözlemler	0.87	0.1
Ön incelemeler ve gözlemler	1.73	10
Proje yönetimi	4.551	6.4
Elektrik dizaynı	1.111	1.6
Satınalma/üretim	38.986	54.5
Nakliye	1.225	1.7
Karaüstü ön montaj	2.200	3.1
Karaüstü montaj	1.825	2.6
Denizüstü montaj	16.700	23.4
Devreye alma	2.175	3.0
Diğer	7.45	1.0
Toplam	**1.737**	**100**

İnşaat sürecinde ana ekipman maliyetinin dağılımı aşağıda görülmektedir.

İnşaat sürecinde ekipman maiyeti	Maliyet (milyon Sterlin)	Yüzde (%)
Kanatlar	6.450	9
Kablolar	8.267	12.1
Şebeke bağlantısı	0.645	0.9
Nasel	22.175	31
Kazıklar	19.565	27.4
Kuleler	4.775	6.7
Diğer ekipman	9ç274	13
Toplam	**71.611**	**100**

Teknoloji
1993-1994 yılları arasında yapılan ön çalışmayı müteakip, 1995 yılında meteoroloji istasyonu dikilmiştir. Great Yarmouth limanında lojistik açıdan uygun bir liman olduğuna karar verilerek bölgedeki şebeke bağlantısından da gerekli teyitler alınmış ve detay çalışmalar yapılmıştır. DRT modeli olarak Vestas seçilmiştir. Yapılan jeofizik ve jeolojik çalışmalar sonucunda ağırlık temel (gravity foundation) uygun bulunmuştur. DRT'ler 2 ana dal üzerine yerleştirilmiştir. DRT'lerin yer seçiminde deniz tabanı kum bankının (kütle) üzerinde bulunmasına dikkat edilmiştir.

Şebeke Bağlantısı
Kablo güzergahının planlanması aşamasında bölge halkı, balıkçılar, yerel ve merkezi kamu otoriteleri ile birlikte çalışılarak bütün tarafların mutabakatı ile kablo güzergahı belirlenmiştir. Denizüstünde şalt sahası yapılmamıştır. Orta gerilim 33 kV denizaltı kablosu karaya getirilerek burada inşa edilen şalt sahasına oradan da karaüstü Admiralty Road trafo merkezine bağlanmıştır.

Şekil 5.27. Scroby Sands DRES şebeke bağlantısı.

Montaj
Projenin temelleri Mammoet Van Oord tarafından jack-up gemileri kullanılarak yapılmıştır. A2SEA, 30 ünite DRT'lerin derin sularda olan 24'ünü; kalan sığ sulardaki 6 adet DRT'yi de Seacor Ltd tarafından montajı yapılmıştır. Kablo serilme işi, hava koşulları nedeni ile planlanandan daha zor olmuştur. Kuvvetli akıntılar nedeni ile dalgıçların müdahelesi olamamıştır. DRT'ler Vestas'ın Campeltown'da bulunan tesislerinde montajı yapılmıştır. Diğer ekipmanların montajı Lowestoft limanında yapılarak Great Yarmouth limanına getirilmiştir. DRES işletme sürecinde Ocak 2005'te %83 olan emreamadelik Ağustos 2005'te %96'lara çıkmıştır.

Kazanılan Tecrübe
İngiltere karasularında yapılan ilk DRES projelerindendir. Projenin planlaması çok önceden başlamasına karşın; uygulama aşaması kısa bir zaman dilimine sığdırılmaya çalışılmıştır. Denizaltı kablo serilmesi akıntı koşulları sebebi ile çok zor ve maliyetli olmuştur. Ayrıca derin ve sığ sularda yapılan montajlarda farklı vinçler gerekmiştir.

5.8 Horns Rev DRES (Danimarka)
Kuzey denizinde yapılan ilk DRES projesidir. Danimarka Esbjerg limanının batı kıyısı yakınlarında inşa edilmiştir. Yatırımı, Elsam (dağıtım şirketi) ve Eltra (iletim şirketi) tarafından yapılmıştır. Eltra elektrik bağlantısı ve trafo merkezi işlerini de yapmıştır.

Şekil 5.28. Horns Rev DRES proje sahası.

Proje Adı : Horns Rev DRES
Yatırımcı : Elsam (dağıtım şirketi) ve Eltra (iletim şirketi)
İşletmeci : Elsam

Kurulu Gücü : 160 MW
Yıllık enerji ürt. : 600 GWh
DRT Modeli : Vestas V80 - 2 MW
Proje Yeri : Borkum 45 km açığı
Su Derinliği : 6-14 m
Proje Alanı : 20 km^2
Kıyıya uzaklık : 14 km

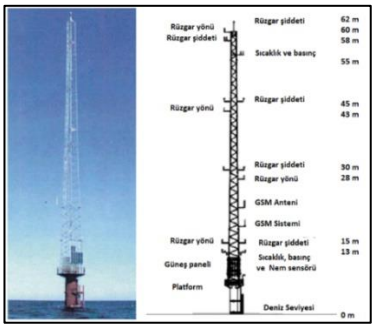
Proje Planlama
DRES projelerinin planlaması Danimarka'da 1980 li yıllarda başlamıştır. Konu ile ilgili raporlar ve ön etütler yapılmıştır. İlk çalışmalar sonucu, Vindeby ve Tuno Knob bölgelerinde yapılması gerektiği konusunda uzlaşılmıştır. Bu iki DRES projesi ilk DRES projeleri olmuştur. Daha sonra Offshore Action Plan hazırlanarak DRES projelerinin ekonomik, çevre ve teknik hususları etaylı olarak incelenmiştir. İlk etapta 5 adet DRES projesi yapılması kararlaştırılmıştır. Bu plan kapsamında Nysted ve Horns Rev DRES projeleri realize edilmiştir. Ancak daha sonra gelen hükümet kalan 3 projeyi iptal etmiştir.

Yasal Planlama
Horns Rev DRES için gemi trafiği, balıkçılık, askeri izinler konsuu çözülerek aşağıdaki konularda çalışmalar yapılmıştır;
a) ÇED raporu,
b) Kamuoyu bilgilendirme,
c) Özel mülkiyetin kamulaştırma çalışmaları,
d) İnşaat ruhsatı,
e) Üretim lisansı.

Denizaltı kablo izni ise Danish Energy Agency tarafından verilmiştir.

Saha Teknik Çalışmaları
Teknik çalışmalara 1999 yılının bahar aylarında başlanmıştır. ÇED ve jeofizik çalışmaları için 1 yıl, oşinoğrafik çalışmalar için 2 yıl etütler yapılmıştır. ÇED raporunda deniz ekosistemi de detaylı olarak incelenmiştir. Bu amaçla gemi ve uçaklar da kullanılmıştır. Oşinoğrafik çalışmalar için Doppler radar kullanılarak akıntı, dalga, su derinliği, sıcaklık ve tuzluluk incelenmiştir.

Meteoroloji İstasyonu
Projede 62 m yüksekliğe sahip meteoroloji istasyonu kurulmuştur. Rüzgar şiddeti ve yönü 4 farklı seviyede (62, 45, 30 ve 15 m) ve diğer meteorolojik değişkenler 13 m de ölçülmüştür.

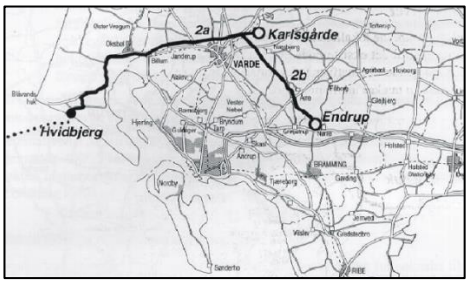


Şekil 5.29. Horns Rev DRES meteoroloji istasyonu.

Proje Ekonomik Verisi
Horns Rev DRES projesini toplam yatırım tutarı 278 milyon EURO olmuştur. DRT başına 2.97 milyon EURO, MW başına ise 1.738 milyon EURO yatırım yapılmıştır. Elektrik tarife fiyatı ise 0.43 EURO cent/kWh olnuştur.

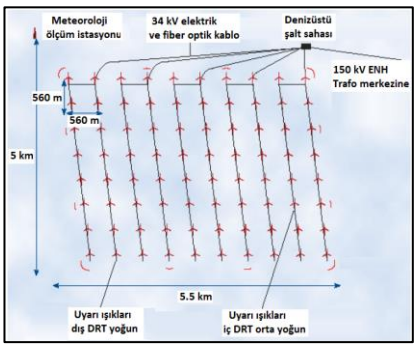
Teknoloji
Projede Vestas V80 – 2 MW DRT kullanılmıştır. Tek kazıklı temel (monopile) çözümü uygun bulunmuştur. DRT'ler arasında 560 m mesafe bırakılmıştır. Bunun temel nedeni ise, sahanın rüzgar rejimi farklı yönderden esmektedir. Hakim rüzgar yönü kuzeydoğu ve güney yönleridir.

Şebeke Bağlantısı
Şebeke bağlantısı iletim şirketi Eltra tarafından üstlenilmiştir. 150 kV yüksek gerilim üzerinden sistem entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Şekil ile projenin enerji nakil hattı güzergahı görülmektedir.



Şekil 5.30. Horns Rev DRES şebeke bağlantısı.

Denizaltında 21 km; karaüstünden 34 km 150 kV ENH ile Karlsgaarde trafo merkezine bağlantı yapılmıştır. Denizaltı kablo derinliği 1-1.5 m arasında değişmiştir.



Şekil 5.31. Horns Rev DRES genel vaziyet planı.

Kablolamaya ait özellikler;
Kablo üreticisi : Nexans
Çap : 192 mm
Ağırlık : 71 kg/m
Tipi : 3-kondüktör PEX

İşletme ve Bakım Aşaması
Proje EPC ile değil; çoklu taşeron seçimi ile yapılmıştır. EPC çözümü pahalı bulunduğu için bu yol seçilmiştir. Projenin nakliye işleri Ballast Nedam'a verilmiştir. Temel inşaat ve montajını MTHS Entrepreneur A/S, kule üretim ve montajı Vestas ve A2SEA, kablo üretim ve montajı Nexans, denizüstü şalt sahası üretim ve montajı Alstom, DRT üretim ve montajı Vestas tarafından yapılmıştır.

Şekil 5.32. Horns Rev DRES türbin montajı.

Denizüstü şalt sahası 1150 ton kaldırma kapasiteli Asian Hercule montaj gemisi tarafından yapılmıştır.

Şekil 5.33. Horns Rev DRES şalt sahası montajı.

Denizaltı kablo serilmesi, 2002 bahar aylarında başlanmış ve Henry P. Lading isimli gemi kullanılmıştır. Kuvvetli deniz akıntılarının bulunduğu proje sahasında 3 günde serilmiştir.

Şekil 5.34. Horns Rev DRES denizaltı kablo serilmesi.

Karaüstü ENH, 2001 Eylül-2002 Mayıs tarihleri arasında çekilmiştir. Montaj sürecinde inşaat gemilerinden birisi denizaltında korumasız olarak bulunan kabloya çapa atarak kopmasına neden olmuştur ve 2 milyon EURO tamir maliyeti sigorta şirketi tarafından karşılanmıştır.

Liman
DRT nakliyesi montaj gemisi olan Ocean Hanne tarafından gerçekleştirilmiştir. Limanda yer kiralanıp nakliye icra edilmiştir. Esbjerg limasnı kullanılmıştır.

Devreye Alma ve Testler
Horns Rev devreye alma ve testler, Kasım 2002 ile Temmuz 2003 tarihleri arasında yapılmıştır. Vestas DRT testlerden sorumlu olmuştur. Ancak V80 modelinin montajının yapıldığı dönemde DRT henüz prototip olduğundan bazı testler karaüstünde değil de; denizüstünde yapılmıştır. Bu durum montaj ve devreye almayı geciktirmiştir. Bu yüzden 2002 Aralık ayında olan devreye alınma tarihi Haziran 2003 tarihine çekilmiştir. Ayrıca devreye alma sırasında bağlantı kablolarına arızalar çıkmıştır ve 2002 yılının son günlerinde DRT'lere 15 gün kadar elektrik verilememiştir. Bu durum, diğer arızaların yanında SCADA ve türbin kontrol yazılımında bazı problemlere yol açmıştır. Ayrıca mekanik aksamda bazı sıkıntılar görülmüştür. 8 adet DRT dişli kutusu ve sürücü sistemi ciddi bir şekilde arızalanmıştır. Bütün bu işlemlerin maliyeti DRT üreticisi tarafından karşılanmıştır.

İşletme
Prototip aşamasında olan bir DRT modelinin seçilmesi, testlerinin yeterince yapılmamış olması ve ticari olarak kendini ispatlamamış bir model olan V80, işletme aşamasında bazı sıkıntıların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yeni türbin konsepti sebebi ile genişlemeden dolayı ünite trafolarında sıkıntılar meydana gelmiştir. İlk işletme yılında trafo izalasyonunun yeterli olmadığı görülmüştür. Deniz ortamının daha fazla dikkate alınması gerektiği anlaşılmıştır. Projenin devreye alınması 15 Aralık 2002 plarak planlanmasına karşın 11 Temmuz 2003'te işletmeye geçebilmiştir. Bazı türbinlerde kalite kontrol problemleri ortaya çıkmıştır. Kanatlar, dişli kutuları, jeneratör ve trafolarda meydana gelen arızalardan dolayı 2003 sonbaharında DRES emreamadeliği %50'lere kadar düşmüştür. Özellikle ünite trafolarındaki izalasyon dolayı Aralık 2003 tarihinde bütün trafolar değiştirilmiştir. Yeni trafolar hem korozif ortamda çalışma; hem de ventilasyonu daha iyi olduğundan dolayı DRES'in emreamadeliği artmıştır. DRES'in normal olarak çalışabilmesi için 2 işletme yılı geçmiştir. 2004 yılında jeneratörler ile ilgili olarak problemlerle karşılaşılmıştır. Bu sorunun çözülebilmesi için pervaneler ve nasel demonte edilerek tekrar karaya çıkarılmıştır ve Ringköbing'te tamir edilmiştir. Bunun için en az 30 DRT'nin çalışabileceği şekilde planlama yapılmıştır. Pervanelerdeki boyama ve kaplama Nakskov'da tekrar yapılmıştır; yıldırım paratoner sistemi

Lolland'da geliştirilmiştir. Bütün türbinlerin 2. kez işletmeye alınması Aralık 2004 tarihini bulmuştur. DRES emreamadeliği %96'lara ulaşmıştır.

Kazanılan Tecrübe
Projenin ön izin kapsamında Danish Energy Agency (DEA), Elsam ile birlikte bilgilendirme toplantıları yaparak kamuoyunu bilinçlendirmişlerdir. ÇED sürecinde turizm kaygıları nedeni ile projenin yerinin kıyıdan daha uzakta yapılması talep edilmiş ancak DEA tarafından kabul görmemiş ve turizmciler ikna edilmiştir. Planlama aşamasında herhangi bir sıkıntı yaşanmamıştır. Saha araştırmalarındaki teknik konular anlaşılarak projenin meteorolojisi, oşinoğrafisi ve jeolojik yapısı anlaşılmıştır. Projenin yapım süreci EPC anahtar teslim olarak değil, çoklu taşeron sistemi ile yapılmıştır. Projenin inşaat ve montaj maliyeti daha düşük olmuştur ancak riskleri yatırımcı üstlenmiştir. Projenin yönetimi Elsam Engineering tarafından yürütülmüştür. DRT inşaat ve montajında biraz gecikme yaşanmıştır. En önemli sorun ise, prototip aşamasında olan bir DRT'nin kullanılması ve türbin ile ilgili bazı iyileştirme ve çözümlerin karaüstünde fabrikada değil; montaj sırasında ve hatta işletme sırasında denizüstünde yapılması bir çok problemi de beraberinde getirmiştir. Elsam ve Vestas'ın planlanan tarihte santralı işletmeye alabilmek için aceleci davranmaları sıkıntının ana kaynağı olmuştur. Montaj ve devreye alma sırasında ilk sıkıntı lojistik konusunda yaşanmıştır. Projenin lojistik planlamasının zayıf olduğu anlaşılmıştır. Bu yüzden karaüstü planlamanın yetersizliği denizüsütündeki faaliyetleri etkilemiştir.

5.9 Nysted DRES Projesi (Danimarka)
1995 yılında Danish Energy Agency tarafından Danimarka karasularında 4 adet DRES potansiyel sahası belirlenmiş ve 1997 yılında Enerji Bakanlığı ile Danimarka dağıtım ve iletim şirketleri arasında protokol imzalanarak projeye start verilmiştir. Elsam ve Elkraft (daha sonra ENERGI E2 adını alacaktır) ile yapılan protokol gereği toplam 5 proje ve 750 MW kurulu güç üzerinde anlaşılmıştır. Özet bilgi aşağıda verilmiştir;

Proje Adı : Nysted DRES
Yatırımcı : ENERGI E2
Proje Yeri : Danimarka Baltık Denizi Lolland Bölgesi
Su Derinliği : 6-10 m
Proje Alanı : 24 km^2
Kıyıya uzaklık : 9 km
Kurulu Gücü : 165.6 MW
DRT Sayısı : 72
DRT Modeli : Bonus A/S 2.3 MW ünite kurulu gücü
Göbek yüksekliği: 69 m
Pervane çapı : 82.4 m

Zaman Planlaması
Projenin Danimarka Hükümeti ile 1997 yılında yapılan protokolü müteakip çalışmalara başlanmıştır ve 1999 yılında Nysted ve Horns Rev planlamaya alınmıştır. 2000 yılı yazında Nysted DRES projesinin ÇED raporu sunulmuş ve 2001 yılında ÇED onayı alınmıştır. Haziran 2002 tarihinde temellerin inşasına başlanmış ve 2003 yazında montaj faaliyetleri başlamıştır. İlk DRT, Mayıs 2003 tarihinde şebeke bağlantısı bitirilmiştir ve test çalışmalarına başlanmıştır. Aralık 2003 tarihinde DRES devreye alınmıştır.

Proje Planlama
Nysted DRES proje planlamasını iki proje ekibi yürütmüştür. ENERGIE E2, DRES tarafını; SEAS Transmission şirketi ise elektrik işlerini yürütmüştür. SEAS Distribution proje yönetimini yürütmüştür. Pirelli 132 kV denizüstü şalt sahasını tedarik etmiştir. ABB, 33 kV kablo ve SCADA sağlamıştır. A2SEA montajı yapmıştır.

Proje Planlama
Haziran 1999 tarihinde SEAS Distribution şn onayı aldıktan sonra ÇED çalışmalarına başlamıştır. 2001 yılında Danish Energy Agency ENERGI E2 başvurusunu almıştır. 2006 yılına kadar ÇED ve diğer teknik çalışmalar yapılarak projenin izin ve onay süreci tamamlanmıştır. Yapılan çalışmalarda GREEN Group müdahil olmuştur. Green Group, WWF, Grrenpeace, Danish Ornithological Society, Danish Society for Conservation of Nature'den oluşmuştur.

Meteorolojik ve Oşinoğrafik Araştırmalar
Nysted DRES için meteorolojik ve oşinoğrafik çalışmalar 1997 yılında başlamıştır ve 2 adet denizüstü meteoroloji istasyonu dikilmiştir.

Proje Ekonomik Veri
Projenin şebeke bağlantısının maliyeti, yatırımcı ile şebeke işleticisi tarafından bölüşülmüştür. DRT'ler arasındaki baplantı ise yatırımcı tarafından üstlenilmiştir. Elektrik şebeke bağlantısı, toplam proje bütçesinin %12'sini oluşturmuştur. Toplam yatırım tutarı 250 milyon EURO olmuştur ve MW başına 1.51 milyon EURO yatırım yapılmıştır. Aşağıda diğer detaylar verilmiştir;

Yatırım Kalemi	Maliyet (milyon €)	Yüzde (%)
DRT Maliyeti	120	48
Temeller	45	18
DRT arası kablolama	15	6
SCADA	10	4
Şalt sahası, denizaltı ve denizüstü ENH	30	12
Diğer	30	12
Toplam	250	

Teknoloji
ENERGI E2 tarafından hazırlanan teknik şartnameyi Bonus A/S uymuştur (daha sonra Siemens tarafından satın alınmıştır) ve daha önceki Vindeby ve Middlegrunden projelerinden olan referanslar sayesinde ihaleyi almıştır. Temel seçimi ile ilgili olarak yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucunda ağırlık temel (gravity foundation) çözümü uygun bulunmuştur. Kule boyu 69 m olarak seçilmiştir; kara üstündeki türbine göre %10 daha kısa kule yüksekliği seçilmiştir. Denizüstünde rüzgar şiddeti daha yüksek olduğundan bu konfigürasyon uygun bulunmuştur. Bonus A/S ile bakım anlaşması yapılmıştır ve proje sahasına 1.2 m dalga yüksekliğine kadar ulaşım sağlanabilmektedir.

Şekil 5.35. Nysted DRES feribot ile DRT ulaşımı.

İşletme sürecinde aşağıdaki iyileştirmeler yapılmıştır;

a) Bazı DRT'lerin dişli kutusu değiştirilmiştir,
b) Paratoner sistemi geliştirilmiştir,
c) Trafolarda soğutma işlemi iyileştirilmiştir,
d) Ana trafonun soğutması daha iyi hale getirilmiştir.

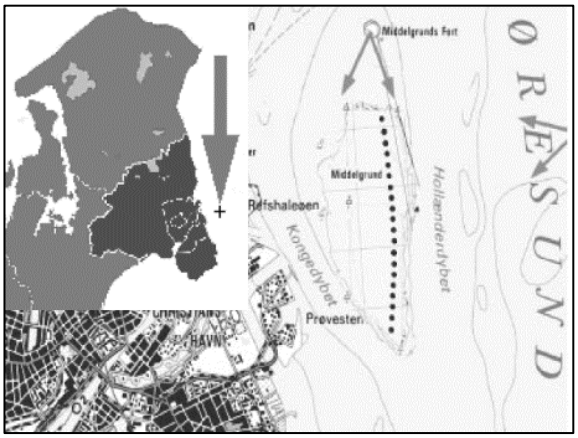
Bonus A/S, her bir DRT için ilk 10 yılda yıllık 2 ziyaret; daha sonra ise artarak yapılacak bir ziyaret programı planlamıştır.

Kazanılan Tecrübe
Nysted DRES, Danimarka Hükümetinden ciddi bir politik destek görmüştür. Bu proje DRES projelerinin ekonomik, çevre ve teknik etkileşiminin görülebilmesi için önemlidir. Proje çoklu taşeron seçimi sistemine göre yapılmıştır. Projede çalışan ekip tecrübeli olduğundan dolayı planlamada herhangi bir sıkıntı ile karşılaşılmamıştır. Şebekenin güçlendirilmesi de dahil olmak üzere bir çok konu zamanında planlanmıştır. Çevreci grupların da projeye aktif bir şekilde müdahil edilmesi projedeki çevre kaygılarını gidermeye yardımcı olmuştur.

5.10 Middelgrunden DRES Projesi (Danimarka)

Middelgrunden DRES projesi 40 MW kurulu gücünde ve her biri 2 MW ünite kurulu gücüne sahip 20 adet DRT'den oluşmuştur. 2000 yılında işletmeye alınmış ve finansmanı kooperatif modeline göre yapılmıştır. Copenhagen Elektrik Şirketi ile 8650 üyenin oluşturduğu kooperatife aittir. Proje Kopenhag'ın elektriğinin %3'ünü karşılamaktaydı. Kopenhag limanının 3.5 km doğusunda bulunan proje sahası için ÇED sürecine özel bir önem verilmiştir. Proje ile ilgili özet bilgi aşağıda verilmiştir;

Proje Adı : Middelgrunden DRES
Yatırımcı : ENERGI E2
Proje Yeri : Danimarka Baltık Denizi Lolland Bölgesi
Su Derinliği : 4-8 m
Kıyıya uzaklık : 2.5 km
Kurulu Gücü : 40 MW
DRT Sayısı : 20
DRT Modeli : Bonus A/S 2 MW ünite kurulu gücü
Göbek yüksekliği: 64 m
Pervane çapı : 76 m
Rüzgar şiddeti : 7.2 m/s
Temel ağırlığı : 1800 ton



Şekil 5.36. Middelgrunden DRES projesinin yeri.

Projenin Tarihçesi

1996 yılında Copenhagen Environment and Energy Office projenin yapılması kararını almıştır. Danish Action Plan for Offshore Wind hedefine göre projenin yeri belirlenmiş ve ön çalışmalara başlanmıştır. Yerel bir kooperatif kurularak projeye halkın yatırımcı olarak katılımı sağlanmıştır. Projenin kronolojik gelişimi;

Projenin yapım kararı alınması : Eylül 1996
Projenin 27 DRT olarak duyurulması : Haziran-Eylül 1997
Projenin 20 DRT olarak duyurulması : Eylül 1998
Ön onay alınması : Mayıs 1999
ÇED halkın katılımı toplantıları : Temmuz-Ekim 1999
Danish Energy Agency onayı : Aralık 1999
İnşaat başlangıcı : Mart 2000
Deniz tabanı düzeltmeler : Mayıs-Haziran 2000
Temellerin denize indirilmesi : Ekim-Kasım 2000
DRT'ler arası denizaltı kablo serilmesi : Kasım 2000
Kule ve pervane montajı : Kasım-Aralık 2000
İlk DRT işletmeye alınması : Aralık 2000
DRES devreye alma : Mart 2001

Projenin ÇED aşamasında özellikle gürültü konusunda itirazlar gelmiştir ve türbin gürültü seviyesinin azaltılabilmesi için ek izolasyon talep edilmiştir. Danish Society for the Conservation of the Nature, ÇED sürecine müdahil edilerek çevreci grupların projeye iştiraki sağlanmıştır. Projeye balıkçılar,

yatçılar ve turizmcilerin itirazları olmuş ancak bu itirazlar ikna edilerek giderilmiştir. Yapılan detay mühendislik çalışmalarda ağrılık temel çözümü uygun bulunmuştur.

Yıllık 100 milyon kWh elektrik enerjisi üretimi öngörülmüştür. Projenin finansmanı için kooperatif modeline göre 8650 kişiden alınan kişi başına 567 EURO ile özsermaye ihtiyacı karşılanmıştır. Tarife fiyatı ise;

1-10 yıl : 44 EUROc/kWh
11-20 yıl : piyasa fiyatı

5.11 Kazanılan Genel Tecrübeler

DRES projelerinin planlama ve geliştirme aşamaları karaüstü RES'lerden farklılıklar göstermektedir. DRES planlaması çok daha kompleks ve risklerin yüksek olduğu süreçleri barındırmaktadır. Hem elektrik santrali hem de denizüstü yapı olması sebebi ile bir çok parametre dikkate alınmalıdır. Ayrıca farklı bir çok mühendislik disiplini de birlikte çalışmak zorundadır. Projelerde aşağıdaki hususların özellikle dikkate alınması gerekmektedir;

a) Proje ön planlama,
b) Detay proje planlama,
c) İmalat planlaması,
d) Tedarik ve satın alma,
e) Mühendislik ve dizayn,
f) Montaj, test ve dervreye alma,
g) İşletme ve bakım,
h) DRES demonte.

Her bir aşama tecrübeli kişiler tarafından dikkatli bir şekilde planlanmalıdır.

Proje Ön Planlama

Proje ön planlama safhasında DRES projesi ile ilgili ön etüt çalışmaları yapılır. Bu çalışmalarda DRES'in bağlanabileceği TM, lojistik için uygun liman, ön ÇED, halkın projeye yaklaşımı, ön etüdü yapılan sahanın idari durumu, askeri, milli park, arkeolojik çalışmalar ve ön ekonomik fizibilite hazırlanarak ilk aşama bitirilmiş olunur. Bu hususlarda sıkıntı olmayacağı anlaşıldıktan sonra projenin detay incelemesine ve planlamasına geçilir.

Proje Detay Planlama

Projenin detay planlaamsında artık uygulamaya yönelik husular dikkate alınır ve kapsamlı analizler yapılır. Aşağıdaki hususlar detaylı olarak planlanır.

Proje yönetim: Proje yönetiminin belirlenmesi, raporlama prosedürleri ve kalite yönetimi gibi hususlar belirlenir.

Proje onay prosedürü: DRES, şebeke bağlantısı, şebekenin güçlendirilmesi, ileride yapılabilecek kapasite artırımı gibi konular analiz edilir.

Saha araştırması: DRES proje sahasının coğrafik, meteorolojik, oşinoğrafi, kimyasal, biyolojik, ekolojik özellikleri araştırılır.

Mühendislik planlama: Fabrika testleri, imalat, nakliye, montaj, saha testleri, devreye alma, işletme ve bakım ile DRES demonte prosedürleri belirlenir.

İhale süreci: İhale dökümanlarının hazırlanarak standartlarının belirlenmesi sürecidir.

İmalat süreci: Temel imalatı, DRT imalatı, DRES şalt sahası imalatı, kablo imalatı ve diğer ekipman imalat planlamasını kapsar.

Karaüstü nakliye: İmalatın yapıldığı fabrikadan DRES proje sahasına nakliyenin yapılacağı limana kadar olan süreçlerdir.

Denizüstü nakliye: DRT ve diğer ekipmanın denizüsütü nakliyesinin planlanmasıdır.

İnşaat planlaması: Temel montajı için deniz tabanı hazırlanması, oyulma koruması yapılması gibi süreçlerdir.

Montaj planlaması: Temel montajı, DRT montajı, denizüstü şalt sahası montajı, denizaltı kablo serilmesinin planlanmasıdır.

Şebeke bağlantısı: DRES'in şalt sahasından çıkan yüksek gerlimin karaüstündeki trafo merkezine enerji nakil hattı ile bağlanmasıdır.

Test ve devreye alma: DRT'lerin saha testleri ve devreye alınmasıdır.

İşletme ve bakım: DRES'in işletme ve bakım faaliyetleridir.

Demonte: DRES'in demonte prosedürüdür.

DRES Projelerine Devletin Müdahiliyeti
DRES projelerine hükümet veya devletin müdahiliyeti olumlu sonuçlar vermiştir. Projenin izin ve onay süreçleri daima hızlanmıştır. Avrupa'da özellikle ilk projelerde bu strateji uygulanmıştır. Saha araştırması ve saha uygunluğu devletler tarafından belirlenmiş ve projelere ilk start verilmiştir. Devletin müdahiliyeti bazı avantajların yanında bazı dezavantajları da beraberinde getirmiştir. Onay sürecinde süreçlerin paralel yürütülemeden daha çok adım adım şeklinde olmasına yol açmıştır. İlk projeler, öğrenme projeleri olduğu için süreçler adım adım takip edilmiştir. Devlet her ne kadar müdahil olsa da; projenin ilk aşamasından itibaren diğer paydaşların da müdahil olması çok önemlidir. Bölge halkı, çevreci gruplar, balıkçılar, gemicilik şirketleri, turizmcilerle bilgilendirme toplantıları yapılmalı ve süreçler haberdar edilmelidir.

Öneriler
a. Kamu tarafından sahanın seçilerek önerilmesi sahada ileride çıkabilecek sorunların önünü almaktadır. Saha araştırmasının yatırımcı tarafından yapılması daha maliyetli bir iştir.
b. Projede kullanılacak teknoloji seçilirken yapılacak çalışmalara tüm paydaşlar müdahil edilebilir.
c. Detay proje planlamada ana işler ve izinler paralel olarak planlanabilir. DRES sürecinin hızlandırılması açısından bu husus önem arz eder.
d. Tek kamu kurumunun onay sürecinde yetkili kılınması Holland EEZ projesinde olduğu gibi en hızlı proje izin sürecidir.
e. Profesyonel bir medya ve iletişim süreci projeye olan itirazları daha doğmadan elimine edebilir.

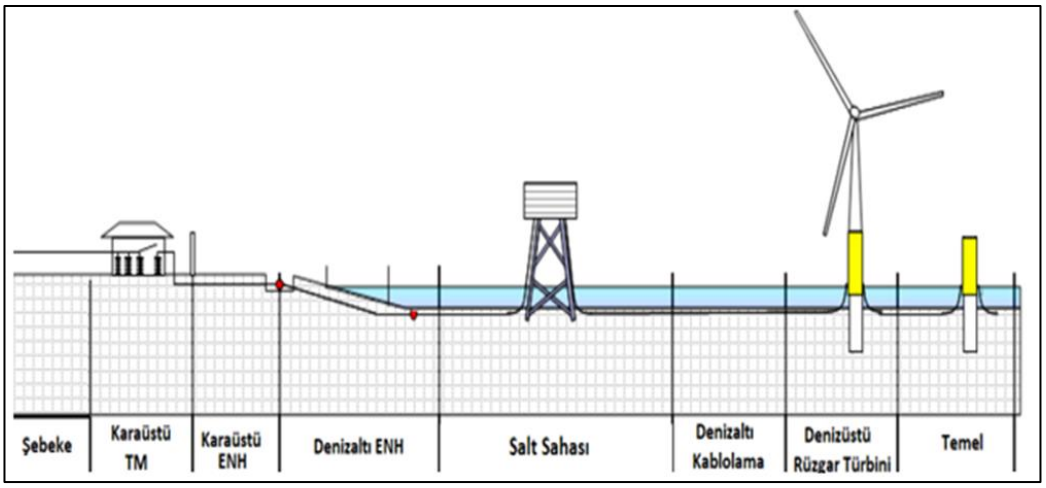
Tedarik ve Taahhüt
DRES projesi ister EPC olarak anahtar teslim veya çoklu alt yüklenici ile yapılmış olsun; projenin yatırımcısı süreci dikkatli planlamalı ve yönetmelidir. Burada proje yatırımcısının riski nasıl bölüştüreceğini bilmesi gereklidir. DRES projelerinde riskler karaüstü RES'lerden daha fazladır. Atmosferik koşulların yanında deniz koşulları da hesaba katılmalıdır.

Montaj ve Şebeke Bağlantısı
Danimarka'da ilk yapılan projelerde denizüstü nakliyenin daha zor olması beklenirken; karaüstü nakliye de daha fazla sıkıntılarla karşılaşılmıştır. Denizcilik şirketleri, denizüstü aktiviteleri daha iyi planladıkları görülmüştür. Özellikle limanda boş depolama sahaları ile ilgili ciddi sıkıntılar yaşanmıştır. İlk DRES projelerinde kullanılan DRT'lerde test çalışmalarının karada yapılmasının zaruri olduğu görülmüştür. Proje zaman planına uyabilmek amacı ile bazı testlerin denizüstü montaj, devreye alma ve hatta işletme sırasında yapılmaya çalışılması ciddi sıkıntılara ve yüksek maliyetlere neden olmuştur. Maliyet bazen 5 kata kadar çıkmıştır. Fabrika testleri, yatırımcı ve işletmeci için çok önemlidir.

Denizaltı kablo serilmesine özel bir önem verilmelidir. Enerji kablolarının karakteristiği fiber optik iletişim kablolarından daha farklıdır ve maliyeti daha yüksektir. Gerek hava koşulları ve gerekse de dalga ve akıntılar bu süreci zorlaştırmaktadır.

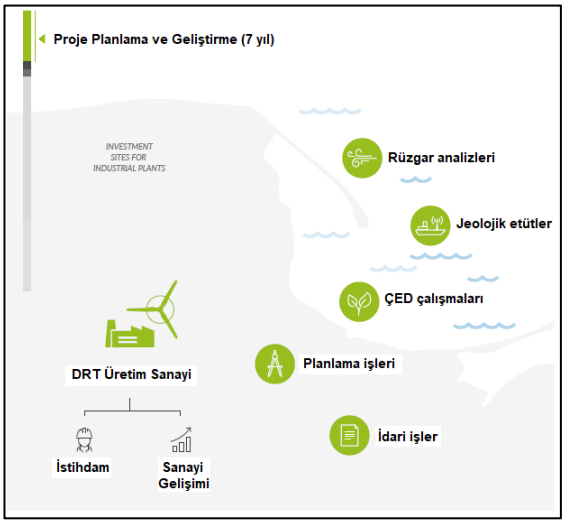
BÖLÜM 6: DENİZÜSTÜ RÜZGAR ELEKTRİK SANTRAL TEKNOLOJİSİ

Denizüstü RES projesinin denizde ve karada bileşenleri bulunmaktadır. DRES'in temel sistem elemanları olarak 7 ana ünite sayılabilir. Bunlar, denizüstü RT temeli, denizüstü RT, türbinler arası kablo (interarray cables), denizüstü şalt sahası, denizüstü yüksek gerilim enerji nakil hattı (export cable), karaüstü enerji nakil hattı ve karaüstü TM bağlantısıdır. Şekilde bu bileşenler görülmektedir.



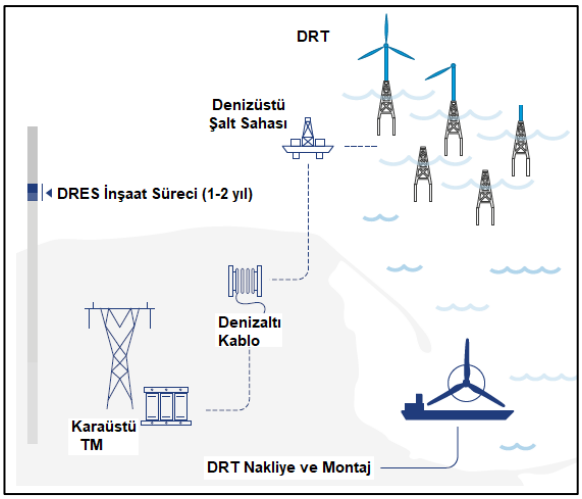
Şekil 6.1. Denizüstü RES bileşenler.

Denizüstü RES projelerinin planlama ve gelişimi en az 8 yıl sürmektedir. Avrupa'daki ilk projelerde bu süre 10-12 yıl civarında olmuştur.



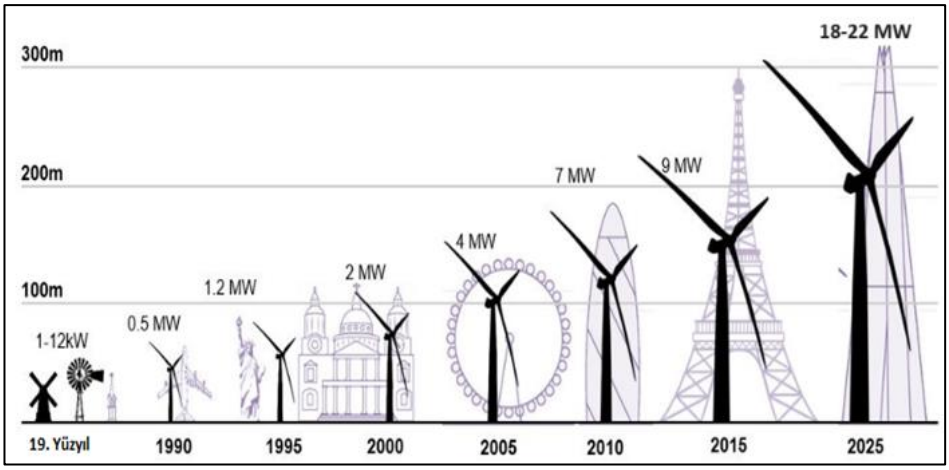
Şekil 6.2. DRES proje planlama ve geliştirme.

DRES proje inşaatı genellikle 1-2 yıl arasında sürmektedir.



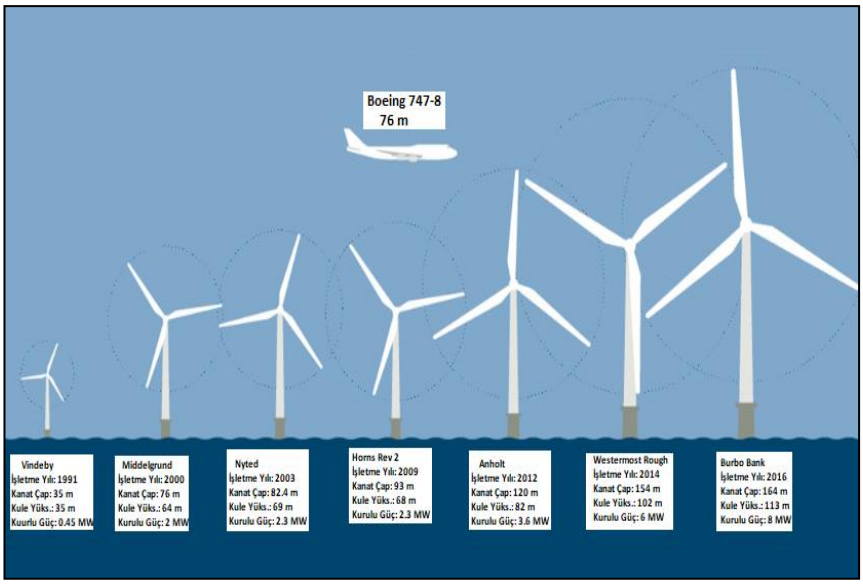
Şekil 6.3. DRES proje inşaat süreci.

1950'li yıllardan sonra doğru akım üreten jeneratörler, yerlerini alternatif akım üreten asenkron jeneratörlere bırakmaya başlamıştır. 1970'li yıllara kadar rüzgar enerjisinde hızlı bir gelişme olmamıştır. Fakat 1970'li yıllardaki petrol krizi ve 1980'li yıllardan itibaren artan çevre bilinci, insanlığı yeni enerji kaynakları aramaya itmiştir. Şekil, 1980'li yıllardan itibaran rüzgar türbini kurulu gücü ile, pervane çapının gelişimini vermektedir. Özellikle 1995 yılından sonraki gelişim dikkati çekmektedir. 1995'li yıllara kadar kW mertebesinde RT'ler bulunmakta iken; 1998 yılından itibaren MW sınıfına geçilmiştir. Kurulu güç ile beraber RT pervane çapının artışı da dikkat çekicidir. Elektrik amaçlı türbinlerin 1980-2012 yılları arasındaki gelişimi incelendiğinde 75 kW kurulu güçten 7500 kW kurulu güçlere ulaştığı yani 100 kat büyüdüğü görülmektedir. Buna mukabil olarak kanat çapları da 17 m den, 126 m lere gelmiştir; yani kanat çapı 7 kat büyümüştür.



Şekil 6.4. Kurulu güç, pervane çapı ve türbin boyu gelişimi.

Denizüstü RES projelerinde kullanılan ekipmanlar, karaüstünden farklılıklar gösterir. Denizüstü RES projelerinde kullanılan RT'lere bakıldığında ise, ilk denizüsü RES olan Danimarka Vindeby projesinde 0.45 MW kurulu güce sahip ve 35 m kanat çapı ve kule yüksekliğine sahip olan ilk RT'lerden; 16 MW kurulu güç ve 164 m kanat çapı ve 113 m kule yüksekliği olan RT'lere gelinmiştir. Önümüzdeki dönemde 20 MW üstü kurulu güçlü DRT'lerin görülmesi beklenmektedir. DRT'lerin denizüstünde kurulmasından dolayı karaüstü RT'lerden farklı özelliklere sahiptir. Özellikle farklı temel tasarımı, geçiş parçası; ayrıca denizüstünde yapılan şalt sahası deniz koşulları dikkate alınmaktadır.



Şekil 6.5. DRT'lerin yıllara göre türbin boyunun gelişimi.

Denizüstü rüzgar elektrik santrallarının (DRES) karaüstündeki rüzgar elektrik santrallarına göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Genel olarak bu uygulama karaüstü türbinlerine göre ilk kurulum maliyeti açısından dezavantajlı olmasına rağmen denizde rüzgar şiddetinin karaya oranla çok daha fazla ve sürekli olabilmesi açısından uzun vadede daha fazla kar getiren bir yatırım olma özelliğini taşır. Denizüstü rüzgar türbini (DRT) teknolojisinin en büyük avantajları olarak;

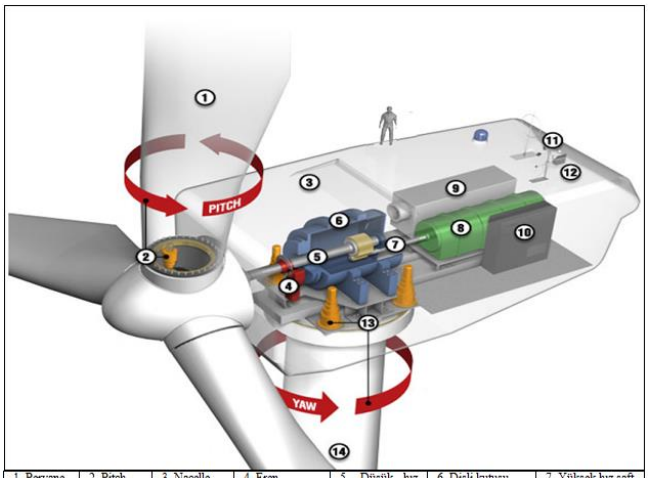
- Denizde rüzgarın daha yüksek şiddete olması sebebiyle artan enerji üretimi,
- Rüzgarın sürekliliğinin daha fazla olması ve pürüzsüzlüğün düşük olması,
- Daha düşük türbülans,
- Karada RES yapılan alanların azalması,
- Karadaki RES projelerinde imar sıkıntılarının artması,
- Denizüstünde kamulaştırma sürecinin daha hızlı çözülmesi,
- Yaşam alanlarından uzak olduğu için görüntü ve gürültü kirliliğine sebep olmaması,
- Deniz ulaşımının kara ulaşımına kıyasla daha kolay ve ucuz olması sebebiyle ulaştırma maliyetindeki tasarruflar,
- Bölgesel gelişim ve istihdam sağlama,
- Denizsel endüstri ve teknolojilerin gelişerek istihdamın artması.

DRES'lerin dezavantajları ise şunlardır;

- Deniz derinliğinden (draft) kaynaklanan ilave yükseklik için çok daha büyük boyutlu altyapı kesitleri ve temeller,
- Deniz içerisindeki inşaata meteorolojik ve oşinografik koşullara bağlı olması,
- Deniz içerisindeki korozif ortamdan dolayı artan korozyon önlemleri ve daha düşük servis ömürleri,
- Kablolama ve enerji iletim sistemlerin deniz içerisinde yapılmasının zorlukları ve deniz etkilerine karşı alınması gereken ilave önlemler,
- Söküm işleminde (decomissioning) zorluklar,
- Deniz içi trafiğini azda olsa etkileme ihtimali,
- DRES işletme bakımın meteorolojik ve oşinografik koşullara bağlı olması sayılabilir.

6.1 Denizüstü Rüzgar Türbini (DRT)

DRT'nin temel elemanları olarak kule, nasel, pervane, ünite (step-up) trafosu, kule geçiş parçası (transition piece) ve kule temeli verilebilir. İlerleyen sayfalarda bunlar incelenecektir. Denizüstü RT'ler karaüstü RT'lerden daha büyük boyuttadır. Şekil ile 14 MW kurulu gücünde bir RT'ye ait nasel görülmektedir. Kıyaslama yapılması açısından bir insan naselde görülmektedir.



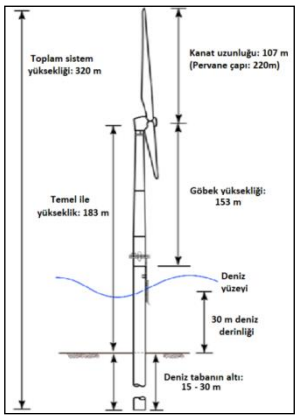
1. Pervane	2. Pitch	3. Nacelle	4. Fren	5. Düşük hız şaft	6. Dişli kutusu	7. Yüksek hız şaft
8. Jeneratör	9. Eşanjör	10. Kontrol sistemi	11.Anemometre	12.Yön sensörü	13.Yaw sürücüsü	14. Kule

Şekil 6.6. 14 MW naseli.

Kurulu güçler değişim gösterse de, nasel içerisindeki diğer ekipmanlar değişim göstermemektedir. Sadece büyüklükleri değişim göstermektedir. Bu ana ekipmanlar, ana yatak (main bearing), jeneratör, dişli kutusu, hidrolik sistemi, eşanjör (heat exchanger), şaft, soğutma sistemi, rüzgar sensörleri, uyarı ışığı, iletim sistemi, slewing rings, gibi ekipmanlardan oluşmaktadır.

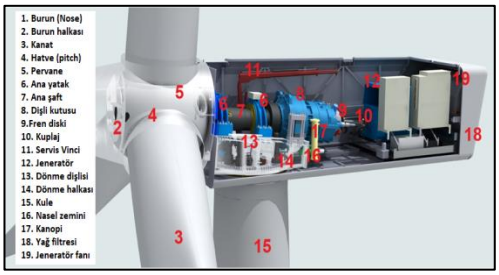
Şekil 6.7. 14 MW denizüstü RT boyutları.

GE Haliade-X 14 MW RT detay boyutları örnek olması açısından aşağıdaki Şekil ile verilmiştir. Burada deniz derinliğinin 30 m olduğu ve DRT temelinin deniz tabanına 15-30 m çakıldığı kabulü yapılmıştır.



Şekil 6.8. GE Haliade-X 14 MW DRT boyutları.

GE Haliade-X 14 MW DRT naseli ve içindeki ekipmanlar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 6.9. GE Haliade-X 14 MW DRT naseli.

Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için 5 MW kurulu gücünde bir karaüstü RT ile 14 MW denizüstü RT'ye ait kıyaslama tablosu aşağıda Tablo ile verilmiştir.

Tablo 6.1. Karaüstü ve denizüstü RT kıyaslaması.

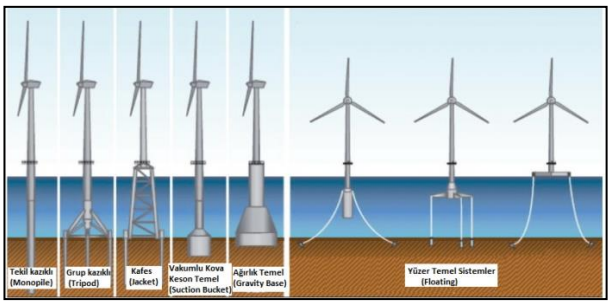
	Karaüstü RT	**Denizüstü RT**
Kurulu Güç	5 MW	14 MW
Pervane çapı	126 m	195 m
Göbek (hub) çapı	3	4.64 m
Göbek yüksekliği	90 m	125 m
Devreye giriş hızı	3 m/s	3 m/s
Devreden çıkış hızı	25 m/s	25 m/s
Nominal rüzgar hızı	11.4 m/s	11.2 m/s
Devreye giriş ve nominal pervane hızı	6.9 rpm/12.1 rpm	3 rpm/8.25 rpm
Pervane ağırlığı	110 000 kg	297 650 kg
Nasel ağırlığı	240 000 kg	400 000 kg
Kule ağırlığı	200 718 kg	782 096 kg

6.2 Denizüstü Rüzgar Türbini (DRT) Temel Tasarımı

Denizüstü rüzgar türbini (DRT) üzerine etkiyen kuvvetler karaüstü türbinlerden hem farklıdır; hem de daha fazladır. DRT üzerine sadece karaüstü türbinlere ek olarak dalga yükü, akıntı, gel-git, ekstrem dalga, buz çarpması, kaldırma kuvveti etki etmektedir. DRT temeli için geliştirilmiş çeşitli çözümler bulunmaktadır. Bu çözümler, büyük oranda su derinliği ile değişen tasarımlardır. Bu temel tipleri basitçe 6 gruba ayrılabilir;

- Tekil kazıklı temeller (Monopile) – 20 ile 30 m deniz derinliği,
- Grup kazıklı temeller (Tripod) – 30 ile 40 m deniz derinliği,
- Kafes temeller (Jacket) 50 ile 60 m deniz derinliği
- Vakumlu Kova Keson (Suction bucket) 50 m den serin sularda,
- Ağırlık temeller (Gravity base) 30 ile 50 m deniz derinliği,
- Yüzer temeller (Floating).

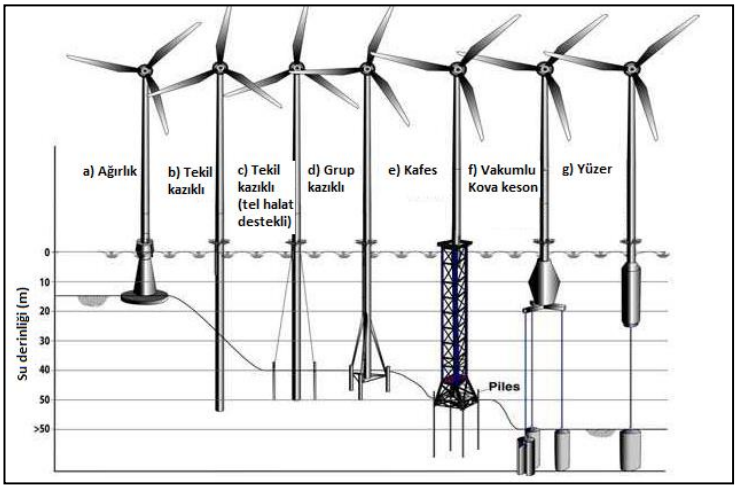
DRT temelinin tipi ve tasarımı çok önemlidir, deniz derinliğinin yanında, etkiyen yükler, deniz tabanı karakteristikleri gibi hususlar da dikkate alınmaktadır. Yukarıda sayılan temel sistemleri aşağıda Şekil ile verilmişir.



Şekil 6.10. DRT temel çeşitleri.

Temelin çeşit ve derinlik ilişkisi Şekil ile verilmiştir.

- Tekil kazıklı temeller (Monopile) – 20 ile 30 m deniz derinliği,
- Grup kazıklı temeller (Tripod) – 30 ile 40 m deniz derinliği,
- Kafes temeller (Jacket) 50 ile 60 m deniz derinliği
- Vakumlu Kova Keson (Suction bucket) - 40-60 m,
- Ağırlık temeller (Gravity base) 30 ile 50 m deniz derinliği,
- Yüzer temeller (Floating).



Şekil 6.11. DRT temel çeşitleri ve uygulama derinlikleri.

