



**YENİLİKÇİ HİBRİT ALAN SEÇİM YÖNTEMİ KULLANILARAK
TÜRKİYE’NİN AÇIK DENİZ RÜZGAR ENERJİSİ
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

BAHATTİN DEMİRCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

DOÇ. DR. CEM EMEKSİZ

**Kasım - 2021
Her hakkı saklıdır**

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YENİLİKÇİ HİBRİT ALAN SEÇİM YÖNTEMİ KULLANILARAK
TÜRKİYE’NİN AÇIK DENİZ RÜZGAR ENERJİSİ
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

BAHATTİN DEMİRCİ

TOKAT
Kasım - 2021

Her hakkı saklıdır

Bahattin DEMİRCİ tarafından hazırlanan “**Yenilikçi Hibrit Alan Seçim Yöntemi Kullanılarak Türkiye’nin Açık Deniz Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19 KASIM 2021 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ Anabilim dalında da YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. Cem EMEKSİZ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. M. Fatih KILIÇASLAN

Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi M. Serhat CAN

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

ONAY

.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
---/---/2021

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

BAHATTİN DEMİRCİ

19 Kasım 2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİLİKÇİ HİBRİT ALAN SEÇİM YÖNTEMİ KULLANILARAK TÜRKİYE’NİN AÇIK DENİZ RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

BAHATTİN DEMİRCİ

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. CEM EMEKSİZ)

Rüzgar enerjisi Türkiye’deki yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik dışında kurulu güç kapasitesi açısından ilk sırada gelmektedir. Fakat açık deniz rüzgar enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin değerlendirilmesi ile ilgili tatmin edici çalışma ve yatırımlara rastlanılmamaktadır. Türkiye’nin açık deniz rüzgar enerjisi potansiyelinin araştırılması enerji politikasının güçlendirilmesi açısından da ayrı bir önem taşımaktadır. Bu çalışma ile Türkiye’nin açık deniz rüzgar çiftliklerinin kurulması için uygun kıyı bölgelerinin tespitini yapan Yenilikçi Hibrit Alan Seçim Yöntemi (YHASY) ismi verilen bir metodoloji geliştirilmiştir. Metodolojik çerçevede 10 farklı çoklu yer seçim kriteri 31 kıyı bölgesinde analitik hiyerarşi süreci ile işlenerek değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler neticesinde Bafra, Sinop ve Mersin kıyı bölgelerinde sırasıyla 2112 MW, 1176 MW ve 1293 MW’lık kurulu güce sahip açık deniz rüzgar çiftliklerinin kurulabileceği tespit edilmiştir. Tahmin edilen toplam kapasite 9021 MW’tır. Bu çalışmada önerilen metodoloji ile açık deniz rüzgar çiftliği planlaması için bölgesel düzeyde bir karar verme süreci sağlanabildiği gibi çalışma çıktıları yenilenebilir enerji kaynakları politikasını geliştirmek içinde kullanılabilir.

2021, 104 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Yenilenebilir Enerji, Rüzgar Enerjisi, Deniz Üstü Rüzgar Kapasitesi, Yenilikçi Hibrit Alan Seçimi

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE DETERMINATION OF OFFSHORE WIND ENERGY POTENTIAL OF TURKEY BY USING NOVELTY HYBRID SITE SELECTION METHOD

BAHATTIN DEMIRCI

TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. CEM EMEKSİZ)

Wind energy ranks number one in Turkey among renewable energy sources excluding hydroelectricity with regard to installed power capacity. However, there are no satisfactory studies and investments on offshore wind energy potential and the evaluation of this potential. The study of the offshore wind energy potential of Turkey is of significant importance for strengthening the energy policy. In the present study, a methodology entitled Novelty Hybrid Site Selection Method (NHSSM) has been developed for detecting the suitable coastal regions for the installment of offshore wind farms in Turkey. A total of 10 multiple site selection criteria were evaluated by way of the analytical hierarch process (AHP) at 31 coastal regions within a methodological framework. It was determined as a result of the evaluations that offshore wind farms with installed powers of 2112 MW, 1176 MW and 1293 MW can be set up at the coastal regions of Bafra, Sinop and Mersin respectively. The estimated total capacity was 9021 MW. The methodology suggested in this study can be used to attain a decision making process at the regional level for offshore wind farm planning and the study results can also be used for developing renewable energy source policies.

2021, 104 PAGE

KEYWORDS: Renewable Energy, Wind Power, Offshore, Wind Capacity, Novelty Hybrid Site Selection

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin deniz üstü rüzgar türbin kapasitesinin belirlenmesi hedeflenmektedir. Ayrıca enerji kaynaklarının küresel ve ülkemiz bazında güncel potansiyellerine yer verilmiştir. Karada ve denizde rüzgar potansiyelleri karşılaştırılmış ve denizde rüzgar potansiyellerinin daha üstün olduğu görülmüştür. Ülkemizde kara üstü rüzgar türbini kurulumu konusunda somut örneklerle rastlanılırken deniz üstü rüzgar türbin kurulumunda somut örneklerle rastlanılmamaktadır. Elde edilen sonuçlar neticesinde ve ülkemizin üç tarafının denizler ile çevrili olması hasebiyle deniz üstü rüzgar enerjisi kapasitesinin, ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını azaltması noktasında önemli bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmanın başta ülkemiz olmak üzere tüm insanlığa fayda sağlaması dileği ile...

Tez çalışması boyunca benden bilgisini, tecrübesini ve yardımını esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Cem EMEKSİZ'e, Tez Değerlendirme Jürisi olarak yaptıkları değerli katkıları sebebi ile hocalarım Sayın Prof. Dr. M. Fatih KILIÇASLAN'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi M. Serhat CAN'a teşekkür ederim. Hayata gözlerimi açtığımdan bu zamana kadar beni her konuda destekleyen ve yardımını esirgemeyen ailem, kardeşlerim, öğretmenlerim ve arkadaşlarıma teşekkür eder saygılarımı sunarım.

BAHATTİN DEMİRCİ

19 Kasım 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	10
3.1. Güneş Enerjisi	12
3.2. Rüzgar Enerjisi	14
3.3. Jeotermal Enerji	19
3.4. Hidrolik Enerji.....	19
3.5. Biyokütle Enerjisi	22
3.6. Dalga Enerjisi.....	24
3.7. Hidrojen Enerjisi	26
4. MATERYAL ve YÖNTEM	28
4.1. Rüzgar Hızlarına Göre Ön Eleme İşlemi (Birinci Adım)	30
4.2. Yenilikçi Hibrit Alan Seçim Yöntemi (YHASY) (İkinci Adım)	30
4.2.1. Su altı kabloları.....	34
4.2.2. Karasular	35
4.2.3. Askeri çalışma bölgeleri	35
4.2.4. Su derinliği.....	35
4.2.5. Gemi trafiği ve navigasyon rotaları	36
4.2.6. Boru hatları	36
4.2.7. Kıyıya uzaklık	36
4.2.8. Deniz tabanı jeolojisi	37
4.2.9. Kuş göç yolları ve habitatları.....	37
4.2.10. Minimum gerekli yüzey alanı	38

4.3. Weibull Analizi (Üçüncü Adım)	38
4.4. Yerleşim Planı (Dördüncü Adım).....	40
5. BULGULAR.....	41
6. TARTIŞMA ve SONUÇ	68
7. KAYNAKLAR	70
8. EKLER	77
9. ÖZGEÇMİŞ	104



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°	Derece
α	Yüzey pürüzlülük katsayısı
ρ	Hava yoğunluğu
$\lambda_{\max}$	Karşılaştırma matrislerinin en büyük öz değeri
Γ	Gama fonksiyonu
A	Karşılaştırma matrisi
A_1	Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi
c	Ölçek parametresi
°C	Derece santigrat
f(v)	Olasılık yoğunluk fonksiyonu
F(v)	Kümülatif dağılım fonksiyonu
GW	Gigawatt
h	Yükseklik
k	Şekil parametresi
kg/m ³	Kilogram/metreküp
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
kW	Kilowatt
m	metre
m ²	Metrekare
m/s	metre/saniye
MW	Megawatt
n	Matris boyutu
P_w	Rüzgar gücü yoğunluğu
TWh	Terawatt-saat
TWh/yıl	Terawatt-saat/yıl
v	Tahmini rüzgar hızı
v_i	i. adımdaki rüzgar hızı

v_0	Referans yükseklikte ölçülen rüzgar hızı
v_{ort}	Ortalama rüzgar hızı değeri
w	Öz değer vektör
w'	Öz vektör
W/m^2	Watt/metrekare

Kısaltmalar

Açıklama

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
B	Batı
BGB	Batı – Güneybatı
BKB	Batı – Kuzeybatı
CI	Tutarlılık İndeksi (Consistency Index)
CR	Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio)
D	Doğu
DGD	Doğu – Güneydoğu
DKD	Doğu – Kuzeydoğu
G	Güney
GB	Güneybatı
GGB	Güney – Güneybatı
GGD	Güney – Güneydoğu
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information Systems)
MATLAB	Çok Paradigmali Sayısal Hesap Yazılımı (Matrix Laboratory)
MCDA	Çok Kriterli Karar Analizi (Multiple-Criteria Decision Aanalysis)
ELECTRE	Uyum - Uyumsuzluk Yöntemi Elimination and Choice Translating Reality

HGM	Harita Genel Müdürlüğü
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KKB	Kuzey – Kuzeybatı
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Liquefied Petroleum Gas)
PGIS	Katılımcı Coğrafi Bilgi Sistemi (Participatory Geographic Information System)
DSS	Karar Destek Sistemi (Decision Support System)
PROMETHEE	Değerlendirmelerin Zenginleştirilmesi için Tercih Sıralaması Örgütü Yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)
RETSscreen	Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Analiz Yazılımı (Renewable Energy Technology Screen)
RI	Rastgele Tutarlılık İndeksi (Random consistency Index)
SCREAM	Mekansal Sürekli Kaynak Ekonomik Analiz Modeli (Spatially Continuous Resource Economic Analysis Model)
SHODB	Seyir Hidrografi Oşinografi Dairesi Başkanlığı
TOPSIS	İdeal Çözüme Benzerlikle Tercih Düzeni Tekniğini (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution)
TDMS	Türkiye Devlet Meteoroloji Servisi
WASP	Rüzgâr Atlası Analiz ve Uygulama Programı (Wind Atlas Analysis and Application Program)
MS	Milattan sonra
YHASYS	Yenilikçi Hibrit Alan Seçim Yöntemi (Novelty Hybrid Site Selection Method)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. 2010-2020 yıllarında Dünyada kaynağa göre elektrik üretimi.	12
Şekil 3.2. Dünya genelinde Güneş ışıınımını en fazla alan bölgeler.	13
Şekil 3.3. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.	14
Şekil 3.4. 2010-2020 yıllarına ait ülke ve bölgeye göre Dünya Güneş enerji kapasitesi.	14
Şekil 3.5. Dünya rüzgar atlası.	16
Şekil 3.6. Türkiye rüzgâr atlası.	17
Şekil 3.7. Kara üstü ve deniz üstü rüzgar türbinlerinin yıllara göre toplam kurulumları (GW).	18
Şekil 3.8. Dünya jeotermal enerji kapasitesi ve 2020'deki yeni eklentiler.	19
Şekil 3.9. Hidroelektrik santrali.	20
Şekil 3.10. 2020'ye ait Dünyadaki hidroelektrik kapasitesi, ilk 10 ülke ve diğer ülkeler.	21
Şekil 3.11. 10 ülke için hidroelektrik toplam kapasitesi ve 2020 yılındaki kapasite eklentileri.	22
Şekil 3.12. 2010 – 2020 yılları arasında bölgelere göre Dünya Biyoelektrik üretimi.	23
Şekil 3.13. Dünya dalga gücü atlası.	25
Şekil 4.1. Önerilen düzene ait akış şeması.	29
Şekil 4.2. Türkiye denizaltı kabloları haritası.	34
Şekil 4.3. Türkiye kuş göç yolları haritası.	38
Şekil 4.4. Rüzgar türbinlerinin mikro konuşlandırılması.	40
Şekil 5.1. Kıyı bölgelerinin 50 m yükseklikteki günlük ortalama rüzgar hızları.	41
Şekil 5.2. Referans rüzgar hızına göre ön eleme sonucu deniz üstü rüzgar enerjisi sistemleri için uygun kurulum yerleri.	42
Şekil 5.3. Deniz üstü rüzgar çiftliği kurulması için seçilen en uygun kıyı bölgeleri.	52
Şekil 5.4. İnebolu'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.	53
Şekil 5.5. Karasu'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.	54
Şekil 5.6. Bafra'daki kıyı bölgelerinin rüzgar karakteristikleri.	54
Şekil 5.7. Sinop'taki kıyı bölgelerinin rüzgar karakteristikleri.	55
Şekil 5.8. Bozcaada'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.	56
Şekil 5.9. Gökçeada'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.	56
Şekil 5.10. Bandırma'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.	57
Şekil 5.11. Antalya'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.	58
Şekil 5.12. Mersin'deki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.	58
Şekil 5.13. Referans açık deniz rüzgar türbininin güç eğrisi (V90-3MW).	59
Şekil 5.14. Seçim kriterlerinin işlendiği genel harita görünümü.	60
Şekil 5.15. Rüzgar türbinlerinin İnebolu kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	61
Şekil 5.16. Rüzgar türbinlerinin Karasu kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	61
Şekil 5.17. Rüzgar türbinlerinin Bafra-1 kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	62
Şekil 5.18. Rüzgar türbinlerinin Bafra-2 kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	62

Şekil 5.19. Rüzgar türbinlerinin Sinop-1 kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	63
Şekil 5.20. Rüzgar türbinlerinin Sinop-2 kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	64
Şekil 5.21. Rüzgar türbinlerinin Bozcaada kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	64
Şekil 5.22. Rüzgar türbinlerinin Gökçeada kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	65
Şekil 5.23. Rüzgar türbinlerinin Bandırma kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	66
Şekil 5.24. Rüzgar türbinlerinin Antalya kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	66
Şekil 5.25. Rüzgar türbinlerinin Mersin kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.	67



ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Yenilebilir enerji çeşitleri ve kaynakları.	11
Çizelge 3.2. Dünyada dalga enerji potansiyelinin yüksek olduğu bazı bölgeler.	25
Çizelge 4.1. İkili karşılaştırma derecelendirmeleri.	33
Çizelge 4.2. Rastgele tutarlılık indeks (Random consistency Index, RI) değerleri.	33
Çizelge 5.1. 10 farklı yer seçim kriteri karşılaştırma matrisi (A).	43
Çizelge 5.2. 10 farklı yer seçim kriterine ait karşılaştırma matrisinin normalizasyon matrisi (A1).	44
Çizelge 5.3. 10 farklı yer seçim kriterine ait öz değer vektörü (w) ve öz vektörü (w').	45
Çizelge 5.4. 10 farklı yer seçim kriterine ait karşılaştırma matrisinin(A) en büyük öz değeri (λ_{max}), tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR).	45
Çizelge 5.5. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin minimum yüzey alanı kriterine göre karşılaştırma matrisi.	46
Çizelge 5.6. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin minimum yüzey alanı kriterine göre elde edilen karşılaştırma matrisinin normalizasyon matrisi.	46
Çizelge 5.7. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin minimum yüzey alanı kriterine ait öz değer vektörü (w) ve öz vektörü (w').	46
Çizelge 5.8. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin minimum yüzey alanı kriterine ait karşılaştırma matrisinin(A) en büyük öz değeri (λ_{max}), tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR).	47
Çizelge 5.9. 10 farklı yer seçim kriterine ait elde edilen öz değer vektörü.	47
Çizelge 5.10. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin 10 farklı kritere göre hesaplanan öz değer vektörleri.	48
Çizelge 5.11. Ege Denizi’nde yer alan kıyı bölgelerinin 10 farklı kritere göre hesaplanan öz değer vektörleri.	49
Çizelge 5.12. Akdeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin 10 farklı kritere göre hesaplanan öz değer vektörleri.	50
Çizelge 5.13. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerine ait sonuç vektörü.	51
Çizelge 5.14. Ege Denizi’nde yer alan kıyı bölgelerinin sonuç vektörü.	51
Çizelge 5.15. Akdeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin sonuç vektörü.	52
Çizelge 5.16. Seçilen kıyı bölgesinde tasarlanan açık deniz rüzgar çiftliklerinin özellikleri.	67

1. GİRİŞ

Fosil yakıtların küresel ölçekte azalıyor olması son on yılda araştırmacıların birçoğunun çalışmalarını yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yoğunlaştırmasına sebep olmuştur. Bununla birlikte birçok ülkedeki sanayileşme ve nüfus artışı ile enerji ihtiyacının artması da daha ekonomik ve çevre dostu olan yenilenebilir enerji kaynaklarını popüler hale getirmiştir. Özellikle fosil yakıtların baz alındığı bir ekonomi sistemi artan enerji talepleri ile sürdürülemez hale gelir (Saidur ve ark., 2011; IPCC, 2011; Grassi ve ark., 2012). Bu nedenle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çoğu yenilenebilir enerji teknolojileri alanında önemli yatırımlar yapmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgili oluşturdukları eylem planlarını uygulamaya koymaktadırlar (Szabo ve ark., 2014).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması küresel ölçekte CO₂ emisyonun azalmasında önemli rol oynamaktadır (Afonso ve ark., 2017). Yenilenebilir enerji kaynaklarını rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, okyanus enerjisi, biyo-kütle enerjisi, hidrolik enerjisi ve gelgit enerjisi gibi kaynaklar oluşturmaktadır. Bu kaynaklar arasında rüzgar enerjisi sahip olduğu piyasa değeri ve enerji üretimindeki potansiyeli, çevre dostu olması ve geniş bir uygulama sahasına sahip olması gibi özellikleri nedeni ile büyük öneme sahiptir (Snyder ve Kaiser, 2009; Limpo, 2011; Adelaja ve ark., 2012; Coşkun ve Türker, 2012). Yenilenebilir enerji 2021 küresel durum raporu incelendiğinde, 2020 yılı sonu itibarıyla rüzgar enerjisi kara üstü ve deniz üstü türbinler ile 93 GW'lık rekor bir artışla toplam kapasitesini yaklaşık olarak 743 GW'a çıkarmıştır. Rüzgar enerjisinin kullanımının giderek artış göstermesi beklenmektedir (REN21, 2021).

Büyüyen rüzgar enerjisi pazarı incelendiğinde karasal rüzgar enerjisi tesislerinin kurulmasında karşılaşılan arazi kısıtlamaları yatırımcıları açık deniz rüzgar enerjisine yönlendirmeye başlamıştır (Sun ve ark., 2012). Son 5 yılda üç kat artan yıllık kümülatif açık deniz rüzgar enerjisi kapasitesi, toplam kapasitenin 14.384 GW'a ulaşmasına neden olmuştur. Bununla birlikte Avrupa ülkeleri ve özellikle Birleşik Krallık kümülatif açık deniz rüzgar gücü kapasitesi bakımından dünyaya liderlik etmektedirler. Ayrıca ABD ve Çin 2030 yılına kadar sırasıyla 22 GW ve 30 GW'lık açık deniz rüzgar gücü kapasitesi kurmayı planlamaktadırlar (Argın ve ark., 2019).

Deniz üstü ve karasal bölgeler kıyaslandığında, açık denizlerde yüzey pürüzlülüğünün çok düşük olması daha yüksek rüzgar hızı ve rüzgar gücü yoğunluğunun oluşmasını sağlamaktadır. Bu durum açık deniz rüzgar çiftliklerini daha avantajlı hale getirmektedir. Çünkü karasal olarak enerji üretiminin artırılmasının sınırlı olduğu ve yüksek seviyede enerji ihtiyacı duyan kıyı bölgelerinde hem daha fazla hem de daha uzun süreli elektrik üretimi sağlanabilmektedir (Leung ve Yang, 2012; Adelaja ve ark., 2012). Açık deniz rüzgar çiftliklerinin kurulması aşamasında karşılaşılan en büyük sorunlardan biri uygun yer seçiminin yapılmasıdır. Çünkü açık deniz rüzgar çiftliklerinin kurulması için uygun bölgenin seçilmesi teknik, çevresel ve sosyo-ekonomik koşulların birleştiği birçok kriterin değerlendirilmesini gerektiren ve bunları bünyesinde barındıran ilgili mevzuata dayalı karmaşık, zor ve uzun zaman alan bir süreçtir (Soukissian ve ark., 2017).

Teknik açıdan bakıldığında özellikle rüzgar kapasitesi değerlendirilmesi gereken en önemli parametredir. Buna ek olarak çevresel parametreler de ayrı bir önem taşımakta olup özellikle rüzgar çiftliği işletmelerinde rutin olarak değerlendirilmektedir. Örneğin, bazı rüzgar çiftliklerinin kurulduğu bölgelerde karşılaşılan kuş ölümlerinin ekosistem üzerindeki etkileri ile türbin gürültüsü ve görsel etkiler yer almaktadır (O'Keeffe ve Haggett, 2012). Ekonomik parametreler daha çok rüzgar çiftliğinin kurulması planlanan bölgenin satın alınması, işletilmesi ve geliştirilmesi ile ilgilidir (Dvorak ve ark., 2010). Sosyal ve politik parametreler ise kıyı boyunca yaşayan insanlar tarafından açık deniz çiftliği kurulması fikrinin kabulü, balık stoklarında oluşabilecek olumsuz etkiler, bölgedeki konutların değerler kaybetmesi ve bunun turizm üzerinde yaşanacak olumsuz etkiler olarak karşımıza çıkmaktadır (Firestone ve ark., 2009; Haggett, 2010).

Son yıllarda karasal ve açık deniz rüzgar çiftlikleri için uygun alan seçiminde coğrafi bilgi sistemi (Geographic Information Systems, GIS) yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle bu alan da yapılan çalışmalarda GIS yöntemleri Çin (Byrne ve ark., 2007), Vietnam (Nguyen, 2007), Hindistan (Ramachandra ve Shruthi, 2005), Türkiye (Aydın ve ark., 2010), Yunanistan (Voivontas ve ark., 1998; Tegou ve ark., 2010; Vagiona ve Karanikolas, 2012), gibi dünyanın birçok ülkesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, çok kriterli karar analizi (Multiple-Criteria Decision Analysis, MCDA) açık deniz rüzgar çiftliklerinin yerleşim yerlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan diğer bir analiz yöntemidir. Özellikle uyum - uyumsuzluk yöntemi (Elimination and Choice Translating

Reality, ELECTRE) ve değerlendirmelerin zenginleştirilmesi için tercih sıralaması rgt yöntemi (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation, PROMETHEE) gibi çoklu karar verme yöntemleri ile karşılaştırıldığında hem kalitatif hem de kantitatif değerlendirme kriterlerini içerdiğinden dolayı daha popüler yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Loukogeorgaki ve ark., 2018).

G20 zirvesine bakıldığında Türkiye gelişmekte olan gözde ülkeler arasında yer almaktadır. Özellikle nüfusta yaşanan hızlı artış ve teknolojik gelişmeler beraberinde enerji ihtiyaını da artırmaktadır. Türkiye’de 2020 yılında üretilen elektriğin enerji kaynakları açısından dağılımına bakıldığında fosil yakıtlar %56.90, hidroelektrik %26,55, rüzgar %8.28, güneş %3.45, jeotermal %2.59, biyo-kütle ile biyo-atık %1.45 ve gelgit-dalga %0.31’dir. Bu durum Türkiye’nin enerji ihtiyaının büyük bir bölümün fosil yakıtlardan karşıladığını ve enerji üretimi açısından da dışa bağımlı olduğunu açıkça göstermektedir (Anonim-1, 2020). Bu nedenle ülkenin yenilenebilir enerji kaynakları alanında yapacağı yatırımlar enerji bağımlılığını azaltması yönünden çok önemlidir. Özellikle sahip olduğu coğrafi konum sayesinde yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgar enerjisinin umut verici bir potansiyeli vardır. Türkiye Devlet Meteoroloji Servisi (TDMS) tarafından sağlanan verilere göre, yıllık ortalama rüzgar hızı 10 m’de 2.58 m/s olup rüzgar gücü yoğunluğu ise 25.82 W/m²’dir (İlkılıç ve Türkbay, 2010).

Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye ile ilgili rüzgar enerjisi alanındaki yapılan çalışmaların daha çok karasal alanda yürütülüyor olması ve açık deniz rüzgar enerjisi ile ilgili lokal ve kısıtlı çalışmaların bulunması bu eksikliğin giderilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu durum sunulan tez çalışmamızın gerçekleştirilmesinde en büyük ilham kaynağı olmuştur.

Bu alışmada, Türkiye’nin açık deniz rüzgar potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmamızda zgn bir yenilikçi hibrit alan seçim yöntemi (YHASY) nerilmiştir. Bu metot ile 31 kıyı bölgesi için 10 farklı yer seçim kriteri üzerinden analizler yapılmış ve Türkiye’de açık deniz rüzgar iftliği kurulması için uygun 9 kıyı bölgesi seçilmiştir. Çalışmada kullanılan yer seçim kriterlerinin etkileri keyfi olarak belirlenmemiş bunun için hibrit metot içerisinde analitik hiyerarşi süreci (Analytic Hierarchy Process, AHP) yöntemi kullanılmıştır. Mikro konuşlandırma ile yapılan trbın yerleştirmesi neticesinde

Türkiye’de 9.021 GW’lık açık deniz kurulu gücün tesis edilebileceği öngörülmüştür. Çalışmada önerilen YHASY’nin çoklu yer seçiminde ilk defa kullanılması ve Türkiye’nin açık deniz rüzgar enerji potansiyelinin tutarlı bir metot ile keşfedilmesi bu çalışmanın yenilikçi ve özgün yanını oluşturmaktadır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

Şahin ve ark. (2005), Güneydoğu Akdeniz bölgesinde rüzgar hızının ve yönünün üzerinde değişime sebep olan çeşitli yüzey pürüzlülüğü oluşturan engellerin etkilerini dikkate alarak, saatlik rüzgar hızlarını rüzgar atlası analiz ve uygulama programı (Wind Atlas Analysis and Application Program, WASP) ile analiz etmişlerdir. WASP sayesinde 10 m ve 25 m yükseklikleri için rüzgar potansiyeli haritalarını elde etmişlerdir. Ortalama rüzgar güç yoğunluğu ise 25 m yükseklikte bölgenin yaklaşık 500 W/m^2 olarak hesaplamışlardır. Böylece rüzgar çiftliğinin kurulması için büyük ve makul alanların olduğunu belirlemişlerdir.

Eskin ve ark. (2008), Gökçeada Adası için 10 m ve 30 m’de Uğurlu, Çınaraltı, Aydıncık ve Milli Hava İstasyonu olmak üzere toplam dört farklı istasyondan topladıkları rüzgar hızı verilerini 50 m için tahmin etmişler. Bu tahminleri neticesinde 50 m yükseklikte rüzgar hızlarının Weibull olasılık fonksiyonunu ve Fortran programını kullanarak şekil parametresi (k), ölçek parametresi (c), aylık ve yıllık ortalama rüzgar güç yoğunluğunu hesaplamışlar. İstasyon bölgelerinin yıllık ortalama güç yoğunluklarını bakıldığında yaklaşık olarak Uğurlu 1155 W/m^2 , Çınaraltı 1800 W/m^2 , Aydıncık 868 W/m^2 ve Milli Hava İstasyonu 415 W/m^2 değerinde hesaplamışlardır. Böylece Gökçeada’nın rüzgar enerjisi potansiyeli için uygun bir bölge olduğunu tespit etmişlerdir.

Uçar ve Balo (2009), Orta ve Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Erzurum, Elazığ, Bingöl, Kars, Manisa ve Niğde olmak üzere altı farklı ilin, 10 m yükseklikte yıllık ortalama rüzgar hızlarını kullanarak, potansiyel rüzgar gücünün analizini yapmışlardır. Çalışmalarında sırasıyla 600 kW, 1250 kW, 1500 kW ve 2000 kW anma güç değerine sahip dört farklı rüzgar türbini kullanmışlardır. Analizi yapılacak altı il ile seçilen dört farklı türbinin yıllık elektrik üretim kapasitesi arasındaki ilişkiyi ayrı ayrı saptamışlardır. Yapılan hesaplamalar neticesinde bu türbinlerin altı farklı ilde yıllık elektrik üretim kapasitesinin, 600 kW’lık türbinin için 1.7 GW ile 2.7 GW arasında, 1250 kW’lık türbinin için 3.06 GW ile 5.12 GW arasında, 1500 kW’lık türbin için 3.83 GW ile 6.35 GW arasında ve son olarak 2000 kW’lık türbin için 4.27 GW ile 7.46 GW arasında olduğunu hesaplamışlardır.

Yue ve Yang (2009), çalışmalarında Tayvan bölgesine ait çalışma koşullarını göz önüne alarak GIS yardımıyla rüzgar enerjisi kaynaklarını değerlendirmişler. Değerlendirmede

su derinliği, rüzgar hızı, ekolojik ortamlar ve arazi yapısı ile ilgili kısıtlamaları incelemişler. Çalışmalarında elde ettikleri sonuçlar neticesinde, Tayvan'daki toplam rüzgar enerjisi kaynaklarının %94 ile %98 arasındaki bir payın açık deniz rüzgar enerjisi kaynaklarına ait olduğunu göstermişlerdir.

Möller (2011), Danimarka için özel olarak tasarladığı mekansal sürekli kaynak ekonomik analiz modeli (Spatially Continuous Resource Economic Analysis Model, SCREAM) ile adlandırılan yeni bir referans model önermiştir. Önerdikleri model teknoloji, maliyet ve planlama verilerinin değişimine bağılı olarak gerçekleştirilen bir analiz yöntemidir. Bu model ile gerçekleştirilen analiz neticesinde hesaplanan rüzgar enerjisi potansiyelinin ekonomik açıdan değerlendirilebilir olduğunu gösterilmiştir.

Hong ve Möller (2011), GIS kullanarak Çin'deki açık deniz rüzgar potansiyelini teknik, mekânsal ve ekonomik yönden kısıtlamaları dikkate alarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada açık deniz rüzgar çiftliklerinin rüzgar enerjisinin teknik potansiyeli 2010 yılı için 1715 TWh, 2020 yılı için 2405 TWh ve 2030 yılı için 2758 TWh olarak belirtirken açık deniz rüzgar enerjisinin ekonomik potansiyelinin kıyı bölgelerinde ki toplam elektrik talebinin 2010, 2020 ve 2030 yıllarında sırasıyla %56, %46 ve %42'sine katkı sağlayacağını doğrulamışlardır. Yaptıkları bu çalışmada Fujian, Zhejiang, Şanghai, Jiangsu ve kuzey Guangdong kıyılarının hem ekonomik yönden hem de rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından uygun bölgeler olduğunu belirtmişlerdir.

Köroğlu (2011), toplamda 100 MW'lık kurulu güce sahip rüzgar türbinleri seçerek Çanakkale/Bozcaada ve Çanakkale/Ezine bölgesi için rüzgar güç yoğunluklarını hesaplamışlardır. Deniz üstü rüzgar santrali kurulması durumunda ve kara üstü rüzgar santrali kurulması durumunda bölgelerin güç yoğunluklarını hesaplayarak karşılaştırmasını yapmıştır. Çanakkale/Bozcaada bölgesi için deniz üstü rüzgar santrali Çanakkale/Ezine bölgesi için ise karasal rüzgar santrali planlaması yapmıştır. Hesaplama sonucunda Çanakkale/Bozcaada bölgesi için ortalama 3.53 m/s'lik rüzgar hızında 178.21 W/m²'lik güç yoğunluğu elde edilirken, Çanakkale/Ezine bölgesi için ise ortalama 2.18 m/s'lik rüzgar hızında 51.36 W/m²'lik güç yoğunluğu elde etmiştir.

Schillings ve ark. (2012), Kuzey Denizi'nde açık deniz rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemek için GIS ye dayalı bir karar destek sistemi (Decision Support System, DSS)

geliştirmişlerdir. Bu sistemi uygunluk derecesine göre uygun, kesinlikle uygun değil ve değerlendirilebilir olarak üç ölçeklendirmeye ve mekânsal açıdan iki karşıt senaryoyu (senaryo A ve senaryo B) analiz etmek için kullanmışlardır. Senaryoların birtakım ortak ve farklı giriş değerlerine (çevresel, ekonomik, teknik ve sosyal) göre analiz yapıldığında senaryo A'nın toplam üretim kapasitesi 31 GW iken senaryo B'nin toplam üretim kapasitesini 87 GW olarak hesaplamışlardır.