6.3 Yüzer (Floating) Temeller

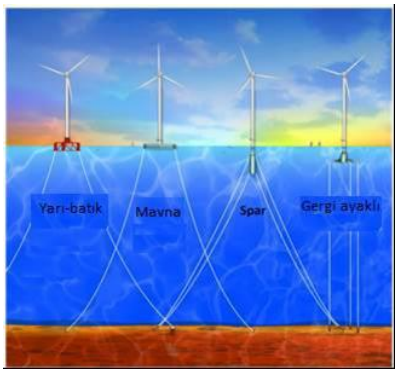
Denizüstü rüzgar türbini temeli tasarımında çok yüksek su derinliklerinde (genelde 50 m den fazla derinliklerde) diğer temel tiplerinin kullanımı fizibil olmaktan çıkmaktadır. Bu durumlarda yüzer temeller tercih edilmektedir.

Yüzer platformlu temellerin sabitlere göre avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Derin denizde ekonomik
Daha yüksek rüzgar hızı
Daha geniş kurulum alanı
Daha kolay kurulum ve daha kolay demonte, taşınarak bakım onarım
Görüntü ve gürültü etkileri daha az
Zayıf zemin ve deprem açısından avantajlı
Deniz tabanında daha az tahribat, daha küçük ayak izi, daha çevreci (deniz canlılarına etkisi ile ilgili araştırmalar devam etmektedir)

Yüzer platformlu temellerin yukarıda verilen avantajları olmakla beraber en büyük dezavantajları rijitliklerinin sabit temel tiplerine göre çok daha düşük seviyede olması, dolayısıyla ekstrem yanal itkilerin (şiddetli rüzgar ve dalga iklimi) söz konusu olduğu durumlarda stabilite ile ilgili oluşabilecek problemler ve tasarımın karmaşıklığı olarak düşünülebilinir.

Yüzer rüzgar türbinlerinin deniz yüzeyinde stabilitesini koruması amacıyla imal edilen yüzer platformlar, yüzer rüzgar türbinleri sisteminde en önemli yapısal elementlerden biridir. NREL(2022)'e göre bir yüzer rüzgar türbinin toplam maliyetinin %36.5'i yüzer platform ve bağlantılarının maliyetiyken, yalnızca %17.1'i türbinin kendi maliyetidir. Yüzer rüzgar türbinleri için son 10-15 yılda farklı tipte platformlar geliştirilmiş olsa da, bazı tipik platform geometrileri bu zaman içinde ön plana çıkmıştır. Bunlar Şekilde de görüleceği gibi dört genel gruba ayrılabilir; i) Yarı batıklar, ii) Mavna tipi, iii)Spar ve iv) Gergi ayaklı (TLP). Şekilde verilen platformlardan Yarı batık ve Mavna tipleri suyun kaldırma kuvveti, Spar, balast (denge ağırlığı) prensibi, Gergi ayaklı (TLP) ise yükün bağlantı halatları ile dengelenmesi ilkesiyle çalışmaktadır. Yüzer temellerde kullanılan ankrajlar, çapa, çekmeli gömülü çapa, zemin içerisine monte edilmiş plaka, vakumlu kova veya deniz tabanı altı kazığı şeklinde olabilmektedir.



Şekil 6.12. Yüzer DRT temel tipleri.

Her bir yüzer platform tipinin avantajarı gibi dezavantajlarının da olması daha düşük maliyetlerle daha stabil yüzer platform arayışlarının tüm dünyada devam etmesine neden olmaktadır. Tablo ile yüzer platform tiplerinin avantaj ve dezavantajlarını özetlemektedir.

Tablo 6.2. Tipik yüzer platform tiplerinin avantaj ve dezavantajları (GWEC, 2022).

Yüzer Platform	**Avantajları**	**Dezavantajları**
Spar	Ucuz ve basit bağlanma ve ankraj sistemi Paslanma sorunu az Düşük operasyon riski Zemin koşullarından bağımsız Yüksek dalga koşullarına uygun Basit üretim	Ağır ve uzun yapı, en az 80m derinlik ve uzun bağlanma zincirleri gerektirir. Deniz tabanında ayak izi fazladır Kule tabanında yüksek yorulma kuvvetleri oluşur Özel yerleştirme gemisi gerektirir. Nispeten fazla hareket eder. Yüksek maliyet (5-8m€/MW (30MW için))
Yarı-batık	Sığ veya derin denizlerde uygulanabilir. Ucuz ve basit bağlanma ve ankraj sistemi Zemin koşullarından bağımsızdır Basit yerleştirme ve sökme	Yapımı komplikedir. Su yüzeyindeki kısımlarından dolayı daha fazla dalgaya maruz kalır, bu da stabiliteyi düşürürken, türbine gelen kuvvetleri arttırır. Tek parça olarak imal edildiğinden limanda geri sahada veya özel bir fabrika alanında üretimi gereklidir.
Mavna	Sığ sular için uygun olabilir (30m'lere kadar kullanılabilir) Basit geometrisi yapımını kolaylaştırır. Lokal kaynaklara göre, çelik, beton veya hibrit malzemeden üretilebilir.	Dalgaya çok fazla maruz kaldığı için dalgaların yüksek olduğu bölgelerde stabilite sorunu olabilir. Dolayısıyla daha kompleks bağlanma sistemlerine ihtiyaç duyulabilir.
Gergi ayaklı	Yüksek stabilite ve düşük deplasman ve rotasyon Farklı su derinliklerinde kullanılabilir. Deniz tabanında ayak izi azdır Basit ve hafif olduğundan bakım ve operasyonu kolaydır. Kıyıda veya limanda montajı mümkündür.	Yerleştirme sırasında stabil olmadığı için özel gemi kullanımı gereklidir Kompleks ve maliyetli bağlanma ve ankraj sistemlerinden dolayı en pahalı yüzer temel tipidir Deniz tabanı koşulları önemlidir.

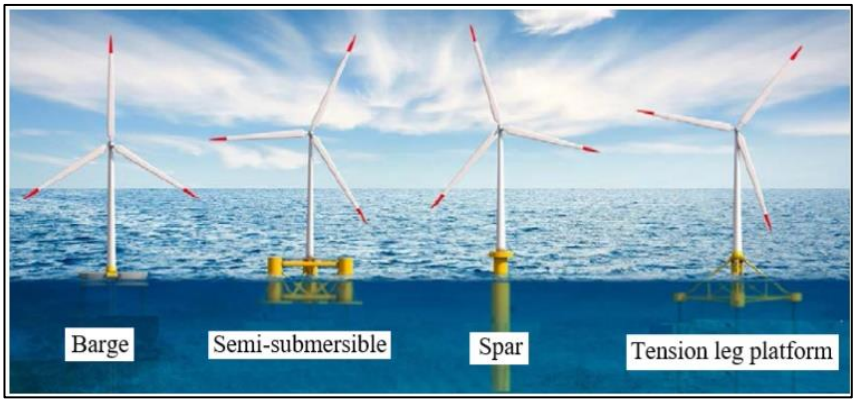
Deniz üstü rüzgar türbini temel tasarımında öne çıkan iki sistem çekme ayaklı platformlar (literatürde İngilice ismiyle Tension leg platforms - TLP olarak anılmaktadır) ve dönmesi kısıtlanmış şamandıra sistemlerdir. İlk bahsedilen temel tipinde adından da anlaşılacağı gibi deniz seviyesindeki yüzer eleman deniz tabanındaki ankrajlarına öngerilme verilmiş çelik halatlarla bağlanarak dengede tutulmaktadır. Diğer temel tipinde ise şamandıra tipindeki yüzer eleman açılı şekilde kendisine bağlanmış olan ancak öngerilmesiz halatlar ile düzlemde belirli bir tolerans ile tutulmakla beraber

şamandıranın alt kısmına yerleştirilen dengeleyici bir eleman yardımıyla dönmesi engellenmektedir. Yüzer temellerde kullanılan ankrajlar, çapa, zemin içerisine monte edilmiş plaka, vakumlu kova veya deniz tabanı altı kazığı şeklinde olabilmektedir.

DRT'ler derin sulara yapılmaya başladığından dolayı yüzer temelli çözümler kullanılmaya başlanmıştır. Derin sularda sabit temelli çözümler ekonomik olmamaktadır. Yüzer temel çözümleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

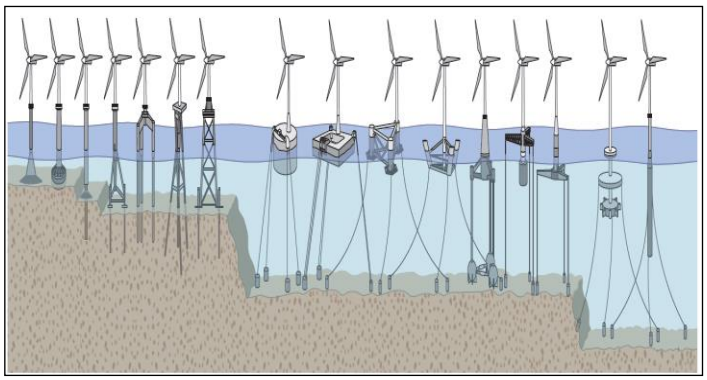
- Barge,
- Semi-submersible,
- Spar,
- Tension leg platform

Şekil ile yüzer temelli çözümler görülmektedir.



Şekil 6.13. Yüzer DRT temeli.

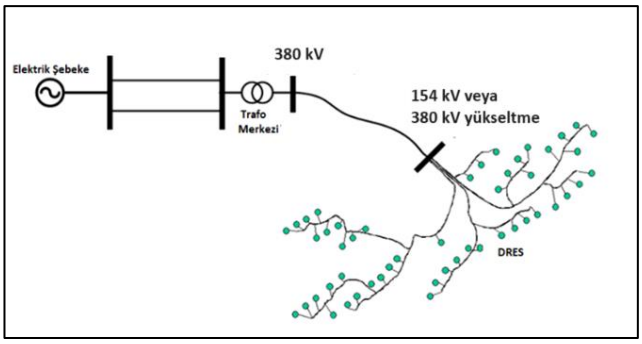
DRT'lere ait bütün temeler aşağıda resmedilmiştir.



Şekil 6.14. DRT temelleri.

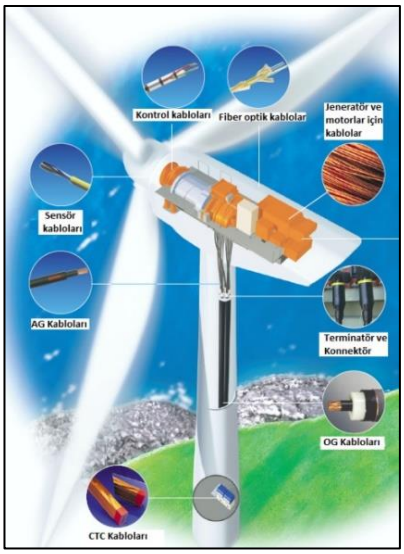
6.4 Denizüstü RES Elektrik Sistemi

DRES elektrik sistemi üç bölüme ayrılabilir. Toplama sistemi, şalt sistemi ve iletim sistemi. Öncelikle, üretilen enerjiyi denizaltı kablolar ile gerilim seviyesinin yükseltileceği şalt sistemine ve oradan da iletim sistemi ile ulusal şebekeye bağlantı yapılır. Tipik bir DRES elektrik tek hat şeması aşağıda Şekil ile görülmektedir.



Şekil 6.15. Tipik bir DRES elektrik bağlantısı.

6.5 Denizaltı Türbinler Arası Kablolama (Inter Array Cables)
Tipik bir DRT'de kullanılan kablolar ve yerleri aşağıda Şekil ile verilmiştir.



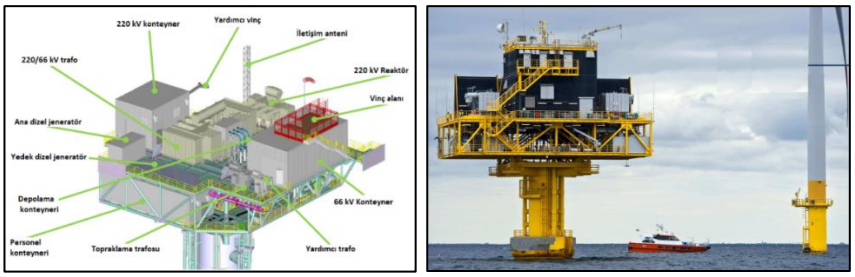
Şekil 6.16. DRT'de kullanılan kabloların çeşidi.

DRES projelerinde denizaltı kablolama maliyet ile işletme ve bakım açısından önem taşımaktadır. DRT'ler arasındaki kablolar yine denizin üzerinde bulunan şalt sahasında toplanır. Şalt sahasından denizaltı ve karaya geçtiği noktadan itibaren havai hat olarak devam edet ve karaüstündeki trafo merkezine bağlanarak ulusal elektrik şebekesine bağlantısı gerçekleştirilir. Şalt sahası genellikle 30-36 kV olan orta gerilim seviyesini 100-220 kV olan yüksek gerilim seviyesine çıkarır.

Şekil 6.17. DRES denizaltı kablolama.

6.6 Denizüstü Şalt Sahası
DRES projelerinde elektrik iletim sistem altyapısı DRES'in toplam proje bütçesinin %15-20 civarını oluşturur. Bunlar arasında DRES şalt sahası önemli bir yer tutar. Şalt sahası için denizin üstünde

yaklaşık 800 m^2'lik bir platforma ihtiyacı vardır. Tipik bir DRES şalt sahasında bulunan ekipmanlar aşağıda gösterilmiştir.



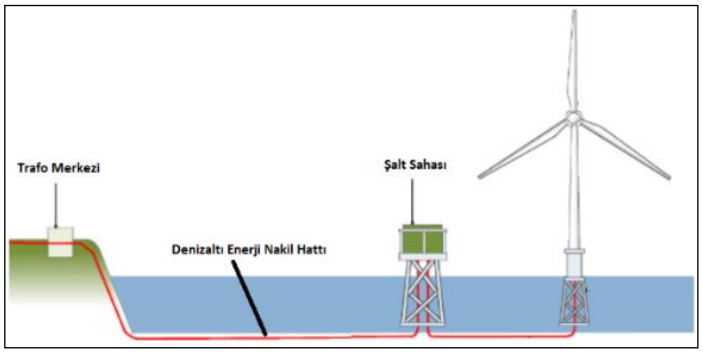
Şekil 6.18. DRES şalt sahası.

Şalt sahası genellikle alt yapı ve üst yapı olarak ikiye ayrılmaktadır. Alt yapı olarak temel; üst yapı ise çelik konstrüksiyon kısımdır. Deustche Bucht DRES projesine ait DRES şalts sahasının alt kafes temel (1760 ton) ve üst yapısı (2720 ton) aşağıda görülmektedir.

Şekil 6.19. DRES şalt sahası alt ve üst yapı.

6.7 Denizaltı Enerji Nakil Hattı (Export Cable)

DRES şalt sahasından çıkan yüksek gerilim kablolarının karaya kadar aldığı mesafede kullanılan kablolardır.



Şekil 6.20. DRES denizaltı enerji nakil hattı.

Bazı DRES'lere ait elektriksel özellikler görülmektedir.

Tablo 6.3. Bazı DRES'lere ait elektriksel özellikler.

DRES Adı	Top.kap./Ünite kur.gücü (MW)	Su derinliği (m)	Kıyıya uzaklık	Saha içi kablo
Thanet (İngiltere)	300/3	14-23	2x132 kV/26 km	33 kV/75km
Greater Gabbard (İngiltere)	504/3.6	4-37	3x132 kV/45 km	33 kV/173 km
Bard 1	400/5	39-41	2x155	33 kV/107 km

(Almanya)			kV/125 km	
Horns Rev 1 (Danimarka)	160/2	6-11	150 kV/21 km	30 kV/63 km
Horns Rev 2 (Danimarka)	207/2.3	9-17	150 kV/42 km	33 kV/70 km
Rodsand Rev 2 (Danimarka)	207/2.3	6-12	132 kV/80 km	33 kV/75 km
Princes (Hollanda)	120/2	19-24	3x150 kV/29 km	22 kV/45 km
Nysted (Danimarka)	166/2.3	6-9	132 kV/11 km	33 kV/48 km
Robin Gigg (İngiltere)	180/3	4-12	2x132 kV/12.5 km	33 kV/42 km

6.8 Karaüstü Enerji Nakil Hattı (ENH)

Karaüstü ENH, deniz ile karadaki trafo merkezi arasındaki iletim sistemidir. Denizden karaüstü TM'ye kadar yeraltı hattı ile gider.

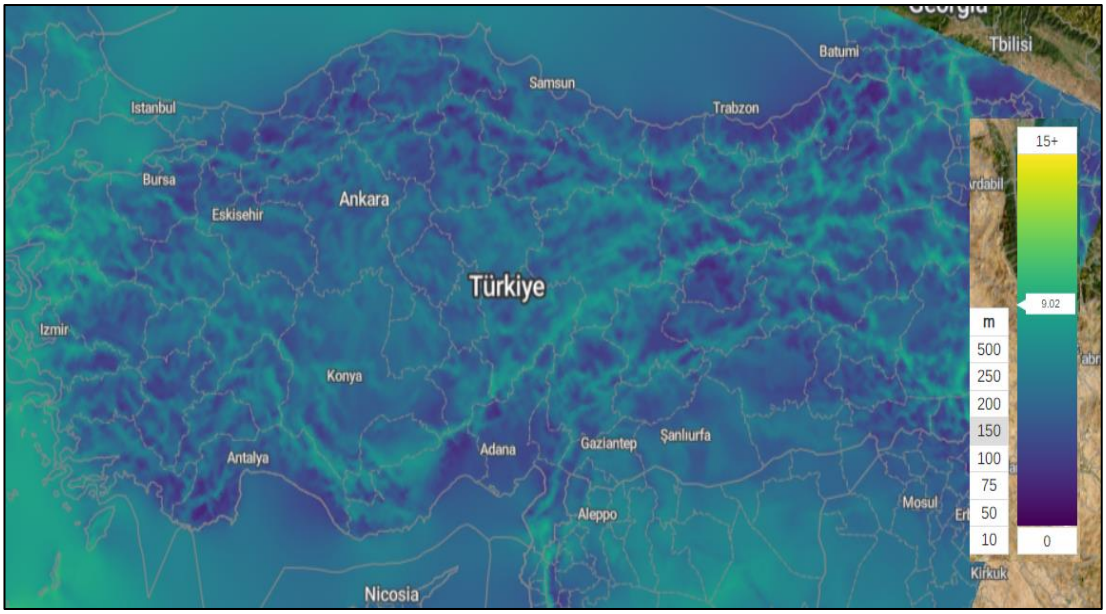
Şekil 6.21. DRES karaüstü enerji nakil hattı.

BÖLÜM 7: DENİZÜSTÜ RES POTANSİYEL ALANLARI VE DİKKAT EDİLMESİ GEREKLİ HUSUSLAR

Bu bölümde denizüstü RES proje sahası bulunurken dikkat edilmesi gereken hususlar üzerinde durulmuştur. Ülkemizin denizüstü rüzgar potansiyeli, deniz taban morfolojisi, ve dikkate alınması gereken diğer kriterler hakkında bilgiler verilmektedir. Burada verilen bilgilerin çoğu açık veri kaynaklarından alınan bilgilerdir. Denizüstü rüzgar elektrik santral projesi planlanırken mutlaka yerinde meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümler, batimetrik ölçümler, deniz tabanı çalışması, jeolojik ve jeofizik etütler ve ilgili kamu kurumlarından gerekli görüşler alınmalıdır.

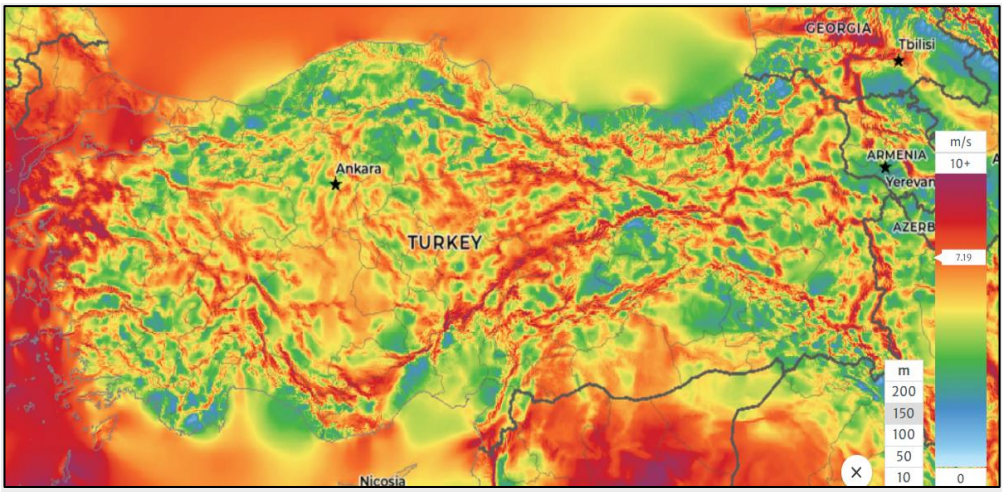
7.1 Ülkemizin Denizüstü Rüzgar Enerji Potansiyeli

Dünya Bankası'nın Ekim 2019 tarihinde yayınladığı "EXPANDING OFFSHORE WIND TO EMERGING MARKETS" raporuna göre, Türkiye'de denizüstü rüzgar enerjisi potansiyelinin en fazla olduğu bölge rüzgar hızlarının 9 m/s'ye ulaşabildiği Ege Bölgesi'nin kuzeybatısında kalan alanlardır. Teknik olarak bu bölge 6 GW sabit, 19 GW yüzer olmak üzere toplam 25 GW potansiyele sahiptir. Rüzgar potansiyeli ile ilgili olarak birçok farklı açık veri kaynağı bulunmaktadır. Burada dikkat edilmesi gerekli en önemli husus, bu tarz açık veri kaynaklarının daha çok karaüstü rüzgar verilerinin kullanılarak yapıldığı ve denizüstü rüzgar potansiyeli uygulamada güvenilir sonuçlar vermeyebileceğidir. New European Wind Atlas'a Türkiye 150 m yükseklikteki ortalama rüzgar şiddetini gösteren açık veri kaynağı aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 7.1. New European Wind Atlas'a Türkiye 150 m yükseklikteki ortalama rüzgar şiddeti.

Ege Bölgesini, rüzgar hızlarının 7-8 m/s hızlara ulaşan Marmara ve Karadeniz Bölgeleri takip etmektedir. Bunun dışında batı ve güney kısımlardaki tüm potansiyel sahalarla birlikte Türkiye'nin toplam açık deniz rüzgar potansiyeli 50 metreden daha az derinlikte 18 GW sabit, 50-1000 metre derinlikte 57 GW olmak üzere toplamda yaklaşık 75 GW olarak belirlenmiştir. Global Wind Atlas projesinde kullanılan verilerin ülkemiz için valide edilmediği ve aynı zamanda bu verilerin denizüstü rüzgar potansiyelini değerlendirmede sağlıklı bir şekilde kullanılamayacağı tekrar vurgulanmalıdır.



Şekil 7.2. Global Wind Atlas'a göre Türkiye 150 m yükseklikteki ortalama rüzgar şiddeti.

Kuzey ve Baltık Denizine kıyasla Türkiye'nin denizüstü rüzgar enerjisi potansiyeli daha düşüktür. Ancak denizüstü RT teknolojisindeki gelişmeler, düşük rüzgar şiddetinde çalışabilecek rüzgar türbinlerinin geliştirilmesine yönelik olarak devam etmektedir. Ülkemizin Ege kıyılarında 8-9.5 m/s, Marmara Denizinde 7-8.5 m/s, Akdeniz Hatay Samandağ Bölgesinde 8-8.5 m/s, Karadeniz kıyılarında ise 6.5-7.5 m/s civarında rüzgar şiddeti değerleri görülmektedir.

Dünya Bankası tarafından yapılan çalışmada ülkemizin yanında 115 ülke için denizüstü rüzgar enerjisi potansiyel çalışması yapılmıştır. Küresel Rüzgar Enerji Konseyi (GWEC) tarafından 2022 yılında yapılan diğer bir çalışmada ise, yüzer Denizüstü RES açısından ülkeler derecelendirilmiştir (Çin, Tayvan, Güney Kore, Japonya, Danimarka, İngiltere, Fransa hariç). Derecelendirmede öncelikle (GWEC, 2022);

1) Yüzer denizüstü rüzgar enerjisi potansiyeli>10GW
2) Yüzer potansiyel >sabit potansiyel
3) Elektrik talebi>10Twh
4) RISE (Regulatory Indicators for Sustainable Energy, Sürdürülebilir Enerji için Mevzuat Göstergeleri) skoru,

kıstaslarını sağlayan 30 ülke listelenmiştir. Aşağıdaki Şekil 7.3'de görüleceği gibi Türkiye bu 30 ülkeden biridir.

Şekil 7.3. Yüzer DRES açısından dünyada en elverişli 30 ülke (GWEC, 2022).

Belirlenen bu 30 ülkenin sıralaması için de kriterler belirlenmiş ve 30 ülke her bir kriter için 1den 4'e kadar puanlandırılmıştır. Bu kriterler:

1) Yüzer temelli denizüstü rüzgar enerjisi potansiyeli
2) Sabit temelli denizüstü rüzgar enerjisi potansiyeli
3) Seviyelendirilmiş güneş enerjisi maliyet ücreti
4) Nüfus yoğunluğu
5) RISE skoru
6) Ülkenin Rüzgar Enerjisi Hedefi
7) Ülkenin Hidrojen Mutabakatı hazırlıklarıdır.

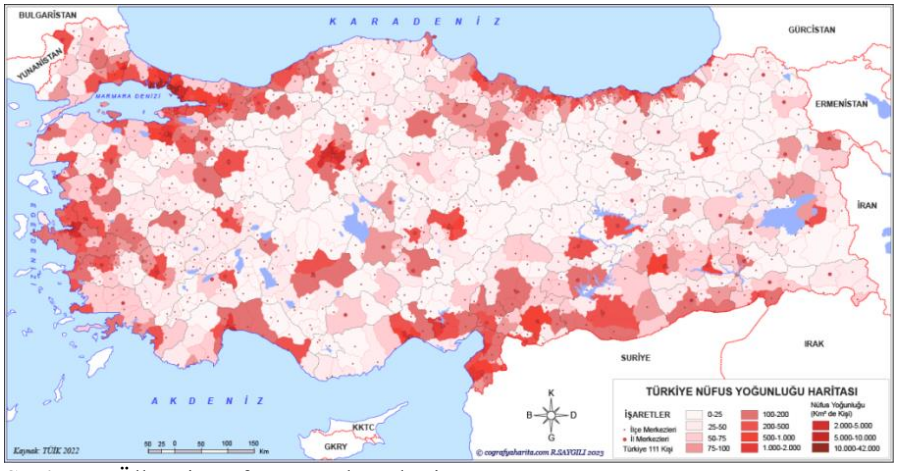
Bu kriter ve puanlandırma sistemine göre Türkiye her ne kadar raporda 15 puanla 19. sırada yer almışsa da, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından ilan edilen 5 GWlık DRES hedefi ve hidrojen mutabakatı için yapılan plan hazırlıkları nedeniyle ülkemizin 17 puanla ilk 10 içinde yer alması beklenmektedir.

7.2 Şebeke Bağlantı Olanakları
Son yıllarda Denizüstü RES projeleri ölçek ekonomisi dolayısıyla yüksek kurulu güçlerde yapılmaktadır. Bu yüzden bağlantı olanakları araştırılmalı şebekeye bağlanabilecek en ekonomik çözümün olabileceği yerlere yakın Denizüstü RES projeleri düşünülmelidir. Bununla beraber, Denizüstü RES potansiyelinin yüksek ancak bağlantı olanağının olmadığı durumda şebeke entegrasyon çalışmaları yapılmalıdır.

7.3 Deniz Derinliği
Deniz derinliği, Denizüstü RES projesinin ekonomikliği ve türbin temel dizaynını belirleyen önemli parametrelerdendir.

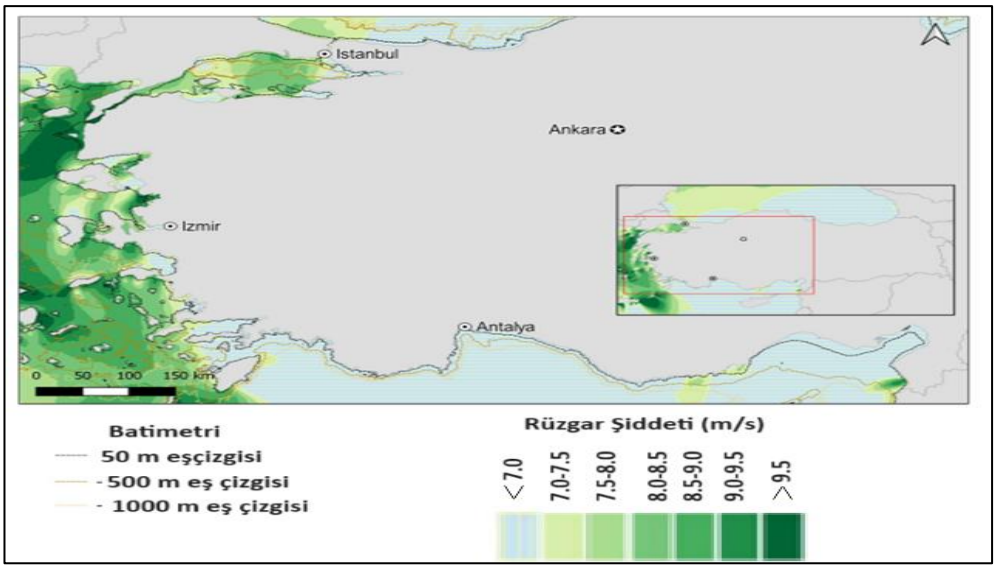
7.4 Kıyıya Uzaklık
Kıyıya uzaklık, RES projesinin toplam yatırım tutarı üzerinde etkisi bulunan diğer önemli kriterdir. Enerji nakil hattı ve kablo maliyetini belirleyen kriterdir. Ayrıca işletme ve bakım maliyetleri açısından değerlendirilmesi gereken bir husustur.

7.5 Nüfus Yoğunluğu
Nüfus yoğunluğunun anlamı yüksek enerji kullanımıdır. İnsanlığın ilk zamanlarından bu yana denize kıyısı olan bölgeler, limanları barındırdığından dolayı yaşam ve cazibe merkezi olmuştur.



Şekil 7.4. Ülkemiz nüfus yoğunluğu haritası.

7.6 Deniz Tabanı (Seabed) Koşulları
Ülkemizin deniz tabanı koşulları ile ilgili burada gene bilgiler ve açık kaynaklardan alınan bilgiler verilmiştir. Denizüstü RES saha seçiminden sonra bu kriterler yerine araştırılarak çalışmalar yapılmalıdır. Ülkemiz denizlerinin morfolojik yapısı incelendiğinde batı kıyılarında sığ suların bulunduğu, kuzey ve güney kıyılarında derinliğin daha hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Batimetrik (deniz derinliği) haritaları incelendiğinde, özellikle Marmara ve Karadenizde kıyıya yakın bölgelerde 50 m derinlik olduğu görülmektedir.

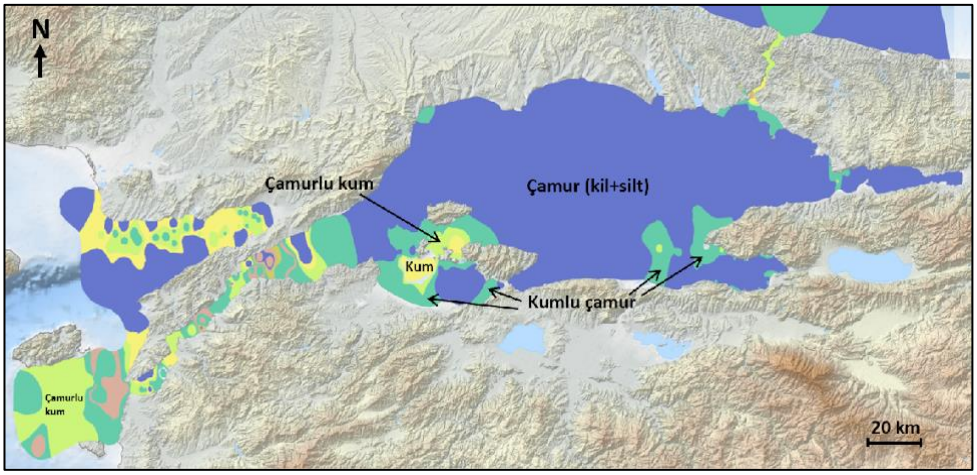


Şekil 7.5. Batimetrik harita ve ortalama rüzgar şiddet değerleri.

7.7 Deniz Tabanı Zemin Özellikleri

Ülkemizde deniz tabanı zemin özellikleri ile ilgili olarak MTA, BOTAŞ, TPAO gibi kuruluşların çeşitli projeler kapsamında, farklı amaçlara yönelik olarak, çeşitli su derinliklerinde ve kıyıdan uzaklıklarda yaptığı/yaptırdığı zemin inceleme çalışmaları bulunmaktadır. Avrupa kaynaklı "European Marine Observation and Data Network (EMODnet)" tarafından sunulan, 1:100000 ölçekli açık veri kaynağı incelendiğinde, EMODnet veri tabanı, deniz tabanında hemen yüzeyde bulunan sedimanlar hakkında bilgi sunmakta ve sunulan verinin elde ediliş/yorumlama yöntemi, veri çözünürlüğü limitasyonları, verinin içerdiği belirsizlik EMODnet web sayfasında ifade edilmektedir.

EMODnet'in kullandığı ve Avrupa Doğa Bilgi Sistemi EUNIS tarafından da desteklenen zemin sınıflama sisteminde, deniz tabanında hemen yüzeyde bulunan zeminleri sınıflandırmada "modifiye Folk" 7'li sınıflama sistemi kullanılmaktadır. YEKA Aday Denizüstü RES bölgelerinin deniz tabanında hemen yüzeyde bulunan zeminlerin Folk-7 sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılması aşağıda görülmektedir.



Şekil 7.6. YEKA Aday Denizüstü RES bölgeleri (GMKA Raporu).

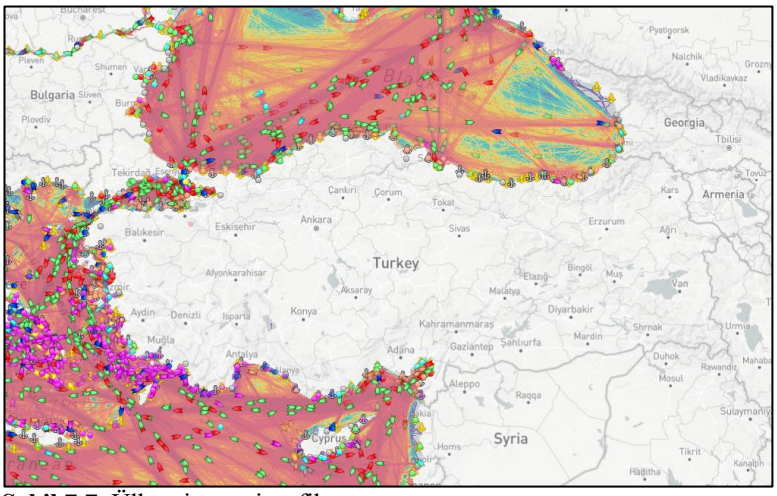
7.8 Meteorolojik ve Oşinoğrafik İnceleme

Denizüstü RES proje sahasının meteorolojik ve oşinoğrafik incelemesi mutlaka yapılmalıdır. Oşinografi konusunda Türk Deniz Kuvvetleri Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı (SHOD) bu konuda verileri toplayan ve değerlendiren kamu otoritesidir.

7.9 Gemi Trafiği

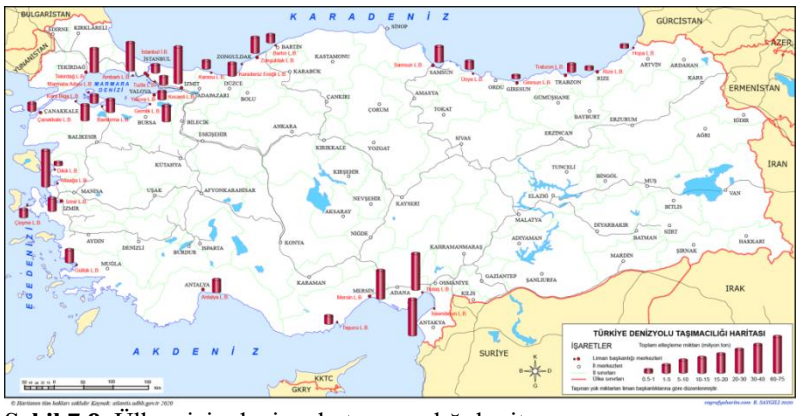
Ülkemizin denizüstü RES potansiyelinin yüksek olduğu bölgeler olan Marmara ve Ege Denizlerinde yoğun bir gemi trafiği mevcuttur. Gemi trafiğinin yoğun olduğu bölgelerden DRES proje

geliştirilmemelidir. Konu, ilgili kamu kurumlarının görüşü alınarak süreçler yönetilmelidir. Özellikle İstanbul ve Çanakkale Boğazlarının giriş ve çıkış bölgeleri gemi trafiğinin en yoğun olduğu bölgelerdir. Burada mutlaka T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik Genel Müdürlüğü ile koordineli çalışma gereklidir.



Şekil 7.7. Ülkemiz gemi trafik ana rotası.

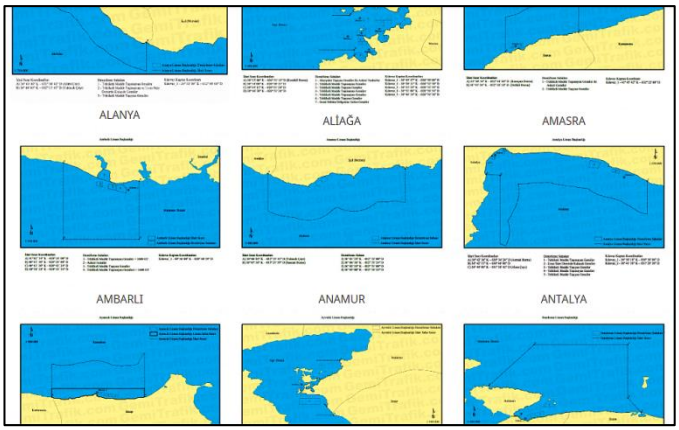
Ülkemizin denizyolu taşımacılığı haritası gemi trafiği ana rotasını benzer bir patern vermekle birlikte büyük limanların olduğu bölgelerde denizyolu taşımacılığının yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 7.8. Ülkemizin denizyolu taşımacılığı haritası.

7.10 Gemi Bekleme (Park) Bölgeleri

Ülkemiz liman yakınlarında ve Boğazlarda Gemilerin Bekleme (Park) Bölgeleri bulunmaktadır. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik Genel Müdürlüğü iznine tabi olan bu bölgelere dikkat edilmelidir.



Şekil 7.9. Bazı limanlarımızın gemi bekleme alanları haritası (Kaynak: https://www.gemitrafik.com/).

7.11 Limanlara Yakınlık

DRES proje planlaması ve saha seçiminde limanlara yakınlık göz önüne alınması gereken hususlardandır. Denizüstü RES potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde limanlar mevcuttur. Ülkemizde kıyı alanlarında planlanacak büyük ölçekli Denizüstü RES limanları, yürürlükte olan "Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi ve Planlaması" çerçevesinde yapılmış olan planlarda belirlenen liman kapasiteleri doğrultusunda planlanmalıdır. Bu çerçevede DRES'lerin hayata geçirilmesinde öncelikle bu sürecin Bütünleşik Kıyı alanları Planlarına uygun olarak yürütülmesi gerekmektedir.

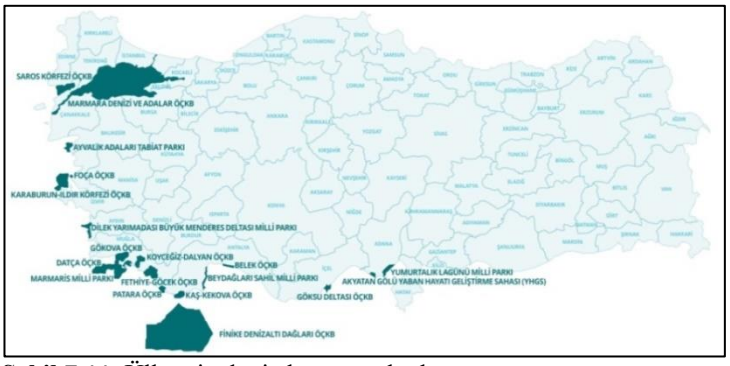
Şekil 7.10. Ülkemizin limanlar haritası.

7.12 Koruma Alanları

Gerek karada ve gerekse de denizde birçok endemik türe ev sahipliği yapan ülkemizde Deniz Milli Park Alanları bulunmaktadır. Bu alanların olduğu bölgelere dikkat edilerek saha seçimi yapılmalıdır. 1988'den itibaren Akdeniz ve Ege kıyıları boyunca deniz koruma alanları ilan etmeye başlayan Türkiye'de farklı statülerde (özel çevre koruma bölgeleri, milli parklar, tabiat parkları vb.) koruma altında olan ve farklı bakanlıklar tarafından yönetilen toplam 34 deniz ve kıyı alanı bulunmaktadır.

AB Üye Ülkeleri, Avrupa Denizleri'nde, Baltık, Kuzey Denizi, Kuzey Atlantik ve Akdeniz de dahil olmak üzere deniz rüzgar enerjisi santrallerinin büyük ölçekli gelişimlerini planlamaktadır. Aynı zamanda, Avrupa Komisyonu, denizüstü enerji kullanımı için ayrılan alanlarda biyoçeşitliliğin korumasını ve deniz sağlığını tehlikeye atılmaması gerektiğini belirtmektedir. Bu bağlamda, AB üye devletleri Natura 2000 hedeflerine ulaşma, Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi'nin (MSFD) uygulanması ve 2030 için AB biyoçeşitlilik stratejisi tarafından belirlenen hedeflere ulaşma konusunda yükümlülüklere sahiptir.Natura 2000, Avrupa Birliği içinde seçilmiş habitatlar ve türler için koruma altındaki sitelerin ekolojik ağıdır ve Ekosistemlerin ve Türlerin Korunması Direktifi (Habitats 92/43/EEC Direktifi) kapsamında belirlenen Topluluk Önemli Alanlar (SCI) ve Özel Koruma Alanları (SAC) ile Kuşlar Direktifi (Birds 2009/147/EC Direktifi) kapsamında belirlenen Özel Koruma Alanları (SPA) içerir. Natura 2000 ağı, AB'deki deniz ve kıyı ekosistemlerini korumanın en etkili yolunu oluşturur ve Habitats ve Birds Direktifleri, AB'nin doğa ve biyoçeşitlilik politikasının temelini oluşturur. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Avrupa Birliği'ne uyum çalışmaları kapsamında, Natura 2000 alanlarının Türkiye'de belirlenmesi için sistematik koruma planlaması- SKP yönteminin kullanılmasına karar vermiştir. Bu kapsamda mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015 yılında Natura 2000 Gerekliliklerinin Uygulanması için Ulusal Doğa Koruma Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi kapsamında, "Sistematik Koruma Planlaması Kullanılarak Natura 2000 Alanlarının Seçilmesi" konulu bir çalışma pilot bölge olarak seçilen Orta Anadolu alt ekolojik bölgesinde yürütmüştür.

Deniz üstü rüzgar türbinlerinin korunan habitatlar ve türler üzerindeki potansiyel etkileri çeşitli olabilir; türbin kurulumu aşamalarından (inşaat öncesi, inşaat, işletme (bakım), kapatma) birinde (veya daha fazlasında) ortaya çıkabilir. Türbinlerin yarattığı etkilerin kapsamı yalnızca konumlarına ve ilgili enerji tahliye altyapısına (örn. kablo yolları ve trafo merkezleri) değil, aynı zamanda sahada ve çevresinde bulunan ekosistemlerin yapısına, işlevselliğine ve hassasiyetine de bağlıdır. Deniz üstü rüzgar enerji tesislerinin uygulamasını planlarken, ekosistem yaklaşımlı çerçevenin uygun zamansal ve mekansal ölçekte uygulanması gerekmektedir. Mekansal ölçekte, deniz alanı planlaması ve deniz stratejileri için referans olarak hizmet veren büyük deniz sınırlamalarından daha küçük bir boyutta ele alınmalıdır. Zamansal ölçekte, ekosistem süreçlerini karakterize eden değişken zaman ölçekleri ve gecikme etkileri tanınmalı ve ekosistem yönetimi için uzun vadeli hedefler belirlenmelidir.



Şekil 7.11. Ülkemiz deniz koruma alanları.

7.13 Tabiat Parkları

Tabiat parkları sadece karada değil; bazı bölgelerde deniz sınırlarını da kapsayabilmektedir. Tabiat park sınırlarının konumu dikkate alınarak DRES proje yer seçimi yapılmalıdır.

Şekil 7.12. Ülkemiz tabiat parkları.

7.14. Su Altı Kültür ve Tabiat Varlıkları

2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nda belirtilen su altında bulunan korunması gerekli alanlara dikkat edilmelidir.

7.15 Kuş Göç Yolları

Kuş göç yollarının rotası, Denizüstü RES pojelerinde dikkate alınması zorunlu bir durumdur. 21. yüzyılın başında deniz ve kıyı araştırmalarında ve muhtemelen denizlerin korunmasında da en önemli konulardan biri, rüzgar santrallerinin çevre üzerindeki, özellikle de muhtemelen en çok etkilenecek olan kuşlar üzerindeki olası etkisinin belirlenmesidir. Tüm Avrupa ülkelerinin ulusal mevzuatının (örneğin AB Kuş Direktifi, AB Habitat Direktifi) yanısıra uluslararası sözleşmeler (örneğin Ramsar Sözleşmesi, Bonn Sözleşmesi kapsamında AEWA, Bern Sözleşmesi) kapsamında habitatları ve kuş popülasyonlarını koruma ve muhafaza etme yükümlülükleri vardır. Denizde RES kurulması, dinlenen ve/veya beslenen su kuşları ve göç sırasında denizi geçen kara ve/veya su kuşu türlerini etkileyebilir.

Şekil 7.13. Ülkemiz ana kuş göç yolu güzergahları.

7.16 Çevresel Kriterler

Denizüstü RES yatırımlarının uygun alan seçimlerinde, teknik kriterlere ek olarak mutlaka çevresel kriterlerin analizi de yapılmalıdır.

7.17 Görüntü ve Gürültü Kirliliği

Denizüstü rüzgar santrallerinin çevresel etki anlamında gürültü ve görüntü kirliliği, gibi olumsuz etki potansiyelleri bulunmaktadır. Gürültü ve görüntü kirliliğinin önlenmesi kıyıdan uzaklığın azaltılması, yani sahilden yeteri miktarda uzakta kurulumun sağlanmasıyla bertaraf edebilecek bir etkidir. Açık deniz gürültüsü, 500-100.000 Hz frekans aralığında, genellikle kırılan dalgaların neden olduğu sıçrama ve kabarcıklardan kaynaklanır. Yaklaşık 100.000 Hz'den daha yüksek frekansta, gürültü su moleküllerinin rastgele hareketinden kaynaklanır (bu, "termal gürültü" olarak adlandırılır). 100 Hz'nin üzerindeki rüzgar ve dalgalar ses oluşturur; bu seviye, su altında dB (desibel) olarak 20 ila 55 dB arasında değişir. Antropojenik gürültü, 20 ila 80 Hz arasında etkili olmaya başlar. Gemi trafiği, ortam gürültüsünün en büyük kaynağıdır ve su altında 55 dB'ye kadar ulaşan düzeylere sahiptir. Çevresel gürültünün hem mekân hem de zaman bakımından büyüklüğü ve frekansı değişebilir, bu nedenle bazı yerlerde ve zamanlarda rüzgar enerjisi tesisleri ile ilgili gürültüyü örtebilir; ancak örtme etkinliği, farklı koşullar altında kaynağın oldukça altında olmalıdır.

Antropojenik gürültünün deniz türleri üzerinde olumsuz etki yaratabileceği alan, sesin su altında ne kadar iyi yayıldığına, frekans özelliklerine ve süresine bağlıdır. Farklı mesafelerden alınan seviyelerin ve spektral içeriğin, ilgili türlerin işitme eşikleri ve yerel ambiyans gürültü seviyeleri ile karşılaştırılabilmesi önemlidir. Bu veriler bir araya getirilerek, türlerin kaynaktan farklı uzaklıklarda nasıl etkilenebileceğini belirlemek mümkündür. Derin okyanus içinde sesin yayılması oldukça iyi belgelenmiştir, ancak sığ su ortamlarında (<200 m derinlik) daha karmaşıktır. Derinlik, sediment tipi, sıcaklık ve tuzlulukta meydana gelen değişkenlikler, yüzeyden ve tabandan tekrarlanan yansımalarla birlikte ses iletimini zorlaştırır. Benzer şekilde, sığ sulardaki arka plan gürültü seviyeleri hakkında daha az bilgi bulunmaktadır. İnsan faaliyetlerinin çoğunluğu kıyı bölgesinde gerçekleştiği için, bu bölgelerden gelen sınırlı deneysel veri, şu anda kıyıdaki doğal yaşam popülasyonları üzerinde inşaat gürültüsünün etkilerini tahmin etme ve azaltma çabalarını sınırlamaktadır.
Deniz türleri (özellikle memeliler, balıklar ve omurgasızlar), düşük görünürlük nedeniyle derin sularda gözlerini kullanmada zorluk yaşarlar. Bunun yerine, çevrelerini algılamak ve gezinmek için işitme duyusuna güvenirler; bu nedenle işitme yeteneği, birçok deniz türü için hayati öneme sahiptir. Balıklar işitmek için iç kulak ve yan hat olmak üzere iki bağımsız ancak ilişkili duyusal sistem kullanırlar. İç kulak ve yan hat bir araya gelerek balıklara denge, işitme ve uzaktan titreşimleri hissetme yeteneği sağlayan oktavo-lateralis sistemi oluşturur.
Bu noktada gürültünün deniz canlılarına etkileri için, ekolojik risk değerlendirmesi (ERA) uygulanmalıdır. ERA stresörlere maruz kalmanın sonucunda olumsuz ekolojik etkilerin meydana gelme olasılığını değerlendiren esnek bir süreç olarak tanımlanır. Bu süreç, etki karakterizasyonu ve maruziyet karakterizasyonu olmak üzere iki ana unsur üzerine kurulmuştur (ABD Çevre Koruma Ajansı, 1992). Bu unsurlar, üç aşama üzerinde odaklanır: formülasyon, analiz ve karakterizasyon. Problem formülasyonu, genel risk değerlendirme sürecinin ilk aşamasıdır. Problem formülasyonu, insan faaliyetlerinden kaynaklanan ekolojik etkilerin neden oluştuğu (veya oluşabileceği) hakkında ön bir hipotez üretmeye ve değerlendirmeye çalışır ve çıkarılan bu formülasyon, ERA'nın temelini oluşturur (ABD Çevre Koruma Ajansı, 1998). Bu nedenle, dikkat bu aşamaya odaklanır; yani ön hipotez ve onun formülasyonuna odaklanılır. Deniz üstü rüzgar türbinlerinin yapısı, türbin kanatları ve geçen dalgaların oluşturduğu hidrodinamik kuvvetler nedeniyle hava hareketleri ile titreşimlere neden olur.

Balıklar, maruz kaldıkları seslere bağlı olarak çeşitli şekillerde etkilenebilirler. Bu etkileri temsil etmek için üç temel yöntem bulunmaktadır. İlk yöntem, bir hayvanın belirli bir sinyali belirli bir yüzde oranında ne sıklıkla algılayabileceğini temsil eden temel eşik seviyesidir. İkinci yöntem, geçici hassasiyet değişikliklerinin eşik seviyesini ölçer (kısa adı TTS) ve bu değer yaralanma için muhafazakar bir ölçü olarak kullanılabilir. Üçüncüsü ise kalıcı eşik kaymaları (PTS) olarak adlandırılan, duyusal hücrelerde geri dönüşü olmayan zararlara neden olan durumdur. Geçici hassasiyet seviyesi ile temel eşik seviyesi arasında bir doğrusal ilişki vardır, yani daha yüksek ses seviyeleri, geçici hassasiyet seviyesini artırır. Balıkların geçici hassasiyet ile kalıcı eşik kaymaları arasındaki ilişki, kuşlar ve memelilerin ilişkisine göre daha sınırlı bir dinamik aralığı yansıtır. Balıklarda kalıcı eşik kaymalarının en yüksek değer olarak tahmin edilmesi durumunda, bu değerler

kuşlar ve memeliler için bulunan değerlerden daha düşüktür. Ancak balıklardaki bu ilişki henüz sistemli bir şekilde araştırılmamıştır. Sesin balıklar üzerindeki tipik etkileri, işitme kaybı (fiziksel hasar), davranış değişiklikleri ve fizyolojik strestir. Çeşitli çalışmalar, insan kaynaklı seslerin balık davranışları üzerindeki etkisini göstermiştir. İki saha çalışması, hava tüfekleri ile yapılan deniz sismik araştırmaların gerçekleştirildiği bölgelerde ticari öneme sahip türlerin (morina, mezgit, mavi ringa balığı ve Norveç hamsisi) yakalanma oranlarının azaldığını göstermiştir. Bu çalışmalar aynı zamanda, bu türlerin yakalanma oranlarının ses kaynağından 30-50 km uzaklıkta arttığını göstermektedir, bu da balıkların hava tüfeklerinin faaliyet gösterdiği bölgelerden kaçındığını düşündürmektedir. Ayrıca, balıklar üzerine yapılan bir çalışma, uzaklaşma imkanları varsa, balıkların ses kaynağının yaklaştığını duyduklarında kaçtıklarını göstermektedir.

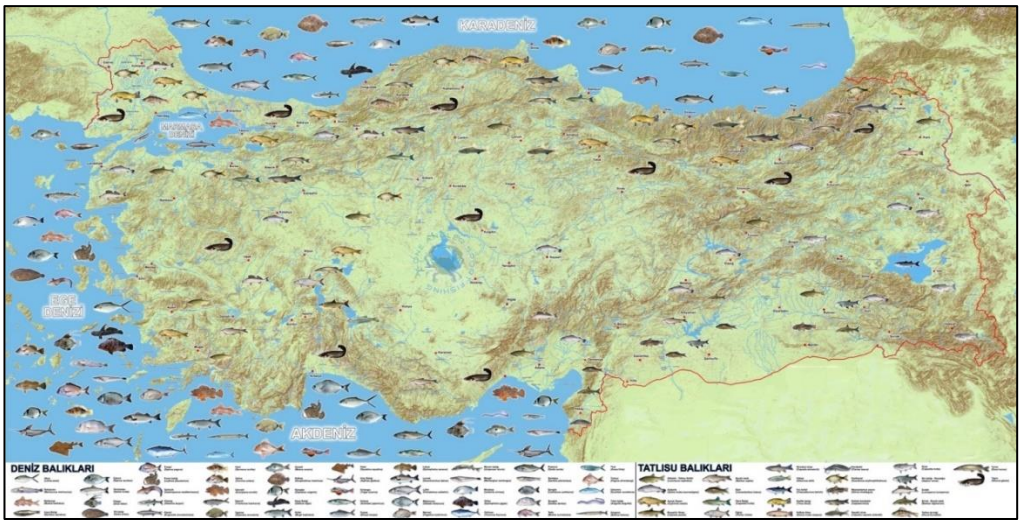
7.18 Deniz Ekosisteminin Korunması

Denizüstü rüzgar türbinlerinde deniz ekosisteminin korunması giderek daha çok ön plana çıkmaktadır. Çevre koruma açısından deniz üstü rüzgar türbinleri özel ve çok katı regülasyonlara uymak zorundadırlar. Kuşlar için yavrulama ve dinlenme bölgeleri olan alanlar uygun olmayan alan ilan edilmektedir. Temellerin denizde imalatı (çakma-vibrasyon-delme vb) operasyonlarında düşük-gürültülü imalat sağlayan yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Örneğin, Hollanda'da Delft Teknik Üniversitesi ve partnerlerinin yürütmekte olduğu "nazik kazık çakma (gentle driving of piles)" projesinde, memeliler ve balıklar için zarar verici seviyede olan kazık çakma gürültü seviyesinin azaltılması için düşük frekans-yüksek frekans vibratörler ile tekil kazık (monopile) çakma operasyonu üzerine çalışılmaktadır.

Denizüstü RES'lerin inşa, işletme ve kapatma aşamaları, denizel ekosistemlerdeki alıcılara (örneğin, plankton, bentos, balıklar, kaplumbağalar, kuşlar, deniz memelileri) baskılar uygulamaktadır Bu bağlamda, denize yerleştirilen rüzgar türbinleri gibi yeni eklenen sert substratlar, bentos ve balıkların ilgisini çekerek "yapay resif etkisi" yaratsa da, deniz üstü rüzgar alanlarının geliştirilmesinin hidrodinamik etkileri ve bunların balıklar üzerindeki potansiyel ikincil etkileri daha az dikkat çekmiştir. Balıklar, üreme, yavru yetiştirme, yerleşim, beslenme, sığınaklar ve göç/taşınma gibi yaşam döngülerinin farklı aşamalarında tek bir habitatı veya birden fazla habitatı işgal edebilirler. En önemli iki ana üreme habitatı demersal ve pelajik alanlardır. Demersal üreme yapan balıklar yumurtaları genellikle çökelmiş deniz tabanı, algler veya kayalıklar üzerine bırakılır. Pelajik üreme yapanlar ise su sütununda döllenmiş serbest yüzen yumurtalar üretirler. Pelajik üreme genellikle 20-100 m derinliklerde gerçekleştiği için, hidrodinamik ve hidrografik koşullar, üreme alanı sınırlarını düzenlemede önemli bir rol oynar. Hidrodinamik değişimler ayrıca sığınaklar ve göç/taşıma rotalarını da etkiler, çünkü pelajik ve demersal alanlarda bulunan yumurtaları ve/veya larvaları okyanus akıntılarıyla pasif veya aktif olarak sürükler. Akıntılar, rüzgar, bulanıklık, sıcaklık ve plankton bolluğu gibi çeşitli çevresel faktörler, yumurtaların ve larvaların taşınmasını ve gelişimini düzenler. Kıyı bölgeleri, bir dizi farklı türün yavru yetiştirme, yerleşme, beslenme ve sığınma gibi farklı yaşamsal süreçleri için habitatlar sağlar. Hidrodinamikler, kıyı sistemlerinde çamur, çökelti, tuzluluk, sıcaklık ve besin maddesi alımını kontrol etmede önemli bir rol oynar; bu koşullar türlerin hayatta kalma başarısını etkiler.

7.19 Yoğun Balıkçılık Alanları

Ülkemizde balıkçılık; Karadeniz, Ege Denizi, Akdeniz, Marmara Denizi ve boğazlar ile iç sularda yapılmaktadır. Ülkemizin 3 tarafının denizlerle çevrili olması ve iç sularında birçok gölün bulunmasına rağmen dünya balık üretiminin %0.5'ini karşılamaktadır. Ülkemizi balık türleri açısından değerlendirmek gerekirse; Marmara Denizi'nde 200, Ege Denizi'nde 300, Karadeniz'de 247, Akdeniz'de 500 balık türü yaşamaktadır. Ekonomik değeri olan ve avlanan balık türü ise yaklaşık 100 kadardır. Yoğun balıkçılık faaliyetlerinin yapıldığı yerden kaçınılmalıdır. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü bu konudaki kamu otoritesidir. Bununla beraber, bölgedeki balıkçı kooperatifleri ve balıkçı barınakları ile temasa mutlaka geçilerek bilgi alınmalıdır.



Şekil 7.14. 2022 Kasım Ayı anlık harita (Kaynak: http://www.deretepe.net/faydali-bilgiler/gezginler-icin-turkiye-haritalari/attachment/turkiye-tatli-su-tuzlu-su-balik-haritasi-buyuk-boy/#gallery).

Deniz üstü rüzgar alanlarındaki balıkçılık düzenlemeleri, yönetim bölgeleri arasında farklılık göstermektedir. Örneğin, Belçika'da Denizüstü RES'lere gemilerin erişimi, bakım ve devlet araştırma gemileri dışındaki tüm gemilere yasaklanmıştır. Birleşik Krallık'ta ise balıkçılık gemilerinin ve pasif balıkçılığın çiftlikler içinde seyri izinlidir. Bununla birlikte, bu henüz yaygın bir uygulama değildir çünkü seyir güvenliği, Denizüstü RES alanları içinde ekipman veya gemiye gelebilecek hasarlar için sigorta kapsamının eksikliği ve sektörler arası işbirliği ve bilgi paylaşımındaki eksiklik gibi engeller bulunmaktadır. Hollanda'daki denizüstü RESlerin başlangıçta balıkçılık gemilerine kapalıydı, ancak 2015 yılında Hollanda hükümeti, Denizüstü RES'ler içinde bazı balıkçılık gemileri ve ticari gemilere seyir izni vermek için düzenlemeleri değiştirmiştir. Farklı paydaşlar arasında yapılan düzenlemelerle gemilerin çoklu kullanımı ve transit koşulları, yapılan araştırmalardan elde edilen yeni bilgiler ışığında uyarlandı (https://www.msp-platform.eu/).

Denizüstü rüzgar sistemlerinden en çok etkilenenler dip temaslı donanımlar kullanan balıkçı filoları, bireysel balıkçılar, balıkçılık endüstrisi, balıkçılığa bağımlı kıyı topluluklarıdır. Kurulum yapılacak bölgede, özellikle küçük ölçekli balıkçılığın durumu göz önüne alınmalıdır. Küçük ölçekli balıkçılık, yüzyıllardır kıyı topluluklarının geçim kaynaklarında etkili bir rol oynamıştır. Bununla birlikte Denizüstü RES inşaat aşamaları sırasında balıkçılığa kapatılması, daha önce balıkçılığa ve özellikle dip çekimine maruz kalmış bölgelerde bentik balıklar için beslenme ve sığınak alanları oluşturabilir. Almanya gibi bazı ülkeler işletme aşamasında da balıkçılık alanlarını kapatmaktadır. Balıkçılığın olmadığı durumlarda, türbinleri sığınak ve beslenme alanı olarak kullanan bentik türlerin çeşitliliği ve bolluğu artabilir. Her durumda, bu potansiyel olumlu etkilerin tüm tesislerde doğrudan uygulanabilir olmadığını belirtmek gerekmektedir.

7.20 Balık Çiftlikleri

Balık çiftliklerinin bulunduğu bölgelere dikkat edilerek saha planlaması yapılmalıdır. Bu konuda yetkili kamu otoritesi T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'dür.

7.21 Kabuklu Deniz Hayvanları Yatağı

Denizlerden elde edilen gıdaların içinde balıklardan sonra en çok tüketilen canlılar çift kabuklu türleridir. Midye, istiridye ve akivades gibi çift kabuklu türler Kabuklu Deniz Hayvanları Yatağı olarak bilinen bölgelerde yetişmektedir. Çift kabuklu üretim yapılan yerlerle ilgili olarak T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'ne danışılarak bu bölgelerden kamu otoritesinin görüşü doğrultusunda belirli bir mesafede Denizüstü RES saha araştırması yapılmalıdır.

Şekil 7.15. Türkiye sularında çift kabuklu üretimi yapılan alanlar (Kaynak: Serdar ve ark., 2021).

7.22 Turizm Bölgeleri

Dünyanın en eski medeniyetlerine ev sahipliği yapan ülkemiz; doğası, kıyısı ile turizm imkanları sunmaktadır. DRES saha planlaması yapılırken turizm yoğun kıyılardan uzak durulmalıdır. Bu amaçla Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın yanısıra, bölgedeki yerel idareler, turizm ile ilgili sivil toplum kuruluşları ile de görüşülmelidir.

Şekil 7.16. Ülkemiz deniz turizm alanları.

7.23 Su Sporları ve Sörf Alanları

Ülkemizde su sporları ve sörf alanlarının yapıldığı bir bölgedir. Alaçatı, Bandırma, Bodrum, Gökova gibi bölgeler rüzgarlı su sporları için ideal yerlerdir.

7.24 Denizaltı Kablolar

Ülkemizde özellikle Marmara Denizinde denizaltı kabloları bulunmaktadır. DRES saha seçimi ve enerji nakil hattı güzergah planlaması yapılırken bu kritere dikkat edilmelidir.

Şekil 7.17. Ülkemiz denizaltı kablo haritası.
(Kaynak: https://submarine-cable-map-2021.telegeography.com/).

7.25 Denizaltı Boru Hatları
Denizaltı boru hatları, Marmara Denizinde bulunmaktadır. Uluslararası uygulamalara bakıldığında boru hatlarına 500 m mesafede bırakılarak DRES saha ve enerji nakil hattı planlaması yapılmaktadır.

Şekil 7.18. Ülkemiz denizaltı boru hatları güzergahı (Kaynak: ETKB).

7.26 Deprem ve Aktif Fay Hatları
Aktif fay hatlarının bulunduğu ülkemizde bu tip büyük yatırımlar planlanırken deprem gerçeği dikkate alınarak mühendislik çalışmaları yapılmalıdır.

7.27 Gemi Batıkları
Gemi batıklarının bulunduğu yerler dikkate alınmalıdır. Bununla ilgili olarak denizaltı jeolojik etüt ve sondajlar yapılırken ortaya çıkabilecek gemi batıkları Kültür ve Turzm Bakanlığı'na bildirilerek Kurumun görüşüne çalışmalar yürütülmelidir.

7.28 Dalışa Yasak Bölgeler
2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nda belirtilen dalışa yasak bölgelerde Denizüstü RES saha seçimi yapılmamalıdır.

7.29 Denizüstü RES ve Uçuş Güvenliği
DRES projelerine havaalanı etkileşimi ve uçuş güvenliği açısından bakılmalıdır. Ülkemizin yoğun bir hava trafiği bulunmaktadır.

Şekil 7.19. Türkiye anlık hava trafiği haritası (Kaynak: Flight Radar).

7.30 DRES ve Teknik Etkileşim Analisi (TEA)
Karaüstü RES projelerinde önemli değerlendirme kriterlerinden birisi olan TEA süreci, denizüstü RES projeleri için de işletileceğinden dolayı, TEA Süreci dikkate alınmalıdır. TEA süreci, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Genelkurmay Başkanlığı, MİT Müsteşarlığı ve TÜBİTAK arasında yapılan protokoller doğrultusunda, Tübitak RAPSİM tarafından belirlenen başvuru evraklarının hazırlanarak TEA başvurusu yapılması gerekmektedir. İstenen bilgi ve belgeler arasında türbin nihai koordinatları,

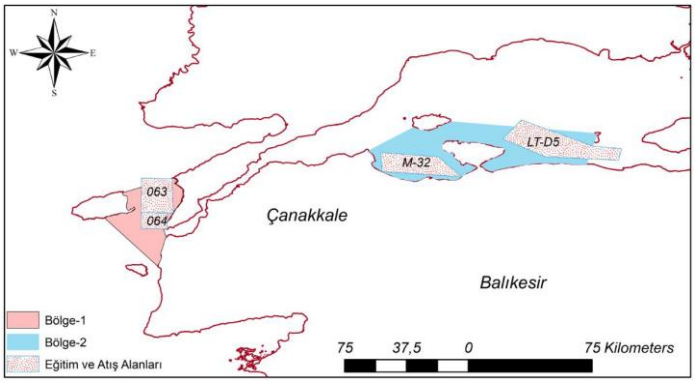
türbin tipi, kule ve kanat boyları, zemin kotları gibi teknik bilgiler yer almaktadır. Süreç ortalama 6 ay olup; proje kapsamında yapılacak olan her türlü koordinat değişikliği veya türbin tipi/modeli değişikliğinde; söz konusu iznin yeniden alınması gerekmektedir. EPDK'ya yapılacak olan koordinat değişikliğine ilişkin lisans tadil müracaatlarında, TEA belgesi ön koşul olarak istenmektedir.

7.31 Kıta Sahanlığı

Denizüstü RES proje bölge seçiminde ülkemizin kıta sahanlığı sınırları dikkate alınmalıdır.

7.32 Askeri Yasak Bölgeler

Ülkemizde karada ve denizde birçok askeri saha bulunmaktadır. Atış sahası, tatbikat sahası, askeri güvenlik bölgesi gibi farklı sınıflandırmalara tabi tutulan bu sahaların konumu dikkate alınarak Denizüstü RES proje yer seçimi yapılmalıdır.

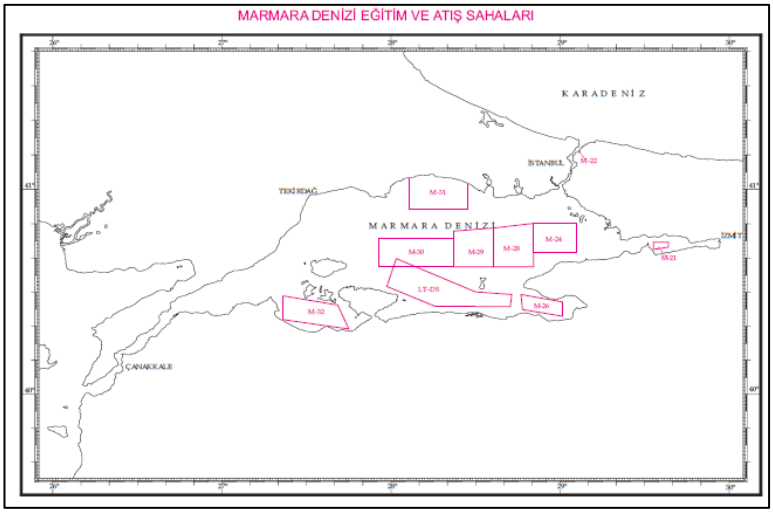


Şekil 7.20. YEKA Aday saha civarındaki askeri bölgeler (Kaynak: GMKA Raporu).

Bu konuda "ASKERİ YASAK BÖLGELER VE GÜVENLİK BÖLGELERİ YÖNETMELİĞİ" maddelerine uyulmalıdır.

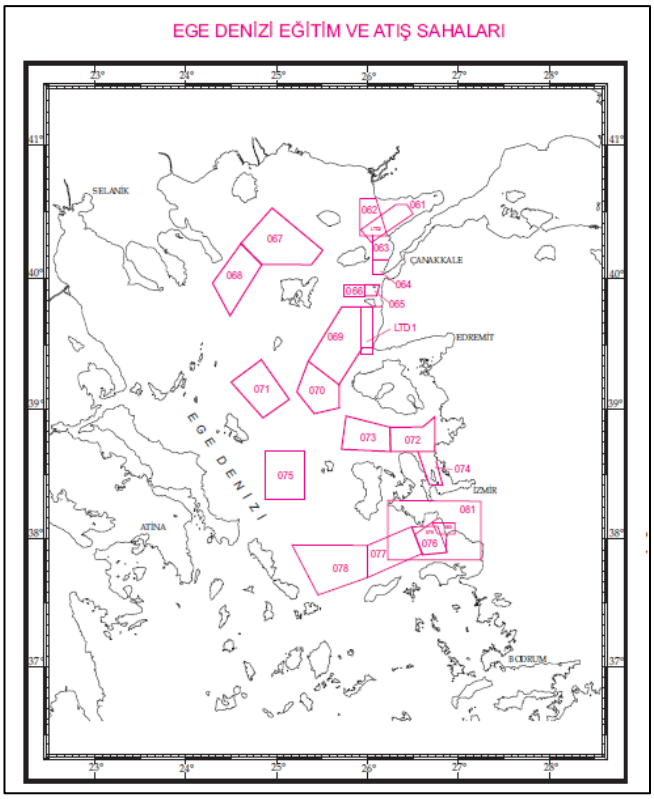
7.33 Askeri Eğitim, Tatbikat ve Atış Sahaları

Askeri kısıtlamaların analizleri için açık veri kaynakları kullanılarak devam edilmiştir. Aşağıdaki Şekil, Seyir Hidrografi ve Oşinografi Daire Başkanlığı (SHOD) tarafından ilan edilen Marmara Denizine ait askeri eğitim/atış bölgelerini göstermektedir.



Şekil 7.21. Marmara Denizi eğitim ve atış sahaları (Kaynak: Seyir Hidrografi ve Oşinografi Daire Başkanlığı, Denizcilere İlanlar Yıllığı, 2021. Eğitim ve Atış Alanları. https://www.shodb.gov.tr/shodb_esas/orj/2021_YILIK_e5be1.pdf).

Ege Denizine ait askeri eğitim/atış bölgeleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 7.22. Ege Denizi eğitim ve atış sahaları (Kaynak: Seyir Hidrografi ve Oşinografi Daire Başkanlığı, Denizcilere İlanlar Yıllığı, 2021. Eğitim ve Atış Alanları. https://www.shodb.gov.tr/shodb_esas/orj/2021_YILIK_e5be1.pdf).

7.34 Meteorolojik Şamandıralar

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nin (MGM), 83 adet Deniz Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu bulunmaktadır. Deniz Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (D-OMGİ) Denizcilik faaliyetlerine destek için denizlerdeki meteorolojik bilgilerin elde edilmesi ve denizcilik sektörüne yönelik meteorolojik ürün ve hizmetlerin hazırlanması maksadıyla deniz fenerlerinin bulunduğu yerlere ve şamandıralar üzerine konumlandırılan 90 adet D-OMGİ sisteminde; sıcaklık, nem, rüzgâr yön ve hızı, basınç, deniz suyu sıcaklığı ölçümleri yapılmaktadır. Bunlardan 10 adet meteorolojik amaçlı şamandıra üzerinde meteorolojik parametrelerin yanı sıra dalgaölçer, akıntıölçer, tuzluluk ve iletkenlik algılayıcıları bulunmaktadır. Bu meteorolojik şamandıraların konumuna dikkat edilmelidir.

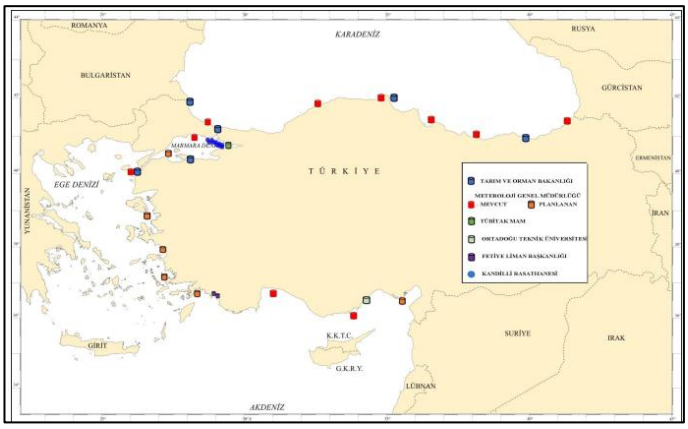
Şekil 7.23. MGM deniz istasyonları (Kaynak: https://pirireis.mgm.gov.tr/domgi).

7.35 Kıyı Emniyetine Ait Şamandıralar

Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'ne ait 73 adet Deniz Feneri ile 7 adet Seyrüsefer Şamandırasına kurulan Deniz Otomatik Gözlem İstasyonları (D-OMGİ) ve 10 adet Meteorolojik Amaçlı Sabit Deniz Şamandırası (MASS) bulunmaktadır. Bu şamandıraların konumuna dikkat edilmelidir.

Şekil 7.24. Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü şamandıraları.
(Kaynak:https://www.kiyiemniyeti.gov.tr//Data/1/Files/Document/Documents/Nk/9D/x7/Vb/Sekt%C3%B6r%20Raporu%202022.pdf).

Aşağıdaki şekilde ülkemizde hali hazırda kamu kurumlarına ait şamandıraların listesi ve yerleri görülmektedir.



Şekil 7.25. Kamu kurumlarına ait deniz istasyonları.
(Kaynak:https://www.shodb.gov.tr/shodb_esas/orj/kurul/%C3%96l%C3%A7%C3%BCm%20%C5%9Eamand%C4%B1ralar%C4%B1%20Katalogu.pdf).

7.36 Fenerler, Sis İşaretleri (Seyir Yardımcıları)

Denizde seyreden gemilere mevki bulmada yardımcı olmak için insanlar tarafından karaya veya denize yerleştirilmiş fenerler, şamandıralar, beaconlar, radio beaconlar, fener gemileri ve sis işaretleri veren cihazlar seyir yardımcıları olarak tanınırlar. Seyir yardımcıları iki şekilde sınıflandırılır.

1) Kullanıldıkları yere göre sınıflandırma
a. Kara üzerindekiler.
b. Deniz üzerindekiler.

2) Zamana göre sınıflandırma.
a. Gündüz seyir yardımcıları.
b. Gece seyir yardımcıları.

Gemilerin seyir esnasında uyarma amaçlı, denizüstüne bulunabilecek, fener, sis işareti ve diğer şamandıraların konumu dikkate alınarak Denizüstü RES saha seçimi yapılmalıdır.

7.37 Denizde Yüzen Yabancı Cisimler

Denizde yüzen yabancı cisimler olabilir. Bunlara örnek olarak, batmış gemi enkazı, askeri mayınlar örnek verilebilir.

7.38 Askeri Mayınlar

Deniz dibinde patlamamış askeri mayınlar bulunabilir. Konu ile ilgili özel şirketler bulunmaktadır. Jeolojik etütler yapılırken bu husus dikkate alınmalıdır.

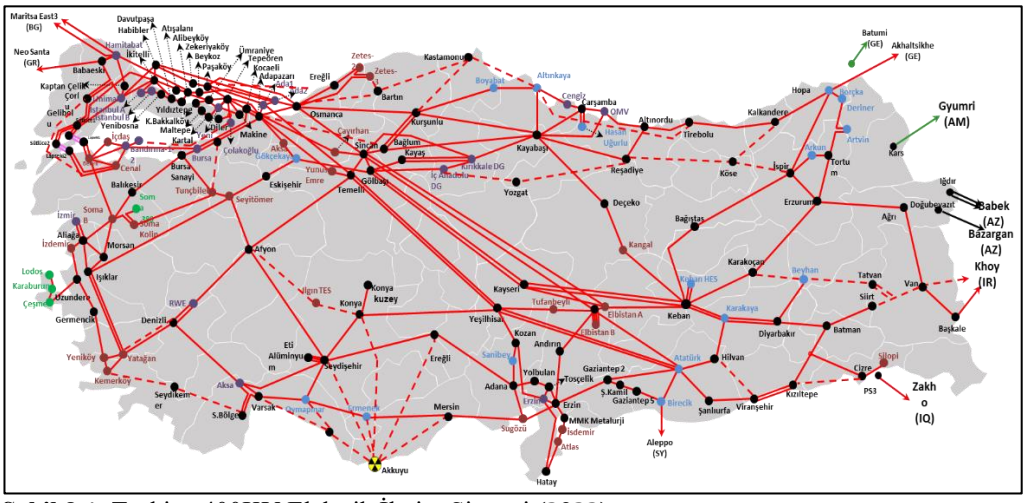
7.39 Deniz Dalgaları ve Akıntılar

DRES saha seçiminde dikkat edilmesi gereken teknik hususlardandır. DRES yerleştirme hesaplamalarında su içinde kalan yapı üzerine etkiyen dalga ve akıntı kuvvetlerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Kuvvetli fırtınaların oluşturacağı dalga ve akıntılar hem yapısal olarak DRES'in su altı yapısına hem de zeminde bulunan sediment hareketlenmesine sebep olarak jeoteknik yapıyı değiştirmektedir. Dolayısı ile oşinografik parametrelerin bilinmesi ve bunların DRES üzerine etkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Özellikle yüzen DRES yapılarında dalga ve akıntı daha da büyük önemli etkiler yaratabilmektedir. Yüzer sistemi sabitleyen demirleme donanımı zeminde bulunan çapalar ve bağlantı zincirlerinden oluşmaktadır. Bu iki yapının dalga ve akıntılara karşı koyabilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde türbinden sahile iletim yapan enerji kablosu da hasar görmeden uzun yıllar çalışabilmelidir.

BÖLÜM 8: ÜLKEMİZDE DENİZÜSTÜ RES ALTYAPISI

8.1 Elektrik İletim Altyapısı

Türkiye Elektrik İletim altyapısı tüm ülkeyi 380 kV enerji iletim hatları ile saran güçlü yapıda, güvenliği sağlanmış, yaklaşık 74100 km enerji iletim hattı, 793 adet trafo merkezi, 15 adet enterkonneksiyon bağlantısı ile Avrupa'nın en büyük iletim sistemlerinden biri olup; Avrupa iletim sistemi ile senkron paralel çalışmaktadır.

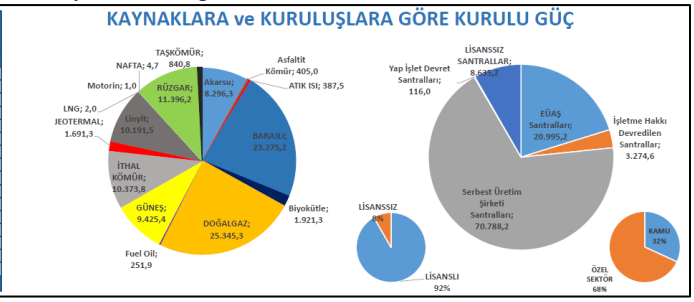


Şekil 8.1. Türkiye 400KV Elektrik İletim Sistemi (2022).

Türkiye kurulu gücü Ocak 2024 itibarı ile 106 000 MW'ı (106 GW) aşmıştır; bu gücün %75'i özel sektör, %25'i ise kamu tarafından işletilmektedir. 2023 yılında yılllık Türkiye tüketimi 340 milyar kWh değerine ulaşmış olup lisanssız güneş santralları hariç Türkiye puantı 65 000 MW'tır. 2023 yılında hidrolik santrallar dahil yenilenebilir enerjinin yıllık üretimdeki payı %50'yi geçmiştir.

Tablo 8.1. Türkiye kurulu gücünün birincil kaynaklara dağılımı.

BİRİNCİL KAYNAKLARA GÖRE SANTRAL ADETLERİ VE KURULU GÜÇ		
BİRİNCİL KAYNAK	SANTRAL ADEDİ	KURULU GÜÇ (MW)
Akarsu	610	8.296,3
Asfaltit Kömür	1	405,0
ATIK ISI	94	387,5
BARAJLI	141	23.275,2
Biyokütle	384	1.921,3
DOĞALGAZ	345	25.345,3
Fuel Oil	9	251,9
GÜNEŞ	9.353	9.425,4
İTHAL KÖMÜR	16	10.373,8
JEOTERMAL	63	1.691,3
Linyit	46	10.191,5
LNG	1	2,0
Motorin	1	1,0
NAFTA	1	4,7
RÜZGAR	358	11.396,2
TAŞKÖMÜR	4	840,8
TOPLAM	11.427	103.809,3



6446 sayılı elektrik piyasa kanununun 23. Maddesi uyarınca TEİAŞ her yıl iletim sistemi için takip eden beş ve on yıllık bağlanabilir bölgesel üretim tesisi kapasitelerini açıklamaktadır. İletim şebekesinin arz talep dengeleri, şebeke altyapısı ve şebeke gelişimi dikkate alınarak 2021 yılında açıklanan 2022-2026 ve 2027-2031 yılları bölgesel bağlanabilir kapasitesi aşağıdaki harita ve tabloda verilmiştir. Üretm tesisi kapasitesi açıklanırken Türkiye 15 bölgeye ayrılmıştır. Tabloda görüldüğü üzere 1. Bölge olarak adlandırılan Trakya ve İstanbul Anadolu yakasının üretim tesisi bağlanabilir kapasitesi 2026 yılına kadar yaklaşık 11.000 MW olduğu görülmektedir. Trakya ve İstanbul Anadolu yakası Türkiye'nin yüksek tüketim bölgelerindendir. Bölgenin enerji ihtiyacı doğalgaz santralları ile karşılanmakta olup bölgede kara üstü rüzgar santralleri de son 10 yılda tesis edilmeye başlanmıştır. Ayrıca Trakya bölgesi Çanakkale denizaltı kabloları ve İstanbul boğaz atlama hatları ile de

beslenmektedir. 1. Bölgenin doğalgaz santrallarına bağımlılığı, bölgede kaynak çeşitliliği ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bölgenin etrafının denizlerle çevrili olması ve denizüstü rüzgar potansiyelinin verimliliği ve kalitesi bu bölgede denizüstü rüzgar santrallarının yapımının iletim sistemi işletmeciliği açısından stratejik olarak doğru bir karar olacağını göstermektedir.

Şekil 8.2. TEİAŞ bağlantı bölgeleri.

3. ve 6. Bölgelerde de bölgesel bağlanabilir üretim tesisi kapasitesi açıklanmıştır. Ancak bu bölgelerde denizüstü rüzgar elektrik santralı kurulumu rüzgar verimliliği açısından değerlendirilmelidir.

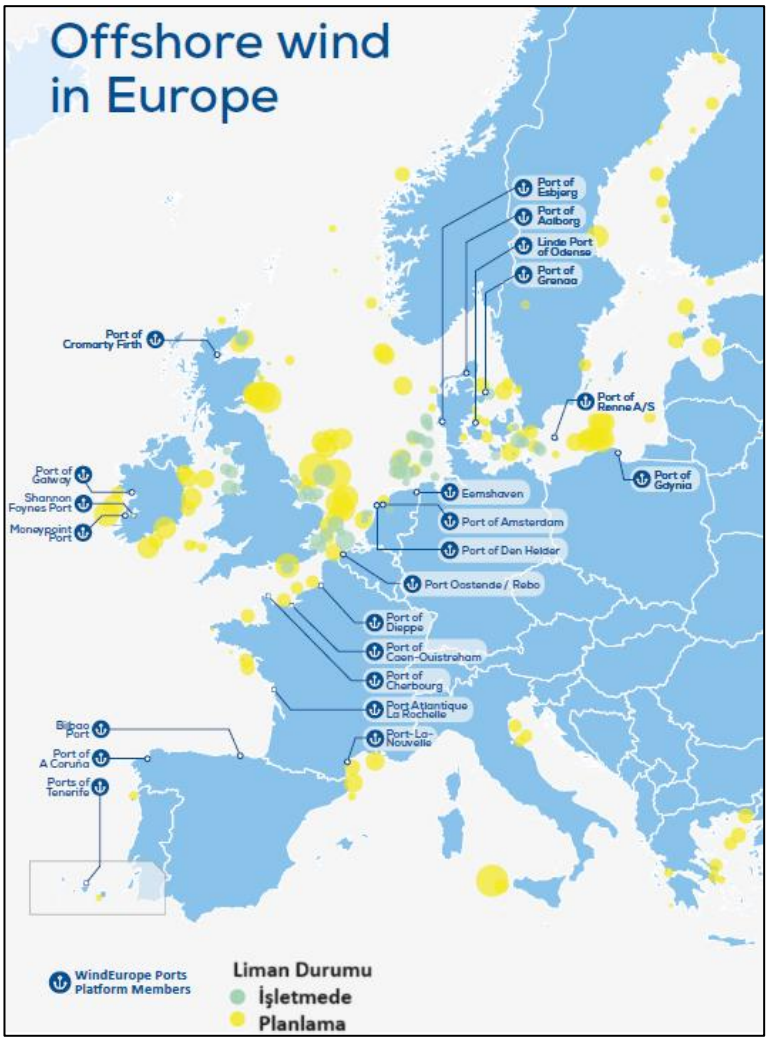
2. ve 4. Bölgelerde deniz üstü rüzgar verimliliğinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Ancak bu bölgelerde 2026 ve 2031 yılı için açıklanan üretim tesisi bağlanabilir kapasite raporunda kapasite açıklanmamıştır. 2. ve 4. Bölgelerde kurulan kara üstü rüzgar santralları jeotermal santrallar ve kömür ve doğalgaz santralları bu bölgeleri enerji üssü haline getirmiştir. Önümüzdeki yıllarda 2. ve 4. Bölgelerin tüketim gelişimine göre ve yeni kurulacak olan iletim altyapı gelişimine göre bu bölgelerde bölgesel bağlanabilir üretim tesisi kapasiteleri oluşabilecektir. Oluşacak bu kapasitelerin deniz üstü rüzgar santralları için kullanımı ile ilgili planlamalar ve politikaların oluşumu için şimdiden girişimlerde bulunulması ve belirlenen bölgeler için hangi üretim tesisi kaynağının kullanılacağı ile ilgili öncelikler belirlenmelidir. Örneğin 11. bölge incelendiğinde Türkiyenin hidrolik potansiyelinin yoğun olduğu bir bölge olduğu; iletim altyapısının bu kapasitenin aktarımı için oluşturulduğu görülmektedir. 7. Bölgenin iletim altyapısının tesis ve planlamalarının bölgenin ithalkömür ve Nükleer santral üretimi için yapıldığı 10. Bölgenin iletim altyapısının ise nükleer, hidrolik, ithal kömür santralları için oluşturulduğu görülmektedir. Denizüstü rüzgar santralları yeni bir kaynak olarak Türkiye kurulu güç planlarında yer alabilmelidir.

Yukarıda yapılan açıklamalar dikkate alındığında iletim sistemi, rüzgar veriminin yüksek olduğu 1., 2. ve 4. Bölgeler öncelikli olmak üzere Denizüstü RES projelerinin iletim sistem işletmesi ile ilgili planlamalara başlanmalıdır.

8.2 Denizüstü RES Proje Limanları

Limanlar, gerek denizüstü gerekse karasal rüzgar elektrik santrallarının kurulumu ve bakımı açısından kritik olan tüm tedarik zincirlerine hizmet etmek için çok sayıda faaliyete ev sahipliği yapan endüstriyel bölgelerdir. Denizüstü RES projelerinde liman altyapısı en önemli hususlardandır. Tedarik zinciri, lojistik, işletme ve bakım sırasında kullanılacak olan en önemli desteklerdendir. Daha ileriki aşamalarda yenilenebilir yeşil hidrojen kullanımın en önemli altyapıları da limanlarda yapılacaktır. Bunun için mevcut limanların iyileştirilmesi veya yeni limanların planlanması gerekmektedir. WindEurope (2021) çalışmasına göre, 2030 yılına kadar Avrupa'daki limanların iyileştirilmesi için 6.5 milyar EURO yatırım yapılmalıdır.

Aşağıdaki şekilde Avrupa Ülkelerinde mevcut ve planlanan Denizüstü RES limanları görülmektedir.



Şekil 8.3. Avrupa Ülkeleri limanları (WindEurope, 2021).

DRES projelerinde kullanılan limanlar 7 ana sınıfta incelenebilir. İlerleyen sayfalarda konu ile ilgili bilgiler verilecektir. DRES projelerinde ilk olarak planlama limanları kullanılmaktadır. Limanlar, Denizüstü RES projesinin planlama, tasarım, meteorolojik ölçüm, izinler vb gibi projenin geliştirilmesi sürecindeki işler için kullanılan limandır. İkinci liman, türbin ve diğer aksamın üretildiği üretim ve tedarik limanıdır. Bu limanda, kule, kanat, temel, jeneratör, nasel, şalt sahası ve denizaltı kablonun üretiminin yapıldığı limandır. Avrupa'da en iyi örnek Danimarka'da bulunan Esbjerg limanı bu liman tipine en iyi örnektir.

Bazı limanlarda DRT üreticisinin kendisinin üretim tesisi bulunmaktadır. Danimarka Aalborg Limanında Vestas'a ait kanat üretim tesisi ile İngiltere Hull'de bulunan SiemensGamesa üretim tesisi buna örnek verilebilir. Bu limanlardan gemiye yükleme yapılarak doğrudan DRES proje sahasına gönderilmektedir. DRT temel üretimine bakıldığında bu ekipmanların genellikle limanda üretildiği görülmektedir. DRT temeli büyük hacim ve ağırlığa sahip olduğundan dolayı limanda üretim yapılmaktadır. Üçüncü liman tipi; şalt sahası, şalt sahası üst konstrüksiyon ve denizaltı kablo üretimlerini yapan limanlardır.

Dördüncü liman tipi, montaj ve devreye alma limanı olarak adlandırabilir. Bu limanda DRT'lerin ve temellerin ön montajı yapılarak gemiye yüklemesi yapılmaktadır.

Beşinci liman tipi işletme ve bakım süresince aktif olarak kullanılan işletme ve bakım limanıdır. Personel sevkiyatı, parça değişimi, gibi hususlar bu liman üzerinden yapılır. Sınıflandırmada 6. Liman tipi demonte (decomissioninng) ve geri dönüşüm limanıdır. DRT'lerin, temellerin, şalt sahasının ve denizaltı kabloların sökülerek geri dönüşüm sürecinde kullanılır.

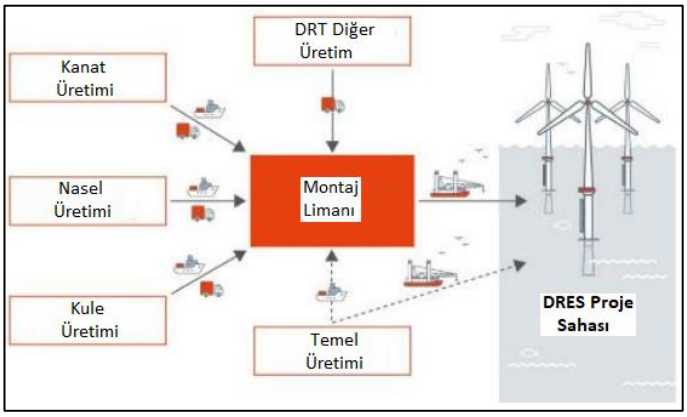
Tablo 8.2. Limanların sınıflandırılması.

Liman Tipi	Yapılan Faaliyetler
Planlama Limanı	DRES projesi planlama, tasarım, meteorolojik ölçüm, izinler
DRT Üretim ve Tedarik Limanı	DRT üretimi, temel üretimi
Elektrik Üretim Limanı	Şalt Sahası, denizaltı kablo üretimi
Montaj Limanı	Türbin ve temellerin montaj
İşletme ve Bakım Limanı	İşletme ve bakım faaliyetleri
Demontaj Limanı	Türbin demontaj ve geri dönüşüm faaliyetleri
Hidrojen Limanı	Hidrojen faaliyetleri

DRES projelerinin üretim ve tedarik zincirinde birçok küresel üreticiden alım ve tedarik yapılmaktadır. Ön montajı yapılan DRT'ler temel ile birleştirilmesi için montaj limanına gönderilmektedir. Montaj limanına installation port, staging port veya marshalling port da denilmektedir. Bu limanlardan aşağıdaki hizmetler alınmaktadır;

a. Ekipmanların muhafaza edilmesi,
b. DRT ön montajının yapılması,
c. Ön devreye alma (pre-commissioning) çalışmaları.

DRT montajı özel üretim jack-up gemilerle yapılmaktadır. Buna Wind Turbine Installatin Vessel (WTIV). Bu gemilerin kiralama maliyeti çok yüksek olduğundan montaj gemisinin maliyetini azaltmak için montaj limanları DRES projelerine en yakın noktada planlanmaktadır.



Şekil 8.4. Montaj limanı süreci.

Türbin temellerine göre montajı yapacak geminin konfigürasyonu değişmektedir. Tek kazıklı (monopile) temel ve geçiş parçası ancak jack-up montaj gemisi kullanılarak yapılabilmektedir.

Kafes (jacket) temeller genellikle mavnalarla (barge) limandan DRES proje sahasına taşınmaktadır. Montaj işlemi için jack-up gemi kabiliyetinde büyük gemilere ihtiyaç yoktur.

Yerçekimi (gravity) temelleri için mavnalarla nakliye sonrası uygun vinç ile montajı yapılmaktadır. Bu temel çözümü sığ sular için uygulanmaktadır.

Ön Montaj ve Yükleme Süreci
Limandaki ön montaj ve yükleme sürecinde aşağıdaki ana aktiviteler yapılmaktadır;

a. Ana türbin komponentlerinin (nasel, kule, kanat, temel) limana indirilmesi,
b. Yardımcı komponentleri (şalt sahası, denizaltı kablo) limana indirilmesi,
c. Ana ekipmanların hazırlanarak depolama alanında muhafaza edilmesi,
d. Yardımcı ekipmanların hazırlanarak depolama alanında muhafaza edilmesi,
e. Kule ön montajının hazırlığı,
f. Kule nihai montajı,
g. Nasel montajının yapılıp nakliyeye hazır hale getirilmesi,
h. Kanatların yüklenmeye hazır hale getirilmesi,
i. Kalite ve döküman kontrolü,
k. Gemiye yüklemenin yapılması.

DRT temelleri ayrı bir limanda üretilerek DRES proje sahasına gönderilmektedir. Bilindiği gibi DRT'lerin kurulu gücü arttıkça DRT'lerin boyutları ve ağırlıkları da artmaktadır. Günümüzde 14-15 MW ünite kurulu güçlü DRT'lerin piyasada montajı yapılmaktadır. Bununla beraber, yakın bir gelecekte 20-25 MW ünite kurulu güçlü DRT'lerin projelerde kullanılacağı öngörülmektedir. DRT'lere ait tipik boyut ve ağırlıklar aşağıda verilmiştir.

Tablo 8.3. Bazı DRT boyut ve ağırlıkları.

Komponent	**6 MW**		**8 MW**		**12 MW**	
	Boyut	Ağırlık	Boyut	Ağırlık	Boyut	Ağırlık
Kule	D=6 m L=93 m	500 t	D=7 m L=94 m	310 t	D=8 m L=110 m	850 t
Nasel	L/W/H 20/7/7 m	390 t	L/W/H 21/9/7 m	500 t	L/W/H 22/10/12 m	650 t
Kanatlar	L=75 m	20 t	L=85 m	40 t	L=120 m	60 t

DRT ekipmanlarının yükleme/boşaltma işlemleri için vinç kapasitesi gereklidir. Crawler mobil vinçler bu montaj işlemi için kullanılmaktadır.

Şekil 8.5. Mobil vinç ile tek kazıklı temel liman montajı.

Ağır ekipmanların ağırlığını taşıyabilecek rıhtım taşıma kapasitesi olması gereklidir. Kulelerin bazen grup halinde depolanacağı hesaplanmalıdır.

Şekil 8.6. DRT kulenin dik olarak depolanması.

Tek kazıklı (monopile) temellerin liman rıhtımında depolanacağı zaman 600 tona yakın bir malzemenin depolanacağı hesaplanmalıdır. Geçiş parçası (transition piece) için yatayda 10x10m alan gereklidir. Kafes temeller (jacket) yatay veya dikey olarak depolanabilir.

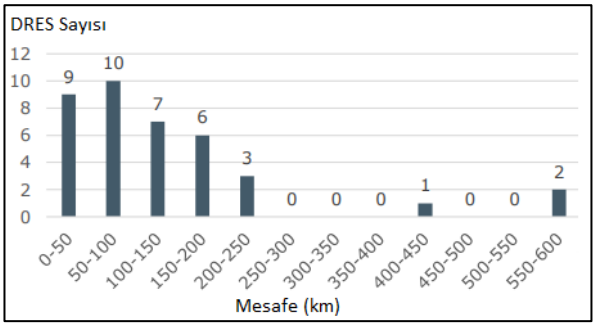
Şekil 8.7. DRT kafes temel depolanması.

Şalt sahası üretim tesisinden DRES proje sahasına doğrudan gönderilmektedir.

Şekil 8.8. DRES şalt sahası limanda görünümü.

Avrupa'daki uygulamalara bakıldığında 500 MW kapasiteli bir DRES için 15-20 ha arasında bir liman alanı gereklidir.

Limanların DRES projelerine olan uzaklığı birçok parametreye göre değişmektedir. Avrupa'daki bazı önemli DRES projeleri incelendiğinde ortalama 50-100 km mesafede olduğu görülmektedir. Aşağıdaki şekilde Avrupa'da işletmede bulunan 40'a yakın DRES projesinin limanlara olan mesafesi verilmiştir. 0-50 km mesafede 9 adet DRES, 50-100 km mesafede 10 adet DRES, 100-150 km mesafede 7 adet DRES bulunmaktadır. En uzak mesafede olan 600 km ile Belçika Northwind ve İngiltere Westermost Rough DRES projeleridir.



Şekil 8.9. Limanların DRES proje sahasına mesafesi.

İşletme ve Bakım Gereksinimleri

DRES projelerinin işletme ve bakım süreçleri, yıllık üretimin artırılması ve makina ömrü için önemlidir. Bu amaçla düzenli bakım ve kontrol gerektirir. Bu aktivitelere örnek olarak;

a. Varlıkların yönetimi (asset management): Uzaktan kumanda, çevresel kontrol, elektrik satışı, idari faaliyetler.
b. Önleyici bakım (preventive maintenance): Rutin kontroller, yağ değişimi vb gibi düzenli bakım faaliyetleridir.
c. Onarıcı bakım (corrective maintenance): Bozulan, arızalanan, kırılan konponentlerin değiştirilmesi faaliyetleridir.

İşletme ve bakım limanının bazı teknik ihtiyaçları bulunmaktadır. Proje geliştirici ve yatırımcılarla birlikte karar verilerek işletme ve bakım limanının konumu belirlenmektedir. İşletme ve bakım limanlarının en önemli özelliği, DRES proje sahasına yakın olmasıdır. Montaj limanı için böyle bir yaklaşım genellikle aranmaz. DRES projelerinin işletme ve bakım stratejisi genellikle ikiye ayrılır. Birincisi, karada (shore based) bir ofisin bulunarak personel, yedek parça gibi şeyleri depolayabileceği bir yerin olması; ikincisi denizüstünde (offshore based) personel ve bazı önemli ekipmanların konulabileceği bir merkezin olmasıdır.

Sahaya Erişim

Personelin Denizüstü RES proje sahasına erişimi personel taşıma gemisi (Crew Transfer Vessel-CTV), helikopter veya Servis İşletme Gemileri (Service Operation Vessel-SOV) tarafından yapılmaktadır. CTV'ler genellikle küçük ve günü birlik gidip-gelme için kullanılan gemilerdir. Genellikle 1 adet işletme ve bakım limanında, 1 adet DRES şalt sahasında demirli şekilde bekletilmektedir. Hızları 15-20 knot arası ve 90 km mesafedeki bir DRES proje sahasına 1.5 saatte erişim sağlarlar. Bu tip botlar genellikle aliminyum veya fiberglass katamaran dizayn şeklinde olup 15-25 m uzunluğa ve 10-15 kişi kapasiteye sahiptir.

Şekil 8.10. Personel transfer gemisi (CTV).

Karaya 50-100 km mesafede bulunan DRES projelerinde acil durumlarda helikopter ile transfer yapılmaktadır. Örneğin Alpha Ventus, Sandbank, Greater Gabbard DRES projelerinde helikopter yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

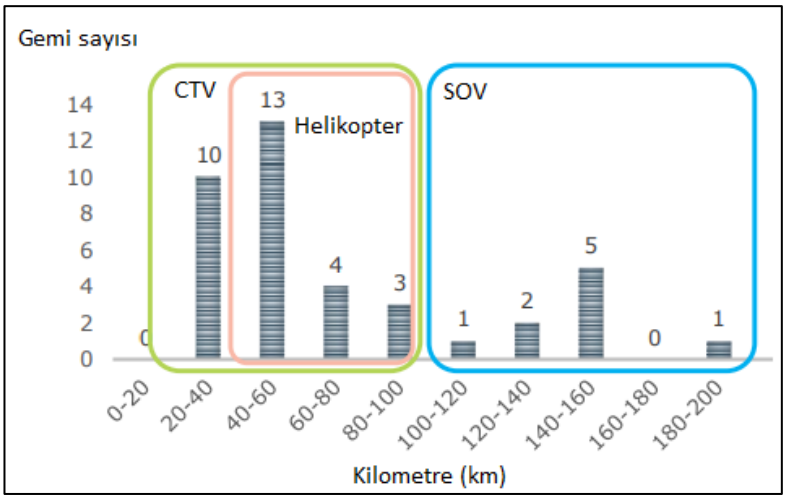
Şekil 8.11. Helikopter ile personel transferi.

Servis işletme gemileri (SOV), personel transfer gemileirnden daha büyük olmaktadır. Küçük bir toplantı salonu, depolama bölümü, ve dinlenme alanları içerir. Haftalarca denizde kalabilme yeteneğine sahip olarak dizayn edilirler ve genellikle 150 km menzile kadar çalışırlar.

Şekil 8.12. Servis işletme gemisi gemisi (SOV).

Aşağıdaki grafikte Avrupa'da bulunan 40 adet DRES projesine ait personel taşıma gemisi (CTV), servis işletme gemisi (SOV) ve helikopter kullanımı verilmiştir. CTV gemileri işletme ve bakım

limanına 20-80 km mesafede, SOV gemileri 120-180 km mesafede, helikopter desteği 40-90 km mesafede bulunan DRES projelerinde kullanılmaktadır.



Şekil 8.13. DRES projeleri işletme ve bakımda kullanılan gemi istatistiği.

8.3 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.

8.3.1 Liman Bağlantıları

Bileşen üreticileriyle liman arasındaki bağlantı: Büyük rüzgar 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. 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 rüzgar çiftliğinde ana üs olarak kullanılacak limanlar özelinde bu parametre oldukça önemlidir. Kurulum ve işletme/bakım işlemlerinin maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda liman ve rüzgar çiftliği arasındaki mesafe artışı olumsuz etki yaratacaktır. 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 RES 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).

8.3.2 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. 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 RESte bu tip türbin temelleri kullanılmış olup bu RESlerin yedisi Danimarka, üçü İsveç, biri Almanya ve biri de Belçika'da bulunmaktadır.

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. 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.

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.
İdeal 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 / m² zemin taşıma kapasitesi rüzgâr enerjisi bileşenlerinin ağırlıkları dikkate alındığında uygun olarak kabul edilmektedir. Denizüstü rüzgar türbini bileşenleri arasında en yüksek ağırlığa sahip olan yük tipi Yerçekimine Dayalı Temellerdir. 15-20 ton / m² zemin taşıma kapasitesi gereksinimi özellikle bu temellerin tercih edildiği denizüstü rüzgâr çiftliği projelerine hizmet edilebilmesi için zaruridir.
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/ m²'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.

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. Deniz tabanı uygunluğunu değerlendirmek adına, bir deniz tabanı alanının biyolojik ve jeolojik özelliklerini ortaya koyan çalışmalar yürütülmelidir. Deniz tabanının uygun olmadığı koşullarda kaldırmalı gemiler stabilite sorunu yaşayacak ve gerek hız gerekse güvenlik açısından yükleme operasyonlarında aksaklıklar yaşanacaktır. 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. 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.

8.3.3 Liman Tasarımı

Depolama alanı uygunluğu: Limanlarda depolama kapasitesi en önemli performans parametrelerinden biridir. İthalat/ihracat limanlarında rüzgar türbini bileşenlerinin yükleme faaliyetlerinden önce ve boşaltma faaliyetlerinden sonra uygun depolama alanlarında beklemesi gerekebilmektedir. Denizüstü RESlere 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.

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

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. 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 daha avantajlı tercihler olarak değerlendiriebilir.

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.

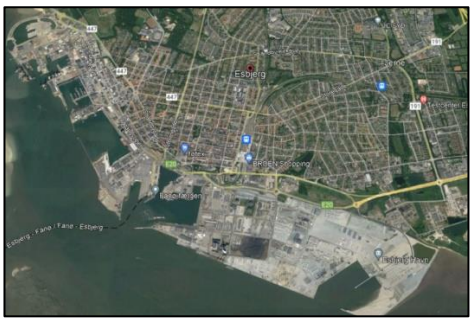
Ofis tesisleri: İşletme/Bakım limanları rüzgâr çiftliğinin günlük operasyonlarından ve bakım faaliyetlerinden sorumludur. Bu süreçlerin takibi için gerekli olan insan kaynaklarının ihtiyacı olan ofis alanları liman tesisi içerisinde mevcut olmalıdır.