İlkılıç ve Aydın (2015), Türkiye'nin tüm kıyı bölgelerindeki toplam rüzgar enerjisi potansiyellerini ve bu potansiyellerin mevcut santrallerde kullanımını incelemişlerdir. İnceleme sonuçlarında Türkiye'nin en yüksek potansiyele sahip bölgelerini ve illerini göstermişlerdir. Buna göre bölgesel olarak başta Ege ve Marmara bölgeleri 50 m yükseklikte 6.9 m/s'lik rüzgar hızı ile en iyi potansiyele sahipken ardından Doğu Akdeniz kıyı bölgesi gelmektedir. İl bazında ise İstanbul, İzmir, Datça, Bandırma, Antakya, Çanakkale ve Hatay illerinin en verimli alanlar olduğunu belirtmişlerdir.

Watrobski ve ark. (2015), açık deniz rüzgar çiftlikleri kurulumunda en uygun bölgeyi belirlemek için kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinin pratik bir uygulamasını göstermişlerdir. Oluşturdukları seçenek kümesini çeşitli alt kriterler ile değerlendirmişler. Değerlendirme için AHP yöntemi ve PROMETHEE II yöntemini kullanmışlardır. Gerçek kriterlerin de yönteme dahil edilmesi ile edilen çözümün doğrusal tercih fonksiyonu ile daha doğru sonuç verdiğini belirlemişlerdir.

Mekonnen ve Gorsevski (2015), açık deniz rüzgar potansiyelinin tespitini kolaylaştıran web tabanlı katılımcı coğrafi bilgi sistemi (Participatory Geographic Information System, PGIS) önermişlerdir. Çözümlemede karar verme araçları arasına vaka çalışmasındaki bölgede yaşayan halkıda dahil etmişlerdir. Vaka çalışmasını Ohio'daki Erie gölünde yapmışlardır. Rüzgar çiftliğinin uygunluğu için üç karar alternatifi geliştirmişler ve bu alternatiflerin katılımcıların puanlandırması neticesinde önem sırasının oluşmasını sağlamışlardır.

Chaouachi ve ark. (2017), Baltık Devletleri açık denizinde en uygun rüzgar türbin çiftlikleri için AHP ye dayalı bir vaka çalışması yapmışlardır. Yaptıkları analizde belirlenen fiziksel ve çevresel kısıtlama parametrelerini güvenilirlik, maliyet ve performans hedefi olarak 3 ana başlıkta incelemiş ve 6 alt başlıkta AHP ağırlıklarını

hesaplamışlar. Yaptıkları çalışmada geçmişe dönük 5 yıllık (2009-2013) rüzgar hızlarını kullanmışlardır.

Vagiona ve Kamilakis (2018), Yunanistan Ege denizinin güneyinde ithal enerji ile fosil yakıtlara bağımlılığı ve adaların enerji ihtiyacını karşılamadaki sorunları azaltmak için açık deniz rüzgar türbin çiftliği kurulmasına en uygun yerleri belirlemişlerdir. 15 farklı bölgeyi rüzgar hızı başta olmak üzere bir takım çevresel, ekonomik, teknik ve sosyal sınırlamaları dikkate alarak değerlendirmişlerdir. Bu bölgelerin değerlendirilmesinde sınırlamaların bölgedeki ağırlıklarını göz önünde bulundurarak çok kriterli karar yöntemleri yani, AHP ve ideal çözüme benzerlikle tercih düzeni tekniğini (Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution, TOPSIS) kullanmışlar. Çok kriterli bu analiz sonucunda 15 bölgenin 2 sinin ekonomik olarak sürdürülebilirliğini ortaya çıkarmışlardır.

Mahdy ve Bahaj (2018), Mısır'ın tamamını ve çevresindeki suları kapsayan geniş ölçekte gerçekleştirdikleri MCDA sonucunda en uygun 3 farklı bölge için toplam yaklaşık 33 GW'lık kapasite tespit etmişlerdir. Yaptıkları analiz sonuçlarının tutarlılık oranı (Consistency Ratio, CR) değeri 0.10'dan çok küçük bir değer olup, 0.039 olarak elde etmişler.

Loukogeorgaki ve ark. (2018), Yunanistan açık denizinde rüzgar ve dalga enerjisinin değerlendirilebileceği en uygun yeri belirlemek için AHP den yararlanmışlar. 12 farklı bölge toplamda 2536.29 km²'lik bir alanı çevresel, ekonomik, teknik ve sosyo-politik yönleri yansıtan dokuz parametre altında incelemişler. Analizleri sonucunda %14.1'lik en yüksek puana sahip ilk öncelikli bölge Girit'in Doğusu, %4.6'lık en düşük puana sahip son öncelikli bölge Skyros' un Güneydoğusu ve öncelik derecesine göre diğer bölgeleri tespit etmişlerdir.

Argın ve ark. (2019), ilk olarak Türkiye'de bulunan 55 kıyı bölgesinin rüzgar hızı verilerini analiz etmiş, ortalama rüzgar hızı 3 m/s'den düşük olan 44 bölgeyi doğrudan elemiş ve sonraki aşamalara dahil etmemişlerdir. Eleme işlemi sonrasında kalan (rüzgar hızı 3 m/s'den daha yüksek olan) 11 bölge için çevresel, teknik ve sosyo-politik içeriği altında yedi farklı kriter için uygunluk testi yapmışlardır. Bu kısıtlamaların bölgeler üzerindeki uygunluk durumları sonucunda Bandırma, Bozcaada, İnebolu, Samandağ ve

Gökçeada olmak üzere beş bölgenin açık deniz rüzgar çiftliği için en uygun bölgeler olduğunu göstermişlerdir.



3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji “bir maddenin iş yapabilme yeteneği” olarak tanımlanmaktadır ve canlıların özellikle insanların yaşamı ve üretkenliği açısından vazgeçilmez bir değere sahiptir. Özellikle zaman içerisinde insanoğlunun yerleşik hayata geçmesi, nüfus artışı ve üretimin farklı alanlarda gelişmesiyle birlikte enerji olan talep te artış göstermiştir (Bekar, 2020).

Enerji kaynakları dönüştürülebilme ve kullanım durumuna göre iki ana grupta sınıflandırılır. Dönüştürülebilme durumuna göre enerji kaynaklarını birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak alt sınıflara ayırırken, kullanım durumlarına göre ise yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak sınıflandırma yapılmaktadır (İnan ve ark., 2018).

Birincil enerji kaynakları, enerjinin dönüşmemiş ilk halini oluşturur. Bu kaynaklar; kömür, petrol, doğal gaz, nükleer, biyokütle, hidrolik, güneş, rüzgar, dalga ve gel-git tir. İkincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynağı olarak kullanılan enerjilerin dönüştürülmüş haline karşılık gelmektedir. İkincil enerji kaynaklarını; elektrik, benzin, motorin, ikincil kömür, sıvılaştırılmış petrol gazı (Liquefied Petroleum Gas, LPG) ve mazot gibi enerji kaynakları oluşturmaktadır (Yıldırım, 2019).

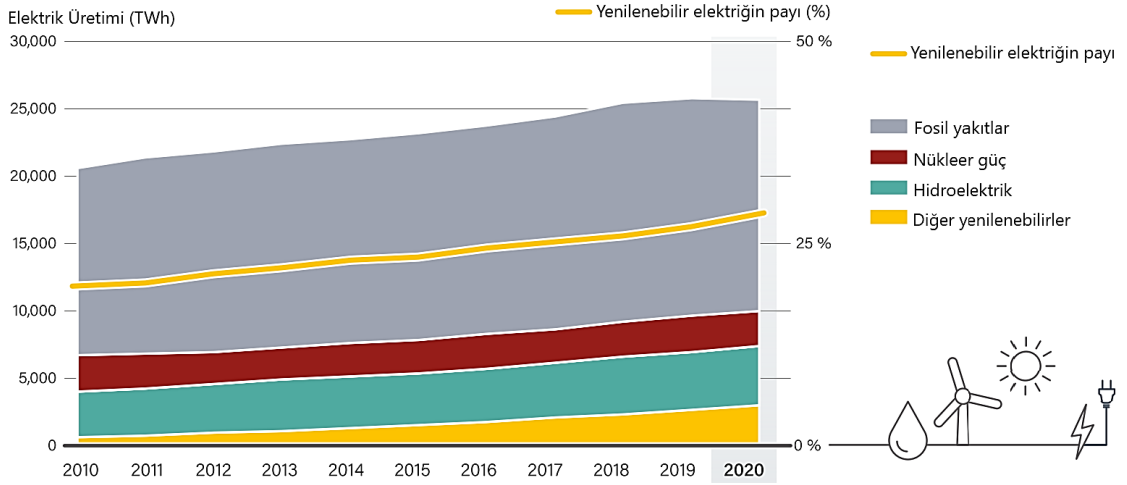
Yenilenebilir enerji kaynakları doğal bileşenlerle uzun yıllar kullanılabilme imkanı olan tükenmez enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Bu bakımından temel yenilenebilir enerji kaynakları rüzgar enerjisi, hidrolik enerjisi, güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerjisi ve dalga enerjisi olmak üzere sıralanmaktadır. Bu enerji kaynaklarını oluşturan temel kaynakların gösterimi Çizelge 3.1.’de sunulmaktadır.

Çizelge 3.1. Yenilenebilir enerji çeşitleri ve kaynakları (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları	
Yenilenebilir Enerji Çeşitleri	Enerjinin Kaynağı
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgar Enerjisi	Rüzgar
Jeotermal Enerji	Yer Altı Suları
Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Okyanuslar ve Denizler
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

Bununla birlikte sınırlı bir rezerve sahip ve zamanla tükeneyeceği varsayılan enerji kaynakları ise yenilenemez enerji kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları fosil yakıtlar kapsamında nükleer, kömür, doğalgaz ve petrol olarak sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının sahip olduğu avantajlar göz önüne alındığında yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre tercih edilmesi daha ön plana çıkmaktadır. Özellikle bu kaynakların çevre dostu olması, sera gazı salınımı düşürmesi, küresel ısınmayı önlemesi ve hammadde yönünden doğada kolaylıkla temin ediliyor olması bu kaynakları tercih sebebi yapmaktadır (Koç ve ark., 2018).

Ayrıca Şekil 3.1.'deki dağılıma bakıldığında 2010 – 2020 yılları arasında küresel elektrik üretiminde yenilenebilir enerji 2020 yılında bir önceki yıla göre payını yaklaşık olarak %2 oranında artırmıştır. Korana virüs hastalığı dolayısıyla 2020 yılında dünyada elektrik enerjisine olan talep düşüş göstermiştir. Bu düşüş sonucunda fosil yakıtlarla elektrik enerjisi elde etme oranı da düşerken yenilenebilir enerji ile elektrik elde etme oranı artış göstermiştir (REN21, 2021).



Şekil 3.1. 2010-2020 yıllarında Dünyada kaynağa göre elektrik üretimi (REN21, 2021).

2. Dünya Savaşı'ndan sonra ilk defa küresel enerji talebi 2020'de %4'lük ciddi bir düşüş kaydetti. Fakat bu düşüş Korana virüs kısıtlamaları kalktıkça ve ekonomik iyileşmeler sağlandıkça 2021'de küresel enerji kullanımı Korana virüs öncesi dönemin %0,5 oranında üzerine çıkması beklenmektedir. Dünya genelinde enerjiye olan ihtiyacın artması yenilenebilir enerjiye olan talebi de giderek artırmaktadır. Bu kapsamda birçok devlet ve özel sektör yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgilenmekte ve bu alana yatırımlar yapmaktadır. Özellikle ekonomik açıdan değerlendirildiğinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak elde edilen enerji maliyetlerinin diğer kaynaklara kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan rüzgar enerjisine yapılan yatırımların bu alandaki üretim oranını da artırdığı tespit edilmiştir (Çobanoğlu ve ark., 2021; IEA, 2021; Yıldız, 2021).

Yukarıda sınıflandırılan yenilenebilir enerji kaynaklarının temel özellikleri, küresel ve Türkiye ölçeğindeki kapasite değerlendirmeleri aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak sunulmaktadır.

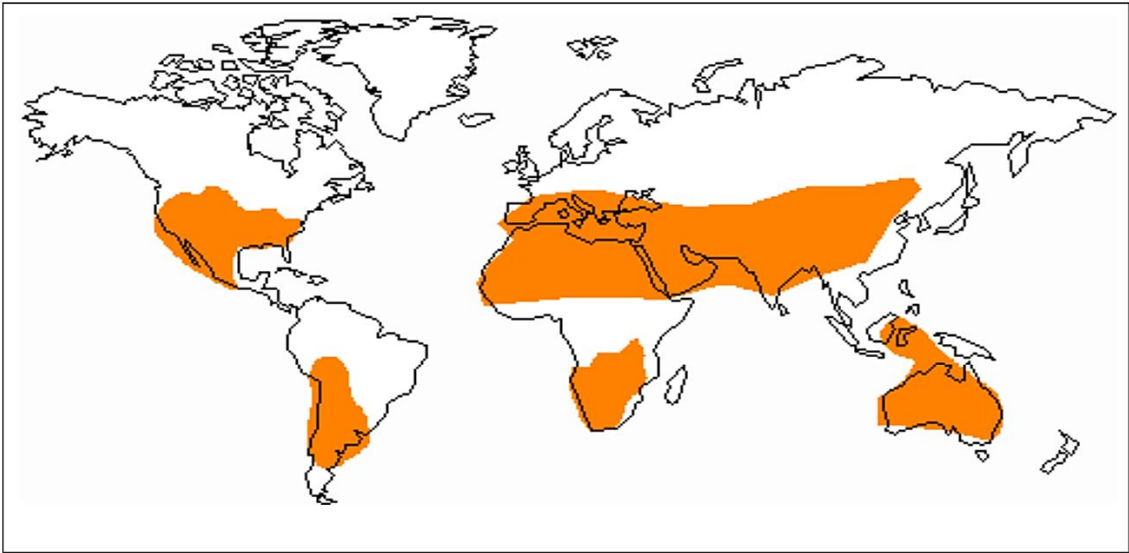
3.1. Güneş Enerjisi

Güneş başlıca bir yenilenebilir enerji kaynağı olmakla birlikte dünya için olmazsa olmaz hayat kaynağıdır. Alışlagelmiş enerji kaynaklarının çoğu güneş sayesinde oluşmaktadır (Çelik, 2012).

Güneş'in çekirdeğinde meydana gelen füzyon tepkimeleri hidrojen gazını helyum gazına dönüştürmekte ve ortaya çok büyük bir enerji çıkartmaktadır. Ortaya çıkan bu büyük

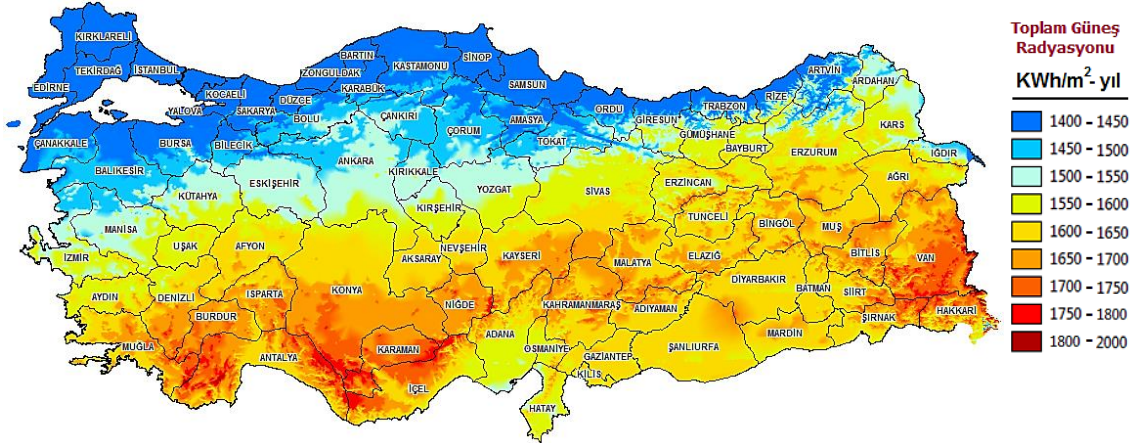
enerjinin dünyaya çok az miktarı ulaşmaktadır. Buna rağmen hem insanoğlunun enerji tüketiminden kat kat fazla enerjiye sahip hem de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının hemen hemen hepsinin oluşumuna etki etmektedir. Özellikle Güneş enerjisinden faydalanabilmek için güneş kolektörleri, güneş santralleri ve güneş pilleri (fotovoltaik piller) gibi birtakım teknolojiler oluşturulmuştur (Oğuz ve Akkurt, 2017; Çırak, 2019; Bekar, 2020).

Türkiye dünyadaki birçok ülkeye göre güneş enerjisi bakımından avantajlı bir konuma sahiptir. Çünkü güneş kuşağı alanı içerisinde yer almaktadır. Şekil 3.2.'den görüldüğü gibi güneş kuşağı içerisinde Türkiye ile beraber İspanya, İtalya, Yunanistan, İsrail, Suriye, Mısır, Suudi Arabistan, Libya, Cezair, Fas, İran, Pakistan, Çin, Japonya, Amerika, Meksika, Güney Afrika ve Avustralya da yer almaktadır (Altuntop ve Erdemir, 2013).



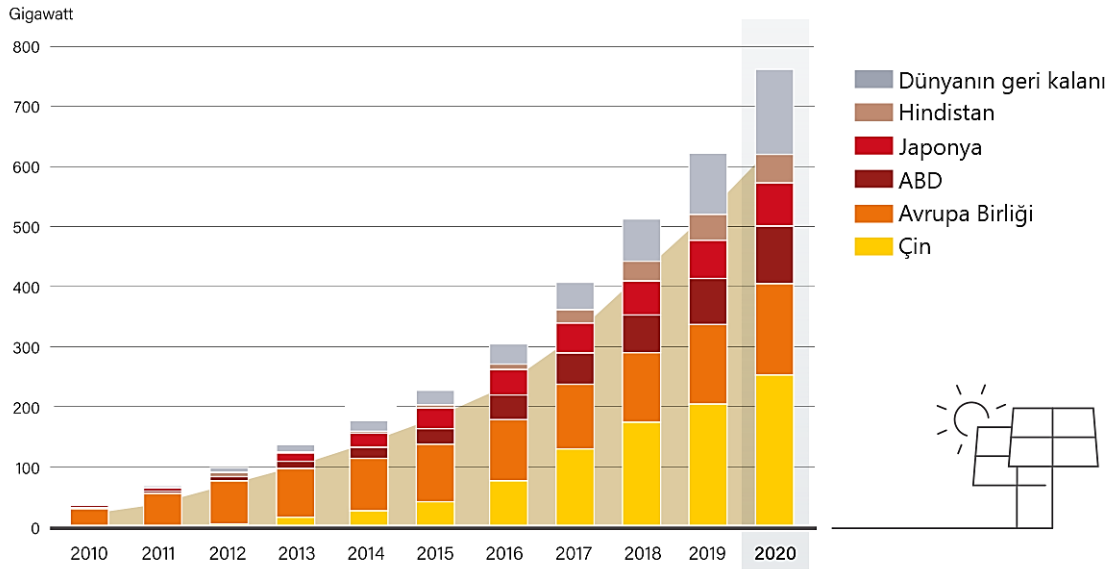
Şekil 3.2. Dünya genelinde Güneş ışıınımını en fazla alan bölgeler (Altuntop ve Erdemir, 2013).

Şekil 3.3.'den Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli değerlendirildiğinde en fazla güneş potansiyeline sahip bölgelerin Güneydoğu Anadolu Bölgesi ardından Akdeniz Bölgesi olduğu görülmektedir. En az güneş potansiyeline sahip bölgelere bakıldığında ise Karadeniz Bölgesi ile Marmara Bölgesi olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (Anonim-2, 2021).

Şekil 3.4.'e bakıldığında toplam güneş enerjisi kapasitesi bakımından öncü ülkelerin Çin, ABD, Japonya ve Hindistan'dan oluştuğunu görmekteyiz. Dünya geneli toplam güneş enerjisi kapasitesi 750 GW'ı aşmış durumda. Türkiye ise güneş enerjisinde 2020 yılında yaklaşık 1 GW'lık artış ile toplam 9.5 GW'lık kapasiteye ulaşmıştır (REN21, 2021).



Şekil 3.4. 2010-2020 yıllarına ait ülke ve bölgeye göre Dünya Güneş enerji kapasitesi (REN21, 2021).

3.2. Rüzgar Enerjisi

Yeryüzünün farklı bölgelerinde ısınarak yükselen sıcak hava ile soğuk havanın yer değiştirmesi sonucunda meydana gelen basınç farkı rüzgarı oluşturmaktadır. Bu nedenle rüzgar yüksek hava basıncından alçak hava basıncına hareket eden hava akımı olarak tanımlanmaktadır. Güneş rüzgar enerjisinin oluşmasında dolaylı olarak etkiye sahiptir.

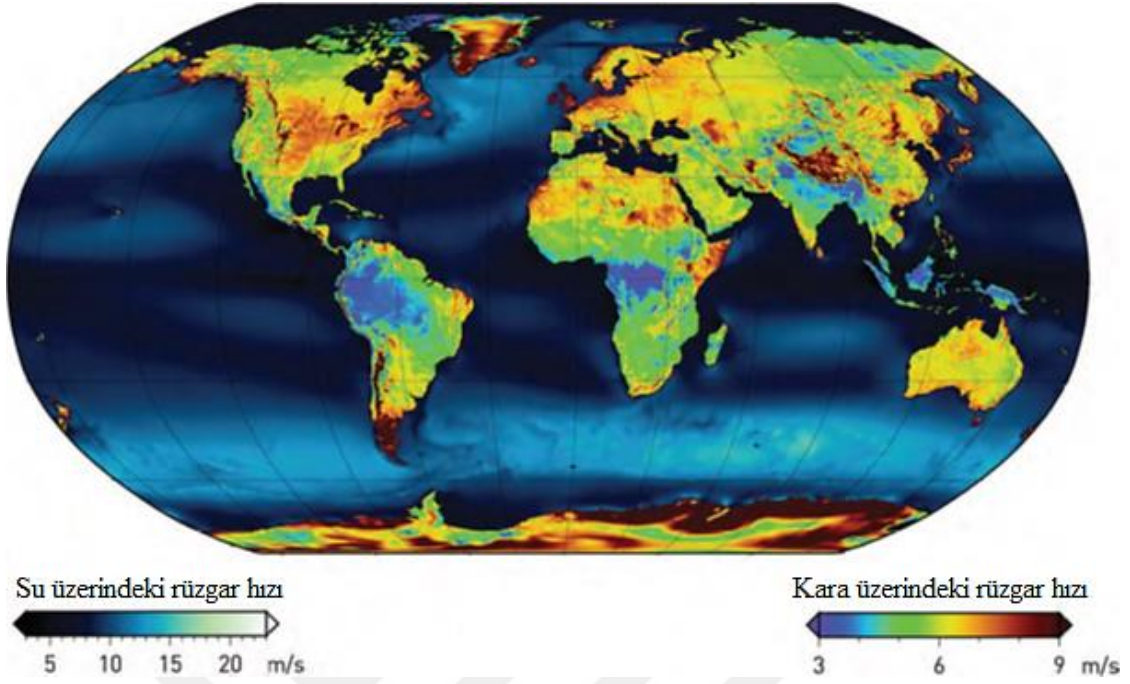
Bu nedenle rüzgar enerjisi de diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi doğal ve temiz enerji kaynağıdır (Gökkuş, 2014; Yapar, 2014).

Rüzgar enerjisi yüzlerce yıldır insanlar tarafından farklı amaçlar için kullanılan enerji kaynağı olmuştur (Tortumluoğlu ve Doğan, 2021). Özellikle ilkçağlardan itibaren mekanik uygulamalar, elektriksel uygulamalar ve ısı enerjisi uygulamaları olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Alkan, 2013).

Yaklaşık 3000 yıl öncesinde İskenderiye civarında yel değirmenlerinin rüzgar enerjisinden faydalanmak için kullanıldığı tahmin edilmektedir. Türkler yel değirmenini ilk kez MS 640 yılına doğru üretirken, haçlı seferleri ile birlikte Avrupa'ya ulaşmıştır. 1105 yılında Fransa'da görülürken, 1143 yılında ise İngiltere'de ilk yer değirmenleri imal edilmiştir. Kayıtlı doküman olarak ilk yer değirmenleri MS 644 yılında Sistan'da yer almaktadır. MS 750-850 yıllarında yel değirmenleri Çin'de pirinç arazilerini sulama faaliyetleri için de kullanılmıştır. Yel değirmenleri düşey eksenli olarak ilk kez Doğu bölgesinde kullanmaya başlarken, Batılılar yel değirmenini geliştirerek yatay eksenli hale getirmişlerdir. 1891 yılında Danimarkalı Profesör Paul La Cour ilk kez rüzgar gücünü kullanarak elektrik üretmiştir. 1918 yılından sonra elektriğin kullanımı yaygınlaşmış fakat dizel yakıtların fiyatının düşük olması, 2. Dünya Savaşı'na kadar rüzgar enerjisinden faydalanmayı ikinci plana atmıştır. 1973 ile 1980 yıllarında meydana gelen uluslararası petrol krizi yenilenebilir enerjinin önemini özellikle rüzgar enerjisinin önemini bir kez daha gündeme getirmiştir. Rüzgar enerjisi hem gelişim gösteren hem de dünya çapında hızla büyüyen bir enerji konumuna gelmiştir (Özgener, 2002; Yapar, 2014).

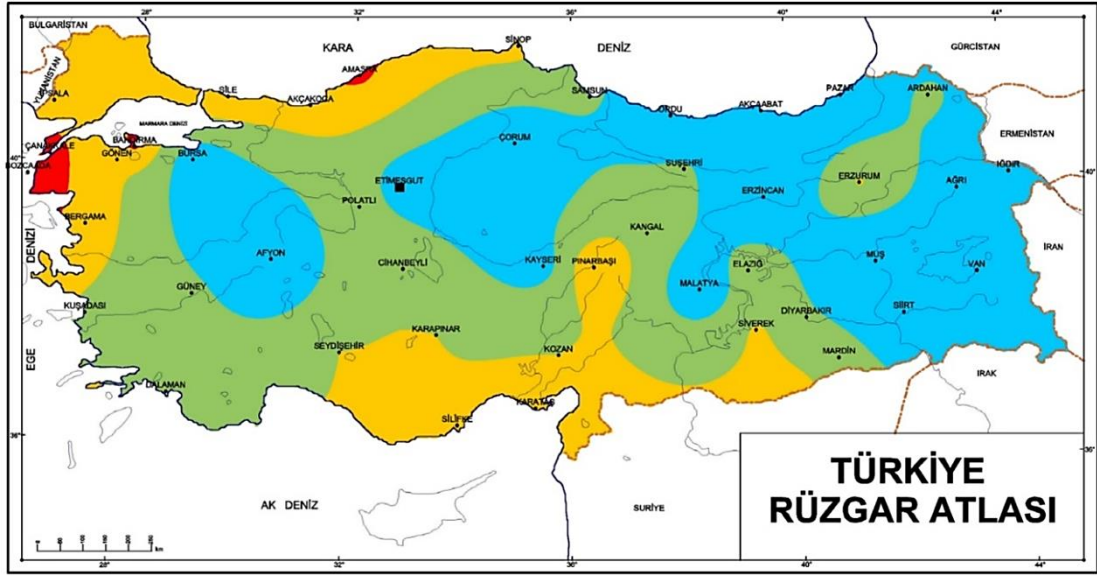
Dünyada kullanılan elektriğin 2022 yılında %12'si ve 2050 yılına gelindiğinde ise %18'lik kısmının rüzgar enerjisinden elde edileceği ön görülmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017; Urfalı ve Eymen, 2020).

Şekil 3.5.'de yer alan Dünya rüzgar atlasına baktığımızda okyanus ve denizlerde koyu maviden açık maviye doğru, karada ise maviden kırmızı renge doğru rüzgar hızlarının arttığı görülmektedir.



Şekil 3.5. Dünya rüzgar atlası (Turkenburg ve ark., 2012).

Şekil 3.6.'te yer alan Türkiye'nin rüzgar atlası incelendiğinde yüksek rüzgar hızına sahip olan bölgelerden düşük rüzgar hızına sahip bölgelere doğru bir sıralama yapıldığında ilk olarak Marmara Bölgesi ardından Ege Bölgesi, Karadeniz'in Batısı, İç Anadolu Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve son olarak Doğu Anadolu Bölgesi gelmektedir (Uçar, 2007).



	Kapalı Araziler ² ms ⁻¹	Açık Araziler ³ ms ⁻¹	Kıyılar ⁴ ms ⁻¹	Açık Deniz ⁵ ms ⁻¹	Tepe ve Bayır ⁶ ms ⁻¹
> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700
5.0 - 6.0	150 - 250	6.5 - 7.5	300 - 500	7.0 - 8.5	400 - 700
4.5 - 5.0	100 - 150	5.5 - 6.5	200 - 300	6.0 - 7.0	250 - 400
3.5 - 4.5	50 - 100	4.5 - 5.5	100 - 200	5.0 - 6.0	150 - 250
< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150

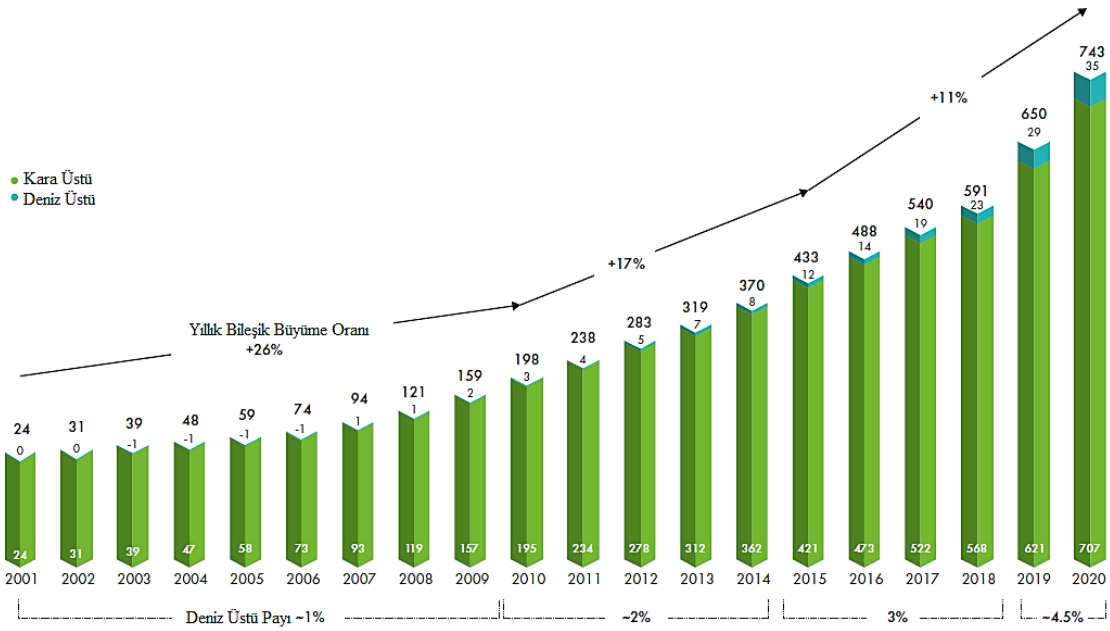
1. Rüzgar potansiyeli, rüzgarın gücünü temsili olarak, Rüzgar türbini halihazırda potansiyelin % 20 ile % 30 luk bölümünü kullanabilir. Potansiyel hesaplamaları; deniz seviyesinde 1 Atm lik standart basınç ve 15 °C sıcaklığa karşılık gelen 1.23 kg.m-3 hava yoğunluğuna göre yapılmıştır.
2. Yerleşim alanları, ormanlar ve rüzgar kincilerinin yoğun olduğu tarım alanları (pürüzlülük sınıfı 3).
3. Az sayıda rüzgar kincinin olduğu açık araziler (pürüzlülük sınıfı 1). İç bölgelerde en fazla tercih edilen alanlar genellikle bu sınıfta bulunmaktadır.
4. Düzgün kıyı alanları ve çok az sayıda rüzgar kinci içeren kara yüzeyleri (pürüzlülük sınıfı 1). Eğer hakim rüzgar yönü deniz tarafından ve sürekli ise, potansiyel daha fazla olabilir. Tam tersi durumda ise potansiyel daha az olabilir.
5. Kıyılardan en az 10 km uzaklıktaki açık denizler (pürüzlülük sınıfı 0).
6. Bütün sınıflarda % 50 ye varan bir hız artışı görülmektedir ve bu sonuç 400 m yüksekliğinde ve 4 km çapındaki simetrik bir tepede yapılan hesaplamalarda elde edilmiştir. Rüzgar hızındaki artış; tepenin yüksekliğine, uzunluğuna ve yapısına bağlıdır.