8.4 Avrupadaki Bazı DRES Limanları

Bu kısımda Avrupa'da seçilen 3 adet DRES limanı incelenmiştir. Bunlar Danimarka Esbjerg Limanı, Almanya Bremerhaven Limanı ve Hollanda Eemshaven Limanı incelenmiştir.

8.4.1 Esbjerg Limanı (Danimarka)

Esbjerg Limanı, Danimarka Jutland bölgesinde güneybatısında bulunmaktadır. 1868 yılında tarımsal ürünlerin ihracı için kurulmuştur; 1970'lerde Danimarka'da petrol ve gaz sektörünün gelişmesi ile liman önem kazanmıştır ve faaliyet alanını genişletmiştir. Horns Rev 1 DRES projesinin 2001 yılında başlaması ile Esbjerg Limanı DRES limanına doğru evrilmeye başlamıştır. Limanın google earth görünümü aşağıda verilmiştir.

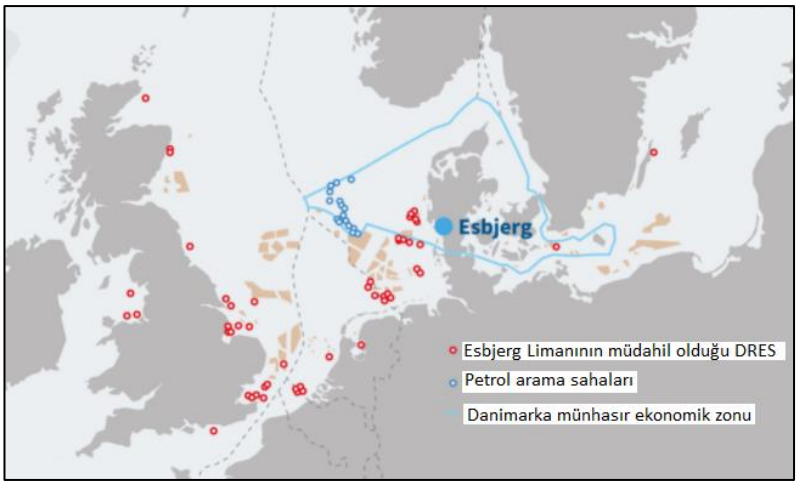


Şekil 8.14. Esbjerg Limanı google earth görünümü.

Esbjerg Limanı'na ait drone foto aşağıda görülmektedir.

Şekil 8.15. Esbjerg Limanı.

Danimarka'nın DRES projelerine yöneleceği anlaşılınca limana yeni genişleme yatırımları yapılmıştır. Özellikle 2014 yılından sonra büyük bir oranda DRES limanı olarak hizmet vermektedir. Şimdiye kadar Avrupa'daki 55 civarındaki DRES projesinin ekipmanları bu limandan gönderilmiştir ve liman gelirinin yarısına yakını DRES sektöründen karşılanmaktadır. Horns Rev 1 ve 2 projelerinin yanında diğer ülkelerde işletmeye alınan Butendiek, Northwind, Sandbank, Dantysk, Humber Gateway ve Westermost Rough DRES projelerinin limanı olarak da kullanılmıştır. Aşağıdaki şekil ile Esbjerg Limanının müdahil olduğu DRES projeleri görülmektedir.



Şekil 8.16. Esbjerg Limanı ve hizmet verdiği projeler.

DRES projeleri açısından liman güney ve doğu kısmı olarak ikiye ayrılabilir ve ana özellikler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 8.4. Ebsjerg limanı ana özellikler.

Özellik	**Güney Limanı**	**Doğu Limanı**
Kanal Derinliği	9.3 m	9.3 m
Kanal Giriş Açıklığı	-	320 m
Yanaşma yeri (Berth) uzunluğu	450 m, 380 m	330 m, 150 m, 500 m
Yanaşma yeri derinliği	10.5 m	10.5 m
Yük kapasitesi	50 kN/m^2	50 kN/m^2
Depolama alanı	50 ha	70 ha

Esbjerg limanında kullanılan mobil vinçlere ait fotoğraflar aşağıda görülmektedir.

Şekil 8.17. Esbjerg Limanı mobil vinçler.

Vinçlere ait kaldırma kapasiteleri aşağıda verilmiştir.

Liebherr LHM 800: 448 ton
Liebherr LHM 500: 217 ton
Liebherr LHM 400: 217 ton
Liebherr LHM 280: 160 ton
Liebherr LHM 180: 64 ton

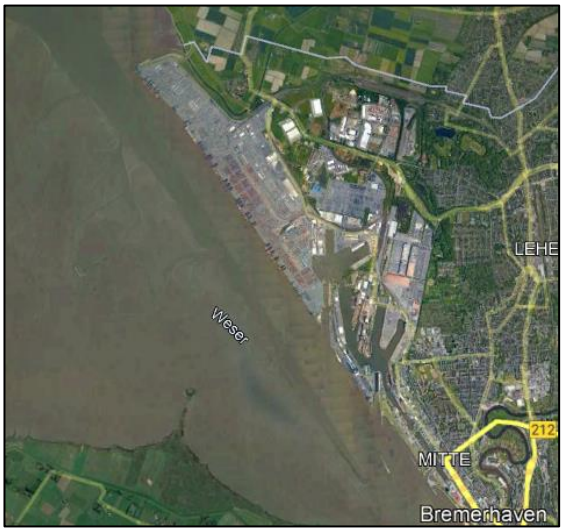
Esbjerg Limanında bulunan bazı önemli şirketler aşağıda verilmiştir:

SGRE (SiemensGamesa): Nasel montaj üretim tesisi ve servis merkezi
Semco Maritime: Şalt sahası üst montajı üretim tesisi ve işletme ve bakım merkezi
Esvagt: İşletme ve bakım merkezi
Ramboll: İdari ofis
Norsea Group: Montaj merkezi
SH Group: Montaj merkezi
Nicon Industries: Montaj merkezi

Esbjerg Limanı, 2030 yılında ciddi büyüme içine girecek olan DRES sektörü için yetersiz kalabileceğinden dolayı liman genişletme çalışmalarına başlamıştır. İki bölgeye ayrılarak genişleme için master planlar hazırlanmış ve inşaat süreci başlamıştır. Toplam 100 ha alana sahip olması planlanmaktadır. Ayrıca bu liman demontaj ve geri dönüşüm (decommissioning and recycling port) limanı olarak da planlanmaktadır. Yapılan tahminlere göre 110 000 tona yakın DRES ekipmanının geri dönüşümü bu limandan katılacaktır.

8.4.2 Bremerhaven Limanı (Almanya)

Bremerhaven Limanı, Almanya'nın kuzeyinde yer almaktadır. Weser Nehri'nin ağzında inşa edilmiştir. Avrupa'nın en büyük dördüncü konteyner limanıdır. Kuzey Denizindeki DRES projelerine yakınlığı nedeni ile en aktif DRES limanları arasındadır. Almanya'nın ilk DRES projesi olan Alpha Ventus ile Nordsee Ost DRES projelerinin kullanıldığı limanıdır.



Şekil 8.18. Bremerhaven limanı google earth görüntüsü.

Bremerhaven Limanı'na ait drone foto aşağıda görülmektedir.

Şekil 8.19. Bremerhaven limanı.

Bremerhaven'de ABC Halbinsel firması tarafından üretilen grup kazıklı (Tripod) aşağıda görülmektedir. Limanda üretim ve depolama tesisi bulunmaktadır.

Şekil 8.20. Bremerhaven limanı grup kazıklı temel.

Bremerhaven limanına ait temel özellikler aşağıda görülmektedir.

Tablo 8.5. Bremerhaven limanı ana özellikler.

Özellik	**Açıklama**
Kanal Derinliği	14.5 m
Kanal Giriş Açıklığı	55 m
Yanaşma yeri (Berth) uzunluğu	500 m
Yanaşma yeri derinliği	14.1 m
Yük kapasitesi	200 kN/m^2
Depolama alanı	25 ha

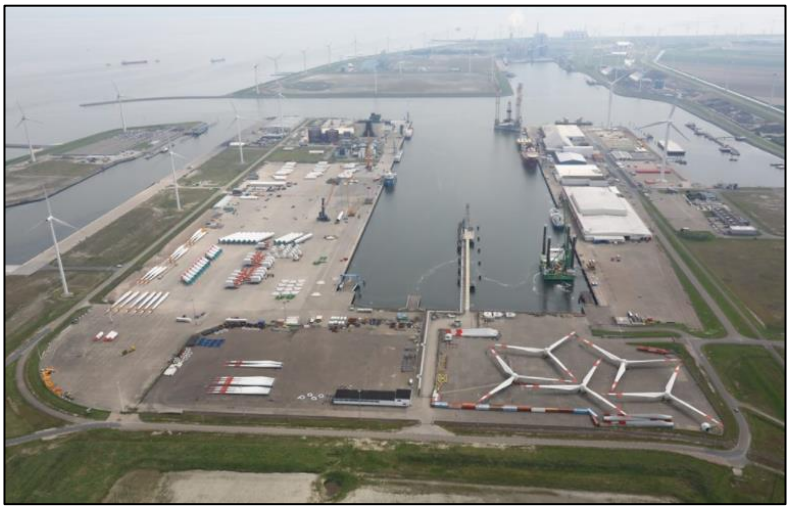
Özellikle 2014 yılından itibaren DRES limanına dönüşmeye başlamıştır. Weserwind tarafından temel üretimi, PowerBlades kanat üretimi, Adwen ve Senvion DRT üretimine başlamıştır.

8.4.3 Eemshaven Limanı (Hollanda)

Eemshaven Limanı, Hollanda'nın kuzeyinde Groningen Bölgesinde bulunmaktadır. Bölgenin ekonomisini geliştirmek için 1773 yılında kurulmuştur. 1970'li yıllarda petrol ve gaz sektörü için yapılandırılmaya çalışılmış ancak petrol krizi sonrası bu durum gerçekleşmemiştir. Son 20 yılda limanın önce enerji limanı daha sonra durumu değişerek DRES proje limanı olarak yapılandırılmıştır.

Şekil 8.21. Eemshaven limanı google earth görüntüsü.

Limanın batı kısmı, lojistik; doğu kısmı enerji; güney bölgesi ise geri dönüşüm olarak hizmet etmektedir. Birçok DRES projesinin limanı olmuştur. Bunlar arasında Merkur, Albatros, Alpha Ventus, Bard, Borkum Riffgat, Borkum Riffgrund, Trianel Windpark Borkum, Global Tech, Gemini, Veja Mate, Race Bank sayılabilir.



Şekil 8.22. Eemshaven limanı.

Eemshaven limanına ait temel özellikler aşağıda görülmektedir.

Tablo 8.6. Eemshaven limanı ana özellikler.

Özellik	**Açıklama**
Kanal Derinliği	17 m
Kanal Giriş Açıklığı	470 m
Yanaşma yeri (Berth) uzunluğu	220 m
Yanaşma yeri derinliği	11.5 m
Yük kapasitesi	60 kN/m^2
Depolama alanı	33 ha

DRES Liman Genel Özellikleri

Avrupa'daki DRES proje limanlarına bakıldığında genel bazı özellikler göze çarpmaktadır. Bunlar rıhtım derinliği, liman giriş genişliği, DRES proje sahası uzaklığı, düşey engel durumu gibi kriterlerdir. Liman derinliği genellikle 10 m üzerindedir. Bu derinlik, dalga, akıntı gibi durumlarda gemiler için emniyetli derinliktir. Bu derinlikte ağır yük gemileri ve DRES montaj gemileri çalışabilir.

Liman giriş genişliği yeterince büyük olmalıdır. Genel endüstri pratiklerine göre 200 m civarındadır.

Liman sahasında düşeyde herhangi bir köprü, havaalanı mania sınırı gibi yükseklik kısıtlaması olmamalıdır. Kanat ve özellikle kulelerin gemi üzerinde dikine konulduğu zaman yükseklikleri 100-110 metreyi bulabilir. Düşey engel mevcut ise, yükseklik en az 120 m olmalıdır.

Şekil 8.23. Kulenin gemide dikey olarak nakliyesi.

Yanaşma yeri (Berth) uzunluğu, aynı anda limanı kullanacak gemilerin sayısı ve uzunluğuna göre değişmektedir. Genellikle 2 geminin aynı anda çapa atabileceği bir liman düşünülmelidir. Avrupa'daki limanların 200 m-400 m civarında yanaşma yeri uzunluğu bulunmaktadır.

Şekil 8.24. Yanaşma yeri (Berth).

Aşağıdaki tabloda montaj limanı için Avrupa'daki standartlar verilmiştir. Bu özellikler genel olup, limanın bulunduğu yere bağlı olarak detay çalışmalar yapılmalıdır.

Tablo 8.7. Montaj limanı için özellikler.

Özellik	**Açıklama**
Yanaşma yeri (Berth) uzunluğu	200 - 400 m
Yanaşma yeri derinliği	8-12 m
Yük kapasitesi	50-100 kN/m^2
Yanaşma yeri derinliği	11.5 m
Depolama alanı	10 20 ha

Liman seçimi birçok parametreye bağlıdır. Örneğin personel taşıma gemisinin (CTV) kullanıldığı işletme ve bakım limanına ait genel özellikler aşağıda görülmektedir.

Tablo 8.8. Personel transfer gemisi limanı için özellikler.

Özellik	**Açıklama**
DRES mesafe	50-100 km
Yanaşma yeri derinliği	> 3 m
Liman giriş genişliği	> 15 m
Düşey engel	> 15 m

Servis işletme gemisi (SOV) limanı için gerekli özellikler personel trasfer gemi limanından daha iyi düzeyde olmalıdır. Tablo ile genel özellikler verilmiştir.

Tablo 8.9. Servis işletme gemisi limanı için özellikler.

Özellik	Açıklama
DRES mesafe	100-200 km
Yanaşma yeri derinliği	> 6 m
Liman giriş genişliği	> 20 m
Düşey engel	> 40 m

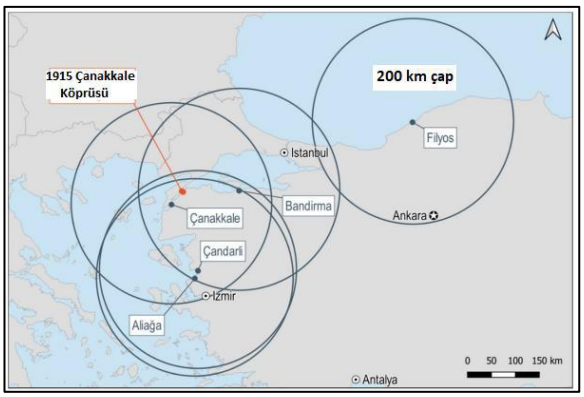
Yukarıdaki özelliklere ek olarak liman civarındaki yerel işgücünün kalitesi de önemlidir. Limanda genellikle 200-300 m^2 lik bir yedek parça deposu bulunmalıdır. Yedek parça ve tüketim malzemeleri (consumable-yağ, vida, kablo vb) depolanması gereklidir. Bunun yanında personel için konaklama ve ofis çalışmalarını yürütebileceği bir ofis binası olmalıdır.

8.5 Ülkemizdeki DRES Aday Limanlar

8333 kilometre kıyı şeridine sahip ülkemizde 180 adet liman ve iskele bulunmakta olup, bunlardan 6 tanesi Türkiye Denizcilik İşletmeleri tarafından, 2 tanesi de Türkiye Devlet Demir Yolları tarafından işletilmektedir. Limanlar İşletilen Kurumlar açısından 3 kısma ayrılmaktadır:

Kamu Limanları	20 Liman
Belediye Limanları	23 Liman
Özel Limanlar	137 Liman

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de limancılık sektörü çok dinamik bir sektördür. Dünya ekonomisindeki gelişmeler, mal ve hizmet ticaretini doğrudan etkilemekte ve özellikle mal ticaretindeki beklentiler en önemli ulaştırma altyapıları olan limanların yatırım planlarını etkilemektedir. Mal ve hizmet ticaretine ilişkin beklentilerin orta ve uzun vadede artması liman yatırımlarının hızlanmasına yol açtığı gibi, bu beklentilerin azalması yatırımların ertelenmesine neden olabilmektedir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından açıklanan Denizüstü RES YEKA Aday sahalara bakıldığında limanların sayısının yeterli; ancak limanların biraz geliştirilmesi veya modifiye edilmesinin zor olduğu değerlendirilmektedir. Özellikle taşıma kapasitesi (bearing capacity) ve depolama alanının genişletilmesinde sıkıntılar çıkacaktır. Bunun yerine yeni Denizüstü RES limanları planlanarak inşa edilmelidir. Avrupa'daki DRES limanlarına bakıldığında 20 hektar depolama alanı olduğu görülmektedir. Ülkemizde DRES üretim ve montaj limanı için 6 aday liman olduğu dile getirilmektedir. Bu limanlar, Bandırma, Çanakkale, Aliağa, İskenderun, Çandarlı ve Filyos limanıdır. İşletme ve bakım için küçük modifikasyonlarla kullanılabilecek bir çok liman bulunmaktadır. Liman planlaması yapılırken 1915 Çanakkale Köprüsü'nün konumu ve teknik özellikleri dikkate alınmalıdır.



Şekil 8.25. Ülkemizdeki Denizüstü RES aday limanlar.

8.6 DRES Projelerinde Kullanılan Gemiler

DRES projelerinde süreçler için farklı özellikte gemiler kullanılmaktadır.

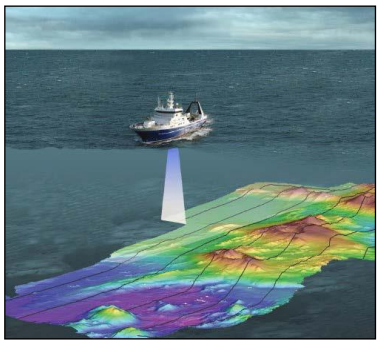
8.6.1 DRES Araştırma Gemisi (Survey Vessel)

DRES proje planlanma evresinde kullanılan özel yapım gemilerdir. Araştırma gemileri aşağıdaki amaçlar için kullanılmaktadır:

- DRES proje sahası bulunması,
- Denizüstü meteoroloji istasyonu kurulum araştırmaları,
- DRES saha geoteknik çalışmaları,
- DRES saha ÇED çalışmaları,
- DRT mikrokonuşlandırma,
- DRES kablo kanal güzergah çalışmaları,
- Sismik araştırma.

Şekil 8.26. Araştırma gemisi.

Kabloların montajından önce çevresel etkileri en aza indirmek ve riskleri ortadan kaldırabilmek için kablonun geçiş güzergahı, mikrokonuşlandırma, montaj emniyeti vb gibi birçok teknik detay deniz tabanının haritalandırılması sonrası yapılabilir. Araştırma gemileri denizaltı batimetrik haritanın çıkarılmasında da kullanılmaktadır.



Şekil 8.27. Denizaltı batimetrik haritalandırılması.

Deniz hidrografisi, jeofizik ve geoteknik konularda araştırma gemileri kullanılmaktadır. Jeofizik, herhangi bir saha araştırması veya deniz dibi haritalama, batimetri (deniz derinliği) verileri elde etme gibi araştırmalar DRES projeleri için hayati öneme sahiptir. Hidrografik ve jeofizik verilerin toplanması için deniz tabanını, sığ yüzeyleri ve jeolojiyi karakterize etmek için çeşitli akustik tabanlı araçlar kullanır. Ayrıca, dünyadaki manyetik ve yerçekimi alanındaki yerel varyasyonları algılayan manyetik ve gravimetrik sistemler kullanılmaktadır. Şekil ile sismik araştırmalarda kullanılan 2 adet araştırma gemisine ait özellikler görülmektedir.

Şekil 8.28. Sismik araştırma gemisi.

8.6.2 Personel Ulaştırma Gemisi (Staff Transportation Vessel/Barge)

Personel ulaştırma gemileri, ekipmanların ve personelin nakliyesinde kullanılan deniz taşıtlarıdır. Proje geliştirme aşamasında, projenin inşa süreci ile işletme ve bakım aşamasında kullanılırlar.

Şekil 8.29. Personel ulaştırma gemisi.

8.6.3 Römorkor Gemi (Anchor Handling Tug)

Taşıma gemileri gibi gemilerin çekilmesi veya eşlik edilmesinde kullanılmaktadırlar. Ayrıca kurtarma veya yangına müdahale gibi görevleri vardır.

Şekil 8.30. Römorkor gemi.

8.6.4 Denizaltı Kablo Serme Gemisi (Cable Laying Vessel)

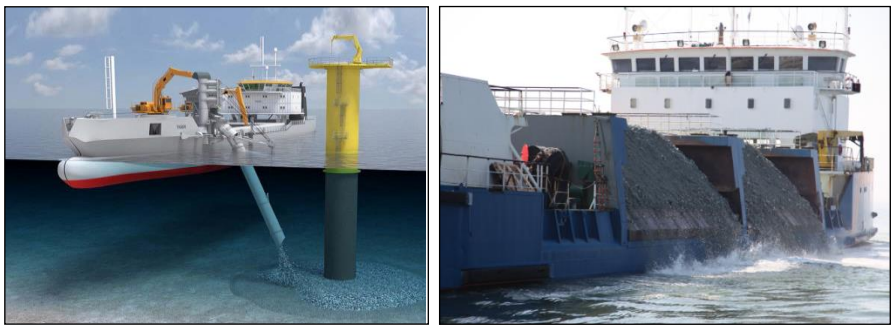
Denizaltı kablolamanın yapılabilmesi için özel gemiler geliştirilmiştir. Bu gemiler, Cable Laying Vessel (CLV) olarak adlandırılmaktadır. CLV'ler 100 km'ye yakın kablo uzunluğunu yönetebilecek yapıdadır.

Şekil 8.31. Denizaltı kablolama için kullanılan özel gemiler.

8.6.5 Çakıl/Taş Döküm Gemisi (Rock Dump Vessel)

Deniz tabanı koşullarından dolayı kablo kanalı açılmasının mümkün olmadığı yerlerde kablolar deniz tabanının yüzeyinden geçecek sekilde tasarlanmaktadır. Bunların üzerine çakıl dökülerek sabitlenerek

emniyete alınmaya çalışılır. Böyle durumlarda çakıl veya taş dökme alternatifi ekonomik bir çözüm olabilir. Kablonun hasar riski azaltılmış olunur. Bu gemiler, dinamik konumlandırma sistemlerini kullanır; bu sayede deniz tabanına döküm işlemini mümkün mertebe doğru yapmaya çalışır. Değişken boyutları ve alternatif çözümleri ile sığ sularda yandan boşaltma vinci ile derin sularda düşme boru ile döküm işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 8.32. Çakıl döküm gemisi.

8.6.6 DRT Nakliye Gemisi (Transportation Vessel)

Denizüstü elektrik santralları (DRES) 1990'lı yılların başından itibaren realize edilmeye başlanmıştır. Rüzgar türbinlerinin kurulu gücü arttıkça boyutları ve ağırlıkları artmıştır. Buna paralel olarak DRES nakliye, inşaat ve montajında çalışan deniz endüstrisi de gelişim gösterniştir. Aşağıda DRT parçalarını taşıyan gemi nakliyesi görülmektedir.

Şekil 8.33. DRT parça bazlı nakliye.

Bazı projelerde DRT'ler tek parça olarak taşınmıştır.

Şekil 8.34. DRT tek parça nakliye.

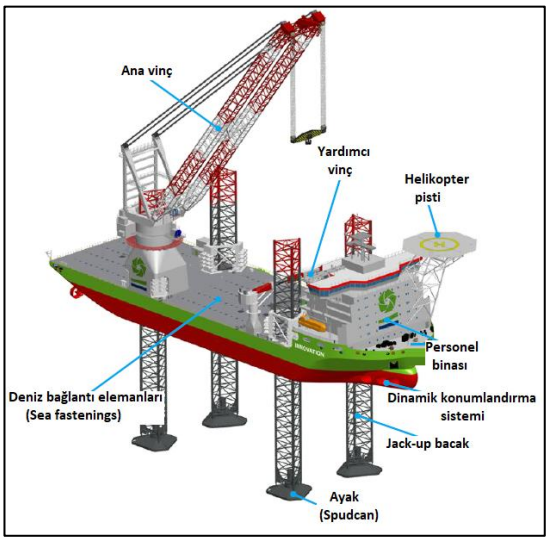
8.6.7 DRT Montaj Gemisi (Jack Up Vessel)

Derin sulara DRES montajının yapılmaya başlanması, denizüstü montaj sanayinin karşılaştığı en önemli sorunlardandır. Artan türbin yüksekliği ve ağırlıklar denizüstü vinçlerin kapasite ve yan kol uzunluklarının artmasına neden olmaktadır. Türbinlerin limandan proje sahasına nakliye süresini etkilemektedir. Denizde sefer süresinin artması daha fazla RT ekipmanının taşınabilmesi için geniş güverteli gemilerin kullanımını gerektirmektedir. Denizüstü RES montajı sırasında vincin çalışma koşulları hava durumuna bağlıdır. Denizüstü rüzgar türbinlerinin (DRT) montajı ile ilgili farklı

teknikler bulunmaktadır. Farklı gemi vinçler, farklı DRT modelleri vb gibi hususlar nakliye ve montaja etki etmektedir.

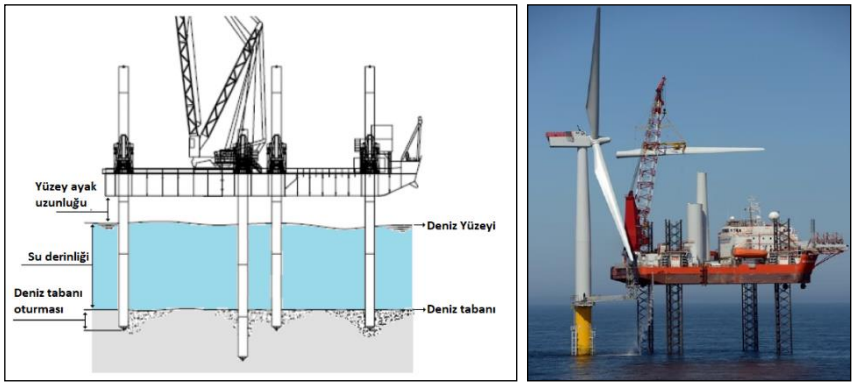
Deniz derinliği, DRES proje sahasının konumunu etkileyen parametrelerdendir. DRES projesinin kurulucağı deniz derinliği türbin temel maliyetini etkileyen bir parametre olduğundan projedeki kritik hususlardandır. Zaten karaüstü RES'lere göre çok daha yüksek maliyetli olan türbin temeli DRES proje bütçesindeki önemli kalemlerdendir. Deniz derinliği ayrıca bölgeye gelecek olan gemi vinçler için de önem arz etmektedir. Sadece derin sular değil; çok sığ sular da gemiler için sorun teşkil edebilmektedir. Gemi vincin manevra kabiliyeti açısından deniz derinliğine dikkat edilmesi gerkemektedir.

DRT montajının yapılabilmesi için özel olarak imal edilmiş gemi vinçler bulunmaktadır. Montaj ile ilgili risk sadece teknik değil, aynı zamanda maliyet ve süre olarak da düşünülmesi gereklidir. Özel yapım gemilere örnek olarak Heavy Lift Vessel (HLV) ve Jack up gemi örnek verilebilir. HLV, dinamik konumlandırma sistemine göre çalışmaktadır. Jack up gemisi ise, 4 ayağını deniz tabanına dayayarak havada asılı platform halini alarak kendini konumlandırabilmektedir.



Şekil 8.35. Jack-up gemisi ana ekipmanları.

Deniz taşıtları fonksiyonlarına göre çok çeşitli olabilirler. Bazılarında yangın söndürme ünitesi, revir vb gibi tesisler olabilir. DRES projelerinde farklı fonksiyonlarda gemiler kullanılmaktadır.



Şekil 8.36. Jack-up gemisi.

Denizüstü RES projelerinde ağır parçaların yükseğe montajının yapılması gerekmektedir. Montaj yapılırken geminin birkaç metrelik hareketi dahi kanca yüksekliğinde fark ve ciddi sıkıntılara yol açabilir. Bu yüzden jack up ayakları deniz tabanına sabitlenerek montaj yapılır. Bu tip gemi vinçler iki grupta toplanabilir:

- Rüzgar Türbin Montaj Gemileri – RTMG (Wind Turbine Installation Vessel-WTIV)
- Jack up Mavnalar (Jack up Barge - JUB)

Rüzgar türbin montaj gemisi (RTMG), denizüstü rüzgar türbin montajı için özellikle yapılmış gemilerdir. Bu gemilerin uzayabilen Jack up bacakları vardır ve bacaklar deniz tabanına kadar indirilip sabitlenir. Ağır tonajlı ekipmanı yükseğe monte edecek şekilde tasarlanmıştır.

Şekil 8.37. Jack up gemi vinci ile montaj.

Günümüzde 8000 tona kadar taşıma kapasitesi ve 3750 m^2 boş güverte alanı olan Jack up gemi vinçler bulunmaktadır. Bu gemilerin jack up bacak uzunlukları 32-85 m arasında değişmektedir. Ayak inme hızı ise 0.35 – 0.8 m/dk dır. Gemi yükünün ağırlığı nedeni ile bu hız normaldir. Bu tip gemilerde dinamik konumlandırma sistemi olduğundan türbinin montajını yapabilmek için kesin koordinata yerleşebilme özelliği vardır. Ayrıca personelin kalabilmesi için bazı jack up gemilerde yatak kapasitesi 100'ü geçmektedir. Bu tip gemiler imal edilirken deniz derinliği ve kıyıya uzaklık gibi parametreler dikkate alınmaktadır. Türbin boyutlarının büyümesi, daha geniş güverte hacmini beraberinde getirmektedir. DRT montajında kullanılan bazı gemi vinçlere ait tablo aşağıda verilmiştir.

Tablo 8.10. Çeşitli gemi vinçler.

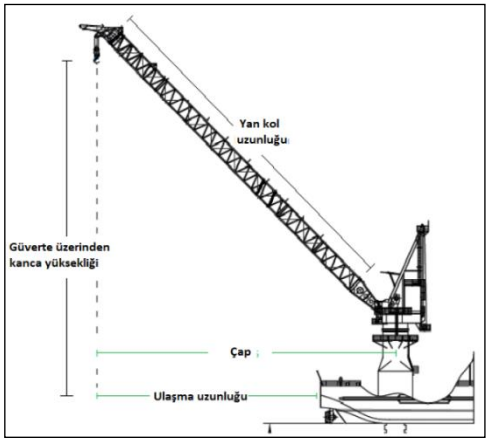
Gemi Adı	Tipi	Belirgin Dalga Yük. (m)	Yüzey Ayak (m)	İnşa Yılı
Vagant	JUB	1.5	3	2002
Pauline	JUB	2	6.5	2002
Sea Worker	JUB	1.5	13.5	2008
SeaFox 7	JUB	3.7	13.5	2008
Goliath	JUB	3.7	13.5	2009
JB 116	JUB	3.7	13.5	2010
JB 117	JUB	3.7	13.5	2011
MPI Resolution	WTIV	3	7.8	2003
Kranken	WTIV	2	17.5	2009
Zaratan	WTIV	1.5	14	2012
Windcarrier	WTIV	1.8	15	2012
SeaFox 5	WTIV	2	20	2012

Jack up Vinç Gemi Güverte Vinçleri

Rüzgar türbin montaj gemilerinde (RTMG) DRT montajının yapılabilmesi için gemi güvertesinde vinç bulunur. Bu vincin kapasitesini aşağıdaki 3 parametre belirlemektedir:

- Yan kol uzunluğu (boom length)
- Ulaşma yarıçapı (outreach radius)
- Emniyetli çalışma yükü (safe working load)

Emniyetli çalışma yükü, yükün ulaşım yarıçapına bağlıdır. Gemi vincin güverte üzerindeki vinç aşağıda görülmektedir.



Şekil 8.38. Jack up gemi vinci.

Bu gemilerde genellikle 2 adet vinç bulunmaktadır. Birisi ana vinç, diğeri de yardımcı vinçtir. Bu gemilerdeki vincin ve jack up ayakların konumu çok önemlidir. Vincin konumu nakliye kapasitesinin belirlenmesi açısından önemlidir.

8.6.8 DRES Bakım Gemisi (Maintenance Vessel)

Dumb barge, küçük bir vinç taşıyan, nehir ve deniz taşımacılığındaki hafif yükler için kulanılan bir mavnadır. DRES pojelerinde yardımcı montaj gemisi olarak kullanılmaktadır. Vinci genellikle 360° dönebilen rotasyonel vinçtir. Deniz tabanına basan 2 ayağı bulunmaktadır. Böylelikle yükler kaldırılırken stabilite kazanmaktadır. Dumb mavna aşağıdaki amaçlar için DRES projelerinde kullanılabilir:

- Yardımcı montaj gemisi,
- Dalgıç ekipmanı taşıma ve dalış destek gemisi,
- Denizaltı kablolama yardımcı gemi,
- Jeneratör, oyulma koruma, zemin

Tipik bir dumb mavnaya ait özellikler;

Uzunluk : 91 m
Beam uzunluk : 27 m
Draft : 5 m
Airdraft : 80 m

DRES bakım gemisinde DRT platformuna çıkabilmek için özel bir düzenek mevcuttur. Bu özel gemiler ilk olarak Hollanda Gemini DRES projesinde kullanılmıştır. Yaklaşık 40 kişi taşıma kapasitesine sahiptir.

Şekil 8.39. DRES bakım gemisi.

8.7 Tersane Sektörü

Dünya denizciliğinde gemi inşa sanayi; gemi inşa, yat inşa, bakım-onarım, yan sanayi ve gemi geri dönüşüm olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sektörler bir geminin dizayn aşamasından başlayarak geri dönüştürülmesi ile noktalanan bütün süreçleri kapsamaktadır.

2002 yılında 37 adet olan faal tersane sayısı, Ekim 2023 itibariyle 100'e ulaşmıştır. Bu tersanelerimiz, Marmara ve Batı Karadeniz'de yoğunlaşmış olup ayrıca 15 alan da tersane alanı olarak belirlenmiş durumdadır. 2008 yılı son çeyreğinde başlayan ve 2009 yılı son çeyreğine kadar kuvvetli şekilde hissedilen Küresel Ekonomik Kriz pek çok sektörü olduğu gibi Gemi İnşa Sektörünü de olumsuz etkilemiş, sipariş defterlerindeki düşüş hem istihdam hem de yeni yatırım ve modernizasyon çalışmalarının iptal ya da ötelenmesine sebep olmuştur.

Gemi İnşa Sanayi desteklendiği ve geliştirildiği bütün ülkelerde;

- Bağlısı yan sanayi sektörlerinde hızlı bir gelişim oluşturan,
- Döviz girdisi sağlayan,
- Bölgesinde nitelikli iş gücünü arttıran,
- Bölgesel ticaretin gelişmesine, büyümesine ve güçlenmesine yardımcı olan,
- Bölgede yaşayan insanların refah ve kültürel düzeyini yükselten,
- Yan sanayi ile birlikte önemli bir istihdam potansiyeli yaratan,

stratejik bir ağır sanayi koludur. 1995–2001 yılları arasında toplam 836.000 DWT'luk 166 adet geminin teslimini gerçekleştiren Türkiye tersaneleri, 2002-2007 arasında 3.051.000 DWT büyüklükte 443 gemi teslim etmiştir. Küresel ekonomik krize kadar olan süreç içerisinde başta kimyasal tanker siparişleri olmak üzere siparişlerde dünya dördüncülüğüne kadar yükselen tersanelerimizin, krizden sonra yaşanan sipariş düşüşü ile 2019 yılında teslim ettikleri tonaj 130.169 DWT gemi sayısı ise 21'dir. Türkiye'de faal durumda bulunan tersanelerin bir kısmı, halen tevsi ve modernizasyon çalışmalarını sürdürmektedir. 2013 yılında 15.755.206 DWT olarak gerçekleşen bakım onarım, 2014 yılı sonu itibariyle yaklaşık 20.000.000 DWT'e, 2015 yılında da yaklaşık 21.500.000 DWT'e yükselmiştir. 2022 yılı sonu itibariyle sektör 30.000.000 DWT'lik bakım-onarım değerine ulaşmıştır.

Tersanelerde İstihdam
Gemi sanayi sektörümüzü oluşturan tersane, tekne imal ve çekek yerlerinde Eylül 2023 sonu itibariyle yaklaşık 40 bin kişi istihdam edilmektedir. Sektörün %35'i, TR42 Doğu Marmara Bölgesi idari sınırlarında yer almaktadır. Bu oranın %30'una Yalova tek başına sahiplik etmektedir.

8.8 Denizcilik Sektörü
Dünyada taşınan yüklerin hacim olarak yaklaşık %84'ü, değer olarak ise yaklaşık %70'i denizyolu ile taşınmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde denizyolu ile yapılan ithalat-ihracat taşıma oranları çok daha yüksek bir paya sahiptir. Ortaya konulan projeksiyonların ötesinde küresel bazda denizyolu ile yapılan yük hacmi son yarım yüzyılda 20 kat büyümüştür. Lojistik sektöründe deniz taşımacılığı parasal olarak ağırlıklı paya sahiptir. Bu durum denizcilik sektörünü küresel ticarette en stratejik sektör konumuna getirmiştir. Bu gelişmeler ışığında denizcilik, sadece bir taşımacılık türü olmaktan çıkmış, dünya ticaret hacmindeki artış ve hızla gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerine paralel olarak yük ve yolcu taşımacılığı başta olmak üzere, gemi inşa sanayi, liman ve gemilerde kullanılan yeni teknolojiler, sektörel enerji verimliliğinin arttırılması, liman hizmetleri, deniz turizmi ve yatçılık, canlı ve cansız doğal kaynakların ve deniz çevresinin yönetimini kapsayan daha geniş bir endüstri, ticaret ve hizmet dalına dönüşmüştür.

Ülkemiz açısından da stratejik sektörlerin başında gelen denizcilik sektörü; vizyonunu, lojistik zincirinin en önemli halkası olan denizcilik alanında; dengeli, erişilebilir, ekonomik ve güvenli hizmet anlayışıyla toplumun yaşam kalitesinin yükseltilmesine ve ülke kalkınmasına katkı sağlamak olarak belirlenmiştir. Türkiye; Avrupa, Asya, Kafkasya ve Ortadoğu ile olan eşsiz bağlantısı ve Afrika'ya komşu coğrafyası ile kıtaların, ticaret ve enerji yollarının, kültürel etkileşimlerin kavşağında olan bir ülkedir. Bu coğrafi konum, ulaşım ve enerji sistemlerinin entegrasyonu, kurumsal ve yasal altyapısı ile daha fazla katma değer ve nitelikli bir kalkınma sağlamaktadır. Karşılaştırma yapmak gerekirse, 1 beygir gücü harcanarak deniz taşıtı ile 75 varil çekilebilirken, demiryolu taşıtı ile 8 varil, karayolu taşıtı ile ancak 1 varil çekilebilmektedir.

BÖLÜM 9: DENİZÜSTÜ RES EKİPMAN ÜRETİMİ

Denizüstü RES ekipmanlarının üretimi ülkemizde öncelikli konulardan olmalıdır. Avrupa ülkelerindeki uygulamalara bakıldığında limanda DRES ekipman üretiminin yaygınlaşmış olduğu görülmektedir. Burada proje sahasına yakın ve de lojistik açıdan DRES projesinin gereksinimlerine karşılık verebilecek bir limanın bulunması hayati rol oynamaktadır. Ülkemizde henüz işletmede Denizüstü RES projesi olmamasına rağmen; 12 GW'ı aşmış, sanayisi, proje geliştiricisi, yatırımcısı, elektrik teknisyeninden meteoroloji mühendisine kadar iyi oluşmuş bir karaüstü RES sektörü bulunmaktadır. Karaüstü RES sektöründeki bu tecrübeyi Denizüstü RES sektörüne aktarmak çok zor olmayacaktır. Buna ilaveten, ülkemizde iyi gelişmiş bir tersane ve denizcilik sektörü de mevcuttur. Türkiye Ulusal Enerji Planında 2035 yılına kadar konulan 5 GW hedef ve civarımızdaki ülkelerin denizüstü RES potansiyeli, bu sürecin oluşmasında itici güç olacaktır.

9.1 Denizüstü RT Üretimi

Denizüstü RT'lerin karaüstü RT'lere oranla büyük boyutu karaiçi nakliyeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle DRT üreticileri türbin üretim tesisini büyük limanların olduğu bölgelere kaydırmıştır. Şekil ile Siemens DRT üreticisinin İngiltere Hull Limanında bulunan kanat üretim tesisi görülmektedir. Green Port Hull adı verilen tesis 210 milyon sterline mal olmuştur.

Şekil 9.1. Siemens Hull Limanı kanat fabrikası.

Özellikle Avrupa Ülkelerinde kule temeli konusunda bir çok firma bulunmaktadır. Temelin büyüklüğü göz önüne alındığında limana yakın ve hatta liman içerisinde üretim tesisi olması projenin ekonomik olarak yapılabilirliğini artırmaktadır. DRT temel üreticileri daha çok offshore petrol ve gaz platform üreticileri tarafından yapılmaktadır. Aşağıdaki Şekil ile Almanya Bremerhaven'da bulunan DRT temel üretim tesisi görülmektedir.

Şekil 9.2. Bremerhaven limanında bulunan temel üretim tesisi.

9.2 Denizüstü RT Temel Üretimi

DRT'deki temellerin boyutu ve ağırlığı, karaüstü RT'lerden daha büyük olduğundan limanda üretim yapılmaktadır. Tek kazıklı (Monopile) temeller dikey olarak muhafaza edilebilir.

Şekil 9.3. Limanda tek kazıklı temel depolanması.

6 MW bir DRT'ye ait tek kazıklı temel özellikleri;
Geçiş parçası : 550 ton
Temel çapı : 6.5 m

20 m deniz derinliği için;
Temel toplam ağırlık : 1076 ton
Uzunluk : 66 m
Saklama alanı : 578 m^2

50 m derinlik için için;
Temel toplam ağırlık : 1464 ton
Uzunluk : 79 m
Saklama alanı : 729 m^2

Kafes (Jacket) Temeller
Kafes temeller genellikle liman rıhtımında üretilip DRES proje sahasına montaj için gönderilirler. Daha sonra uygun montaj gemisi ile kafes temel montajı yapılır. Bilindiği gibi, kafes temeller 30-40 m derinlikten sonra ekonomik olmaktan çıkmaktadır. 6 MW bir DRT'ye ait kafes temel özellikleri;

30 m deniz derinliği için;
Kafes kule ağırlığı : 613 ton
4 kafes ayak ağırlık : 328 ton
Kafes ayak uzunluk : 17 m
Toplam uzunluk : 38 m
Saklama alanı : 1302 m^2

40 m derinlik için için;
Kafes kule ağırlığı : 684 ton
4 kafes ayak ağırlık : 388 ton
Kafes ayak uzunluk : 23 m
Toplam uzunluk : 58 m
Saklama alanı : 1674 m^2

Şekil 9.4. Limandaki rıhtımda kafes temel depolanması.

Ağırlık (Gravity) Temel
Ağırlık temel dizaynı derin olmayan sularda kullanılmaktadır. Boyutun büyük olması sebebi ile limanda üretilerek montaj için DRES proje sahasına taşınmaktadır. 6 MW için özellikler verilmiştir.
Ballast hariç ağırlık : 5970 ton

Çap : 39 m
Kaplama alanı : 1260 m^2

Bu temel tasarımı sığ sularda kullanılan bir dizayndır, kayalık yapıdaki deniz tabanı için de kullanılabilir. Limanda üretimde dikkat edilmesi gereken en önemli husus ağırlık temel dizaynının diğer temel dizayn çözümlerinden daha ağır tonaj sahip olmasından dolayı rıhtımın kaldırma kapasitesidir. Avrupa'daki uygulamalarda rıhtımlara güçlendirme yapıldığı görülmüştür. Aşağıdaki Şekil ile Belçika'daki Thornton Bank projesine DRES projesi için üretilen ağırlık temellerin bulunduğu liman görülmektedir. Bu limanda rıhtımın taşıma kapasitesi 6 ton/m^2 dir.

Şekil 9.5. Thornton Bank DRES limanda temel üretimi.

9.3 Denizüstü RES Şalt Sahası

DRT temelleri gibi, denizüstü şalt sahası ve platformunun üretimi yakındaki bir limanda düşünülebilir. Bu yapı, tek bir ünite şeklinde üretilip nakliyesi yapılmaktadır. Şekilde Hollanda Zwijndrecht limanında bulunan denizüstü şalt sahası üretimi tesisi görülmektedir.

Şekil 9.6. Hollanda Zwijndrecht limanında bulunan denizüstü şalt sahası üretim tesisi.

Şalt sahası, DRES içindeki elektromekanik ekipmanlardan tek parça olarak en ağır kısmıdır. Ağırlığı 2500 – 4000 ton arasında değişmektedir. Bu yüzden gerek nakliyesi ve gerekse de montajı en önemli sistemlerdendir. Şalt sahasının alt taban kısmı crawler vinç ile taşınabilmektedir. Proje kapasitesine göre bazen birden fazla şalt sahası da yapılabilmektedir. Şalt sahasının limanda üretilebilmesi için kafes temelli limanlardaki kriterlere ihtiyaç duyulmaktadır. Limanın tonaj kaldırma kapasitesi oldukça önemlidir. Gemi erişim kanalı 75 m, rıhtım su derinliği 6 m ve rıhtım kaldırma kapasitesi 20 ton/m^2 olmalıdır.

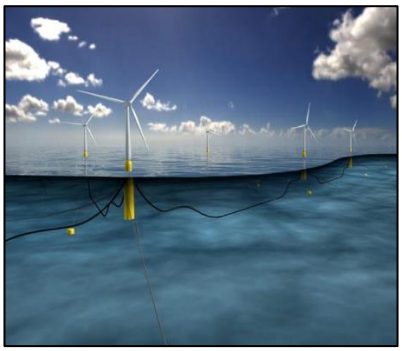
Şekil 9.7. DRES şalt sahası alt taban ve tepe kısmı.

9.4 Denizüstü RES Kablo Üretimi

Denizüstü RES projelerinde 2 ana elektrik kablaj sistemi bulunmaktadır.

Saha İçi Elektrik Kabloları (Inter Array Cabling)

DRES proje sahasında türbinler arasındaki elektrik kablaj hattı (inter array cables), enerji nakil hattından daha hafiftir. Bu kablonun ağırlığı deniz derinliğine göre değişim göstermekle birlikte 20-40 kg/m dir. Bu kablolar, limanda muhafaza edilmektedir ve bu kabloların montajı için de özel amaçlı gemiler bulunmaktadır.



Şekil 9.8. DRT'ler arası kablo.

Şekil ile DRES için kullanılacak kablonun limanda muhafaza halinde görülmektedir.

Şekil 9.9. DRES saha içi kablo.

DRES Şalt Sahası – Kara Arası Kablo (ENH)

Denizaltı enerji nakil hattı (ENH) olan bu kablo (export cable) DRES şalt sajası ile kara arasındaki yüksek gerilim hattıdır. Deniz derinliğine göre ağırlığı 70-100 kg/m arasında değişmektedir. Özel gemiler yardımı ile 6 m/dk hızda denizaltına döşenebilmektedir. Hava ve deniz koşullarına bağlı olarak günde 2000 m denizaltı kablo döşenebilmektedir. Genellikle 1 hafta içerisinde denizüstü şalt sahası ile kara arasındaki kablolama işlemi bitirilebilmektedir. Kablo serme gemisi (cable laying vessel), olarak adlandırılan bu gemiler Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıdaki Şekil ile İsveç'te limanda kablo üreten bir tesis görülmektedir. Yaklaşık 7 dönüm üzerine kurulmuştur.

Şekil 9.10. Limanda Denizüstü RES ENH kablo üretim tesisi.

Kablo serme gemilerinin boyu 130 m lere ulaşabilmektedir. Gerekli liman koşulları 100 m den büyük rıhtım boyu, en az 5 m deniz derinliği ve liman erişim kanalının 25 m den büyük olması gereklidir.

9.5 Ülkemizde Karaüstü RES Elektromekanik Ekipman Üretimi

Ülkemizde ilk rüzgar türbin santrali 1998 yılında Çeşme Germiyan'da ve bir Demirer Holding iştiraki olarak devreye alınmıştır. Devreye alınan ilk santrallerin ardından 1999 yılında, türbin servis ve montaj hizmetlerini üstlenmek için ilk servis şirketi olan Enercon Servis şirketi kurulmuştur. Türkiye'deki ilk aksam üretimi ise, 2002 yılında yine Enercon tarafından kanat üretimi ile başlamıştır.

2005 yılında enerji konusunda çıkan ilk Kanunu takiben daha sonraki yıllarda yapılan yasal düzenlemelerin de olumlu etkisiyle, 2020 yılı sonu itibariyle 9.305 MW kurulu güce ulaşılmıştır. Öte yandan, YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) yönetmeliği ve YEKA ihaleleri şartlarının gereği Türkiye'deki aksam üreticisi sayısı artmış olup, Türkiye 2020 yılında Avrupa'nın en büyük 5. aksam üreticisi olmuştur. Türkiye'deki önemli aksam üreticileri aşağıdaki gibidir:

Rüzgar Türbini Kanat Üreticileri:

İzmir'de yer alan 4 rüzgar türbini kanat fabrikasında, uzunluğu 80 metreye varan kanatların üretimi yapılmaktadır.

1. ENERCON: 2002 yılında Ege Serbest Bölge'de üretim faaliyetlerine başlayan Alman şirket, Türkiye'de ilk yerli rüzgar türbini kanadını üretmiştir.
2. TPI: 2012 yılında İzmir Sasalı'da ilk üretim tesisini devreye alan Amerikan şirket, ikinci üretim tesisini 2017 yılında İzmir Serbest Bölge'de devreye almıştır.
3. LM Wind Power: GE Yenilenebilir Enerji bünyesinde bulunan şirket 2017 yılından itibaren İzmir Bergama Organize Sanayi Bölgesinde üretim yapmaktadır.

Kanat üreticilerinin İzmir Bölgesinde yoğunlaşmasına istinaden, hammadde tedarik zinciri de Metyx, JSB, Saertex gibi firmalar sayesinde yine İzmir bölgesinde yoğunlaşmıştır. Çin'li Hengshi firması da Tekirdağ'da cam kumaşı üretimi tesisini yakın zamanda devreye almıştır.

Kule Üreticileri

1. ATEŞ ÇELİK: İzmir Bergama'da bulunan Üretim tesisi 2011 yılında kurulmuştur.
2. CS Wind: Aliağa Organize Sanayi Bölgesinde Ege Kule ünvanı ile üretime başlayan tesis 2018 yılında Güney Kore firması CS Wind tarafından satın alınmıştır.
3. WEC Kule: ENERCON bünyesinde bulunan şirket 2009 yılından itibaren beton kule üretimi yapmaktadır.
4. TEMSAN: 1972 yılından itibaren farklı sektörlere hizmet veren fşrma 2013 yılı itibariyle kule ve kule temel ankraj kafes imalatı ile yenilenebilir enerji sektöründe de hizmet vermektedir.
5. ÇİMTAŞ: Gemlik Bursa'da bulunan firma, Rüzgar türbini imalatıyla birlikte farklı sektörlere hizmet vermektedir. Türkiye'de ilk çelik rüzgar türbini kulesini üreten firmadır.
6. GESBEY: Beyçelik Holding ve İspanyol Gestamp Wind Steel ortaklığı ile 2010 yılında kurulan Gesbey, rüzgar türbini kule üretimi alanında Bandırma Organize Sanayi Bölgesinde üretim yapmaktadır.
7. ÇİLTUĞ: 1971 yılından itibaren makine ağır sanayi sektöründe faaliyet gösteren firma, rüzgar türbini çelik kulesi başta olmak üzere farklı aksamlar için parça üretim yapmaktadır.

Jeneratör

Ateş Çelik 2018 yılı itibariyle Enercon türbinleri için jeneratör üretimi yapmaktadır. Sadece rüzgar türbin jeneratörü yapan tek firmadır. Bunun dışında Nordex ve Vestas firmaları da jeneratör üretimlerini ülkemizde yaptırmaktadırlar.

Dişli Kutusu Üreticileri

Tibet Makina ve Dirinler Makina gibi İzmir'de yerleşik firmalar, dişli kutusu döküm gövdesi, türbindeki özel dişli çarkların üretimlerini yapmaktadırlar.

Temel Ankrajları ve Civata

Tarsus merkezli Berdan civata firması bu konuda sektörü domine etmektedir. İzmir'de Japon Hamax ile Ateş Çelik ortaklığında kurulan Hamax Europe firması da rüzgar tüğrbinleri için civata ve somun üretimi için yatırım yapmıştır. Ayrıca, asansör, bağlantı elemanları platform vb. ekipman ve malzemeler için de üretim yapan birçok yerli firma bulunmaktadır. Bu firmalardan bazıları ABP TDS, Resolux, GENBA'dır.

Ülkemizde RES ekipman ile ilgili olarak karasal rüzgar türbinlerinde ciddi bir ilerleme kaydettiği söylenebilir. Özellikle İzmir ve civarında Türkiye'nin RES üssü olmasının yanı sıra dünyanın önemli rüzgar türbini üreticilerine ev sahipliği yapmaktadır. Sektörün önemli oyuncularından Alman Enercon ve ABD'li TPI Composites ile LM Windpower firmalarının İzmir'de kanat üretim tesisleri bulunmaktadır. Enercon Türkiye, 2002 yılında Ege Serbest Bölgesinde üretim faaliyetine başlamıştır. Ege Serbest Bölgesi'ndeki fabrika Türkiye'deki ilk rüzgar türbin kanadını üretmiştir. Halihazırda 32.000 m^2 açık alan ve 12.000 m^2 kapalı alanı olan üretim tesisinde 600'den fazla personel çalışmaktadır. Dünyanın en büyük kompozit kanat üreticilerinden biri olan Amerikan TPI Composites ise 2012 yılının Mart ayından itibaren İzmir'deki 275.000 m^2 alanda, rüzgar türbinlerinde kullanılan kompozit kanatların üretimine başlamıştır. Halihazırda ülkemiz; transformatör, jeneratör, iç elektrik bağlantıları ve şalt sahası ile ilgili elektromekanik ekipmanlar, kontrol, sistem koruma ve güvenlik sistemleri gibi rüzgâr santrali sistem bileşenleri ve bağlantı eleman ve ekipmanları üretimi konusunda ürün sağlayabilecek 1000'in üzerinde firma ile gerekli olan endüstriyel kabiliyete sahiptir. Rüzgar imalatında gerekli hammaddelerden olan metal üretimi, çelik, demir-döküm, yumuşak dökme demir, bakır, alüminyum, karbon fiber ve polikarbon ve benzeri materyaller Ülkemizden rahatlıkla temin edilebilir.

Ülkelerin 2030, 2040, 2050 yeninebilir enerji hedeflerine bakıldığında DRES hedeflerinin ön plana çıkarıldığı görülmektedir. Dünyada 2022 yılı içerisinde 9 GW işletmeye geçmiştir; 2023 yılında bu kapasitenin üzerine çıkılacaktır. Dünyadaki yüksek hızda seyredecek olan bu süreç için yeterli tedarik zincirinin olup olmadığı sorusu akıllara gelmektedir. GWEC raporuna göre, 2023 yılında yıllık 163 GW nacelle üretim kapasitesi bulunmaktadır. Tablo ile denizüstü RT için nacelle üreten ve kurulması planlanan üretim tesislerinin ülkelere göre dağılımı verilmiştir.

İlk bakışta tedarik zinciri kapasitesi yeterli gibi görünse de, bölgesel bazı engellerin olduğu göze çarpmaktadır. Karaüstü RES projelerine kıyasla DRES sanayi sektörü belirli bölgelerde yoğunlaşıp görülmektedir. DRES projelerinin kurulu gücünün %99'u Avrupa ve Asya'da olduğu hatırlanmalıdır. Tablodan da görüldüğü gibi 2023 yılı itibarı ile dünyada 30 adet nacelle üretim tesisi bulunmakta ve önümüzdeki yıllarda 25 adet yeni kurulacağı duyuran ile beraber 55 adede çıkacaktır. Çin'de 21 adet DRT nacelle üretim tesisi, Avrupa'da, kalanı ise diğer Asya-Pasifik ülkelerine aittir. ABD'de henüz nacelle üretim tesisi bulunmamaktadır ancak 2023 yılı içerisinde kurulması planlanmaktadır.

Tablo 9.1. DRT nacelle üretim tesisleri.

	Çin	**Avrupa**	**Hindistan**	**ABD**	**Aspa-Pasifik**	**Afrika**	**Toplam**
DRT Nacelle Üretim	21	5	0	0	4	0	30
Kurulacağı Duyurulan	47	1	0	3	4		55

BÖLÜM 10: DENİZÜSTÜ RES DEMONTAJI

Önümüzdeki yıllarda Denizüstü RES kapasitesinin artacağı hedeflenmektedir. Bunun anlamı, açık denizlerde rüzgar türbinlerinin artmasıdır. Denizüstü rüzgar türbinlerinin ekonomik ömrü bittiğinde bu türbinler ne olacaktır? Bu sorunun elbetteki yanıtı, türbinlerin demontajı yapılarak geri dönüşüme verilmesidir.
Denizüstü rüzgar türbinlerinin kompozisyonuna bakıldığında yaklaşık 25000 parçadan oluştuğu görülmektedir (Decom Tools, 2022). Denizüstü rüzgar türbinleri 3 ana parçaya ayrılabilir;

a. Temel ve geçiş parçası (transition piece); toplam ağırlığın yaklaşık %75'i,
b. Rüzgar türbini (kule, nasel ve kanatlar); toplam ağırlığın yaklaşık %23'ü,
c. Kablolar; toplam ağırlığın yaklaşık %2'si.

İlk denizüstü RES projelerinin yapıldığı Kuzey Denizinde yapılan demontaj faaliyetleri aşağıdaki Tablo ile verilmiştir.

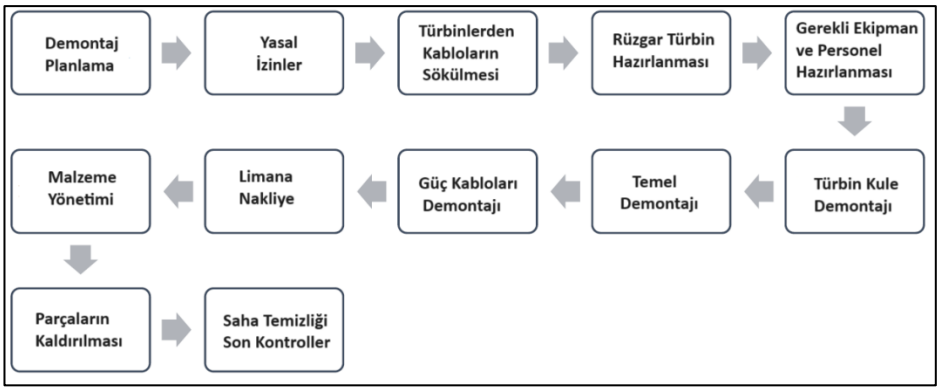
Tablo 10.1. Demontaj yapılan Denizüstü RES'ler.

Türbin/DRES	Ülke	DRT Sayı ve Gücü	Devreye Alma	Demontaj Tarihi
Nogersund/Blekinge/Svante	İsveç	1x220kW	1991	2007
Yttre Stengrund	İsveç	5x2 MW	2001	2015
Robin Rigg (2 of 60)	İngiltere	2x3 MW	2010	2015
WindFloat	Portekiz	1x2 MW	2011	2016
Hooksiel	Almanya	1x5 MW	2008	2016
Lely	Hollanda	4x500 kW	1994	2016
Vindeby	Danimarka	11x450 kW	1991	2017

Dünyadaki ilk Denizüstü RES olan Vindeby projesine ait demontaj çalışması aşağıda görülmektedir. Toplamda 11 adet 450 kW türbin demloontajı yapılmıştır.

Şekil 10.1. Vindeby denizüstü rüzgar türbin demontajı.

Gjødvad ve Ibsen (2016), yaptıkları çalışmada Denizüstü RTlerin demontajını 12 aşamaya ayırmıştır.



Şekil 10.2. Denizüstü RES demontaj planlaması (Gjødvad ve Ibsen, 2016).

Avrupa'da 2035 yılında kadar 3.5 GW Denizüstü RES kapasitesinin demontajının yapılması gerekmektedir. Toplamda 600 adet Denizüstü RT'nin demontajının şimdiden planlanması yapılmaktadır (Spyroudi, 2021).

Aşağıda verilen hususlar Denizüstü RT demontaj süresinde belirleyici olacaktır.

Denizüstü DRT sayısı: Aynı zamanlarda fazla sayıda Denizüstü RT demontajının yapılması.

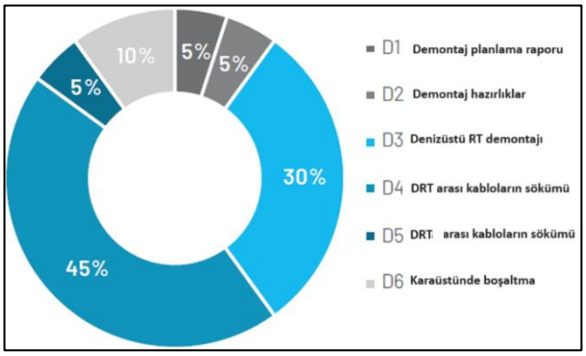
Tecrübe eksikliği: Yukarıdaki tablodan da açıkça görüleceği gibi az miktarda Denizüstü RT demontajı yapılmıştır.

Demontaj sürecindeki belirsizlikler: Demontaj süreci açık ve net bir şekilde henüz tanımlanmamıştır.

Özel amaçlı gemilerin gerekliliği: Demontaj faaliyetleri için özel yapım gemiler gereklidir.

Denizüstü RES demontajında 3 ana sistem bulunur. Bunlar Denizüstü RT, denizaltı kablo ve şalt sahasıdır.

Demontaj sürecinde liman konumu ve özellikleri oldukça önemlidir. Demontaj sürecine ait maliyet dağılımı aşağıda verilmiştir. Buradaki maliyet dağılımının tek kazıklı (monopile) temel için olduğunu belirtmek gereklidir.



Şekil 10.3. Demontaj maliyet dağılımı (Kaynak: Smart Port, 2022).

BÖLÜM 11: DENİZÜSTÜ RES PROJELERİNİN ÜLKEMİZE KATKISI

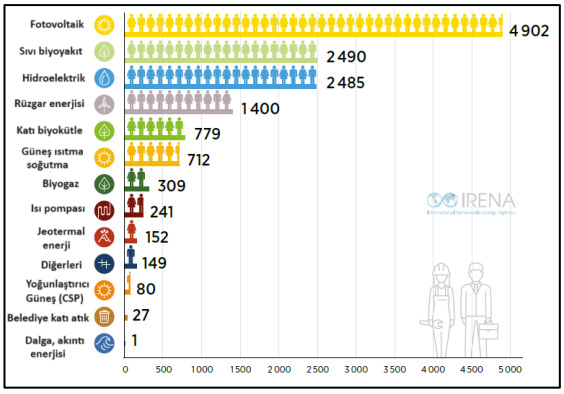
Günümüz dünyasında işsizlik en önemli ekonomik sorundur. Çoğu ekonomide bu sorunun çözümü için büyük çaba harcanmaktadır. DRES proje gelişimi, tasarımdan üretime bir çok farklı süreci içerisinde barındırmakta ve çeşitli sektörler ile etkileşim halinde olmaktadır.

11.1 İstihdama Katkısı

Denizüstü RES projeleri, ana sektörler olarak, enerji, denizcilik, liman, tersanenin yanında 40'a yakın sektörü doğrudan veya dolaylı olarak ilgilendirmektedir.

IRENA Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023 raporuna göre 2022 yılı sonu itibarı ile dünyada 13.7 milyon kişi yenilenebilir enerji sektöründe doğrudan istihdam edilmektedir. Bu rakamın içerisinde fotovoltaik enerji 4.9 milyon ile ilk sırayı almaktadır; 2.5 milyon kişi ile sıvı biyoyakıt ve hidroelektrik onu izlemektedir. Rüzgar enerjisi sektöründe ise 1.4 milyon kişi çalışmaktadır.

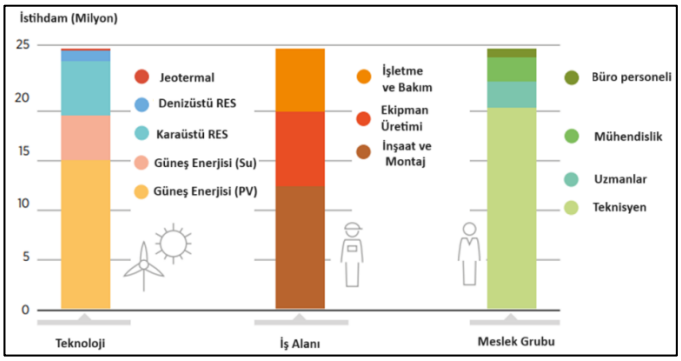
Rüzgar enerjisi sektöründeki doğrudan istihdamın yarıya yakını (%48'i) Çin'de bulunmaktadır. Kıtasal dağılıma bakıldığında Asya %55, Avrupa %29, Amerika %16, Afrika %0.7 olarak sıralanmaktadır.



Şekil 11.1. 2022 yılı sonu itibarı ile yenilenebilir enerji sektörü istihdamı x 1000 (Kaynak: IRENA).

IRENA 2023 raporuna göre, ortalama olarak bakıldığında 1 GW karaüstü RES projesi için; proje geliştirme, üretim, inşaat ve montaj süreçlerini kapsayan 5 yıllık dönem için doğrudan ve dolaylı 130 000 istihdam; 25 yıllık işletme ve bakım dönemi için ise doğrudan ve dolaylı 12 000 kişilik istihdam gerekmektedir. Denizüstü RES projelerinin kompleksliği, denizci, gemilerin müdahiliyeti dikkate alındığında bu rakam çok daha yukarılara çıkmaktadır.

IRENA 2050 yılı tahminlerine göre denizüstü RES projelerinden sağlanacak olan istihdama ait bilgiler aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 11.2. IRENA 2050 yılı istihdam projeksiyonu.

GWEC Global Wind Workforce Outlook 2023-2027 raporuna göre, 2027 yılında 600 000 yetişmiş teknisyen elemana ihtiyaç duyulmaktadır.

IRENA tahminlerine göre, dünya DRES kurulu gücünün 2030 yılına kadar en az 380 GW; 2050 yılına kadar ise 2 TW'ı aşması gerekmektedir.

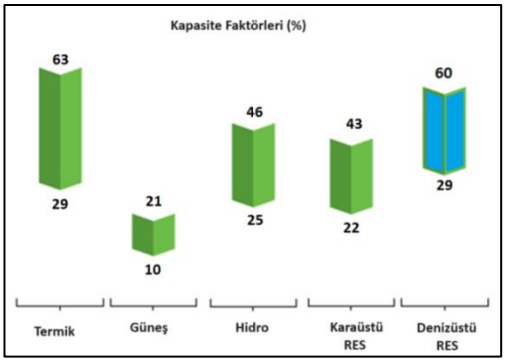
11.2 İklim Değişimi İle Mücadeleye Katkısı

İklim değişimi bütün planlamalarda yerini alması ve farkındalığın en üst seviyede olması gereken küresel bir durumdur. Her sektör planlamasını yaparken Paris Anlaşması ile vücut bulan 2050 yılında küresel sıcaklık artışının 1.5 ºC sınırlandırması gerektiğini göz önüne almalıdır. Net sıfır emisyon hedeflerine ulaşmada enerji sektörü kilit rol oynamaktadır. International Energy Agency (IEA) Net Zero by 2050 raporuna göre, hükümetler enerji sektör planlamalarını yaparken iklim değişimi ile mücadeleyi ön planda tutmaları gerekmektedir.

Denizüstü RES projeleri, iklim değişimi ile mücadelede kullanılabilecek en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır. Baz yük olarak değerlendirilebilecek yenilenebilir enerji kaynağıdır.

11.3 Baz Yük Olarak Kullanılması

DRES projeleri kapasite faktörleri %30-%60 arasında değişmektedir. Özellikle Kuzey ve Baltık Denizlerinde %60 kapasite faktörü değerleri görülmektedir. Bu hali ile kömür, doğalgaz termik santrallarla neredeyse eşit durumdadır. Elektrik üretim sisteminde baz yük olarak değerlendirilebilir.



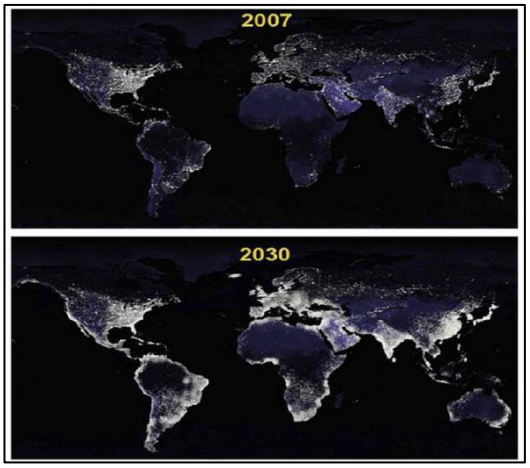
Şekil 11.3. Enerji kaynaklarına göre kapasite faktörü.

11.4 İletim Şebekesinin Güçlendirilmesine Katkısı

Denizüstü RES projeleri yüksek gerilim veya ekstra yüksek gerilim seviyesi üzerinde bağlandığından dolayı bulunduğu bölgedeki elektrik şebekesinin sistem stabilitesini artırmaktadır.

11.5 Büyük ve Önemli Şehirlerin Elektrifikasyonuna Katkısı

Yüksek elektrik tüketimine sahip büyük ve önemli şehirlerin hepsinin denize kıyısı vardır. Bu durum ülkemiz için de geçerlidir. Bu bölgelerin elektrifikasyonu için Denizüstü RES yapılmalıdır.



Şekil 11.4. Şehir elektrifikasyonu.

11.6 Enerji Kaynak Çeşitliliğine Katkısı

Denizüstü RES projeleri, enerji arz güvenliğine yenilebilir bir kaynak olarak katılarak yerli ve milli enerji kaynak çeşitliliğini artıracaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünyada enerji gereksiniminin karşılanmasında önemli bir kaynak olarak görülmektedir. Ülkemizin gelişimi ve geleceği açısından yaşamsal bir öneme sahip olan enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi önem arz etmektedir.

11.7 Denizcilik Sektörüne Katkısı

Gelişmiş ülkelerin ortak özelliği denizci kimliklerinin etkin olmasıdır. Dünyanın %71'i denizlerle kaplıdır ve tüm ülkelerin kombine ulaşımla bağlantısını temin eden en önemli unsurdur. Uluslararası ticari taşımacılıkta en büyük paya sahip olan sektördür ve ticari faaliyetler giderek daha fazla denizlere bağımlı hale gelmektedir. Ülkemizde DRES projeleri ile denizcilik sektörü yeni bir dinamik proje alanı gelecektir. Bu know-how civar ülkelerine ihraç edilebilecektir. DRES taşınması, yerleştirilmesi, bakımı, kablo döşenmesi, taş bırakılması ve gerekli araştırmaların yapılması gibi işler için özel gemiler gerekmektedir. Söz konusu gemiler işletmesi zor, pahalı ve çok az bulunan deniz araçlarıdır. Türk denizcilik sektörünün yüksek katma değerli işler yapan bu tip gemilere sahip olması ve onları dünyanın her yerinde çalıştırabiliyor olması armatör, tersane, gemi personeli, teknik personel, akademik kurumlar vb gibi bir çok sektörün gelişmesine sebep olacaktır.

11.8 Limanlarımızın Gelişimine Katkısı

DRES projelerinde limanların durumu kilit faktörlerdendir. Bütün DRT ekipmanları limanlar üzerinden proje sahasına transfer edilmektedir. WindEurope 2023 raporuna göre, Avrupa'daki DRES projelerinin gelişimi için 2030 yılına kadar 6.5 milyar EURO limanlara yatırım yapılması gereklidir. Bu yatırımın sadece 5 yılda kendini geri ödeyeceği hesaplanmıştır.

DRES projeleri, ülkemizdeki limanlara limanda ekipman üretim kavramını getirecektir. Avrupa Ülkelerinde DRES ekipmanlarından olan kanat, kule, kablo, şalt sahası gibi ana ekipmanlar limanda üretilmektedir. Limanların transfer araçları, yükleme/boşaltma ekipmanları, binalar ve rıhtımda düzenlemeler ile yeni bir çehreye de kavuşacaktır. Aşağıdaki şekilde WindEurope raporuna göre işletmede olan ve planlanan DRES limanları görülmektedir.

Şekil 11.5. Avrupa ülkeleri DRES limanları (Kaynak WindEurope).

11.9 Tersanelerimizin Gelişimine Katkısı

Gemi inşa ve bakım-onarım sektörü diğer sektörlerle etkileşimi yüksek, büyük miktarlarda döviz girdisi ve istihdam olanakları sağlayan, ticaretin artmasına yardımcı olan stratejik bir endüstridir. Tersaneler bu endüstrinin en önemli parçasıdır. Akdeniz bölgesi uzun kıyı şeridine sahip olması ve

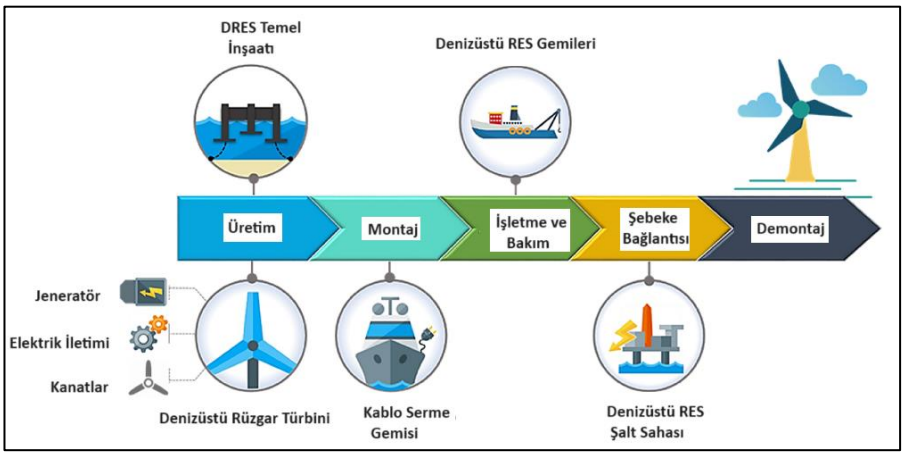
ticari koridorlara yakınlığı nedeniyle uzmanlar tarafından ilave yeni tersane yatırımları yapılması gerektiği düşünülen potansiyeli yüksek bölgelerimizden birisidir. Gemi İnşa Sanayi, desteklendiği ve geliştirildiği bütün ülkelerde önemli bir istihdam potansiyeli yaratan emek yoğun bir sektördür. Ülke endüstrilerinde Gemi İnşa Sanayi;

a. Döviz girdisi sağlayan,
b. Yabancı sermayeyi davet eden,
c. Beraberinde yan sanayi sürükleyen ve gelişmesini sağlayan,
d. Teknoloji transferini cezbeden,
e. Ülke savunmasına hizmeti nedeniyle "Stratejik Önem" taşıyan,
f. Deniz ticaret filosunu destekleyen,
g. Yan sanayi ile birlikte 1'e 7 oranında istihdam yaratan,

bir ağır sanayi koludur.

DRES projeleri ile Gemi İnşa Sanayiinde yeni istihdam alanları oluşacak ve ülkemize döviz girdisi de sağlanabilecektir.

11.10 Deniz İnşaat Sektörümüzün Gelişimine Katkısı
Son yıllarda deniz inşaat sektöründe önemli ilerleme kaydeden ülkemizdeki deniz inşaat sektörü, Denizüstü RES projeleri ile birlikte ağır sanayi yapılarının denize montajı konusunda ciddi bir tecrübe kazanacaktır.



Şekil 11.6. DRES üretim, inşaat ve montaj ve demontaj süreci.

11.11 Elektromekanik Tedarik Zincirine Katkısı
Karaüstü RES sektörü sanayisi ülkemizde oldukça gelişmiş bir durumdadır. Aynı başarı hikayesi Denizüstü RES sektörü için de yazılabilir. Ülkemizden bir çok dünya ülkesine kule, kanat, vb gibi karaüstü rüzgar türbinlerinin ana ekipmanları ihracatı yapılarak hem ülkemize döviz girdisi sağlanmakta hem de yerli istihdam yaratılmaktadır.

11.12 Gemi Üretim Tedarik Zincirine Katkısı
Gemi üretimi Denizüstü RES projelerinde denizüstü RT kadar önem arz etmektedir. DRES projelerinde kullanılan gemiler ileri teknoloji gemilerdir. Bunların üretimi ve ihracı, ülkemize önemli ölçüde döviz girdisi sağlayacaktır.

11.13 Yeşil Hidrojen Üretimi, İletimi Sürecine Katkısı
Günümüzde gübre, demir çelik ve petro kimya gibi bir çok endüstride hidrojen kullanılmaktadır. Bu tip ürünlerde hidrojen halen doğal gaz veya kömürden üretilmektedir. Karbon salınımın azaltılması maksadıyla dünyada bu sektörler üzerinde yeşil kaynaklardan üretilmesi yönünde bir baskı mevcuttur. Bu sebeple yeşil hidrojen üretilmesi, depolanması ve iletimi için alt yapı oluşturulmalıdır.

Yeşil Hidrojenin diğer bir kullanım alanı da bundan yeşil metanol ve amonyak üretilerek ulaşım araçlarında kullanılmasıdır. Dünya Denizcilik Örgütü (IMO – International Maritime Organization) 2050 yılında denizcilik sektöründe sıfır karbon salınımı öngörmüştür. Alternatif yakıt olarak söz konusu yeşil metanol ve amonyak en muhtemel seçenekler olarak görülmektedir. Dünyanın enerji

devleri bu konularda üretim, depolama ve satış ağı için büyük yatırımlar yapmaktadır. Türkiye de hem kendi deniz ulaştırmasında yerli ve milli yeşil hidrojenin kullanılması ve dünyanın en stratejik boğazlarından olan Türk Boğazlarında bunların satış altyapıların oluşturulması gerekmektedir.

Türkiye hidrokarbon üretim ve tüketiminde olduğu gibi, yeşil elektrik çevriminde de üreticiler ve tüketiciler arasında bir köprü konumundadır. Gelecekte Hazar, Karadeniz ve Ortadoğu'da üretilecek olan yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin Türkiye'ye getirilerek yeşil hidrojen, amonyak ve metanol üretimi ile Türkiye'nin yeni bir gelir kapısını açması ve küresel bir enerji gücü olması mümkündür. Bu durum hem ekonomik hem de siyasi olarak Türkiye için çok faydalı olacaktır.

Yenilebilir enerjinin belli zamanlarda olması (güneş ve rüzgar gibi) bu kaynakların en büyük handikapıdır. Rüzgarların çok kuvvetli estiği zamanlar, güneş enerjisinin çok üretim yaptığı anlar, barajlarda ilkbahar döneminde aşırı su birikmesi gibi zamanlarda ise aşırı üretim yapılarak iletim altyası zarar görebilmekte veya kullanımın üstünde elektrik üretilmektedir. Bu iki istenmeyen durumun giderilmesi ve elektriğin bol ve ucuz olduğu zamanlarda hidrojen üretilerek enerjinin depolanması ve ihtiyaç anında kullanılması mümkündür. Enerji aç bir ülke olan Türkiye, yeşil kaynaklardan enerji üretmeli, bu enerji fazla olduğunda bunnu hidroliz ile hidrojene dönüştürerek kendi enerji güvenlik ve yeterliliğini sağlamalıdır.

Şekil 11.7. Denizüstü RES ve hidrojen üretimi.

Hidrojen, elektroliz yoluyla kolayca üretilebilen ve elektrikli ulaşımdan doğal gaz şebekesine karıştırılmaya veya yakıt rafinasyonu ve gübre üretimine kadar çeşitli potansiyel uygulamalara sahip bir gazdır. 2022 yılında global hidrojen tüketimi 100 Milyon Ton/yıl değerine ulaşmıştır. Ancak bu hidrojen büyük oranda fosil yakıtlardan üretilmekte ve üretim prosesi büyük miktarda CO2 yaymaktadır. Ancak son yıllarda elektroliz ve yenilenebilir enerji üretiminde önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve makul bir fiyat noktasında yeşil hidrojen üretimi mümkün hale gelmiştir. Mevcut global hidrojen tüketiminin yeşil hidrojen ile ikame edilmesi karbon salımını önemli oranda azaltacaktır.

İmzalanan uluslararası anlaşmalarla karbon emisyonlarının azaltılması ve fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması yönündeki artan baskılar ile yeşil hidrojene olan talebi hızla arttırmaktadır. Dünyada, özellikle Avrupa'daki birçok ülkenin iddialı karbon azaltma hedeflerinde hidrojen önemli rol üstlenmektedir. Elektrik arzının fosil yakıt bazlı enerji santrallerinden yenilenebilir üretime dönüştürülmesi iyi bir şekilde ilerliyor olmasına rağmen, elektrifikasyon ile ısıtma, ulaşım ve sanayinin karbonsuzlaştırılmasının oldukça zor olacağı anlaşılmıştır. Hidrojen bu sektörleri karbonsuzlaştırmak için potansiyel bir çözüm olarak görülmektedir. Bu nedenle yeşil hidrojene olan talebin önümüzdeki yıllarda da artması beklenmektedir. Bu talebi karşılayacak şekilde destekleyici politikaların yardımıyla, yeşil hidrojen üretim yatırımlarını arttırmak ve sağlanacak teşvikler ile yeşil hidrojeni daha rekabetçi yapmak mümkündür. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen yeşil elektrik miktarını arttırmak ve ucuzlatmak yeşil hidrojen ekonomisinin sağlıklı şekilde işletilebilmesi için oldukça önelidir.

Ülkemizin güçlü açık deniz rüzgâr kaynaklarının kullanılması hidrojen üretiminde önemli bir rol oynayacaktır. DRES aşağıdaki nedenlerden dolayı hidrojen üretimi için özellikle uygundur:

- Sınırlı bağlantı noktaları, öngörülen şebeke kısıtları ve kıyıdan uzaklık nedeniyle, DRES projeleri hidrojen üretimi veya fazla kapasitenin hidrojene dönüştürülmesi için çok uygun olacaktır.
- Seviyelendirilmiş hidrojen maliyetini (LCOH) etkileyen önemli bir faktör, elektrolizörün kapasite kullanım faktörüdür; yani, elektrolizörün maksimum üretim kapasitesinin her yıl yüzde kaçına ulaşıldığıdır. Deniz üstü rüzgarı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha yüksek bir kapasite faktörüne sahip olduğundan elektrolizör daha uzun süre çalışır ve daha fazla hidrojeni daha ekonomik üretir.
- Ölçek ekonomileri LCOH'un azaltılmasında kilit rol oynamaktadır. Kara rüzgâr ve güneş enerjisi gibi diğer yenilenebilir teknolojilerle karşılaştırıldığında, Deniz Üstü Rüzgar Santralleri çok daha büyük kapasiteye sahiptir. Bu sayede tek bir DRES projesinde bile GW ölçeğinde büyük bir elektrolizör tesisi kurarak ölçek ekonomilerine ulaşabileceği anlamına gelmektedir. Ayrıca, birden fazla projeyi birbirine bağlama fırsatı, çok GW'lık açık deniz hidrojen üretim merkezlerini mümkün kılar.
- Rafineriler, metal endüstrisi, deniz taşımacılığı ve ihracat/ithalat tesisleri gibi yeşil hidrojenin nihai kullanım alanlarının çoğu kıyıda, potansiyel Denizüstü RESlerin yakınında yer almaktadır.

Açık deniz rüzgârı, açık deniz mühendisliğinde onlarca yıllık deneyime sahip olan ve artık işlerini fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçirmeye giderek daha fazla odaklanan birçok petrol ve gaz şirketi için doğal bir geçiş olarak görülmektedir. Hidrojen, bu şirketlere işlerini fosil yakıt üretimi ve ticaretinden benzer fiziksel özelliklere sahip yenilenebilir yakıt üretimi ve ticaretine dönüştürme fırsatı sunmaktadır. Bu büyük ve etkili enerji devlerinin çıkarları, Avrupa'nın hidrojene ve özellikle de deniz üstü rüzgarı ve hidrojen kombinasyonuna olan ilgisinin arkasındaki temel itici güçtür. Benzer şekilde desteklenecek DRES ve Hidrojen kombinasyonu ile bu şirketlerin ülkemize yatırım yapma olasılıkları artırılabilir.

Yakıt pilleri, elektrik üretmek için hidrojen kullanan ve yan ürünleri sadece su ve ısı olan cihazlardır. Son yıllarda yakıt hücreleri de önemli ilerlemeler kaydetmiştir; binek otomobiller, kamyonlar, otobüsler ve şebekeye bağlı yönetilebilir enerji santralleri gibi ticari uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Elektrik şebekelerinin hala fosil yakıtlara bağımlı olmasının nedenlerinden biri, güç üretimini düzenleme yeteneklerinden kaynaklanmaktadır. Rüzgar ve güneş enerjisi gibi tipik yenilenebilir enerji kaynakları kesintili olduğundan, güç çıkışları düzenlenemez (rezervuarlı hidroelektrik barajlar bir miktar esneklik sağlar, ancak sonuçta mevsimsel ya da dönemsel yağış miktarına bağlıdır). Hidrojen, yakıt hücrelerinin herhangi bir karbon emisyonu olmadan gerektiğinde güç üretebildiği bir Enerji depolama çözümü olarak hizmet edebilir ve yenilenebilir enerji santrallerinin güç çıkışlarını düzenlemede kullanılabilir.

Güç iletimi ve kara elektrik şebekesine entegrasyon için karmaşık teknolojik gereksinimler, deniz üstü rüzgar enerjisinin faydalarından yararlanmanın önünde engel olmamalıdır. Bu nedenle, güç dönüştürücü topolojileri ve açık denizden kıyıya güç iletim altyapısı gibi sofistike teknolojik gereksinimler göz ardı edilmemelidir. Diğer alternatifler arasında, deniz üstü rüzgar santrali elektrik enerjisinin doğrudan karaya gönderilebilecek bir kimyasal enerji taşıyıcısına dönüştürülmesi mutlaka değerlendirilmelidir. Bu strateji, açık deniz enerji gelişimi için embriyonik bir avantaj sağlamakta ve sıfır karbonlu bir topluma doğru enerji geçiş hedeflerini güçlendirmektedir. En önemli kimyasal enerji taşıyıcı adayı hidrojendir. Hidrojen, ağırlık olarak çevre dostu yakıtlara kıyasla en yüksek enerji içeriğine sahip temiz bir enerji taşıyıcısıdır ve bu nedenle açık deniz yenilenebilir elektriğinin büyük ölçekli dönüşümü için düşünülmelidir.

Doğrudan bir açık deniz rüzgar santraline bağlı elektrolizör sistemlerinden hidrojen üretmek, gerekli şebeke bağlantısının boyutunu azaltabilir veya buna olan ihtiyacı tamamen ortadan kaldırabilir. Hidrojen, deniz üstü rüzgarı için birincil enerji iletim yöntemi olarak elektriğin yerini almayacak olsa da, onu tamamlayabilir. Mevcut gaz altyapısının yeniden kullanılabilmesi, yeni enerji iletim altyapısıyla ilişkili planlama risklerini azaltabilir ve özel altyapıyı kullanan özel taraflar arasında hidrojen ticareti yapılabilmesi, elektrik şebekesinin yükseltilmesi için gereken maliyet ve zamanı hafifletebilir. Genel sonuç, daha hızlı enerji iletim kapasitesi olacak ve açık deniz rüzgarı için daha hızlı bir dağıtım oranı sağlayacaktır.

Hidrojenin çözebileceği bir diğer altyapı sorunu, deniz üstü rüzgar kaynağının iyi olduğu, ancak yeni üretim için iletim kapasitesinin düşük olduğu bölgelerde üretilebilmesi ve ihraç edilebilmesinde yatmaktadır. Hidrojen gaz fazında aktarılabileceği gibi Amonyak, Metanol, Dimetil Eter, Sentetik Doğalgaz gibi farklı formlara da çevrilerek alternatif taşıma yöntemleri ile kıyıya gönderilebilir. Sentetik doğalgaz üretilmesi mevcut denizaltı Doğalgaz boru hatlarının kullanımının önünü de açacaktır.

Önümüzdeki yıllarda Yenilenebilir enerji kaynaklarının (levelized cost of electricity-LCOE) seviyelendirilmiş enerji maliyetinin düşmesi beklenmektedir. Buna bağlı olarak da hükümetlerce sağlanan fiyat destek programlarının miktar ve değeri azaltacaktır. Fiyat desteğindeki bu azalma, deniz üstü rüzgar projeleri ile güneş enerjisi ve karadaki RESler gibi diğer yenilenebilir enerji projeleri arasındaki rekabetin artmasına neden olacaktır. Bu rekabet, devlet fiyat desteğine çok az sahip olan ya da hiç sahip olmayan deniz üstü rüzgar projelerini gündeme getirerek, DRES yatırımlarının azalması ya da hiç yapılmaması riskini doğurabilir. Bu risk yeşil hidrojen üretici ya da kullanıcıları ile bir PPA (özel elektrik satın alma anlaşmaları) yapılarak uzun vadeli elektrik satış fiyatlarını sabitlenerek ortadan kaldırılabilir. Alternatif olarak, deniz üstü rüzgar santrali yatırımcısı yeşil hidrojen üreterek elektriği ne zaman ve nereye satacağı konusunda esneklik kazanabilir ve her iki piyasadaki fiyat dalgalanmalarının olumsuz etkilerinden kurtulabilir.

Ülkemizde değerlendirilebilecek olan birkaç farklı deniz üstü rüzgar enerjisinden hidrojene geçiş (PtG) konsepti bulunmaktadır. Bu konseptler aşağıdaki kategorilere ayrılmıştır:

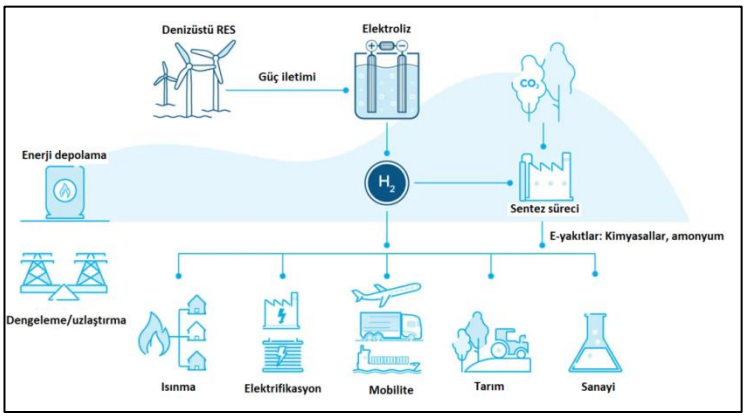
- **Doğrudan fiziksel bağlantı yoluyla karada hidrojen üretimi ile deniz üstü rüzgar santrali:** Bu konseptte, açık deniz rüzgar santrali tarafından üretilen güç kıyıda bir trafo merkezine ve ona bağlı elektrolizöre yüksek voltajlı iletim hattı ile taşınır. Bu konsept, elektrik şebekesine bir bağlantı da içerebilir. Hidrojen tesisinin olması DRES'nin şebeke bağlantısının boyutunu azaltabilir veya bu ihtiyacı ihtiyacını ortadan kaldırabilir. Bu sayede iyi rüzgar kaynağı ve hidrojen talebinin olduğu, ancak mevcut şebeke kapasitesinin yetersiz olduğu yerlerde deniz üstü rüzgar santralinin geliştirilmesine olanak tanır.
- **PPA aracılığıyla karada hidrojen üretimi ile deniz üstü rüzgar santrali:** Bu konsept, açık denizdeki bir rüzgar santralinin karadaki elektrik şebekesine bağlayan geleneksel bir elektrik iletim sistemi kullanır. Hidrojen, şebekeye bağlı bir elektrolizör kullanılarak karadaki başka bir yerde üretilir. Deniz üstü rüzgar santrali işletmecisi hidrojen üretim tesisi sahibi ile bir PPA anlaşması yapar. Bunun faydaları, hidrojen üretiminin kullanım noktasında yer alması ve hidrojen taşıma maliyetlerini azaltmasıdır. Şebeke bağlantısı, elektrolizörlerin şebeke dengeleme için kullanılmasını sağlayarak ek bir gelir akışı sağlar.
- **Açık denizde türbin üstü hidrojen üretimine sahip deniz üstü rüzgar santrali:** Bu konseptte, her bir açık deniz türbini entegre bir "türbin üstü" elektrolizör ile donatılmakta ve hidrojen denizde üretilmektedir. Türbin platformları deniz suyunu arıtmak için tuzdan arındırma teknolojileri ile donatılacak ve elektrolizörler elde edilen arıtılmış suyu hidrojen ve oksijene ayıracaktır. Hidrojen daha sonra boru hattı aracılığıyla kıyıya taşınır. Sistemin tasarımına bağlı olarak, taşıma için hidrojenin basıncını artırmak üzere bir veya daha fazla hidrojen sıkıştırma istasyonu gerekebilir. Türbin üstü hidrojen üretim sistemleri hem sabit temelli hem de yüzer temelli türbinler için geliştirilmektedir. Bu entegre türbin-elektrolizör (Hidrojen Türbini) tasarımı sayesinde maliyet tasarrufu sağlanabilir. Bu tasarım konseptinde, türbinlerin güç aktarma organları hidrojen üretimi için optimize edilerek daha yüksek verimlilik ve daha düşük Seviyelendirilmiş Hidrojen Maliyeti elde edilir. Buna ek olarak, hidrojenin boru hattıyla ihraç edilmesinin maliyeti, yüksek voltajlı iletim kablolarına göre kilometre başına daha azdır; uzun mesafelerde bu maliyet farkı, hidrojenin tercih edilen enerji taşıma aracı olmasına neden olabilir.
- **Açık deniz merkezi hidrojen üretimi ile deniz üstü rüzgar santrali:** Merkezi hidrojen üretim platformu konseptinde, her bir rüzgar türbini tarafından üretilen güç kablolar ile deniz üstü bir platforma taşınır (örn. Ada). Merkezi platformdaki elektrolizörler hidrojen üretir ve bu hidrojen daha sonra boru hattıyla kıyıya taşınır. Bu konsept, elektrik iletim kabloları ve kıyıdaki trafo merkezlerinin masraflarını ortadan kaldırarak maliyet tasarrufu sağlayacaktır. Özellikle kıyıdan uzaktaki rüzgar santralleri için uygun bir çözümdür çünkü hidrojen boru hattı maliyeti kilometre başına yüksek voltajlı iletim kablolarından daha düşüktür. Karadeniz'de bu platformlara H2S ayırma tesisleri akuple edilerek Hidrojen üretim kapasitesi

arttırılabilir. Ayrıca platformlar ileride gelişmesi beklenen yeşil deniz taşımacılığı konseptinde hidrojen ile çalışan deniz araçları için bir dolum istasyonuna da dönüştürülebilir.

Son iki konseptin değerlendirilmesinde üretilen hidrojenin denizaltında doğal yapılarda depolanması da dikkate alınmalıdır. DRES için yer seçimi sırasında bu doğal depolama kaynaklarının varlığının sorgulanması da faydalı olacaktır.

11.14 Power-to-X Sürecine Katkısı

Son yıllarda Avrupa ülkelerinde çalışılmaya başlanan diğer bir süreç ise, Power-to-X sürecidir. Hidrojenin sadece elektrik enerjisi için değil; aynı zamanda sanayi, ulaşım, tarım, merkezi ısınma gibi diğer süreçlerde de kullanılmasını hedefleyen Power-to-X süreci, Denizüstü RES ile birlikte düşünülmelidir. Civar bölgeler olan Karadeniz ve Hazar havzasındaki DRES yatırımlarında üretilecek yeşil elektriğin ülkemizden geçmesi, burada yeşil hidrojen ve amonyağa dönüştürülmesi, ve ülkemizin özellikle yeşil hidrojen ve amonyak konusunda küresel hub olması planlanmalıdır. Denizüstü RES projeleri planlanırken, yeşil hidrojen ve amonyum üretme, depolama ve nakletme altyapıları da kurulmalıdır.



Şekil 11.8. DRES, hidrojen ve Power-to-X süreci.

International Energy Agency (IEA) Sustainable Development Scenario ve IEA Net Zero Emissions Scenario raporlarına göre, 2035 yılına kadar 601-2319 milyar EURO arasında bir piyasa hacmi beklenmektedir.

11.15 Kıta Sahanlığı ve Münhasır Ekonomik Bölge Kullanımı

Kıta sahanlığı, bir kıyı ülkesinin deniz alanında süren doğal uzantısıdır. Kıta sahanlığı olgusu ilk kez 1945 yılında Truman bildirisi ile ortaya çıkmıştır. Bu bildiri ile Amerika Birleşik Devletleri Kıta sahanlığı dahilinde bulunan deniz altındaki ve üstündeki tüm kaynakların ABD ye ait olduğunu ilan etmiştir. Sonrasında kıta sahanlığı tanımı uluslararası alanda benimsenerek kural olarak kabul edilmiştir.

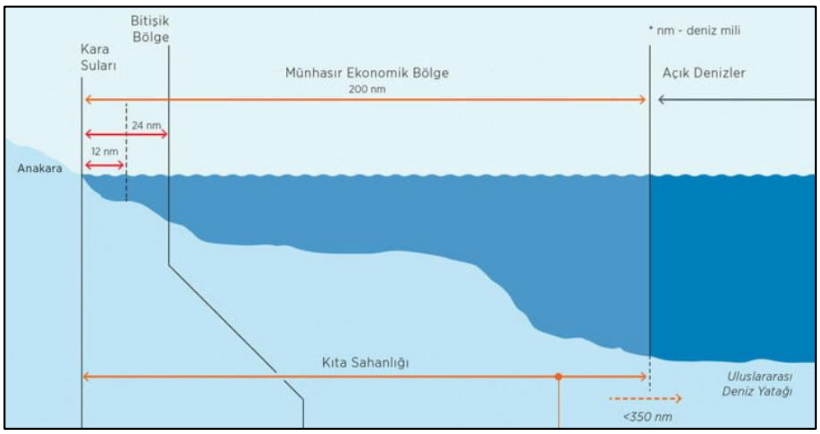
1982 Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi Kıta sahanlığını kıyı devletinin karasularının devamında kıta kenarının dış eşiği ile sınırlı, bu eşik belirtilenden az mesafede ise karasularının ölçülmeye başlandığı mesafeden itibaren 200 deniz mili mesafe olması şeklinde tanımlanmaktadır. Kıyı devleti, kara topraklarının doğal uzantısı olan bu bölgenin tümünde denizaltı alanlarının deniz yatağında ve toprak altlarında hak sahibidir. Mesafe 200 mile ulaşmadığı takdirde söz konusu ülkenin Kıta sahanlığı mesafesi 200 mile tamamlanır. Fakat bir kıyı ülkesinin kıta kenarı dış siniri 200 deniz mili sinirini aşması durumunda esas hatlardan itibaren 350 deniz mili limiti uygulanmaktadır.
Kıta sahanlığı hakkı ilan edilmeksizin bir kıyı devletinin kullanımındadır. Denize kıyısı olan devletler sonradan bir kazanıma veya ilan etmeye gerek duymaksızın doğal bir bicimde Kıta sahanlığına sahiptir. Devletlerin doğal Kıta sahanlığı hakki Uluslararası Adalet Divani 1969 kararı ile ‘ab initio’ (başlangıçtan beri) ve ‘ipso facto’ (kendiliğinden olduğu) olarak teyit edilmiştir.

Münhasır Ekonomik Bölge

Münhasır Ekonomik Bölge (MEB) kavramı karasularının başlangıcından itibaren 200 deniz mili alan genişliğindeki canlı ve canlı olmayan kaynaklar üzerinde kıyı ülkelerin bazı ekonomik haklar elde etmesidir. MEB kavramı Kıta sahanlığı haklarını da içermektedir. 1982 Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (BMDHS) ile uluslararası hukuka girmiştir. MEB, kıyı devletine deniz yatağı

sularında deniz yatağında, bölge toprak altında canlı ve cansız kaynakların yönetimi konusunda (araştırma, işletme, muhafaza gibi) haklar tanıdığı gibi aynı şekilde akıntı, rüzgâr gibi enerji kazanımı sağlanacak alanların da kullanımına dair egemen haklar verir. MEB BMDHS 75. Maddesi uyarınca bir kıyı devletinin sınır haritalarının ve coğrafi koordinat listelerinin yayınlanması ve BM'ye deklare edilmesi gerekmektedir. Balıkçılık anlamında da MEB ilan etmek kıyı devleti açısından kritik önem arz etmektedir. MEB ilanı ile ilan edilen alandaki balıkçılık uluslararası düzenlemelerden çıkartılarak kıyı devletinin düzenleme yetkisi altına girmektedir. MEB ilanı ile balıkçılık kotalarını belirleme hakki da kıyı devletinin yetki alanına girmektedir.

Kıta Sahanlığı ve Münhasır Ekonomik Bölge Farkları
Kıta sahanlığı kıyı ülkeleri için doğal haktır, ilan edilmeksizin doğal bir haktır. MEB'in ise uygun biçimde ilan edilmesi ve BM'ye deklare edilmesi gerekmektedir. Kıta sahanlığı deniz üzerinde ve altındaki cansız kaynakların haklarına ilişkin haklar sağlarken MEB tüm Kıta sahanlığı haklarına ek olarak kıyı devletine Kıta sahanlığı bölgesinde bulunan canlı doğal kaynakların araştırılması, işletimi, korunması gibi yönetimi konusunda ekonomik kazanç kazanım oluşturacak egemen haklar sağlamaktadır.



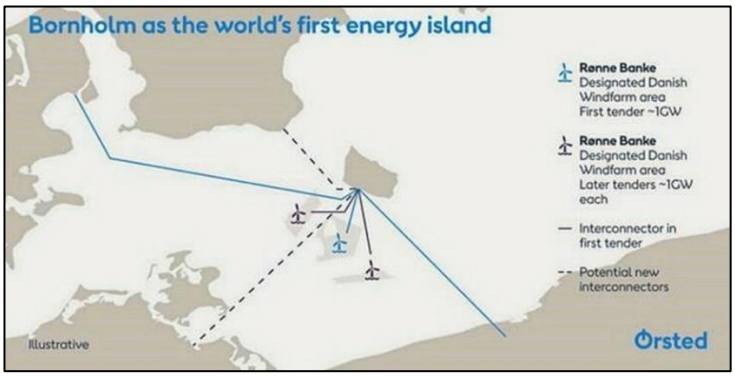
Şekil 11.9. Kıta sahanlığı ve münhasır ekonomik bölge tanımı.

Denizüstü RES kullanımı ile ülkemizin kıta sahanlığı kullanılmış olunacaktır.

11.16 Enerji Adalarının Oluşumuna Katkısı
Enerji adaları konsepti Avrupa'nın enerji güvenliğindeki önemli çözüm önerilerindendir. Haziran 2020 tarihinde Danimarka Hükümeti karasularında 2 adet enerji adası inşasına karar vermiştir. Bu enerji adaları, Kuzey Denizi ve Baltık Denizinde konumlanmaktadır. Baltık Denizinde bulunan Bornholm'da yapılacak olan enerji adası 2 GW kurulu gücünde; Kuzey Denizinde bulunan diğer enerji adası 3 GW kurulu gücünde ve 2030 yılına kadar bitirilmesi açıklanmıştır. Borholm'de bulunan ada halihazırda mevcut iken; Kuzey Denizinde suni bir ada yaratılarak burada enerji tesisleri konumlandırılacaktır. Danimarka, enerji dönüşümünde termik santrallerinin yerini DRES projeleri ile ikame etmeyi planlamaktadır.

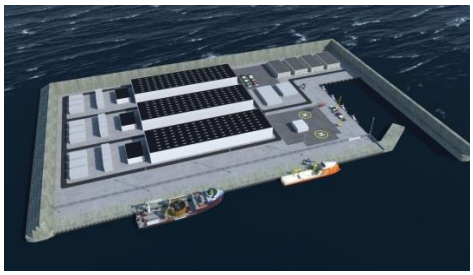
Şekil 11.10. Kuzey Denizi ve Baltık Denizindeki enerji adaları.

Enerji adasının en önemli özelliği birden fazla noktaya bağlanmasıdır. Burada noktadan kasıt ülkedir. Almanya, Belçika ve Hollanda hükümeti ile anlaşmalar yapılmıştır. Enerji adası büyük kurulu güçlü elektrik üretim tesislerinin denizde yapılabilmesini sağlamaktadır. Bunun yanısıra denizüstünde kurulu elektrik santrallerinin kontrolünün tek merkezden yapılabilmesini mümkün kılmaktadır.



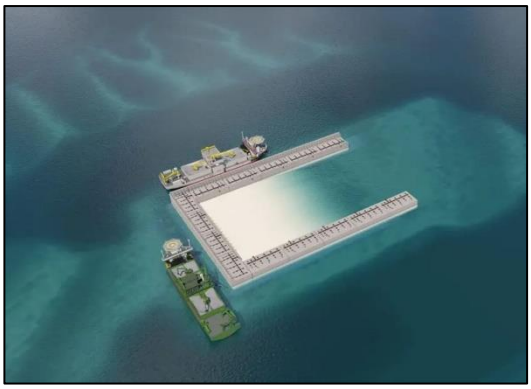
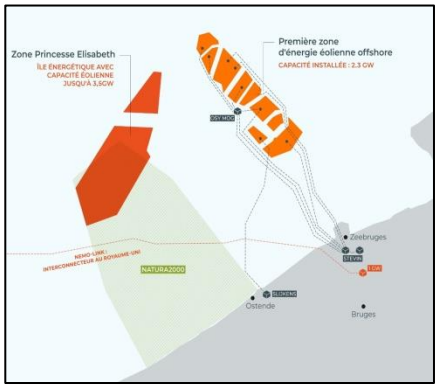
Şekil 11.11. Enerji adası bağlantı noktaları.

Güncel çalışmalarda ise enerji adasında (şaltta) toplanan elektriğin hidrojen olarak depolanmasına yönelik çalışmalar (yeşil hidrojen) mevcuttur.



Şekil 11.12. Enerji adası tasarımları.

Belçika'nın kuzey denizinde olan kısmı için planlanan yapay enerji adası projesi için 2023 senesinde ihale yapılmıştır. Bu ihaleyi TM EDISON konsorsiyumu, DEME ve Jan De Nul firmaları kazanmıştır. Belçika kıyısından yaklaşık 45 km açıkta inşa edilmesi planlanan Princess Elisabeth yapay enerji adasının toplam kapasitesinin 3.5 GW olması hedeflenmiştir. Adanın inşaasının 2024 yılının ilk çeyreğinde başlaması planlanmıştır. Yaklaşık 2.5 yıl sürecek olan inşaatın sonrasında yüksek gerilim enerji hatlarının ve trafo merkezinin inşaatı başlayacaktır. 2030 yılına kadar tüm bağlantıların yapılıp santralin anakaraya bağlanması hedeflenmiştir.