Şekil 3.6. Türkiye rüzgâr atlası (Anonim-3, 2017).

Dünya ve Türkiye ölçeğinde yer alan kurulu güçler iki açıdan dikkate alınmaktadır. Bunlardan bir tanesi karasal olarak kurulan rüzgar çiftliklerine bağlı toplam kurulu güç diğeri ise deniz üstü olarak adlandırılan kurulu güçtür. Karasal anlamda rüzgar enerjisi potansiyelinden faydalanma oldukça yaygındır fakat engebeli arazilerin ve yüksek tepelerin varlığı bu durumu olumsuz yönde etkilemektedir. Diğer bir taraftan ise enerji üreticileri açısından okyanus ve denizlerin sahip olduğu potansiyellerden faydalanmakta günümüzde gün geçtikçe popüler hale gelmeye başlamıştır. Çünkü karasal alan ile bir kıyaslama yapıldığında deniz üstü sistemlerin daha yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olması ve olumsuz karasal şartlardan en az seviyelerden etkilenmesi daha çok tercih edilmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Diğer önemli avantaj ise okyanus ve denizlerin yüzey alanının karasal bölgelere göre daha düzenli olması nedeniyle türbinleri konuşlandırılmasında karşılaşılan yer sorunu da ortadan kalkmaktadır. Karasal sistemler için büyük rotor çapına sahip türbin parçalarının taşınması zahmetli bir süreçtir fakat denizde gemilerle bu işlemde çok rahat yapılabilmektedir. Rüzgar türbinlerinin kıyıda uzakta kurulması hem görsel hem de gürültü kirliliğini de azaltmaktadır. Bahsedilen bu avantajlarının yanı sıra deniz üstü rüzgar türbinlerinin kurulum maliyetleri karasal rüzgar

türbinlerine göre oldukça fazladır fakat yüksek rüzgar gücü potansiyeli bu açığı kapatmaktadır (Akdağ ve Yeroğlu, 2019; Tortumluoğlu ve Doğan, 2021).

Dünyada rüzgar enerjisi üretimi 2020 yılında toplamda 743 GW'lık bir kapasiteye ulaşmıştır. Bu kapasitenin 35 GW'lık kısmını deniz üstü rüzgar türbinleri ile 707 GW'lık kısmını ise kara üstü rüzgar türbinleri ile elde edilmektedir. Şekil 3.7.'ye bakıldığında deniz üstü rüzgar türbinlerinde artış göze çarpmaktadır. Çünkü daha öncede belirtildiği gibi deniz ve okyanuslarda kara üstüne göre rüzgar potansiyeli daha fazla olmaktadır bu sebepten ötürü ülkemizin de bir an önce sahip olduğu deniz üstü rüzgar potansiyelini değerlendirmek için mevcut çalışmalarını gözden geçirmeli ve hızlandırması büyük önem arz etmektedir.



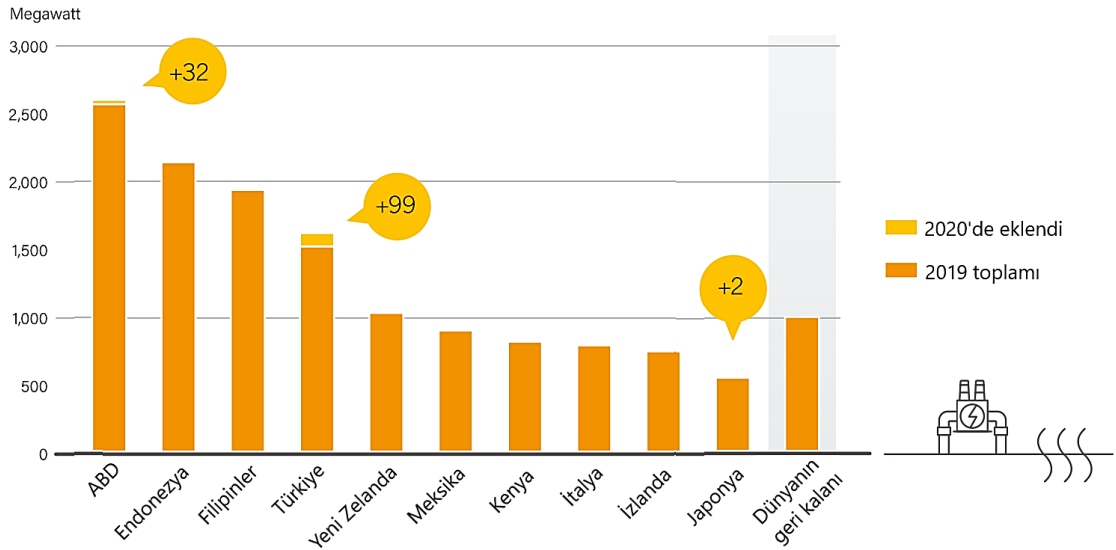
Şekil 3.7. Kara üstü ve deniz üstü rüzgar türbinlerinin yıllara göre toplam kurulumları (GW) (Lee ve Zhao, 2021).

Türkiye rüzgar enerjisinde 2020 yılında 1.2 GW'lık güç artışıyla tümü kara üstü olmak üzere toplamda 9.3 GW'lık güç kapasitesine yaklaştı. 2020 yılındaki bu güç artışı bir önceki yıla göre neredeyse iki katına yakın ve 2020 yılındaki toplam rüzgar enerjisi Türkiye'nin toplam elektrik üretiminin %8.4'ünü karşılamaktadır. 2021 yılı başlarında ise 5 GW'lık yeni kapasite yapım aşamasında olan Türkiye enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, yeni istihdam olanakları oluşturmak, karbon ayak izini azaltmak ve yenilenebilir enerji kapasitesini artırmak için çalışmaktadır (REN21, 2021).

3.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal dünya ve ısı anlamına gelen geo ve termal kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Jeotermal enerji dünyanın alt katmanlarında yer almakta ve normal yer altı veya yer üstü sularına göre daha fazla mineral ve çeşitli tuzlar içeren sıcak su, buhar ve gaz olarak adlandırılabilir. Jeotermal enerjinin sahip olduğu sıcaklık seviyesi yeryüzünden aşağıya doğru inildikçe km’de ortalama 30 °C artış göstermektedir. Yüzyıllardır tarımdan turizme, tıptan elektrik enerjisine farklı alanlarda kullanıma imkanı bulmuştur. (Coşkun, 2011; Ölmez, 2021).

Jeotermal enerji kapasitesi bakımın en büyük 10 ülke Şekil 3.8.’de görülmektedir. İlk 10 ülke içinde Türkiye 4. sırada yer almaktadır. Şekil 3.8.’e göre Birleşik Devlet 32 MW, Türkiye 99 MW ve Japonya 2 MW’lık kapasite artışıyla 2020 yılında toplam 133 MW’lık artış olmuştur.

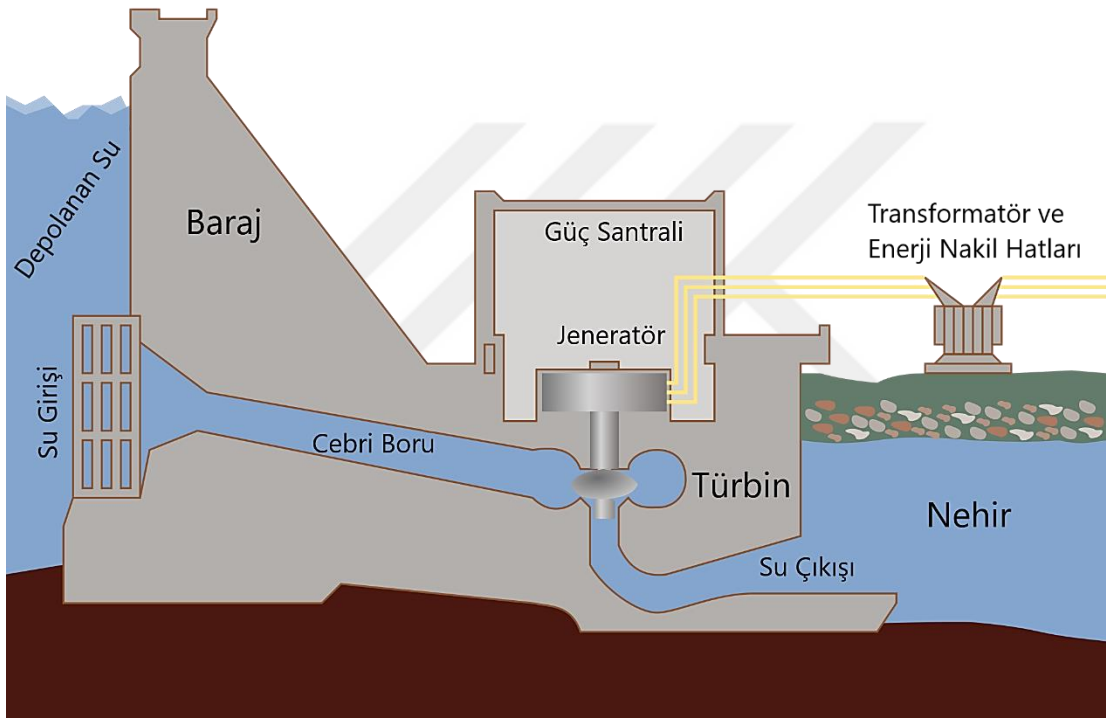


Şekil 3.8. Dünya jeotermal enerji kapasitesi ve 2020’deki yeni eklentiler (REN21, 2021).

3.4. Hidrolik Enerji

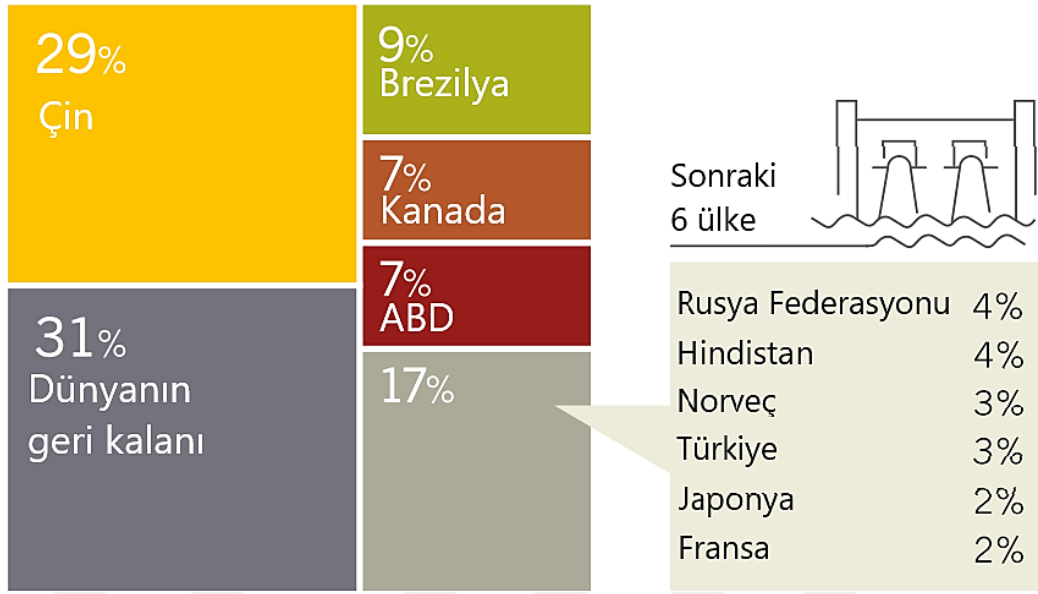
Hidrolik enerji suyun sahip olduğu potansiyel enerjisinden faydalanılarak bu enerjinin mekanik ve elektriksel enerjiye dönüştüğü bir enerji türüdür. Milattan önce su değirmenleri ile suyun gücünden faydalanılmaya başlanmış ve günümüzde hala önemli bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Aykaç, 2021).

Özellikle hidrolik enerjinin en yaygın kullanımı Şekil 3.9.'da görülen hidroelektrik santralleridir. Hidroelektrik santralleri akarsuların önüne barajların kurulmasıyla elde edilmektedir. Barajlarda depolanan suyun yükseklikle doğru orantılı olarak sahip olduğu potansiyel enerjisi cebri borular ile türbinlere iletilirken kinetik enerjiye sahip olmakta ve türbinlere iletilen su türbin çarklarını hareket ettirmektedir. Elde edilen bu hareket enerjisi jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüşmekte ve transformatörle ile yükseltileen elektrik enerjisi enerji nakil hatları ile dağıtılmaktadır (Kenet, 2020).



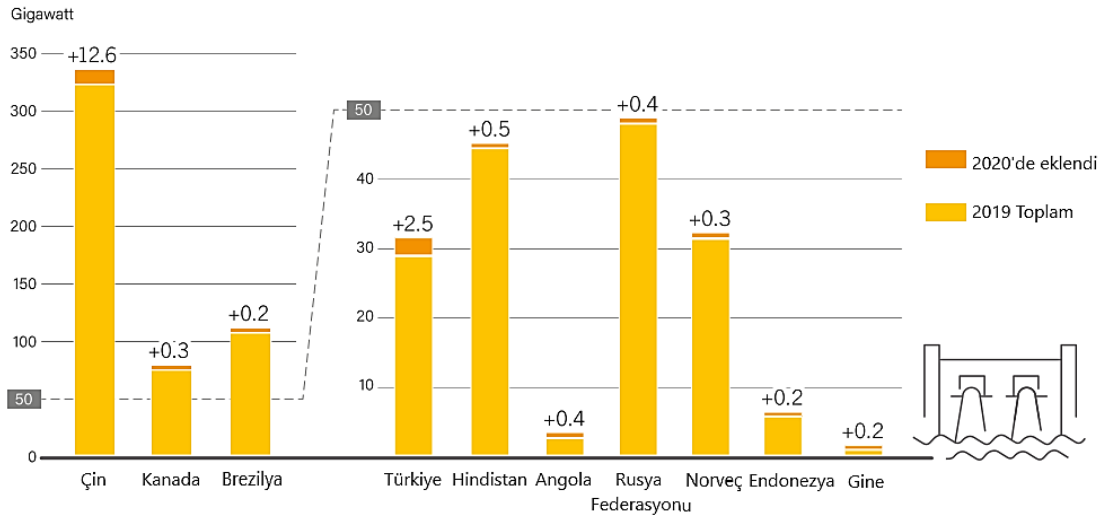
Şekil 3.9. Hidroelektrik santrali (Ünal, 2014).

Şekil 3.10.'a göre 2020 de hidroelektrik enerjide kurulu kapasite bakımından dünyanın 3 te 2 sinden fazlasını oluşturan ilk 10 ülke ve diğer ülkeler yer almaktadır. Dünyada hidroelektrik üretimi 2020'de %1.5 artarak, dünyanın toplam elektrik üretiminin yaklaşık %16.8'ine yani yaklaşık 4370 TWh'e ulaştı (REN21, 2021).



Şekil 3.10. 2020'ye ait Dünyadaki hidroelektrik kapasitesi, ilk 10 ülke ve diğer ülkeler (REN21, 2021).

Şekil 3.11.'e bakıldığında ise Türkiye'nin hidroelektrik kapasitesi görülmektedir. 2020 yılında 2.5 GW'lık kapasite artışıyla yaklaşık 31 GW'lık bir hidroelektrik kapasitesine sahip olan Türkiye 2013 yılından sonra en büyük kapasite eklentisini yapmıştır. Türkiye'nin 2020 yılında bu kapasite artışında rol alan en büyük hidroelektrik santrallerine bakıldığında 540 MW Yusufeli Barajı, 500 MW Aşağı Kaleköy Santrali, 420 MW Çetin Santrali ve 1.2 GW Ilısu Barajı yer almaktadır. Bunların içerisinde yer alan Ilısu Barajı Dicle Nehri üzerinde yer alan en büyük ikinci barajdır. Türkiye'nin sahip olduğu hidroelektrik santralleri 2020 yılının sonunda toplam elektrik üretiminin yaklaşık 3'te 1'ini oluşturmaktadır (REN21, 2021).



Şekil 3.11. 10 ülke için hidroelektrik toplam kapasitesi ve 2020 yılındaki kapasite eklentileri (REN21, 2021).

Türkiye’de devrede olan yaklaşık 700 hidroelektrik santrali bulunmakta ve bu santrallerin kurulu güce oranı yaklaşık %32’dir. Türkiye’nin kapasite olarak sahip olduğu en büyük beş baraj sırayla 2.4 GW Atatürk Barajı, 1.8 GW Karakaya Barajı, 1.33 GW Keban Barajı, 1.2 GW Ilısu Barajı ve 703 MW Altınkaya Barajı’dır (Anonim-4, 2020).

3.5. Biyokütle Enerjisi

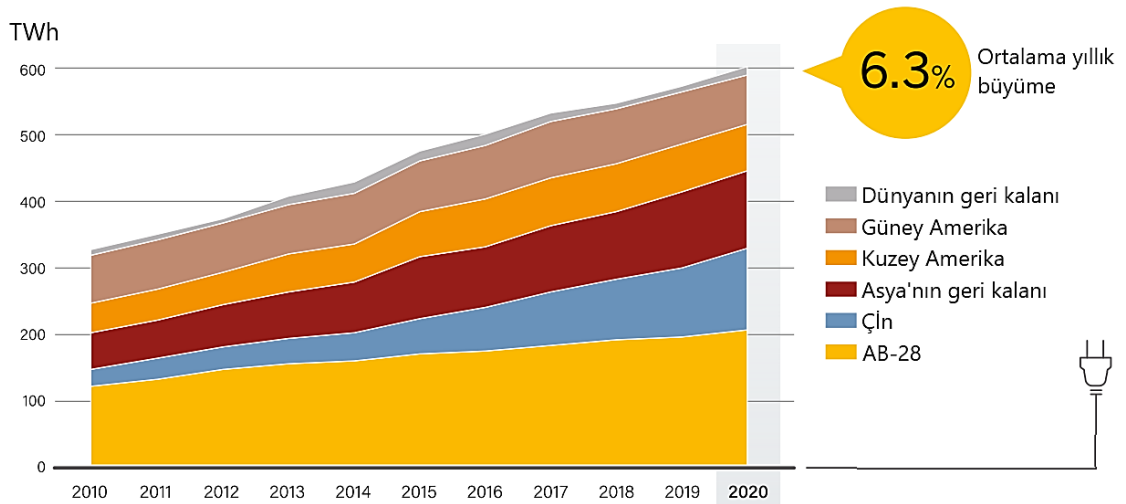
Yakın bir tarihte ölmüş canlıların fosillerinden ya da hayatta olan canlılardan enerji elde etmek için değerlendirilebilir biyolojik maddelere biyoyakıt denmektedir. Biyoenerji ise biyoyakıtın çeşitli sistemler aracılığıyla kullanılarak elde edilen enerji türüdür. Biyoenerjiye kaynak olarak kullanılabilen bitki ve hayvanlara ait atık maddeler küresel enerji talebinin 10 kat fazla miktarını karşılayabilecek potansiyeli vardır (Yüksel, 2020).

Biyokütle, canlıların organizmalarındaki su çıkarıldıktan sonra arta kalan kuru kütle olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle kaynakları; ağaç ve ağaç atıkları, tarım ürünleri ve atıkları, evsel katı atıklar, hayvansal atıklar, işlenmiş gıda atıkları, su bitkileri ve algleri kapsamaktadır. Biyokütleyi esas olarak yaşayan bitkiler oluşturmaktadır bu nedenle biyokütlenin oluşumu için fotosentez önemli bir etkiye sahiptir. Fotosentez ile güneş enerjisi kimyasal enerjiye çevrilerek bitkilerde biyolojik kütle olarak depolanmakta ve bitkilerin kütleleri artmakta böylece biyokütle üretimi elde edilmektedir (Ulu, 2011; Yılmaz, 2021).

Biyokütle kullanımı klasik ve modern olarak iki sınıfa ayrılabilir. Klasik anlamda çok eski çağlarda ateşin bulunmasının ardından ateşin sürekliliğinin sağlanması için biyokütle kaynağı olarak odun kullanılmıştır. Biyokütlenin modern açıdan kullanımı ise Asurlular ve Perslerin biyogaz olarak banyo ısıtma işleminde kullanmalarıdır (Akova, 2008).

Günümüzde ise biyokütle enerjisi ısı, elektrik ve ulaşımda yakıt olmak üzere daha geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur. Eğer biyokütle enerjisinin yönetimine özen gösterilirse bizlere bir takım katkı sağlayacak potansiyele sahiptir. Bu katkılar; sera gazında azalma, enerjide güvenilirliği artıma, fosil yakıtlara bağımlılığı ve fosil yakıt ithalatını düşürme, kırsal bölgelerin ekonomik ve sosyal kalkınmasını sağlama, atık bertaraf etme sorununa çözüm ve verimli kaynak kullanımı olarak sıralanmaktadır (Yapar, 2014).

Biyokütle enerjisinde dünyanın sahip olduğu toplam kapasite 2019'a göre tahmini %5.8 artarak 145 GW'a yükseldi. Toplam elektrik üretimi ise Şekil 3.12.'de görüldüğü gibi 2019'a göre %6.4 oranında artış göstererek yaklaşık 602 TWh'e yükseldi. Ülke bazında bir sıralama yapıldığında ise Çin ilk sırada yer alırken ardından ABD, Almanya, Brezilya, Hindistan, Birleşik Krallık ve Japonya gelmektedir (REN21, 2021).



Şekil 3.12. 2010 – 2020 yılları arasında bölgelere göre Dünya Biyoelektrik üretimi (REN21, 2021).

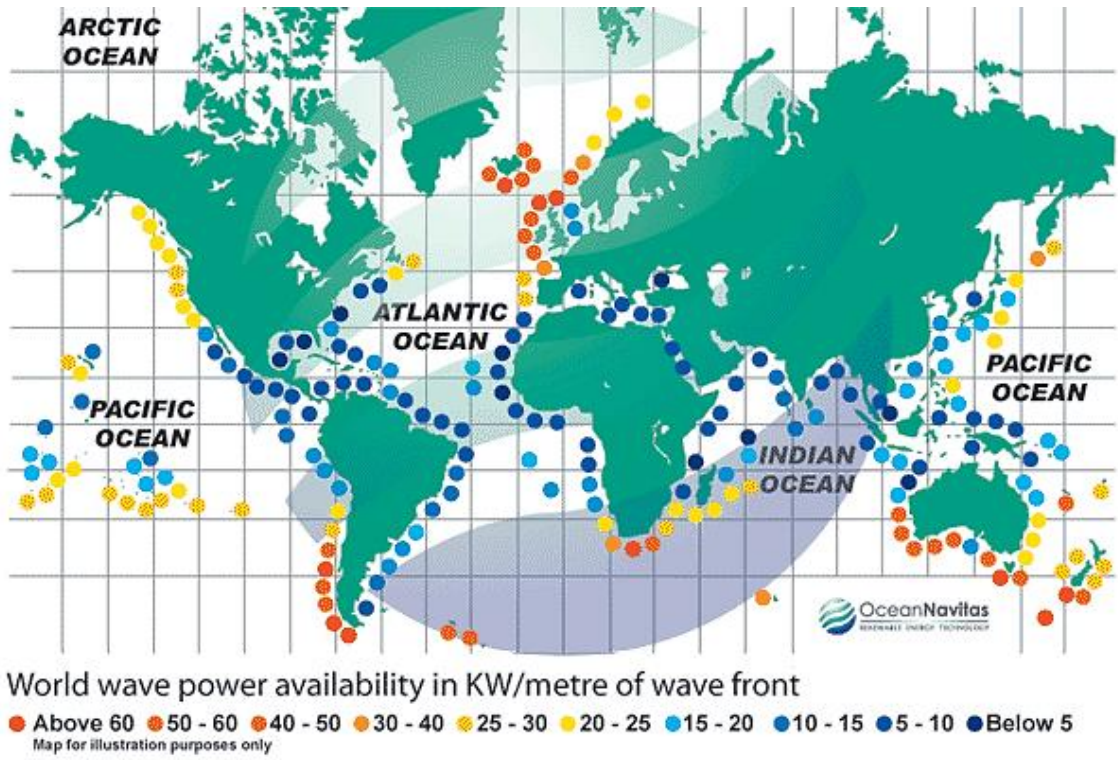
3.6. Dalga Enerjisi

Dalga, deniz ve okyanuslarda rüzgarın etkisiyle oluşan bir enerji kaynağıdır. Denizlerin veya okyanusların verimli dalga oluşturan kıyılarına kurulan santrallerle dalga enerjisi elde edilmektedir. Bu santraller su yüzeyine veya su tabanına kurulabilmektedir. Kurulan santrallerde bulunan su türbinlerinin hareketi ile elektrik enerjisi elde etmenin yanında hidrojen üretimi ve bataryalar ile bu enerjinin depolanması sayesinde kesintisiz bir enerjiden yararlanılabilmektedir (Adıyaman, 2012).

Dalga enerjisi sistemlerinin kurulacağı yerler için büyük dalga kuvvetleri ile şiddetli fırtınalar oldukça önemlidir. Bu nedenle dalga enerjisi sistemlerini kurmak için sadece dalga yüksekliğini değil kurulacak bölgeye ait rüzgar ve dalga istatistiklerine göre bir tasarım yapılmalıdır. Daha önceki çalışmalara bakıldığında belirtilen istatistik verilerine dikkat edilmeden kurulan tesislerin dalganın yıkıcı etkisi ile kullanılamaz hale geldiği veya zarar gördüğü belirtilmiştir. (Mert, 2012).

Dalga enerjisinde kullanılan cihazlar gözden geçirildiğinde, farklı dalga koşullarında enerji elde etmek için karmaşık yapıya sahip olmalarından dolayı bu cihazların net bir tasarımı gerçekleştirilememekte ve prototip aşamasında kalmaktadır. Dalga enerjisinden yararlanmak için iki temel yol izlenmektedir. Bunlardan birisi 100 kW'ın üstünde bir güce sahip olan cihazlar şebeke elektrik piyasasında öncelikli olarak tercih edilirken, ikinci olarak 50 kW'ın altında bir güce sahip olan cihazlar ise birtakım özel uygulamalarda (petrol ve gaz, su ürünleri yetiştiriciliği, denizcilik izleme ve savunma) tercih edilmektedir (REN21, 2021).

Şekil 3.13.'e bakıldığında okyanusların sahip olduğu dalga potansiyeli denizlere göre daha yükseldir. Okyanuslardaki bu yüksek potansiyelinin oluşmasına derinlik, yer hareketleri ve iklim sebep olmaktadır (Kaplukan, 2014). Okyanusların kendi içlerindeki potansiyeline bakıldığında ise Hindistan Okyanusu ile Pasifik Okyanusunun güneyi ve Atlantik Okyanusunun kuzeyi diğer bölgelere göre daha yüksek dalga potansiyeline sahiptir.



Şekil 3.13. Dünya dalga gücü atlası (Yüksel, 2020).

Dünyamızda dalga enerjisi Kuzey ve Güney yarım kürenin 40° - 60° enlemlerinde en yüksek seviyededir. Yıllık ortalama bazda Güney yarım küre daha yüksek dalga enerjisi potansiyeline sahiptir. Çizelge 3.2.'de bazı bölgelere ait net dalga gücü gösterilmekte ve Avustralya ve Yeni Zellanda bölgesinin çok ciddi bir güce sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte birtakım ülkelerin sahip olduğu dalga güçlerine baktığımızda; İngiltere 120 GW, İrlanda 21 GW, Portekiz 10 GW, Danimarka 3.4 GW, İsveç 1 GW ve Akdeniz tarafında Fransa, İtalya, İspanya ve Yunanistan'ın toplam dalga gücü 30 GW olarak hesaplanmıştır (Altaş ve Şahin, 2019).

Çizelge 3.2. Dünyada dalga enerji potansiyelinin yüksek olduğu bazı bölgeler (Altaş ve Şahin, 2019).

Bölge	P _{net} (GW)
Avustralya ve Yeni Zellanda	574
Güney Amerika'nın batısı	324
Avrupa'nın kuzeyi ve batısı	286
Asya'nın güney doğusu ve Malenezya	283
Kuzey Amerika'nın batısı	207
Güney Amerika'nın doğusu	202

Türkiye'nin sahip olduğu kıyı bölgelerinin tümü dalga enerjisi sistemleri için uygun değildir. Sahip olduğu kıyı bölgelerinin yaklaşık beşte birlik kısmı 18.5 TWh/yıl (yaklaşık 2.11 GW) dalga enerjisi teknik potansiyeli bulunmaktadır. Kullanılabilir kaynak olarak ise ülkemizin dalga enerjisi potansiyeli yaklaşık 10 TWh/yıl olduğu açıklanmıştır (Altaş ve Şahin, 2019).

3.7. Hidrojen Enerjisi

Hidrojenin bir element olarak tanımlanması ilk kez Cavendish tarafından 1766 yılında yapılmıştır. Fransız kimyager Antoine Lavoisier ise Hidrojen kelimesini Cavendish'in çalışmalarına dayanarak, Yunanca su ve oluşturan anlamına gelen "hydro" ve "genes" sözcüklerinden türetmiştir. Bir elektron ve bir protondan oluşan Hidrojen elementi periyodik cetveldeki ilk elementtir. Normal şartlar altında tadı, rengi ve kokusu yoktur. Hidrojen yeryüzünde en fazla bulunan elementlerden birisi olmasına rağmen saf olarak bulunmamaktadır. Atmosferde gaz formunda moleküler olarak çok az bulunurken bitkilerde, hayvan dokularında, petrolde ve birçok maddede hidrojen bileşik olarak bulunmaktadır. Hidrojen enerjisi ilk olarak 1839 yılında yakıt hücresinde Grove tarafından deneyde kullanıldı ve 1870 yılına gelindiğinde Otto deneylerinde yanmalı bir motor için içerisinde %50 hidrojen içeren bir karışım kullandı (Idriss ve ark., 2015; Habash, 2018).

Hidrojen üretim yöntemlerini 3 temel başlıkta sınıflandırıldığında kimyasal olarak; kimyasal yollar ile hidrojen üretimi, metanın buharla yeniden düzenlenmesi, kömür gazlaştırma, biyokütle ve metan termal ayrışması gibi yöntemler, elektrokimyasal olarak; alkali, polimer elektrolit membran (PEM), katı oksit, deniz suyu ve foto elektrokimyasal elektroliz ve son sınıflandırma biyolojik olarak; bakterilerin fermantasyonu ve biyofotoliz hidrojen elde edilmektedir (Yüksel ve Topcu, 2019).

Hidrojen enerjisi yanması sonucunda zehirli gazlar üretmediği ve sadece sudan başka atık oluşturmadığı için en sürdürülebilir yakıt olarak kendini göstermektedir. Hidrojenin depolanma yöntemlerine bakıldığında ise dört farklı yöntemle kullanılmaktadır bunlar; sıvı olarak tanklarda depolama, gaz olarak tanklarda depolama, metal hidrürler şeklinde depolama ve nanotüplerde depolama yöntemleridir (Çevik, 2017).

Hidrojen enerjisi yakıt hücreleri aracılığıyla bir çok uygulamada yer almaktadır. Hidrojen ve oksijen atomlarını tepkimeye sokarak elektrik üreten hidrojen yakıtları, benzin kullanılarak çalışan içten yanmalı motorlara kıyasla daha verimlidir. Yakıt hücreleri boyutlarına göre günlük hayatta kullandığımız teknolojik cihazlara enerji sağlamakla birlikte konutlarda veya şebeke ile entegre olmayan uzak bölgelere enerji sağlayabilir. Maliyet ve sınırlı miktarda yakıt istasyonu gibi sebeplerle çok yaygın olmasa da yakıt hücreleri aracılığı ile çalışan elektrik motorlarına sahip arabalar ve otobüsler bulunmaktadır (Yüksel ve Topcu, 2019).