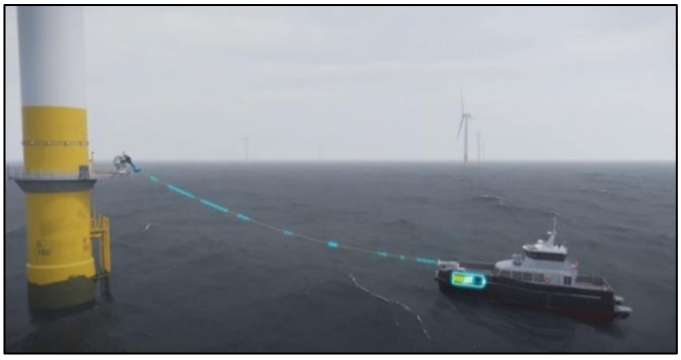
Şekil 11.13. Belçika enerji adası tasarımı.

Enerji adası konsepti illerin bağlanması için Marmara Denizi'nde veya ülkelerin bağlanabilmesi için Karadeniz'de uygulanabilir. Enerji adaları, hidrojen üretimi altyapısının oluşturulması açısından da önemlidir.

Şekil 11.14. Marmara denizi enerji adası tasarımları.

11.17 Denizüstü RESler ve Gemi Şarjı

Önümüzdeki yıllarda Denizüstü RES projeleri, elektrikle çalışan gemilerin şarj edilmesinde kullanılması muhtemeldir. Bu şarj istasyonu, elektrik santralı şalt sahasına kurulacak bir düzenekten olabileceği gibi; doğrudan denizüstü rüzgar türbininden de olabilecektir.



Şekil 11.15. Denizüstü RT'den gemi şarjı (temsili resim).

11.18 Kamu Maliyesi İçin Ek Gelir Kaynağı

DRES kurulacağı sahada deniz tabanı (seabed lease) kiralaması için bir bedel ödenmekte olup, bu bedel İngiltere'de yıllık DRES cirosunun yüzde 1'i civarındadır. Örnek olarak 1 GW DRES projesinin %50 kapasite faktörü ile yılda 4.380.000.000 kWh enerji üreteceği dikkate alınırsa 7 USDc/kWh tarife alındığında yıllık ciro 306.00.000 USD'dir. Yani 1 GW DRES projesi için kamu maliyesi 30 milyon USD ek gelir alacaktır. Taiwan'da ise alınan yıllık bedel, en yakındaki kara parçasının kiralama bedelinin %0.5 civarındadır.

11.19 Diğer Ülkelerdeki Fırsatlar

Ülkemize komu olan ülkelerin ciddi bir denizüstü RES potansiyeli bulunmaktadır. Dünya Bankası raporuna göre ülkemizin komşularının denizüstü RES potansiyeli aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Ülkemizde gelişecek olan DRES sektörü, civarındaki ülkelere de ihraç edilebilecektir.

Tablo 11.1. Civar ülkelerin DRES potansiyeli.

Ülkeler	Sabit (GW)	Yüzer (GW)	Toplam (GW)
Azerbaycan	35	122	157
Bulgaristan	2	24	26
Kazakistan	265	153	418
Romanya	22	54	76
Türkiye	12	63	75
Türkmenistan	46	27	73
Ukrayna	183	68	251
TOPLAM (GW)	**565**	**511**	**1076**

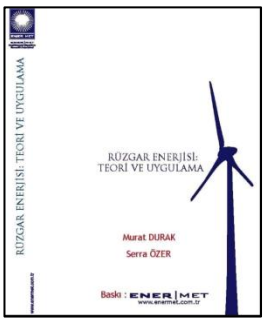
BÖLÜM 12: DENİZÜSTÜ RES ÜLKEMİZDEKİ FARKINDALIK ÇALIŞMALARI

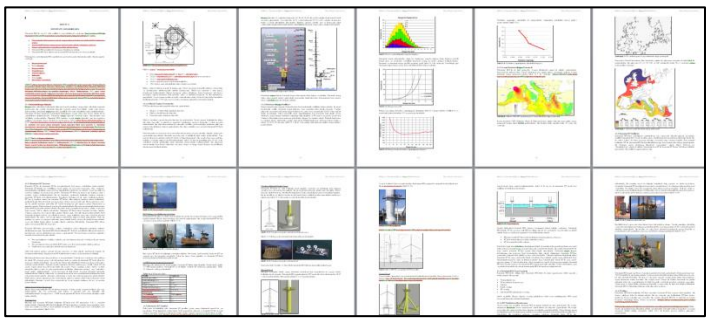
Denizüstü RES sektörünün oluşumu ile ilgili olarak sivil toplum çalışmaları çok önemlidir. Dünyanın bir çok gelişmiş ülkesinde sivil toplum kamuya önderlik eder. Sivil toplum demokratik bir toplumda hayati bir role sahiptir çünkü sivil toplum, yasama, yürütme, yargı erki ile medyadan sonra aslında "Beşinci Güç" olarak tanımlanır ve aynı zamanda kamu sektörü ve özel sektörün yanında da sivil toplum "üçüncü sektör" olarak tarif edilir. Sivil toplum deyince aklımıza ilk gelen yapılar dernek, vakıf, sendika, oda ve kooperatifler gelmektedir. Resmi verilere göre, 90 milyon nüfuslu Türkiye'de dernek üye sayısı 2 milyon civarındadır. Nüfusa oranladığımızda Türkiye'de ortalama 687 kişiye 1 dernek düşmektedir. Gelişmiş ülkelerde her 10 kişiden ortalama 4 kişi bir STK üyesi iken Türkiye'de her 10 kişiden sadece 1'i bir STK üyesidir.

Ülkemizde Denizüstü RES projeleri için farkındalık oluşturulması sivil toplum ve kamu kuruluşları ile birlikte yürütülmüştür. İlerleyen sayfalarda bu yapılan çalışmalar ve sivil toplum kuruluşları hakkında bilgiler verilecektir.

12.1 "Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama" Kitabı

2007 yılında Murat Durak ve Serra Özer tarafından yazılan "Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama" isimli kitabın 11. Bölümü "Denizüstü Rüzgar Elektrik Santralı" olarak adlandırılmıştır ve konu ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir. Denizüstü rüzgar enerjisi ile ilgili farkındalığın yaratılmaya çalışıldığı ilk yazılı kaynak olmuştur.





12.2 T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Ülkemizde denizüstü RES ihale süreci ile ilgili atılan ilk adım Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2018 yılında duyurusu yapılan YEKA ihalesidir. *"Rüzgâr Enerjisine Dayalı Deniz Üstü (Offshore) Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları ve Bağlantı Kapasitelerinin Tahsisine İlişkin Yarışma İlanı"* ile ülkenin ilk deniz üstü RES yarışma ilanı 21/06/2018 tarihli ve 3045 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Toplam 1200 MW kurulu gücündeki bağlantı kapasitesi Gelibolu, Saros ve Kıyıköy bölgeleri olmak üzere üç farklı bölge için ilan edilmiştir. Yarışma başlangıç tavan fiyatının 8 ABD Doları cent/kWh olarak ilan edildiği yarışmada, elektrik enerjisi alım süresi sözleşme kapsamında, üretim tesisinin ilk geçici kabulünün yapıldığı tarihten itibaren üretilen ilk 50 (elli) TWh miktarın sisteme verildiği süre olarak belirlenmiştir. Teknik şartnamenin bedeli ödenmek suretiyle temin edilebileceği ilana ilişkin başvuruların 23/10/2018 tarihine kadar yapılabileceği duyurulmuş ancak yarışmaya katılmak üzere söz konusu tarihe kadar başvuru olmaması nedeniyle yarışma ertelenmiştir.

12.3 Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED)

5 Nisan 2021 tarihinde kurulan Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED), ülkemizde farkındalığı yaratan en önemli sivil toplum kuruluşu olmuştur. DÜRED bu süreçte, sadece ülkemizde değil; civar ülkelerde de farkındalık yaratmayı başarmıştır. Bu süre zarfında yapılan faaliyetler aşağıda özetlenmiş olup izleyen sayfalarda detay verilmiştir.

1. 45 adet online eğitici teknik Webinar düzenleme,
2. Ülkemizde düzenlenen 26 fuar/konferans/sempozyum konuşmacı olarak katılım sağlanması,
3. 8 yurtdışı etkinliğe katılım sağlanması,
4. Birçok üniversite ve platformda konuşma,
5. İTÜ ve ODTÜ ile beraber ülkemizde ilk defa yapılan Denizüstü Rüzgar Enerjisi eğitimi düzenlenmesi,
6. Ankara'da kamu kurumlarına özel Çalıştaylar düzenlenmesi,
7. Kamu Kurum Ziyaretleri,
8. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği İktisadi İşletme kurulması,
9. Sadece ülkemizde değil; bölgemizde ilk defa düzenlenecek olan Marentech Deniz Enerji Teknolojileri Fuarı ve Konferansının İzmir'de düzenlenmesi,
10. Karadeniz Ülkeleri Denizüstü Rüzgar Enerjisi Federasyonu kurulumu çalışmaları,
11. AB Bleack Sea Floating Wind Turbine (BLOW) projesinde partner olarak yeralma,
12. Ülkemizde Denizüstü Rüzgar Enerjisi Eğitimi verecek olan Yeşil Deniz Endüstrisi Eğitim Merkezi kurulumu çalışmaları,
13. TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Ulusal Enerji Planı 5 GW hedef konulması çalışmaları,
14. Dünya Bankası tarafından hazırlanan "Offshore Wind Development Road Map for Turkiye" çalışmalarına katılım,
15. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Türkiye Yol Haritası hazırlanması,
16. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Türkiye Sanayi Envanterinin hazırlanması.
17. Bir çok, gazete, dergi, TV, konuşması/röportajı,

12.3.1 Kamu Kurumlarına Eğitim Düzenlenmesi

DÜRED, 13.09.2021 – 24.09.2021 arasında online olarak İTÜ ve ODTÜ ile birlikte ülkemizde ilk kez Denizüstü Rüzgar Enerjisi eğitimi düzenlenmiştir. Kamu kurum ve kuruluşları temsilcilerine eğitim verilerek denizüstü RES projeleri ile ilgili konunun uzmanlarından ve sektör temsilcilerinden kapsamlı bilgiler verilmiştir.

12.3.2 Kamu Kurumları İle Çalıştaylar Düzenlenmesi

DÜRED tarafından yürütülen çalışmalar kapsamında, ilki 27 Ekim 2021 tarihinde; ikincisi de 8 Aralık 2023 tarihinde olmak üzere denizüstü rüzgar enerji yatırım süreçlerinde görev, yetki ve sorumlulukları bulunan kamu kurumlarımız, sektör temsilcilerimiz ile Ankara'da çalıştaylar düzenlenmiştir. Çalıştaylara aşağıdaki kamu kurum ve kuruluşların temsilcileri katılmıştır:

TC Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi

TC Dışişleri Bakanlığı

T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Tarım ve Orman Bakanlığı

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı

Deniz Kuvvetleri Komutanlığı

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı

İzmir Kalkınma Ajansı

Türkiye Elektrik Üretim AŞ

TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

Tarım ve Orman Bakanlığı

TÜBİTAK BİLGEM

Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü

Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA)

12.3.3 Karadeniz Ülkeleri Denizüstü Rüzgar Enerjisi Federasyonu

Dünya Bankası raporuna göre ülkemizin Karadeniz kıyı ve açıklarında denizüstü rüzgar enerjisi potansiyeli maalesef yüksek değildir. Bu konuda ekipman üretimi, gemilerimizin ve limanlarımızın kullanımı, mühendislik, akademik çalışmalar gibi konularda Karadeniz'de geri kalmamak ve hatta lider ülke olabilmek için "Karadeniz Ülkeleri Denizüstü Rüzgar Enerjisi Federasyonu" kurulumu için çalışmalara başlanmıştır. Ukrayna ile Eylül 2021 tarihinde gerekli protokol imzalanmıştır, Bulgaristan ve Gürcistan olumlu dönüş yapmıştır. Bu konuda WindEurope DÜRED'e tam destek vermektedir. Derneğimizin ana düzenleyicisi olduğu 26-28 Ekim 2022 tarihlerinde İzmir'de düzenlenen Marantech Expo toplantısında Türkiye, Ukrayna, Gürcistan ve Bulgaristan protokol imzalamıştır.

12.3.4. Yeşil Deniz Endüstrisi AR&GE, Test ve Eğitim Merkezi

Bandırma'da Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi bünyesinde kuruluacak olan Yeşil Deniz Endüstrisi AR&GE, Test ve Eğitim Merkezi kurulumu için gerekli ön çalışmalara başlanmıştır. Böyle bir merkezin çalışmaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

1. Denizüstü Rüzgar Türbinleri İşletme ve Bakım İçin Mühendis ve Teknisyen Yetiştirilmesi,
2. Denizüstü Rüzgar Enerjisi İçin AR&GE Çalışmaları,
3. Ülkemizin Hayat Boyu DRES Öğrenme ve Geliştirme Kapasitesinin Sağlanması,
4. Merkezde Oluşturulacak Olan Know-how'ın Civar Ülkelere İhraç Edilmesi.

12.3.5. Düzenlenen & Katılım Sağlanan Webinarlar

1. May 6, 2021 – Cylde Co & Co, Renewables in Turkey, Realising Potential and Mitigating Risks: Potential for Offshore Wind in Turkey

2. Makina Mühendisleri Odası, Denizüstü RES Projeleri: Mavi Vatanın Mavi Denizin Yeşil Enerjisi, 3 Haziran 2021

3. ODTÜ Mezunlar Derneği, Denizüstü RES Projeleri: Mavi Vatanın Enerjisi, 18 Mayıs 2021

4. İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi "Kendi Enerjini Kendin Üret" Dr Murat Durak Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı 05 Haziran 2021, Webinar

5. Enerji Hukuku Araştırma Enstitüsü
Denizüstü RES Projeleri: Mavi Vatanın Enerjisi, 10 Haziran 2021, Online Webinar

6. Kadir Has Üniversitesi, Enerji ve İklim Sohbetleri, 15 Haziran 2021, Salı, Saat: 18.00-19.00

7. Offshore Wind Farms in Black Sea: Turkey and Ukraine, Joint Webinar by Ukrainian Wind Energy Association & Turkish Offshore Wind Energy Association, 15.06.2021

8. Denizüstü RES Saha Özel Rüzgar, Meteorolojik ve Oşinoğrafik Ölçümler: Yüzer Lidar Tekniği, Tarih ve Saat: 28 Temmuz 2021, Saat: 16.00 – 17.30

9. Denizüstü Rüzgar Elektrik Santral Proje Sahası Belirleme (Finding Ideal Offshore Windfarm Site), Tarih ve Saat: 11 Ağustos 2021

10. Denizüstü Rüzgar Elektrik Santralları Geoteknik Çalışmaları: Denizüstü Rüzgar Türbin Temel Dizaynı, Tarih ve Saat: 18 Ağustos 2021

11. Denizüstü Rüzgar Elektrik Santralları Deniz İmar Planlaması (Offshore Windfarms Marine Spatial Planning), Tarih ve Saat: 25 Ağustos 2021

12. Offshore Wind Energy Market in Black Sea: Russia and Turkey. Joint event by Turkish Offshore Wind Energy Association & Russian Association of Wind Power Industry Date: 16 September

13. Offshore Windfarm Market Development in Black Sea Region Countries: Can Black Sea Region Countries Offshore Wind Energy Federation Fasten the Process? Energy Week Black Sea 2021 28-30 September, 2021 Bucharest, Romania - Online

14. Denizüstü RES Projeleri: Mevcut Durum ve Hedefler Dr Murat Durak Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED) Yönetim Kurulu Başkanı, 29 Aralık 2021 Düzce Üniversitesi, Enerji Söyleşileri Online Toplantı.

15. Denizüstü Rüzgar Türbinleri İçin Kuş Gözlem Sistemleri (Bird Monitoring System for Offshore Wind Turbines), Tarih ve Saat: 20 Ocak 2022, Saat: 16.00 – 17.00

16. Denizüstü Rüzgar Elektrik Santralları Fizibilitesi (Feasibility of Offshore Windfarms)
Tarih ve Saat: 3 Şubat 2021 --- Saat: 15.00 – 16.00

17. Denizüstü Rüzgar Elektrik Santrallarında Helikopter Hizmetleri, Tarih ve Saat: 24 Şubat 2021 --- Saat: 15.00 – 16.00

18. Limanda Denizüstü Rüzgar Elektrik Santral Şalt Sahası Üretimi, Tarih ve Saat: 17 Şubat 2022 --- Saat: 14.00 – 15.00

19. Introduction of Offshore Wind Energy Association of Turkiye, 18 Mart 2022, Renewable Energy Hamburg (REH), Online Meeting.

20. Offshore Wind in Turkey: Opportunities and Prospects (Joint event with WindEurope)
Dr Murat Durak, President, Turkish Offshore Wind Energy Association
June 07, 2022

21. 2nd All Things Energy Forum, How is Business Affected by the Energy CrisEs. Energy Producers, Dr Murat Durak, President, Turkish Offshore Wind Energy Association June 03, 2022

22. CEPS (Centre for European Policy Studies)
The EU's quest of energy resilience: Is it time to get strategic about Black Sea offshore wind?
Dr Murat Durak, President, Turkish Offshore Wind Energy Association, June 29, 2022

23. Introduction of Offshore Wind Energy Association of Turkiye, 20 Temmuz 2022, Northland Power, Online Meeting.

24. BRIDGE-BS Summer School: Black Sea Renewable Energy Offshore Wind in Black Sea Challenges & Opportunities, Dr Murat Durak, President, Turkish Offshore Wind Energy Association, August 24, 2022.

25. WIND POWER DEVELOPMENT OF TURKIYE, Dr Murat Durak, President OF Turkish Offshore Wind Energy Association, 2022 Seminar on Taiwan Wind Power Energy Cooperation, Online Seminar, September 22, 2022.

26. Offshore Wind Development Road Map for Turkiye, DÜRED&Dünya Bankası Online Webinarı, 13 Ocak 2023.

27. DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ DÜNYA TECRÜBESİ VE TÜRKİYE PERSPEKTİFİ (OFFSHORE WIND POWER: WORLD STATUS AND OUTLOOK FOR TÜRKİYE), Dr Murat Durak 27 Ocak 2023 (Online Webinar).

28. "Offshore Wind in Black Sea Challenges & Opportunities: Black Sea Countries Offshore Wind Energy Federation", ENERGY WEEK BLACK SEA 2023, Feb 8, 2023 – Bucharest – ROMANIA (Online).

29. ODTÜ MEZUNLARI DERNEĞİ ENERJİ KOMİSYONU, DENİZÜSTÜ RES PROJELERİ: ÜLKEMİZİ BEKLEYEN FIRSATLAR, Dr Murat Durak, 14 Mart 2023 - Online Webinar

30. T.C. ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI PAYDAŞ ETKİLEŞİM PLANI (PEP) AVRUPA BİRLİĞİ / KATILIM ÖNCESİ MALİ YARDIM ARACI (IPA) – IPA 2019 ENERJİ SEKTÖR PROGRAMI – FAZ 4 PROJESİ (P179235), Dr Murat Durak, 16 Mart 2023 – Online Toplantı

31. Güney Marmara Mavi Büyüme Stratejisi, Dr Murat Durak, 27 Mart 2023 – Online Toplantı.

32. GÜNEY MARMARA KALKINMA AJANSI TR22 BÖLGESİ DENİZ ÜSTÜ RÜZGÂR SANTRALİ VE LİMANI ÖN FİZİBİLİTE RAPORU, ONLINE TANITIM TOPLANTISI PROGRAMI, 2 MAYIS 2023 14:00 – 16:00.

33. Kadir Has University, ESD 530 Sustainable Energy, Online Lecture – May 3, 2023 – Time: 18.30

34. GÜNEY MARMARA KALKINMA AJANSI & DENİZCİLİK GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, "Maritime Decarbonisation and Green Shipping Facility" Proje Toplantısı, "Yeşil Deniz Endüstrisi Ar-Ge, Test ve Eğitim Merkezi", 17 Mayıs 2023

35. DENİZÜSTÜ RES: TÜRKİYE GENEL BAKIŞ, Dr Murat Durak, Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED) Yönetim Kurulu Başkanı, Rüzgar Enerji Santrallarında (RES) GWO ve 17024 sertifikalı Bakım & Servis Teknik Personel Eğitimi, 17 Mayıs 2023, Renewac Projesi – Çevrimiçi

36. PROJECT WORKSHOP, Offshore Wind Farms Large-Scale Integration in Turkey, Dünyada Denizüstü RES Son Durumu ve Türkiye için Fırsatlar, (Latest State of Offshore Wind Energy in the World and Opportunities for Türkiye), 30 Mayıs 2023

37. HİDROJEN EKOSİSTEMİ İŞ BİRLİĞİ TOPLANTISI, Denizüstü RES Türkiye İçin Fırsatlar: Yeşil Hidrojen, Dr Murat Durak, 14 Haziran 2023

38. 15 HAZIRAN DÜNYA RÜZGAR ENERJİSİ GÜNÜ ONLINE ETKİNLİĞİ, Yurtdışında Denizüstü RES Projelerinde Çalışan Türkler, 15 Haziran 2023, Saat: 16.00 – 17.00

39. Rüzgar ve Biyogaz Sektörlerinin Gelişimi, ReYou Projesi, Dünyada Denizüstü RES Son Durumu ve Türkiye için Fırsatlar, Dr Murat Durak, 20 Temmuz 2023

40. Türkiye Neden Denizüstü Rüzgar Enerji Santrallarını Yapmak Zorundadır?, 7. İzmir Rüzgar Sempozyumu ve Sergisi, Dr Murat Durak, Eylül 21, 2023

41. DENİZÜSTÜ RES PROJELERİ: ÜLKEMİZİ BEKLEYEN FIRSATLAR, Balıkesir Üniversitesi, ReYou Projesi, Dr Murat Durak, 22 Eylül 2023 - Online Webinar

42. ELEKTRİK VE ELEKTRONİK SANAYİ TEKNİK KOMİTESİ, (EL-TEK) 37. TOPLANTISI, DENİZÜSTÜ RES PROJELERİ: ÜLKEMİZİ BEKLEYEN FIRSATLAR, Dr Murat Durak, 27 Eylül 2023 – Online Toplantı

43. ELEKTRİK VE ELEKTRONİK SANAYİ TEKNİK KOMİTESİ, (EL-TEK) 37. TOPLANTISI, DENİZÜSTÜ RES PROJELERİ: ÜLKEMİZİ BEKLEYEN FIRSATLAR, Dr Murat Durak, 27 Eylül 2023 – Online Toplantı

12.3.6. Fuar, Konferans ve Sempozyum Katılımları

1. Denizüstü RES: Mevcut Durum ve Geleceği ve Karadeniz Projeleri Dr Murat Durak Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı ICCI 2021 Dijital Konferansı 29 Eylül 2021

2. Denizüstü RES: Mevcut Durum, Geleceği Ülkemizin İçin Stratejiler Dr Murat Durak Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı EIF 2021 14 Ekim 2021, Antalya

3. ATILIM ÜNİVERSİTESİ Denizüstü RES Projeleri: Mavi Vatanın Enerjisi Dr Murat Durak Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı 03 Kasım, Atılım Üniversitesi, ANKARA

4. IDEATHON: BEST For Wind
Rüzgar Enerjisi Ideathonu: Neden Denizüstü Rüzgar Enerjisi?
Dr Murat Durak, Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı
20 Kasım 2021, Teknopark, İZMİR

5. Denizüstü RES Projeleri: Mavi Vatanın Enerjisi Dr Murat Durak Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği (DÜRED) Yönetim Kurulu Başkanı 9 Aralık 2021 İTÜ Maslak

6. İZKA- DÜRED Etkinlik:
Denizüstü RES Projeleri: Türkiye Stratejisi Ne Olmalıdır? Dr Murat Durak Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı 2 Aralık 2021, İZMİR

7. Yenilenebilir Gençlik Enerjisi (RE-You) Projesi "Yenilenebilir Enerji ve İstihdam" Konferansı, Dr Murat Durak, Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı, 19 Ocak 2022, BALIKESİR

8. Dr Murat Durak, Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı
18 Mart 2022, ICCI 26. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı

9. Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA)
DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ DERNEĞİ (DÜRED Faaliyetleri ve "Denizüstü Rüzgar Enerjisi Eğitim ve Ar-Ge Merkezi", Dr Murat Durak, Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı

10. 21 Haziran İstanbul, DENİZÜSTÜ RÜZGAR ENERJİSİ DERNEĞİ (DÜRED) Faaliyetleri
Dr Murat Durak, Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği Yönetim Kurulu Başkanı

11. EXPOTECH AR-GE, ÜR-GE İNOVASYON SANAYİ VE TEKNOLOJİ FUARI, 14-17 Eylül 2022, İzmir Gelecek Yeşil Enerji Teknolojileri, Dr Murat Durak.

12. Rüzgar Enerjisi: Paydaşlar Geleceğe Nasıl Hazırlanıyor? YAŞAR ÜNİVERSİTESİ, Dinamik Enerji Sektöründe Rüzgar Enerjisinin Geleceği, Dr Murat Durak, İzmir, 7 Kasım 2022.

13. Denizüstü Rüzgar Enerji Derneği'nin Projeleriş ve Girişimleri, Türkiye'de Denizüstü Rüzgar ve Yüzer Güneş Enerjisi Çalıştayı, İzmir, 3 Ocak 2023.

14. GİSBİR Gemi İnşa Sanayicileri Birliği Ziyareti, İstanbul, 24 Ocak 2023.

15. TAIEX Workshop on Offshore Wind Energy and Power Systems, Recent Developments in Offshore Wind Energy in Turkiye, September 28, 2023.

16. 22 Aralık 2023. Çanakkale Onseki Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi ve Deniz Teknolojileri Meslek Yüksekokulu Koordinasyonunda "ÜNİVERSİTE-ŞEHİR-SANAYİ" Paneline Katılım, Çanakkale.

12.3.7. Deniz Enerji Teknolojileri Fuarı ve Konferansı (MARENTECH EXPO)
Ülkemizin ilk Denizüstü Enerji Teknolojileri Fuarı ve Konferansı MARENTECH EXPO 26 – 28 Ekim 2022 tarihleri arasında DÜRED Denizüstü Rüzgar Enerjisi Derneği ev sahipliğinde İzmir Fuar Merkezinde düzenlenmiştir.
Deniz Üstü Rüzgar Enerjisi Firmalarında Türbin Kanat Kule ve İç Aksam Tedarikçilerine, Yüzer Güneş Elektrik Santrallarından, Dalga ve Akıntı Enerjisi Firmaları ve Servis bakım firmalarına kadar sektörün tüm paydaşlarına hizmet verecek olan fuar Enerji Sektörü, Tersane Sektörü, Deniz

Taşımacılık Sektörü, Kamu ve Özel Liman İdareleri, Üniversiteler ve Kamu Kurumlarını Ulusal ve Uluslararası yatırımcıların katılımı sağlanmıştır. Fuarla eş zamanlı olarak konferans düzenlenmiştir.

12.3.8. Yurtdışı Katılım Sağlanan Etkinlikler

1. WindEurope Electric City, 23-25 November, 2021, Copenhagen

2. Offshore Windfarm Projects: Opportunites for Turkey and Azerbaijan
December 21, 2021, Bakü, Azerbaycan

3. Belgian Offshore Wind Days 2022, 23-24 March, Ostend, Belgium

4. WindEurope Annual Event, 5-7 April, 2022, Bilbao

5. Denmark Study Visit, 3-7 Ekim, 2022, Danimarka.

6. Black Sea Floating Offshore Wind Turbine (BLOW) Project Kick-off Meetings, 17-19 January 2023, Brussels.

7. Utilization of Offshore Wind Energy in Black Sea, Strengthening Policy and Governance Capacity for Blue Energy in Central and Eastern Europe, Dr Murat Durak, Chairman, March 1, Sofia – BULGARIA

8. Best for Energy Almanya Teknik Gezisi 6-10 March 2023, Germany

9. Blow Project Workshop, 29-29 June 2023 Barcelona – Spain

10. OTD Energy, 17-19 October 2023 Stavanger, Norway

11. Energy Innovation HUB Technical & Collaboration Visit, 20 October 2023 Egersund, Norway

12. Nederland Enterprise Agency Networking Visit, 26 November 2023, Amsterdam, Nederland

13. 28 – 29 November 2023 OEEC23, Amsterdam Fair – Nederland

14.Renewable Energy Investment & Asset Management Greece, REIA 2023 December 1, 2023 - Athens, Greece.

15. COP 28 Katılım, Dubai.

Kamu Kurum Ziyaretleri
Enerji sektörü ve DRES projelerinde sürece müdahil olan aşağıda sayılan bütün kamu kurumları ziyaret edilerek DRES ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

TEİAŞ Genel Müdürlüğü

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
Denizcilik Genel Müdürlüğü
Tersaneler ve Kıyı Yapıları Genel Müdürlüğü

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Katılım Sağlanan TV Programları
Nokta TV, T24, Agro TV
Birçok dergi, gazete ve radyo program röportajı.

Üyelikler
DÜRED, WindEurope ve GWEC üyesidir.

Web adresi: www.dured.org
www.linkedin.com/company/dured-towea/

12.3.9. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritasının Hazırlanması
Ülkemizde Denizüstü RES sektörü için yol haritası hazırlanmıştır. Enerji Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (ENSİA) ve Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği (GİSBİR) ile birlikte çalışılmıştır.

12.3.10. Denizüstü Rüzgar Enerjisi Sanayi Envanteri Hazırlanması
Enerji Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (ENSİA) koordinasyonunda Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği (GİSBİR) ile birlikte "Türkiye Denizüstü Rüzgar Enerjisi Sanayi Envanteri" hazırlamıştır.

12.4 Enerji Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (ENSİA)
Merkezi İzmir'de, Ankara ve İstanbul'da temsilcilikleri bulunan Enerji Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (ENSİA), yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği alanında ekipman, teknoloji ve proje üreten firmaları ve yatırımcıları desteklemek ve kapasitelerini geliştirmek amacıyla kurulmuştur. Misyonunu, temiz Enerji sektörünün ana ve yan sanayisinin oluşmasını, gelişmesini ve büyümesini, "Ucuz ve Temiz Enerji Hakkı"nı gözeterek yerli kaynaklarla sağlamak, Türkiye'de bulunmayan yeni teknolojilerin oluşumuna ve gelişimine katkıda bulunmak olarak tanımlamaktadır. ENSİA, Denizüstü RES projelerinin gelişimi için bir çok basın bildirisi yayınlamış ve çeşitli projeler ile rüzgar enerjisi gelişimini desteklemiştir. Önemli projelerinden birisi olan BEST For Energy (Enerjide Etkin ve Sürdürülebilir Dönüşümün Desteklenmesi - Boosting Effective and Sustainable Transformation for Energy) Projesidir. Proje, İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) tarafından, Enerji Sanayicileri ve İş Adamları Derneği (ENSİA) ortaklığıyla uygulanmıştır. Proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti mali iş birliği çerçevesinde finanse edilen ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yürütülen Rekabetçi Sektörler Programı kapsamında gerçekleştirilmiştir. BEST For Energy Projesi ile Temiz Enerji ve Temiz Teknoloji Sektöründe rekabetçi bir küme geliştirilerek programın amacına katkı sağlanmıştır. Bu projenin devamında hem Bakanlıklarımızın hem de Avrupa Komisyonunun diğer temiz enerji odaklı projelerine de koordinatörlük yapan ENSİA, kuruluşunda ortaya koyduğu, "proje derneği" olma iddiasını güçlendirerek devam ettirmektedir. Tüm Türkiye'den hatta yurtdışından kurumsal üye firmaları olan ENSİA, sadece ülkemizin değil, bölgemizin en büyük temiz enerji kümelenmesi olma yönünde çalışmalarına devam etmektedir.

Web adresi: www.ensia.org.tr
https://www.linkedin.com/company/ensiatr/

12.5 Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB), rüzgâr enerjisi ile ilgili bilimsel, teknik ve uygulamalı araştırmaları takip etmek, rüzgâr enerji kaynağının kullanımını yaygınlaştırmak için faaliyetlerde bulunmak ve ülkemizdeki rüzgâr potansiyelini ekonomiye kazandırmak amacıyla 10 Şubat 1992 tarih ve 92/2752 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile kurulmuştur. Rüzgar enerjisi alanında Türkiye'deki çatı kuruluş olan TÜREB, rüzgar değer zincirinin tamamını kapsamakta ve sektörle ilgili tüm yasal düzenlemelerde aktif olarak görev almaktadır.

TÜREB, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) ve T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın koordineli çalışmalarda bulunmaktadır.

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği (Wind Europe)'nin ve Küresel Rüzgar Enerjisi Konseyi (GWEC)'in üyesi olan TÜREB, Rüzgar Enerjisi konusunda Türkiye' deki en güçlü sivil toplum kuruluşudur.

Web adresi: www.tureb.com.tr
https://www.linkedin.com/company/turkiyeruzgarenerjisibirligi/

12.6 Yeşil Yakalı Kadınlar Derneği (YEYKAD)
Mayıs 2018'de Yenilenebilir Enerji ve Enerji Sektörü Türk Kadınları Grubu (TWRE-Turkish Women in Renewables and Energy Network) olarak sosyal bir girişim ve kadın ağı olarak online kurulmuştur. Ocak 2019'da ilk fiziksel buluşmasını gerçekleştirmiş ve enerji dönüşümü ve güç endüstrisinde çalışan 60 kadının bir araya gelmesiyle kurulacak olan Yeşil Yakalı Kadınlar Derneğinin ilk tuğlaları örülmeye başlanmıştır. 2020-2022- Pandemiye bağlı kapanmayı fırsata çevirerek 70'ten fazla dijital eğitim (farklı seviyelerde teknik ve idari), bilgilendirici seminer, webinar ve paneller gerçekleştirilmiştir. 2019-2022- Yurt içi ve Yurt dışında 100'den fazla etkinlik ve kongreye katılım sağlanmış, enerji sektöründeki çalışan STEM ve diğer disiplinlerdeki kadın uzmanları sahnede görünür hale getirmiştir. Bugün 2300'den fazla üyeye ulaşmış platformun çekirdek kadrosu 24 rol model kadın olarak 10 Haziran 2022-YEYKAD Yeşil Yakalı Kadınlar derneğini kurmuş ve Ekim 2022-1. Genel Kurul gerçekleştirilmiştir. Dernek, üyeler için; Türkiye Enerji ve Yenilenebilir Sektörlerinde çalışan ya da işveren statüsünde olan, iklim krizi, çevre, enerji dönüşümü, döngüsel ekonomi, adil geçiş, karbonsuzlaşma ve dijital dönüşüm ile ilgili konularda çalışmaya yönelik olarak profesyonel hayatına devam eden ve her tür ve seviyede eğitim almakta olan, mevcut eğitimi farklı disiplinlerde olmak ile birlikte, yeşil ve temiz geleceğe ışık tutan işlerde çalışmayı kendisine hedef olarak belirlemiş olan her yaştaki kadınları bir araya getirmek, bilgi ve deneyimlerinin paylaşılmasını sağlamak ve bu doğrultuda her tür toplantı, eğitim programları düzenlemek, gerekli süreli yayınları çıkartmak amacı ile kurulmuştur. Bahsi geçen sektörleri kapsayan her kademede kadın çalışanların görünürlüğünü, sayı ve oranını yükseltmek, kadın çalışanların statü ve gelirlerinin artışına destek vermek, karar mekanizmasındaki (üst düzey) kadın çalışanların sayısını arttırmak, kadın çalışanların sektörde benzer pozisyonlardaki erkek çalışanlar ile eşit statü, yetki, sorumluluk ve ücret düzeyine sahip olmalarına destek vermektir.

Dernek çalışan kadınların güçlendirilmesi ile toplumda hak ettikleri statüye kavuşmaları sonucu olarak daha verimli işletmelerin gerçekleşmesi, daha doğru yatırım kararlarının verilmesi ve hem ailelerin gelirlerinin ve dolayısı ile toplam Gayrı Safi Milli Hasılanın artışının sağlanmasıdır. Bu hedeflere ulaşılabilmesi için Dernek Yönetimi öncelikle T.C. İlgili Bakanlıkları, Belediyeleri, Türk Sivil Toplum Kuruluşları ve özel sektör ile temas ve iş birlikleri gerçekleştirmektedir.

www.yeykad.org
https://www.linkedin.com/company/yeykad/
https://www.instagram.com/greencollarwomen

12.7 İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA)
T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda faaliyet gösteren İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA), İzmir'in sürdürülebilir kalkınması için bütüncül bir yaklaşım ile yerel potansiyeli harekete geçirecek katılımcı araçlar geliştirerek uygulamaktadır. Yeşil Büyüme ve Mavi Büyüme olarak 2 temel odak çalışması altında yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemektedir.

İZKA, Temmuz 2021 tarihinde "Rüzgar Enerjisi Sektörü ve İzmir Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası" raporunu hazırlamıştır. Rüzgarın başkenti İzmir'de rüzgar ekosisteminin mevcut durumunu güncel verilerden istifade ederek inceleyen raporda, önümüzdeki dönem için denizüstü rüzgar enerjisinin Türkiye için büyük bir potansiyele sahip olduğunun altı çizilmiştir. Bu potansiyelin sunduğu fırsatları değerlendirmek için neler yapılması gerektiğine ilişkin bir yol haritası ortaya koyan rapor, bu yönüyle ilgili literatürde bir ilk olma özelliğini de taşımaktadır.

İzmir'in ekonomik, sosyal ve kültürel alanlarda bütüncül bir yaklaşımla gerçekleştireceği kalkınma stratejisinin gelişme eksenlerini, hedeflerini ve önceliklerini ortaya koyan temel politika belgesi olan

İzmir Bölge Planları'nda (İZBP) da 2010-2013 ve 2014-2023 dönemlerinde temiz enerjinin ve dolayısıyla rüzgâr enerjisinin önemli bir yer tuttuğu görülmektedir. İzmir'de rüzgâr enerjisine yönelik olarak İzmir İli Yenilenebilir Enerji Sektör Analizi (2012), Rüzgâr Enerjisi Sektörü ve İzmir Denizüstü Rüzgâr Enerjisi Yol Haritası (2021), Rüzgâr Enerjisi Sektörü Odaklı Yatırım Tanıtım Broşürleri (2015-2022), Türkiye Rüzgâr Sanayi Kataloğu (2021), İzmir Rüzgâr Sanayii Lojistik İhtiyaç Analizi (2023), Rüzgâr Enerjisinde Uzmanlanşmış Çandarlı Limanı ve Entegre İzmir Temiz Enerji İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Fizibiliteleri (2022), İzmir İli Yüzer Denizüstü Rüzgâr Türbini Platformu Üretim Tesisi Ön Fizibilite Raporu (2021), İzmir Rüzgâr Türbini Kanadı Geri Dönüşümü Yol Haritası (2023) vb. yoğun analiz ve strateji çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların İzmir'in rüzgâr enerjisi sektöründe uzmanlaşması için atılması gereken adımları içeren detaylı bir içerik sağladığı görülmektedir.

Raporun linki:
https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/dokuman/ruzgar-enerjisi-sektoru-ve-izmir-denizustu-ruzgar-enerjisi-yol-haritasi/2174

İZKA, yenilenebilir enerji konusunda bir çok projeyi de desteklemiştir. Bunlar arasında "Best for Energy" projesi bulunmaktadır.

Best For Energy Projesi
BEST For Energy (Enerjide Etkin ve Sürdürülebilir Dönüşümün Desteklenmesi - Boosting Effective and Sustainable Transformation for Energy) Projesi, İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) tarafından, Enerji Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (ENSİA) ortaklığıyla uygulanmaktadır. Proje, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti mali iş birliği çerçevesinde finanse edilen ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yürütülen Rekabetçi Sektörler Programı kapsamında gerçekleştirilmektedir. Rekabetçi Sektörler Programı, Türkiye'nin farklı bölgelerinde sanayicilerin, KOBİ'lerin ve girişimcilerin rekabet gücünü arttırarak sosyal ve ekonomik kalkınmanın sağlanması amaçlanmaktadır. BEST For Energy Projesi ile Temiz Enerji ve Temiz Teknoloji Sektöründe rekabetçi bir küme geliştirilerek programın amacına katkı sağlanması hedeflenmektedir. Proje linki: https://www.bestforenergy.org/

İzmir Denizüstü Rüzgar Ölçümü Projesi
2023 yılı başında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından ilan edilen "2035 yılında 5 GW denizüstü kurulu güce ulaşma" hedefinin merkezinde İzmir ve çevresi bulunmaktadır. Bölge, temiz enerji sektöründe gelişme stratejisini "denizüstü rüzgâr enerjisine yönelik ekipmanların üretiminde de bir merkez olma" üzerine kurgulamıştır. Bu hedefe katkıda bulunmak amacıyla, İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) işbirliğinde "İzmir Denizüstü Rüzgâr Ölçümü" Projesini yürütmektedir. Projenin hedefi, ülkemiz için yeni bir konu olan denizüstü rüzgâr enerjisi alanında gerçekleştirilecek yatırımların bölge özelinde planlanabilmesi için gerekli verilerin üretilmesi ve sektörle paylaşılmasıdır. Projenin önemli bir bileşeni olarak, 2023 yılı Temmuz ayında, Aliağa açıklarında bulunan Küçük Ada'ya 40 metre uzunluğunda bir Rüzgâr Ölçüm Direği kurulumu gerçekleştirilmiştir. Ölçüm direği üzerinde bulunan hassas cihazlardan 1 yıl boyunca elde edilecek veriler üzerinde çalışılacak, bu veriler sektörle paylaşılacak ve denizüstü rüzgâr sektörünün gelişimi için gerekli modellemelerin yapılmasına katkı sağlanacaktır.

Web adresi: www.izka.org.tr

12.8 Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA)
T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Kalkınma Ajansları Genel Müdürlüğü koordinasyonunda faaliyetlerini yürüten Güney Marmara Kalkınma Ajansı, Balıkesir ve Çanakkale illerinden oluşan

TR22 Bölgesinde Denizüstü RES projelerinin gelişimi için bir çok etkinlikte bulunmuştur. Bunlar arasında "TR22 Bölgesi Denizüstü Rüzgar Santrali ve Limanı Ön Fizibilite Raporu" en önemli farkındalık yaratan projelerdendir. Bu ön fizibilite raporu Balıkesir ve Çanakkale illeri açıklarında Deniz Üstü Rüzgar Enerji Santrali kurulmasının uygunluğunu tespit etmek, yatırımcılarda yatırım fikri oluşturmak ve detaylı fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmak üzere Güney Marmara Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanmıştır. 4 farklı aday bölge için 20 MW, 200 MW ve 1200 MW Denizüstü RES projelerinin fizibiliteleri hazırlanmıştır. Rapora göre askeri bölgeler kapsam dışında tutulursa sabit temelli ve yüzer RES de yaklaşık 4.5 GW, askeri alanlar dahil edildiği senaryoda ise 9.5 GW toplam kapasite olduğu tespit edilmiştir.

Web adresi: www.gmka.org.tr

12.9 Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği (GİSBİR)

Türkiye Gemi İnşa Sanayicileri Birliği (GİSBİR), sanayici kimliğine sahip tersaneci müteşebbisler tarafından 07.07.1971 tarihinde İstanbul'da kurulmuştur. 100'e yakın üyesiyle Türk gemi inşa sanayisinin resmi temsilcisi konumunda olan GİSBİR, Türkiye'nin en eski sivil toplum kuruluşlarından biridir. GİSBİR, üstlenmiş olduğu misyonla, Türk gemi inşa sanayisini geliştirmek, Türk tersanelerinin dünya pazarlarındaki yerini almalarına yardımcı olmak, tersanelerin müşterek sorunlarını ilgili merciler ile koordineli hareket ederek çözüme ulaştırmak, kamuoyunu bilgilendirmek, ulusal ve uluslararası kuruluşlarda, forumlarda ve diğer platformlarda Türk gemi inşa sanayisini temsil etme görevlerini yerine getirmektedir.
GİSBİR, uluslararası alanda Waterborne TP, Sea Europe ve ASEF üyesidir.

Web adresi: https: www.gisbir.org

12.10 Dünya Bankası Yol Haritası Çalışmaları

Dünya Bankası tarafından yürütülen ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program) kapsamında gelişmekte olan ülkelerde denizüstü rüzgar enerji sektörünün gelişimini amaçlayan bir program bulunmaktadır. 2019 yılında başlayan proje kapsamında "Türkiye için Deniz Üstü Rüzgar Enerjisi Gelişimi Yol Haritası" hazırlanmaktadır.

https://esmap.org/offshore-wind

BÖLÜM 13: ÜLKEMİZDE DENİZÜSTÜ RES YASAL DURUM

Ülkemizde Denizüstü RES proje süreci ile ilgili atılan ilk adım Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2018 yılında duyurusu yapılan YEKA ihalesidir. *"Rüzgâr Enerjisine Dayalı Deniz Üstü (Offshore) Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları ve Bağlantı Kapasitelerinin Tahsisine İlişkin Yarışma İlanı"* ile ülkenin ilk deniz üstü RES yarışma ilanı 21/06/2018 tarihli ve 3045 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanmıştır. Toplam 1200 MW kurulu gücündeki bağlantı kapasitesi Gelibolu, Saros ve Kıyıköy bölgeleri olmak üzere üç farklı bölge için ilan edilmiştir. Yarışma başlangıç tavan fiyatının 8 ABD Doları cent/kWh olarak ilan edildiği yarışmada, elektrik enerjisi alım süresi sözleşme kapsamında, üretim tesisinin ilk geçici kabulünün yapıldığı tarihten itibaren üretilen ilk 50 (elli) TWh miktarın sisteme verildiği süre olarak belirlenmiştir. Teknik şartnamenin bedeli ödenmek suretiyle temin edilebileceği ilana ilişkin başvuruların 23/10/2018 tarihine kadar yapılabileceği duyurulmuş ancak yarışmaya katılmak üzere söz konusu tarihe kadar başvuru olmaması nedeniyle yarışma ertelenmiştir.

YEKA ihale süreçlerinin incelenmesine ilişkin hazırlanan raporun incelenmesi neticesinde; yerli katkı oranının en az %60 olduğu, projede çalışacak kişilerin %80'inin Türkiye uyruklu olması, 2.5 milyon ABD Doları geçici teminatın ve 12,5 milyon ABD Doları proje tamamlanma teminatının yer almıştır.

İlan edilen YEKA sahalarındaki rüzgar durumu ve maliyet hesaplarına doğrudan tesir eden bölgenin hidrografik, oşinografik ve jeolojik yapısına ait bir bilgi ihale dosyasında muhtemel yatırımcılara sunulmamıştır. Dolayısı ile yatırımcıların ne üreteceklerini bilmedikleri ve ne kadar maliyetle karşılaşacaklarını bilmedikleri bir projeye teklif vermeleri istenmiş, doğal olarak da hiç bir yatırımcı teklif vermemiştir. Benzer ihalerden önce YEKA sahalarında en az bir yıl süre ile Lidar şamandırası ile, eğer mümkün değilse normal şamandıra ile temel meteorolojik ve oşinografik şartların ölçülmesi ve sahanın detaylı batimetrik haritalarının üretimi ve jeolojisinin anlaşılması gerekmektedir.

2018 yılında duyurusu yapılan denizüstü RES yarışma ilanı sonrasında yeni bir yarışma modeli oluşturmak amacıyla bir dizi çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar, deniz üstü RES projelerine sahip ülkelerin yetkili kurumları ile yapılan iş birliği anlaşmaları, rüzgâr enerjisi potansiyel atlasının deniz üstü rüzgâr hızlarını daha detaylı içerecek şekilde yeniden hazırlanması, deniz üstü RES kapsamında Avrupa Birliği fonları (Instrument for Pre-Accession Assistance - IPA) kullanımı ile Dünya Bankası ile yapılan anlaşmaları kapsamaktadır.

Denizüstü RES projeleri kapsamında daha etkin bir yol haritası oluşturmak amacıyla yapılan çalışmalar arasında en dikkat çekici olanı Bakanlık ile Danimarka Enerji Ajansı ve Danimarka Kamu Hizmetleri ve İklim Bakanlığı arasında 22/06/2018 tarihinde imzalanan mutabakat zaptıdır. Türkiye için denizüstü RES yol haritasının oluşturulması amaçlanan anlaşma 2 faz olarak planlanmış, birinci fazda teknik süreçler hakkında bir yol haritası oluşturulması planlanırken ikinci faz çalışmasında ise ihale prosedürleri, finansman yöntemleri gibi konuların netleştirilmesi amaçlanmaktadır. Türkiye'nin denizüstü rüzgâr ve dalga enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (European Bank for Reconstruction and Development - EBRD) ile beraber *"Identifying and Mapping Offshore Wind and Wave Energy Potential of Turkey"* adlı proje yürütülmekte olup proje Mayıs 2020'de tamamlanmıştır. Proje kapsamında Türkiye için yeni bir rüzgâr atlası oluşturulmuştur.

13.1 Denizüstü RES Mevzuat İnceleme

Mevzuat incelemesi öncelikle elektrik piyasası mevzuatı kapsamındaki süreçlerin incelenmesi şeklinde olup daha sonra karasularına ilişkin ulusal ve uluslararası düzenlemeler, deniz saha planlamaları, kıyı ve sahillere ilişkin ilgili mevzuat ve deniz yapılarına ilişkin düzenlemelerin irdelenmesi şeklinde yapılmıştır.

Ülkemizde rüzgar enerjisine dayalı üretim tesislerinin kurulumu güncel mevzuat hükümlerine göre üç farklı modele göre yapılabilmektedir. Bu yöntemler; lisanslı üretim, YEKA modeli ve lisanssız üretimdir. Denizüstü RES projelerinin görece büyük ölçekli projeler olması sebebiyle lisanslı üretim ve YEKA modeli çerçevesinde proje geliştirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.

2018 yılında Bakanlık tarafından duyurusu yapılan denizüstü RES yarışma ilanı YEKA modeli kapsamında yapılmıştır. Bu sebeple öncelikle YEKA modeli kapsamında inceleme ve değerlendirme yapılacaktır. YEKA modeli, 18/5/2005 tarihli ve 25819 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren 5346 sayılı *"Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (Kanun)"*un 4 üncü maddesinde açıklanmaktadır. Kanunun 4 üncü maddesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, bu alanların ve bağlantı kapasitelerinin yatırımcılara tahsisiyle yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi amacıyla kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda ilgili kurum ve kuruluşların görüşü alınarak yer seçimi yapmak suretiyle yenilenebilir enerji kaynak alanları oluşturulacağı ifade edilmektedir. Söz konusu maddede YEKA olarak ilan edilen alanlarda Bakanlık tarafından kapasite tahsis yarışmaları düzenlenerek bu alanlarda etkin ve hızlı bir şekilde yenilenebilir enerji kaynağına dayalı proje geliştirilmesi amaçlanmaktadır. YEKA Yönetmeliği ile ilgili vurgulanması gereken ve deniz üstü RES yarışma süreçlerini de yakından ilgilendiren önemli bir nokta Kanunun dördüncü maddesinde yapılan değişikliktir.

YEKA modelinin uygulanması amacıyla da Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği (YEKA Yönetmeliği) 09/10/2016 tarihli ve 29852 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik kapsamında YEKA olarak adlandırılan sahalar üzerinde kapasite tahsis yarışmaları yapılmaktadır. YEKA'lar ilgili yönetmelik kapsamında iki farklı yönteme göre belirlenmektedir. Birinci yöntemde YEKA'lar Bakanlık tarafından gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında belirlenerek Resmî Gazete'de ilan edilebilmektedir. İkinci yöntemde, gerçekleştirilen *"YEKA Amaçlı Bağlantı Kapasite Tahsisi Yarışması"*nı kazanan tarafından sözleşmenin imzalanması sonrasında bağlantı hakkı kazanılan bağlantı bölgesinde olacak şekilde aday YEKA'lar (proje sahaları) önerilmekte ve bu alanlar, Bakanlık tarafından uygun bulunması halinde YEKA olarak ilan edilmekte ve yatırımcıya üzerinde elektrik üretim tesisi kurulması amacıyla tahsis edilmektedir. Deniz üstü RES kapsamında duyurusu yapılan ilk yarışma ilanında kapasite tahsis yöntemi Bakanlık tarafından ilan edilen üç bölgede (Saros, Kıyıköy, Gelibolu) yapılmıştır.

YEKA kapsamında yapılan yarışma ilanında belirlenen tavan fiyatın TL üzerinden belirlenmesine ilaveten vurgulanması gereken bir diğer husus da 30/01/2021 tarihli ve 31380 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 3453 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı'dır. Söz konusu karar ile ABD Doları cent/kWh üzerinden uygulanan YEK Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ve yerli katkı fiyatlarının TL/kWh üzerinden uygulanmasına karar verilmiştir. Böylece hem YEKA hem de YEKDEM kapsamındaki üretim tesislerine uygulanan destekleme mekanizmasının TL üzerinden devam etmesi, deniz üstü RES projeleri için duyurusu yapılacak olası bir yarışma ilanında, yarışma tavan fiyatının TL üzerinden belirlenmesi gerekeceği anlamına gelmektedir. Söz konusu Cumhurbaşkanı Kararı ile rüzgâr enerjisine dayalı projeler için YEKA modeli kapsamında uygulanacak bir yarışmada tavan fiyatın en yüksek 40 kuruş/kWh olacağı anlamına gelmektedir. (Rüzgar enerjisine dayalı projeler için destekleme fiyatı 32 kuruş/kWh, yerli katkı fiyatı ise 8 kuruş/kWh olarak belirlenmiştir). Deniz üstü RES projelerinin karasal RES projelerine göre hem yatırım hem de işletme maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle 40 kuruş/kWh üzerinden belirlenecek bir yarışma tavan fiyatının, yatırımcılar açısından düşük bulunabileceği değerlendirilmektedir. Bu kapsamda 3453 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı'nda deniz üstü RES projeleri için de ayrı bir destekleme fiyatı belirlenmesinin gerekebileceği değerlendirilmektedir. Bu destekleme fiyatının ise karasal RES projelerine göre daha yüksek olması gerektiği önerilmektedir.

"Kıyının Korunması, Yapı Yasağı, Kıyı ve Denizde Yapılacak Yapılar" başlıklı 6 ncı maddesinde, kıyılarda imar planı kararları ile yapılabilecek yapılar tanımlanmış, 10/12/2018 tarihli ve 30621 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren 7153 sayılı Kanun ile Kıyı Kanunu'nun 6 ncı maddesine ilave hükümler eklenmiş, bu çerçevede imar planı kararları ile yapılabilecek yapılara deniz üstü RES projeleri ve iletim hatlarının inşa edilebilmesine ilişkin hüküm eklenmiştir. Bakanlık tarafından ilan edilen ilk deniz üstü RES yarışma ilanının yapıldığı 2018 yılı içerisinde Kıyı Kanunu'na ilave hükümler eklenerek Kıyı Kanunu çerçevesinde kıyılara deniz üstü RES üretim tesislerinin ve enerji nakil hatlarının inşa edilebilmesine olanak tanınmıştır.

13.2 Denizüstü RES Elektrik Tarifesi

1 Mayıs 2023 Resmi Gazete'de Cumhurbaşkanı Kararı ile yeni YEKDEM, yerli katkı fiyatları ve süreleri yayınlanmıştır. Bu karara göre, Denizüstü RES projeleri için YEKDEM taban fiyatı 6,75 $-cent/kWh**,** YEKDEM tavan fiyatı 8,25 $-cent/kWh ve YEKDEM fiyat uygulama süresi 10 yıl olmuştur. Bu tesisler için yerli katkı fiyatı uygulama süresi de 5 yıl olarak belirlenmiştir.

Tablo 13.1. YEKDEM tarife ve süreleri

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Tesis Tipi		**YEK Destekleme Mekanizması Uygulama Fiyatı (TL/kWh)**	**YEK Destekleme Mekanizması Fiyatı Uygulama Süresi**	**YEK Destekleme Mekanizması Taban Fiyatı (USDc/kWh)**	**YEK Destekleme Mekanizması Tavan Fiyatı (USDc/kWh)**	**Yerli Katkı Fiyatı (TL/kWh)**	**Yerli Katkı Fiyatı Uygulama Süresi**
Hidroelektrik üretim tesisi	Rezervuarlı	144,00	10	6,75	8,25	28,80	5
	Nehir tipi	135,00	10	6,30	7,70	28,80	5
Rüzgar Elektrik Santralları	Karaüstü	106,00	10	4,95	6,05	28,80	5
	Denizüstü	**144,00**	**10**	**6,75**	**8,25**	**38,45**	**5**
Jeotermal		202,00	10	9,45	11,55	28,80	5
Biokütle	Çöpgazı/atık lastiklerin işlenmesi sonucu çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklar	106,00	15	4,95	6,05	28,80	5
	Biyometanizasyon	173,00	10	8,10	9,90	28,80	5
	Termal bertaraf	134,90	10	5,75	8,00	21,58	5
Güneş		106,00	10	4,95	6,05	28,80	5
Wind / solar including storage systems		125,00	10	5,85	7,15	38,45	10
Pompaj depolamalı hidroelektrik üretim tesisi		202,00	15	9,45	11,55	38,45	10
Dalga veya akıntıya dayalı elektrik üretim tesisi		135,00	10	6,30	7,70	38,45	10

13.3 Denizüstü RES Çevre Analizi

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Avrupa Birliği, AB Katılım Öncesi Aracı (IPA) Enerji Sektörü maliyetine yönelik Program Faz IV Projesi kapsamında denizüstü RES ilgili çevresel, sosyal ve biyoçeşitlilik analizleri yaptırmak için; 28 Temmuz 20213 tarihinde danışmanlık hizmeti alım ihalesi için duyuru yapmıştır.

IPA FAZ IV - Deniz Üstü Rüzgar Enerjisini Destekleme Projesine İlişkin Hibe Anlaşması dün itibarıyla, 25 Ekim 2023 tarihinde, resmi gazetede yayımlanmıştır. Teknik, yasal, ekonomik ve kapasite geliştirme alanlarında kullanılabilecek fonun bütçesi 7.976.838 EURO'dur.

13.4 Türkiye Ulusal Enerji Planı

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020-2035 dönemini kapsayan Türkiye Ulusal Enerji Planı'nı Aralık 2022 tarihinde yayınlamıştır. Bakanlık tarafından yayımlanan plandaki senaryoya göre, 2035 yılına kadar birincil enerji tüketimi 205,3 milyon ton eşdeğer petrole, elektrik tüketimi 510,4 TW'a ulaşacağı öngörülmüştür. Diğer bazı önemli husular aşağıda özetlenmiştir;

- Elektrik enerjisinin nihai enerji tüketimi içindeki payı %24.9 oranına erişmekte,
- Elektrik toplam kurulu gücü 189.7 GW'a ulaşmakta,
- Rüzgar enerjisinde 29.6 GW'a ulaşmakta (5 GW denizüstü),
- Güneş enerjisinde 52.9 GW'a ulaşmakta,
- Devreye alınması öngörülen kapasite 96.9 GW,
- Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %54.7'ye ulaşmakta
- Elektrik kurulu gücünde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %64.7'ye ulaşacağı planlanmıştır.

Denizüstü RES açısından bakıldığında rüzgar enerjisine ayrılan 29.6 GW kurulu gücün 5 GW'ı denizüstü RES olarak hedeflenmiştir.

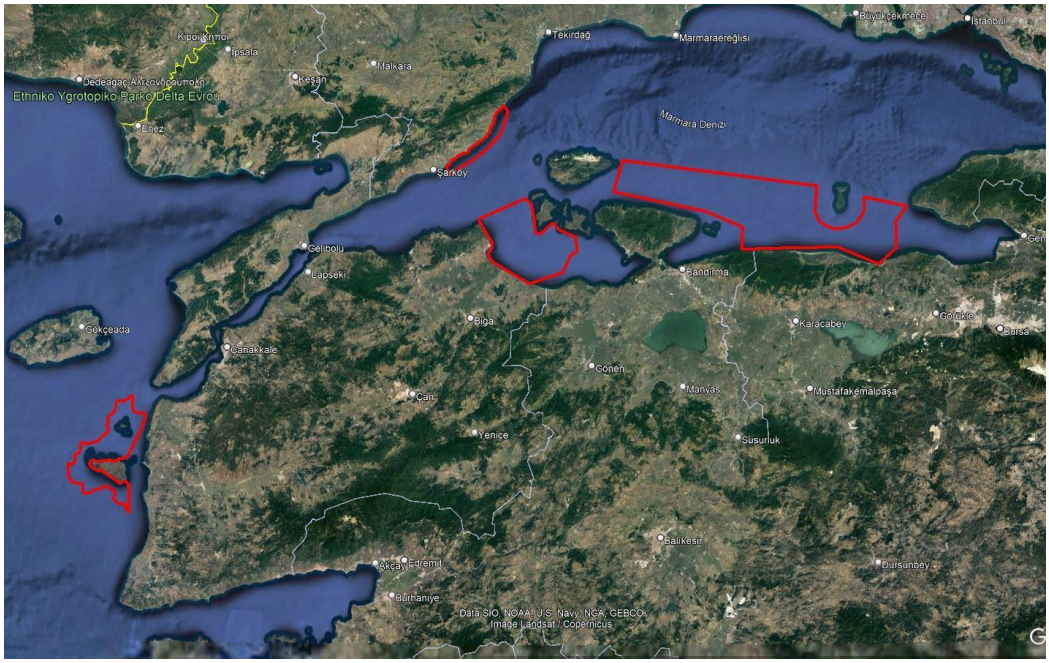
13.5 Denizüstü RES Aday YEKA Sahaları

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 4 Ağustos 2023 tarihinde 4 adet Denizüstü RES Aday YEKA ilanı yapılmıştır. Bandırma açıklarında 1111 kilometre kare alan, Bozcaada açıklarında 299 kilometrekare, Gelibolu açıklarında 75,6 kilometrekare ve Karabiga kıyılarında 410 kilometrekare alan aday Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) olarak tahsis edilmiştir.

Sahalar, aşağıda özetlenmiştir.

1. Aday Saha: Bursa – Bandırma Bölgesi

2. Aday Saha: Karabiga
3. Aday Saha: Gelibolu
4. Aday Saha: Bozcaada



Şekil 13.1. Denizüstü RES Aday YEKA alanları.

BÖLÜM 14: DENİZÜSTÜ RES İZİN VE ONAY SÜREÇLERİNİN HIZLANDIRILMASI

Denizüstü RES projeleri, küresel iklim hedeflerini karşılamada en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır. Paris Antlaşması ve Glasgow İklim Paktındaki 1.5 ºC senaryoya ulaşabilmek için 2030'a kadar 500 GW, 2050 yılına kadar ise 2465 GW denizüstü RES işletmeye alınmalıdır. DRES teknolojisinin yaygınlaşıp denizler üzerine Denizüstü RT'lerin temiz ve yenilenebilir enerji üretimesi için izin ve onay süreci hızlandırılmalıdır. Dünyadaki uygulamalara incelendiğinde 3 ana modelden bahsedilebilir: merkezi model, desentralize model ve hibrid model. Merkezi sistemde devlet sürece doğrudan müdahil olduğundan dolayı yatırımcılar için risk daha düşüktür. Desentralize model yatırımcılar için biraz riskli ancak daha esnek bir süreç sağlamaktadır. Hibrid model her iki sistemin kombinasyonudur. Hangi modelin kullanılacağı daha çok ülkenin mevzuatı, kültürü ve yerleşmiş gelenekleri ile ilgilidir.

14.1 Merkezi İzin Modeli

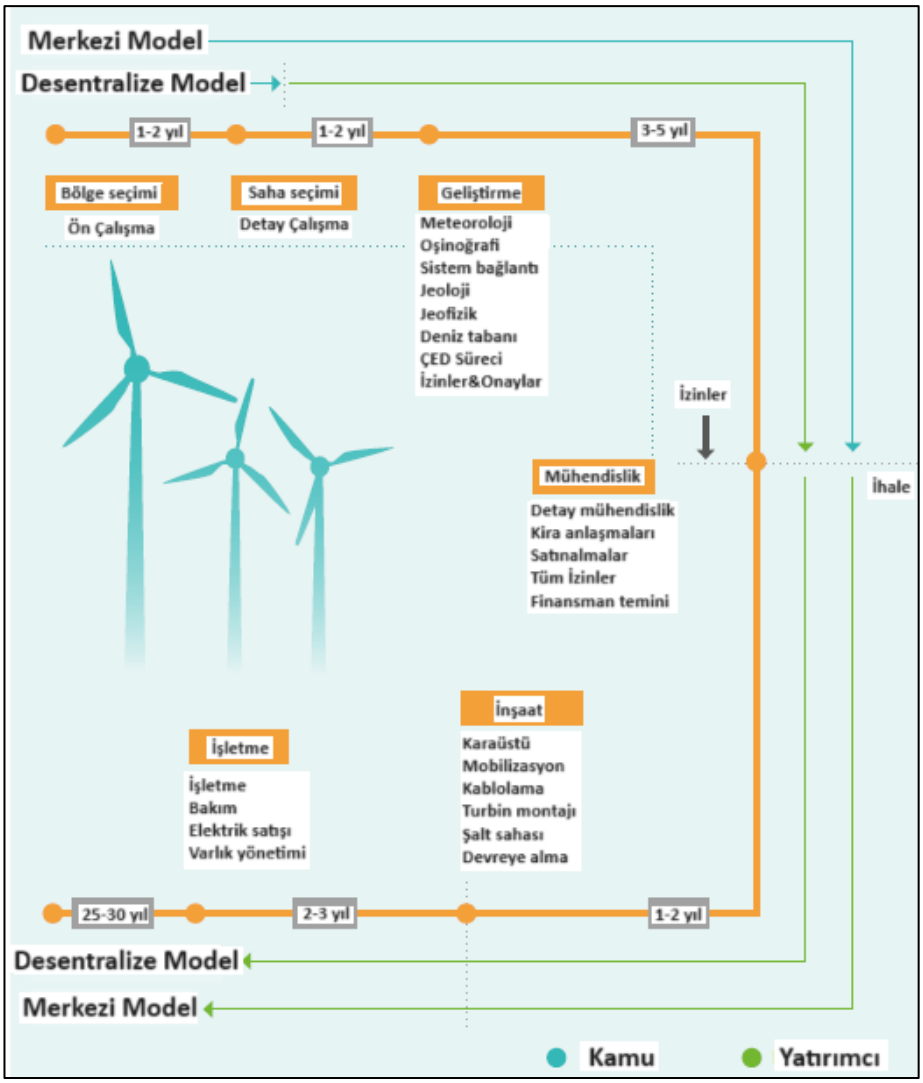
Merkezi modelde, devlet çevresel etki değerlendirme (ÇED) sürecini, fizibilite çalışmalarını, etütler, diğer proje paydaşlarından izinlerini alır. İzinler kamu kurumları tarafından yürütülür. Bu model, sahaların nerede olacağını belirleme sürecini kamuya bırakır. İhale sürecine kadar proje süreçleri kamu tarafından yürütülerek ihale yapılır. Bütün planlama, izin ve onaylar kamu tarafından alındığından, yatırımcıya risk teşkil edecek bir husus yoktur. İdari açıdan yoğun süreçlerin olduğu ve ihale sürecinin devlet tarafından yerine getirilerek tüm paydaşların onayının alındığı bir süreci kapsamaktadır. Kamu aynı zamanda elde edilen fizibilite verilerinin veya DRES proje saha verilerinin doğruluğunu kabul etmiş olur. Hollanda bu modeli kullanan bir ülkedir. Hollanda, bütün süreci kontrolü altında tutarak rekabetçi bir DRES ihale modeli ile süreci sonlandırmaktadır. İletim sistem işleticisi olan TenneT, iletim sisteminin inşası ve işletmesinden sorumludur. Proje geliştiricisi veya yatırımcısı, sadece inşaat iznini alarak Denizüstü RES inşa ve montajına başlayabilmektedir.

14.2 Desentralize İzin Modeli

Desentralize modelde saha seçimi kamu ve yatırımcı için daha esneklik sağlayan bir süreci kapsamaktadır. Bu modelde izin ve onayların alınması proje geliştiricisinin sorumluluğundadır. Saha ile ilgili yapılan teknik, mühendislik çalışmalar da proje geliştiricisi veya yatırımcıya aittir. Ayrıca şebeke bağlantısı için yapılacak işlemler yatırımcının sorumluluğundadır. İş yükü sadece kamunun üzerinde değil, proje yatırımcısı tarafından da üstlenilmektedir. Desentralize sistemde izin ve onay süreci, merkezi sistemden daha fazla zaman almaktadır. Projedeki paydaşların sürece dahil edilememesi riski izin ve onay süresinin uzamasına neden olmaktadır. Bu model, devlet ve yatırımcı için bazı belirsizlikler içermektedir. Özellikle iyi tanımlanmamış bir sürecin oluştuğu görülmektedir. İngiltere desentralize modeli uygulayan bir ülkedir. İki aşamalı bir süreci uygulamaktadır. Crown Estate, sahaların kiralamasını yapmakta; daha sonraki süreçte proje geliştiriciler sahayı kendileri belirleyerek gerekli izin ve onay sürecini başlatmaktadır. Yatırımcı, şebeke bağlantısı için gerekli izin sürecini de üstlenmektedir.

14.3 Hibrid İzin Modeli

Son model olan hibrid sistem, her iki modelin kombinasyonudur. Bu modelde devlet, Denizüstü RES projesinin başlangıç aşamasındaki planlamasından sorumludur. İletim sistem işleticisi, bağlantı planlanması ve inşasından sorumludur. Yatırımcı, maliyetine katlanarak projenin planlama aşamalarını ve teknik çalışmaları yürütmektedir. Bu model ABD'de tatbik edilmektedir. ABD'de yatırımcı saha ile ilgili çalışmaları yaparak The Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) kurumuna başvuruyu yapmaktadır. BOEM, deniz tabanı tahsisi yaparak detay mühendislik çalışmaları ÇED gibi süreçlerin başlamasına izin vermektedir. Nihai kararı BOEM vermektedir. Aşağıdaki Şekil ile merkezi ve desentralize modelin süreçleri gösterilmiştir.



Şekil 14.1. Merkezi ve desentralize model süreçleri (Kaynak: GWEC&IRENA, 2023).

Her 3 modelde genel olarak bakıldığında birer cümle ile aşağıdaki yorumlar yapabilir:

1-Merkezi sistem, kamunun bütün izin ve onay süreçlerini üstlendiği modeldir.
2-Desentralize model, yatırımcının proje geliştirme riskini daha fazla üstlendiği modeldir.
3-Hibrid model, esneklik sağlayarak, yatırımcının belirlediği sahalarda süreci hızlandırabilir

Ülkelerin hangi modeli seçeceğin finansal, kültürel ve politik kararlara göre belirlenmektedir. İzin ve onay sürecinde iki ana onay bulunmaktadır: Deniz Mekansal Planlama (DMP) ve Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED).

14.4 Deniz Mekansal Planlama (DMP)

Okyanus ekosistemi kıyısı bulunan ülkelere ciddi bir ekonomik katkı sağlamaktadır. OECD tahminlerine göre okyanus ve denizlerin yıllık 1.5 trilyon USD dünya ekonomisine katkısı bulunmaktadır. DRES teknolojilerinin kullanımı ile birlikte 2030 yılında bu bedel 2 katına çıkabilir. DMP süreci, denizlerin hangi bölgelerinde ne tür faaliyetlerin çevreyle uyumlu bir şekilde yapılabilmesinin planlanmasıdır. DMP süreci, denizde paydaş olan tarafları en baştan bir araya getirerek ileride doğabilecek sıkıntıları minimize etmektedir. İzin ve onay sürecini hızlı ve sıkıntısız gitmesi iyi planlanmış bir DMP süreci ile ancak mümkündür. DMP süreci enerji, sanayi, çevre, balıkçılık, turizm, koruma alanları, askeri sahalar, uçuş rotası, sivil havacılık vb süreçleri kapsamaktadır. Bu konudaki iyi DMP örneklerinden birisi İspanya Hükümeti tarafından 2021 yılında yayınlanan "Roadmap for the Development of Offshore Wind and Marine Energy" çalışmasıdır. Bu raporda İspanya'daki DRES yapılacak potansiyel alanlar belirlenmiştir. DRES proje planlaması ve saha seçiminde limanlara yakınlık göz önüne alınması gereken hususlardandır. Denizüstü RES

potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde limanlar mevcuttur. Ayrıca, Denizüstü RES limanları yürürlükte olan "Bütünleşik Kıyı alanları Yönetimi ve Planlaması" çerçevesinde yapılmış olan planlarda belirlenen liman kapasiteleri doğrultusunda belirlenmelidir.

Çevresel Etki Değerlendirme Süreci
Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) süreci, Denizüstü RES projelerinin çevresel ve sosyal etkilerini inceleyen, modelleme yapan ve etkileşimde olabileceği noktaları minimuma indirmek için yapılması gerekenleri belirten süreçtir. ÇED süreci projeden projeye değişim gösteren bir modellemedir. ÇED çalışması, uluslararası açıdan kabul edilebilir seviyede ve iyi sanayi pratiklerine (good international industry practice) haiz olmalıdır. DRES projesinde ileride olabilecek problemlerin ve çevresel etkilerin minimuma indirilmesinde konunun uzmanları tarafından iyi hazırlanmış ÇED raporunun önemi büyüktür.

Paydaşların Sürece Katılımı
Denizüstü RES projelerinde izin ve onay süreçlerinin pürüzsüz ve hızlı bir şekilde ilerleyebilmesinin en önemli anahtarı, sürece paydaşların en başından itibaren müdahil edilmesidir. Sürece müdahil olan paydaşlar, proje ile ilgili kendilerini etkileyebilecek hususları, endişelerini dile getirerek projenin başlangıç aşamasından itibaren bunları bertaraf edecek veya en azından etkilerini minimuma indirecek gerekli önlemlerin alınması sağlayacaktır. Özellikle balıkçı, turizmci gibi yerel paydaşların sürece katılımı, yerelin endişelerini gidermede önemli katkı sağlayacaktır. İyi hazırlanmış ÇED raporu ile birlikte paydaşların sürece aktif bir şekilde müdahiliyeti, DRES izin ve onay sürecinin verimliliği belirleyen en önemli husustur. Avrupa'daki tecrübelerden deniz kullanımının çıkar çatışması yaratmaması için paydaş katılımı önemlidir. En önemli yerel paydaşlar, balıkçılar (balık kooperatifleri), turizm dernekleri, kıyıda oturan halk, yelken klüpleri, su sporları klüpleri, sivil toplum kuruluşları ve yerel kamu kurumları sayılabilir.

14.5 Denizüstü RT Montaj İzinleri
DRES projeleri için alınması gereken izin ve onaylar ülkeler arasında bazı farklılıklar gösterse de; ana izinler aşağıdaki şekilde kategorize edilebilir.

a. Deniz tabanı kullanım izni,
b. Elektrik üretim lisansı,
c. Şebeke bağlantısı ve kullanım anlaşması,
d. İnşaat ve montaj izni.

İleride hidrojen üretimi hesaba katıldığında elektrolizörler için izin gerekebilir. Avrupa'daki tecrübelerden bu izinlerin alınması gerekli olmakla birlikte, zaman alıcı ve yüksek maliyet gerektirmektedir. Denizüstü RES projelerinin izin ve onay sürecini hızlandırılabilmesi için doğru ve etkin bir süreç yönetimi gereklidir. Bu süreci tahmin edilebilir ve şeffaf olması yatırımcı açısından önemlidir ve yatırımları çeken bir güç oluşturur. İlerleyen sayfalarda mevcut uygulamalarından yola çıkılarak izin sürecinin nerelerde tıkandığı veya yavaşladığı ve bu sürecin çözüm önerisi üzerinde durulmuştur.

a. Uzun süre alan bürokratik süreçler: DRES projelerinde deniz tabanı tahsisi (seabed allocation) alındıktan sonra ortalama 9 yıl süre izin ve onay için geçmektedir. Bu süreçte projedeki kullanılan türbin teknolojisi eskimektedir. DRT üreticisinin üretimini durdurduğu RT'ler projede kullanıldığı görülmektedir. Yeni gelişmeye başlayan ülkelerde ilk projelerde bu durum görülmektedir. Öğrenme eğrisi gereği, bu durum normaldir. Bu ülkeler, gelişmiş ülkelerdir.
Çözüm: İzin süreçleri ile ilgili zamana belirli süreler konularak bu sürelere uyulması sağlanmalıdır. Bu büyüklükteki kritik altyapı yatırımları için gecikmeleri önleyen acil durum çözüm mekanizması (emergency clearing mechanism) kurulabilir.

b. Merkezi idare eksikliği: Merkezi idarenin izin sürecindeki eksikliği, süreci daha karmaşık hale getirmektedir. Bu izin süreçleri, her kurum müdahil oldukça kurumların kendi mevzuları da müdahil olacağından dolayı süreç karmaşıklaşmaktadır. Bu durum hem süre hem de maliyet artışını beraberinde getirmektedir. Merkezi idarenin sürece müdahil olmaması paydaşlar arasındaki veri akışının kısıtlanmasına sebep olmaktadır.
Çözüm: DRES projelerinin izin süreçlerinden sorumlu tek bir kamu kurumu oluşturulmalıdır. Bu kurum izin süreçlerinin basitleştirilmesi ve hızlandırılması için paydaşlarla çalışılmalıdır.

c. Dijital kaynakların eksikliği: Verilerin dijital ortamda bulunabilmesi izin süreçlerinin hızlandırılmasında önemli faktörlerdendir. Bazı kamu kurumları hala süreçlerin dijital (yani e-devlet) yerine hala kağıt üzerinden sürdürmektedir. Bu durum çeşitli gecikmelere neden olmaktadır.

Çözüm: İzin sürecinin mümkün mertebe dijitalize edilmesi sürecin hızlanmasına yardımcı olur. Dijitalize edilmiş veritabanı hem sürenin hem maliyetin düşünülmesini kolaylaştırır.

d. Paydaşlar arasında bütüncül planlama yaklaşımının eksikliği: Deniz ortamında yapılan çalışmalar aralarında balıkçılar, denizciler, turizmciler gibi birçok farklı paydaşı kapsar. Büyük bir biyoçeşitlilik içerisinde olan bu süreç, (GIS) coğrafi bilgi sistemlerinin etkin kullanımı ile potansiyel alanların belirlenmesini sağlamalıdır.
Çözüm: DRES bütün paydaşlarla yerel idarenin, sanayinin, yerel halkın diyaloğunun artırılması gereklidir. Bu süreç, çevresel etkilerin minimize edilmesine de yol açacaktır.

14.6 İzin Süreçleri İçin Öneriler
DRES proje geliştirme ile izin ve onay süreçlerinde ilerleyen sayfalarda bazı öneriler sunulmuştur.

a. Tek Kamu Kurumu (One-Stop Shop)
İzin ve onay süreçlerin tek kamu idaresi üzerinden yönetilmesi sürecin hızlanmasını sağlayacaktır. Tek kamu kurumu yaklaşımı, proje geliştirici/yatırımcı arasında diyaloğun daha güçlü olmasını sağlamaktadır. Bu yaklaşım, izin sürecini hızlandırmasının yanında daha şeffaf yürümesini sağlamaktadır. Böyle bir kamu kurulumun yapması gerekli ilk şey izin sürecine dahil olacak olan bütün kamu kurumlarını koordine edecek yapıyı kendi içerisinde oluşturmalıdır. Aşağıda diğer hususlar özetlenmiştir:

- DRES proje geliştirici/yatırımcı ile sürecin en başından müdahil olarak izin sürecini oluşturan diğer tüm kamu kurumları ve paydaşları izin sürecinin başlayacağı ve ne şekilde ilerleyeceği hakkında bilgilendirme yapmak.
- DRES proje geliştiricisinden gerekli dökümantasyonu olarak varsa düzeltmelerin veya eklemelerin hemen yapılmasını sağlamak.
- Bütün paydaşlara gerekli ve yeterli bilgilendirmelerin zamanında yapılacağını belirterek sürecin şeffaf bir şekilde yürütülmesini sağlamak.
- DRES proje geliştiricisine ilaveten istenen bilgilerin hızlı bir şekilde sunulmasını sağlamak.
- Nihai karar verici kurumu (genellikle bakanlık) projenin durumu ile ilgili sürekli bilgilendirmek.
- Nihai karar veren otoriteye, süreçten etkilenebilecek paydaşların (özellikle çevre ve sosyal) bu etkilerin minimuma indirilmesini sağlayan önerilerde bulunmak.

EU Renewable Energy Directive üye ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına ait izin sürecini kısaltılmasını sağlayan tek kontak nokta (single contact point) yaklaşımını zorunlu kılmıştır. Bu konuya örnek olarak İsveç Enerji Ajansı (Swedish Energy Agency) örnek verilebilir. Ajans, tek bir dijital kontak noktası kurarak izin sürecine müdahil olan kamu kurum ve kuruluşları, belediye ve diğer paydaşların yatırımcı ile buluşturarak DRES sürecini hızlandırmıştır. Tek kamu kuruluşu yaklaşımı, bütün izin ve onayların bu kurumun üzerinden verileceği veya diğer kamu kurumların yetkilerini devredeceği anlamına gelmez. Tek kamu kurumu kontak noktasıdır. Bu kurum, her ülkede aynı yapıda olmayabilir. Yapısı ve işleyişi bulunduğu ülkenin kanunları, politik yapısı ve ülke kültürüne göre değişimler gösterebilir. Bazı ülkelerde DRES projeleri için merkezi bir otorite mevcuttur. Dünyadaki bazı ülkelerde merkezi olmayan (desentralize) yaklaşım izin sürecini yürütmektedir. Diğer bazı ülkelerde Tek Kamu Kurumu yaklaşımını uygulayacak yasal zemin veya politik istek bulunmayabilir. Bu durumda izin sürecini hızlandırmak için tüm paydaşların tek çatı altında toplanması çok zor olabilir. Böyle bir yapı için tavsiye edilen şey ise, ilgili kamu kurumunun DRES projesinin izin sürecini hızlandırabilmek için işleri sahiplenmesidir.

Vaka Çalışması: Danimarka Örneği
Danimarka Denizüstü RES projelerinin başarısının altında iki önemli neden yatmaktadır: İlki uzun dönem planlama ve ikincisi de stabil ve destekleyici yasal altyapının sağlanmasıdır. Tek Kamu Kurumu yaklaşımını uygulayan Danimarka'da bu kurumun adı Danimarka Enerji Ajansıdır (Danish Energy Agency-DEA). DEA, Danimarka'daki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Desteklenmesi Kanunu'na (Act on Promotion of Renewable Energy) göre, Danimarka kıyıları ve Münhasır

Ekonomik Bölgesinde (Exclusive Economic Zone) DRES projelerinin bütün izin, lisans ve onayların verilmesinden sorumludur. DEA, bu süreçte üç ana lisans vermektedir:

a. Ön etütlere başlama lisansı. Bu lisans, proje geliştirici/yatırımcı şirketten projeye ait ön raporu sunmasından sonra, DRES proje sahasında ön etütleri ve gerekli diğer teknik çalışmaları yapabilmeyi sağlar.
b. Denizüstü RT Montaj lisansı. Ön etütlerden ve gerekli mühendislik çalışmalarından sonra DRT'lerin sahada montajı için verilen lisanstır.
c. Elektrik üretim lisansı. DRES devreye alındıktan sonra verilen lisanstır.

b. Paydaşların Bilgilendirilmesi

Denizüstü RES projelerinin geliştirme ve inşaat safhalarında aralarında yerel halkın, yerel idarenin, belediyelerin, sivil toplum kuruluşlarının, endüstrinin vb. bütün paydaşların bir araya gelerek bilgilendirme toplantıların yapılması projenin doğru ve hızlı işleyişi için çok önemlidir. Bu husus Deniz Mekansal Planları (DMP) süreci içinde büyük önem arz etmektedir. Projenin başından itibaren bütün paydaşların bilgilendirerek, görüş ve önerilerin en başta alınması ileride ortaya çıkabilecek birçok sıkıntıyı, çözme noktasında işleri kolaylaştıracaktır. Bu süreç, merkezi ve yerel idarenin (eğer var ise, tek kamu kurumunun) işlemini kolaylaştıracaktır.

Vaka Analizi: İngiltere Scroby Sands

Scroby Sands DRES projesinin tanıtımı ve çevreye uyumu ile ilgili olarak etkin bir medya ve kamuoyu bilgilendirme stratejisi izlemiştir. Bu amaçla Great Yarmouth bölgesinde bir bilgilendirme merkezi kurulmuştur. Bu merkezde, proje ile ilgili görsel ve yazılı bilgiler ile videolar paylaşılarak bölge sakinleri ve diğer paydaşlar sürekli bilgilendirilmiştir.

Şekil 14.2. Scroby Sands DRES bilgilendirme merkezi.

c. İzin Süreçlerinin Belirlenmesi

DRES izin sürelerinin açık bir şekilde yazılarak izinler için gereken sürelerin belirtildiği bir rehber hazırlanabilir. Böyle bir rehber, yatırımcıya açık ve seçik bir yol haritası çizeceğinden dolayı, risklerin azaltılmasını sağlamasının yanında; cazip bir ortam yaratır. 30 Mart 2023 tarihinde AB Konseyi ve Parlementosu, denizüstü RES projeleri için izin süreçlerinin maksimum 3 yıl olması gerektiğini belirtmiştir. Bu süre, ÇED sürecini de içermektedir.

d. İzin Sürecinin Dijitalleşmesi

Denizüstü RES projelerinin birçok ülkede geliştirilmeye ve yapılmaya çalışılması tecrübeli personel gereksinimlerini arttırmıştır. Bu yüzden eleman ve dijital kaynakların geliştirilmesi yani buralara yatırım yapılması zaruridir. Gerek merkezi ve gerekse de yerel olarak bu süreç yönetilmelidir. Bazı ülkeler, bu kaynakların geliştirilmesi için çalışmalara başlamıştır. Personelin dijitaldeki yeteneklerinin artırılması gereklidir. Denizüstü RES proje izin ve onay süreci mutlaka dijitalize edilmelidir.

Denizüstü RES saha seçiminde uygulanan kriterlerin hepsinde dijital veritabanı, kadastral harita, koruma alanları, turizm alanları, balıkçılık alanları vb gibi birçok veri tabanı coğrafi bilgi sistemleri ile birleşerek proje geliştiricisinin işini kolaylaştırır. Burada istisnai alan, askeri alanlardır; veritabanı mümkün mertebede askeri alanları da içermelidir. Dijital veritabanının etkin kullanımı ÇED ve Deniz Mekansal Planlama süreçlerinin hızlanmasında ve efektif süreç yönetiminde çok önemli rol oynar.

e. Deniz ve Kara Kaynaklarının Kullanımı

Ulusal veya yerel ölçekte deniz ve kara kullanım rehberi hazırlanmalıdır. Denizüstü RES projesinin karaüstünde bulunan bileşenlerinin (enerji nakil hattı ve trafo merkezi gibi) bulunduğu dikkate alındığında hükümetler çıkar çatışması veya oluşabilecek sıkıntıların önüne geçebilmek için Denizüstü

RES bileşenlerinin deniz ve karada nasıl kullanacağın anlatan bir kılavuz hazırlanabilir. Burada biyoçeşitliliğe en az zararla bileşenlerin nasıl yapılabileceği de belirtilmelidir. İspanya'daki Aralık 2021 tarihinde ülkenin Denizüstü RES ve diğer deniz enerji kaynaklarının geliştirilebilmesini amaçlayan bir yol haritası yayınlanmıştır. Bu yol haritasında üç temel husus üzerinde durulmuştur: Deniz Mekansal Planlama (DMP), şebeke bağlantısı ve iş modeli. Süreçlerin hızlandırılması da yol haritasında belirlenmiş olunup DMP süreci tariflenmiştir. Proje başlangıcından itibaren bütün paydaşların sürece dahil edilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Mart 2023 tarihinde, Denizüstü RES projelerinin geliştirilebileceği alanlar Deniz Mekansal Planında belirtilmiştir.

f. Davaların Acil Karara Bağlanması

Yasal ihtilafların hızlıca çözülebilmesi için bu mekanizma kullanılmalıdır. Bazı durumlarda izin alındıktan sonra dava açılarak süreç durdurulabilmektedir. Özellikle ÇED süreci için bu durum sıklıkla görülmektedir. Bu tarz davalara bakan yargı personeline teknik yardım sağlanmalıdır.

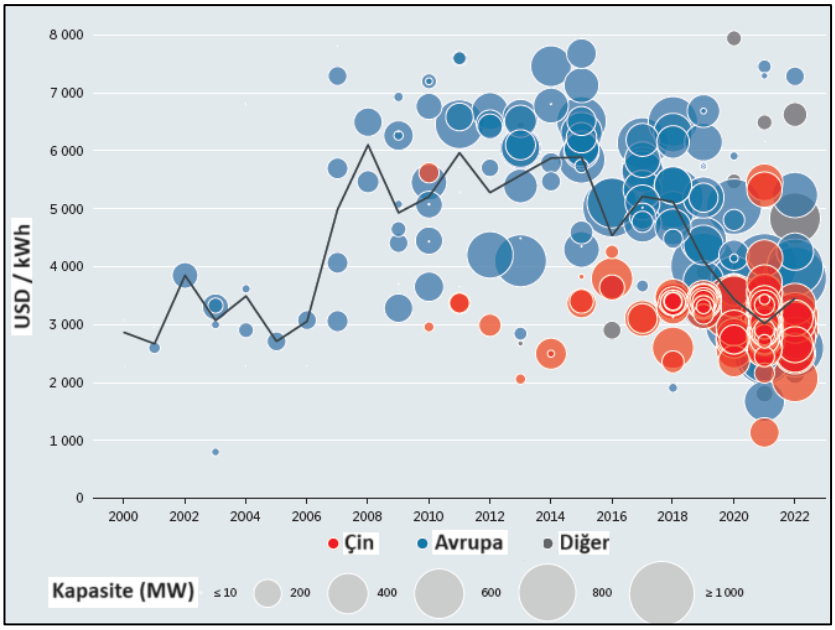
BÖLÜM 15: DENİZÜSTÜ RES YATIRIM TUTARLARI VE FİNANSMAN

15.1 Denizüstü RES Yatırım Maliyeti

Denizüstü RES projelerinin yatırım maliyeti karaüstü RES'lere göre daha yüksektir. Bununla beraber, kıyaslama yapılırken sadece birim yatırım tutarı değil; daha yüksek kapasite faktörü, elektrik üretimi ve istihdam değişkenlerini içeren indirgenmiş elektrik maliyetine (levelized cost of electricity - LCOE) bakmak daha doğru olacaktır. Bu değerlere bakıldığında, başa baş noktasına gelindiği görülmektedir. 2021 yılında 1 MW yatırım bedeli 3.052.000 iken; 2022 yılında bu değer 3.461.000 USD bedeline yükselmiştir. 2022 yılında maliyet artışının temel nedenleri aşağıda sıralanmıştır;

a. Covid 19 Pandemi süreci sonrası artan çelik, petrol ve navlun fiyatları,
b. DRES projelerinin daha derin ve kıyıdan uzak bölgelere doğru kayması,
c. Montaj gemilerinin yetersizliği ve buna paralel olarak montaj fiyatlarındaki artışlar,
d. Kablo ve lojistikte yaşanan sıkıntılar,
e. Projelerin daha karmaşıklaşması sebebi ile artan proje geliştirme, mühendislik, izin süreci maliyetleri.

2000-2022 yılları arasında yatırım tutarının değişimi aşağıdaki Şekil ile görülmektedir.



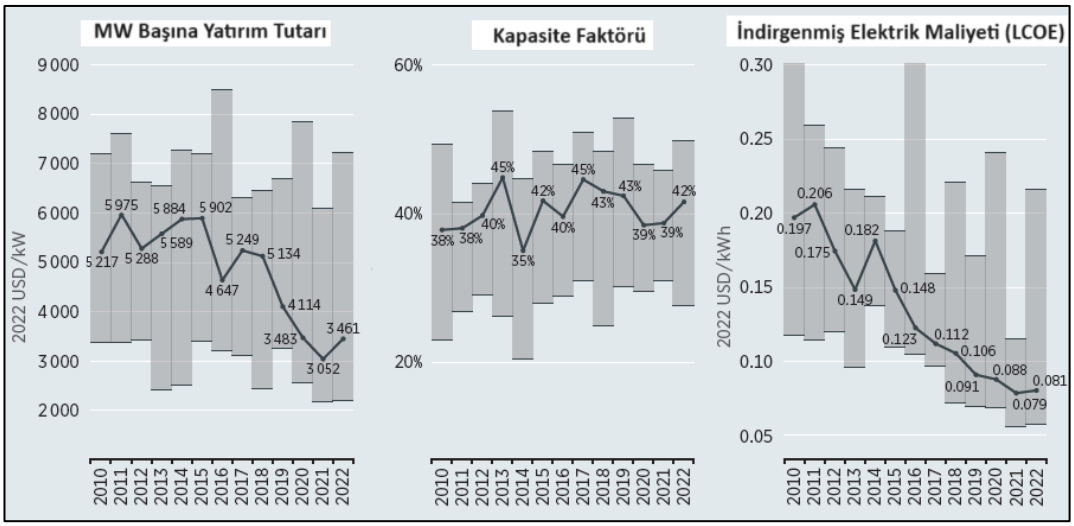
Şekil 15.1. 2000-2022 yılları yatırım tutarı değişimi (Kaynak: IRENA 2023).

Bütün bu nedenlere rağmen; 2011-2022 yılları arasında DRES MW yatırım maliyeti global ölçekte %42 düşüş göstermiştir. Ülkeler bazında bakıldığında Belçika'da 2010-2022 döneminde %44; Çin'de %43 maliyet düşüşü göstermiştir. Bu maliyetleri, ülkelerin iç mevzuatına göre değişen DRES'in enerji nakil hattı ve şebeke bağlantı maliyetinin şebeke operatörü veya yatırımcı firma tarafından üstlenilmesi gibi hususlar etkilemektedir. Örneğin Çin'de enerji nakil hattı ve şebeke bağlantı maliyeti DRES yatırımcı firma tarafından üstlenilirken; Danimarka'da bu maliyet şebeke operatörü tarafından üstlenilmektedir. Danimarka'da MW maliyetinin 2.544.900 USD olmasının nedeni budur. DRES projelerindeki maliyeti etkileyen en önemli parametreler, deniz derinliği, kıyıya uzaklık ve kullanılan temel tipidir. Tipik bir DRES projesinin maliyet dağılımına bakıldığında; DRT %33-43, temel %14-22, montaj %8-19, elektrik işleri %8-24, proje ve mühendislik %2-7 arasında değişmektedir. Aşağıdaki Tablo ile bazı ülkelerdeki 2010-2022 arasındaki DRES maliyetleri verilmiştir.

Tablo 15.1. 2010-2022 yılları Ülkelerin yatırım tutarı değişim (Kaynak: IRENA 2023).

Ülkeler	2010 Yılı (USD/kWh)	2022 Yılı (USD/kWh)
Belçika	6777	3793
Danimarka	3662	2449
Almanya	7211	4220
Hollanda	4600	2604
İngiltere	5086	3891
Çin	4862	2811
Japonya	5471	6637

Denizüstü RES projelerinin 2010-2022 döneminde MW başına yatırım, DRES proje kapasite faktörü ve indirgenmiş elektrik maliyet (LCOE) değerleri aşağıdaki Şekil ile verilmiştir.



Şekil 15.2. 2010-2022 yılları arası değişim (Kaynak: IRENA 2023).

Genel olarak son 10 yılda Denizüstü RES projelerinin yatırım maliyetinin düşüş sebepleri aşağıda özetlenmiştir.

Ölçek: Denizüstü RT unite kurulu güçlerinin 20 MW'a yaklaşması ve Denizüstü RES projelerinin proje kurulu gücünün 1 GW civarında olması standart hale gelmiş ve proje ölçek ekonomisi gereği maliyet düşmüştür.

Riskler: Denizüstü RES sanayisi ve tedarik zinciri belirli bir olgunluğa erişerek bazı riskleri bertaraf etmiştir. Bu süreç, projelerin teknik ve idari yönetimini daha kolay hale getirmiştir.

Finansman: Denizüstü RES projelerinin risklerinin azalması, finansman maliyetinin de düşmesine yol açmıştır. Gelişmiş pazarlarda %80 kredi imkanı bulunabilmiştir.

Rekabet: Projelerin artmasına paralel olarak piyasalar geliştikçe ortaya çıkan rekabet, fiyatların ve dolayısıyla Denizüstü RES maliyetinin düşmesine yol açmıştır.

Bununla birlikte Denizüstü RES projesinin ilk defa yapıldığı ülkelerde daha yüksek maliyet çıkabilir. Bunun ana nedenleri;

Politik risk: Ülkedeki politik riskler Denizüstü RES projesinin daha yüksek maliyete çıkmasına sebep olmaktadır.

İlk proje riski: Bu büyüklükteki bir projenin ilk defa yapılmasının öğrenme maliyeti vardır.

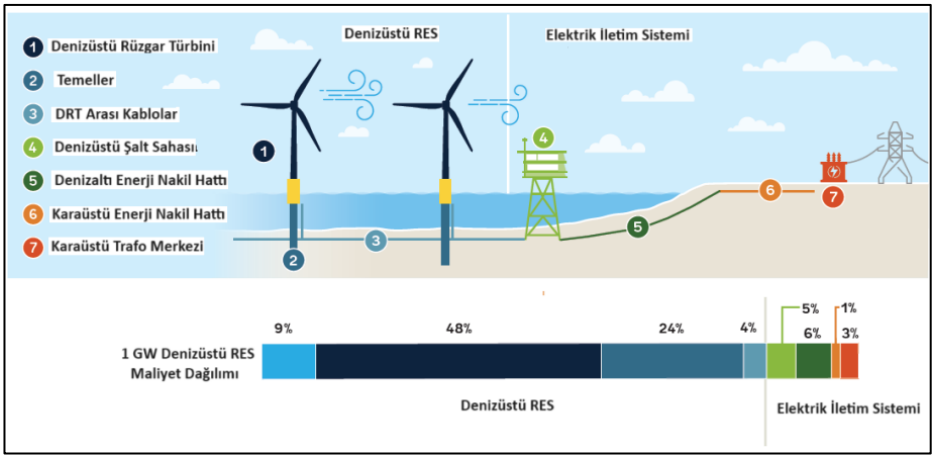
Gelişmemiş tedarik zinciri: Denizüstü RES projesi için gelişmemiş liman, tedarik zinciri gibi hususlar ekipman ve servis fiyatlarının yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Liman kapasitesi: Denizüstü RES proje sahası yakınlarında liman olmaması veya yetersiz kapasitede liman olması maliyeti artıran bir etmendir.

Yüksek finansman maliyeti: Denizüstü RES proje sahası yakınlarında liman olmaması veya yetersiz kapasitede liman olması maliyeti artıran bir durumdur.

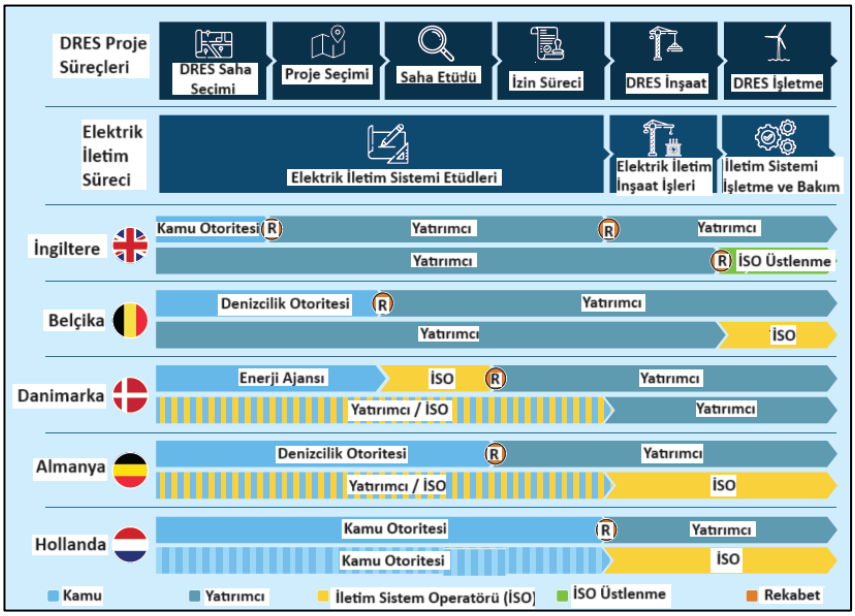
Yetişmiş eleman yetersizliği: Denizüstü RES projelerinde çalışacak olan yetişmiş eleman eksikliği maliyeti artırıcı bir faktördür.

Gelişmekte olan pazarlarda ilk DRES projesi mutlaka kamu tarafından desteklenmelidir. Dünya Bankası (2023) raporuna göre tipik 1 GW Denizüstü RES projesinin toplam yatırım tutarı 2.9 milyar USD civarındadır. Aşağıdaki Şekilde bu maliyet kalemleri ve yüzdeleri verilmiştir.



Şekil 15.3. 1 GW Denizüstü RES maliyet kalemleri ve yüzdeleri (Dünya Bankası, 2023).

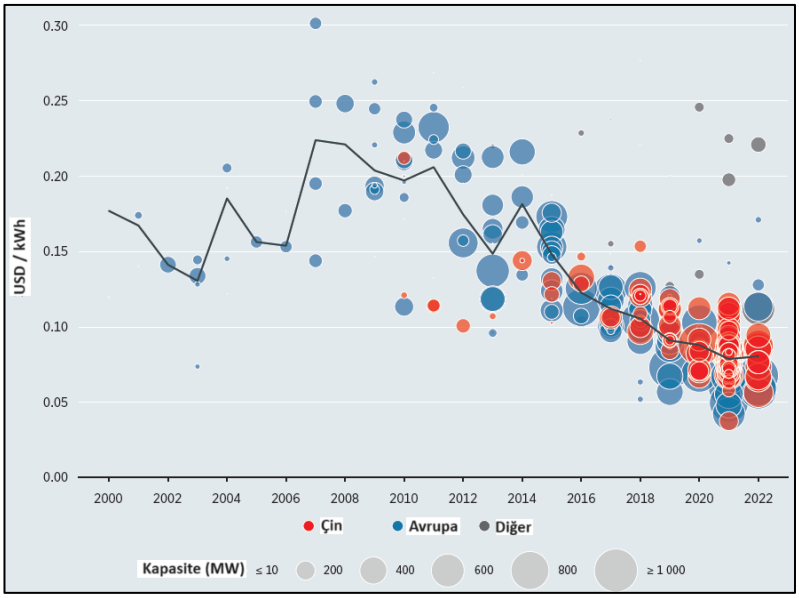
Gelişmekte olan bir piyasada bu büyüklükteki bir projenin yatırım maliyeti yüksek olabilir. Bu maliyeti elektrik iletim sisteminin kimin tarafından üstlenileceği önemli rol oynar. Bazı ülkelerde Denizüstü RES projelerinin enerji iletim sisteminin maliyeti iletim sistem operatörü (İSO) tarafından üstlenilmektedir. Örneğin İngiltere ve Belçika'da Denizüstü RES elektrik iletim sistemi yatırımcı şirket tarafından üstlenilip iletim sistem operatörüne devredilmektedir. Hollanda'da Denizüstü RES elektrik iletim sisteminin maliyetini İSO karşılamaktadır. Bu husus, Denizüstü RES projesinin toplam yatırım tutarını yatırımcı açısından iyileştirmektedir; bir nevi teşvik gibi düşünülebilir. Bazı ülkelerde Denizüstü RES maliyet süreçleri aşağıdaki Şekil ile verilmiştir.



Şekil 15.4. Bazı ülkelerde Denizüstü RES maliyet süreçleri (Dünya Bankası, 2023).

Denizüstü RES İşletme ve Bakım Maliyetleri
Denizüstü RES işletme ve bakım maliyetleri IRENA 2023 raporuna göre 1.7 USDc/kWh ile 3 USDc/kWh arasında değişmektedir.

İndirgenmiş Elektrik Maliyeti (LCOE)
Son yıllardaki türbin teknolojisi ve denizcilik alanındaki gelişmeler, indirgenmiş elektrik maliyetinin (levelized cost of electricity-LCOE) 2010-2022 yılları arasında %59 düştüğünü göstermiştir. Aşağıdaki Şekilde görüldüğü gibi 2010 yılında 19.7 USDc/kWh olan LCOE değeri 2022 yılında 8.1 USDc/kWh değerine düşmüştür.



Şekil 15.5. 2010-2022 yılları arası LCOE değişim (Kaynak: IRENA 2023).

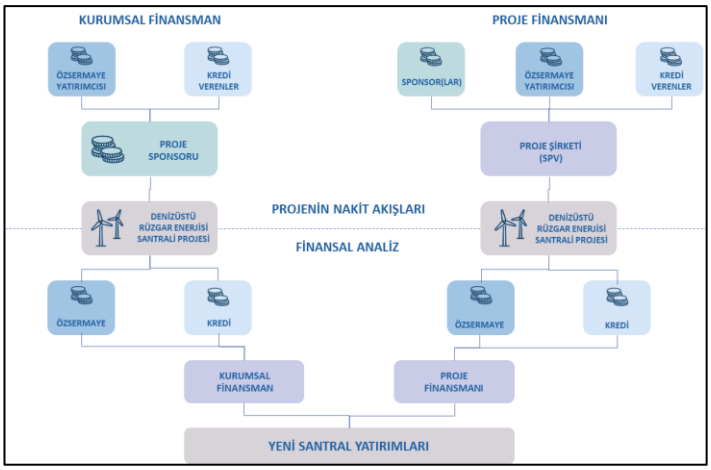
Dünya Bankası hesaplarına göre, 1 GW kurulu güçlü bir Denizüstü RES projesinin indirgenmiş elektrik maliyeti (Levelized Cost of Electricity-LCOE) 70 USD/MWh olması ulaşılabilir bir hedeftir.

En düşük LCOE değerine 2021'de 4.3 USDc/kWh ile Danimarka'da onu 5.8 USDc/kWh ile Hollanda takip etmektedir. Bazı ülkelere ait 2010 ve 2022 LCOE değerleri Tablo ile verilmiştir.

Tablo 15.2. 2010-2022 yılları Ülkelerin LCOE değişim (Kaynak: IRENA 2023).

Ülkeler	2010 Yılı (USD/kWh)	2022 Yılı (USD/kWh)
Belçika	0.238	0.088
Danimarka	0.114	0.043
Almanya	0.189	0.078
Hollanda	-	0.058
İngiltere	0.219	0.064
Çin	0.190	0.085
Japonya	0.189	0.077

15.2 Denizüstü RES Projeleri Finansmanı
Diğer enerji kaynaklarında olduğu gibi denizüstü rüzgar santrallerinin (DRES) finansmanı için de iki seçenek bulunmaktadır. Santrallerin finansmanı kurumsal finansman ve proje finansmanı yapıları ile mümkün olabilmektedir. Her iki finansman yapısının özellikleri aşağıdaki şemada görülmektedir. Buna göre Denizüstü RES yatırımları yatırımcının bilançosuna aksedecek şekilde kurumsal finansman yapısı ile finanse edilebilirken, bilançoya yansımayacak şekilde proje finansmanı yapısı ile de finanse edilebilmektedir. Her iki yapıda özsermaye ve kredi kaynakları birlikte kullanılabilir.



Şekil 15.6. DRES projelerinde kurumsal finansman ve proje finansmanı yapıları.