Hidrojen enerjisinin, her türlü enerji kaynağı kullanarak üretilmesi, hidrojen elektrik enerjisi kullanılarak elde edilebildiği gibi daha fazla verimle tekrar elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi, güneş enerjisi kullanılarak doğrudan üretilmesi, fosil yakıtlara göre %39 daha verimli olması, boru hatları veya tanklarla uzun mesafelere taşınabilmesi ve üretiminden son kullanımına kadar geçirdiği süreçte çevreye zarar vermemesi gibi avantajları bulunmaktadır. Hidrojen enerjisinin, varlığı oldukça fazla iken saf halde bulunmaması ve saflaştırma işlemlerinin maliyeti artırması, gaz olarak depolama işlemleri için fazla hacme ihtiyacı olması ve sıvı olarak depolama işlemlerinde ise yüksek basınç ile soğutmaya gereksinim duyması, yakıt hücreleri ile kullanılan araçlar için istasyonların yaygın olmaması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Şenaktaş, 2005).

Hidrojen enerjisinin avantajları göz önünde bulundurulduğunda ülkeler projelerle ve pilot tesislerle kullanımını artırmaya çalışmaktadır. Dünya’da yer alan örneklerine baktığımızda, Çin kurduğu küçük hidroelektrik santrali ile hidrojen enerjisi üretmekte, Arjantin rüzgar türbinleri yardımı ile hidrojen üretmekte, Güney Kore ve Hindistan hidrojen yakıtı ile çalışan araçlar bulundurmaktadır. Ek olarak çalışmaları devam eden veya planlanan uygulamalara bakıldığında, Libya güneş paneli ile hidrojen enerjisi üretimini planlarken, Portekiz, Kolombiya, Mısır, Rusya ve İtalya gibi ülkelerde hidrojen kullanımı yaygınlaşmaktadır. Türkiye ise hidrojen enerjisi kullanılan otobüs ile Bozcaada’da rüzgar enerjisinden hidrojen elde etmeye yönelik adımlar atmaktadır (Karabağ ve ark., 2021).

4. MATERYAL ve YÖNTEM

Türkiye jeopolitik konumu dolayısıyla Avrupa ve Asya'yı birbirine bağlayan bir köprü niteliğindedir. Yüzölçümü bakımından 783.562 km²'lik bir alana sahip olan Türkiye'nin kıyıları adalar dahil 8.333 km uzunluğundadır (Anonim-5, 2021). Özellikle komşu ülkenin kıta sahanlığına yakınlığı ve kıyı güvenliği açısından sahip olduğu stratejik konum Türkiye'nin açık deniz rüzgar enerjisi kapasitesini tahmin etmek için özel ve ayrıntılı bir analiz yapmayı gerektirmektedir.

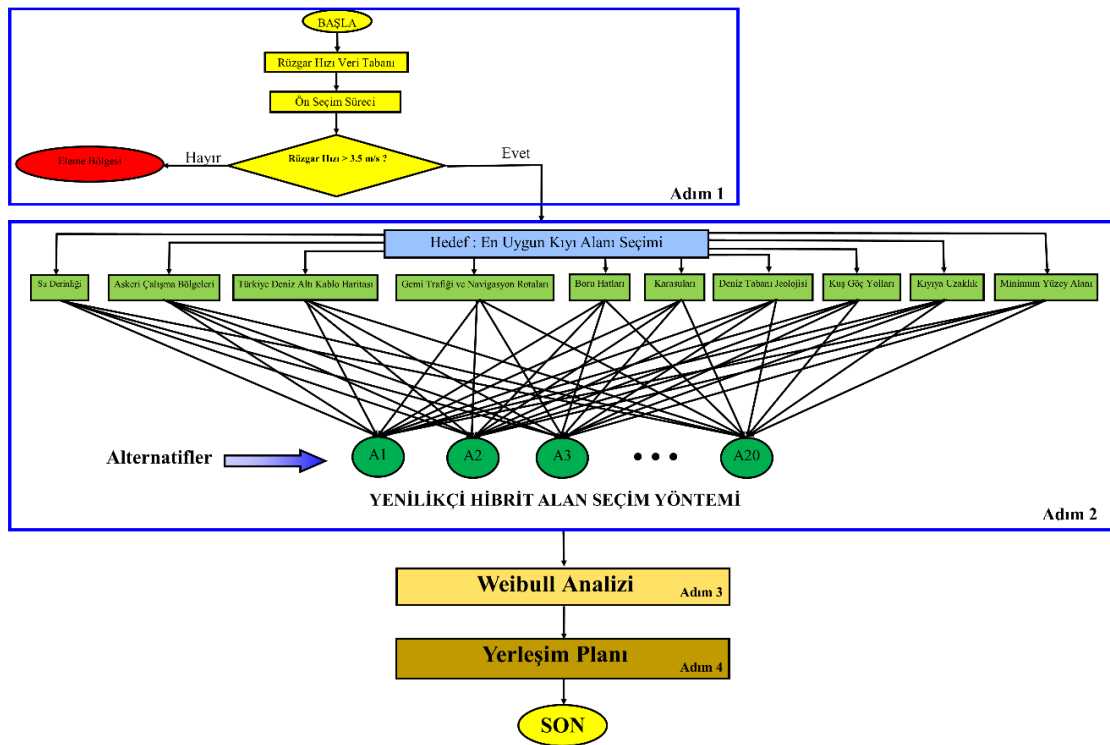
Bu çalışmada deniz üstü rüzgar çiftliklerinin saha seçimleri ve kapasitelerinin tespit edilmesi için kullanılan metodoloji dört aşamadan oluşmaktadır. Mümkün olan maksimum çıkış gücünün belirlenmesi için çalışma büyük bir dikkat ve titizlikle gerçekleştirildi. Bu nedenle uygun yer ve potansiyelin belirlenmesinde kullanılan veriler için hem tarihsel rüzgar verileri hem de Kanada hükümeti tarafından geliştirilmiş ücretsiz bir yazılım paketi olan RETScreen programının veri tabanı kullanıldı.

Çalışmanın birinci aşamasını rüzgar hızlarının analizi oluşturmaktadır. Çalışmada açık deniz rüzgar hız verileri bulunmadığı için araştırmada sahaya en yakın meteoroloji istasyonlarından, deniz fenerlerinden ve meteoroloji uydularından elde edilen veriler kullanıldı. Türkiye'deki 31 kıyı bölgesi arasında en uygun deniz rüzgar çiftliği bölgesini tahmin etmek için bu aşamada ortalama rüzgar hızı 50 m'de 3.5 m/s'nin altında olan bölgeler ön elemeye tabi tutuldu. Ön eleme neticesinde deniz üstü rüzgar çiftliği kurulmaya elverişli 20 kıyı bölgesi belirlendi.

Çalışmanın ikinci aşamasında 10 farklı çoklu seçim kriteri belirlendi. Bu kriterlerin her bir bölge için ağırlıkları ayrı ayrı AHP işlemi ile hesaplandı. Belirlenen bu ağırlıklar neticesinde bölgelerin arasında en uygun olanlarının seçimi gerçekleştirildi. Çalışmada önerilen çoklu seçim kriteri ve AHP işlemi bünyesinde barındıran YHASYS ile sezgisel analizle verilen ve genellikle objektif olmayan kararların önüne geçmek amaçlanmıştır. Çoklu seçim kriterleri ve önerilen hibrit yer seçim metodu bir sonraki bölümde detaylı olarak açıklanacaktır. Filtreleme sonrasında ortaya konulan kriterlere göre uygun şartları sağlayan lokasyonların potansiyel rüzgar çiftliği kurulabilecek yerler olarak tanımlaması yapıldı.

Üçüncü aşamada seçilen bölgelerin rüzgar hızları kullanılmak suretiyle Weibull dağılımları çıkartıldı ve bölgelerin ortalama rüzgar hızları ile rüzgar güç yoğunlukları tespit edildi. Dağılımların belirlenmesinde MATLAB yazılımı kullanıldı.

Son aşama olan dördüncü aşamada ise rüzgar çiftliği bölgesi içerisinde kullanılacak rüzgar türbini sayıları ve konumlarının yer aldığı yerleşim planı çıkartıldı. Şekil 4.1.'deki akış şeması çalışmanın aşamalarını ayrıntılı olarak göstermektedir. Bununla birlikte çalışmanın aşamalarına ait detaylı açıklamalar alt bölümlerde verilmiştir.



Şekil 4.1. Önerilen düzene ait akış şeması.

Çalışmada seçilen kriterlerin sahadaki yansımalarını somut olarak bir arada görebilmek için toplanan veriler Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından ücretsiz olarak sunulan HGM Küre yazılımına işlenmiştir. Özellikle Seyir Hidrografi Oşinografi Dairesi Başkanlığı (SHOD) tarafından “denizcilere ilanlar 2018” yıllığında paylaşılan koordinatların kullanılması çalışma sahalarının daha hassas ve yüksek doğrulukla belirlenmesinde yardımcı oldu.

4.1. Rüzgar Hızlarına Göre Ön Eleme İşlemi (Birinci Adım)

Rüzgar çiftlikleri rüzgar enerjisi çevrim sistemlerinden en yüksek verimlilikle faydalanabilmek için yüksek rüzgar hızı potansiyeline sahip alanlara kurulur. Bu nedenle seçilen bölgede rüzgar enerjisi potansiyelini sağlıklı değerlendirmek için doğru ve güvenilir rüzgar verilerinin kullanılması gereklidir. Türkiye için tarihsel rüzgar verilerinin en sağlıklı olarak elde edilebileceği devlet kurumları Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) ve TDMS dir. Çalışmanın başlangıcında seçilen 31 kıyı bölgesine ait rüzgar hızı verileri TDMS ve RETScreen programının veri tabanı tarafından sağlanmıştır. Veriler günlük ortalama rüzgar hızları olarak 10 m yükseklikte yapılan ölçümlere dayanmaktadır. Verilerin sadece 10 m yükseklikteki ölçümleri içermesinden dolayı denklem 1 kullanılmak suretiyle 50 m, 100 m ve 150 m yüksekliklerdeki rüzgar hızları ayrı ayrı hesaplandı.

$$V = V_0 \left(\frac{h}{10} \right)^\alpha \quad (1)$$

Eşitlik 1’de yer alan V ve V_0 sırasıyla h yüksekliği ile 10 m yükseklikteki rüzgar hızlarıdır. α yüzey pürüzlülük katsayısını ifade eder ve bu çalışmada yüzey pürüzlülük katsayısı 0.1 alındı (Hersbach, 2011).

4.2. Yenilikçi Hibrit Alan Seçim Yöntemi (YHASY) (İkinci Adım)

Bu çalışmada deniz üstü rüzgar çiftliği için uygun yer seçiminde kullanılmak üzere YHASY olarak adlandırılan bir metot önerildi. Bu metot içerisinde 10 farklı seçim kriteri AHP işlemine tabi tutularak yer seçimi için ağırlıklar tespit edildi. Ağırlıkların seçilecek yerler üzerindeki etkilerinin sonuçları değerlendirilerek en uygun saha seçimi yapıldı.

Deniz üstü rüzgar çiftliği projelerinde saha seçimi hem teknik hem de ekonomik açıdan büyük öneme sahiptir. Çünkü sahada karşılaşılabilecek sınırlamaların önceden tespit edilmesi zamansal ve maddi açıdan yatırımcılara büyük avantaj sağlamaktadır. Bu sınırlamalar seçilecek bölgenin özelliklerine bağlı olarak liman girişleri ve navigasyon rotaları, deniz arkeolojisi alanları, milli miras olarak deniz manzarası ve peyzaj alanları, su altı kabloları, askeri uygulama alanları, petrol ve gaz çıkarımı vb. olarak araştırmacıların karşısına çıkmaktadır (Murphy ve ark., 2011; Cradden ve ark., 2016).

Deniz üstü rüzgar çiftliği çalışma alanı tespit edilirken, Türkiye’deki deniz şartları göz önüne alındığında çalışmamızda kullanmak üzere tespit ettiğimiz kriterler:

- * Su altı kabloları
- * Karasuları
- * Askeri çalışma bölgeleri
- * Su derinliği
- * Gemi trafiği ve navigasyon rotaları
- * Boru hatları
- * Kıyıya uzaklık
- * Deniz tabanı jeolojisi
- * Kuş göç yolları ve habitatları
- * Minimum gerekli yüzey alanı

Bu çalışmada ele alınan kriterler için önemli bir karar verme süreci olan AHP uygulandı. AHP, sezgisel rasyonel ve irrasyonel değerleri ikili karşılaştırma yaklaşımıyla birleştirmek için kapsamlı bir yapıya sahip uygulamadır (Saaty, 2008). Ayrıca politika yapımı, stratejik planlama ve kalite yönetimi gibi birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır (Nepal ve ark., 2010; Yousefi ve Hadi-Vencheh, 2010).

AHP’nin adımlarını özetleyecek olursak (Saaty, 2005):

- 1.Problem tanımlanır
- 2.Tüm aktörler, amaçlar ve çıktılar dikkate alınarak problemin amaçları genişletilir
- 3.Kriterler ve varsa alt kriterler tanımlanır
- 4.Problem alternatifler, kriterler ve amaçlar doğrultusunda hiyerarşik olarak yapılandırılır
- 5.Bir dizi ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Karşılaştırma matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

n matrisin mertebesidir. Ardından ikili karşılaştırmada tutarlılık özelliği için aşağıdaki prosedür izlenir:

a- Normalize edilmiş yatay karşılaştırma matrisi (A_1) oluşturulur

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_{11}' & a_{12}' & \dots & \dots & a_{1n}' \\ a_{21}' & a_{22}' & \dots & \dots & a_{2n}' \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}' & a_{n2}' & \dots & \dots & a_{nn}' \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\text{ve } i, j = 1, 2, \dots, n \text{ için } a_{ij}' = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4)$$

b- Öz değer vektör ve öz vektör hesaplanır

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}, \text{ ve } i = 1, 2, \dots, n \text{ için } w_i = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}'}{n} \quad (5)$$

$$w' = A \times w = \begin{bmatrix} w_1' \\ w_2' \\ \vdots \\ w_n' \end{bmatrix} \quad (6)$$

ve

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \left(\frac{w_1'}{w_1} + \frac{w_2'}{w_2} + \dots + \frac{w_n'}{w_n} \right) \quad (7)$$

Eşitlikte yer alan w özdeğer vektörü, w_i kriterin öz değeri ve $\lambda_{\max}$ çift yönlü karşılaştırma matrisinin en büyük öz değeridir. a_{ij} 'lere verilen göreceli önem genellikle dokuz değer ölçeği (1-9) tarafından sağlanır (Saaty, 1987). Aslında Çizelge 4.1. de gösterilen bu ölçek tek sayılardan oluşan, aradaki çift sayıların da uzlaşma değerleri olarak kullanıldığı bir ölçek tablosudur.

Çizelge 4.1. İkili karşılaştırma derecelendirmeleri (Saaty, 1987).

Derece	Derece Tanımları
1	Eşit derecede önemli
3	Biraz daha önemli
5	Oldukça önemli
7	Çok önemli
9	Son derece önemli
2, 4, 6, 8	İki derece arasındaki uzlaşma değerleri

AHP karşılaştırmaların nesnelliğini yani tutarlılığını test etmek için matematiksel önlemler de sağlamış olur. Bu nedenle ortaya konan tutarlılık indeksi (Consistency Index, CI), (Saaty, 1987) tarafından verilen eşitlik 8 ile tanımlanır:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

Buradaki yer alan n kriter sayısını temsil etmektedir. Ayrıca daha geniş bir perspektiften değerlendirme yapmak için CI verileri, giriş verilerinin rastgele seçildiği keyfi bir karşılaştırma matrisinden elde edilen indeks ile karşılaştırılabilir. Bir simülasyon aracılığıyla Saaty tarafından rastgele karşılaştırma matrisi sonucu elde ettiği rastgele indeks tablosu Çizelge 4.2.'de gösterilmektedir (Saaty, 1987).

Çizelge 4.2. Rastgele tutarlılık indeksi (Random consistency Index, RI) değerleri (Saaty, 1987).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Tutarlılık oranı (Consistency Ratio, CR) eşitlik 9 ile tanımlanır ve elde edilen sonuçların 0.1'den 0'a yaklaşması durumunda tutarlılık düzeyi artar, bu oranın 0 olması durumunda yapılan işlemlerin tamamen tutarlı bir sonuç verdiği anlaşılır. Tutarlılık sağlandıktan sonra sıra nihai kararın belirleneceği adıma gelir. Bu adımda alternatifler için elde edilen öz değer vektör ile kriterler için elde edilen öz değer vektörler çarpılarak toplanır. Elde edilen sonuç vektöründe alternatiflere ilişkin değerlerin toplamı 1'e eşit gelir ve en

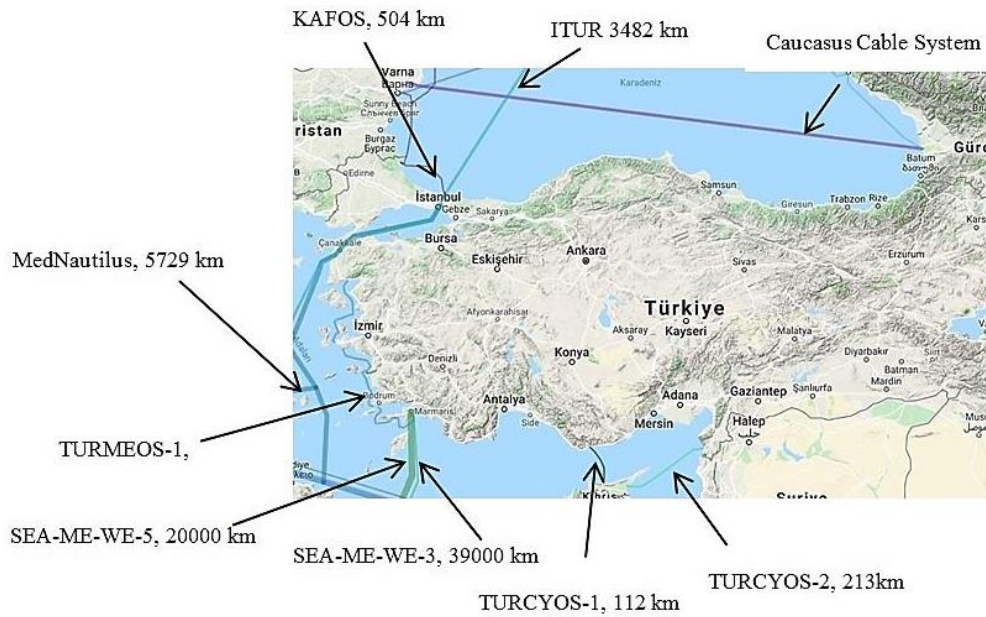
yüksek puanı alan alternatif en uygun alternatif olarak adlandırılmaktadır (Aydın, 2008; Marangoz ve Erboy, 2020).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9)$$

Aşağıdaki bölümlerde, bu çalışmada kullanılan geçerli kriterlerin detayları sırayla açıklanmaktadır.

4.2.1. Su altı kabloları

Günlük yaşamımızda en yoğun olarak aldığımız hizmetlerin başında telekomünikasyon hizmetleri gelmektedir. Çünkü bu hizmet grubuna baktığımızda bankacılık işlemlerini online yapabilmek, yabancı ülkelerdeki aile bireyleri ve arkadaşlarla telefon üzerinden görüşebilmek, ulaşım hizmetlerinde rezervasyon yaptırmak ve internette gezinmek gibi birçok etkinliği bünyesinde barındırmaktadır. Günümüzde uluslararası iletişimin çoğunun uydular üzerinden gerçekleştirildiği gibi yanlış bir algı vardır. Aslında bu trafiğin %95'inden fazlası denizaltı fiber optik kablolar üzerinden yönlendirilmektedir. Bu kablolar veri ve ses aktarımı yönünden hem ucuz hem de uydulardan daha hızlıdır (Carter ve ark., 2009). Türkiye'nin denizaltı kablolarının gösterildiği harita Şekil 4.2.'de yer almaktadır.



Şekil 4.2. Türkiye denizaltı kabloları haritası (Anonim-6, 2019).

Denizaltı kabloları Karadeniz ve Akdeniz kıyı bölgelerinde çok az etkili iken Ege Denizi'nde etkili olduğu görülmektedir.

4.2.2. Karasular

Kıta sahanlığı uluslararası kanunlara göre belirlenir. Bu nedenle kıta sahanlığı bir ülkenin kara parçasına bitişik deniz alanını tarif eder. Bu nedenle kıta sahanlığı içerisinde o bölgenin hukuk kuralları geçerlidir (Rothwell ve Stephens, 2016). 1982 yılında Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku sözleşmesine göre karasularının genişliği 12 deniz mili olarak belirlenmiştir (Anlar Güneş, 2007). Türkiye'nin Karadeniz, Ege Denizi ve Akdeniz için kıta sahanlıkları değerlendirildiğinde, Karadeniz ve Akdeniz'in komşu ülkelere uzak olmasından dolayı herhangi bir sorun teşkil etmemektedir. Fakat Ege Denizi'ndeki karasuları Yunanistan adalarına çok yakındır. Bu nedenle karasuları daha dardır. Bugün her iki ülke Ege Deniz'indeki 6 deniz mili olan sınırı kabul etmektedir (Anonim-7, 2021).

4.2.3. Askeri çalışma bölgeleri

Bazı denizler ve buna bağlı kıyılar ordu tarafından eğitim ve atış sahaları için kullanılmaktadır. Bu nedenle bu bölgeler farklı kullanım amaçlarına kapatılmıştır. Ordu tarafından kullanılan bu askeri alanlar genel olarak eğitim alanları, askeri yasak sahalar ve deniz özel güvenlik bölgelerinden oluşmaktadır. Bütün dünyada deniz kuvvetleri düşük yoğunlukta deniz trafiğine sahip, açık denizleri kullanmak istemektedir fakat hızla gelişen deniz üstü rüzgar santralleri kurulumu ve bu kurulumlardan kaynaklanan parazit etkiler yatırımcılarla deniz kuvvetlerini karşı karşıya getirmektedir. Diğer taraftan, rüzgar endüstrisi, ekonomik olarak uygulanabilir birçok projenin askeri nedenlerle kısıtlandığına inanmaktadır (Lindgren ve ark., 2013). Sonuç olarak deniz üstü rüzgar santrallerinin konumlarının belirlenmesinde ülke menfaatleri düşünülerek, askeri hassasiyetler göz önünde bulundurularak bu sahalardan kaçınılmalıdır. Çalışmada Karadeniz, Ege Denizi ve Akdeniz'de yapılan analizlerde askeri alanların etkili olduğu tespit edildi (SHOD, 2018).

4.2.4. Su derinliği

Su derinliği çalışmada kullanılan kriterler arasında en önemli kriterlerden biridir. Çünkü deniz üstü rüzgar çiftliklerinin kurulması planlanan bölgelerde derinliğin artması demirleme ve kablolama maliyetlerini de artırmaktadır. Ayrıca su derinliği kurulum

formülünü de değiştirmektedir. Daha spesifik olarak deniz üstü rüzgar çiftlikleri genellikle maksimum 60 m derinlikte inşa edilir (MEECC, 2008; Chaouachi ve ark., 2017). Bu nedenle çalışmada yüksek kurulum maliyetlerinden kaçınmak için su derinliği 25 m ile 50 m aralığında kalan alanlar tercih edildi (NCEI, 2018).

4.2.5. Gemi trafiği ve navigasyon rotaları

Günümüz taşımacılığında gelişmiş ülkelerde deniz trafiği oldukça yoğun olup deniz üstü bölgelerin efektif kullanımı için planlar yapılmaktadır. Rüzgar enerjisi endüstrisi tarafından deniz üstü rüzgar santrali kurulacak alanlarda gemi rotalarının değiştirilmesinin ekonomik etkileri araştırılarak ve bu santraller için deniz üzerinden daha fazla saha istenerek hükümetlere baskı yapılmaktadır (Samoteskul ve ark., 2014). Türkiye’de bazı koylarda adalarda, yarımadalarda ve diğer ülkelerin adaları arasında bölgesel insan ve yük taşımacılığı yapılan deniz rotaları bulunmaktadır. Çalışmada Karadeniz, Ege Denizi ve Akdeniz’de sırasıyla 35, 28 ve 11 tane liman ve bunlara bağlı rotalar tespit edildi. Santrallerin kurulacağı yer belirlenirken trafik yoğunluğu yüksek olan bölgeler dikkate alındı (MarineTraffic, 2021).

4.2.6. Boru hatları

Denizaltı boru hatları üç ana maddenin taşınmasında kullanılır: gaz, yağ ve su. Boru hatlarının kısa ve uzun vadede rüzgar santrallerinden kaynaklanan hasarlara maruz kalmaması amaçlanır. Ayrıca denizciler boru hatlarının 500 m yakınına demirleme ve tarama yapmanın hem tehlikeli hem de yasak olmasından dolayı daha dikkatli davranmak zorundalar (SHOD, 2018).

4.2.7. Kıyıya uzaklık

Deniz üstü rüzgar çiftliği kurulması planlanan kıyı bölgelerinde yaşayan toplulukların birtakım kaygılar yaşadığı görülmektedir. Bu kaygıların başında gürültü kirliliği, estetik etki, kıyıya yakın rüzgar türbinlerinin yaşam kalitesini düşürdüğü, mülk değerlerinin ve turizmden elde edilen yerel ekonominin etkilenmesi gelmektedir (Helimax, 2008; Musial ve Ram, 2010). Kıyıya olan uzaklık düz bir çizgi halinde ölçülür. Çünkü bu durum denizaltı kablusunun maliyetini değerlendirmek ve tüm projenin maliyetinin en önemli kısımlarından birini oluşturacağı için oldukça önemlidir.

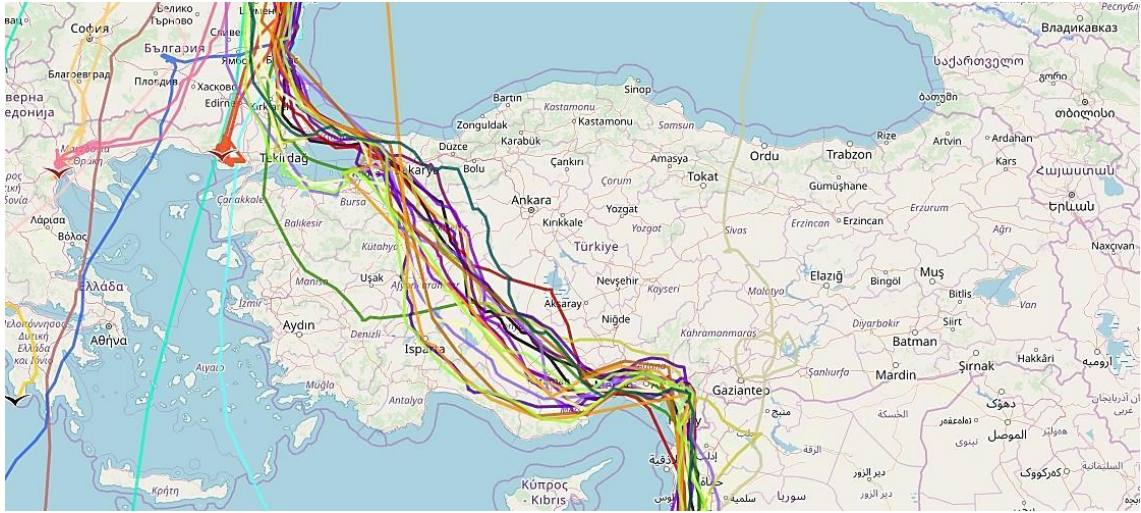
Bu mesafenin bir seçim parametresi olarak kullanılması, karadaki elektrik şebekesine bağlantının sahile yakın olabileceğini veya su altı kablolarına kıyasla maliyetinin ihmal edilebileceğini varsayar. Çalışmamızda Karadeniz, Ege Denizi ve Akdeniz için referans seçilen kıyı bölgelerinde önerilen deniz üstü rüzgar çiftliklerinin kıyıya ortalama uzaklıkları sırasıyla 1.690 m, 1.967 m ve 1.897 m olarak belirlenmiştir.

4.2.8. Deniz tabanı jeolojisi

Proje maliyetlerini etkileyen parametreler incelendiğinde deniz dibi jeolojisinin önemli bir etkiye sahip parametre olduğu görülmektedir. Çünkü deniz üstü rüzgar çiftliklerinin proje maliyetlerinde su altı kabloları önemli bir yer tutmaktadır. Eğer deniz tabanı kum değil de daha çok kayalık ise bu durumda maliyet artmaktadır. Ayrıca deniz üstü türbin platformlarının denize yerleştirilmesi açısından da deniz dibi jeolojisi ayrı bir öneme sahiptir. Bununla birlikte Türkiye, depremselliği yüksek olan bir bölgede bulunmaktadır. Çalışmada Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından yayınlanan güncel diri fay hatları ve bunların Karadeniz, Ege Denizi ve Akdeniz'deki uzantıları da dikkate alınarak haritalar üzerinde işlenip kurulacak deniz üstü rüzgar çiftliklerine olan etkileri ayrıca incelendi (MTA, 2021).

4.2.9. Kuş göç yolları ve habitatları

Deniz üstü rüzgar çiftlikleri için uygun saha seçimi yaparken kuşların doğal yaşamı üzerindeki etkilerinin mutlaka göz önüne alınması gerekmektedir. Özellikle rüzgar çiftliklerinin bu kritere dikkat edilmeyerek kurulması durumunda, hem bölgede yaşayan hem de göçmen kuşlar için karşılaşılan en büyük risk çarpışma ve buna bağlı ölümler gelmektedir. Bununla birlikte Yer değiştirmelerine bağlı fiziksel habitat kaybı ve bununla birlikte ekolojik habitat ağının parçalanması dahil birçok problemle karşılaşılmaktadır (Baisner vd., 2010). Çalışmada hem kuş habitatları hem de kuş göç yolları ilgili kıyı bölgeleri titizlikle incelenmiştir. Yapılan araştırmada Türkiye üzerindeki kuşlara ait göç yollarını gösteren harita Şekil 4.3.'te sunulmaktadır.



Şekil 4.3. Türkiye kuş göç yolları haritası (Anonim-8, 2019).

Yapılan araştırmada kuşlara ait göç yollarının çoğunlukla Marmara Denizi ve kısmen Akdeniz’de örtüştüğü görülmektedir.

4.2.10. Minimum gerekli yüzey alanı

Bu çalışmada ki seçim kriterlerinden sonuncusu minimum gerekli yüzey alanı kriteridir. Bu kriterle kıyı bölgelerine ait deniz üstü rüzgar çiftliği sahaları arasında 25 km²’lik yüzey alanının altında kalan bölgeler elenmiştir. Karadeniz, Ege ve Akdeniz için sahalarla ait ortalama yüzey alanları sırasıyla 37.72 km², 22.55 km² ve 28.33 km² olarak hesaplanmıştır.

4.3. Weibull Analizi (Üçüncü Adım)

Bir bölgenin rüzgar karakteristiğinin belirlenmesinde çeşitli dağılım fonksiyonlarından faydalanılmaktadır. Fakat yapılan literatür araştırmaları özellikle iki parametrelili Weibull dağılımının bir çok bölgedeki rüzgar karakteristiğinin belirlenmesinde daha çok tercih edildiğini gösterdi. Bu yöntemin tercih edilmesindeki etkenler arasında, rüzgar dağılımına uyum sağlayıp esnek bir yapı içermesi ve parametre sayısının az olup kolay belirlenmesi yer almaktadır (Akdağ ve Dinler, 2009).

Weibull dağılımı, temelde şekil (k) ve ölçek (c) olmak üzere iki parametreden oluşan bir dağılımdır. Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (10)$$

şeklinde ifade edilir. Olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(v)$, herhangi bir anda V hızının gözlenme olasılığını vermekte olup kümülatif dağılım fonksiyonu $F(v)$ ise herhangi bir anda gözlenen hızın V hızına eşit veya daha küçük olma olasılığını belirtmektedir ve eşitlik 11 ile ifade edilmektedir (Chang, 2011).

$$F(v) = 1 - e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (11)$$

k ve c parametreleri maximum likelihood method kullanılarak eşitlik 12 ve 13 yardımıyla hesaplanır (Saleh ve ark., 2012):

$$k = \left(\frac{\sum_{i=1}^n v_i^k \ln(v_i)}{\sum_{i=1}^n v_i^k} - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(v_i)}{n} \right)^{-1} \quad (12)$$

$$c = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i^k \right)^{\frac{1}{k}} \quad (13)$$

Burada n sıfır olmayan rüzgar hızı verilerinin sayısıdır ve v_i ise i . adımdaki rüzgar hızıdır. Eşitlik 12'yi çözmek için bir yineleme prosedürü kullanılmalıdır. Şekil faktörü, MATLAB yazılımı kullanılarak yineleme ile hesaplanır. Hesaplama k_0 başlangıç değerinden başlar. Şekil faktörünün yakınsama değerine ulaşılması amaçlanmaktadır. Hesaplamanın sonunda ölçek faktörü hesaplanır.