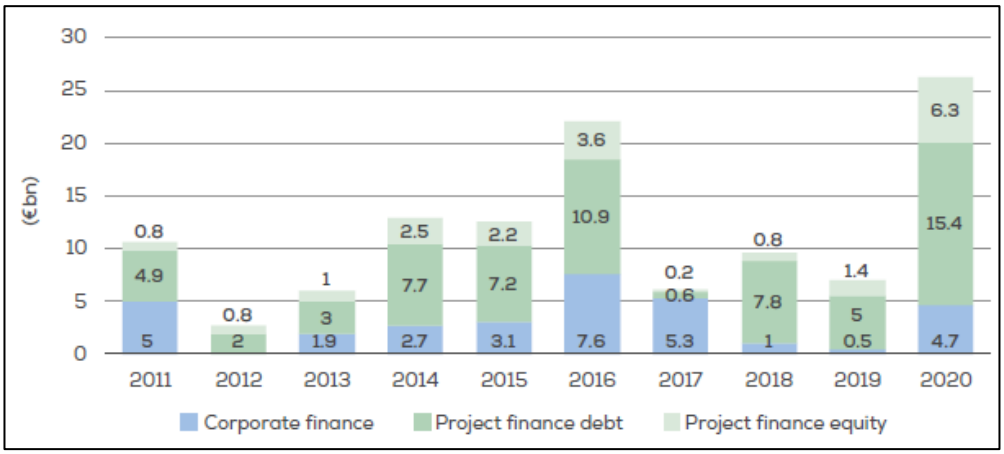
Kurumsal finansman ile proje finansmanı yapılarının temel farkları Tabloda görülebilir.

Tablo 15.3. Kurumsal finansman ile proje finansmanı temel farklılıkları.

Kurumsal Finansman	**Proje Finansmanı**
Kredi alan, ana şirketin kendisi veya iştirakidir. İştirakinin kredi kullandığı durumda, ana şirket garantör olur.	Proje, Sponsorların özel olarak sadece bu amaçla kurduğu bir proje şirketince (SPV) gerçekleştirilir ve kredinin borçlusu bu şirkettir.
Kredi değerlendirmelerinde kredi kullananın geçmiş konsolide finansalları dikkate alınır.	Kredi verenler, kredi analizini projenin yaratacağı nakit akışına ve proje kapsamında alınacak teminata göre gerçekleştirirler.
Projenin nakit akışı ve ilgili malvarlığı, kredi alanın diğer iş ve işlemlerinden ayrılmaz ve bunlarla birlikte değerlendirilir.	Projenin nakit akışları ve projenin mal varlığı, Sponsorların diğer iş ve işlemlerinden ayrı tutulur ve değerlendirilir.
Kredinin ödemeleri için, tüm faaliyetlerden yaratılan nakit akışları esas alınır. Sponsorun borçlanma kapasitesi kullanılır.	Kredinin geri ödemeleri için projenin nakit akışları ve yaratacağı gelirler esas alınır.
Kredinin teminatını, şirketin tüm varlık portföyü oluşturmaktadır.	Kredinin teminatını, projenin nakit akışları ve sözleşmeler oluşturur. Sponsorların kefaletleri veya garantileri sınırlıdır ya da hiç olmayabilir.
Projeden yaratılan nakit diğer projelerde kullanılabilir veya hissedarlara dağıtılabilir. Serbest nakit kullanım yetkisi şirkettedir.	Projeden yaratılan nakit akışları rezerv olarak ayrılabilir. Serbest nakdin kullanımı ile ilgili şirketin yetkileri sınırlıdır.
Kredi alanın tüm malvarlığına rücu edilebilir.	Sponsorlara rücu yok ya da sınırlıdır.
Önemli olan kredi alanın kredibilitesidir. Teminatsız kredi kullandırıldığı da görülebilir.	Kredi, Proje nakit akışlarıyla geri ödenir; temerrüt halinde alınan teminatlara rücu edilir. Proje tesisleri, gelirleri, sözleşmeler, lisans ve izinler, hesaplar dahil projenin tüm malvarlığı üzerinde teminat tesis edilir.
Borçlanma, ana şirketin konsolide mali tablolarına yansıtılır.	Borçlanma, sadece SPV'nin mali tablolarına yansıtılır.
Borçlunun işletmelerinden birinde çıkan bir sorun, şirketin tüm mali durumunu etkileyebilir.	Proje, Sponsorların mali sorunlarından yalıtılabilir.
Şirketin bütün malvarlığını, işletmelerini ve işlemlerini kapsayan iflas prosedürü daha karmaşıktır ve uzun sürer.	İflas prosedürü ve teminatların nakde çevrilmesi proje şirketinin (SPV'nin) malvarlığı ile sınırlı olduğundan daha basittir ve kısa sürer.
Sponsorun borç alma kapasitesinin üzerine çıkılmaz.	Sponsorun borç alma kapasitesinin üzerine çıkılabilir.
Genellikle standart Genel Kredi Sözleşmesi imzalanır.	Kredi sözleşmeleri projelerin özelliklerine göre yapılandırılır. (Türk/ İngiliz Hukuku-LMA)

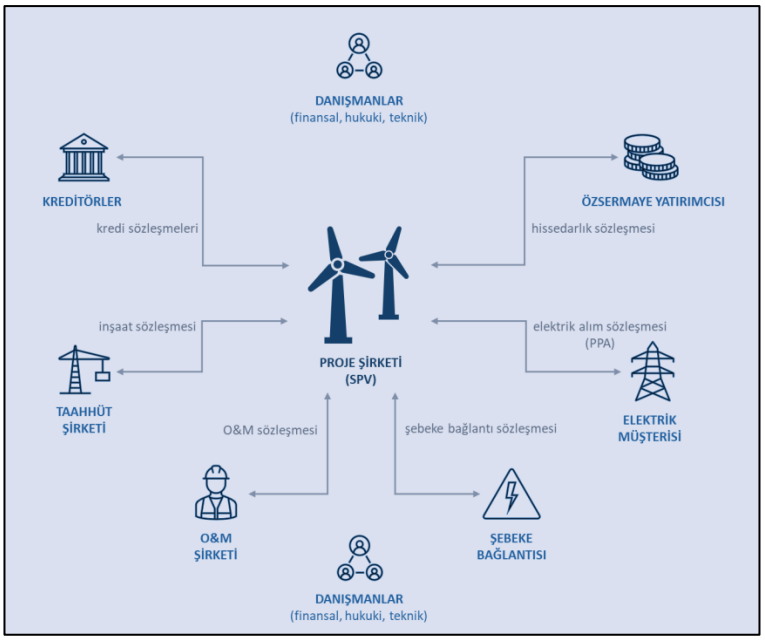
Özellikle enerji ve altyapı sektörlerindeki yatırımların finansmanında proje finansmanı yöntemi yukarıdaki tablodan da görülebileceği gibi, sponsorlara rücunun olmaması, sponsor bilançolarına yansımaması, sponsorun borç alma kapasitesinin üzerine çıkılabilmesi gibi özelliklerinden dolayı

sıklıkla tercih edilmektedir. 2011 – 2020 yılları arasında Avrupa'da yapılan yeni Denizüstü RES yatırımlarının büyük çoğunluğunda proje finansmanı yöntemi tercih edilmiştir.



Şekil 15.7. 2011-2020 yılları arasında DRES yatırımları için tercih edilen finansman yöntemleri (milyar €- *Kaynak: WindEurope).*

Proje finansmanı işlemlerinin doğası gereği bir çok taraf bir araya gelerek projeyi ortaya çıkarmaktadır. Tüm proje tarafları proje şirketi olarak adlandırılan yapıya bağlıdır. Proje şirketi, proje finansmanı işlemlerinde zorunlu olarak bulunması gereken bir yapıdır. Sponsora bağlı olarak kurulan proje şirketi üzerinden finansman işlemleri gerçekleştirilmektedir. Proje şirketi kurulduğu anda bilançosu sıfıra eşittir. Proje finansmanı işlemlerinde tüm taraflar ve taraflar arası sözleşmeler aşağıdaki şekilde görülebilir.



Şekil 15.8. Denizüstü rüzgar enerjisi santralleri için örnek proje finansmanı yapısı.

DRES proje finansmanı modeline göre, ihtiyaç olan finansman kreditörler ve özsermaye yatırımcıları tarafından sağlanmaktadır. Kreditörler ile yapılan kredi sözleşmesi gereğince, kreditörler tarafından proje şirketine kredi sağlanırken, projenin hayata geçmesiyle birlikte proje şirketi tarafından kreditörlere kredi geri ödemesi gerçekleştirilir. Özsermaye yatırımcıları ise proje şirketine özsermaye kaynağını aktarırken karşılığında hissedarlık sözleşmesi ile proje hissedarı olmaktadırlar. Taahhüt şirketi ile yapılan inşaat sözleşmesi ile taahhüt şirketi projenin inşaat işlerinin gerçekleştirilmesi için yetkilendirilir. İnşaat işleri bir taahhüt firmasına tek başına verilebileceği gibi mühendislik, tedarik ve inşaat (engineering, procurement, construction – EPC) sözleşmeleri aracılığıyla da verilebilir. EPC sözleşmesi imzalanması halinde tamamlanma süresi, bütçe aşımı gibi riskler EPC firmasına doğrudan aktarılmış olur. Denizüstü rüzgar enerjisi santralleri inşaat yoğun projeler olduğundan bu konu önem

arz etmektedir. O&M sözleşmeleri türbin ve sistemin bakım onarımının gerçekleştirilmesi için gerekli olup, çoğu zaman türbin tedarikçisi firma tarafından türbin tedarik sözleşmesiyle birlikte imzalanmaktadır. Şebeke bağlantısı için resmi kuruluşlar ile proje şirketi arasında sözleşme yapılırken, çeşitli firmalar ile elektrik alım sözleşmeleri (power purchase agreement- PPA) imzalanabilir. Firmalarda imzalanan elektrik alım sözleşmeleri özellikle devletin alım garantisi vermediği serbest işleyen piyasalarda projenin finansmanını önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Proje şirketinin çeşitli firmalarda elektrik alım sözleşmesinin olması, kreditörler tarafından projenin gelir garantisi olduğu şeklinde yorumlanır ve projenin finanse edilebilir (bankable) olmasında önemli bir rol oynar. Danışmanlık şirketleri danışmanlık sözleşmesi çerçevesinde öncelikli olarak kreditör ve özsermaye yatırımcılarına, talep edilmesi halinde tüm taraflara finansal, teknik ve hukuki danışmanlık hizmeti sağlamaktadır.

Türkiye örneği değerlendirildiğinde, ilk proje finansmanı yapısının türbin tedarik ülkesine ait ihracat kredi kuruluşları, bölgesel kalkınma bankaları ve Türkiye'de faaliyet gösteren ticari banka konsorsiyumuna dayanan, ağırlıklı olarak ihracat kredi kuruluşlarının Türkiye'deki bankalardan sağlanan garantiler ile ilerlediği, bölgesel kalkınma bankalarının ülke enerji fonlarından yararlanan bir yapının işler olması muhtemeldir. Bu şekilde bir finansman dağılımının Türkiye'deki proje şirketi (SPV) düzeyinde projelerinin özellikleri ve risk profiline uygun sağlanması beklenmelidir.

Türkiye finansman modeli örneği belirlenirken, hem fonlama maliyetlerinin etkisi hem de karaüstü rüzgar enerjisinde Türkiye proje finansmanlarını değerlendirdiğinde ilk örnek yapının %65/35 - %70/30 kredi/özkaynak seviyesine yaklaşık bir şekilde gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Kredi/özkaynak seviyesi belirlenirken denizüstü rüzgar projelerinde yatırım bütçesinin belirli bir oranında "beklenmedik maliyet bütçesi (contingency budget)" olacağı hesaba katılmalıdır. Avrupa finansman yapılarında %20 seviyelerinde hesaba katılan bu bütçenin, Türkiye örneğinde özellikle ilk finansman modeli için %30 seviyelerinde değerlendirmeye alınmasının yerinde olacağı ve kredi/özkaynak oranının bu bütçeye göre belirlenmesi gerekebileceği öngörülmektedir.

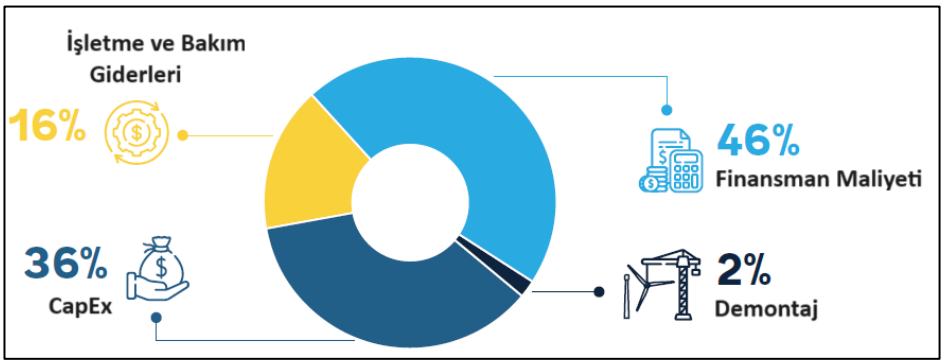
Nihai elektrik satış fiyatıyla doğrudan ilintili olmakla birlikte, re-finansman vadesinin Türkiye proje finansmanı modellerinde daha az ihtiyatlı hesaba katılmasından hareketle denizüstü rüzgar enerji proje finansman yapısının ilk örnekte 12-13 yıllık bir operasyon vadesini taşıyacağı ve uçtan uca 15 yıllık bir vadeye yakınsayacağı düşünülmekte ve minimum 12,5 yıllık bir operasyon döneminde geri ödeme kapasitesinin oluşacağı hesaplanmaktadır. Bu uzunlukta bir vadede yatırımcı firmaların öncül yatırım dönemi ve yatırım harcamaları için en az 2 yıllık bir sermaye aktarımı dönemi öngörmesi, devamında da en az 3,5 yıllık kredilendirme ile paralel ilerleyen yatırım dönemi öngörmesi finansal analizler için önem arz etmektedir.

Türkiye denizüstü rüzgar enerjisi proje finansmanında borç servis karşılama oranı seviyesinin belirlenmesinde, Türkiye'ye örnek bir finansal modellemeden ve Avrupa'daki ilk örneklerden de hareketle P90 rüzgar verisinin kredi yapılandırmada esas alınacağı, elektrik alım fiyatına doğrudan bağlı olmakla birlikte asgaride ise P75 seviyesinde 1,45 borç servis karşılama oranı ile kredi vadesi için ortalamada kredi yapılandırması öngörülmelidir. Bu noktada finansman yapısının sağlamlığı açısından yıllık modellemede işletmeye geçişten sonraki ilk 5 yıl için daha ihtiyatlı bir yıllık borç servis karşılama oranı ile sonraki yıllarda ise azalan borç servis karşılama oranları ile modelleme ve fizibilite yapılması da mümkün olabilecektir. Söz konusu yapılandırmada daha ihtiyatlı seviyelerin değerlendirmeye alınacağı öngörülmekle birlikte, Türkiye'deki denizüstü proje alanı, rüzgar dağılımları, kapasite faktörleri ve operasyonel maliyetlerin Avrupa piyasasına kıyasla nasıl şekilleneceği de bu seviyelerin bire bir belirlenmesinde etkili olacaktır.

Rapor kapsamında Türkiye'deki denizüstü rüzgar finansmanları için önerilen proje finansmanı yapısı genel hatları taşımaktadır. Her proje finansmanı işleminde olduğu üzere, kredi modelleme, kredi analizi, piyasadaki fonlama koşulları, makroekonomik varsayımlar, piyasadaki sermaye ve kredi maliyetleri, teknik çalışmalar, proje bütçesi ve yatırım süresi ile en nihayetinde oluşan enerji fiyatı ile geçerlilik dönemi ve faiz seviyesi bileşenleri paralelinde kredi koşulları değerlendirilmelidir. Bununla birlikte 2010-2017 yılları arasında Avrupa'daki denizüstü rüzgar proje finansmanı piyasası gelişiminin ve birebir proje örneklerinin analizi sonucunda oluşturulan veri setlerinden hareketle, Türkiye'de özellikle 2011 ve devamında yenilenebilir enerji finansmanı alanında gerçekleştirilen proje finansmanı işlemlerindeki yapılar ve koşullar da değerlendirmeye alınarak bu öneriler ortaya konulmuştur. Sunulan önerilen hem yatırımcı hem de finansal kuruluşlar açısından baz model sunması açısından önem arz etmektedir.

Finansman Maliyetinin Düşürülmesi

Denizüstü RES projesinin ilk yatırım tutarında finans maliyetinin ciddi bir etkisi bulunmaktadır. Aşağıdaki Şekil Dünya Bankası Vietnam Yol Haritası Raporu'ndan alınmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde tipik bir Denizüstü RES projesinin maliyet dağılımı görülmektedir. Görüldüğü gibi finansman maliyeti, projenin indirgenmiş elektrik maliyeti (LOCE) üzerinde %46 civarında yüksek bir maliyet kalemini oluşturmaktadır.



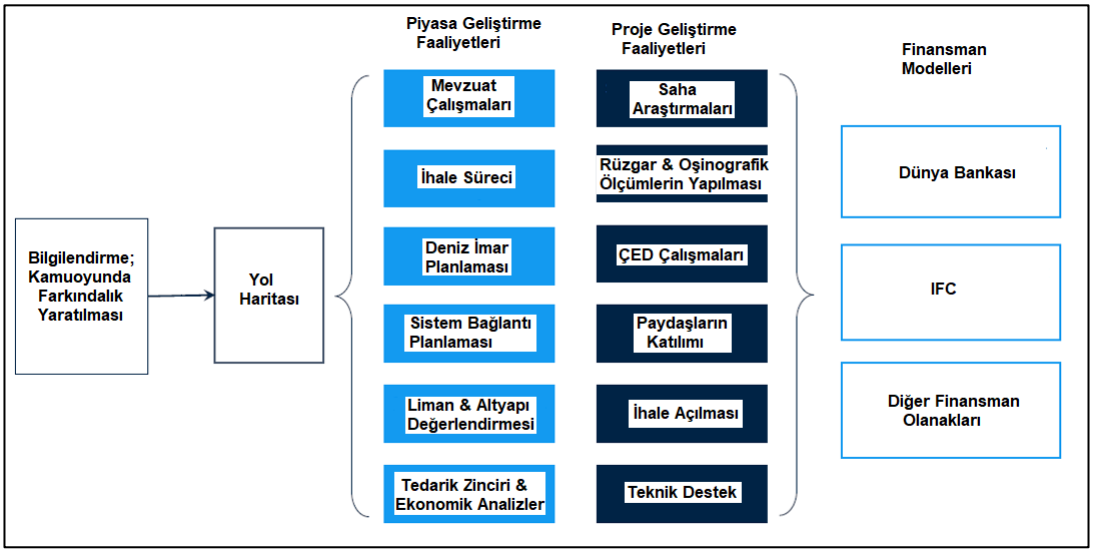
Şekil 15.9. Maliyetlerin dağılımı (Dünya Bankası, 2023).

Denizüstü RES projelerinin finansman yöntemi proje finansmanı ile yapılmalıdır. Ticari krediler her şirketin karşılayabileceği bir model değildir. Avrupa Ülkelerine bakıldığında 2011-2020 döneminde 30.6 GW Denizüstü RES kapasitesi için 117 milyar EURO finansman ayarlanmıştır. Bu miktarın %72'si (84 milyar EURO) proje finansmanı yöntemiyle yapılmıştır. Kredi oranları ise, ülke ve projenin durumuna göre %70-80 arasında değişim göstermiştir. Dünya Bankası gelişmekte olan ülkelerde yapılacak ilk Denizüstü RES projesi için imtiyazi finansman (Concessional financing) yöntemini önermiştir. Bu yöntemde kamu, özel sektör ve finans kuruluşları bir araya gelerek DRES projesi için özel bir finansman paketi oluşturmalıdır.

BÖLÜM 16: DENİZÜSTÜ RES YOL HARİTASI

Denizüstü RES sektörü, ülkemizin de içinde olduğu Avrupa kıtasında önümüzdeki yıllarda büyüyen bir sektör olacaktır. Birçok ülke Denizüstü RES ile ilgili net kapasite projeksiyonları açıklamıştır. DRES projeleri Avrupa ülkelerinde başlamış olsa da; 2025 yılından sonra hızla diğer ülkelere yayılacağı gözlemlenmektedir.

Denizüstü RES projelerinin realize edilebilmesi için yol haritası için aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.



Şekil 16.1. Denizüstü RES yol haritası.

16.1 DRES 2030, 2040, 2050 Yılına Kadar Hedef Konulması

DRES piyasa mekanizmasının oluşturulmasındaki ve uluslararası yatırımcıları ve sanayicileri çekebilmenin en önemli parametrelerinden bir tanesi Denizüstü RES ile ilgili açık ve net bir hedefin ortaya konulmasıdır. Avrupa Ülkeleri, Çin, ve ABD, Vietnam 2030 ve 2050 yılına kadar hedefler koymuştur. Ülkemizde 2035 yılına kadar 5 GW hedef konulmuştur. Ülkemiz için önerilen hedefler; 2040 yılına kadar 10 GW, 2050 yılına kadar ise 30 GW olmalıdır. Dolayısı ile 2050 yılında ülkemizin toplam kurulu gücünün 200 GW olabileceği hesaba katıldığında bunun 30 GW'ı denizüstü rüzgar elektrik santrallarından üretilebilir. Burada özellikle iletim sistem işleticisi TEİAŞ'ın deniz rüzgar şiddeti yüksek olan bağlantı bölgelerinde sistem entegrasyon çalışmaları yapmalıdır.

16.2 Deniz Mekansal Planlarının (DMP) Hazırlanması

Denizüstü RES projeleri konusunda ilerlemiş ülkelere bakıldığında tamamının Deniz Mekansal Planlarını hazırladıkları görülmektedir. Bu mekansal planlar hazırlanırken aşağıdaki hassasiyetlere dikkat edilmelidir;

- Rüzgar potansiyeli,
- Bölgenin oşinografik yapısı,
- Doğal koruma,
- Sualtı arkeolojik durum,
- Su derinliği,
- Kıyıya uzaklık,
- Elektrik iletimi ve karadaki enterkonnekte sisteme bağlantı koşulları,
- Denizüstü ve altı doğal koruma alanları ve canlılar,
- Balıkçılık,
- Deniz trafiği,
- Boru hatları ve kablolar,

- Askeri kullanım,
- Ülkemize özel kıta sahanlığı hususu,
- Civar halkın hassasiyetleri.

Deniz Mekansal Planlar, ivedi bir şekilde hazırlanmalıdır. DRES projelerinin önünde engel teşkil edebilecek çevresel ve sosyal kısıtlar dikkate alınmalıdır. Bu planların doğru bir şekilde hazırlanması, DRES projelerinin önündeki en önemli itici güçtür.

Denizüstü RES projeleri, uzun dönemli planlama gerektirmektedir. DRES projelerinin önündeki önemli teknik engellerden birisi, uygun deniz tabanı sahasının tahsisidir. Bunun için Deniz Mekansal Planlaması-DMP (Maritime Spatial Planning-MSP) gereklidir. DMP sonrası, deniz tabanının tahsisi yapılabilir ve DRES ihalelerinin önü açılır. Deniz tabanı tahsisi bazı ülkelerde imtiyaz (consession) olarak görülmektedir. İyi düzenlenmiş bir deniz tabanı tahsis mekanizması yatırımcı çekmenin en önemli unsurlarındandır. Pazara girişte sadece yatırımcı değil; tedarikçi, proje geliştirici, mühendislik firmaları gibi birçok paydaşın bir araya gelerek bilgi transferi sağlaması gereklidir. Avrupa Ülkelerindeki tecrübelerden iyi organize edilen bir DMP süreci DRES yatırımlarında sürükleyici etkenlerden birisi olmuğu görülmüştür. DMP süreci, ülkelerin iklim ve sıfır karbon hedeflerine ulaşmada kritik bir süreci oluşturmaktadır.

Denizüstü RES sahasındaki teknik kapasite, bölgede meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümler yapılarak karar verilebilir. Bu bilgiler, deniz tabanı jeolojisinin, bölgedeki akıntı ve dalga durumunun bilinmesi ne tip bir DRT temeli kullanılacağına karar verilmesine dolayısı ile maliyetinin bilinmesine yardımcı olacaktır. Bu bilgiler olmadan yatırımcılardan teklif istenmesi teknik olarak mümkün değildir. Sadece ihaleye teklif verilmesi için değil, Türkiye'nin kendi denizlerindeki kapasitesini bilmesi için öncelikle YEKA sahalarında, orta vadede potansiyel diğer sahalarında meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümlere başlanmalı ve bu sahalarda detaylı deniz araştırmaları yapılmalıdır. Bu bilgiler Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı veya uygun görülen diğer kamu kurumlarında saklanarak Denizüstü RES projelerinde zamanı geldiğinde kullanılmalıdır.

16.3 Deniz Tabanının (Sea Bed) Tahsisinin Yapılması

Deniz tabanının tahsisinin yapılabilmesi için aşağıdaki adımlar takip edilebilir;

1. Öncelikle iklim değişimi ve sıfır karbon hedeflerinin önceliği kapsamında politik adımların atılarak Denizüstü RES sektörü ile ilgili kapsamlı bir ulusal strateji oluşturulması,
2. Deniz Mekansal Planlarının (DMP) Denizüstü RES projelerini önceleyerek hazırlanması (bu kapsamda diğer bütün paydaşların da görüşü alınarak DMP oluşturulmalıdır),
3. Denizüstü RES saha tahsisi için ayrı bir birim oluşturulması,
4. Deniz taban kirası için uygun bir yıllık kira ücreti belirlenmesi.

DRES projelerinde aktif olan ülkeler incelendiğinde 2 ana model görülmektedir; birincisi merkezi model ikincisi de yerel ve merkez hibrid model olan 2 aşamalı izin yaklaşımıdır. Bazı ülkelerde (örn. ABD, Çin ve Tayvan) her iki modelin karışımı görülmektedir. Merkezi yaklaşımda süreç deniz tabanı tahsisi ve enerji satış anlaşması (ppa) birlikte yürütülmektedir. Kamu otoritesi DMP hazırlayarak, rüzgar potansiyeli, deniz tabanı jeoteknik çalışmalar, çevre ve sosyal konular vb gibi birçok parametreye bakarak DRES projelerinin önünü açmaktadır. Kamu idaresi yer seçimini belirlemektedir. Bu yaklaşım Danimarka, Hollanda ve Almanya'da başarıyla uygulanmaktadır.

Merkezi olmayan yaklaşımda, kamu otoritesi geniş alanları kapsayan DMP hazırlayarak yer seçimini proje geliştiricisi/yatırımcıya bırakmaktadır. Saha ile ilgili detay teknik çalışmalar, proje geliştiricisi/yatırımcı tarafından realize edilmektedir. Bu yaklaşım İngiltere'de uygulanmaktadır. Her iki modelin de avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Merkezi sistemde politik risklerin yüksek olduğu görülmüştür. Tecrübeli proje geliştirici/yatırımcıların saha belirlemesi daha uygun bir yöntemdir. Merkezi sistemde kamunun yeterli teknik çalışmaları yapamamasının yarattığı endişeler bulunmaktadır.

Ülkelerin Paris 2050 Sıfır Karbon hedeflerine ulaşabilmeleri için deniz taban tahsisi çalışmalarının ivedilikle yapılması gerekmektedir. Tahsis, kamu, özel ve diğer paydaşların etkin şekilde işbirliğiyle başarıya ulaşılabilir. Bu yöntemle sadece kamunun değil, diğer paydaşların da sürece katılımı sağlanarak ileride oluşabilecek sorunlar minimize edilmiş olunur. Deniz tabanı tahsis yönteminin seçiminde kısa ve uzun dönemli gelir tahminleri dikkate alınarak ülke ekonomisine katkı

yaratılmalıdır. Kısa süreli yüksek kar modeli yerine, uzun dönemli ve sektörü stabil hale getirecek modeller seçilmelidir.

Ülkeler deniz tabanı tahsisini mevcut kamu kurumları ile yapabilir. Danimarka'da bu süreç Danimarka Enerji Ajansı (Danish Energy Agency) ile yapılmakta iken; ABD'de Bureau of Ocean Energy Management tarafından yürütülmektedir. Deniz tabanı tahsisleri genellikle 3 modelle yapılmaktadır. Bu modeller; rekabetçi olmayan, rekabetçi ve açık kapı (open door) olarak sınıflandırılabilir. Rekabetçi olmayan model genellikle yeni gelişmeye başlayan ülkeler veya pilot proje (çoğunlukla yüzer-floating) uygulamalarında kullanılmaktadır. Proje geliştirici ile müzakereler yapılarak deniz tabanı tahsisi yapılmaktadır. Rekabetçi tahsis yönteminde proje geliştiriciler tahsisi yapan kuruma teklif verecek en uygunu teklif ederek süreç sonlandırılmaktadır. Bu yöntem, DRES piyasasının olgunluğa geçiş sürecindeki ülkelerde tercih edilmektedir. ABD, Hollanda, İngiltere ve Almanya bu yöntem ile deniz taban tahsisini yapmaktadır. Son yöntem olan açık kapı (open door) modeli Danimarka'da uygulanmaktadır. Proje geliştirici/yatırımcı kendisi sahayı önermiştir ve bütün sorumluluğu üzerine almıştır.

16.4 DRES İçin Elektrik Bağlantı Kapasitesi

Türkiye Elektrik İletim AŞ (TEİAŞ), iletim sistem planlaması yaparken Denizüstü RES projeleri için de bağlantı kapasitelerini planlamalıdır ve denizüstü rüzgar enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde iletim şebekesi güçlendirilmelidir.

16.5 Meteorolojik ve Oşinoğrafik Ölçümlerin Yapılması

Açık kaynaklardan yararlanılarak rüzgar potansiyeli tahminleri yapılabilse de; sahada yapılacak ölçümlerle bölgedeki deki diğer ölçüm istasyonlarının (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, TPAO, kıyıya yakın karaüstü rüzgar ölçümleri vb) uzun yıllar verilerinin korele edilmesi ile potansiyel Denizüstü RES yatırımcılarına daha güvenilir veri sağlanabilecek ve bu alandaki yatırımlar teşvik edilebilecektir. Oşinografik ölçümlerin yapılması yatırımcıların yatırım kararı almalarını etkileyen digger önemli unsurdur. Meteorolojik ölçümlerin yanı sıra deniz suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tespit edilebilmesi için oşinografik ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

16.6 Meteorolojik ve Oşinoğrafik Çalışmaların Yapılması

Meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümlerden sonra gerekli mühendislik detay çalışmalar yapılarak sahaların uygun olup olmadığına karar verilmelidir.

16.7 Denizaltı Jeoteknik ve Jeolojik Çalışmaların Yapılması

Meteorolojik ve oşinoğrafik ölçümlerden sonra mevcut mevzuata uygun olarak İmar Planına Esas Jeolojik- Jeoteknik / Mikrobölgeleme Etüt Raporu hazırlanmalıdır.

16.8 Denizüstü RES Projelerinin ÇED Sürecinin Başlatılması

Bütün veriler toplandıktan sonra tüm paydaşların müdahil olacağı ÇED süreci başlatılmalıdır. ÇED süreci sadece kamu kurumlarının yazışmaları olarak değil; yerel halk, balıkçılar, liman işletmeleri, turizm sektörü gibi yerel paydaşlar mutlaka sürece müdahil edilmelidir.

16.9 İzin Sürecinin Kolaylaştırılması

Tipik bir DRES projesi, başlangıcından işletmeye geçene kadar 8-10 yıllık bir süreci kapsamaktadır. Bu sürecin büyük bir kısmı izin süreçleri ile geçmektedir. Uygulamalara bakıldığında Denizüstü RES projesinin izin süreçleri bitirildiğinde, inşaat süreci 2 yılda bitirilmektedir. Bazen izin sürecindeki gecikmeler projede planlanan DRT teknolojisinin eskimesine ve projelerin yeniden revize edilerek tekrar izin sürecine girdiğini göstermektedir. Bu durum projelerde gecikmelere neden olmaktadır. Bu gecikmelerin minimuma indirilerek Denizüstü RES kapasitesinin devreye alınması istihdam ve ülkenin yerli enerji kaynak kullanımı açısından çok önemlidir. Bu süreçler bütüncül ve paydaşların karşılıklı mutabakatı ile hızlandırılabilir. AB'nin yayınladığı RePowerEU planına göre süreçlerin hızlandırılması gerektiği belirtilmiştir. Bu amaçla, AB üye ülkeler yenilenebilir ivmelenme alanları (renewable acceleration areas) belirlenerek izin süreçlerinin basitleştirilerek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hedeflenmektedir.

16.10 Finansman Modellerinin Belirlenmesi

Denizüstü RES projelerinin finansman yöntemi proje finansmanı ile yapılmalıdır. Ticari krediler her şirketin karşılayabileceği ve tercih edebileceği bir model değildir. Avrupa Ülkelerine bakıldığında 2011-2020 döneminde 30.6 GW Denizüstü RES kapasitesi için 117 milyar EURO finansman ayarlanmıştır. Bu miktarın %72'si (84 milyar EURO) proje finansmanı yöntemiyle yapılmıştır. Kredi

oranları ise, ülke ve projenin durumuna göre %70-80 arasında değişim göstermiştir. Dünya Bankası gelişmekte olan ülkelerde yapılacak ilk Denizüstü RES projesi için imtiyazi finansman (concessional financing) yöntemini önermiştir. Bu yöntemde kamu, özel sektör ve finans kuruluşları bir araya gelerek DRES projesi için özel bir finansman paketi oluşturmaktadır. İlk projenin finansmanı bu şekilde yapılabilir.

16.11 Elektromekanik Ekipman Üretim Yol Haritası

Denizüstü rüzgar enerjisi sanayi ile ilgili sadece ülkemiz değil; civar ülkelerin de potansiyeli dikkate alınarak çalışmalar yürütülmelidir. Tedarik zinciri olarak ülkemizdeki 2035 yılı 5 GW hedefine ek olarak potansiyeli 2 TW'a yaklaşan geçen Karadeniz, Akdeniz, Hazar Bölgesi de dikkate alınmalıdır. Ülkemiz sanayisinin Karaüstü RES projelerindeki başarı hikayesi, Denizüstü RES projelerinde de uygulanmalıdır.

16.12 Limanların Geliştirilmesi

Denizüstü RES üretim, nakliye ve montaj limanlarının (marshalling port) coğrafi bölgelere ayrılarak planlaması yapılmalıdır. Bu amaçla, Ege, Marmara, Karadeniz ve Akdeniz'de en az birer adet liman belirlenerek gerekli altyapı/üstyapı çalışmalarına başlanmalıdır, mevcut limanların geliştirilmesinin zor olduğu görülmektedir. Yeni limanların inşası düşünülmelidir. Denizüstü RES işletme ve bakım limanları için ise, Ege, Marmara, Karadeniz ve Akdeniz'de halihazırda bulunan limanlarda küçük altyapı/üstyapı değişiklikleri yapılarak kullanılabilmesi mümkündür.

16.13 Gemilerin Türkiye'de Üretim Yol Haritası

Denizüstü RES projelerinde kullanılacak olan gemilerin ve diğer yardımcı ekipmanın ülkemiz tersanelerinde yapılması sağlanmalıdır. DRES montajlarının Avrupa ve Çin'de yapıldığından DRT montaj gemileri (Offshore Wind Turbine Installation Vessel-WTIV veya Jack-up Vessel) daha çok bu bölgelerde konuşlanmıştır. Çin'deki 2021 yılı sonunda cazip tarife uygulaması sona erdiğinden 2022 yılında montajlar azalmıştır. 2026 yılına kadar DRT montaj gemi emreamadeliğinde sıkıntı beklenmemektedir. Avrupa'da ve Amerika'da yani DRT montaj gemileri inşası devam etmekte olup Asya ülkelerinde ve diğer yeni gelişmekte olan pazarlarda kullanılmak üzere gerekli planlamalar yapılmaktadır. Ülkemizde Denizüstü RES proje montaj gemisi (jack-up vessel) henüz bulunmamaktadır. Tersanecilik sektörü, Denizüstü RES projelerinde kullanılan gemiler ile ilgili olarak üretim planlaması yaparak bu gemilerin ülkemizde üretilmesini sağlamalıdır.

16.14 DRES İzin Süreçlerinin Kısaltılması

Denizüstü RES izin süreci mümkün mertebe kısaltılmalıdır. Avrupa Ülkeleri bu konuyu gündeme tutarak çare aramaktadır. İngiltere bu süreci en etkin ve kısa sürede sonuçlandıran ülke konumundadır. Denizüstü RES projelerinin izin süreçlerinin azaltılması için, İngiltere Haziran 2023 tarihinde Offshore Wind Environmental Improvement Package (OWEIP) planı açıklamıştır. Bu plana göre, DRES projelerinin izin sürecinin 4 yıldan 1 yıla indirilmesi planlanmıştır. Bu planda One-Stop-Shop (OSS) yaklaşımı önerilerek tek kamu kurumu üzerinden izin süreçlerinin bitirilmesi teklif edilmiştir. OSS teklifi sadece süre kısaltımı değil; aynı zamanda projelerin önündeki belirsizliklerin ve gecikmelerin minimize edilmesi amaçlamıştır.

16.15 DRES İzin Süreçleri Yol Haritası Yayınlanması

DRES izin süreci ile ilgili açık ve şeffaf bir yol haritası yayınlanmalıdır. Bu süreçte, bütün izin işlemleri tek kamu kurumu (one stop shop) üzerinden yürütülmelidir. İzin süreçlerinin detaylı bir şekilde anlatıldığı el kitabı yayınlanmalıdır. Bu kitapta izin süreleri belirtilmeli ve uygulamada buna uyulmalıdır.

16.16 DRES İçin Ayrı Kanun Çıkartılması

Mevzuat düzenlemesi DRES projelerinin gelişimi ve finansman teminindeki en önemli hususlardandır. Açık ve yatırımcıyı çekebilecek bir mevzuat yapısının oluşumu Denizüstü RES yatırımlarının en önemli itici gücüdür. Birçok ülke DRES yatırımları için özel bir "Denizüstü Rüzgar Enerjisi Kanunu-OffshoreWind Energy Act" çıkarmıştır. Denizüstü RES projelerinin dinamikleri farklı olduğundan dolayı bazı özellikleri bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

Tahmin Edilebilirlik

DRES mevzuatı tahmin edilebilir (öngörülebilir) olmalıdır; süreç içerisinde belirsizlikler barındırmamalıdır.

Riskler
Mevzuatta risk oluşturabilecek hususlara dikkat edilerek, ileride oluşabilecek risklerin minimize edilmesi gereklidir.

Yatırımın Geri Dönüşü
Mevzuat, yatırımcıya makul bir geri dönüşü sağlamalıdır. Eğer riskler yüksek olursa, yatırımcıların geri dönüş beklentisi de yüksek olur.

Zaman Planlama
DRES mevzuatı, DRES projelerinin izin süreçlerinin zaman planlamasının açık bir şekilde dikkate alarak açık ve net bir zaman planı çizmelidir. Hangi iznin nereden alınacağı ve sürecin belirtilmesi önem arz etmektedir.

Altyapı ve İşgücü
DRES projelerinin hayata geçirilebilmesi için elektrik şebeke planlama, liman, tersane ve işgücü önemlidir.

Finanse Edilebilir (Bankable) Elektrik Satış Anlaşması (ppa)
Mevzuatta elektrik satış mekanizması ve diğer teşvik, garanti gibi hususların açık bir şekilde belirtilmesi gereklidir. Projelerin finanse edilebilmesi açısından bu kriterler önemlidir. Elektrik satış anlaşması finanse edilebilir cazip şartları içermelidir.

Vergisel Teşvikler
Sıfır karbon hedeflerine ulaşılabilmesi için, bütün diğer yenilenebilir enerji kaynakları (karaüstü RES, güneş enerjisi, hidro, biyokütle vb) sektörün başlangıcından ciddi vergi teşvikleri ile desteklenmiştir. Aynı sürecin denizüstü rüzgar enerjisi için de işletilmesi gerekmektedir. Piyasa olgunlaşana kadar veya diğer enerji kaynakları ile rekabet edebilene kadar bu durum kaçınılmazdır.

Sektörel İşbirliği
Sektörün oluşumunda kamu, STK'lar, özel şirketlerin bir araya gelerek çalışması sürecin doğru ve akıcı bir şekilde ilerlemesini sağlar.

16.17 ÇED Sürecine Paydaşların Müdahiliyeti
Denizüstü RES ÇED sürecine bütün paydaşların katılımı sağlanmalıdır. İleride ortaya çıkabilecek sorunlar, bütün paydaşların sürece etkin katılımı ile minimize edilebilir.

16.18 İnşaat ve İşletme Dönemi ÇED Sürecinin Uygulanması ve Kontrolü
Denizüstü RES projesi gerek inşaat aşamasında ve gerekse de işletme sürecinde çevre ile uyumlu bir şekilde çalışabilmesini mümkün kılan bir çevresel regülasyona tabi tutulmalıdır. Bu konu, Denizüstü RES projelerine diğer bütün paydaşların daha sıcak bakmasını temin eder. Bu sürece, yerel paydaşlar olan belediye, yerel halk, balıkçılar, liman işletmeleri, turizm sektörü gibi paydaşlar müdahil edilmelidir.

16.19 DRES Projesinin Balıkçılıkla Etkileşimi
Bilindiği gibi balıkçılık sektörü, ülkemizdeki önemli istihdam alanlarındandır. Denizüstü RES projesinin balıkçılık sektörü ile inşaat ve işletme döneminde uyumlu çalışabilmesi gereklidir. Bunu sağlayabilmek için gerekli koordinasyon ve bilgi akışı, tanıtımlar sağlanmalıdır. Balıkçı kooperatifleri ve balıkçı barınakları konu ile ilgili bilgilendirilmelidir. Bu konuda daha önce anlatılan İngiltere Scroby Banks projesi örnek verilebilir. Halkla ilişkilere önem verilerek DRES projesinin balıkçılıkla uyum içerisinde çalışabileceği açık bir şekilde paydaşlara anlatılmalıdır.

16.20 Kadın Çalışan Kotası
DRES projelerinde kadın çalışan kotası konulmalıdır. Bu hususta kadın çalışanlara pozitif ayrımcılık uygulanmalı ve ihale şartnamesi buna göre dizayn edilmelidir.

16.21 Finanse Edilebilirlik (Bankability)
DRES ihale şartnamesi ve koşulları ülkemiz koşulları için rekabetçi olmasının yanında makul bir kar bırakarak uluslararası yatırımcılar için cazip şartlar sunmalıdır. Özellikle elektrik satış anlaşması (PPA), finanse edilebilir (bankable) kriterleri içermelidir.

16.22 İş Sağlığı ve İş Güvenliği
DRES projelerinin geliştirilme aşamasından demontajına kadar olan tüm süreçlerde iş sağlığı ve iş güvenliği (health and safety) kurallarına uyulması sağlanmalıdır.

16.23 Çevreye Karşı Duyarlılık
DRES projelerinin geliştirilme aşamasından demontajına kadar olan tüm süreçlerde Çevreye minimum hasar verilecek şekilde planlama yapılmalıdır.

16.24 Mühendislik Firmaları Teşvik Sistemi
Karaüstü RES ve GES projelerinde sektör başlangıcında verilen vergisel teşvikler Denizüstü RES projelerinde de işletilmelidir. Bunun yanında Denizüstü RES projeler için hizmet veren Startup mühendislik firmaları desteklenmelidir.

16.25 DRES Projeleri Eleman İhtiyacı
Denizüstü RES sektörü birçok farklı iş kolunu içermektedir. Sektörde farklı uzmanlık alanlarının yanısıra denizde çalışabilmenin de eğitimlerinin alınması gerekmektedir. Deniz biyoloğundan, deniz lojistik uzmanına, denizaltı kaynak mühendisinden, meteorolojiste kadar geniş bir disiplin içermektedir. Bu amaçla aşağıdaki hususlar bu açığı kapatmak için önerilmektedir;

a. DRES projelerinin devamlılığı sağlanarak mezunların buraya ilgisi yönlendirilmelidir,
b. DRES projelerinde çalışacak kişilerin eğitim alabileceği merkezler oluşturulmalıdır.

Ülkemizde Denizüstü RES projelerinde çalışabilecek eleman eğitimine yönelik olarak Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi'nde kurulması planlanan "Yeşil Deniz Endüstrisi Eğitim Merkezi" desteklenmelidir.

11.26 Yeşil Hidrojen Üretimi
Denizüstü RES projelerinde ileriki aşamada yeşil hidrojen üretebilme ve iletebilme kapasitesi dikkate alınmalıdır.

11.27 Power-to-X Planlaması
Denizüstü RES projelerinden hidrojen üretiminin bir sonraki adımı olan Power-to-X süreci de projelendirme aşamasında planlanmalıdır.

11.28 Enerji Adası Planlaması
Marmara Denizinde ileriki süreçlerde enerji adası yapılabilmesi hususu dikkate almaya değer bir noktadır. Enerji adaları ile, İstanbul, Kocaeli, Bursa, Yalova, Balıkesir, Çanakkale ve Tekirdağ illeri deniz üzerinden birleşerek elektrik şebeke stabilitesi Marmara ve Trakya Bölgelerinde sağlanmış olur.

11.29 Denizüstü RES Demontaj Planlaması
Denizüstü RES projesinin ekonomik ömrü sona geldiğinde yapılacak olan demontaj faaliyeti için bütçe mutlaka en baştan planlanarak ayarlanmalıdır.

KAYNAKLAR

American Clean Power Association, 2023. Offshore Wind Market Report.

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.

A Vision 2030 Vision for European Offshore Wind Ports. Trends and Opportunities, Wind Europe, May 2021.

Brosnan, U., 2018. Offshore Wind Handbook. Glasgow. UK.

Carroll, R., Rupport, D., Stefanski, L. ve Crainicenau, C., 2016. Measurement Error in Nonlinear Models: A Modern Perspective. 2nd edition. CRC Press.

COP28, IRENA, GRA, 2023. Tripling Renewable Power and Doubling Energy Efficiency by 2030: Crucial Steps Towards 1.5°C, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Çift Kabuklu Yetiştiriciliğinde Temel Konular, 2021. Editörler: Serpil Serdar, Şükrü Yıldırım, Deniz Çoban, Ankara, İKSAD Yayınları

DECOM Tools, 2022. Decommissioning of Wind Turbines – Logistics Business Case**,** North Sea Region. European Regional Development Fund.

Decommissioning of Offshore Wind Farms, The Nature Based Business Case of Scour Protection, 2023. The Rich North Sea Program, The Netherlands.

Durak, M. ve Özer, S., 2006. Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama.

Durak, M., 2019. Denizüstü Rüzgar Elektrik Santral (DRES) Projeleri İçin Rüzgar Ölçümleri, 5. Rüzgar Enerjisi Sempozyumu. 3-5 Ekim, İzmir.

Durak, M., 2019. Meteoroloji Sözlüğü: Resimli ve Açıklamalı.

Durak, M. ve Küpeli, D.G., 2019. Denizüstü Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama.

Enabling Frameworks for Offshore Wind Scale Up: Innovations in Permitting, IRENA 2023, Abu Dhabi.

Esteban, M.D**.,** Gutienez, J.S.L., ve Negro, V., 2019. Gravity Based Foundations in the Offshore Wind Sector, Journal of Marine Science and Engineering.

European Wind Power Action Plan, 2023. Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Commitee and the Committee of the Regions, Brussels.

Gjødvad JF, Ibsen MD (2016). ODIN-WIND: An overview of the Decommissioning Process for Offshore Wind Turbines. In: MAREWINT: new materials and reliability in offshore wind turbine technology, Chapter 22, W. Ostachowicz et al. (eds.), Springer International Publishing, pp. 403–419, Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-39095-6_22

Global Offshore Wind Report, 2023. GWEC Market Report, Brussels.

Global Wind Workforce Outlook 2023-2027, 2023. GWEC Report, Brussels.

Gerdes, G., Tiedermann, A., ve Zeelenberg, S., 2016. Case Study: European Offshore Wind Farms-A Survey for the Analysis of the Experiences and Lessons Learnt by Developers of the Offshore Wind Farms, Final Report, Deutsche Wind Guard Gmbh.

Güney Marmara Kalkınma Ajansı (GMKA), 2023. TR22 Bölgesi Denizüstü Rüzgar Santrali ve Limanı Ön Fizibilite Raporu.

GWEC (2022) 'Floating Offshore Wind – a Global Opportunity'. Global Wind Energy Council. 2022.

International Energy Agency. (2020). Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report, *Paris*. https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery

International Energy Agency, 2021. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.

İzmir Rüzgar Sanayii Lojistik İhtiyaç Analizi, 2023. İzmir Kalkınma Ajansı.

Katsaprakakis, D.A. (2023). Offshore Floating Wind Turbines Technologies. TAIEX Workshop on Offshore Wind Energy and Power, Ankara, Turkey 27-28 September 2023.

Knorr, K., Horst, D., Bofinger, S. and Hochloff, P., 2017. Energiewirtschafliche Bedeutung der Offshore Windenergie für die Energiewende, Stiftung Offshore Windenergie.

Kütükçü, G., Yalılı, M., 2022. Deniz Üstü Rüzgar Enerji Santrali Projelerinde Ülke Uygulamalarının İncelenmesi ve Türkiye İçin Öneriler, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi.

Marktdesign für eine Effiziente Netzanbindung von Offshore Windenergie, 2019. Eine Studie im Auftrag Orsted Offshore Wind, DIW Econ GmbH, Berlin.

Musial, W., 2018. Offshore Wind Energy Facilities Characteristics. BOEM's Offshore Wind and Maritime Industry Knowledge Exchange Workshop.

Noonan, M., Stehly, T., Mora Alvarez, D. F., Kitzing, L., Smart, G., Berkhout, V., & Kikuch, Y. 2018. IEA Wind TCP Task 26: Offshore Wind Energy International Comparative Analysis.

NREL (2022). Cost of Wind Energy Review. Report of National Renewable Energy Laboratory, USA.

Offshore Wind Farm Decommissioning, 2022. Smart Port, Netherlands.

Offshore Wind Farm Egmond aan Zee General Report, 2008. NoordzeeWind Report.

Offshore Wind Power Plant Technology Catalogue, Components of Wind Power Plants, AC Collection Systems and HVDC Systems, Oct 2017.

Offshore Wind Roadmap for Vietnam, 2021. World Bank, Washington.

Offshore Wind Worldwide: Regulatory Framework in Selected Countries, 2nd Edition. April 2021.

Özen, S., 2021. Rüzgar Enerjisi Sektörü ve İzmir Denizüstü Rüzgar Enerjisi Yol Haritası, İzmir Kalkınma Ajansı, İzmir.

Renewable Energy and Jobs, Annual Review 2023. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.

Renewable Power Generation Costs in 2022, 2023. International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi.

Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, 2022. Denizcilere İlanlar Yıllığı 2021. Eğitim ve Atış Alanları. (https://www.shodb.gov.tr/shodb_esas/orj/2021_YILIK_e5be1.pdf)

Spyroudi, A., 2021. End-of-life Spanning in Offshore Wind, ORE Catapult, UK.

Sorensen, H.C., Hansen, L.K., ve Larsen, J.H., 2005. Middelgrunden 40 MW Offshore Wind Farm Denmark-Lessons Learned. Copenhagen Offshore Wind Conference.

State of the Global Climate 2022, 2023. WMO-No. 1316, World Meteorological Organization.

Supply Chain, 2016. Port Infrastructure and Logistics Study for Offshore Wind farm Development in Gujarat and Tamil Nadu.

Technical Assistance for BEST For Energy (Boosting Effective and Sustainable Transformation for Energy) Project, 2022. Identification No: EuropeAid/139882/IH/SER/TR, Service Contract No. TR14C1.1.07-04/001, Core Industry Strategy Report, A.1.2.4 Produce Core Industry Strategy as well as Functional (Supportive) Strategies.

The Breakthrough Agenda Report, 2023. Accelerating Sector Transitions Through Stronger International Collaboration, IEA&IRENA.

The Role of Concessional Climate Finance in Accelerating the Deployment of Offshore Wind in Emerging Markets, 2023. International Bank for Reconstruction and Development/World Bank, Washington.

Transport and Installation of Wind Power Plants, 2017. Standard, DNVGL-ST-0054.

US Department of Energy, Offshore Wind Market Report**,** 2023. Washington DC.

Wadham, D., 2019. Offshore Wind Contract Structures and Financing Strategies, Ashurst, İngiltere.

Wallasch, K., Luers, S., Rehfeldt, K. and Vogelsang K., 2017. Perspectiven für den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen nach 2020. Bundesverband Windenergie.

Wind and Installation of Wind Power Plants, 2017. Standard, DNVGL-ST-0054.

Wind Energy in Europe, 2022 Statistics and the Outlook for 2023-2027, Wind Europe, February 2023.

World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway. (2021). IRENA. Abu Dhabi. https://www .irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook.

Web:

https://www.ekonomist.com.tr/encyclopedia/kita-sahanligi

https://bau.edu.tr/haber/15945-kita-sahanligi-ve-munhasir-ekonomik-bolge-nedir

https://www.renewableenergyworld.com/ugc/articles/2014/11/history-of-wind-turbines.html

https://www.flowcut.nl/cases-nl/the-history-of-windturbines-and-windfarms-1

https://www.windopzee.net/en/borssele-bwz/data/index.html

http://www.noordzeewind.nl/en/knowledge/reportsdata/

https://offshorewind.rvo.nl/photos/all

http://www.oceanservice.noaa.gov/education/kits/currents/welcome.html

https://www.bladt.dk/allphotos/offshore-substations.aspx

https://www.jackupbarge.com/

https://www.4coffshore.com/offshorewind/

http://www.windpowerphotos.com/

http://www.seajacks.com/self-propelled-jack-up-vessels/