Ortalama rüzgar hızı değeri eşitlik 12 ile hesaplanır.

$$v_{ort} = c\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (12)$$

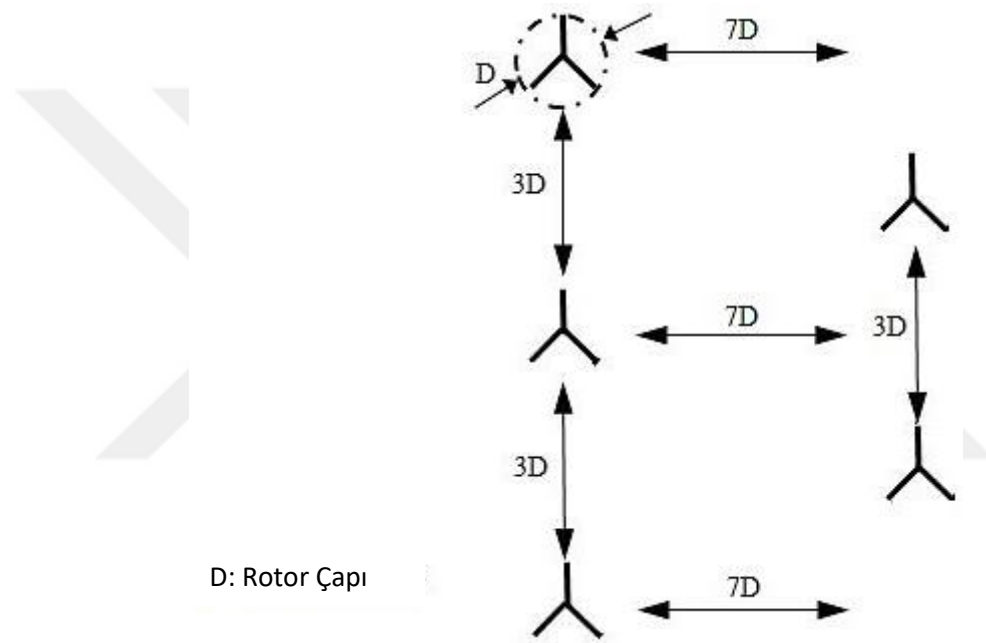
k ve c parametrelerinin hesaplanmasından sonra ortalama rüzgar gücü yoğunluğu;

$$P_w = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \quad (13)$$

ile hesaplanır. Burada ρ hava yoğunluğu olup bu çalışmada değeri 1.225 kg/m^3 olarak kullanılmıştır.

4.4. Yerleşim Planı (Dördüncü Adım)

Yukarıda açıklanan üç aşamadan sonra türbinlerin konumlarına göre yerleşim planının ve yapılandırılmasının yer aldığı dördüncü ve son aşama gelmektedir. Seçilen kıyı bölgelerinde kurulması planlanan deniz üstü rüzgar çiftliğinden yüksek oranda verimlilik elde edilmesi toplam güç kapasitesi ve türbin sayısı ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca çalışılan bölgelerde yerleştirilecek türbinler arasındaki mesafede oldukça önemlidir. Rüzgar türbinlerinin mikro konuşlandırılması Şekil 4.4.'te verilmiştir.

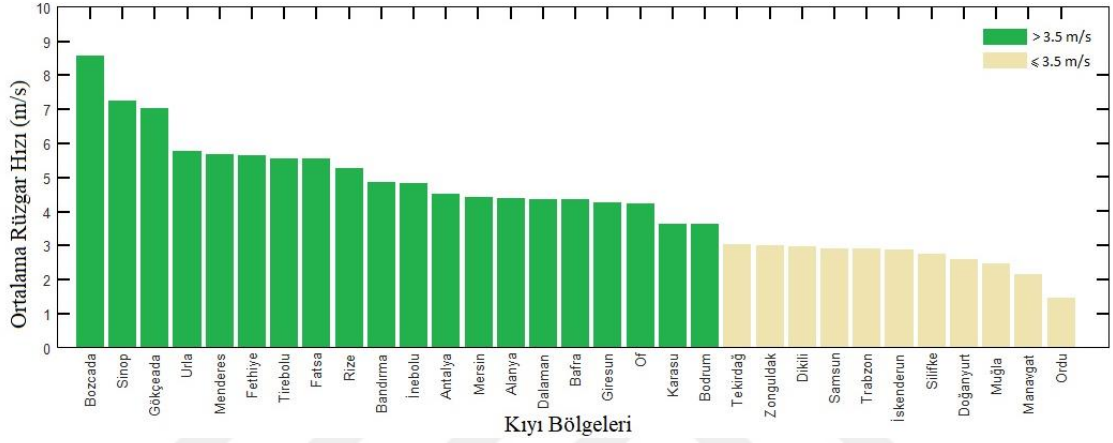


Şekil 4.4. Rüzgar türbinlerinin mikro konuşlandırılması.

Genel olarak bir rüzgar enerji santrallerinde dikdörtgen bir alan içerisinde aynı sıradaki türbinler arası en az 7 kanat çapı ($7D$) ve türbinler birbirlerine en az 3 kanat çapı ($3D$) mesafe olacak şekilde yerleştirilirler (Masters, 2004). Çalışmamızda bu kriter göz önüne alınarak seçilen bölgeler için en uygun optimal yerleşim düzeni oluşturuldu.

5. BULGULAR

Çalışmanın birinci aşamasında seçilen 31 kıyı bölgesine ait 10 m yükseklikteki rüzgar hızı verileri kullanılarak 50 m'deki rüzgar hızı değerleri extrapolasyon işlemi ile tahmin edildi. Tahminlenen rüzgar hızlarına göre 3.5 m/s referans rüzgar hızının altında ve üstünde değere sahip kıyı bölgelerinin dağılımı Şekil 5.1.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Kıyı bölgelerinin 50 m yükseklikteki günlük ortalama rüzgar hızları.

Referans rüzgar hızına göre yapılan ön eleme işlemi sonuçları deniz üstü rüzgar çiftliği kurulması açısından başlangıçta seçilen 31 kıyı bölgesinden 20 tanesinin dikkate değer olduğunu göstermiştir. Bu 20 kıyı bölgesi Şekil 5.2.'de yer alan Türkiye haritasında gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Referans rüzgar hızına göre ön eleme sonucu deniz üstü rüzgar enerjisi sistemleri için uygun kurulum yerleri (Dinç, 2014).

Çalışmanın ikinci aşamasını oluşturan YHASIY’de kullanılan 10 farklı seçim kriteri için belirlenen önem değerleri 4. bölümde açıklanan Çizelge 4.1. kullanılarak belirlenmiştir. Seçim kriterlerinin karşılaştırılmasında kullanılan önem değerleri ve karşılaştırma oranları Çizelge 5.1.’de sunulmaktadır.

Çizelge 5.1. 10 farklı yer seçim kriteri karşılaştırma matrisi (A).

Önem Değerleri		9	8	7	7	5	5	4	3	7	7
Önem Değerleri	KRİTERLER (A)	Su Derinliği	Askeri Çalışma Bölgeleri	Gemi Trafik ve Navigasyon Rotaları	Karasuları	Su Altı Kabloları	Boru Hatları	Deniz Tabanı Jeolojisi	Kuş Göç Yolları ve Habitatları	Kıyıya Uzaklık	Minimum Yüzey Alanı
9	Su Derinliği	1.000	1.125	1.286	1.286	1.800	1.800	2.250	3.000	1.286	1.286
8	Askeri Çalışma Bölgeleri	0.889	1.000	1.143	1.143	1.600	1.600	2.000	2.667	1.143	1.143
7	Gemi Trafik ve Navigasyon Rotaları	0.778	0.875	1.000	1.000	1.400	1.400	1.750	2.333	1.000	1.000
7	Karasuları	0.778	0.875	1.000	1.000	1.400	1.400	1.750	2.333	1.000	1.000
5	Su Altı Kabloları	0.556	0.625	0.714	0.714	1.000	1.000	1.250	1.667	0.714	0.714
5	Boru Hatları	0.556	0.625	0.714	0.714	1.000	1.000	1.250	1.667	0.714	0.714
4	Deniz Tabanı Jeolojisi	0.444	0.500	0.571	0.571	0.800	0.800	1.000	1.333	0.571	0.571
3	Kuş Göç Yolları ve Habitatları	0.333	0.375	0.429	0.429	0.600	0.600	0.750	1.000	0.429	0.429
7	Kıyıya Uzaklık	0.778	0.875	1.000	1.000	1.400	1.400	1.750	2.333	1.000	1.000
7	Minimum Yüzey Alanı	0.778	0.875	1.000	1.000	1.400	1.400	1.750	2.333	1.000	1.000
TOPLAM =		6.889	7.750	8.857	8.857	12.400	12.400	15.500	20.667	8.857	8.857

Çizelge 5.1.'de yer alan karşılaştırma matrisinin tutarlılık testi için ve yüzdesel ağırlıklarını görmek için her bir değer sütun toplamına bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Çizelge 5.2.'de normalizasyon işlemi gerçekleştirilen karşılaştırma matrisinin her sütun toplamının 1'e eşit olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2. 10 farklı yer seçim kriterine ait karşılaştırma matrisinin normalizasyon matrisi (A1).

KRİTERLER (A1)	Su Derinliği	Askeri Çalışma Bölgeleri	Gemi Trafığı ve Navigasyon Rotaları	Karasuları	Su Altı Kabloları	Boru Hatları	Deniz Tabanı Jeolojisi	Kuş Göç Yolları ve Habitatları	Kıyıya Uzaklık	Minimum Yüzey Alanı
Su Derinliği	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145	0.145
Askeri Çalışma Bölgeleri	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129
Gemi Trafığı ve Navigasyon Rotaları	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113
Karasuları	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113
Su Altı Kabloları	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081
Boru Hatları	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081
Deniz Tabanı Jeolojisi	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
Kuş Göç Yolları ve Habitatları	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
Kıyıya Uzaklık	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113
Minimum Yüzey Alanı	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113	0.113
TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Normalizasyon işlemi gerçekleştirilen matrisin her bir satır toplamı aynı matrisin boyutuna bölünerek aritmetik ortalaması hesaplandı ve elde edilen bu ağırlıklar öz değer vektörünü oluşturdu. İkili karşılaştırma işleminin yapılması ve öz değer vektörünün hesaplanmasının ardından oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlılığı test edildi. Tutarlılık testinin ilk aşaması olarak öz vektör hesaplandı. Öz vektörün hesaplanması için karşılaştırma matrisi ile öz değer vektörü çarpma işlemine tabi tutuldu. Çizelge 5.3.'te öz değer vektörü ile öz vektör yer almaktadır.

Çizelge 5.3. 10 farklı yer seçim kriterine ait öz değer vektörü (w) ve öz vektörü (w').

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.145	1.452
0.129	1.290
0.113	1.129
0.113	1.129
0.081	0.806
0.081	0.806
0.065	0.645
0.048	0.484
0.113	1.129
0.113	1.129

Karşılaştırma matrisinin tutarlılığının son aşamasında λ_{max} , CI ve CR değerleri sırası ile dördüncü bölümde yer alan eşitlik 7, 8 ve 9 kullanılarak hesaplandı. Elde edilen tutarlılık indeksi ikili karşılaştırma işleminin tamamen tutarlı olduğunu gösterdi. Elde edilen değerlerler Çizelge 5.4.'te sunulmaktadır.

Çizelge 5.4. 10 farklı yer seçim kriterine ait karşılaştırma matrisinin(A) en büyük öz değeri (λ_{max}), tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR).

λ_{max}	10
CI	0
CR	0

Yukarıda yer alan ikili karşılaştırma ve tutarlılık indeksi değerleri yer seçimi için belirlenen kriterler arasında yapıldı. Aşağıda yer alan işlemler ise her bir yer seçim kriteri için Şekil 4.1.'de yer alan alternatifler olarak ifade ettiğimiz kıyı alanlarımıza bölgesel bazda ayrı ayrı karşılaştırma matrisleri oluşturularak hesaplanmıştır. Çizelge 5.5-8. arasında bu değerler örnek olarak gösterilmiş diğer çizelgeler ise metin içerisinde yoğunluk oluşturmaması için ekler bölümünde EK 1-27. arasında verilmiştir. Elde edilen bütün ikili karşılaştırma matrislerimizin tutarlılık indeksinin sıfır olduğu ve tamamen tutarlı olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 5.5. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin minimum yüzey alanı kriterine göre karşılaştırma matrisi.

Minimum Yüzey Alanı	Önem Değerleri	8	1	1	7	9	1	1	7	9
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
8	Karasu	1.000	8.000	8.000	1.143	0.889	8.000	8.000	1.143	0.889
1	Tirebolu	0.125	1.000	1.000	0.143	0.111	1.000	1.000	0.143	0.111
1	Fatsa	0.125	1.000	1.000	0.143	0.111	1.000	1.000	0.143	0.111
7	Rize	0.875	7.000	7.000	1.000	0.778	7.000	7.000	1.000	0.778
9	Bafra	1.125	9.000	9.000	1.286	1.000	9.000	9.000	1.286	1.000
1	Giresun	0.125	1.000	1.000	0.143	0.111	1.000	1.000	0.143	0.111
1	Of	0.125	1.000	1.000	0.143	0.111	1.000	1.000	0.143	0.111
7	İnebolu	0.875	7.000	7.000	1.000	0.778	7.000	7.000	1.000	0.778
9	Sinop	1.125	9.000	9.000	1.286	1.000	9.000	9.000	1.286	1.000
TOPLAM =		5.500	44.000	44.000	6.286	4.889	44.000	44.000	6.286	4.889

Çizelge 5.6. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin minimum yüzey alanı kriterine göre elde edilen karşılaştırma matrisinin normalizasyon matrisi.

Minimum Yüzey Alanı - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182
	Tirebolu	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
	Fatsa	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
	Rize	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159
	Bafra	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
	Giresun	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
	Of	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023
	İnebolu	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159	0.159
	Sinop	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Çizelge 5.7. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin minimum yüzey alanı kriterine ait öz değer vektörü (w) ve öz vektörü (w').

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.182	1.636
0.023	0.205
0.023	0.205
0.159	1.432
0.205	1.841
0.023	0.205
0.023	0.205
0.159	1.432
0.205	1.841

Çizelge 5.8. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin minimum yüzey alanı kriterine ait karşılaştırma matrisinin(A) en büyük öz değeri (λ_{max}), tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR).

λ_{max}	9
CI	0
CR	0

Yer seçim kriterlerimize verilen önem değerleri sonucunda elde edilen öz değer vektörü Çizelge 5.9.’da ayrı olarak çıkardığımızda da görüyoruz ki, su derinliği bizim için net bir şekilde birinci sırada önemlidir. Onu askeri çalışma bölgeleri, gemi trafiği ve navigasyon rotaları, karasuları, kıyıya uzaklık ve minimum gerekli yüzey alanı takip etmektedir.

Çizelge 5.9. 10 farklı yer seçim kriterine ait elde edilen öz değer vektörü.

KRİTERLER	Öz Değer Vektör (w)
Su Derinliği	0.145
Askeri Çalışma Bölgeleri	0.129
Gemi Trafiği ve Navigasyon Rotaları	0.113
Karasuları	0.113
Su Altı Kabloları	0.081
Boru Hatları	0.081
Deniz Tabanı Jeolojisi	0.065
Kuş Göç Yolları ve Habitatları	0.048
Kıyıya Uzaklık	0.113
Mininum Yüzey Alanı	0.113
TOPLAM=	1.000

Karadeniz, Ege Denizi ve Akdeniz’de yer alan kıyı bölgelerimizin 10 farklı kriterle göre hesaplanan öz değer vektörleri daha iyi gözlemlenmesi için bu değerler Çizelge 5.10-12. arasında gösterilmiştir.

Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin kriterlere göre öz değer vektörlerini gösteren Çizelge 5.10. incelendiğinde, 10 farklı kriter içerisinde yer alan karasuları, su altı

kabloları ve boru hatları kriterlerinin ağırlıklarının kıyı bölgelerinin tümünde eşit oranda dağıldığını görmekteyiz. Bunun sebebi bu üç kriterin Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerimizde türbin kurulumuna eşit ölçüde etki etmesidir. Diğer kalan yedi kriterin ise kıyı bölgelerinde türbin kurulumu için etkinlik oranının farklılaştığı görülmektedir.

Çizelge 5.10. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin 10 farklı kriter gere hesaplanan öz değır vektörleri.

KARADENİZ	Su Derinliğı	Askeri Çalışma Bölgeleri	Gemi Trafığı ve Navigasyon Rotaları	Karasuları	Su Altı Kabloları	Boru Hatları	Deniz Tabanı Jeolojisi	Kuş Göç Yolları ve Habitatları	Kıyıya Uzaklık	Minimum Yüzey Alanı
Karasu	0.130	0.092	0.133	0.111	0.111	0.111	0.120	0.117	0.135	0.182
Tirebolu	0.130	0.138	0.150	0.111	0.111	0.111	0.120	0.117	0.058	0.023
Fatsa	0.130	0.138	0.083	0.111	0.111	0.111	0.120	0.065	0.115	0.023
Rize	0.037	0.138	0.083	0.111	0.111	0.111	0.120	0.117	0.077	0.159
Bafra	0.130	0.077	0.133	0.111	0.111	0.111	0.080	0.117	0.154	0.205
Giresun	0.130	0.138	0.117	0.111	0.111	0.111	0.120	0.117	0.077	0.023
Of	0.056	0.138	0.133	0.111	0.111	0.111	0.120	0.117	0.096	0.023
İnebolu	0.130	0.077	0.083	0.111	0.111	0.111	0.120	0.117	0.135	0.159
Sinop	0.130	0.062	0.083	0.111	0.111	0.111	0.080	0.117	0.154	0.205
TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Ege Denizi’nde yer alan kıyı bölgelerinin kriterlere göre öz değır vektörlerini gösteren Çizelge 5.11. incelendiğinde, 10 farklı kriter içerisinde yer alan su derinliğı ve boru hatları kriterlerinin ağırlıklarının kıyı bölgelerinin tümünde eşit oranda dağıldığını görmekteyiz. Bunun sebebi bu iki kriterin Ege Denizi’nde yer alan kıyı bölgelerimizde türbin kurulumuna eşit ölçüde etki etmesidir. Diğer kalan sekiz kriterin ise kıyı bölgelerinde türbin kurulumu için etkinlik oranının farklılaştığı görülmektedir.

Çizelge 5.11. Ege Denizi’nde yer alan kıyı bölgelerinin 10 farklı kritere göre hesaplanan öz değer vektörleri.

EGE DENİZİ	Su Derinliği	Askeri Çalışma Bölgeleri	Gemi Trafik ve Navigasyon Rotaları	Karasuları	Su Altı Kabloları	Boru Hatları	Deniz Tabanı Jeolojisi	Kuş Göç Yolları ve Habitatları	Kıyıya Uzaklık	Minimum Yüzey Alanı
Urla	0.167	0.129	0.130	0.250	0.158	0.167	0.136	0.196	0.175	0.074
Menderes	0.167	0.129	0.217	0.139	0.158	0.167	0.205	0.196	0.150	0.111
Bodrum	0.167	0.290	0.087	0.083	0.132	0.167	0.205	0.196	0.150	0.037
Gökçeada	0.167	0.161	0.217	0.139	0.237	0.167	0.136	0.109	0.175	0.259
Bozcaada	0.167	0.161	0.217	0.139	0.079	0.167	0.205	0.196	0.150	0.259
Bandırma	0.167	0.129	0.130	0.250	0.237	0.167	0.114	0.109	0.200	0.259
TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Akdeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin kriterlere göre öz değer vektörlerini gösteren Çizelge 5.12. incelendiğinde, 10 farklı kriter içerisinde yer alan su derinliği, karasuları, su altı kabloları ve boru hatları kriterlerinin ağırlıklarının kıyı bölgelerinin tümünde eşit oranda dağıldığını görmekteyiz. Bunun sebebi bu dört kriterin Akdeniz’de yer alan kıyı bölgelerimizde türbin kurulumuna eşit ölçüde etki etmesidir. Diğer kalan altı kriterin ise kıyı bölgelerinde türbin kurulumu için etkinlik oranının farklılaştığı görülmektedir.

Çizelge 5.12. Akdeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin 10 farklı kritere göre hesaplanan öz değer vektörleri.

AKDENİZ	Su Derinliği	Askeri Çalışma Bölgeleri	Gemi Trafiği ve Navigasyon Rotaları	Karasuları	Su Altı Kabloları	Boru Hatları	Deniz Tabanı Jeolojisi	Kuş Göç Yolları ve Habitatları	Kıyıya Uzaklık	Minimum Yüzey Alanı
Fethiye	0.200	0.273	0.172	0.200	0.200	0.200	0.209	0.220	0.233	0.050
Mersin	0.200	0.091	0.207	0.200	0.200	0.200	0.163	0.122	0.267	0.400
Alanya	0.200	0.182	0.138	0.200	0.200	0.200	0.209	0.220	0.133	0.100
Dalaman	0.200	0.273	0.310	0.200	0.200	0.200	0.209	0.220	0.133	0.050
Antalya	0.200	0.182	0.172	0.200	0.200	0.200	0.209	0.220	0.233	0.400
TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Kriterler için ve alternatif yani kıyı bölgelerimiz için öz değer vektörlerinin hesaplanması ve tutarlılığının her biri için test edilmesinin ardından sonuç matrisi hesaplanmıştır. Sonuç vektörü alternatifler içinde en uygun olanların tespit edilip sonraki aşama olan üçüncü aşamaya geçmesi uygun görülen kıyı bölgelerimizi oluşturmaktadır.

Sonuç vektörleri, Çizelge 5.10-12.’de yer alan her bir bölgelerimiz için ayrı ayrı hesapladığımız alternatiflere ait öz değer vektörlerinin, Çizelge 5.9.’da yer alan kriterlerimize ait öz değer vektörü ile çarpılmasının ardından elde edildi. Elde edilen sonuç vektörleri sırasıyla Çizelge 5.13-15. arasında sunulmuştur.

Karadeniz için elde edilen sonuç vektöründe yer alan toplam 9 kıyı bölgesinin yüzdesel ortalama değeri yaklaşık %11.111’dir. Bu ortalama değer üstünde bir puana sahip olan Karasu, Bafra, İnebolu ve Sinop türbin kurulumu için öncelikli en uygun kıyı bölgeleri olarak belirlenirken, ortalama değer altında bir puana sahip olan Tirebolu, Fatsa, Rize, Giresun ve Of kıyı bölgeleri ise türbin kurulumu için ikinci planda tutularak sonraki aşamaya dahil edilmeyerek elenmiştir.

Çizelge 5.13. Karadeniz’de yer alan kıyı bölgelerine ait sonuç vektörü.

KARADENİZ	Sonuç	%Sonuç
Karasu	0.125	12.537
Tirebolu	0.107	10.656
Fatsa	0.103	10.303
Rize	0.103	10.316
Bafra	0.126	12.554
Giresun	0.105	10.497
Of	0.098	9.827
İnebolu	0.115	11.518
Sinop	0.118	11.791
TOPLAM =	1.000	100.000

Ege Denizi için elde edilen sonuç vektöründe yer alan toplam 6 kıyı bölgesinin yüzdesel ortalama değeri yaklaşık %16.667’dir. Bu ortalama değerın üstünde bir puana sahip olan Gökçeada, Bozcaada ve Bandırma türbin kurulumu için öncelikli en uygun kıyı bölgeleri olarak belirlenirken, ortalama değerin altında bir puana sahip olan Urla, Menderes ve Bodrum kıyı bölgeleri ise türbin kurulumu için ikinci planda tutularak elenmiştir. Bandırma seçim aşamasında Marmara Denizi’nde yer alan tek kıyı bölgesi olduğu için değerlendirmelerde Ege Denizi kıyı bölgesi grubunda değerlendirilmektedir.

Çizelge 5.14. Ege Denizi’nde yer alan kıyı bölgelerinin sonuç vektörü.

EGE DENİZİ	Sonuç	%Sonuç
Urla	0.156	15.636
Menderes	0.159	15.939
Bodrum	0.149	14.871
Gökçeada	0.181	18.086
Bozcaada	0.174	17.391
Bandırma	0.181	18.078
TOPLAM =	1.000	100.000

Akdeniz için elde edilen sonuç vektöründe yer alan toplam 6 kıyı bölgesinin yüzdesel ortalama değeri %20.000’dir. Bu ortalama değerin üstünde bir puana sahip olan Mersin ve Antalya türbin kurulumu için öncelikli en uygun kıyı bölgeleri olarak belirlenirken, ortalama değerin altında bir puana sahip olan Fethiye, Alanya ve Dalaman kıyı bölgeleri ise türbin kurulumu için ikinci planda tutularak elenmiştir.

Çizelge 5.15. Akdeniz’de yer alan kıyı bölgelerinin sonuç vektörü.

AKDENİZ	Sonuç	%Sonuç
Fethiye	0.195	19.464
Mersin	0.211	21.063
Alanya	0.173	17.337
Dalaman	0.199	19.892
Antalya	0.222	22.243
TOPLAM =	1.000	100.000

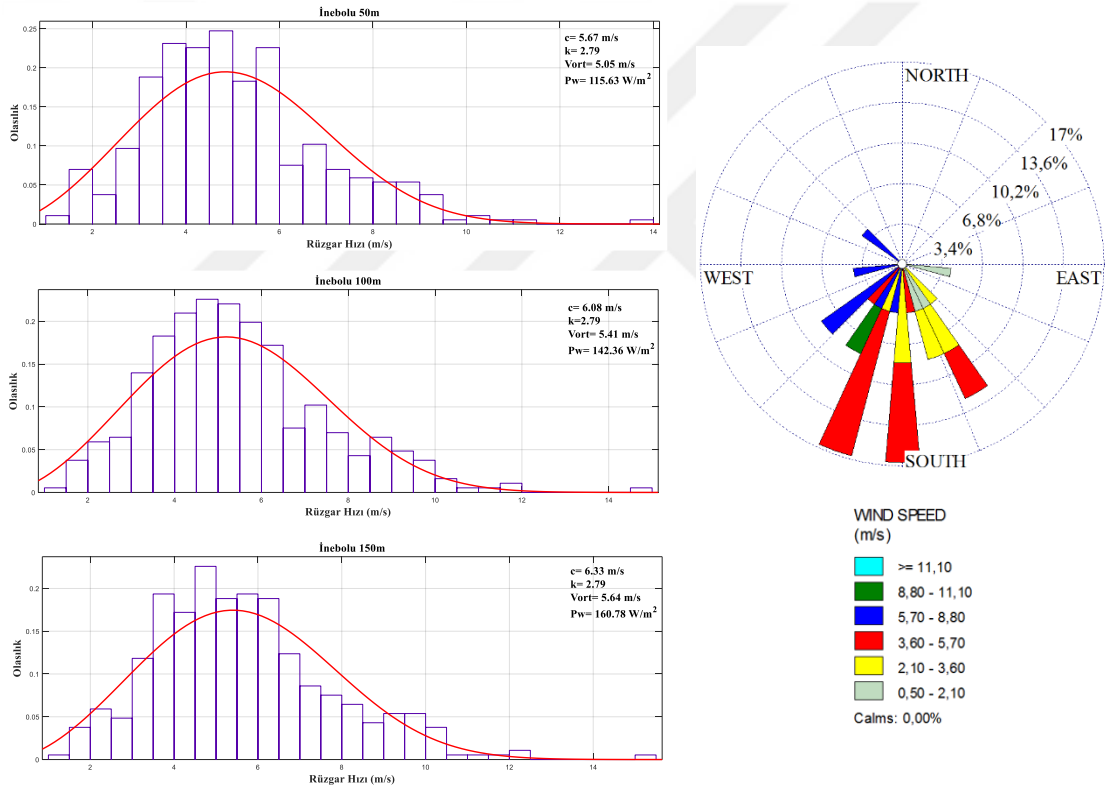
Türbin yerleşimi için yapılan son eleme işleminin ardından öncelikli en uygun 9 kıyı bölgesi Şekil 5.3.’deki Türkiye haritası üzerinde gösterilmiştir.



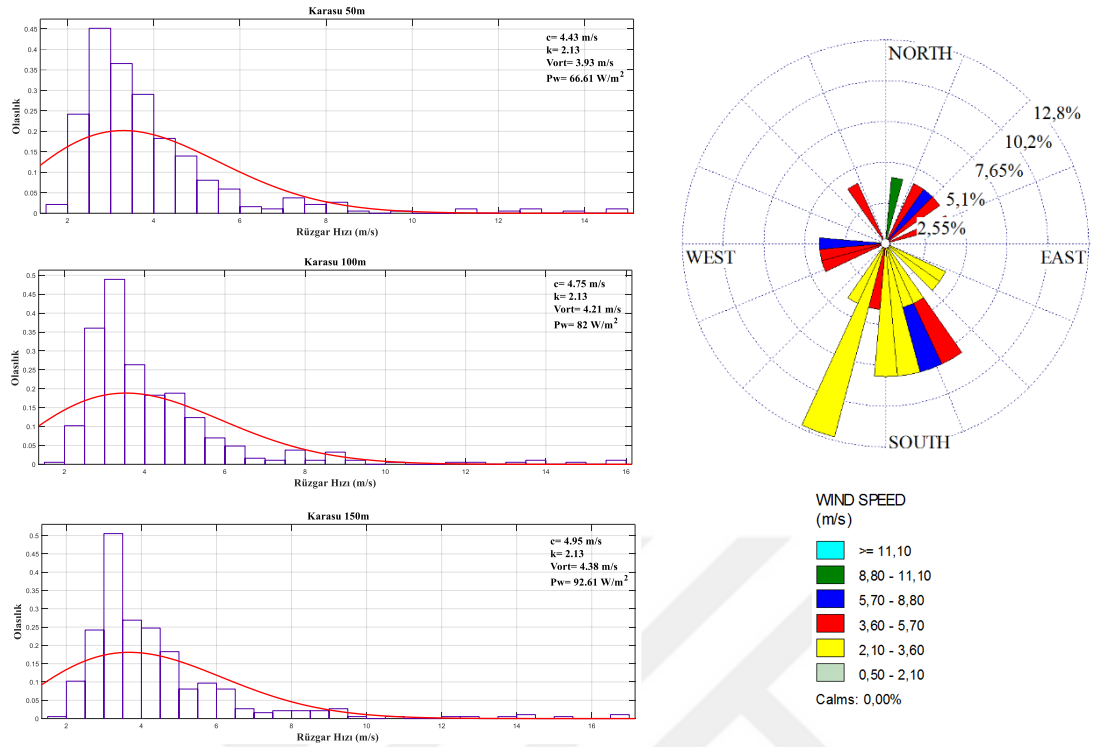
Şekil 5.3. Deniz üstü rüzgar çiftliği kurulması için seçilen en uygun kıyı bölgeleri (Dinç, 2014).

Seçilen kıyı bölgelerindeki rüzgar profili Weibull analizi ile 50 m, 100 m ve 150 m yükseklikler için ayrı ayrı hesaplandı. Karadeniz için seçilen dört kıyı bölgesine (İnebolu, Karasu, Sinop ve Bafra) ait Weibull analizleri Şekil 5.4-7. arasında gösterilmektedir. İnebolu’daki 50 m ve 150 m’deki ortalama rüzgar hızı sırasıyla 5.05 m/s ve 5.64 m/s arasında değişirken, rüzgar gücü yoğunluğu 115.63 W/m² ile 160.78 W/m² arasında değişmektedir. Karadeniz’deki en düşük ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunluğu İnebolu’da tespit edilmiştir. Rüzgar yönleri temel olarak G (Güney), GGB (Güney-Güneybatı) ve GGD (Güney-Güneydoğu) yönündedir. Karasu’daki 50 m ve 150 m’deki ortalama rüzgar hızları 3.93 m/s ile 4.38 m/s arasında değişmektedir. Rüzgar güç yoğunluğunun değişimi 66.61 W/m² ile 92.61 W/m² arasındadır. Rüzgar yönleri temel

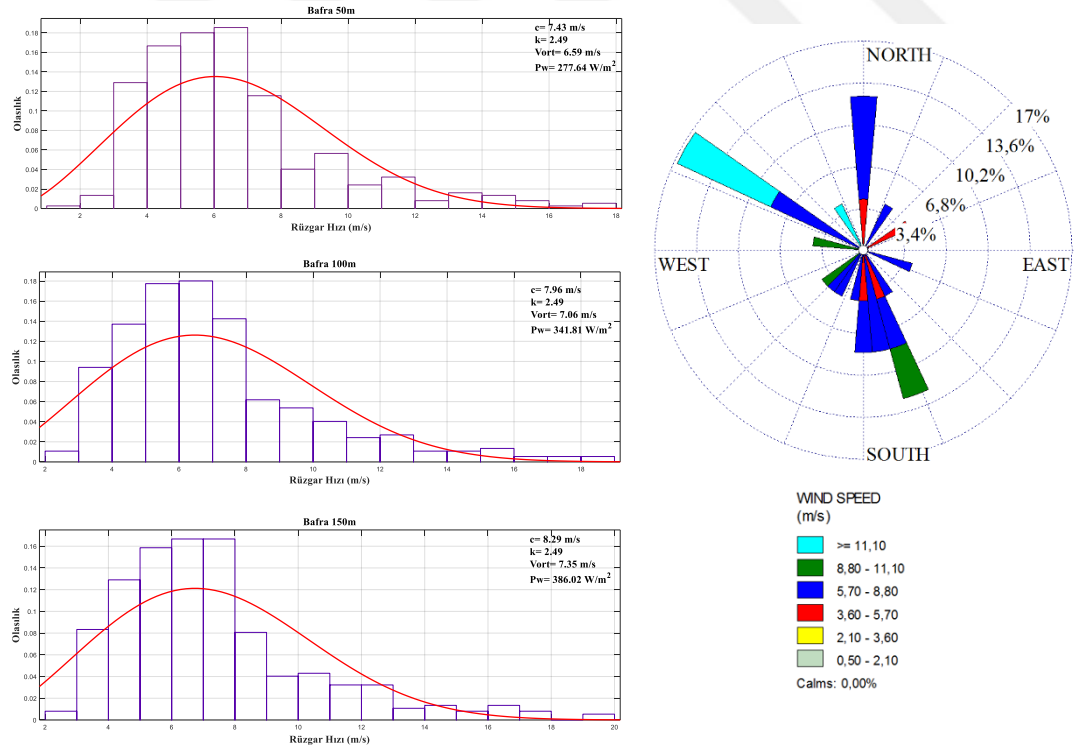
olarak GGB (Güney-Güneybatı) yönündedir. Bafra'da 50 m ve 150 m'deki ortalama rüzgar hızları ve rüzgar güç yoğunlukları ise sırasıyla 6.59 m/s ile 7.35 m/s ve 277.64 W/m² ile 386.02 W/m² aralıklarında değişmektedir. Rüzgar yönleri temel olarak BKB (Batı-Kuzeybatı), K (Kuzey), GGD (Güney-Güneydoğu) yönündedir. Karadeniz'in en yüksek ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunluğu Sinop'ta ele edilmiştir. Sinop'taki ortalama 50 m ve 150 m'deki rüzgar hızları 7.33 m/s ile 8.18 m/s aralığında değişirken rüzgar güç yoğunlukları sırasıyla 398.62 W/m² ve 554.23 W/m² olarak belirlenmiştir. Rüzgar yönleri temel olarak B (Batı), D (Doğu), GB (Güneybatı) ve DGD (Doğu-Güneydoğu) yönündedir.



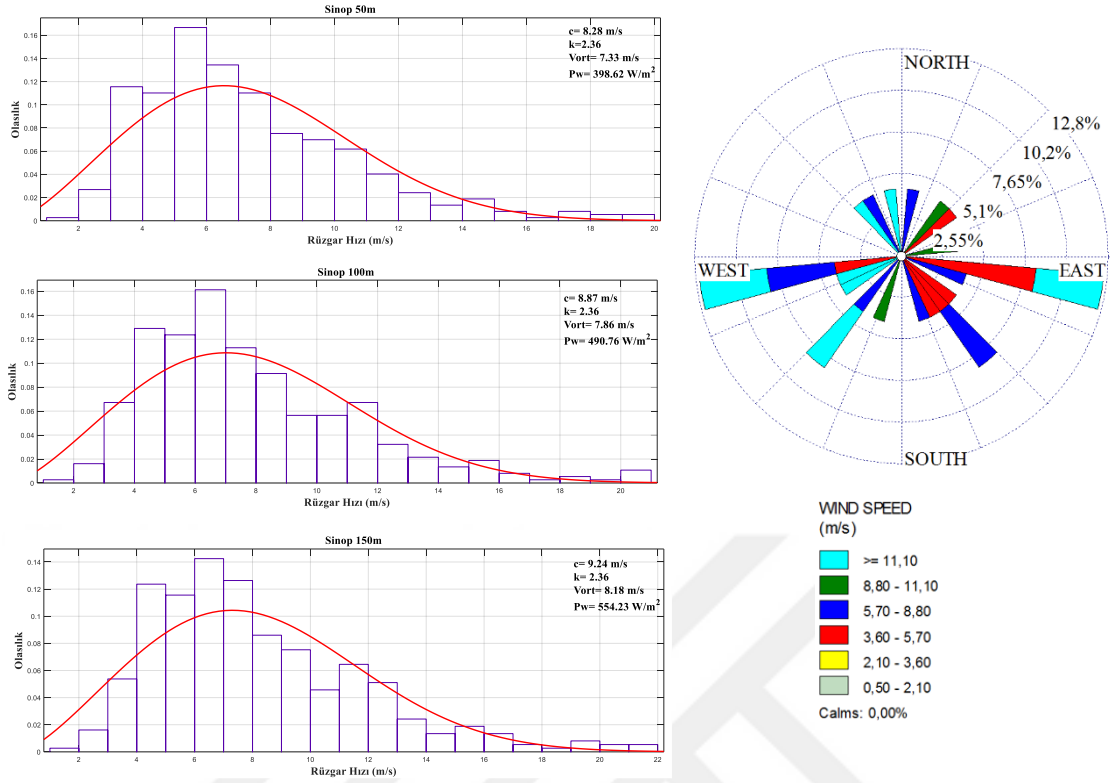
Şekil 5.4. İnebolu'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri



Şekil 5.5. Karasu'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.

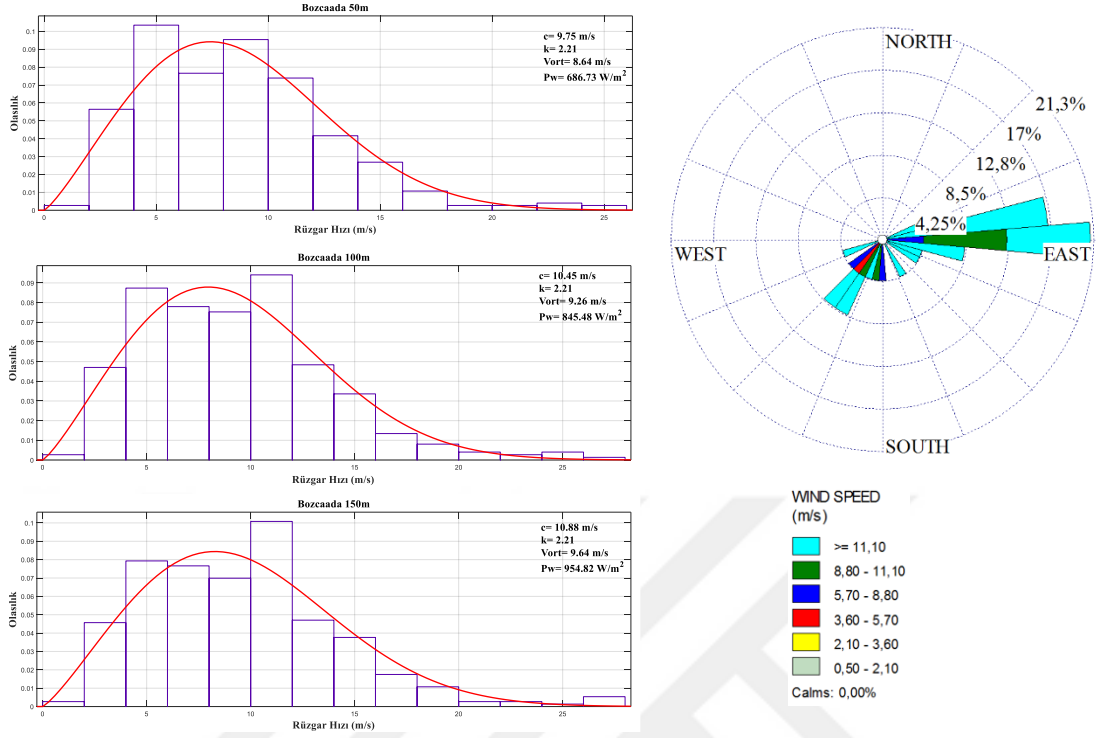


Şekil 5.6. Bafra'daki kıyı bölgelerinin rüzgar karakteristikleri.

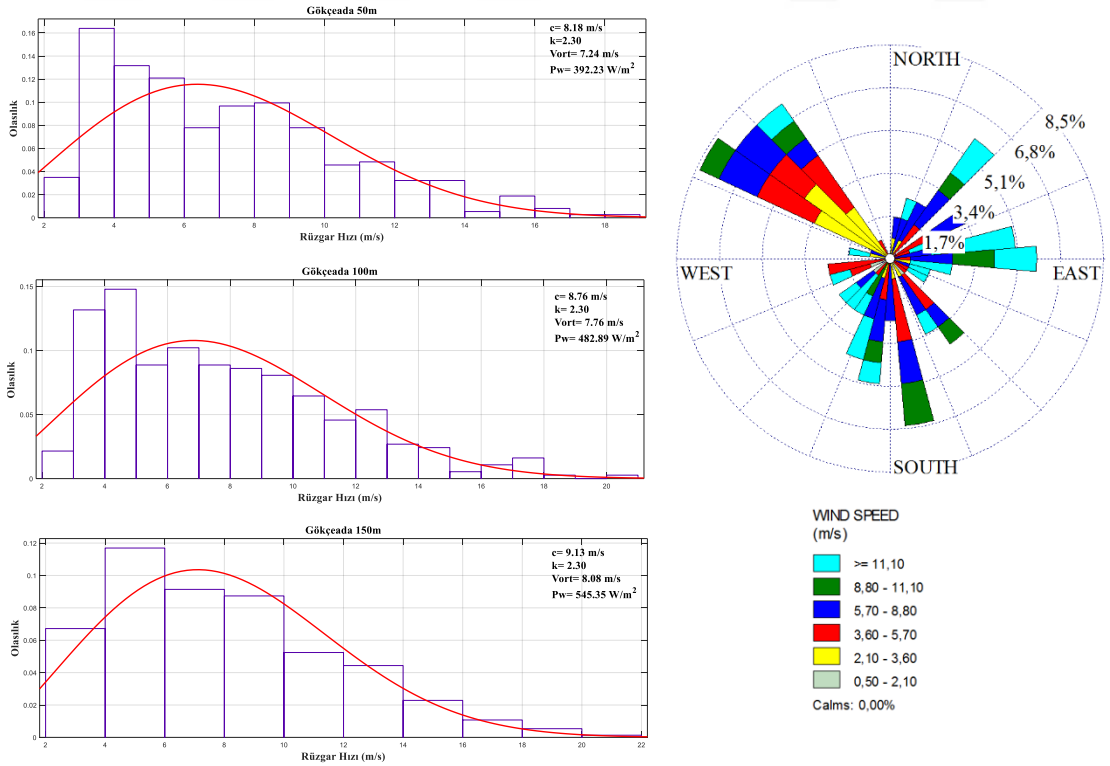


Şekil 5.7. Sinop'taki kıyı bölgelerinin rüzgar karakteristikleri.

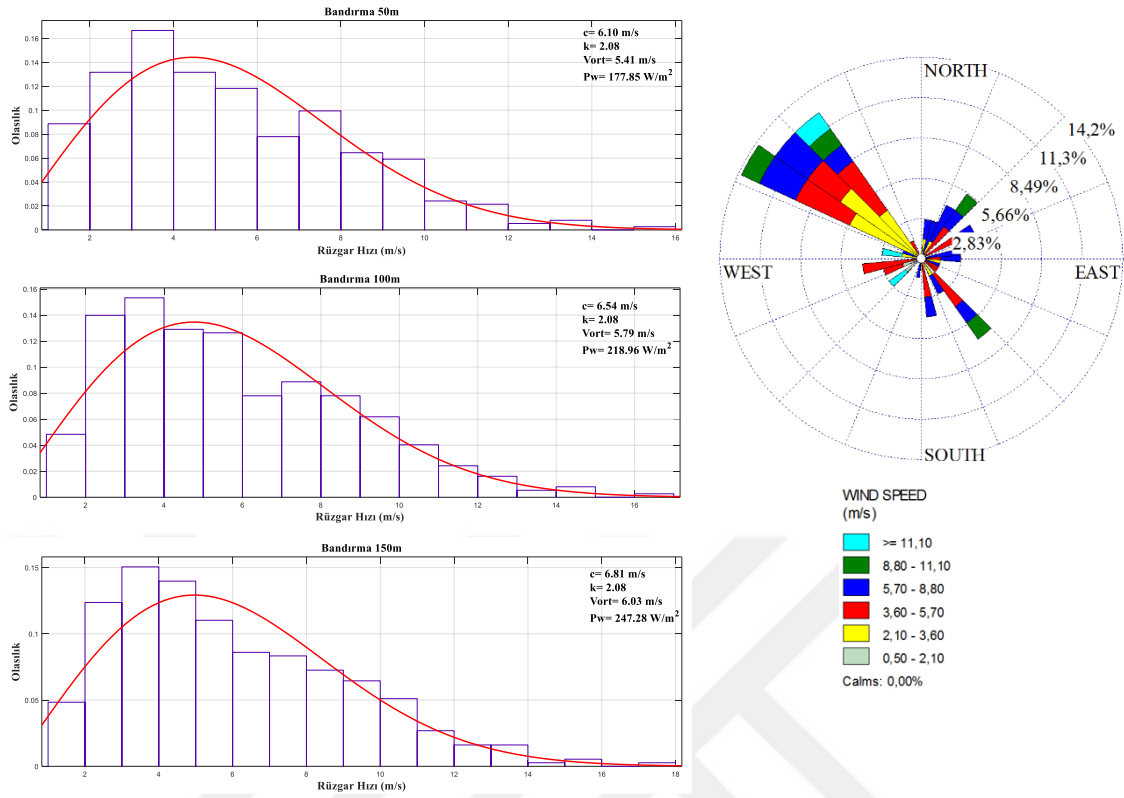
Ege Denizi için seçilen üç kıyı bölgesine (Bozcaada, Gökçeada ve Bandırma) ait Weibull analizleri Şekil 5.8-10. arasında gösterilmektedir. Bozcaada'daki 50 m ve 150 m'deki ortalama rüzgar hızı sırasıyla 8.64 m/s ve 9.64 m/s arasında değişirken, rüzgar gücü yoğunluğu 686.73 W/m^2 ile 954.82 W/m^2 arasında değişmektedir. Ege'deki en yüksek ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunluğu Bozcaada'da tespit edilmiştir. Rüzgar yönleri temel olarak D (Doğu), DKD (Doğu-Kuzeydoğu) yönündedir. Gökçeada'daki ortalama rüzgar hızları 7.24 m/s ile 8.08 m/s arasında değişmektedir. Rüzgar güç yoğunluğunun değişimi 392.23 W/m^2 ile 545.35 W/m^2 arasındadır. Rüzgar yönleri temel olarak BKB (Batı-Kuzeybatı), KB (Kuzeybatı), KKB (Kuzey-Kuzeybatı) yönündedir. Bandırma'da ortalama rüzgar hızları ve rüzgar güç yoğunlukları ise sırasıyla 5.41 m/s ile 6.03 m/s ve 177.85 W/m^2 ile 247.28 W/m^2 aralıklarında değişmektedir. Rüzgar yönleri temel olarak BKB (Batı-Kuzeybatı), KB (Kuzeybatı), KKB (Kuzey-Kuzeybatı) yönündedir.



Şekil 5.8. Bozcaada'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.

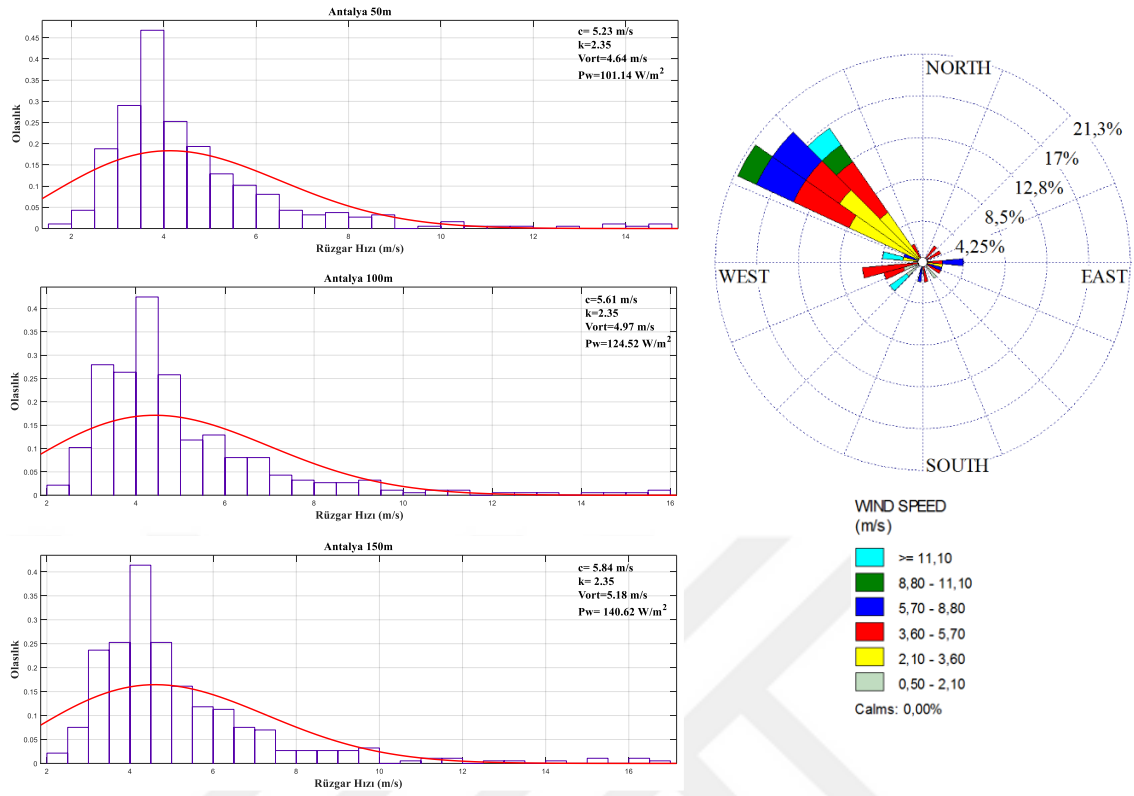


Şekil 5.9. Gökçeada'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.

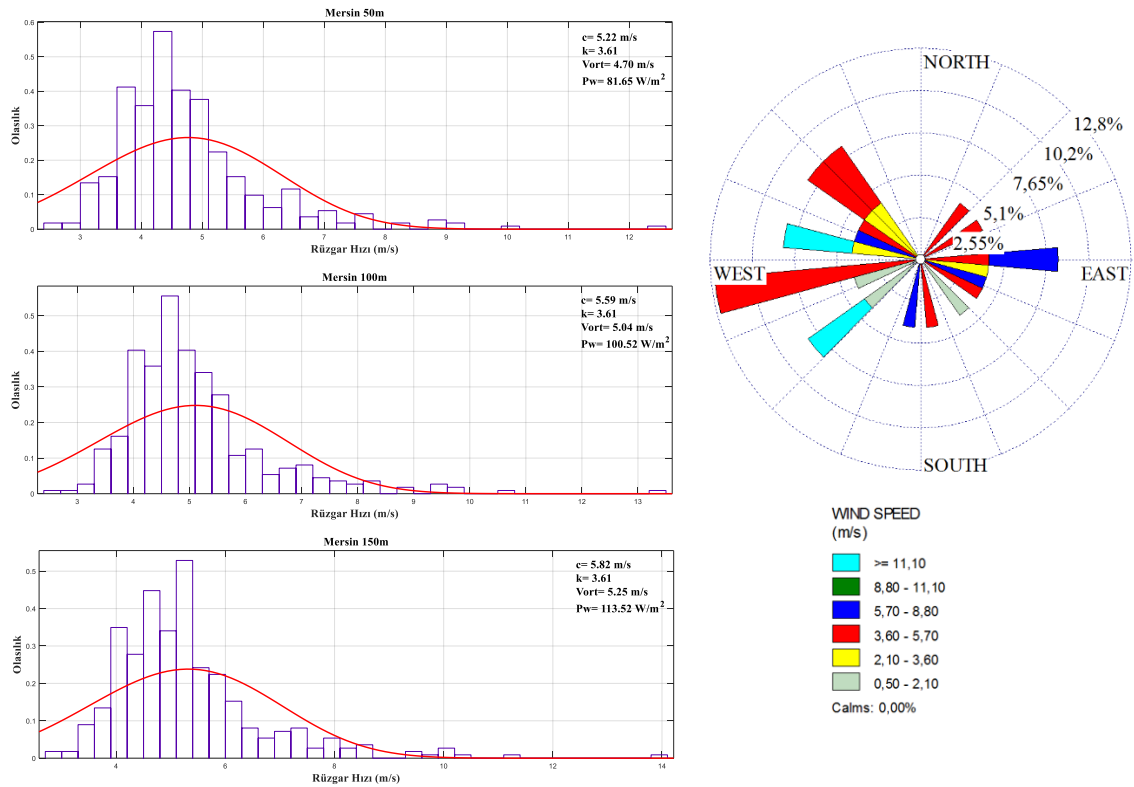


Şekil 5.10. Bandırma'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.

Akdeniz için seçilen iki kıyı bölgesine (Antalya ve Mersin) ait Weibull analizleri Şekil 5.11. ve Şekil 5.12.'de gösterilmektedir. Antalya'daki 50 m ve 150 m'deki ortalama rüzgar hızı sırasıyla 4.64 m/s ve 5.18 m/s arasında değişirken, rüzgar gücü yoğunluğu 101.14 W/m² ile 140.62 W/m² arasında değişmektedir. Rüzgar yönleri temel olarak BKB (Batı-Kuzeybatı), KB (Kuzeybatı), KKB (Kuzey-Kuzeybatı) yönündedir. Mersin'deki ortalama rüzgar hızları 4.70 m/s ile 5.25 m/s arasında değişmektedir. Rüzgar güç yoğunluğunun değişimi 81.65 W/m² ile 113.52 W/m² arasındadır. Rüzgar yönleri temel olarak B (Batı), BGB (Batı-Güneybatı), BKB (Batı-Kuzeybatı) yönündedir.

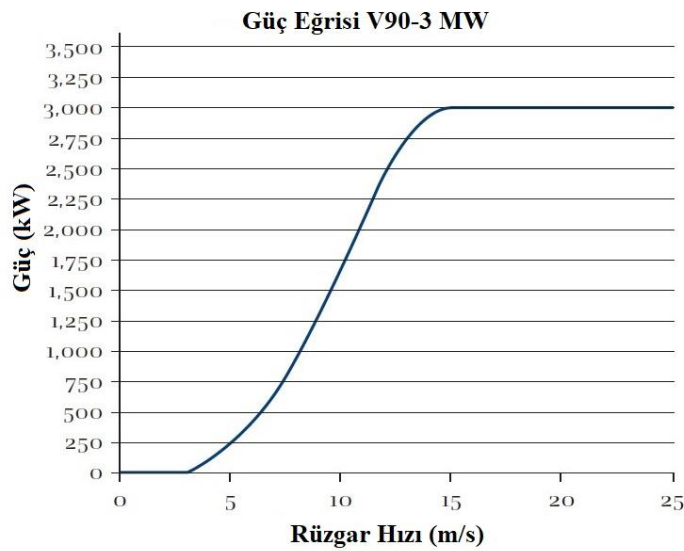


Şekil 5.11. Antalya'daki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.



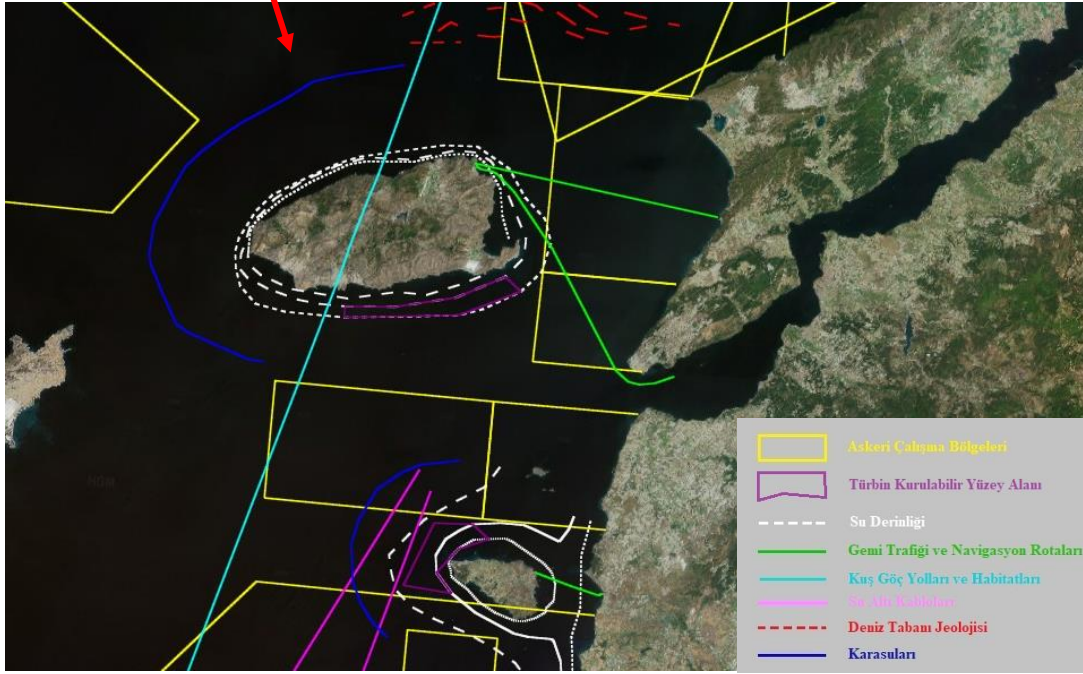
Şekil 5.12. Mersin'deki kıyı bölgesinin rüzgar karakteristikleri.

Weibull analizleri neticesinde belirlenen ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunlukları değerlendirilerek her bir kıyı bölgesi için 3 MW'lık nominal güce sahip rüzgar türbinlerinin dikkate alınması gerektiği belirlendi. En yüksek ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunluğuna sahip Bozcaada verilerine göre çalışmada ticari amaçlı kullanılan 3 MW'lık Vestas V90 deniz üstü rüzgar türbininin seçilmesi öngörüldü. Referans deniz üstü rüzgar türbininin güç eğrisi Şekil 5.13.'te gösterilmektedir. Türbin rotor çapı 90 m olup 471.5 W/m²'lik güç yoğunluğuna sahiptir.



Şekil 5.13. Referans açık deniz rüzgar türbininin güç eğrisi (V90-3MW).

AHP işlemi neticesinde deniz üstü rüzgar çiftliği kurulması için belirlenen 9 kıyı bölgesi için 10 farklı seçim kriteri HGM tarafından kullanıma sunulan HGM Küre yazılımı ile Türkiye haritasında bire bir ölçeklendirilerek işlenmiştir. Kriterlerin tamamının işlendiği haritanın makro ve mikro olarak görünümü Şekil 5.14.'te gösterilmektedir. Kriterlerin her biri farklı bir renk ve hat ile gösterilmektedir.



Şekil 5.14. Seçim kriterlerinin işlendiği genel harita görünümü.

Seçilen kıyı bölgeleri için deniz üstü rüzgar türbinlerinin konumlandırılması aşağıda özetlenmektedir.

Karadeniz'deki seçilen kıyı bölgelerinden İnebolu için önerilen rüzgar çiftliği alanı ve rüzgar türbinlerinin yerleşimi Şekil 5.15.'te gösterilmektedir. Bölgede herhangi bir kısıtlama olmadığı için İnebolu sahil şeridinin hemen hemen tüm deniz alanı rüzgar çiftliği tesisatı için kullanılabilir. Bu bölgede rüzgar çiftliği kurulması için belirlenen yüzey alanı 25.4 km²'dir. Seçilen alana toplam 149 adet türbin konumlandırılabilceği hesaplandı. Bu 149 adet türbin ile maksimum 447 MW güç üretilebileceği belirlendi.



Şekil 5.15. Rüzgar türbinlerinin İnebolu kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

Şekil 5.16. Karasu kıyıları için önerilen rüzgar çiftliğinin ve türbinlerinin yerleşim planını göstermektedir. Karasuda hesaplanan 44.24 km²'lik yüzey alanına toplam 260 adet türbin konumlandırılabilceği belirlendi. Toplam türbin sayısına göre üretilebilecek maksimum güç ise 780 MW olarak hesaplandı.



Şekil 5.16. Rüzgar türbinlerinin Karasu kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

Karadeniz'de seçilen Bafra kıyı bölgesinde her iki taraflı yerleşim planı oluşturuldu. Bafra'nın doğusunda planlanan deniz üstü rüzgar türbini yerleşim konfigürasyonu Şekil 5.17.'de görülmektedir. Bafra-1 olarak adlandırılan yerleşim düzeninde 39.53 km²'lik

yüzey alanına toplam 232 adet türbin konumlandırıldı. Toplam türbin sayısına göre üretililecek maksimum güç ise 696 MW olarak hesaplandı.



Şekil 5.17. Rüzgar türbinlerinin Bafra-1 kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

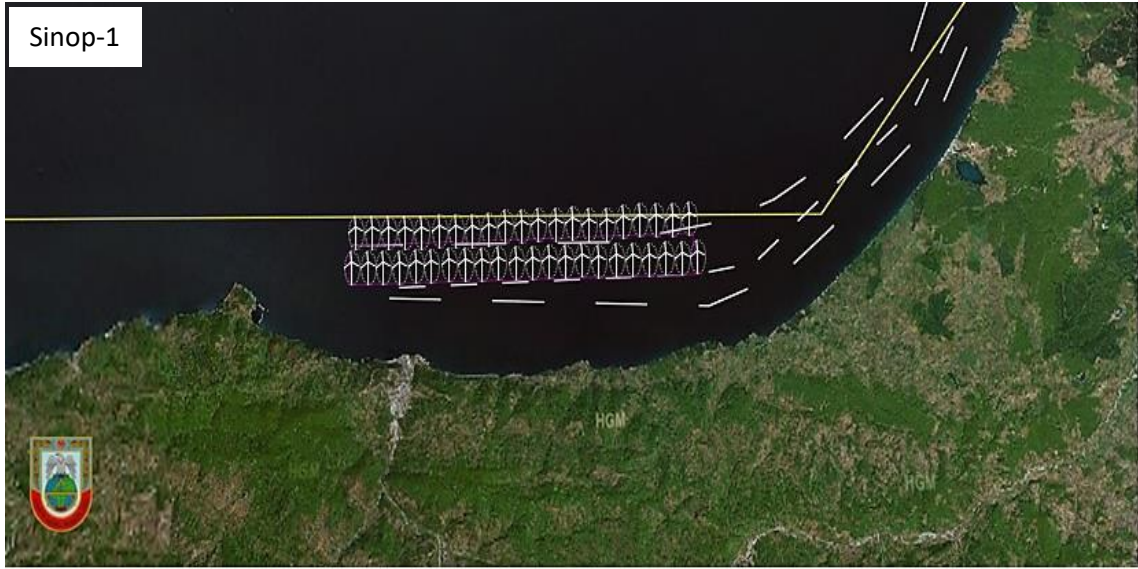
Bafra'nın batısında planlanan deniz üstü rüzgar türbini yerleşim konfigürasyonu ise Şekil 5.18.'de görülmektedir. Bafra-2 olarak adlandırılan yerleşim düzeninde 80.4 km²'lik yüzey alanına toplam 472 adet türbin konumlandırıldı. Toplam türbin sayısına göre üretililecek maksimum güç ise 1416 MW olarak hesaplandı. Bafra kıyı bölgesinde toplam kapasite 704 türbin ile 2112 MW'tır.



Şekil 5.18. Rüzgar türbinlerinin Bafra-2 kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

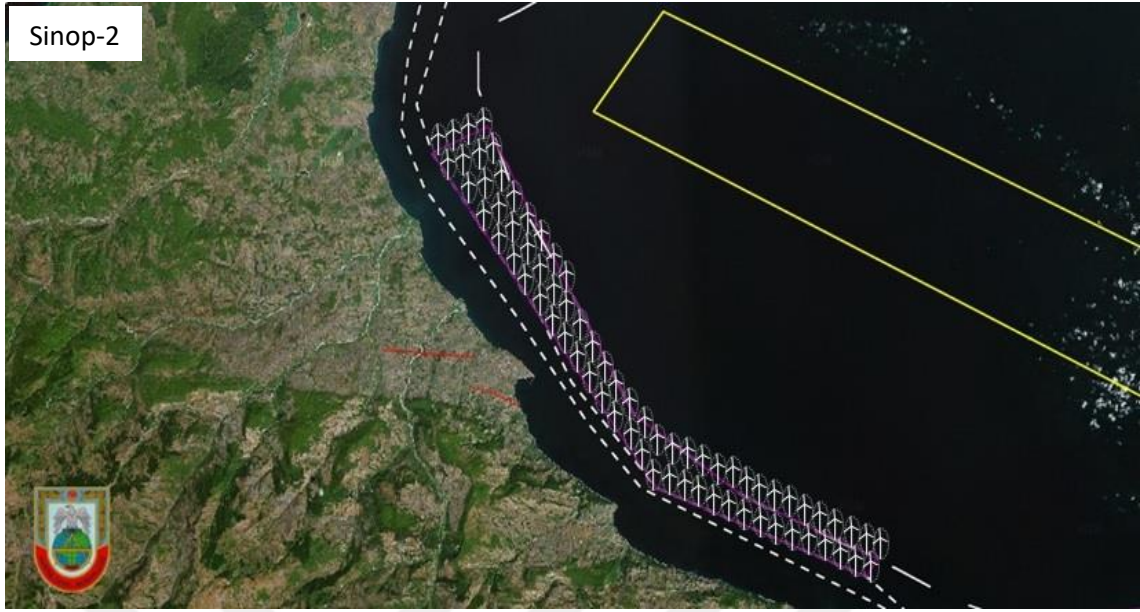
Karadeniz için seçilen son kıyı bölgesi Sinop'ta da deniz üstü türbinlerin yerleşimi Bafra kıyı bölgesi gibi 2 bölgede gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.19.'da gösterilen 1. yerleşim

bölgesi Sinop'un batısında yer almaktadır. Askeri uygulama bölgesi bu kısımdaki yerleşim düzenini sınırlamaktadır. Burada kullanılabilir yüzey alanı 28.23 km²'dir. Bu sahaya toplamda 165 türbin yerleştirmek mümkündür. Buda 495 MW'lık bir kurulu gücü temsil eder.



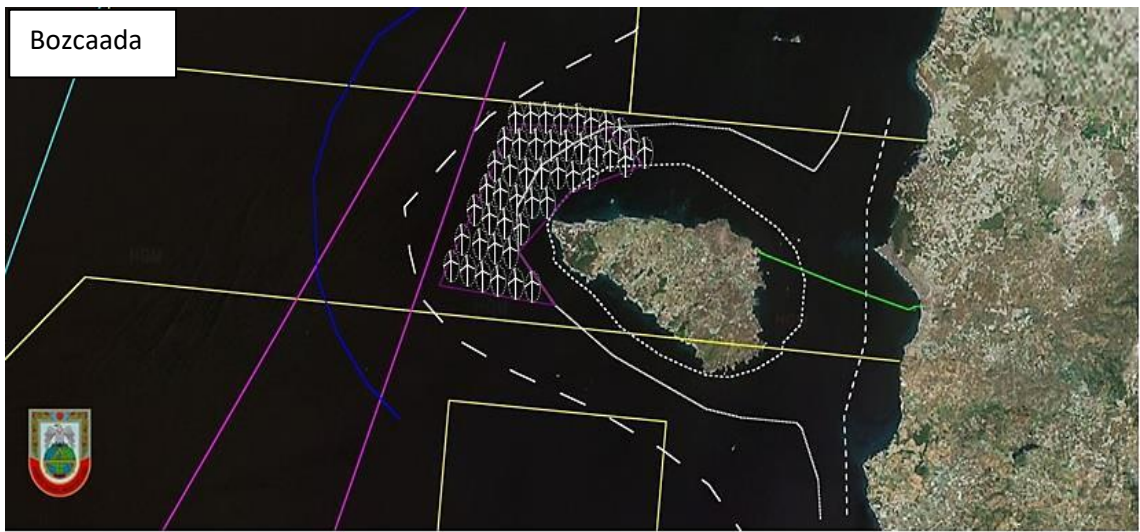
Şekil 5.19. Rüzgar türbinlerinin Sinop-1 kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

Sinop'un doğusunda yer alan ikinci yerleşim yeri ise Şekil 5.20.'de gösterilmektedir. Burada kullanılabilir yüzey alanı 72.68 km²'dir. Bu sahaya toplamda 427 türbin yerleştirmek mümkündür. Bu da 1281 MW'lık bir kurulu güce karşılık gelmektedir. Sinop kıyı bölgesinde kurulması muhtemel deniz üstü rüzgar çiftliğinde toplam 1776 MW'lık bir kurulu güç planlaması yapıldı.



Şekil 5.20. Rüzgar türbinlerinin Sinop-2 kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

Türkiye'nin en yüksek deniz üstü rüzgar enerjisi potansiyeline sahip Bozcaada Ege Denizi'nde yer alan en önemli kıyı kentidir. Kriterlerin harita üzerine işlenmesinden sonra Bozcaada için elde edilen 32 km²'lik yüzey alanı ve bu alana yerleştirilen türbinler Şekil 5.21.'de gösterilmektedir. Bu alana yerleştirilen toplam 188 tane türbin ile 564 MW'lık bir kurulu güç elde edilir. Bölge yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olmasına rağmen askeri çalışma bölgeleri ve su altı kablolarından dolayı kurulum için kullanılabilecek saha kısıtlıdır.



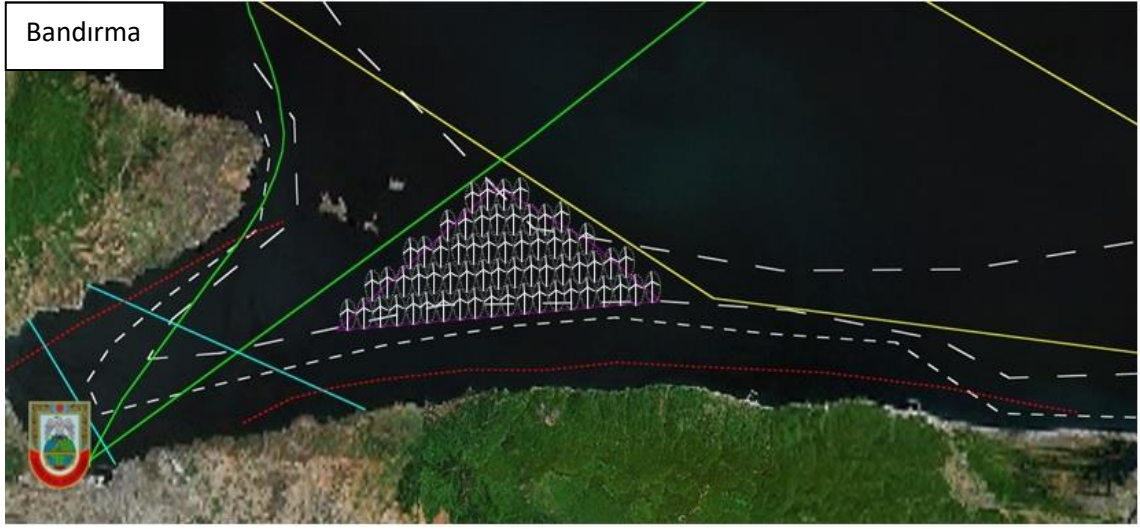
Şekil 5.21. Rüzgar türbinlerinin Bozcaada kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

Şekil 5.22.'de Gökçeada kıyıları için önerilen rüzgar çiftliğinin ve türbinlerinin yerleşim planını göstermektedir. Gökçeada'da hesaplanan 30 km²'lik yüzey alanına toplam 176 adet türbin konumlandırılabilceği belirlendi. Toplam türbin sayısına göre üretilebilecek maksimum güç ise 528 MW olarak hesaplandı. En yakın ve en uzak türbinler kıyı şeridinden sırasıyla 1403 m ve 5173 m'de bulunmaktadır.



Şekil 5.22. Rüzgar türbinlerinin Gökçeada kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

Analizlerde Ege Denizi içerisindeki grupta değerlendirilen Bandırma kıyı bölgesi Şekil 5.23.'te görüldüğü üzere kriterlerden oldukça yoğun bir şekilde etkilenen alanlardan birisidir. Bandırma için analizler neticesinde elde edilen kullanılabilir yüzey alanı 37.46 km² olup 220 adet türbin ile 660 MW'lık maksimum kurulu güç elde edilebileceği hesaplandı.

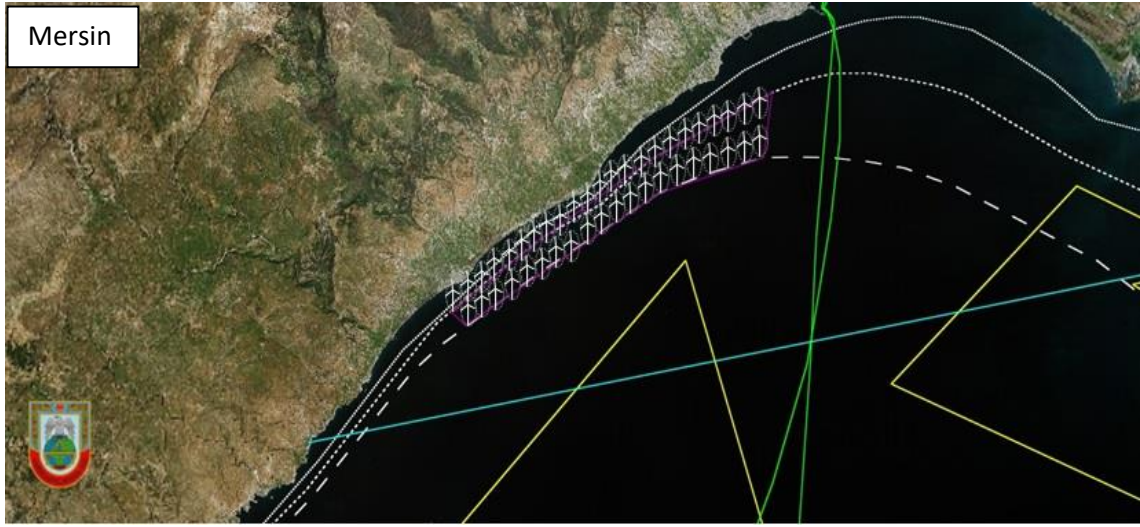


Şekil 5.23. Rüzgar türbinlerinin Bandırma kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

Son olarak Akdeniz’de yer alan Antalya ve Alanya kıyı bölgeleri için yapılan analizler neticesinde elde edilen türbin yerleşim düzeni Şekil 5.24. ve Şekil 5.25.’te gösterilmektedir. Antalya için 48.93 km²’lik bir yüzey alanı belirlenmiştir. Bu alana yerleştirilebilecek türbin sayısı 287 olup 861 MW’lık bir kurulu güç elde edilebilir. Mersinde ise 73.36 km²’lik bir yüzey alanı ile 431 türbin kullanılarak 1293 MW’lık bir kurulu güç elde edilebilir.



Şekil 5.24. Rüzgar türbinlerinin Antalya kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.



Şekil 5.25. Rüzgar türbinlerinin Mersin kıyılarında seçilen yeri ve yerleşimi.

Kıyı bölgeleri için tasarlanan deniz üstü rüzgar çiftliklerine ait özellikler Çizelge 5.16.'da özetlenmiştir. Türkiye'nin toplam deniz üstü rüzgar enerjisi kapasitesi 9.021 GW olarak hesaplanmıştır. Tabloda bildirildiği gibi, en yüksek deniz üstü rüzgar çiftliği kapasitesine sahip bölge toplam 2112 MW ile Bafra'dır.

Çizelge 5.16. Seçilen kıyı bölgesinde tasarlanan açık deniz rüzgar çiftliklerinin özellikleri.

Kıyı Bölgeleri	50 m'de Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	100 m'de Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	150 m'de Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Türbin Sayısı	Toplam Kapasite (MW)	En Yakın Türbinin Kıyıya Olan Mesafesi (m)	En Uzak Türbinin Kıyıya Olan Mesafesi (m)	Yüzey Alanı (km ²)
Karasu	3.93	4.21	4.38	260	780	1361	4133	44.24
Bafra-1	6.59	7.06	7.35	232	696	1810	5791	39.53
Bafra-2	6.59	7.06	7.35	472	1416	640	7804	80.4
İnebolu	5.05	5.41	5.64	149	447	2265	4014	25.4
Sinop-1	7.33	7.86	8.18	165	495	2680	5215	28.23
Sinop-2	7.33	7.86	8.18	427	1281	2338	6759	72.68
Gökçeada	7.24	7.76	8.08	176	528	1403	5173	30
Bozcaada	8.64	9.26	9.64	188	564	158	5800	32
Bandırma	5.40	5.79	6.03	220	660	2898	8188	37.46
Antalya	4.64	4.97	5.18	287	861	2317	5101	48.93
Mersin	4.70	5.04	5.25	431	1293	938	7278	73.36
Toplam =				3007	9021			

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmanın amacı üç tarafı denizlerle çevrili ve yüksek bir deniz üstü rüzgar enerjisi potansiyeline sahip Türkiye'nin açık deniz rüzgâr çiftliği sahası konumlarını incelemektir. Çalışmanın başlangıcında tespit edilen 31 kıyı bölgesi sahip oldukları rüzgar enerjisi potansiyeli açısından değerlendirilerek ön eleme işlemine tabi tutuldu. Çalışmanın yenilikçi tarafını oluşturan ikinci aşamada ise çoklu seçim kriterleri AHP işlemi ile birlikte kullanılarak YHASY geliştirildi. Özellikle deniz üstü rüzgar enerjisi çevrim sistemleri için yer seçimi problemi çeşitli değerlendirme kriterleri ile ilgili farklı tercihler ve bu kriterleri belirleyen farklı paydaşları içerir. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynakları yönetimi alanındaki uzmanlar ve paydaşlar yapılan görüşmeler ile sürece dahil edildiler. Uzmanlar tarafından sağlanan değerlendirme kriterleri kullanılarak deniz üstü rüzgar çiftlikleri için en uygun yerleri belirlemek mümkün olmuştur. Elde edilen analiz sonuçlarına ait değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur:

1. Çalışma için belirlenen 31 kıyı bölgesi arasından sadece 9 bölgenin (Karasu, Bafra, İnebolu, Sinop, Gökçeada, Bozcaada, Bandırma, Antalya ve Mersin) deniz üstü rüzgar çiftliği kurulması açısından uygun olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte elenen bölgelerin bazılarının yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahip olmalarına rağmen konumlarından dolayı değerlendirme kriterlerine bağlı olarak elendiği gözlenmiştir.

2. Sunulan YHASY çok bölgeli seçim aracı olarak ilk defa bu çalışmada kullanılmış olup aynı zamanda sunulan bu çalışmanın da yenilikçi tarafını oluşturmaktadır. Önerilen metodun tutarlılık analizinde elde edilen tutarlılık düzeyinin tamamen tutarlı olarak çıkması çalışmanın niteliğini gözler önüne sermektedir. Bununla birlikte belirlenen her bir kriter seçilen bölgeler için hassas bir şekilde haritalara işlenmiştir.

3. Kıyı bölgeleri arasında en yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahip bölge Bozcaada'dır. Fakat birtakım kriter sınırlamalarından dolayı en fazla yüzey alanına sahip ve kurulması muhtemel en yüksek kapasiteye sahip bölgeler Bafra, Sinop ve Mersin olarak belirlendi. Bu kapsamda toplam deniz üstü rüzgar gücü kapasitesi 9.021 GW olarak tahmin edilmektedir. Bu değer Türkiye'nin 2020 yılı itibariyle sahip olduğu yaklaşık 9.3 GW'lık kurulu kara üstü rüzgar gücü kapasitesi ile karşılaştırıldığında ve kara üstünde sahip olunan bu kapasitenin Türkiye'nin toplam elektrik üretiminin yaklaşık

%8,4'ünü oluşturduğu göz önüne alındığında bu alanla ilgili çalışmaların hızla başlaması gerektiğinin de bir göstergesidir.

4. Bu çalışmada kullanılan veriler kıyı bölgelerinde sahaya en yakın meteoroloji istasyonlarından, deniz fenerlerinden ve meteoroloji uydularından elde edilen verilerdir. Literatürdeki  alışmalar genelde kıyı bölgelerinden toplanan verilerin analiz edildiği çalışmalardır. Bu  alışma diğer literatür çalışmalarına göre rüzgar gücü potansiyelinin daha tutarlı ve hassas değerlendirildiği bir çalışma özelliği taşımaktadır.



7. KAYNAKLAR

- Adelaja, A., McKeown, C., Calnin, B. ve Hailu, Y., 2012. Assessing offshore wind potential. *Energy Policy*, 42, 191–200.
- Adıyaman, Ç., 2012. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi ABD, Niğde.
- Afonso, T.L., Marques, A.C. ve Fuinhas, J.A., 2017. Strategies to make renewable energy sources compatible with economic growth. *Energy Strategy Reviews*, 18, 121-126.
- Akdağ, S. A. ve Dinler, A., 2009. A New Method to Estimate Weibull Parameters for Wind Energy Applications. *Energy Conversion and Management*, 50, 1761–1766.
- Akdağ, O. ve Yeroğlu, C., 2019. Denizüstü/Karaüstü Rüzgar Santralinin Modellenmesi ve Şebekeye Bağlantısı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 505–520.
- Akova, İ., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Nobel Yayınları, 224, Ankara.
- Alkan, S., 2013. Bir Açık Deniz Rüzgar Türbini İçin Yüzer Platform Sistemi Tasarımı ve Demirleme Sisteminin Hidrodinamik Analizi. (Yüksek Lisans Tezi), Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Altaş, İ. H. ve Şahin, E., 2019. Dünyada ve Türkiye'de Dalga Enerjisi, (465), 43–53.
- Altıntop, N. ve Erdemir, D., 2013. Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi İle İlgili Gelişmeler, *Mühendis ve Makina*, 54 (639), 69–77.
- Anlar Güneş, Ş., 2007. Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi ve Deniz Çevresinin Korunması. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 56 (2), 1-37.
- Anonim-1, 2020. Türkiye' nin 2019 yılına ait kaynak dağılımına göre elektrik enerjisi üretimi. U.S. Energy Information Administration (EIA), <https://www.eia.gov/international/data/country/TUR/> (08.08.2021).
- Anonim-2, 2021. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye güneş atlası GEPA. <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>; (29.07.2021).
- Anonim-3, 2017. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye Rüzgar Atlası. <https://mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx>; (09.10.2021).
- Anonim-4, 2020. Hidroelektrik Santralleri (HES), Enerji Atlası. <https://www.enerjiatlasi.com/hidroelektrik/>; (30.07.2021).
- Anonim-5, 2021. Türkiye coğrafyası, Vikipedi. https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye_co%C4%9Frafyas%C4%B1; (13.10.2021).
- Anonim-6, 2019. Greg's Cable Map. https://cablemap.info/_default.aspx; (10.09.2021).
- Anonim-7, 2021. Başlıca Ege Denizi Sorunları. T.C. Dışişleri Bakanlığı. <https://www.mfa.gov.tr/baslica-ege-denizi-sorunlari.tr.mfa>; (10.09.2021).
- Anonim-8, 2019. Birdmap. <http://birdmap.5dvision.ee/en>; (24.04.2019).
- Argın, M., Yerci, V., Erdoğan, N., Küçüksarı, S. ve Cali, U., 2019. Exploring the offshore wind energy potential of Turkey based on multicriteria site selection. *Energy Strategy Reviews*, 23, 33–46.
- Aydın, G., 2008. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulanması. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

- Aydın, N.Y., Kentel, E. ve Düzgün, Ş., 2010. GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 364–373.
- Aykaç, Z., 2021. Diyarbakır İlindeki Tarihi Su Değirmenlerinin Konumlarının ve Hidrolik Enerji Potansiyellerinin Araştırılması. (Doktora Tezi), T.C. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği ABD, Diyarbakır.
- Baisner, A. J., Andersen, J. L., Findsen, A., Granath, S. W. Y., Madsen, K. Q. ve Desholm, M., 2010. Minimizing Collision Risk Between Migrating Raptors and Marine Wind Farms: Development of a Spatial Planning Tool. *Environmental Management*, 46, 801–808.
- Bekar, N., 2020. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Enerji Jeopolitiği. *Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi*, 3 (1), 37–54.
- Byrne, J., Zhou, A., Shen, B. ve Hughes, K., 2007. Evaluating the potential of small-scale renewable energy options to meet rural livelihoods needs: A GIS- and lifecycle cost-based assessment of Western China's options. *Energy Policy*, 35, 4391–4401.
- Carter, L., Burnett, D., Drew, S., Marle, G., Hagadorn, L., Barlett-McNeil, D. ve Irvine, N., 2009. Submarine Cables and the Oceans: Connecting the World. UN Environment Programme World Conservation Monitoring Centre. https://www.unep-wcmc.org/system/dataset_file_fields/files/000/000/118/original/ICPC_UNEP_Cables.pdf?1398680911; (09.10.2021).
- Chang, T. P., 2011. Performance Comparison of Six Numerical Methods in Estimating Weibull Parameters for Wind Wnergy Application. *Applied Energy*, 88, 272–282.
- Chaouachi, A., Covrig, C. F. ve Ardelean, M., 2017. Multi-Criteria Selection of Offshore Wind Farms: Case Study for the Baltic States. *Energy Policy*, 103, 179–192.
- Chaouachib, A., Covriga, C.F. ve Ardeleana, M., 2017. Multi-criteria selection of offshore wind farms: Case study for the Baltic States. *Energy Policy*, 103, 179–192.
- Coşkun, A., 2011. Türkiye'deki Jeotermal Kaynaklar İçin Güç Santrallerinin Termodinamik Analizi ve Optimizasyonu. (Doktora Tezi), T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği ABD, Isparta.
- Coşkun, A.A. ve Türker, Y.Ö., 2012. Wind energy and Turkey. *Environ Monit Assess*, 184, 1265–73.
- Cradden, L., Kalogeri, C., Martinez Barrios, I., Galanis, G., Ingram, D. ve Kallos, G., 2016. Multi-Criteria Site Selection for Offshore Renewable Energy Platforms. *Renewable Energy*, 87, 791–806.
- Çelik, S. N., 2012. Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi. (Yüksek Lisans Tezi), Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Çevik, M., 2017. Güneş ve Hidrojen Enerjisi Esaslı Alternatif Hibrit Bir Enerji Sisteminin Geliştirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD, Kilis.
- Çırak, B., 2019. Karaman İlinde Yenilenebilir Enerji Uygulamaları. *KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (1), 19–49.
- Çobanoğlu, A., Demirkıran, G. ve Güneş, M., 2021. İzmir İlinde Elektrikli Kara Araçları için Güneş Enerjisi Destekli Bir Şarj İstasyonunun Tasarlanması., *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 635–648.

- Dinç, T., 2014. Dilsiz (Boş) Türkiye Haritası.
<https://www.turkiyeharitasi.gen.tr/2014/01/13/dilsiz-bos-turkiye-haritalari/>;
(10.10.2021).
- Dvorak, M.J., Archer, C.L. ve Jacobson, M.Z., 2010. California offshore wind energy potential. *Renewable Energy*, 35, 1244–1254.
- Eskin, N., Artar, H. ve Tolun, S., 2008. Wind energy potential of Gökçeada Island in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12, 839-851.
- Firestone, J., Kempton, W. ve Krueger A., 2009. Public Acceptance of Offshore Wind Power Projects in the USA. *Wind Energy*, 12, 183–202.
- Gökkuş, G., 2014. Rüzgar Enerjisi Üretim Sistemlerinde İzleme ve Hata Kontrol Sistemleri. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi ABD, Ankara.
- Grassi, S., Chokani, N. ve Abhari, R.S., 2012. Large scale technical and economical assessment of wind energy potential with a GIS tool: case study Iowa. *Energy Policy*, 45, 73–85.
- Habash, R., 2018. Güneş Tabanlı Hidrojen Enerjisi. T.C. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği ABD, İstanbul.
- Haggett, C., 2011. Understanding public responses to offshore wind power. *Energy Policy*, 39, 503–510.
- Helimax, 2008. Analysis of Future Offshore Wind Farm Development in Ontario. Helimax Energy Inc., 1–39.
- Hersbach, H., 2011. Sea Surface Roughness and Drag Coefficient as Functions of Neutral Wind Speed. *Journal of Physical Oceanography*, 41, 247–25.
- Hong, L. ve Möller, B., 2011. Offshore wind energy potential in China: Under technical, spatial and economic constraints. *Energy*, 36, 4482-4491.
- Idriss, H., Scott, M. ve Subramani, V., 2015. Introduction to Hydrogen and Its Properties. *Compendium of Hydrogen Energy*, 3-19.
- IEA, 2021. Global Energy Review 2021. International Energy Agency, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d0031107-401d-4a2f-a48b-9eed19457335/GlobalEnergyReview2021.pdf>; (09.10.2021).
- IPCC., (2011). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Abu Dhabi, United Arab Emirates.
- İlkılıç, C. ve Aydın, H. 2015. Wind power potential and usage in the coastal regions of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 78–86.
- İlkılıç, C. ve Türkbay, İ., 2010. Determination and utilization of wind energy potential for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2202–2207.
- İnan, İ., Akbulut, İ. ve Aslan, E., 2018. Enerji Sorununun Çözümünde Yenilenemez ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi. *Türk Dünyası Araştırmaları Vakfı*, 120 (237), 11–40.
- Kapluhan, E., 2014. Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Dalga Enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Durumu. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 5 (7), 65–86.
- Karabağ, N., Çobanoğlu Kayıcı, C. B. ve Öngen, A., 2021. %100 Yenilenebilir Enerjiye Geçiş Yolunda Dünya ve Türkiye. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 230–240.

- Karagöl, E. T. ve Kavaz, İ., 2017. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. SETA Siyaset, Ekonomi Ve Toplum Araştırmaları Vakfı, (197), 1–32.
- Kenet, S., 2020. Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Çevresel ve Ekonomik Değerlendirmesi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat ABD, İstanbul.
- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y. ve Uğurlu, İ., 2018. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. Mühendis ve Makina Dergisi, 59 (692), 86–114.
- Köroğlu, M.Ö., 2011. Yüksek Gerilim Alternatif Akım ve Yüksek Gerilim Doğru Akım Şebeke Bağlantılı Denizüstü (Offshore) Rüzgar Santrallerinin Tasarım Esasları. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir.
- Lee, J. ve Zhao, F., 2021. Global Wind Report 2021. Global Wind Energy Council. <https://gwec.net/global-wind-report-2021/#Download>; (09.10.2021).
- Leung, D.Y.C. ve Yang, Y., 2012. Wind energy development and its environmental impact : A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16, 1031– 1039.
- Limpo, J.R.Q., 2011. Assessment of Offshore Wind Energy in Portuguese Shallow Waters Site Selection, Technical Aspects and Financial Evaluation. Yüksek Lisans Tezi, Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, Lizbon.
- Lindgren, F., Johansson, B., MalmLöf, T. ve Lindvall, F., 2013. Siting Conflicts Between Wind Power and Military Aviation-Problems and Potential Solutions. Land Use Policy, 34, 104–111.
- Loukogeorgaki, E., Vagiona, D.G. ve Vasileiou, M., 2018. Site Selection of Hybrid Offshore Wind and Wave Energy Systems in Greece Incorporating Environmental Impact Assessment. Energies, 11(8), 2095.
- Mahdy, M. ve Bahaj, A.S., 2018. Multi criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt. Renewable Energy, 118, 278-289.
- Marangoz, M. ve Erboy, N., 2020. Bütünleşik Kanal Deneyimini Etkileyen Faktörlerin AHP Yöntemi ile Belirlenmesi: Bankacılık Sektörüne Yönelik Bir Çalışma. İşletme Araştırmaları Dergisi, 12 (2), 1801–1819.
- MarineTraffic, 2021. Global Gemi Takip İstihbaratı, AIS Deniz Trafiği. MarineTraffic. <https://www.marinetraffic.com/tr/ais/home/centerx:33.7/centery:39.3/zoom:6>; (10.09.2021).
- Masters, G. M., 2004, Renewable and Efficient Electric Power Systems. A John Wiley and Sons, INC., Publication, 654, New Jersey.
- MEECC, 2008. Specific Framework for Spatial Planning and Sustainable Development of Renewable Energy Sources. Ministry of Environment, Energy and Climate Change (MEECC). Athens, Greece.
- Mekonnen, A.D. ve Gorsevski, P.V., 2015. A web-based participatory GIS (PGIS) for offshore wind farm suitability within Lake Erie, Ohio. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 162–177.
- Mert, S., 2012. Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemi Tasarımı ve Deneysel Çalışması. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kıyı Bilimleri ve Mühendisliği ABD, İstanbul.
- Möller, B., 2011. Continuous spatial modelling to analyse planning and economic consequences of offshore wind energy. Energy Policy, 39, 511–517.
- MTA, 2021. Yenilenmiş Diri Fay Haritaları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/500bas>; (10.09.2021).

- Murphy, J., Lynch, K., Serri, L., Airdoldi, D., ve Lopes, M., 2011. Site selection Analysis for Offshore Combined Resource Projects in Europe. Orecca. http://orecca.rse-web.it/doc_info/Site_Selection_Analysis_Report.pdf; (09.10.2021).
- Musial, W. ve Ram, B., 2010. Large-Scale Offshore Wind Power in the United States. National Renewable Energy Laboratory, 224, Golden, Colorado.
- Nepal, B., Yadav, O. P. ve Murat, A., 2010. A Fuzzy-AHP Approach to Prioritization of CS Attributes in Target Planning for Automotive Product Development. *Expert Systems with Applications*, 37 (10), 6775–6786.
- NCEI, 2018. Bathymetric Data Viewer, General Bathymetric Chart of the Oceans. National Centers for Environmental Information. <https://www.ncei.noaa.gov/maps/bathymetry/>; (10.09.2021).
- Nguyen, K.Q., 2007. Wind energy in Vietnam: Resource assessment, development status and future implications. *Energy Policy*, 35, 1405–1413.
- O'Keeffe, A., Haggett, C., 2012. An investigation into the potential barriers facing the development of offshore wind energy in Scotland: Case study – Firth of Forth offshore wind farm. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 3711–3721.
- Oğuz, M. ve Akkurt, Ş., 2017. Kayseri İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 362–374.
- Ölmez, A., 2021. Jeotermal Seralarda Domates Üretiminin Ekonomik Analizi: Afyonkarahisar İli Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarım Ekonomisi ABD, Isparta.
- Özgener, Ö., 2002. Türkiye’de ve Dünyada Rüzgar Enerjisi Kullanımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4 (3), 159–173.
- Ramachandra, T.V. ve Shruthi, B.V., 2005. Wind energy potential mapping in Karnataka, India, using GIS. *Energy Conversion and Management*, 46, 1561–1578.
- REN21, 2021. 2021 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum Raporu. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf; (09.10.2021).
- Rothwell, D. R. ve Stephens, T., 2016. *The International Law of the Sea*. Bloomsbury Publishing, 608.
- Saaty, R. W., 1987. The Analytic Hierarchy Process-What It is and How It is Used. *Mathematical Modelling*, 9 (3–5), 161–176.
- Saaty, T. L., 2005. *Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks*. RWS Publications, 352.
- Saaty, T. L., 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Science*, 1 (1), 83–98.
- Saidur, R., Rahim, N.A., Islam, M.R. ve Solangi, K.H., 2011. Environmental impact of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2423–2430.
- Saleh, H., Abou El-Azm Aly, A. ve Abdel-Hady, S., 2012. Assessment of Different Methods Used to Estimate Weibull Distribution Parameters for Wind Speed in Zafarana Wind Farm, Suez Gulf, Egypt. *Energy*, 44, 710–719.
- Samoteskul, K., Firestone J., Corbett, J. ve Callahan, J., 2014. Changing Vessel Routes Could Significantly Reduce the Cost of Future Offshore Wind Projects. *Journal of Environmental Management*, 141, 146–154.

- Schillings, C., Wanderer, T., Cameron, L., Wal, J.T.V.D., Jacquemin, J. ve Veum, K., 2012. A decision support system for assessing offshore wind energy potential in the North Sea. *Energy Policy*, 49, 541–551.
- SHOD, 2018. 2018 Denizcilere İlanlar Yıllığı. Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, Çubuklu-Beykoz, İstanbul.
- Snyder, B., ve Kaiser, M.J., 2009. A comparison of offshore wind power development in Europe and the U.S.: Patterns and drivers of development. *Appl Energy*, 86, 1845–1856.
- Soukissian, T., Papadopoulos, A., Skrimizeas, P., Karathanasi, F., Axaopoulos, P., Avgoustoglou, E., Kyriakidou, H., Tsalis, C., Voudouri, A., Gofa, F. ve Katsafados, P., 2017. Assessment of offshore wind power potential in the Aegean and Ionian Seas based on high-resolution hindcast model results. *AIMS Energy*, 5, 268–289.
- Sun, X., Huang, D. ve Wu, G., 2012. The current state of offshore wind energy technology development. *Energy*, 41, 298–312.
- Szabo', S., Waldau, A.J., Szabo', M., Monforti-Ferrario, F., Szabo', L. ve Ossenbrink, H., 2014. European renewable government policies versus model predictions. *Energy Strategy Reviews*, 2, 257–264.
- Şahin, B., Bilgili, M. ve Akıllı, H., 2005. The wind power potential of the eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 93, 171–183.
- Şenaktaş, B., 2005. Hidrojen Enerjisi, Üretimi ve Uygulamaları. (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği ABD, Denizli.
- Tegou, L., Polatidis, H. ve Haralambopoulos, D.A., 2010. Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. *Journal of Environmental Management*, 91, 2134–2147.
- Tortumluoğlu, M. İ. ve Doğan, M., 2021. Açık Deniz Rüzgar Türbinleri için Uygun Yer Seçim Kriterlerinin İrdelenmesi ve Kuzey Ege Kıyılarına Uygulanması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23 (67), 25–42.
- Turkenburg, W., Arent, D. J., Bertani, R., Faaij, A., Hand, M., Krewitt, W., Larson, E. D., Lund, J., Mehos, M., Merrigan, T., Mitchell, C., Roberto Moreira, J., Sinke, W., Sonntag-O'Brien, V., Thresher, B., Van Sark, W. ve Usher, E., 2012. Chapter 11 - Renewable Energy. *Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future*. https://iiasa.ac.at/web/home/research/Flagship-Projects/Global-Energy-Assessment/GEA_Chapter11_renewables_lowres.pdf; (09.10.2021).
- Uçar, A. ve Balo, F., 2009. Evaluation of wind energy potential and electricity generation at six locations in Turkey. *Applied Energy*, 86, 1864–1872.
- Uçar, S., 2007. Rüzgar Enerjisiyle Elektrik Üretimi ve Kayseri İli için Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ulu, F., 2011. Soma Deniz Kömürü ve Ayçekirdeği Kabuğu Yarıkokunun Birlikte Briketlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği ABD, İstanbul.
- Urfalı, T. ve Eymen, A., 2020. CBS ve AHP Yöntemi Yardımıyla Kayseri İli Örneğinde Rüzgar Enerji Santrallerinin Yer Seçimi. *Geomatik Dergisi*, 6 (3) 227–237.

- Ünal, M. F., 2014. Hidroelektrik Enerjisi. Enerji Teknolojileri. <https://enerjiteknolojileri.wordpress.com/2014/12/17/126/>; (30.07.2021).
- Vagiona, D.G. ve Kamilakis, M., 2018. Sustainable Site Selection for Offshore Wind Farms in the South Aegean - Greece. Sustainability, 10(3), 749.
- Vagiona, D.G. ve Karanikolas, N.M., 2012. A multicriteria approach to evaluate offshore wind farms sitting in Greece. Global NEST, 14, 235–243.
- Voivontas, D., Assimacopoulos, D., Mourelatos, A. ve Corominas J., 1998. Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system. Renew Energy, 13(3), 333–344.
- Watrobski, J., Ziemba, P. ve Wolski, W., 2015. Methodological Aspects of Decision Support System for the Location of Renewable Energy Sources. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems, Lodz, Poland.
- Yapar, M., 2014. Türkiye’de İktisat Politikaları Çerçevesinde Rüzgar Enerjisi Politikalarının Etkinliğinin Analizi: Bir Uygulama. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat ABD, İstanbul.
- Yıldırım, H. H., 2019. Yenilenebilir Enerji Yatırımlarındaki Teşviklerin Yatırım Performansları Üzerine Etkisi. Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4 (3), 330–345.
- Yıldız, S. S., 2021. Rüzgar Hızı Haritalarının Oluşturulmasında Kullanılan Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması : Balıkesir Örneği. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 21, 130–137.
- Yılmaz, O., 2021. Biyokütle ve Enerji Üretim Yöntemleri. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Disiplinlerarası Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri ABD, Sinop.
- Yousefi, A. ve Hadi-Vencheh, A., 2010. An Integrated Group Decision Making Model and Its Evaluation by DEA for Automobile Industry. Expert Systems with Applications, 37, 8543–8556.
- Yue, C.D. ve Yang, M.H., 2009. Exploring the potential of wind energy for a coastal state. Energy Policy, 37, 3925–3940.
- Yüksel, A., 2020. Yenilikçi Hibrit Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı Yöntemi Kullanılarak Sürdürülebilir Biyoenerji Üretim Tesisi için Uygun Yer Seçimi. (Yüksek Lisans Tezi), T.C. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik ABD, Tokat.
- Yüksel, S. ve Topcu, Y., 2019. 13-Hidrojen Depolama Teknolojilerinin Değerlendirilmesi. Kimya Sanayiinde Proses İyileştirme ve Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu ve Sergisi, 24-25 Ekim, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Atatürk Kongre ve Kültür Merkezi, Samsun.

8. EKLER

EK 1. Karadeniz için su derinliği kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', λ_{max} , CI ve CR değerleri.

Su Derinliği	Önem Değerleri	7	7	7	2	7	7	3	7	7
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
7	Karasu	1.000	1.000	1.000	3.500	1.000	1.000	2.333	1.000	1.000
7	Tirebolu	1.000	1.000	1.000	3.500	1.000	1.000	2.333	1.000	1.000
7	Fatsa	1.000	1.000	1.000	3.500	1.000	1.000	2.333	1.000	1.000
2	Rize	0.286	0.286	0.286	1.000	0.286	0.286	0.667	0.286	0.286
7	Bafra	1.000	1.000	1.000	3.500	1.000	1.000	2.333	1.000	1.000
7	Giresun	1.000	1.000	1.000	3.500	1.000	1.000	2.333	1.000	1.000
3	Of	0.429	0.429	0.429	1.500	0.429	0.429	1.000	0.429	0.429
7	İnebolu	1.000	1.000	1.000	3.500	1.000	1.000	2.333	1.000	1.000
7	Sinop	1.000	1.000	1.000	3.500	1.000	1.000	2.333	1.000	1.000
TOPLAM =		7.714	7.714	7.714	27.000	7.714	7.714	18.000	7.714	7.714

Su Derinliği - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
	Tirebolu	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
	Fatsa	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
	Rize	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037
	Bafra	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
	Giresun	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
	Of	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056
	İnebolu	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
	Sinop	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.130	1.167
0.130	1.167
0.130	1.167
0.037	0.333
0.130	1.167
0.130	1.167
0.056	0.500
0.130	1.167
0.130	1.167

λ_{max}	9
CI	0
CR	0

EK 2. Karadeniz için askeri çalışma bölgeleri kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Askeri Çalışma Bölgeleri	Önem Değerleri	6	9	9	9	5	9	9	5	4
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
6	Karasu	1.000	0.667	0.667	0.667	1.200	0.667	0.667	1.200	1.500
9	Tirebolu	1.500	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.800	2.250
9	Fatsa	1.500	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.800	2.250
9	Rize	1.500	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.800	2.250
5	Bafra	0.833	0.556	0.556	0.556	1.000	0.556	0.556	1.000	1.250
9	Giresun	1.500	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.800	2.250
9	Of	1.500	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.800	2.250
5	İnebolu	0.833	0.556	0.556	0.556	1.000	0.556	0.556	1.000	1.250
4	Sinop	0.667	0.444	0.444	0.444	0.800	0.444	0.444	0.800	1.000
TOPLAM =		10.833	7.222	7.222	7.222	13.000	7.222	7.222	13.000	16.250

Askeri Çalışma Bölgeleri - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092	0.092
	Tirebolu	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138
	Fatsa	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138
	Rize	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138
	Bafra	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077
	Giresun	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138
	Of	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138
	İnebolu	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077
	Sinop	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.092	0.831
0.138	1.246
0.138	1.246
0.138	1.246
0.077	0.692
0.138	1.246
0.138	1.246
0.077	0.692
0.062	0.554

$\lambda_{\max}$	9
CI	0
CR	0

EK 3. Karadeniz için gemi trafiği ve navigasyon rotaları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Gemi Trafiği ve Navigasyon Rotaları	Önem Değerleri	8	9	5	5	8	7	8	5	5
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
8	Karasu	1.000	0.889	1.600	1.600	1.000	1.143	1.000	1.600	1.600
9	Tirebolu	1.125	1.000	1.800	1.800	1.125	1.286	1.125	1.800	1.800
5	Fatsa	0.625	0.556	1.000	1.000	0.625	0.714	0.625	1.000	1.000
5	Rize	0.625	0.556	1.000	1.000	0.625	0.714	0.625	1.000	1.000
8	Bafra	1.000	0.889	1.600	1.600	1.000	1.143	1.000	1.600	1.600
7	Giresun	0.875	0.778	1.400	1.400	0.875	1.000	0.875	1.400	1.400
8	Of	1.000	0.889	1.600	1.600	1.000	1.143	1.000	1.600	1.600
5	İnebolu	0.625	0.556	1.000	1.000	0.625	0.714	0.625	1.000	1.000
5	Sinop	0.625	0.556	1.000	1.000	0.625	0.714	0.625	1.000	1.000
TOPLAM =		7.500	6.667	12.000	12.000	7.500	8.571	7.500	12.000	12.000

Gemi Trafiği ve Navigasyon Rotaları - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	Tirebolu	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
	Fatsa	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
	Rize	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
	Bafra	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	Giresun	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
	Of	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	İnebolu	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
	Sinop	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.133	1.200
0.150	1.350
0.083	0.750
0.083	0.750
0.133	1.200
0.117	1.050
0.133	1.200
0.083	0.750
0.083	0.750

$\lambda_{\max}$	9
CI	0
CR	0

EK 4. Karadeniz için karasuları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Karasuları	Önem Değerleri	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
9	Karasu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Tirebolu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Fatsa	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Rize	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Bafra	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Giresun	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Of	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	İnebolu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Sinop	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000

Karasuları - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Tirebolu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Fatsa	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Rize	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Bafra	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Giresun	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Of	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	İnebolu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Sinop	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000

$\lambda_{\max}$	9
CI	0
CR	0

EK 5. Karadeniz için su altı kabloları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', λ_{max} , CI ve CR değerleri.

Su Altı Kabloları	Önem Değerleri	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
9	Karasu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Tirebolu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Fatsa	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Rize	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Bafra	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Giresun	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Of	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	İnebolu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Sinop	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000

Su Altı Kabloları - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Tirebolu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Fatsa	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Rize	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Bafra	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Giresun	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Of	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	İnebolu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Sinop	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000

λ_{max}	9
CI	0
CR	0

EK 6. Karadeniz için boru hatları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Boru Hatları	Önem Değerleri	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
9	Karasu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Tirebolu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Fatsa	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Rize	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Bafra	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Giresun	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Of	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	İnebolu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Sinop	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000

Boru Hatları - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Tirebolu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Fatsa	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Rize	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Bafra	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Giresun	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Of	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	İnebolu	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
	Sinop	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000
0.111	1.000

$\lambda_{\max}$	9
CI	0
CR	0

EK 7. Karadeniz için deniz tabanı jeolojisi kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Deniz Tabanı Jeolojisi	Önem Değerleri	9	9	9	9	6	9	9	9	6
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
9	Karasu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000	1.000	1.500
9	Tirebolu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000	1.000	1.500
9	Fatsa	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000	1.000	1.500
9	Rize	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000	1.000	1.500
6	Bafra	0.667	0.667	0.667	0.667	1.000	0.667	0.667	0.667	1.000
9	Giresun	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000	1.000	1.500
9	Of	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000	1.000	1.500
9	İnebolu	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.000	1.000	1.000	1.500
6	Sinop	0.667	0.667	0.667	0.667	1.000	0.667	0.667	0.667	1.000
TOPLAM =		8.333	8.333	8.333	8.333	12.500	8.333	8.333	8.333	12.500

Deniz Tabanı Jeolojisi - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
	Tirebolu	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
	Fatsa	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
	Rize	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
	Bafra	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
	Giresun	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
	Of	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
	İnebolu	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
	Sinop	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.120	1.080
0.120	1.080
0.120	1.080
0.120	1.080
0.080	0.720
0.120	1.080
0.120	1.080
0.120	1.080
0.080	0.720

$\lambda_{\max}$	9
CI	0
CR	0

EK 8. Karadeniz için kuş göç yolları ve habitatları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Kuş Göç Yolları ve Habitatları	Önem Değerleri	9	9	5	9	9	9	9	9	9
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
9	Karasu	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Tirebolu	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	Fatsa	0.556	0.556	1.000	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556	0.556
9	Rize	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Bafra	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Giresun	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Of	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	İnebolu	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Sinop	1.000	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		8.556	8.556	15.400	8.556	8.556	8.556	8.556	8.556	8.556

Kuş Göç Yolları ve Habitatları - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
	Tirebolu	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
	Fatsa	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065	0.065
	Rize	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
	Bafra	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
	Giresun	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
	Of	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
	İnebolu	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
	Sinop	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117	0.117
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.117	1.052
0.117	1.052
0.065	0.584
0.117	1.052
0.117	1.052
0.117	1.052
0.117	1.052
0.117	1.052
0.117	1.052

$\lambda_{\max}$	9
CI	0
CR	0

EK 9. Karadeniz için kıyıya uzaklık kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', λ_{max} , CI ve CR değerleri.

Kıyıya Uzaklık	Önem Değerleri	7	3	6	4	8	4	5	7	8
Önem Değerleri	KARADENİZ (A)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
7	Karasu	1.000	2.333	1.167	1.750	0.875	1.750	1.400	1.000	0.875
3	Tirebolu	0.429	1.000	0.500	0.750	0.375	0.750	0.600	0.429	0.375
6	Fatsa	0.857	2.000	1.000	1.500	0.750	1.500	1.200	0.857	0.750
4	Rize	0.571	1.333	0.667	1.000	0.500	1.000	0.800	0.571	0.500
8	Bafra	1.143	2.667	1.333	2.000	1.000	2.000	1.600	1.143	1.000
4	Giresun	0.571	1.333	0.667	1.000	0.500	1.000	0.800	0.571	0.500
5	Of	0.714	1.667	0.833	1.250	0.625	1.250	1.000	0.714	0.625
7	İnebolu	1.000	2.333	1.167	1.750	0.875	1.750	1.400	1.000	0.875
8	Sinop	1.143	2.667	1.333	2.000	1.000	2.000	1.600	1.143	1.000
	TOPLAM =	7.429	17.333	8.667	13.000	6.500	13.000	10.400	7.429	6.500

Kıyıya Uzaklık - (Normalize)	KARADENİZ (A1)	Karasu	Tirebolu	Fatsa	Rize	Bafra	Giresun	Of	İnebolu	Sinop
	Karasu	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135
	Tirebolu	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058
	Fatsa	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115	0.115
	Rize	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077
	Bafra	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154
	Giresun	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077
	Of	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096	0.096
	İnebolu	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135
	Sinop	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.135	1.212
0.058	0.519
0.115	1.038
0.077	0.692
0.154	1.385
0.077	0.692
0.096	0.865
0.135	1.212
0.154	1.385

λ_{max}	9
CI	0
CR	0

EK 10. Ege Denizi için su derinliği kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Su Derinliği	Önem Değerleri	7	7	7	7	7	7
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
7	Urla	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Menderes	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Bodrum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Gökçeada	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Bozcaada	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Bandırma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000

Su Derinliği - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Menderes	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Bodrum	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Gökçeada	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Bozcaada	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Bandırma	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.167	1.000
0.167	1.000
0.167	1.000
0.167	1.000
0.167	1.000
0.167	1.000

$\lambda_{\max}$	6
CI	0
CR	0

EK 11. Ege Denizi için askeri çalışma bölgeleri kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', λ_{max} , CI ve CR değerleri.

Askeri Çalışma Bölgeleri	Önem Değerleri	4	4	9	5	5	4
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
4	Urla	1.000	1.000	0.444	0.800	0.800	1.000
4	Menderes	1.000	1.000	0.444	0.800	0.800	1.000
9	Bodrum	2.250	2.250	1.000	1.800	1.800	2.250
5	Gökçeada	1.250	1.250	0.556	1.000	1.000	1.250
5	Bozcaada	1.250	1.250	0.556	1.000	1.000	1.250
4	Bandırma	1.000	1.000	0.444	0.800	0.800	1.000
TOPLAM=		7.750	7.750	3.444	6.200	6.200	7.750

Askeri Çalışma Bölgeleri - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129
	Menderes	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129
	Bodrum	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290
	Gökçeada	0.161	0.161	0.161	0.161	0.161	0.161
	Bozcaada	0.161	0.161	0.161	0.161	0.161	0.161
	Bandırma	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129
	TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.129	0.774
0.129	0.774
0.290	1.742
0.161	0.968
0.161	0.968
0.129	0.774

λ_{max}	6
CI	0
CR	0

EK 12. Ege Denizi için gemi trafiği ve navigasyon rotaları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Gemi Trafiği ve Navigasyon Rotaları	Önem Değerleri	3	5	2	5	5	3
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
3	Urla	1.000	0.600	1.500	0.600	0.600	1.000
5	Menderes	1.667	1.000	2.500	1.000	1.000	1.667
2	Bodrum	0.667	0.400	1.000	0.400	0.400	0.667
5	Gökçeada	1.667	1.000	2.500	1.000	1.000	1.667
5	Bozcaada	1.667	1.000	2.500	1.000	1.000	1.667
3	Bandırma	1.000	0.600	1.500	0.600	0.600	1.000
TOPLAM=		7.667	4.600	11.500	4.600	4.600	7.667

Gemi Trafiği ve Navigasyon Rotaları - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
	Menderes	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217
	Bodrum	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087
	Gökçeada	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217
	Bozcaada	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217
	Bandırma	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130
TOPLAM=		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.130	0.783
0.217	1.304
0.087	0.522
0.217	1.304
0.217	1.304
0.130	0.783

$\lambda_{\max}$	6
CI	0
CR	0

EK 13. Ege Denizi için karasuları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', λ_{max} , CI ve CR değerleri.

Karasuları	Önem Değerleri	9	5	3	5	5	9
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
9	Urla	1.000	1.800	3.000	1.800	1.800	1.000
5	Menderes	0.556	1.000	1.667	1.000	1.000	0.556
3	Bodrum	0.333	0.600	1.000	0.600	0.600	0.333
5	Gökçeada	0.556	1.000	1.667	1.000	1.000	0.556
5	Bozcaada	0.556	1.000	1.667	1.000	1.000	0.556
9	Bandırma	1.000	1.800	3.000	1.800	1.800	1.000
TOPLAM=		4.000	7.200	12.000	7.200	7.200	4.000

Karasuları - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	Menderes	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139
	Bodrum	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083
	Gökçeada	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139
	Bozcaada	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139	0.139
	Bandırma	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
	TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.250	1.500
0.139	0.833
0.083	0.500
0.139	0.833
0.139	0.833
0.250	1.500

λ_{max}	6
CI	0
CR	0

EK 14. Ege Denizi için su altı kabloları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', λ_{max} , CI ve CR değerleri.

Su Altı Kabloları	Önem Değerleri	6	6	5	9	3	9
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
6	Urla	1.000	1.000	1.200	0.667	2.000	0.667
6	Menderes	1.000	1.000	1.200	0.667	2.000	0.667
5	Bodrum	0.833	0.833	1.000	0.556	1.667	0.556
9	Gökçeada	1.500	1.500	1.800	1.000	3.000	1.000
3	Bozcaada	0.500	0.500	0.600	0.333	1.000	0.333
9	Bandırma	1.500	1.500	1.800	1.000	3.000	1.000
TOPLAM=		6.333	6.333	7.600	4.222	12.667	4.222

Su Altı Kabloları - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158
	Menderes	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158
	Bodrum	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132
	Gökçeada	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237
	Bozcaada	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079
	Bandırma	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237
	TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.158	0.947
0.158	0.947
0.132	0.789
0.237	1.421
0.079	0.474
0.237	1.421

λ_{max}	6
CI	0
CR	0

EK 15. Ege Denizi için boru hatları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Boru Hatları	Önem Değerleri	9	9	9	9	9	9
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
9	Urla	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Menderes	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Bodrum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Gökçeada	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Bozcaada	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Bandırma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM=		6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000

Boru Hatları - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Menderes	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Bodrum	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Gökçeada	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Bozcaada	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	Bandırma	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167
	TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.167	1.000
0.167	1.000
0.167	1.000
0.167	1.000
0.167	1.000
0.167	1.000

$\lambda_{\max}$	6
CI	0
CR	0

EK 16. Ege Denizi için deniz tabanı jeolojisi kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Deniz Tabanı Jeolojisi	Önem Değerleri	6	9	9	6	9	5
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
6	Urla	1.000	0.667	0.667	1.000	0.667	1.200
9	Menderes	1.500	1.000	1.000	1.500	1.000	1.800
9	Bodrum	1.500	1.000	1.000	1.500	1.000	1.800
6	Gökçeada	1.000	0.667	0.667	1.000	0.667	1.200
9	Bozcaada	1.500	1.000	1.000	1.500	1.000	1.800
5	Bandırma	0.833	0.556	0.556	0.833	0.556	1.000
TOPLAM=		7.333	4.889	4.889	7.333	4.889	8.800

Deniz Tabanı Jeolojisi - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136
	Menderes	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
	Bodrum	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
	Gökçeada	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136
	Bozcaada	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
	Bandırma	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114
	TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.136	0.818
0.205	1.227
0.205	1.227
0.136	0.818
0.205	1.227
0.114	0.682

$\lambda_{\max}$	6
CI	0
CR	0

EK 17. Ege Denizi için kuş göç yolları ve habitatları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Kuş Göç Yolları ve Habitatları	Önem Değerleri	9	9	9	5	9	5
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
9	Urla	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.800
9	Menderes	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.800
9	Bodrum	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.800
5	Gökçeada	0.556	0.556	0.556	1.000	0.556	1.000
9	Bozcaada	1.000	1.000	1.000	1.800	1.000	1.800
5	Bandırma	0.556	0.556	0.556	1.000	0.556	1.000
TOPLAM=		5.111	5.111	5.111	9.200	5.111	9.200

Kuş Göç Yolları ve Habitatları - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
	Menderes	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
	Bodrum	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
	Gökçeada	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109
	Bozcaada	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196	0.196
	Bandırma	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109	0.109
	TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör ($w'=A \times w$)
0.196	1.174
0.196	1.174
0.196	1.174
0.109	0.652
0.196	1.174
0.109	0.652

$\lambda_{\max}$	6
CI	0
CR	0

EK 18. Ege Denizi için kıyıya uzaklık kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Kıyıya Uzaklık	Önem Değerleri	7	6	6	7	6	8
Önem Değerleri	EGE DENİZİ (A)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
7	Urla	1.000	1.167	1.167	1.000	1.167	0.875
6	Menderes	0.857	1.000	1.000	0.857	1.000	0.750
6	Bodrum	0.857	1.000	1.000	0.857	1.000	0.750
7	Gökçeada	1.000	1.167	1.167	1.000	1.167	0.875
6	Bozcaada	0.857	1.000	1.000	0.857	1.000	0.750
8	Bandırma	1.143	1.333	1.333	1.143	1.333	1.000
TOPLAM=		5.714	6.667	6.667	5.714	6.667	5.000

Kıyıya Uzaklık - (Normalize)	EGE DENİZİ (A1)	Urla	Menderes	Bodrum	Gökçeada	Bozcaada	Bandırma
	Urla	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175
	Menderes	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
	Bodrum	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
	Gökçeada	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175
	Bozcaada	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
	Bandırma	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	TOPLAM=	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.175	1.050
0.150	0.900
0.150	0.900
0.175	1.050
0.150	0.900
0.200	1.200

$\lambda_{\max}$	6
CI	0
CR	0

EK 19. Akdeniz için su derinliği kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Su Derinliği	Önem Değerleri	7	7	7	7	7
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
7	Fethiye	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Mersin	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Alanya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Dalaman	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	Antalya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Su Derinliği - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Mersin	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Alanya	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Dalaman	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Antalya	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
TOPLAM =		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

EK 20. Akdeniz için askeri çalışma bölgeleri kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Askeri Çalışma Bölgeleri	Önem Değerleri	9	3	6	9	6
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
9	Fethiye	1.000	3.000	1.500	1.000	1.500
3	Mersin	0.333	1.000	0.500	0.333	0.500
6	Alanya	0.667	2.000	1.000	0.667	1.000
9	Dalaman	1.000	3.000	1.500	1.000	1.500
6	Antalya	0.667	2.000	1.000	0.667	1.000
TOPLAM =		3.667	11.000	5.500	3.667	5.500

Askeri Çalışma Bölgeleri - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273
	Mersin	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
	Alanya	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182
	Dalaman	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273
	Antalya	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.273	1.364
0.091	0.455
0.182	0.909
0.273	1.364
0.182	0.909

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

EK 21. Akdeniz için gemi trafiği ve navigasyon rotaları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Gemi Trafiği ve Navigasyon Rotaları	Önem Değerleri	5	6	4	9	5
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
5	Fethiye	1.000	0.833	1.250	0.556	1.000
6	Mersin	1.200	1.000	1.500	0.667	1.200
4	Alanya	0.800	0.667	1.000	0.444	0.800
9	Dalaman	1.800	1.500	2.250	1.000	1.800
5	Antalya	1.000	0.833	1.250	0.556	1.000
TOPLAM =		5.800	4.833	7.250	3.222	5.800

Gemi Trafiği ve Navigasyon Rotaları - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172
	Mersin	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207
	Alanya	0.138	0.138	0.138	0.138	0.138
	Dalaman	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310
	Antalya	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.172	0.862
0.207	1.034
0.138	0.690
0.310	1.552
0.172	0.862

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

EK 22. Akdeniz için karasuları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Karasuları	Önem Değerleri	9	9	9	9	9
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
9	Fethiye	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Mersin	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Alanya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Dalaman	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Antalya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Karasuları - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Mersin	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Alanya	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Dalaman	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Antalya	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

EK 23. Akdeniz için su altı kabloları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Su Altı Kabloları	Önem Değerleri	9	9	9	9	9
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
9	Fethiye	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Mersin	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Alanya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Dalaman	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Antalya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Su Altı Kabloları - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Mersin	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Alanya	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Dalaman	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Antalya	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

EK 24. Akdeniz için boru hatları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Boru Hatları	Önem Değerleri	9	9	9	9	9
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
9	Fethiye	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Mersin	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Alanya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Dalaman	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	Antalya	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000

Boru Hatları - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Mersin	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Alanya	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Dalaman	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	Antalya	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000
0.200	1.000

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

EK 25. Akdeniz için deniz tabanı jeolojisi kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Deniz Tabanı Jeolojisi	Önem Değerleri	9	7	9	9	9
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
9	Fethiye	1.000	1.286	1.000	1.000	1.000
7	Mersin	0.778	1.000	0.778	0.778	0.778
9	Alanya	1.000	1.286	1.000	1.000	1.000
9	Dalaman	1.000	1.286	1.000	1.000	1.000
9	Antalya	1.000	1.286	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		4.778	6.143	4.778	4.778	4.778

Deniz Tabanı Jeolojisi - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.209	0.209	0.209	0.209	0.209
	Mersin	0.163	0.163	0.163	0.163	0.163
	Alanya	0.209	0.209	0.209	0.209	0.209
	Dalaman	0.209	0.209	0.209	0.209	0.209
	Antalya	0.209	0.209	0.209	0.209	0.209
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.209	1.047
0.163	0.814
0.209	1.047
0.209	1.047
0.209	1.047

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

EK 26. Akdeniz için kuş göç yolları ve habitatları kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Kuş Göç Yolları ve Habitatları	Önem Değerleri	9	5	9	9	9
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
9	Fethiye	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000
5	Mersin	0.556	1.000	0.556	0.556	0.556
9	Alanya	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000
9	Dalaman	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000
9	Antalya	1.000	1.800	1.000	1.000	1.000
TOPLAM =		4.556	8.200	4.556	4.556	4.556

Kuş Göç Yolları ve Habitatları - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
	Mersin	0.122	0.122	0.122	0.122	0.122
	Alanya	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
	Dalaman	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
	Antalya	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.220	1.098
0.122	0.610
0.220	1.098
0.220	1.098
0.220	1.098

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

EK 27. Akdeniz için kıyıya uzaklık kriterine göre kıyı bölgelerimiz için elde edilen A, A1, w, w', $\lambda_{\max}$, CI ve CR değerleri.

Kıyıya Uzaklık	Önem Değerleri	7	8	4	4	7
Önem Değerleri	AKDENİZ (A)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
7	Fethiye	1.000	0.875	1.750	1.750	1.000
8	Mersin	1.143	1.000	2.000	2.000	1.143
4	Alanya	0.571	0.500	1.000	1.000	0.571
4	Dalaman	0.571	0.500	1.000	1.000	0.571
7	Antalya	1.000	0.875	1.750	1.750	1.000
TOPLAM =		4.286	3.750	7.500	7.500	4.286

Kıyıya Uzaklık - (Normalize)	AKDENİZ (A1)	Fethiye	Mersin	Alanya	Dalaman	Antalya
	Fethiye	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233
	Mersin	0.267	0.267	0.267	0.267	0.267
	Alanya	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	Dalaman	0.133	0.133	0.133	0.133	0.133
	Antalya	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233
	TOPLAM =	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Öz Değer Vektör (w)	Öz Vektör (w'=A x w)
0.233	1.167
0.267	1.333
0.133	0.667
0.133	0.667
0.233	1.167

$\lambda_{\max}$	5
CI	0
CR	0

9. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı : Bahattin DEMİRCİ
Telefon :
E-mail :
Doğum tarihi ve yeri :

Deneyim:

Bölüm Şefi - Özel Tokat Dinamik MTAL, Tokat
Eylül 2021 - Şu Anda, Elektrik - Elektronik Bölümü Şefi
Öğretmen - Özel Tokat Dinamik MTAL, Tokat
Eylül 2019 - Eylül 2021, Elektrik - Elektronik Bölümü Öğretmeni
Stajyer - Tokat MTAL, Tokat
Haziran 2018, Elektrik - Elektronik Bölümü Stajyer Öğretmen
Stajyer – DİRMAN Elektronik, Antalya
Temmuz 2017, Stajyer Mühendis
Stajyer – OPTİMUM Mühendislik, Tokat
Temmuz 2016, Stajyer Mühendis

Eğitim:

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat
Y.Lisans, Elektrik – Elektronik Mühendisliği ABD, 2019 – 2021
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat
Y.Lisans, İş Sağlığı ve Güvenliği ABD, 2020 – 2021
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat
Lisans, Elektrik - Elektronik Mühendisliği, 2014 – 2018
Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi, Tokat
Lise, 2010 – 2014

Yabancı Dil:

İngilizce

Sertifikalar:

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
Kodlama ve Robotik Eğitmenliği, 2020
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat
Pedagojik Formasyon, Elektrik - Elektronik Öğretmenliği, 2017 – 2018
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat
TÜBİTAK 1601 Girişimcilik İnovasyon, 2016
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat
KOSGEB, 2016

Yayınlar:

Emeksiz C. ve Demirci B., 2019. “The determination of offshore wind energy potential of Turkey by using novelty hybrid site selection method”, Sustainable Energy Technologies and Assessments.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100562>